



Π  
Ο  
Λ  
Υ  
Τ  
Ε  
Χ  
Ν  
Ε  
Ι  
Ο

Κ  
Ρ  
Η  
Τ  
Η  
Σ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**Εργαστήριο Διαχείρισης Τοξικών & Επικινδύνων Αποβλήτων**

**Υπεύθυνος Καθηγητής: Ευάγγελος Γιδάρκος**

**Πολυτεχνειούπολη, Τ.Κ. 73100, Χανιά**

**Τηλ.: 2821037789, 282103990, Fax: 2821037850**

**e-mail: [gidarako@mred.tuc.gr](mailto:gidarako@mred.tuc.gr)**

**ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ  
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ /  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ  
ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**



**ΤΕΛΙΚΟ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ**

Μελετητές: Dr. Ευάγγελος Γιδάρκος  
MSc. Μαρία Αϊβαλιώτη  
Dr. Απόστολος Γιαννής  
Dr. Καλδέρης Δημήτριος

ΧΑΝΙΑ

2008 - 2009

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .</b>	<b>1</b>
<b>ΈΚΘΕΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ</b>	<b>1</b>
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ – ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΕΡΓΟΥ	5
1.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ/ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	9
1.3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.3.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	12
1.3.2.1. ΦΑΣΗ Ι : ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ - ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	12
1.3.2.2. ΦΑΣΗ ΙΙ : ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ / ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ / ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΧΩΡΩΝ	19
1.3.2.3. ΦΑΣΗ ΙΙΙ : ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ ΕΞΥΓΙΑΝΣΗΣ / ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ	26
1.3.2.4. ΦΑΣΗ ΙV : ΜΕΤΕΠΕΙΤΑ ΦΡΟΝΤΙΔΑ / ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ	28
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .</b>	<b>32</b>
<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΠΙΘΑΝΑ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ - ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΡΩΤΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ</b>	<b>32</b>
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	32
2.2. ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΚΑΤΑΛΟΓΟΥ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΟΓΟΝΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΓΙΑ ΕΔΑΦΗ / ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ	33
2.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ	35
2.4. ΈΝΤΥΠΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΟΓΟΝΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ – ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ	39
2.5. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΡΩΤΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ	40
2.6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ	47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .</b>	<b>48</b>
<b>ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΠΙΘΑΝΑ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ</b>	<b>48</b>
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	48
3.2. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ	53
3.2.1. ΓΕΝΙΚΑ	53
3.2.2. ΣΤΑΔΙΟ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ Ι	54
3.2.3. ΣΤΑΔΙΟ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΙΙ	65
3.3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΠΟΡΟΥΣ	85
3.4. ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ	86
3.5. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ	90
3.6. ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ – ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ	96
3.6.1. ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ	96
3.6.2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	102

3.6.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΟΙΚΟΤΟΞΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ	106
3.7. ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ	109
3.8. ΔΙΕΘΝΗ ΠΡΟΤΥΠΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ	113

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 . 127**

##### **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ 127**

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	127
4.2. ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ	128
4.3. ΣΤΑΔΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	130
4.4. ΑΠΟΦΑΣΙΖΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΟΜΑΔΕΣ ΣΥΜΦΕΡΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	132
4.5. ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	134
4.5.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	135
4.5.2. ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ	136
4.5.3. ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	137
4.6. ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	138
4.7. ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΛΟΓΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΟΣ ΡΥΠΑΣΜΕΝΟΥ ΧΩΡΟΥ	140
4.8. ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΥΓΙΑΝΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ	141
4.9. ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΥΓΙΑΝΣΗ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ	143
4.10. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΩΝ ΣΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	143
4.10.1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΜΠΛΟΚΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΣΤΗ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	144
4.10.2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (ΑΚΖ)	145
4.10.3. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DESYRE	145
4.10.4. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ – ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΡΥΠΑΣΜΕΝΟΥ ΧΩΡΟΥ	150

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 . 176**

##### **ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΜΕΤΕΠΕΙΤΑ ΦΡΟΝΤΙΔΑΣ – ΠΡΟΤΑΣΗ**

##### **ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ 176**

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	176
5.2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΗΓΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	177
5.2.1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΚΟΡΕΣΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ	177
5.2.1.1. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ	178
5.2.1.1.1. ΑΝΤΛΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΑΕΡΑ (SOIL VAPOR EXTRACTION)	178
5.2.1.1.2. ΕΔΑΦΙΚΗ ΈΚΠΛΥΣΗ (SOIL FLUSHING)	197
5.2.1.1.3. ΕΔΑΦΙΚΗ ΠΛΥΣΗ (SOIL WASHING)	211
5.2.1.1.4. ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ – ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ (STABILIZATION – SOLIDIFICATION)	220
5.2.1.2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ	244
5.2.1.2.1. ΦΥΣΙΚΗ ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ (NATURAL ATTENUATION)	244
5.2.1.2.2. ΒΙΟΑΕΡΙΣΜΟΣ (BIOVENTING)	259
5.2.1.2.3. ΦΥΤΟΕΞΥΓΙΑΝΣΗ (PHYTOREMEDIATION)	277

5.2.1.3. ΘΕΡΜΙΚΕΣ	291
5.2.1.3.1. IN-SITU	291
5.2.1.3.2. IN-SITU	295
5.2.1.3.2.1. ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ (INCINERATION)	295
5.2.1.3.2.2. ΠΥΡΟΛΥΣΗ (PYROLYSIS)	304
5.2.1.3.2.3. ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΚΡΟΦΗΣΗ (THERMAL DESORPTION)	309
5.2.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΟΡΕΣΜΕΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ – ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	316
5.2.2.1. EX- SITU	317
5.2.2.1.1. ΆΝΤΛΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (PUMP-AND-TREAT)	317
5.2.2.1.2. ΕΚΦΥΣΗΣΗ ΜΕ ΑΕΡΑ (AIR STRIPPING)	335
5.2.2.1.3. ΠΡΟΗΓΜΕΝΗ ΟΞΕΙΔΩΣΗ (ADVANCE OXIDATION PROCESSES – AOPs)	341
5.2.2.2. IN-SITU	357
5.2.2.2.1.. AIR SPARGING	357
5.2.2.2.2.. ΔΙΑΠΕΡΑΤΑ ΑΝΤΙΔΡΩΝΤΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ (PERMEABLE REACTIVE BARRIERS)	377
5.2.2.2.3.. ΒΙΟΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ (BIOSLURPING)	393
5.3. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ	412
5.4. ΜΕΤΕΠΕΙΤΑ ΦΡΟΝΤΙΔΑ ΑΠΟΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ	415
5.5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ	416
5.5.1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	416
5.5.2. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ	417
5.5.3. ΠΗΓΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ	419
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ</b>	<b>421</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>422</b>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΩΝ / ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ – ΕΝΤΥΠΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΟΓΟΝΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ - ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ – ΟΔΗΓΟΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III: ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ – ΥΠΟΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΠΡΩΤΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΕΝΟΣ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΣΜΕΝΟΥ ΧΩΡΟΥ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΡΩΤΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΣΜΕΝΟΥ ΧΩΡΟΥ: ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ - ΧΩΡΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ Ε.Α. – ΧΩΡΟΣ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V: ΟΔΗΓΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΕ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΠΕΔΙΟΥ ΜΕ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VII: ΟΜΟΣΠΟΝΔΙΑΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ» (BBODSCHV, 1999)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VIII: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IX: ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ X: ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΠΟ U.S. EPA

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ XI: ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ ΟΡΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

## Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 2-1: Βαθμολογούμενες παράμετροι κατάταξης ρυπασμένων χώρων. ....	45
Πίνακας 2-2: Κατάταξη ρυπασμένων χώρων. ....	45
Πίνακας 3-1: Ενδεικτικό ευρετήριο και δομή της Τεχνικής Έκθεσης 1 <sup>ου</sup> Σταδίου Εντοπισμού [36-37, 39]. ....	61
Πίνακας 3-2: Πιθανά ρυπασμένα σημεία και μηχανισμοί διαφυγής των ρύπων [24]. ....	67
Πίνακας 3-3: Κριτήρια εκπόνησης δειγματοληπτικού σχεδίου [32]. ....	77
Πίνακας 3-4: Βασικές αναλυτικές τεχνικές και προσδιοριζόμενες παράμετροι [29]. ....	82
Πίνακας 3-5: Παράμετροι χαρακτηρισμού ρυπασμένου χώρου [36]. ....	89
Πίνακας 3-6: Όριακές τιμές συγκέντρωσης ρύπων στο έδαφος και στα υπόγεια ύδατα, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία της Ολλανδίας (New Dutch List) [47].	110
Πίνακας 3-7: Παράμετροι εδάφους και ρύπων, κατά ISO 15175:2004, που σχετίζονται με σημαντικές διεργασίες, που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος [31]. ....	114
Πίνακας 3-8: Καταγραφή και απόδοση στοιχείων σε δείγματα υδάτων κατά ISO 5667-1:2006 [29]. ....	122
Πίνακας 3-9: Τεχνικές γενικά κατάλληλες για τη συντήρηση δειγμάτων υδάτων για φυσικοχημική και χημική ανάλυση κατά ISO 5667-3:2003 [33]. ....	123
Πίνακας 3-10: Φόρμα καταγραφής και αναγνώρισης δειγμάτων υπογείων υδάτων κατά ISO 5667-11:1993(E) [35]. ....	125
Πίνακας 3-11: Αξιόπιστοι φορείς έκδοσης προτύπων. ....	126
Πίνακας 4-1: Συμμετοχές στη λήψη αποφάσεων σε διάφορες χώρες [51]. ....	133
Πίνακας 4-2: Σύγκριση τεχνολογιών αποκατάστασης βιομηχανικής δραστηριότητας (δυσλίσθηρο αργού πετρελαίου). ....	157
Πίνακας 4-3: Σύγκριση τεχνολογιών αποκατάστασης ρυπασμένου χώρου (εγκατάσταση αποθήκευσης αποβλήτων). ....	170
Πίνακας 5-1: Κριτήρια επιλογής οριζόντιων ή κάθετων γεωτρήσεων άντλησης εδαφικού αέρα σε ένα δεδομένο προς εξυγίανση πεδίο (EPA, 2004). ....	181
Πίνακας 5-2: Καταλληλότερη εφαρμόσιμη τεχνολογία επεξεργασίας αντλούμενου εδαφικού αέρα ανάλογα με την αναμενόμενη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων (EPA, 2006). ....	184
Πίνακας 5-3: Κριτήρια επιλογής μεταξύ της θερμικής επεξεργασίας και της προσρόφησης σε άνθρακα αντλούμενου εδαφικού αέρα (EPA, 2006). ....	184
Πίνακας 5-4: Σύγκριση διαφορετικών εφαρμόσιμων τεχνολογιών επεξεργασίας αντλούμενου εδαφικού αέρα (US Army Corps of Engineers, 2002). ....	185
Πίνακας 5-5: Πραγματική διαπερατότητα και απόδοση της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004). ....	189

Πίνακας 5-6: Βάθος υδροφόρου ορίζοντα και απόδοση της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004). .....	189
Πίνακας 5-7: Ευνοϊκές τιμές παραμέτρων έκφρασης της πτητικότητας των υφιστάμενων ρύπων για την εφαρμογή της μεθόδου άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004). .....	190
Πίνακας 5-8: Κριτήρια για τον τερματισμό της λειτουργίας ενός συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα (US Army Corps of Engineers, 2002). .....	192
Πίνακας 5-9: Προτεινόμενη παρακολούθηση λειτουργικών παραμέτρων συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004).....	192
Πίνακας 5-10: Κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα στην Αεροπορική Βάση McClellan της Καλιφόρνια (www.denix.osd.mil).....	195
Πίνακας 5-11: Κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα σε εγκαταστάσεις στεγνού καθαρισμού Swift Cleaners στη Φλόριντα ( <a href="http://costperformance.org">http://costperformance.org</a> ). .....	196
Πίνακας 5-12: Δυνατότητα εφαρμογής της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης, υπό διαφορετικές υδρογεωλογικές συνθήκες (ITRC, 2003).....	203
Πίνακας 5-13: Απαιτούμενα δεδομένα πεδίου για την αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης (ITRC, 2003).....	203
Πίνακας 5-14: Βασικότεροι παράγοντες πεδίου που καθορίζουν την εφαρμοσιμότητα και την απόδοση της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης (Roote D., 1997).....	207
Πίνακας 5-15: Βασικότερες παράμετροι παρακολούθησης ενός συστήματος εδαφικής έκπλυσης (ITRC, 2003). .....	209
Πίνακας 5-16: Ενδεικτικό εκτιμώμενο κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης για την αντιμετώπιση ραδιενεργών ρύπων υπό συγκεκριμένες συνθήκες πεδίου (www.frtr.gov). .....	209
Πίνακας 5-17: Τρόποι ενίσχυσης της απόδοσης της εδαφικής πλύσης (Stegmann et al., 2001).....	213
Πίνακας 5-18: Ενδεικτικό εκτιμώμενο κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της εδαφικής πλύσης για την αντιμετώπιση ημι-πτητικών οργανικών συστατικών υπό συγκεκριμένες συνθήκες πεδίου (www.frtr.gov). .....	218
Πίνακας 5-19: Συμβατότητα διαφόρων τεχνικών σταθεροποίησης – στερεοποίησης με κοινούς εδαφικούς ρύπους (LaGrega M. et al., 2001).....	229
Πίνακας 5-20: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διαφόρων υλικών σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών (EPA, 1993b). .....	230
Πίνακας 5-21: Αποτελεσματικότητα σταθεροποίησης – στερεοποίησης για διάφορα είδη ρύπων σε εδάφη και ιλύς (EPA, 1993b). .....	231
Πίνακας 5-22: Βασικά στοιχεία, που πρέπει να συλλεχθούν για την αξιολόγηση και την εφαρμογή της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης (UK Environmental Agency, 2004). .....	235

Πίνακας 5-23: Κριτήρια αξιολόγησης της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης ως κατάλληλη για την εξυγίανση ενός δεδομένου πεδίου (UK Environmental Agency, 2004).....	236
Πίνακας 5-24: Μέγιστη συγκέντρωση υδρογονανθράκων στο έδαφος για την αποφυγή ρύπανσης υπογείων υδάτων (EPA, 2004). ....	250
Πίνακας 5-25:Κύριοι μηχανισμοί φυσικής εξασθένησης ρύπων στο έδαφος (EPA, 2004). .	251
Πίνακας 5-26: Αναγκαία γνωστά χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου κατά την αξιολόγηση της απόδοσης της φυσικής εξασθένησης των υφιστάμενων ρύπων (EPA, 2004). ....	252
Πίνακας 5-27: Ανάλυση κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας της φυσικής εξασθένησης πετρελαϊκών υδρογονανθράκων, σύμφωνα με στοιχεία των ΗΠΑ (Air Force Center for Environmental Excellence, 1999c). ....	256
Πίνακας 5-28: Ανάλυση κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας της φυσικής εξασθένησης χλωριωμένων διαλυτών, σύμφωνα με στοιχεία των ΗΠΑ (Air Force Center for Environmental Excellence, 1999d). ....	256
Πίνακας 5-29: Κριτήρια επιλογής οριζοντίων ή κάθετων γεωτρήσεων βιοαερισμού σε ένα δεδομένο προς εξυγίανση πεδίο (EPA, 2004).....	261
Πίνακας 5-30: Πραγματική διαπερατότητα και απόδοση της τεχνολογίας του βιοαερισμού (EPA, 2004). ....	266
Πίνακας 5-31: Ευνοϊκές τιμές πληθυσμού ολικών ετερότροφων βακτηρίων στο έδαφος για την εφαρμογή της τεχνολογίας του βιοαερισμού (EPA, 2004).....	267
Πίνακας 5-32: Ευνοϊκές τιμές παραμέτρων έκφρασης της δυνατότητας βιοαποδόμησης εδαφικών ρύπων κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας του βιοαερισμού (EPA, 2004).....	267
Πίνακας 5-33: Βιοαποικοδομησιμότητα διαφόρων κοινών οργανικών ρύπων (EPA, 2004).	268
Πίνακας 5-34: Παρεχόμενη ημερήσια ποσότητα οξυγόνου, ανάλογα με τον ρυθμό διοχέτευσης αέρα σε μια γεώτρηση κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας του βιοαερισμού (EPA, 2004). ....	271
Πίνακας 5-35: Προτεινόμενη παρακολούθηση λειτουργικών παραμέτρων συστήματος βιοαερισμού (EPA, 2004). ....	273
Πίνακας 5-36: Κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας πιλοτικού συστήματος βιοαερισμού και αναβάθμισης αυτού σε πλήρους κλίμακας στο Τέξας (Air Force Centre For Environmental Excellence, 1996). ....	275
Πίνακας 5-37: Ενδεικτικά είδη υπερ-συσσωρευτών μετάλλων και το αντίστοιχο δυναμικό βιοσυσσώρευσής τους (Lasat M., 2000). ....	277
Πίνακας 5-38: Εφαρμοσιμότητα των διαθέσιμων τεχνικών φυτοεξυγίανσης για την αντιμετώπιση διαφόρων ρύπων σε εδάφη και ύδατα (EPA, 2001c). ....	280
Πίνακας 5-39: Εφαρμογές της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης (Schnoor J., 1997).....	282
Πίνακας 5-40: Μελετούμενες παράμετροι κατά τη διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών φυτοεξυγίανσης (EPA, 2001c).....	285

Πίνακας 5-41: Αναγκαίες πληροφορίες για τη διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών φυτοεξυγίανσης (EPA, 2001c).	285
Πίνακας 5-42: Παράμετροι προς παρακολούθηση και αντίστοιχη αναγκαιότητα (EPA, 2001c).	287
Πίνακας 5-43: Σύγκριση κόστους εφαρμογής φυτοεξυγίανσης και άντλησης και επεξεργασίας για την εξυγίανση υπογείων υδάτων (Schnoor J., 1997).	289
Πίνακας 5-44: Σύγκριση κόστους εφαρμογής φυτοεξυγίανσης και άλλων τεχνολογιών εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών (Schnoor J., 1997).	289
Πίνακας 5-45: Ενδεικτικό κόστος εφαρμογής της αποτέφρωσης ρυπασμένων εδαφών υπό συγκεκριμένες συνθήκες (www.frtr.gov).	302
Πίνακας 5-46: Ενδεικτικό κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών με χρήση διαφορετικών συστημάτων (EPA, 1997).	314
Πίνακας 5-47: Κόστος επεξεργασίας εδαφών, που έχουν ρυπανθεί από πετρελαιοειδή, με εφαρμογή της τεχνολογίας της θερμικής εκρόφησης, ανάλογα με τον όγκο του προς επεξεργασία εδάφους (EPA, 1997).	314
Πίνακας 5-48: Καθοριστικές παράμετροι πεδίου για την εφαρμογή της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας (EPA, 1996).	319
Πίνακας 5-49: Διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας υδάτων και αποτελεσματικότητα αυτών, ανάλογα με τον εκάστοτε ρύπο (EPA, 1996).	320
Πίνακας 5-50: Βασικότερες διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας υπόγειου νερού, που έχει ρυπανθεί με ανόργανους ρύπους (Suthersan S., 1997).	322
Πίνακας 5-51: Βασικότερες διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας υπόγειου νερού, που έχει ρυπανθεί με οργανικούς ρύπους (Suthersan S., 1997).	323
Πίνακας 5-52: Βασικές υδρογεωλογικές και υδραυλικές παράμετροι αξιολόγησης και εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας ρυπασμένου υπόγειου νερού (Suthersan S., 1997).	327
Πίνακας 5-53: Συνοπτικά στοιχεία χρόνου και κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας (EPA, 2001).	332
Πίνακας 5-54: Σύγκριση κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας για την αντιμετώπιση διαφορετικών ρύπων (EPA, 2001).	332
Πίνακας 5-55: Σύγκριση κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας για την επεξεργασία διαφορετικών ποσοτήτων υπόγειου νερού (EPA, 2001).	333
Πίνακας 5-56: Κυριότερες σχεδιαστικές παράμετροι ενός πύργου εκφύσησης (Stocking A. et al., 2000).	337
Πίνακας 5-57: Ενδεικτικό εκτιμώμενο κόστος εκφύσησης με αέρα με χρήση πύργων με πληρωτικό υλικό (www.frtr.gov).	339
Πίνακας 5-58: Κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης ενός πύργου εκφύσησης για την επεξεργασία 2.300L/min ρυπασμένου νερού με MTBE και για μείωση της συγκέντρωσης αυτού από τα 2.000 στα 20μg/L (Stocking A. et al., 2000).	339

Πίνακας 5-59: Δυναμικό οξείδωσης διαφορετικών ισχυρών οξειδωτικών μέσων (Kommineni S. et al., 2000).	341
Πίνακας 5-60: Ρύποι, που μπορούν να αντιμετωπιστούν εύκολα ή μη, από τις διάφορες εφαρμογές των AOPs (ITRC, 2005).	349
Πίνακας 5-61: Απαιτούμενα δεδομένα για το σχεδιασμό in-situ συστημάτων AOPs (EPA, 2004).	351
Πίνακας 5-62: Παράμετροι και συχνότητα παρακολούθησης αυτών κατά τη διάρκεια in-situ εφαρμογών AOPs (EPA, 2004).	354
Πίνακας 5-63: Ποιοτική σύγκριση κόστους εφαρμογής διαφόρων AOPs (ITRC, 2001).	355
Πίνακας 5-64: Κόστος οξείδωσης ρυπασμένου νερού με MTBE ex-situ με χρήση $H_2O_2/UV$ (Naval Facilities Engineering Service Center, 2004).	356
Πίνακας 5-65: Κόστος οξείδωσης ρυπασμένου νερού με MTBE ex-situ με χρήση $H_2O_2/O_3$ (Kommineni S. et al., 2000).	356
Πίνακας 5-66: Κριτήρια επιλογής οριζοντίων ή κάθετων γεωτρήσεων air sparging σε ένα δεδομένο προς εξυγίανση πεδίο (EPA, 2004).	360
Πίνακας 5-67: Πραγματική διαπερατότητα και απόδοση της τεχνολογίας air sparging (EPA, 2004).	365
Πίνακας 5-68: Ευνοϊκές τιμές της συγκέντρωσης του διαλυμένου σιδήρου στο υπόγειο νερό για την εφαρμογή της τεχνολογίας air sparging (EPA, 2004).	366
Πίνακας 5-69: Ευνοϊκές τιμές παραμέτρων έκφρασης της πτητικότητας των υφιστάμενων ρύπων για την εφαρμογή της τεχνολογίας air sparging (EPA, 2004).	366
Πίνακας 5-70: Ενδεικτικά στοιχεία απόδοσης συστημάτων air sparging σε συνδυασμό με άντληση του εδαφικού αέρα (EPA, 2004).	367
Πίνακας 5-71: Βιοαποικοδομησιμότητα διαφόρων κοινών οργανικών ρύπων (EPA, 2004).	368
Πίνακας 5-72: Παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν κατά τη διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών για την εγκατάσταση συστήματος air sparging (EPA, 2004).	369
Πίνακας 5-73: Προτεινόμενη παρακολούθηση λειτουργικών παραμέτρων συστήματος air sparging (EPA, 2004).	373
Πίνακας 5-74: Κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης συστήματος air sparging στη ναυτική βάση Hueneme της Καλιφόρνια ( <a href="http://www.denix.osd.mil">www.denix.osd.mil</a> ).	375
Πίνακας 5-75: Στοιχεία εγκατάστασης και κόστους πλήρους κλίμακας εφαρμογής της τεχνολογίας PRB σε πολεμική αεροπορική βάση των ΗΠΑ στο Dover (EPA, 2003a).	390
Πίνακας 5-76: Κύρια στοιχεία διαφορετικών εφαρμογών PRB (EPA, 2002).	391
Πίνακας 5-77: Διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας αντλούμενων υπογείων υδάτων (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998).	399
Πίνακας 5-78: Επιτρεπτές για την εφαρμογή τεχνολογιών απομάκρυνσης διπλής φάσης τιμές επιλεγμένων σημαντικών παραμέτρων πεδίου και ιδιοτήτων ρύπων (EPA, 1999b).	403

Πίνακας 5-79: Διαθέσιμα αναγκαία τεστ για την επιλογή και εφαρμογή τεχνολογιών απομάκρυνσης διπλής φάσης (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998).....	403
Πίνακας 5-80: Προτεινόμενη παρακολούθηση λειτουργικών παραμέτρων συστήματος βιοαναρρόφησης (EPA, 2004).....	408
Πίνακας 5-81: Ενδεικτικό κόστος εγκατάστασης και 6μηνιας λειτουργίας και παρακολούθησης ενός συστήματος βιοαναρρόφησης (Air Force Centre for Environmental Excellence, 1997). ....	409

## Περιεχόμενα Σχημάτων

Σχήμα 1-1: Μεθοδολογία προσέγγισης – διεξαγωγής του έργου.....	8
Σχήμα 1-2: Διαδικασία καταγραφής εν δυνάμει ρυπασμένων, ρυπασμένων και πιθανά ρυπασμένων χώρων.....	18
Σχήμα 1-3: Κύρια στάδια προκαταρκτικής εκτίμησης – αξιολόγησης – ιεράρχησης χώρων...	25
Σχήμα 1-4: Κύρια στάδια εξυγίανσης / παρακολούθησης ρυπασμένων χώρων.....	27
Σχήμα 1-5: Κύρια στάδια μετέπειτα φροντίδας / ελέγχου ρυπασμένων χώρων.....	29
Σχήμα 1-6: Ενδεικτική μεθοδολογία διερεύνησης, αξιολόγησης και αποκατάστασης ανεξέλεγκτων ρυπασμένων χώρων/ εγκαταστάσεων από βιομηχανικά και επικίνδυνα απόβλητα στην Ελλάδα.....	30
Σχήμα 1-7: Συνοπτική ενδεικτική μεθοδολογία διερεύνησης, αξιολόγησης και αποκατάστασης ανεξέλεγκτων ρυπασμένων χώρων/ εγκαταστάσεων από βιομηχανικά και επικίνδυνα απόβλητα στην Ελλάδα.....	31
Σχήμα 2-1: Χαρακτηρισμός επικινδύνου αποβλήτου.....	34
Σχήμα 2-2: Καταγραφή εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων.....	36
Σχήμα 2-3: Καταγραφή εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων.....	37
Σχήμα 2-4: Καταγραφή εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων.....	38
Σχήμα 2-5: Διαδικασία χαρακτηρισμού ρυπασμένου χώρου.....	46
Σχήμα 3-1: Διάγραμμα ροής δράσεων μετά την κατηγοριοποίηση του χώρου βάσει του ερωτηματολογίου (Κεφάλαιο 2).....	52
Σχήμα 3-2: Παράδειγμα τρισδιάστατου εννοιολογικού μοντέλου [49].....	62
Σχήμα 3-3: Διαδικασία καθορισμού ποιοτικών κριτηρίων.....	64
Σχήμα 3-4: Παράδειγμα τυχαίας δειγματοληψίας [29].....	74
Σχήμα 3-5: Παράδειγμα τυχαίας διαστρωματικής δειγματοληψίας [29].....	74
Σχήμα 3-6: Παράδειγμα συστηματικής διαστρωματικής δειγματοληψίας [29].....	75
Σχήμα 3-7: Παράδειγμα εναλλακτικής διαστρωματικής δειγματοληψίας [29].....	75
Σχήμα 3-8: Παράδειγμα επιλεκτικής δειγματοληψίας [29].....	76
Σχήμα 3-9: Σχέση μεταξύ εκτίμηση επικινδυνότητας και διαχείριση κινδύνου στο πλαίσιο για την εκτίμηση επικινδυνότητας της ανθρώπινης υγείας [46].....	97
Σχήμα 3-10: Αυστραλιανό πλαίσιο για οικολογική εκτίμηση επικινδυνότητας [46].....	102
Σχήμα 3-11: Συστατικά μιας οικολογικής εκτίμησης επικινδυνότητας [46].....	105
Σχήμα 3-12: Νομογράφημα εκτίμησης της αναγκαίας συχνότητας δειγματοληψίας υπογείων υδάτων κατά ISO 5667-18:2001(E) [33].....	124

Σχήμα 4-1: Διάγραμμα ροής που περιέχει τα στάδια λήψης απόφασης [51]. .....	131
Σχήμα 4-2: Ο κίνδυνος είναι συνάρτηση της πιθανότητας και της συνέπειας [58]. .....	136
Σχήμα 4-3: Το σύστημα DESYRE [59]. .....	149
Σχήμα 4-4: Παράδειγμα διαδικασίας καταγραφής – χαρακτηρισμού. ....	151
Σχήμα 4-5: Παράδειγμα διαδικασίας εκτίμησης / αξιολόγησης / χαρακτηρισμού χώρων. ....	155
Σχήμα 4-6: Παράδειγμα σύγκρισης και επιλογής τεχνολογιών εξυγίανσης.....	160
Σχήμα 4-7: Παράδειγμα διαδικασίας λήψης απόφασης. ....	163
Σχήμα 4-8: Παράδειγμα διαδικασίας καταγραφής – χαρακτηρισμού. ....	165
Σχήμα 4-9: Παράδειγμα διαδικασίας εκτίμησης / αξιολόγησης / χαρακτηρισμού χώρων. ....	168
Σχήμα 4-10: Παράδειγμα σύγκρισης και επιλογής τεχνολογιών εξυγίανσης.....	172
Σχήμα 4-11: Παράδειγμα διαδικασίας λήψης απόφασης. ....	175
Σχήμα 5-1:Τυπικό σύστημα άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004). ....	178
Σχήμα 5-2: Αναλυτική γραφική απεικόνιση ενός τυπικού συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004). ....	180
Σχήμα 5-3: Διατομή τυπικής κάθετης γεώτρησης άντλησης εδαφικού αέρα (Naval Facilities Engineering Service Centre, 2001). ....	180
Σχήμα 5-4: Τυπική οριζόντια γεώτρηση άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004). ....	181
Σχήμα 5-5: Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης της μεθόδου άντλησης εδαφικού αέρα σε ένα δεδομένο πεδίο (EPA, 2004). ....	188
Σχήμα 5-6: Τυπική συσχέτιση της μάζας των ρύπων που απομακρύνεται από το έδαφος, συναρτήσει του χρόνου εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004). ....	193
Σχήμα 5-7: Γραφική απεικόνιση της εφαρμογής της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης (EPA, 1996). ....	197
Σχήμα 5-8: Σύστημα εδαφικής έκπλυσης με ψεκασμό (www.frtr.gov). ....	199
Σχήμα 5-9: Βασικά επιμέρους τμήματα ενός τυπικού συστήματος εδαφικής έκπλυσης (ITRC, 2003). ....	200
Σχήμα 5-10: Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητας της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης για την εξυγίανση ενός συγκεκριμένου πεδίου (Naval Facilities Engineering Service Center, 2003). ....	202
Σχήμα 5-11: Τυπικό διάγραμμα ροής της διαδικασίας της εδαφικής πλύσης (Stegmann et al., 2001). ....	212
Σχήμα 5-12: Μεταβολή της ειδικής επιφάνειας εδαφικών σωματιδίων συναρτήσει της διαμέτρου τους (Stegmann et al., 2001). ....	212
Σχήμα 5-13: Τυπικό σύστημα εδαφικής πλύσης (EPA, 2001f). ....	214

Σχήμα 5-14: In-situ εφαρμογή της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών (Suthersan S., 1997).	223
Σχήμα 5-15: Ex-situ σταθεροποίηση – στερεοποίηση (Γιδάρακος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005).	223
Σχήμα 5-16: Απεικόνιση του χώρου στάθμευσης, που δημιουργήθηκε στο πεδίο της Εικόνας 3, μετά την αποκατάσταση του εδάφους με εφαρμογή της τεχνολογίας σταθεροποίησης – στερεοποίησης (www.cement.ca).	225
Σχήμα 5-17: Προτεινόμενη μεθοδολογία αξιολόγησης και εφαρμογής της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών (UK Environmental Agency, 2004).	233
Σχήμα 5-18: Προτεινόμενη μεθοδολογία μελέτης ενός προς εξυγίανση πεδίου με την τεχνολογία της σταθεροποίησης – στερεοποίησης (UK Environmental Agency, 2004).	234
Σχήμα 5-19: Προτεινόμενη λεπτομερής αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης (UK Environmental Agency, 2004).	235
Σχήμα 5-20: Προτεινόμενος σχεδιασμός εφαρμογής της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης (UK Environmental Agency, 2004).	239
Σχήμα 5-21: Προτεινόμενη μεθοδολογία σχεδιασμού / κατασκευής «συστήματος» εφαρμογής της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης (UK Environmental Agency, 2004).	241
Σχήμα 5-22: Πλέον διεξαγόμενες διεργασίες πετρελαϊκών ρύπων στο υπέδαφος, που μπορούν να καταστήσουν επαρκή τη φυσική εξασθένηση ως τεχνολογία εξυγίανσης σε ένα πεδίο (EPA, 1999a).	245
Σχήμα 5-23: Διακριτές ζώνες περιμετρικά της πηγής ρύπανσης, όπου μπορεί να λάβει χώρα βιοαποδόμηση των υφιστάμενων ρύπων, υπό διαφορετικές όμως συνθήκες (EPA, 2004).	246
Σχήμα 5-24: Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης της φυσικής εξασθένησης στην ακόρεστη και στην κορεσμένη ζώνη ενός δεδομένου πεδίου (EPA, 2004).	248
Σχήμα 5-25: Καθοριστικές διεργασίες για την κατανομή LNAPL στο έδαφος (EPA, 2004).	249
Σχήμα 5-26: Ενδεικτικό σύστημα βιοαερισμού με παροχή θρεπτικών συστατικών σε συνδυασμό με την τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004).	259
Σχήμα 5-27: Αναλυτική γραφική απεικόνιση ενός τυπικού συστήματος βιοαερισμού (Gidarakos E. and Schachtebeck G., 1996).	260
Σχήμα 5-28: Διατομή τυπικής γεώτρησης παρακολούθησης υπεδάφους (Naval Facilities Engineering Service Centre, 2001).	261
Σχήμα 5-29: Εύρος τιμών τάσης ατμών και διαλυτότητας ουσιών, που ευνοούν την βιοαποικοδόμησή τους μέσω βιοαερισμού (Leeson A. et al., 1996).	263
Σχήμα 5-30: Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης της τεχνολογίας του βιοαερισμού σε ένα δεδομένο πεδίο (EPA, 2004).	265
Σχήμα 5-31: Αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας του βιοαερισμού συναρτήσει της διαπερατότητας του εδάφους και της σύστασης των υφιστάμενων ρύπων (EPA, 2004).	266

Σχήμα 5-32: Τυπικό σύστημα διεξαγωγής «τεστ αναπνοής».....	269
Σχήμα 5-33: Τυπική συσχέτιση της μάζας των ρύπων που αποικοδομείται και/ή απομακρύνεται από το έδαφος, συναρτήσεως του χρόνου εφαρμογής της τεχνολογίας του βιοαερισμού (EPA, 2004).....	274
Σχήμα 5-34: Μηχανισμοί μεταφοράς ρύπων από το υπέδαφος στο φυτό και από το φυτό στην ατμόσφαιρα κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης (Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005). ....	278
Σχήμα 5-35: Μηχανισμοί φυτοεξυγίανσης (Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005). ....	279
Σχήμα 5-36: Βήματα εξέτασης της εφαρμοσιμότητας της φυτοεξυγίανσης σε ένα δεδομένο ρυπασμένο πεδίο (Naval Facilities Engineering Center, 1998a).....	283
Σχήμα 5-37: Διάταξη τυπικού συστήματος θέρμανσης εδάφους έξι φάσεων (CRA, 2000). .	292
Σχήμα 5-38: Διάγραμμα (μεθοδολογία) αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης της in-situ θερμικής επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών σε ένα δεδομένο πεδίο (US Department of Defence, 2006). ....	294
Σχήμα 5-39: Διάγραμμα ροής τυπικής διεργασίας αποτέφρωσης ρυπασμένων εδαφών (CRA, 2000).....	295
Σχήμα 5-40: Γραφική απεικόνιση ενός αποτεφρωτή κυκλοφορούντος κλίνης ρυπασμένων εδαφών (www. ec.gc.ca).....	297
Σχήμα 5-41: Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης (LaGrega M. et al., 2001). ....	297
Σχήμα 5-42: Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου (Freeman H., 1998).....	298
Σχήμα 5-43: Κάθετη τομή περιστρεφόμενου κλιβάνου (Freeman H., 1998).....	299
Σχήμα 5-44: Κινητή μονάδα αποτέφρωσης (LaGrega M. et al., 2001). ....	299
Σχήμα 5-45: Ολοκληρωμένη διεργασία πυρόλυσης ρυπασμένων εδαφών (Freeman H., 1998).....	304
Σχήμα 5-46: Πυρολυτικός αντιδραστήρας με ελεγχόμενη παροχή οξυγόνου (Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005). ....	305
Σχήμα 5-47: Γενική μορφή της διεργασίας της θερμικής εκρόφησης (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998b). ....	309
Σχήμα 5-48: Τυπική διαδικασία θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών (EPA, 1997)...	310
Σχήμα 5-49: Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών με χρήση περιστρεφόμενου ξηραντήρα (EPA, 1997). ....	311
Σχήμα 5-50: Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών με χρήση θερμικού κοχλίου (EPA, 1997).....	311
Σχήμα 5-51: Ολοκληρωμένη μονάδα θερμικής εκρόφησης (EPA, 1997).....	311
Σχήμα 5-52: Ενδεικτικό διάγραμμα αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας της θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών (EPA, 1997).....	313
Σχήμα 5-53: Τυπικό σύστημα άντλησης και επεξεργασίας υπογείων υδάτων (Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005). ....	317

Σχήμα 5-54: Συνδυασμός γεωτρήσεων άντλησης και φραγμάτων για τον περιορισμό του υφιστάμενου πλούμιου ρύπανσης (Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005). .....	318
Σχήμα 5-55: Διαφορετικές διατάξεις συστημάτων άντλησης και επεξεργασίας ρυπασμένων υπογείων υδάτων και αναμενόμενα αποτελέσματα εξυγίανσης στο μέλλον (EPA, 1997). .....	321
Σχήμα 5-56: Ενδεικτικό σύστημα άντλησης και επεξεργασίας ρυπασμένων υπογείων υδάτων με εφαρμογή εκφύσησης με αέρα και προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα (EPA, 1997). .....	321
Σχήμα 5-57: Διαδοχικές φάσεις αξιολόγησης και εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας υπογείων υδάτων (EPA, 1997). .....	326
Σχήμα 5-58: Αναγκαία στοιχεία πεδίου για την εξέταση της καταλληλότητας της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας υπογείων υδάτων (EPA, 1997). .....	327
Σχήμα 5-59: Επίδραση της γεωλογίας στην απομάκρυνση των ρύπων κατά την άντληση και επεξεργασία ρυπασμένου υπόγειου νερού (EPA, 1997). .....	328
Σχήμα 5-60: Τυπική μορφή της ζώνης σύλληψης μιας γεώτρησης άντλησης (Τσακίρης Γ., 1995). .....	329
Σχήμα 5-61: Μεθοδολογία αξιολόγησης της δυνατότητας τερματισμού της λειτουργίας και της απόδοσης ενός συστήματος άντλησης και επεξεργασίας υπόγειου νερού (EPA, 1996). .....	330
Σχήμα 5-62: Εφαρμογή της τεχνολογίας εκφύσησης με αέρα για την επεξεργασία ρυπασμένου υπόγειου νερού (EPA, 2001d). .....	335
Σχήμα 5-63: In-Situ εφαρμογή των AOPs για την εξυγίανση υπογείων υδάτων με χρήση αντιδραστήριου Fenton (Ε. Γιδαράκος και Μ. Αϊβαλιώτη, 2005). .....	345
Σχήμα 5-64: Τυπικό σύστημα επεξεργασίας υπογείων υδάτων με χρήση $H_2O_2$ / $O_3$ / UV σε αντιδραστήρα διαλείποντος έργου (Kommineni S. et al., 2000). .....	346
Σχήμα 5-65: (α) Διάγραμμα ροής και (β) γραφική απεικόνιση τυπικού συστήματος επεξεργασίας υπογείων υδάτων με χρήση $H_2O_2$ / UV σε αντιδραστήρα εμβολικής ροής (Rodriguez M., 2003). .....	347
Σχήμα 5-66: Τυπικό σύστημα επεξεργασίας υπογείων υδάτων με χρήση $TiO_2$ / UV σε αντιδραστήρα ρευστοποιημένης κλίνης (fluidized bed reactor) (Kommineni S. et al., 2000). .....	348
Σχήμα 5-67: Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης των AOPs σε ένα δεδομένο πεδίο – in-situ (EPA, 2004). .....	350
Σχήμα 5-68: Τυπικό σύστημα air sparging σε συνδυασμό με την τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004). .....	357
Σχήμα 5-69: Διατομή τυπικής κάθετης γεώτρησης air sparging (Naval Facilities Engineering Service Centre, 2001). .....	359
Σχήμα 5-70: Γραφική απεικόνιση της τεχνολογίας in well air sparging (Suthersan S., 1997). .....	361
Σχήμα 5-71: Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης της τεχνολογίας air sparging σε ένα δεδομένο πεδίο (EPA, 2004). .....	364

Σχήμα 5-72: Βασική ιδέα εξυγίανσης υπογείων υδάτων με χρήση διαπερατών αντιδρώντων φραγμάτων (PRB) (Simon G. et al., 2002).	377
Σχήμα 5-73: Σύστημα διαπερατής τάφρου με στόχο την εξάτμιση των ρύπων του υπόγειου νερού (in-situ air stripping) (Suthersan S., 1997).	378
Σχήμα 5-74: Εύκολα αντικαταστήσιμη, πορώδης και αντιδρούσα «κασέτα» σε συστήματα φραγμάτων και πυλών (Suthersan S., 1997).	379
Σχήμα 5-75: Τυπικό σύστημα τάφρων υψηλής διαπερατότητας (LaGrega M. et al., 2001).	381
Σχήμα 5-76: Πιθανό βάθος διαπερατών τάφρων, ανάλογα με την έκταση του υφιστάμενου πλουμίου ρύπανσης (Suthersan S., 1997).	381
Σχήμα 5-77: Τυπικό σύστημα φραγμάτων και πυλών (LaGrega M. et al., 2001).	382
Σχήμα 5-78: Τυπικό σύστημα τάφρων και πυλών (Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005).	382
Σχήμα 5-79: Τυπική μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας των PRB σε ένα δεδομένο πεδίο (US Army Corps of Engineers, 1997).	385
Σχήμα 5-80: Αναγκαία βήματα σχεδιασμού συστημάτων διαπερατών αντιδρώντων φραγμάτων (PRB) (www.estcp.org).	386
Σχήμα 5-81: Τυπική διαδικασία αξιολόγησης και σχεδιασμού ενός PRB.	387
Σχήμα 5-82: Τυπικό σύστημα απομάκρυνσης διπλής φάσης (EPA, 2004).	393
Σχήμα 5-83: Τυπικό σύστημα βιοαναρρόφησης (Gidarakos E., 1999).	394
Σχήμα 5-84: Σύγκριση της τεχνολογίας της βιοαναρρόφησης με συμβατικές μεθόδους άντλησης ελαιωδών (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998).	395
Σχήμα 5-85: Διατομή τυπικής γεώτρησης βιοαναρρόφησης (Gidarakos E., 1999).	396
Σχήμα 5-86: Τυπική διάταξη γεωτρήσεων βιοαναρρόφησης (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998).	397
Σχήμα 5-87: Διαχωριστής υγρών - αερίων (Place M. et al., 2003).	397
Σχήμα 5-88: Διαχωριστής υγρών - αερίων (Place M. et al., 2003).	398
Σχήμα 5-89: Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης των τεχνολογιών απομάκρυνσης διπλής φάσης σε ένα δεδομένο πεδίο (EPA, 2004).	401
Σχήμα 5-90: Διάγραμμα ροής για την εφαρμογή της τεχνολογίας της βιοαναρρόφησης (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998).	405
Σχήμα 5-91: Κριτήρια για τον τερματισμό της λειτουργίας ενός συστήματος βιοαναρρόφησης (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998).	407
Σχήμα 5-92: Τυπική κινητή μονάδα βιοαναρρόφησης (AFCEE, 1995).	410
Σχήμα 5-93: Συνοπτική διαδικασία προεπιλογής τεχνολογιών επεξεργασίας ρυπασμένων ακόρεστων εδαφών.	413
Σχήμα 5-94: Συνοπτική διαδικασία προεπιλογής τεχνολογιών επεξεργασίας ρυπασμένων κορεσμένων εδαφών (υπογείων υδάτων).	414

## Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 5-1: Εξοπλισμός και τμήματα συστημάτων εδαφικής πλύσης on-site ( <a href="http://art-engineering.com">http://art-engineering.com</a> ). .....	215
Εικόνα 5-2: Διεργασία και εξοπλισμός in-situ ανάμιξης εδάφους κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών ( <a href="http://www.cement.ca">www.cement.ca</a> ). .....	224
Εικόνα 5-3: On-Site εφαρμογή της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών με χρήση τσιμέντου σε περιοχή της Βοστώνης ( <a href="http://www.cement.ca">www.cement.ca</a> ). .....	225

## Περιεχόμενα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 5-1: Χρήση των διαφόρων διαλυμάτων έκπλυσης σε σύνολο 84 εφαρμογών της τεχνολογίας στις ΗΠΑ (Roote D., 1998). .....	198
Διάγραμμα 5-2: Ρύποι για τους οποίους έχει εφαρμοστεί η τεχνολογία της εδαφικής έκπλυσης σε σύνολο 84 διαφορετικών πεδίων στις ΗΠΑ (Roote D., 1998). .....	201
Διάγραμμα 5-3: Αντιμετωπίσιμοι ρύποι για διαφορετικές εφαρμογές της τεχνολογίας σταθεροποίησης – στερεοποίησης (EPA, 2000). .....	231
Διάγραμμα 5-4: Είδη μετάλλων , που έχουν αντιμετωπιστεί επιτυχώς από την τεχνολογία σταθεροποίησης – στερεοποίησης (EPA, 2000). .....	232
Διάγραμμα 5-5: Μεταβολή κόστους εφαρμογής και απαιτούμενου χρόνου εξυγίανσης για εφαρμογή μόνο φυσικής εξασθένησης (MNA), φυσικής εξασθένησης σε συνδυασμό με 1 επιπλέον τεχνολογία εξυγίανσης και φυσικής εξασθένησης σε συνδυασμό με 2 επιπλέον τεχνολογίες εξυγίανσης (Air Force Center for Environmental Excellence, 1999c). .....	256
Διάγραμμα 5-6: Συγκέντρωση ρύπου στο υπόγειο νερό, συναρτήσει του χρόνου, κατά τη διάρκεια εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας, όπου είναι εμφανές το φαινόμενο tailing (Simon G. et al, 2002). .....	331
Διάγραμμα 5-7: Ποσοστά χρήσης διαφορετικών υλικών πλήρωσης PRB σε διάφορες εφαρμογές παγκοσμίως (Scherer et al., 2000). .....	380
Διάγραμμα 5-8: Οργανικοί ρύποι, που έχουν επιτυχώς απομακρυνθεί, με εφαρμογή PRB σε 124 διαφορετικά projects (Scherer et al., 2000). .....	383
Διάγραμμα 5-9: Ανόργανοι ρύποι, που έχουν επιτυχώς απομακρυνθεί, με εφαρμογή PRB σε 124 διαφορετικά projects (Scherer et al., 2000). .....	384
Διάγραμμα 5-10: Ανάλυση κόστους εγκατάστασης διαφορετικών συστημάτων PRB (US Army Corps of Engineers, 1997). .....	391

## Κεφάλαιο 1 .

### Έκθεση Μεθοδολογικής Προσέγγισης

#### 1.1. Εισαγωγή

Έπειτα από πρόσκληση του Επιχειρηματικού Προγράμματος «Περιβάλλον» (ΕΠΠΕΡ), μέσω της ιστοσελίδας του, το Εργαστήριο Διαχείρισης Τοξικών και Επικινδύνων Αποβλήτων του Πολυτεχνείου Κρήτης, με Υπεύθυνο Καθηγητή τον κο. Γιδάρικο Ευάγγελο, υπέβαλλε προσφορά για την διεξαγωγή του έργου «ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ / ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ». Η εν λόγω προσφορά έγινε αποδεκτή, μεταξύ άλλων και τελικά η Επιτροπή Επιλογής Αναδόχου για το συγκεκριμένο έργο αποφάσισε την ανάθεση αυτού στο Πολυτεχνείο Κρήτης, Εργαστήριο Διαχείρισης Τοξικών και Επικινδύνων Αποβλήτων, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, με Επιστημονικό Υπεύθυνο τον καθηγητή Γιδάρικο Ευάγγελο (υπ' αριθμ. 125300/14-11-2008 έγγραφο Υ,ΠΕ,ΧΩ,Δ,Ε.).

Τα περιεχόμενα της εν λόγω μελέτης και κατ' επέκταση τα παραδοτέα του αντίστοιχου έργου είναι τα εξής, όπως αυτά ορίζονται ρητά από την πρόσκληση του ΕΠΠΕΡ και την προσφορά του Πολυτεχνείου Κρήτης:

#### **Παραδοτέο 1 : Έκθεση μεθοδολογικής προσέγγισης**

- Θα περιγραφεί η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί για την εκπόνηση της μελέτης του θέματος.

Το κείμενο αυτό θα αποτελέσει το 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο της μελέτης.

#### **Παραδοτέο 2 : Μεθοδολογία εντοπισμού πιθανά ρυπασμένων χώρων – Καθορισμός κριτηρίων πρώτου χαρακτηρισμού**

- Θα καταρτιστεί κατάλογος (λίστα) βασικών κατηγοριών βιομηχανικών - αστικών δραστηριοτήτων που προκαλούν εν δυνάμει ρύπανση εδαφών /υπόγειων νερών από επικίνδυνα απόβλητα και επικίνδυνες ουσίες, με βάση:
  - βιβλιογραφικά στοιχεία,
  - τους σχετικούς καταλόγους που περιλαμβάνονται σε βασικές οδηγίες της Ε.Ε. και άλλα επίσημα κοινοτικά κείμενα, καθώς και στη νομοθεσία άλλων ευρωπαϊκών χωρών.

Σημειώνεται ότι, για την κατάρτιση της εν λόγω λίστας, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η κωδικοποίηση δραστηριοτήτων της Ε.Σ.Υ.Ε. (ΣΤΑΚΟΔ) σε συνδυασμό με την

κωδικοποίηση που περιλαμβάνει ο Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (ΕΚΑ).

Οι βασικές κατηγορίες θα αναλύονται περαιτέρω σε υποκατηγορίες, ώστε ο κατάλογος να είναι λεπτομερής και να είναι εύκολη η επεξεργασία του.

- Θα διατυπωθούν κριτήρια για έναν πρώτο χαρακτηρισμό των χώρων των δραστηριοτήτων που θα περιλαμβάνονται στον ανωτέρω κατάλογο (φιλτράρισμα χώρων). Ενδεικτικά, τα κριτήρια αυτά θα αναφέρονται σε βασικά στοιχεία των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με: το μέγεθος /δυναμικότητα, την παραγωγική διαδικασία, τις κατηγορίες των αποβλήτων (σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων - ΕΚΑ), τα χαρακτηριστικά και τις μεθόδους διαχείρισης των αποβλήτων, τα είδη επικίνδυνων ουσιών /υλικών που χρησιμοποιούνται /παράγονται, τους ρύπους που ενδέχεται να έχουν διαρρεύσει, τη σύνδεση δραστηριοτήτων με περιστατικά ρύπανσης που συμβαίνουν συχνότερα στην Ελλάδα, τις υπηρεσίες που διαθέτουν τα περισσότερα στοιχεία ενδιαφέροντος, αποφάσεις (εγκρίσεις, άδειες) που έχουν εκδοθεί από τις αρμόδιες υπηρεσίες, την πρόσβαση σε υδρογεωλογικούς χάρτες ή μελέτες ή και πληροφορίες από ερωτηματολόγια, αναγνωριστικές επιτόπου επισκέψεις κ.λπ. Επίσης, στη διατύπωση των ως άνω κριτηρίων θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος χώρου (χρήση γης, στάθμη υπόγειου υδροφορέα, στρωματογραφία κ.α.). Η εφαρμογή των εν λόγω κριτηρίων θα πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα κατάρτισης ενός 2<sup>ου</sup> καταλόγου που θα περιλαμβάνει τους πιθανά ρυπασμένους χώρους.

Το κείμενο με το παραπάνω περιεχόμενο θα αποτελέσει το 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο της μελέτης.

### **Παραδοτέο 3 : Διαδικασία χαρακτηρισμού των πιθανά ρυπασμένων χώρων**

- Θα γίνει περιγραφή διαδοχικών σταδίων και αντίστοιχων απαιτούμενων ενεργειών για την περαιτέρω διερεύνηση (λεπτομερή χαρακτηρισμό) των πιθανά ρυπασμένων χώρων (του 2<sup>ου</sup> δηλαδή καταλόγου). Ειδικότερα, θα περιγραφούν λεπτομερώς οι ληπτές ενέργειες σε καθένα από τα διαδοχικά στάδια και τα κριτήρια, με βάση τα οποία θα αποφασίζεται ότι ολοκληρώνεται ένα στάδιο και ακολουθεί το επόμενο.
- Στη διερεύνηση αυτή θα περιλαμβάνεται, μεταξύ άλλων, η απαίτηση για τη διενέργεια δειγματοληψιών και αναλύσεων. Θα διατυπωθούν επομένως κριτήρια για την εκπόνηση κατάλληλων σχεδίων δειγματοληψίας, ώστε να γίνεται ορθός καθορισμός :
  - των σημείων δειγματοληψίας (το μέσο από το οποίο θα ληφθούν τα δείγματα),
  - του ελάχιστου αριθμού αντιπροσωπευτικών δειγμάτων (εύρος των ερευνών /ελέγχων),
  - των βασικών παραμέτρων που θα ελεγχθούν.
 Επιπλέον, θα γίνει αναφορά σε θέματα που σχετίζονται με την προστασία και ασφάλεια εργαζομένων κατά τη φάση των δειγματοληψιών – αναλύσεων.
- Θα περιγραφούν λεπτομερώς οι κατηγορίες (διάφορα επίπεδα) των επιπτώσεων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία που σχετίζονται με τη ρύπανση χώρων.

- Θα προταθούν οριακές τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων (όρια δράσης), με βάση τη διεθνή πρακτική.
- Θα αναφερθούν επίσης τα σημαντικότερα διεθνή πρότυπα για το χαρακτηρισμό ρυπασμένων χώρων.
- Θα παρουσιαστούν οι συνήθεις τρόποι έκθεσης του ανθρώπου σε επιβλαβή ρυπαντικά φορτία στο έδαφος και τα υπόγεια νερά, καθώς και πιθανά συμπτώματα.

Το κείμενο με το παραπάνω περιεχόμενο θα αποτελέσει το 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο της μελέτης.

#### **Παραδοτέο 4 : Διαδικασία λήψης απόφασης για την εφαρμογή μέτρων αποκατάστασης**

- Θα περιγραφεί η διαδικασία λήψης απόφασης από τους υπόχρεους φορείς αποκατάστασης και εμπλεκόμενους φορείς του δημοσίου, μετά την εφαρμογή της προαναφερόμενης διαδικασίας χαρακτηρισμού, όσον αφορά την παραμονή ενός χώρου στη λίστα των πιθανά ρυπασμένων χώρων χωρίς περαιτέρω ενέργειες, την αναγκαιότητα παρακολούθησης και επανεξέτασης, την επιβολή περιοριστικών μέτρων, την απαίτηση εφαρμογής τεχνολογιών αποκατάστασης.

Στο πλαίσιο αυτό θα περιγραφεί αναλυτικά η διαδικασία εκτίμησης επικινδυνότητας, η οποία περιλαμβάνει: εκτίμηση πιθανότητας εκδήλωσης αρνητικών επιπτώσεων – παραγόντων στα περιβαλλοντικά αγαθά (έδαφος, νερό, αέρας) και στην υγεία του ανθρώπου, καθώς και εκτίμηση μεγέθους αρνητικών συνεπειών για συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα. Επίσης, θα ληφθούν υπόψη τα προβλεπόμενα στις παρ. 7.1.1. και 7.1.2 στοιχεία του παραρτήματος της ΚΥΑ 24944/1159/2006 (ΦΕΚ 791/Β).

Σημειώνεται ότι οι προσεγγίσεις που θα ακολουθηθούν δεν είναι απαραίτητο να έχουν απόλυτο χαρακτήρα, αλλά μπορεί και να συνδυαστούν μεταξύ τους (π.χ. είναι δυνατόν να αποφασιστεί ότι θα εφαρμοστούν υψηλότερα όρια δράσης, εφόσον αυτό μπορεί να υποστηριχτεί με βάση την εκτίμηση επικινδυνότητας).

- Θα καθοριστούν οι βασικές παράμετροι του σχεδιασμού των ενδεδειγμένων μέτρων αποκατάστασης, οι οποίες σχετίζονται με τον καθορισμό των στόχων αποκατάστασης, τα είδη και η έκταση των ληπτέων μέτρων και δράσεων και γενικά τις αποφάσεις που θα πρέπει να ληφθούν για την εξυγίανση – αποκατάσταση.

Το κείμενο με το παραπάνω περιεχόμενο θα αποτελέσει το 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο της μελέτης.

#### **Παραδοτέο 5 : Επιλογή τεχνολογιών αποκατάστασης και μέτρων μετέπειτα φροντίδας – Πρόταση εργαλείων χρηματοδότησης**

- Θα αναλυθεί η μεθοδολογία επιλογής των κατάλληλων τεχνολογιών αποκατάστασης, με βάση προκαταρκτική τεχνική μελέτη εφαρμοσιμότητας (feasibility study) η οποία θα αξιολογεί συγκριτικά εναλλακτικές τεχνολογίες (συνιστάται για πιο περίπλοκες περιπτώσεις) ή με βάση την «τεκμαρτή μέθοδο αποκατάστασης» (presumptive remedy), μια προσέγγιση δηλαδή που στηρίζεται στη συσσωρευμένη εμπειρία, σύμφωνα με την

οποία κάποιες περιπτώσεις με κοινά χαρακτηριστικά μπορούν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς με την ίδια τεχνολογία. Στο πλαίσιο αυτό, θα γίνει:

- Περιγραφή των γενικών κατηγοριών των πλέον προηγμένων μεθόδων αποκατάστασης που βρίσκονται στο στάδιο εμπορικής εκμετάλλευσης. Θα παρατεθεί μια λίστα με τα χαρακτηριστικά των τεχνολογιών με βάση τα οποία θα γίνει η συγκριτική αξιολόγησή τους, π.χ. βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά, επίπεδο ανάπτυξης (ερευνητικό, πιλοτικές εφαρμογές, εφαρμογές σε κλίμακα πεδίου, χρονικός ορίζοντας (μήνες, έτη), κόστος (χαμηλό – μέτριο – υψηλό), παραδείγματα εφαρμογών, ανάγκες παρακολούθησης.
- Αναφορά σε τεχνολογίες πιθανά κατάλληλες για ευρείες κατηγορίες ρύπων, που σχετίζονται τόσο με παρελθούσες βιομηχανικές ή συναφείς δραστηριότητες όσο και γεωργικές – κτηνοτροφικές δραστηριότητες.
- Θα περιγραφούν τα κατάλληλα μέτρα, δράσεις και παρεμβάσεις για την παρακολούθηση της ποιότητας των περιβαλλοντικών μέσων και παραμέτρων και γενικά για τη μετέπειτα φροντίδα των χώρων μετά την εφαρμογή των μέτρων /τεχνολογιών αποκατάστασης.
- Θα διερευνηθούν πιθανά οικονομικά εργαλεία για τη χρηματοδότηση των απαιτούμενων μέτρων εξυγίανσης - αποκατάστασης, στη βάση της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει».

Το κείμενο με το παραπάνω περιεχόμενο θα αποτελέσει το 5<sup>ο</sup> και τελευταίο κεφάλαιο της μελέτης.

Όλα τα ανωτέρω παραδοτέα θα υποβληθούν και σε κείμενο συμπυκνμένης μορφής.

Το έργο «ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ / ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ» είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς αναμένεται να προσεγγίσει ένα φλέγον πρόβλημα, που αντιμετωπίζει η χώρα μας και δεν είναι άλλο από τον έλεγχο των επικινδύνων αποβλήτων (ΕΑ) και των επιπτώσεων, που αυτά δύναται να έχουν στο περιβάλλον και στον άνθρωπο, μέσω της διαφυγής τους στο έδαφος / ύδατα / αέρα.

Πιο συγκεκριμένα, χώροι, οι οποίοι διαθέτουν ΕΑ, είτε σε πλήρως ελεγχόμενη κατάσταση, είτε σε ήμι-ελεγχόμενη (μη αντιληπτές διαρροές), είτε ακόμη και σε πλήρως μη ελεγχόμενη κατάσταση (ατύχημα – μεγάλη διαρροή), θα πρέπει να είναι δυνατόν να εντοπιστούν, να καταγραφούν και να αξιολογηθούν ως προς την επικινδυνότητά τους και μέσω μιας κατάλληλης μεθοδολογίας να προσδιοριστούν όλες εκείνες οι παράμετροι, που θα υποδείξουν τα βέλτιστα μέτρα αποκατάστασης και ελέγχου.

Το εν λόγω έργο, βάσει όλων όσων έχουν αναφερθεί έως τώρα, αναμένεται να υποδείξει όλα τα απαιτούμενα εργαλεία (μεθοδολογία, κριτήρια, όρια, προτάσεις αποκατάστασης, κα.) για τον εντοπισμό, τη διερεύνηση σε διάφορα στάδια, την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της

αναλυτικής έρευνας και την επιλογή των κατάλληλων μέτρων εξυγίανσης – αποκατάστασης και μετέπειτα φροντίδας των χώρων και εγκαταστάσεων που έχουν ρυπανθεί ή τυχόν ρυπανθεί από βιομηχανικά και επικίνδυνα απόβλητα. Μέρος των τελικών παραδοτέων αυτού θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την σύνταξη σχετικού νομικού κειμένου.

Η σχετική σύμβαση μεταξύ του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) και του Πολυτεχνείου Κρήτης υπεγράφη στις 3/12/2008 και ως εκ τούτου το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης και κατάθεσης των προβλεπόμενων παραδοτέων του έργου (μελέτης) διαμορφώνεται ως εξής:

- Παραδοτέο 1 : Έκθεση μεθοδολογικής προσέγγισης  
1 μήνα από την υπογραφή της σύμβασης → **2/1/2009**
- Παραδοτέο 2 : Μεθοδολογία εντοπισμού πιθανά ρυπασμένων χώρων – Καθορισμός κριτηρίων πρώτου χαρακτηρισμού  
3 μήνες από την υποβολή του παραδοτέου 1 → **2/4/2009**
- Παραδοτέο 3 : Διαδικασία χαρακτηρισμού των πιθανά ρυπασμένων χώρων  
4 μήνες από την υποβολή του παραδοτέου 2 → **2/8/2009**
- Παραδοτέο 4 : Διαδικασία λήψης απόφασης για την εφαρμογή μέτρων αποκατάστασης  
6 μήνες από την υποβολή του παραδοτέου 2 → **2/10/2009**
- Παραδοτέο 5 : Επιλογή τεχνολογιών αποκατάστασης και μέτρων μετέπειτα φροντίδας – Πρόταση εργαλείων χρηματοδότησης  
2 μήνες από την υποβολή του παραδοτέου 4 → **2/12/2009**

Το παρόν τεύχος αποτελεί το Παραδοτέο 1 (Κεφάλαιο 1) της συνολικής μελέτης για τη διερεύνηση, αξιολόγηση και αποκατάσταση ανεξέλεγκτων ρυπασμένων χώρων / εγκαταστάσεων από βιομηχανικά και επικίνδυνα απόβλητα στην Ελλάδα, το οποίο περιλαμβάνει την αναλυτική παρουσίαση της μεθοδολογίας προσέγγισης, που θα ακολουθηθεί από την ομάδα εργασίας του Πολυτεχνείου Κρήτης, για την εκπόνηση της εν λόγω μελέτης.

## 1.2. Μεθοδολογία προσέγγισης – διεξαγωγής έργου

Για την εκπόνηση του προαναφερόμενου έργου είναι σημαντικό να πραγματοποιηθεί εις βάθος έρευνα της έως τώρα υπάρχουσας εμπειρίας σε χώρες του εξωτερικού, η οποία είναι σημαντική και ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα. Επίσης, πρέπει να ληφθούν υπόψη ήδη υπάρχουσες

και εφαρμοζόμενες πρακτικές στο υπό μελέτη πεδίο, ισχύουσες νομοθεσίες ξένων χωρών, διεθνώς αναγνωρισμένα και εφαρμοζόμενα πρότυπα, καθώς επίσης και νέες επιστημονικές προσεγγίσεις και προτάσεις, όπως αυτές παρουσιάζονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Όλα τα προαναφερόμενα θα πρέπει να «προσαρμοστούν» στις ιδιαιτερότητες, που ενδεχομένως παρουσιάζει ο Ελλαδικός χώρος, έτσι ώστε να προκύψουν αξιοποιήσιμα στοιχεία και χρήσιμα εργαλεία.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία προσέγγισης, που θα ακολουθηθεί, για την εκπόνηση του εν λόγω έργου είναι η εξής:

1. Λεπτομερής καταγραφή επιμέρους παραδοτέων και στόχων του έργου

Καταρχήν θα πραγματοποιηθεί λεπτομερής καταγραφή των απαιτούμενων, σύμφωνα με την ισχύουσα σύμβαση, παραδοτέων και κατ' επέκταση στόχων του έργου. Η καταγραφή θα πραγματοποιηθεί ανά παραδοτέο / κεφάλαιο και σκοπό θα έχει την διασαφήνιση των απαιτούμενων στοιχείων/δεδομένων, που θα πρέπει να συγκεντρωθούν, καθώς επίσης και των επιθυμητών αποτελεσμάτων / συμπερασμάτων, που θα πρέπει να προκύψουν. Έχοντας όλα αυτά ως δεδομένα, η αναγκαία έρευνα, που θα διεξαχθεί στη συνέχεια, θα είναι σαφής και επικεντρωμένη σε συγκεκριμένα πεδία.

2. Εκτενής μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας

Επιστημονικές εργασίες, νομοθεσίες, διεθνή και εθνικά πρότυπα, πρακτικά επιστημονικών συνεδρίων, μελέτες και άλλο τυχόν σχετικό διαθέσιμο υλικό θα αποτελέσουν πηγή πληροφοριών και γνώσεων σχετικά με την υφιστάμενη κατάσταση σε ανεπτυγμένες χώρες του εξωτερικού. Κριτήρια, όρια, μέτρα και τεχνολογίες, που έχουν ήδη ακολουθηθεί στο εξωτερικό, θα μελετηθούν, θα αξιολογηθούν και θα «αναχθούν» στην Ελληνική πραγματικότητα, προκειμένου να προκύψει ένα νέο, πλήρες και αξιόπιστο πλαίσιο εντοπισμού, χαρακτηρισμού και διαχείρισης ανεξέλεγκτων ρυπασμένων χώρων / εγκαταστάσεων από βιομηχανικά και επικίνδυνα απόβλητα στην Ελλάδα.

3. Αναδρομή και αξιοποίηση ήδη υφιστάμενης εμπειρίας

Ανεπτυγμένες χώρες του εξωτερικού, οι οποίες έχουν πολυετή εμπειρία στο συγκεκριμένο πεδίο, μέσω βιβλιογραφίας, αλλά και ιδιαίτερας μέσω απευθείας επαφής με ειδήμονες επί του θέματος / καθηγητές / κυβερνητικούς φορείς, θα αποτελέσουν πολύτιμη πηγή πληροφοριών και δεδομένων, που ενδεχομένως να μην είναι ευρέως γνωστά ή διαθέσιμα.

4. Καταγραφή και αξιολόγηση των ευρημάτων ανά στόχο / παραδοτέο

Όλα τα προκύπτοντα από την έρευνα στοιχεία θα καταγραφούν λεπτομερώς ανά παραδοτέο / κεφάλαιο, έτσι ώστε να είναι δυνατή η αξιολόγησή τους. Θα πρέπει να γίνει προσδιορισμός πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων / αδυναμιών όλων των διαθέσιμων πρακτικών / μεθοδολογιών, που ακολουθούνται διεθνώς, έτσι ώστε μόνο θετικά στοιχεία

να αντληθούν για περαιτέρω εξέταση υιοθέτησης / προσαρμογής τους στην Ελληνική πραγματικότητα.

5. Σύγκριση των ευρημάτων με ιδιαιτερότητες / χαρακτηριστικά της χώρας μας – εντοπισμός σημείων σύγκλισης / συμβατότητας και μη

Όλα τα συλλεχθέντα ευρήματα (στοιχεία / πληροφορίες / πρακτικές) θα αξιολογηθούν ως προς τις ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά του Ελλαδικού χώρου, προκειμένου να διασαφηνιστούν τυχόν σημεία σύγκλισης και απόκλισης και τελικά να υιοθετηθούν και / ή να αξιοποιηθούν μονάχα οι χρήσιμες και πρακτικά εφαρμόσιμες / ισχύουσες / συμβατές «πληροφορίες» για την Ελλάδα.

6. Επίτευξη επιμέρους στόχων και σύνταξη επιμέρους παραδοτέων του έργου

Σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης του έργου / μελέτης, τα επιμέρους παραδοτέα θα συντάσσονται και θα υποβάλλονται, επιτυγχάνοντας τους αντίστοιχους στόχους αυτών, μέσω όλων των προαναφερόμενων βημάτων.

7. Τελική αξιολόγηση και συζήτηση με εμπειρογνώμονες του εσωτερικού και εξωτερικού επί αυτών

Τα τελικά συμπεράσματα / προτάσεις κάθε παραδοτέου / κεφαλαίου θα τίθενται υπό συζήτηση και περαιτέρω αξιολόγηση από εμπειρογνώμονες του εσωτερικού, αλλά κυρίως του εξωτερικού, προκειμένου να υπάρξουν τυχόν συμπληρώσεις / μικρομετατροπές και τελικά η αξιοπιστία και η ορθότητα αυτών να είναι αντικειμενικά αδιαμφισβήτητη.

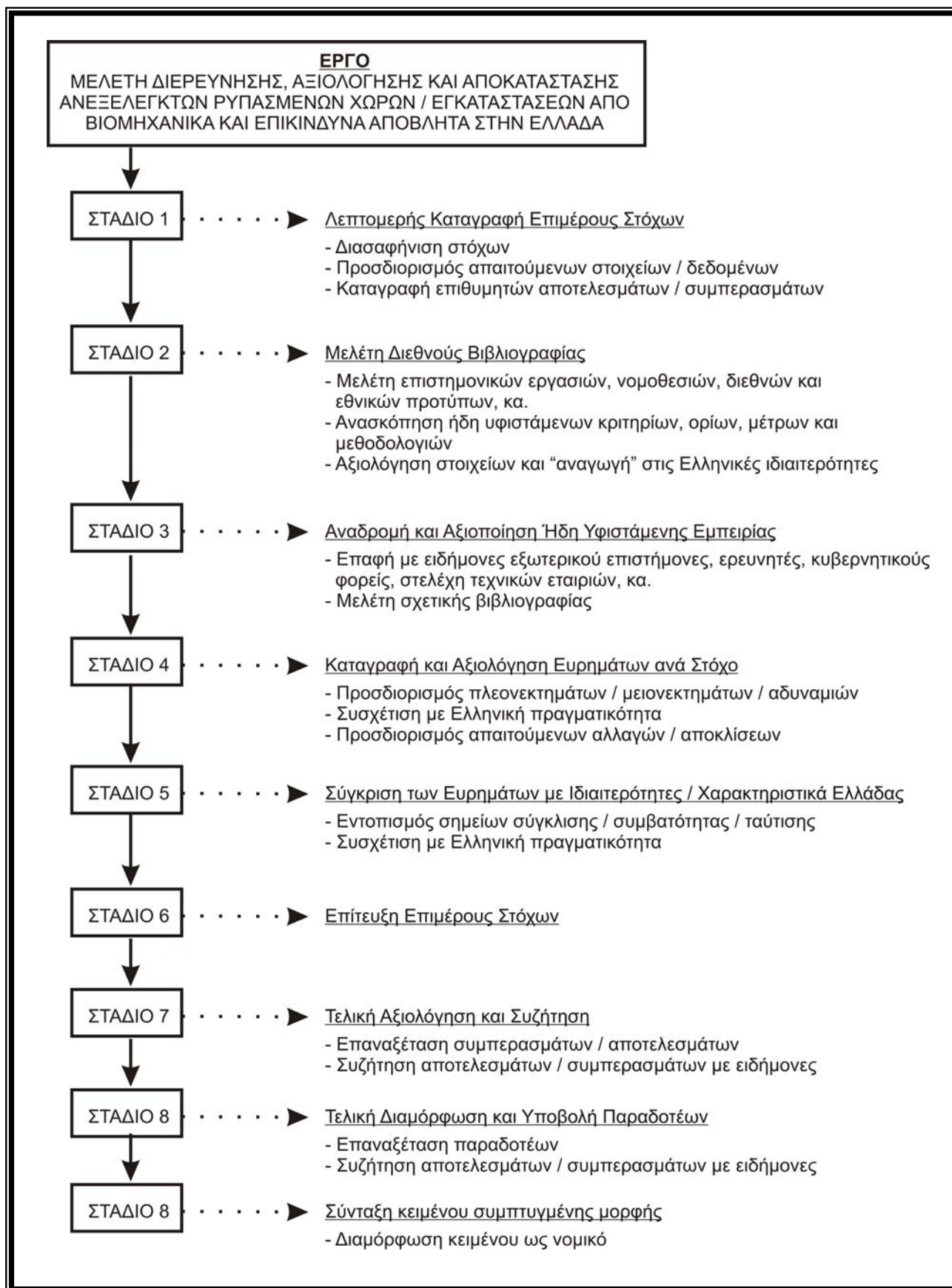
8. Τελική διαμόρφωση και υποβολή παραδοτέων

Τα επιμέρους παραδοτέα / κεφάλαια θα συντάσσονται υπό τη μορφή κειμένου θα υποβάλλονται ως αυτόνομο και ξεχωριστό κείμενο, σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα του έργου.

9. Σύνταξη κειμένου συμπυκνμένης μορφής, κατάλληλης για χρήση ως νομικό κείμενο.

Μετά την ολοκλήρωση όλων των επιμέρους παραδοτέων / κεφαλαίων θα συνταχθεί ένα συνοπτικό / ανακεφαλαιωτικό κείμενο, το οποίο θα έχει συμπυκνμένη μορφή, κατάλληλη για χρήση ως νομικό κείμενο.

Όλα τα προαναφερθέντα επιμέρους στάδια της προτεινόμενης από το Πολυτεχνείο Κρήτης μεθοδολογίας παρουσιάζονται συνοπτικά στο Σχήμα 1-1.



Σχήμα 1-1: Μεθοδολογία προσέγγισης – διεξαγωγής του έργου.

### **1.3. Μεθοδολογία διερεύνησης, αξιολόγησης και αποκατάστασης ανεξέλεγκτων ρυπασμένων χώρων/ εγκαταστάσεων από βιομηχανικά και επικίνδυνα απόβλητα στην Ελλάδα**

#### **1.3.1. Εισαγωγή**

Η παραγωγή ΕΑ αποτελεί ένα αδιαμφισβήτητο και εν μέρη αναπόφευκτο πλέον γεγονός, το οποίο καλείται να αντιμετωπίσει δραστικά ο σύγχρονος ανεπτυγμένος κόσμος, προκειμένου να προστατευθεί το περιβάλλον και η δημόσια υγεία. Δεδομένων των πολλών έως τώρα παραδειγμάτων ελλιπούς διαχείρισης και επεξεργασίας των ΕΑ παγκοσμίως και εν όψη των πραγματικά τραγικών επιπτώσεων αυτών, αρκετές χώρες έχουν ήδη προβεί στην θέσπιση ειδικού νομοθετικού πλαισίου και στη διαμόρφωση συγκεκριμένου σχεδιασμού διαχείρισης των ΕΑ.

Η Ελλάδα προέβη σε Έγκριση Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Επικινδύνων Αποβλήτων - ΕΣΔΕΑ (ΚΥΑ 8668/07) το 2007, αναγνωρίζοντας την υφιστάμενη επιτακτική ανάγκη εντοπισμού, καταγραφής και ορθής διαχείρισης (αποκατάστασης-παρακολούθησης) των χώρων διαχείρισης ΕΑ.

Συγκεκριμένα, ο ΕΣΔΕΑ προβλέπει την καταγραφή και τον προγραμματισμό αποκατάστασης ή / και εξυγίανσης των ρυπασμένων χώρων, λόγω ακατάλληλης απόθεσης ΕΑ ή / και χώρων που έχουν ρυπανθεί από επικίνδυνες ουσίες (Παρ. 4.2.1. (7) Παραρτήματος ΚΥΑ 8668/07). Η διαχείριση των ρυπασμένων και εν δυνάμει ρυπασμένων χώρων θα περιλαμβάνει (Παρ. 4.3.1. (6) Παραρτήματος ΚΥΑ 8668/07):

- ταυτοποίηση των χώρων, όπου έχουν πραγματοποιηθεί ακατάλληλες εργασίες διάθεσης ΕΑ
- εκτίμηση επικινδυνότητας
- σύσταση ή λήψη άμεσων μέτρων, προκειμένου να προληφθεί ή να περιοριστεί η ρύπανση του περιβάλλοντος
- προσδιορισμός των αναγκαίων μέτρων αποκατάστασης ή / και εξυγίανσης των χώρων αυτών
- υλοποίηση εργασιών αποκατάστασης ή / και εξυγίανσης
- παρακολούθηση του ήδη αποκατεστημένου χώρου για ορισμένο κατά περίπτωση χρονικό διάστημα

Όσον αφορά στους χώρους όπου υπάρχουν αποθηκευμένα ΕΑ, μέχρι το έτος 2011 θα πρέπει να έχουν αντιμετωπιστεί πλήρως, σύμφωνα με το άρθρο 18 της ΚΥΑ 13588/725 (υποβολή Τεχνικής Έκθεσης Διαχείρισης, βάσει του Κεφ. 10 του Παραρτήματος (αρθρ. 4) της ΚΥΑ 24944/1159/06, στην αρμόδια αρχή για την έκδοση Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων - ΑΕΠΟ). Με τον τρόπο αυτό θα γίνει κατάταξη (χαρακτηρισμός) των

χώρων αποθήκευσης και θα επιβληθούν ανάλογες υποχρεώσεις από την αρμόδια για την ΑΕΠΟ αρχή.

Για την εξυγίανση – αποκατάσταση (ανεξέλεγκτων) χώρων ρυπασμένων από ΕΑ, οι υπηρεσίες περιβάλλοντος των Περιφερειών καθίστανται αρμόδιες για: α) την αναγνώριση και την αξιολόγηση της ρύπανσης σε χώρους ανεξέλεγκτης διαχείρισης ΕΑ (και επικινδύνων ουσιών) στην περιοχή τους, β) τη διακρίβωση των υπαίτιων της ρύπανσης (φορέων διαχείρισης ή κατόχων ΕΑ), γ) την εισήγηση του καθορισμού των απαιτούμενων έργων επιτόπιας εξυγίανσης – αποκατάστασης, με απόφαση του Γενικού Γραμματέα (Γ.Γ.) της Περιφέρειας. Οι υπαίτιοι της ρύπανσης υποχρεούνται: α) να υποβάλλουν στην αρμόδια υπηρεσία «Ειδική Μελέτη Εξυγίανσης – Αποκατάστασης του Ρυπασμένου από Ε.Α. Χώρου» (βάσει του Κεφ. 7 του Παραρτήματος (αρθρ. 4) της ΚΥΑ 24944/1159/06) και β) να υλοποιήσουν όλα τα απαιτούμενα έργα, σύμφωνα με την απόφαση του Γ.Γ. της Περιφέρειας, που εκδίδεται μετά την έγκριση της μελέτης. Φορέας εκτέλεσης των έργων εξυγίανσης – αποκατάστασης και υπόχρεος για την κάλυψη του σχετικού κόστους, ο οποίος ορίζεται με απόφαση του Γ. Γ. της Περιφέρειας, είναι ο υπαίτιος της ρύπανσης (φορέας, κάτοχος) ή η ίδια η Περιφέρεια, σε περίπτωση που δεν έχει διαπιστωθεί ακόμη ή δεν είναι δυνατόν να διαπιστωθεί ο υπαίτιος της ρύπανσης.

Σε περίπτωση ρύπανσης ενός χώρου με ΕΑ συνεπεία ατυχήματος, λαμβάνονται όλα τα αναγκαία μέτρα για την αντιμετώπιση του ατυχήματος και την προστασία του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος με απόφαση ή εντολή του Γ.Γ. της οικείας Περιφέρειας, ο οποίος και ενημερώνει σχετικά την Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας του ΥΠΕΣΔΔΑ. Οι αστυνομικές αρχές και κάθε άλλη δημόσια αρχή ή αρχή τοπικής αυτοδιοίκησης υποχρεούνται να παράσχουν κάθε αναγκαία συνδρομή για την εφαρμογή των σχετικών αποφάσεων και των εντολών.

Για την εξυγίανση – αποκατάσταση χώρων / εγκαταστάσεων ΕΑ αποβλήτων, μετά το τέλος λειτουργίας τους, προβλέπονται τα εξής, σύμφωνα με το άρθρο 9 της ΚΥΑ 13588/725/06:

- η ΑΕΠΟ θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει μέτρα και όρους σχετικά με την παύση της λειτουργίας και συγκεκριμένα για: α) την εξυγίανση – αποκατάσταση του χώρου, β) τη διαδικασία της «οριστικής παύσης λειτουργίας», γ) τις εργασίες και την χρονική διάρκεια της «μετέπειτα φροντίδας»
- ο φορέας διαχείρισης των επικινδύνων αποβλήτων υλοποιεί τα έργα εξυγίανσης – αποκατάστασης, σύμφωνα με την ΑΕΠΟ

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών εξυγίανσης – αποκατάστασης ακολουθεί η διαδικασία της οριστικής παύσης της λειτουργίας της εγκατάστασης ή / και του χώρου διάθεσης ή αξιοποίησης, για την οποία ο φορέας υποβάλλει στην υπηρεσία περιβάλλοντος της

Περιφέρειας αίτηση με στοιχεία / εκθέσεις τεκμηρίωσης της ολοκλήρωσης των εργασιών. Εν συνεχεία με έκδοση απόφασης του Γ.Γ. Περιφέρειας εγκρίνονται:

- ο τερματισμός των εργασιών εξυγίανσης – αποκατάστασης
- η οριστική παύση λειτουργίας (όπου απαιτείται)
- η έναρξη των εργασιών μετέπειτα φροντίδας (όπου απαιτείται)

Η χρονική διάρκεια της μετέπειτα φροντίδας πρέπει να είναι τουλάχιστον:

- 30 έτη για χώρους / εγκαταστάσεις διάθεσης ΕΑ
- 10 έτη για χώρους / εγκαταστάσεις αξιοποίησης ΕΑ
- 5 έτη για εγκαταστάσεις αποθήκευσης ΕΑ

Σε περίπτωση που παρατηρηθούν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία κατά τη διάρκεια τη μετέπειτα φροντίδας, ο φορέας διαχείρισης ενημερώνει όλους τους εμπλεκόμενους φορείς (αρμόδια αρχή για έκδοση ΑΕΠΟ, Περιφέρεια, Νομαρχία), έτσι ώστε να καθοριστούν και να εφαρμοστούν συμπληρωματικά επανορθωτικά μέτρα.

Σε ένα πρώτο στάδιο εφαρμογής της προαναφερόμενης ισχύουσας νομοθεσίας, αλλά και για την αντιμετώπιση της υφιστάμενης πραγματικότητας, εντάχθηκε στο ΕΠΠΕΡ και υλοποιείται το έργο «ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ / ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ». Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζεται μια συνοπτική μεθοδολογία για τον εντοπισμό, τον χαρακτηρισμό, τη διερεύνηση σε διάφορα στάδια, την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της αναλυτικής έρευνας και την επιλογή των κατάλληλων μέτρων εξυγίανσης ενός ρυπασμένου ή εν δυνάμει ρυπασμένου πεδίου. Η εν λόγω μεθοδολογία θα διαμορφωθεί λεπτομερώς κατά τη διάρκεια εκπόνησης του έργου και περιλαμβάνει συγκεκριμένες φάσεις, όπως αυτές έχουν ήδη «επιβληθεί» λίγο πολύ από διεθνείς προδιαγραφές και την υπάρχουσα εμπειρία σε χώρες του εξωτερικού.

### 1.3.2. Μεθοδολογία

#### 1.3.2.1. Φάση Ι : Ανάπτυξη διαδικασίας καταγραφής – χαρακτηρισμού - βάσης δεδομένων

Πριν την όποια προσπάθεια διαχείρισης ρυπασμένων ή εν δυνάμει ή πιθανά ρυπασμένων χώρων από ΕΑ θα πρέπει, όπως είναι αυτονόητο, να προηγηθεί ο εντοπισμός αυτών, μέσω μιας λεπτομερούς διαδικασίας καταγραφής και χαρακτηρισμού τους και της δημιουργίας μιας δυναμικής και πλήρους βάσης δεδομένων. Η εν λόγω βάση δεδομένων καταρχήν θα περιέχει όλες τις περιπτώσεις εν δυνάμει ρυπασμένων χώρων, βάσει του χαρακτήρα τους και σχετικών λιστών της ισχύουσας νομοθεσίας. Σε ένα δεύτερο επίπεδο θα περιλαμβάνει τους πιθανά ρυπασμένους χώρους, βάσει θέσπισης συγκεκριμένων κριτηρίων χαρακτηρισμού.

Για την συμπλήρωση μιας τέτοιας βάσης με πραγματικές περιπτώσεις του Ελλαδικού χώρου θα πρέπει να ενεργοποιηθούν πολλοί και διαφορετικοί φορείς, που θα αποτελέσουν πολύτιμη πηγή πληροφοριών. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να ακολουθηθεί μια ενιαία μεθοδολογία συλλογής πληροφοριών, η οποία θα επιτρέψει την συγκέντρωση συγκρίσιμων πολύτιμων δεδομένων.

Το ιδιοκτησιακό καθεστώς και η χρήση ενός χώρου είναι ιδιαίτερα σημαντικές παράμετροι στην προσπάθεια καταγραφής αυτού. Για παράδειγμα, δεν είναι το ίδιο εύκολο να εντοπιστεί και να ελεγχθεί μια εν λειτουργία βιοτεχνική μονάδα, που προκαλεί εδαφική ρύπανση και ένα ιδιωτικό ή δημόσιο απομακρυσμένο χωράφι παράνομης εναπόθεσης επικινδύνων ουσιών. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να αναζητηθούν πληροφορίες από τους κατάλληλους φορείς. Σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. Αυσταλία) έχουν αξιοποιηθεί ακόμη και τα αρχεία εταιρειών παροχής ηλεκτρισμού (π.χ. ΔΕΗ) ή και τηλεφωνικοί κατάλογοι.

Βάσει των παραπάνω, θεωρείται σημαντικός ο διαχωρισμός των ρυπασμένων ή πιθανά ρυπασμένων χώρων, βάσει της χρήσεώς τους, στις εξής κατηγορίες:

1. **επιχειρήσεις / παραγωγικές μονάδες / βιομηχανικές εγκαταστάσεις**
2. **χώροι αποθήκευσης / διαχείρισης / επεξεργασίας ΕΑ**
3. **ανεξέλεγκτοι χώροι**

**1.** Όσον αφορά στις επιχειρήσεις / παραγωγικές μονάδες / βιομηχανικές εγκαταστάσεις σημαντική πηγή πληροφοριών μπορούν να αποτελέσουν:

- οι Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) και οι αντίστοιχοι περιβαλλοντικοί όροι, που έχουν εκδοθεί για την λειτουργία τους
- οι ετήσιες εκθέσεις παραγωγού αποβλήτων, που υποχρεωτικά θα υποβάλλονται ετησίως, βάσει της ισχύουσας νομοθεσίας
- οι Δήμοι
- οι Διευθύνσεις Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης των οικείων Νομαρχιών
- οι Διευθύνσεις ΠΕ.ΧΩ. των οικείων Περιφερειών
- λοιπές αρμόδιες ανά περίπτωση υπηρεσίες (π.χ. Διεύθυνση Μεταφορών Νομαρχιών για την περίπτωση βενζινάδικων)
- το ΥΠΕΧΩΔΕ

Από τις συγκεκριμένες υπηρεσίες μπορεί να υπάρχει πολύτιμο υλικό, το οποίο να αφορά σε: αδειοδοτήσεις επιχειρήσεων / μονάδων / εγκαταστάσεων, σχέδια χωροταξικού σχεδιασμού, χάρτες χρήσεων γης και κτηματολόγιο, αεροφωτογραφίες, μαρτυρίες / καταγγελίες, ιστορικό αρχείο.

Από όλες τις προαναφερόμενες πηγές μπορεί να γίνει μια πρώτη καταγραφή των χώρων, όπου λειτουργούν επιχειρήσεις, παραγωγικές μονάδες και βιομηχανικές εγκαταστάσεις και οι οποίες βάσει των ΜΠΕ που διαθέτουν, χρησιμοποιούν ή παράγουν επικίνδυνες ουσίες, οι οποίες τις κατατάσσουν στους εν-δυνάμει ρυπασμένους χώρους. Επίσης μπορούν να αντληθούν κάποια βασικά στοιχεία τα οποία αφορούν στην θέση, την έκταση, το ιδιοκτησιακό καθεστώς, την δυναμικότητα και το ευρύτερο γειτνιάζον περιβάλλον του υπό μελέτη χώρου. Βάσει της εν λόγω καταγραφής, μπορεί να αποσταλεί σε όλες τις περιεχόμενες μονάδες / εγκαταστάσεις ειδικό ερωτηματολόγιο, το οποίο θα εστιάζει:

- α) στην παραγωγή αποβλήτων και στην χρήση επικίνδυνων χημικών ουσιών
  - β) στη διαχείριση και επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων και χρησιμοποιούμενων χημικών ουσιών
  - γ) στα μέτρα αποτροπής διαρροών / ατυχημάτων
  - δ) στον τρόπο ελέγχου / επιβεβαίωσης μη διαρροής
  - ε) στην εμφάνιση πιθανών ατυχημάτων καθ' όλη τη λειτουργία αυτών
  - ζ) στην παροχή πληροφοριών / ιστορικού ρύπανσης από προηγούμενες χρήσεις γης
- στοιχεία τα οποία ενδεχομένως να απουσιάζουν ή να προσεγγίζονται ανεπαρκώς στις αντίστοιχες ΜΠΕ.

Ειδικά στο στοιχείο δ) θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή και να επιβάλλεται η λήψη κατάλληλων μέτρων παρακολούθησης (π.χ. διάνοιξη δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, όπως και σε έναν ΧΥΤΑ για την παρακολούθηση και προστασία των υπογείων υδάτων),

προκειμένου η όποια ενδεχόμενη ρύπανση να μπορεί να διαπιστωθεί άμεσα και όχι μετά τον τερματισμό της λειτουργίας της εγκατάστασης, οπότε και οι επιπτώσεις θα είναι πιο μεγαλύτερες και πιο καταστροφικές.

Επίσης, τα στοιχεία ε) και ζ) μπορούν να επιβεβαιωθούν και να εμπλουτιστούν από τα αρχεία των Δήμων, Νομαρχιών, τοπικών Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης και μαρτυριών.

Ένα ενδεικτικό ερωτηματολόγιο, το οποίο μπορεί να συμπληρωθεί για την καταγραφή επιχειρήσεων / παραγωγικών μονάδων / βιομηχανικών εγκαταστάσεων, έπειτα από συνεργασία (κατά ιεραρχία) από τις προαναφερόμενες υπηρεσίες, θα πρέπει να περιλαμβάνει:

1. Όνομα επιχείρησης / μονάδας / εγκατάστασης – Ιδιοκτήτης – Φορέας λειτουργίας – Δραστηριότητα – Έκταση – Χρόνος Λειτουργίας - Διεύθυνση - Στοιχεία Επικοινωνίας
2. Τοπωνύμιο – Δήμος – Νομός – Περιφέρεια
3. Άδεια Λειτουργίας – Εγκεκριμένοι Περιβαλλοντικοί Όροι
4. Φορέας και Τρόπος Ελέγχου Τήρησης Περιβαλλοντικών Όρων – Διαθέσιμα Στοιχεία Περιβαλλοντικού Ελέγχου
5. Είδος και Ποσότητες Χρησιμοποιούμενων Χημικών (Επικίνδυνων) Ουσιών
6. Είδος και Ποσότητες Παραγόμενων Αποβλήτων – Τρόπος Διαχείρισης / Επεξεργασίας
7. Ταξινόμηση Αποβλήτων Βάσει ΕΚΑ
8. Βασικοί Κίνδυνοι Εγκατάστασης – Ατυχήματα – Διαρροές - Ληφθέντα Μέτρα Αντιμετώπισης
9. Χρήσεις Γης Περιμετρικά του Χώρου (π.χ. σε ακτίνα 1Km)
10. Αποστάσεις από Ευαίσθητους Αποδέκτες (π.χ. σχολεία, νοσοκομεία, σπίτια, λίμνες, ποτάμια, γεωτρήσεις και λίμνες άντλησης πόσιμου νερού, ευαίσθητα οικοσυστήματα, καλλιέργειες, ακτή, δασικές περιοχές).

Σε περίπτωση, που κάποια από τα παραπάνω στοιχεία δεν είναι διαθέσιμα, οι αρμόδιες υπηρεσίες υποχρεούνται να τα συλλέξουν είτε με απευθείας έλεγχο / εξέταση, είτε έπειτα από την αποστολή σχετικού ερωτηματολογίου στις εκάστοτε επιχειρήσεις / παραγωγικές μονάδες / βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

**2.** Όσον αφορά στους χώρους αποθήκευσης / διαχείρισης / επεξεργασίας ΕΑ σημαντικό και πιθανότατα επαρκές εργαλείο καταγραφής αναμένεται να αποτελέσει η υποβολή Τεχνικής Έκθεσης Διαχείρισης, βάσει του Κεφ. 10 του Παραρτήματος (αρθρ. 4) της ΚΥΑ 24944/1159/06. Φυσικά, και σε αυτήν την περίπτωση σημαντική πηγή πληροφοριών μπορούν να αποτελέσουν:

- οι Δήμοι
- οι διευθύνσεις Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης των οικείων Νομαρχιών
- οι διευθύνσεις ΠΕ.ΧΩ. των οικείων Περιφερειών

που υποχρεούνται να εντοπίσουν τους εν λόγω χώρους, βάσει των αρχείων τους και να επιβάλλουν την υποβολή της απαιτούμενης Τεχνικής Έκθεσης Διαχείρισης. Η συγκεκριμένη Έκθεση σε συνδυασμό με την ΜΠΕ των υπό μελέτη χώρων, θεωρούνται πλήρεις πηγές πληροφοριών, ικανές να επιτρέψουν την καταγραφή και την αξιολόγησή τους.

**3.** Τέλος, όσον αφορά στους ανεξέλεγκτους χώρους, πιθανές πηγές άντλησης πληροφοριών μπορούν να αποτελέσουν:

- οι Δήμοι
- οι διευθύνσεις Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης των οικείων Νομαρχιών
- οι διευθύνσεις ΠΕ.ΧΩ. των οικείων Περιφερειών
- μέσα μαζικής ενημέρωσης
- μαρτυρίες / καταγγελίες

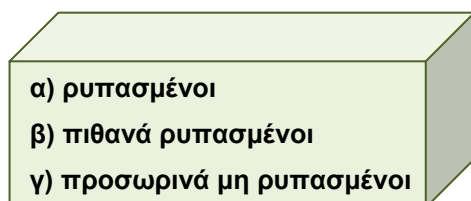
Ειδικά όσον αφορά στα μέσα μαζικής ενημέρωσης και στις μαρτυρίες / καταγγελίες, μπορούν να αποδώσουν πλήθος χρήσιμων πληροφοριών για περιπτώσεις ρυπασμένων ή εν δυνάμει ρυπασμένων χώρων, οι οποίες θα ήταν αδύνατον να συλλεχθούν διαφορετικά.

Ένα ενδεικτικό ερωτηματολόγιο, το οποίο μπορεί να δημοσιοποιηθεί και να συμπληρωθεί για την καταγραφή ανεξέλεγκτων χώρων, έπειτα από συνεργασία των προαναφερόμενων φορέων, θα πρέπει να περιλαμβάνει:

1. Τοπωνύμιο – Συντεταγμένες Θέσης – Δήμος – Νομός – Περιφέρεια
2. Ιδιοκτήτης
3. Είδος Υφιστάμενης Ρύπανσης – Ιστορικά Στοιχεία
4. Είδος και Ποσότητες Υφιστάμενων Αποβλήτων – Ρύπων – Ουσιών (βάσει ΕΚΑ)
5. Χρόνος Ρύπανσης
6. Βασικοί Κίνδυνοι Διασποράς Ρύπων – Περιβάλλοντος – Δημόσιας Υγείας
7. Τρόπος Εντοπισμού (π.χ. καταγγελία)
8. Ταξινόμηση Αποβλήτων Βάσει ΕΚΑ
9. Χρήσεις Γης Περιμετρικά του Χώρου (π.χ. σε ακτίνα 1Km)
10. Αποστάσεις από Ευαίσθητους Αποδέκτες (π.χ. σχολεία, νοσοκομεία, σπίτια, λίμνες, ποτάμια, γεωτρήσεις και λίμνες άντλησης πόσιμου νερού, ευαίσθητα οικοσυστήματα, καλλιέργειες, ακτές, δασικές περιοχές).

Το παραπάνω ερωτηματολόγιο θα πρέπει να συνοδεύεται από φωτογραφικό υλικό και παρατηρήσεις επιτόπιας επίσκεψης ειδικού προσωπικού της αρμόδιας υπηρεσίας περιβάλλοντος.

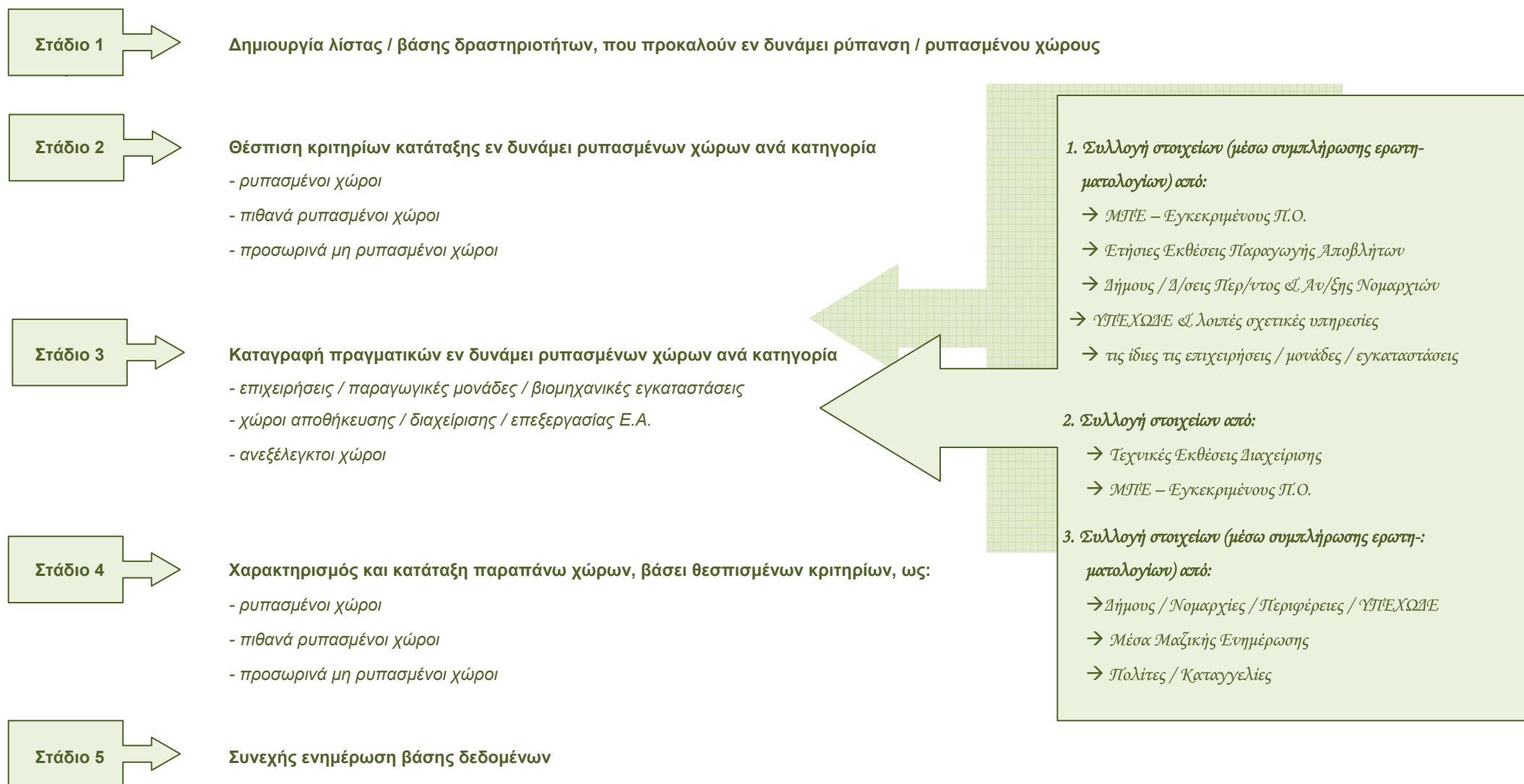
Η προαναφερόμενη διαδικασία καταγραφής συμβαδίζει με την συλλογή συγκεκριμένων πολύτιμων στοιχείων, όπως το μέγεθος / δυναμικότητα, την παραγωγική διαδικασία, τις κατηγορίες των αποβλήτων, τα χαρακτηριστικά και τις μεθόδους διαχείρισής τους, τα είδη επικίνδυνων ουσιών / υλικών που χρησιμοποιούνται / παράγονται, τους ρύπους που ενδέχεται να έχουν διαρρεύσει και άλλες πληροφορίες από ερωτηματολόγια και / ή επιτόπου επισκέψεις (π.χ. χρήση γης, στάθμη υπόγειου υδροφορέα, στρωματογραφία κ.α.), τα οποία επιτρέπουν μια πρώτη αξιολόγηση και τον χαρακτηρισμό των καταγεγραμμένων χώρων ως:



Η βασική δομή της απαιτούμενης βάσης με όλες τις περιπτώσεις εν δυνάμει ρυπασμένων χώρων, καθώς και τα κριτήρια χαρακτηρισμού ενός χώρου και ένταξής του σε μια από τις προαναφερόμενες κατηγορίες θα προσδιοριστούν και θα παρουσιαστούν αναλυτικά κατά την εκπόνηση του 2<sup>ου</sup> Κεφαλαίου του έργου «ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ / ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ».

Στο Σχήμα 1-2 παρουσιάζεται συνοπτικά η προαναφερόμενη διαδικασία καταγραφής πραγματικών εν-δυνάμει ρυπασμένων, ρυπασμένων και πιθανά ρυπασμένων χώρων.

## ΦΑΣΗ Ι: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ – ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ



Σχήμα 1-2: Διαδικασία καταγραφής εν δυνάμει ρυπασμένων, ρυπασμένων και πιθανά ρυπασμένων χώρων.

### 1.3.2.2. Φάση II : Προκαταρκτική εκτίμηση / αξιολόγηση / χαρακτηρισμός χώρων

Μετά τη δημιουργία της προαναφερόμενης βάσης δεδομένων θα πρέπει να γίνει περαιτέρω χαρακτηρισμός και κατηγοριοποίηση των ρυπασμένων και πιθανά ρυπασμένων χώρων ως:

- **ρυπασμένος χώρος – απαιτείται εξυγίανση**
- **ρυπασμένος χώρος – απαιτείται παρακολούθηση και/ή λήψη προληπτικών μέτρων**
- **προσωρινά μη ρυπασμένος χώρος**

Για τον παραπάνω σκοπό θα πρέπει να γίνει αποτίμηση της υφιστάμενης επικινδυνότητας μέσω των διαθέσιμων στοιχείων αλλά και της διεξαγωγής κατάλληλων εργασιών, δειγματοληψιών και αναλύσεων. Πιο αναλυτικά, οι στόχοι της προκαταρκτικής εκτίμησης – αξιολόγησης ενός ρυπασμένου πεδίου είναι κυρίως οι ακόλουθοι:

- A. συγκέντρωση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών για το προς μελέτη πεδίο,
- B. εξερεύνηση του πεδίου και του ευρύτερου γειτονιάζοντος περιβάλλοντος, με επιτόπια επίσκεψη,
- C. συλλογή επιπλέον ειδικών στοιχείων, ανάλογα με τα πρώτα ευρήματα,
- D. καθορισμός και διεξαγωγή αναγκαίων δειγματοληψιών / μετρήσεων / αναλύσεων,
- E. αξιολόγηση όλων των διαθέσιμων στοιχείων και εκτίμηση του υφιστάμενου κινδύνου,
- F. σύνταξη σύντομης αναφοράς,
- G. χαρακτηρισμός χώρου - προσδιορισμός των αναγκαίων μελλοντικών ενεργειών.

Τα περιβαλλοντικά μέσα, τα οποία εξετάζονται σε ένα υπό μελέτη ρυπασμένο πεδίο, είναι:

- υπόγεια και επιφανειακά ύδατα,
- έδαφος,
- αέρας.

Οι βασικές παράμετροι, που εξετάζονται σε κάθε ένα από τα προαναφερόμενα περιβαλλοντικά μέσα, είναι:

- η πιθανή εμφάνιση ρύπων, λόγω διαρροής και η ενδεχόμενη μεταφορά αυτών μέσα στο εκάστοτε μέσο,
- η παρουσία ανθρώπων, φυσικών (π.χ. γεωτρήσεις άντλησης νερού προς πόση) και περιβαλλοντικών (ευαίσθητα οικοσυστήματα) «πηγών», που ενδεχομένως να απειλούνται από την παρουσία ρύπων στα συγκεκριμένα περιβαλλοντικά μέσα,

- τα χαρακτηριστικά των υφιστάμενων ρύπων / αποβλήτων (είδος, ποσότητα, ιδιότητες, κτλ.).

Ο πρώτος στόχος της προκαταρκτικής εκτίμησης – αξιολόγησης, που αφορά στη συλλογή όσο το δυνατόν περισσότερων και λεπτομερέστερων στοιχείων για το υπό μελέτη πεδίο, ενδεχομένως εν μέρει να έχει ήδη επιτευχθεί μέσω της προαναφερθείσας βάσης δεδομένων. Σε κάθε περίπτωση, οι πληροφορίες, που πρέπει να είναι διαθέσιμες, είναι οι εξής:

- Γενικές πληροφορίες πεδίου
  - Όνομα και θέση πεδίου
  - Είδος και μέγεθος πεδίου / εγκατάστασης
  - Είδος και περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας
  - Ιδιοκτήτης
  - Κατάσταση πεδίου (ενεργή ή ανενεργή)
  - Χρόνος λειτουργίας
  - Στοιχεία λειτουργίας / ιδιοκτησίας
  - Ιστορικό
  - Περιβαλλοντικό υπόβαθρο
  - Γεωγραφικό μήκος και πλάτος
  - Κάτοψη εγκατάστασης / πεδίου
  - Γεωλογικά στοιχεία
  - Χρήσεις γης
- Πηγή και χαρακτηριστικά αποβλήτων / ρύπων
  - Είδος και τοποθεσία πηγών ρύπανσης / αποβλήτων
  - Μέγεθος πηγών ρύπανσης
  - Είδος και ποσότητες αποβλήτων / ρύπων
  - Παρουσία επικίνδυνων ουσιών
  - Φύλλο Στοιχείων Ασφαλείας Υλικού (MSDS - Material Safety Data Sheet)
- Χρήση και χαρακτηριστικά υπογείων υδάτων
  - Γενική στρωματογραφία και υδρογεωλογία
  - Βάθος ρηχότερου υδροφορέα
  - Γεωτρήσεις εντός συγκεκριμένης ακτίνας (π.χ. 6,5km)
  - Παρουσία καρστικών πετρωμάτων
  - Απόσταση πλησιέστερης γεώτρησης άντλησης νερού προς πόση
  - Είδος, συγκέντρωση και κατανομή υφιστάμενων ρύπων

- Χρήση και χαρακτηριστικά επιφανειακών υδάτων
  - Συχνότητα εμφάνισης πλημμυρών / επιφανειακές απορροές
  - Είδος επιφανειακών υδάτινων σωμάτων σε απόσταση 24km
  - Χαρακτηριστικά επιφανειακής απορροής σε απόσταση 24km
  - Απόσταση από πλησιέστερα επιφανειακά ύδατα
  - Ευαίσθητα οικοσυστήματα και υδροβιότοποι σε απόσταση 24km
  - Είδος, συγκέντρωση και κατανομή υφιστάμενων ρύπων
- Χαρακτηριστικά εδάφους
  - Χρήσεις γης
  - Πληθυσμός σε συγκεκριμένη ακτίνα (π.χ. 100m και 1,5km)
  - Παρουσία σχολείων σε συγκεκριμένη ακτίνα (π.χ. 100m)
  - Αριθμός εργαζομένων στην εγκατάσταση
  - Θέση πιθανού ευαίσθητου εδαφικού περιβάλλοντος
  - Βασικά γεωλογικά χαρακτηριστικά
  - Είδος, συγκέντρωση και κατανομή υφιστάμενων ρύπων
- Χαρακτηριστικά αέρα
  - Πληθυσμός σε συγκεκριμένη ακτίνα (π.χ. 6,5km)
  - Απόσταση από τον πλησιέστερο κάτοικο / εργαζόμενο
  - Μετεωρολογικά στοιχεία (μέση διεύθυνση και ένταση ανέμων, θερμοκρασία, κτλ.)
  - Έκταση υδροβιότοπων σε συγκεκριμένη ακτίνα (π.χ. 6,5km)
  - Θέση πιθανού ευαίσθητου περιβάλλοντος σε συγκεκριμένη απόσταση (π.χ. 6,5km)

Η επιτόπια επίσκεψη / εξερεύνηση του προς μελέτη πεδίου είναι πάντα αναγκαία, προκειμένου όχι μόνο να συλλεχθούν επιπλέον πληροφορίες, αλλά και για να διασταυρωθούν τα ήδη συλλεχθέντα στοιχεία, κατά το πρώτο στάδιο της προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης - αξιολόγησης.

Με την επιτόπια επίσκεψη μπορούν να πραγματοποιηθούν οι ακόλουθες σημαντικές εργασίες:

- οπτική παρατήρηση του χώρου και του περιβάλλοντος,
- άμεσος προσδιορισμός αριθμού, θέσης και μεγέθους πηγών ρύπανσης (π.χ. βαρέλια, δεξαμενές, σωροί αποβλήτων ρυπασμένου εδάφους, κτλ),
- λήψη και περιγραφή φωτογραφιών,
- συνομιλίες με εργαζόμενους ή γείτονες,
- επαφή με τοπικές αρχές και αρμόδιους φορείς,
- σχεδίαση πρόχειρων σχεδίων, κα..

Η αρχική συλλογή πληροφοριών, αλλά και η επιτόπια επίσκεψη σε ένα προς μελέτη πεδίο μπορεί να οδηγήσει στην ανάγκη συλλογής ειδικότερων στοιχείων σχετικά με την υφιστάμενη κατάσταση ρύπανσης, όπως για παράδειγμα αποτελεσμάτων χημικών αναλύσεων ή τοπικών γεωλογικών χαρακτηριστικών. Τα στοιχεία αυτά θα πρέπει να αναζητηθούν σε αρμόδιες υπηρεσίες ή ελεγκτικούς φορείς ή στα αρχεία της αντίστοιχης εγκατάστασης (εφόσον υπάρχει) ή ακόμη και να προσδιοριστούν εκ νέου μέσω νέων δειγματοληψιών / αναλύσεων / μετρήσεων, που θα οριστούν και θα διεξαχθούν ειδικά για αυτόν τον λόγο.

Όλα τα παραπάνω συλλεχθέντα στοιχεία πρέπει να μελετηθούν με προσοχή και να αξιολογηθούν κατάλληλα, προκειμένου να προκύψει μια αντιπροσωπευτική εικόνα σχετικά με την υφιστάμενη κατάσταση ρύπανσης στο υπό μελέτη πεδίο και της υπάρχουσας επικινδυνότητας.

Όλα τα συλλεχθέντα στοιχεία θα πρέπει να συγκεντρωθούν και να παρουσιαστούν κατάλληλα, ώστε να είναι ευκολότερη η αξιολόγηση και γενικότερα η χρήση τους. Για το λόγο αυτό, είναι αναγκαία η σύνταξη μιας σύντομης αναφοράς (report), η οποία θα συνοψίζει οποιοδήποτε στοιχείο είναι γνωστό για το υπό μελέτη πεδίο, τις ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διεξαγωγή της προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης και όλες τις αποκτηθείσες πληροφορίες. Τελικά, βάσει όλων των προαναφερόμενων θα γίνεται χαρακτηρισμός του υπό μελέτη χώρου ως:

- **ρυπασμένος χώρος – απαιτείται εξυγίανση**
- **ρυπασμένος χώρος – απαιτείται παρακολούθηση και/ή λήψη προληπτικών μέτρων**
- **μη ρυπασμένος χώρος**

Φυσικά, η παραπάνω κατηγοριοποίηση θα γίνεται βάσει αφενός των συλλεχθέντων πληροφοριών και αφετέρου συγκεκριμένων κριτηρίων, όπως για παράδειγμα οριακών τιμών ρύπων και έκθεσης ανθρώπων σε αυτούς, εκτίμησης επικινδυνότητας, τα οποία θα προσδιοριστούν και θα παρουσιαστούν αναλυτικά κατά την εκπόνηση του 3<sup>ου</sup> και 4<sup>ου</sup> Κεφαλαίου του έργου «ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ / ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ».

Συνοπτικά, τα κύρια περιεχόμενα μιας πλήρους αναφοράς προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης – αξιολόγησης περιλαμβάνουν τα εξής:

## 1. Εισαγωγή

- Δήλωση διεξαγωγής προκαταρκτικής εκτίμησης – αξιολόγησης, όνομα και διεύθυνση φορέα διεξαγωγής αυτής, ονομασία και τοποθεσία του προς μελέτη πεδίου.
- Σκοπός της προκαταρκτικής εκτίμησης – αξιολόγησης (π.χ. εκτίμηση της υφιστάμενης επικινδυνότητας, συλλογή στοιχείων, κτλ.).

## 2. Περιγραφή πεδίου, ιστορικό λειτουργίας εγκατάστασης / πεδίου και χαρακτηριστικά αποβλήτων / ρύπων

- Σύντομη περιγραφή του πεδίου με παρουσίαση του γεωγραφικού πλάτους και μήκους, προσδιορισμός του είδους της εγκατάστασης / πεδίου (π.χ. εργοστάσιο χημικών, διυλιστήριο, κτλ.), περιγραφή των φυσικών χαρακτηριστικών (π.χ. διαστάσεις, μέγεθος, όρια, κτίρια, κτλ.) και του υπόβαθρου (π.χ. χρήσεις γης, τοπογραφία, κτλ.).
- Παρουσίαση χάρτη – κάτοψης του πεδίου και των βασικότερων χαρακτηριστικών του (π.χ. επιφανειακά ύδατα, γεωτρήσεις, υδροβιότοποι, ευαίσθητα οικοσυστήματα, κτλ.).
- Παρουσίαση του ιστορικού του πεδίου ή της εγκατάστασης, προσδιορισμός παλαιότερων και τωρινών ιδιοκτητών, διεξαγόμενων δραστηριοτήτων, παραγόμενων αποβλήτων, υφιστάμενων διαρροών (είδος και ποσότητα ρύπων).
- Παρουσίαση ενδεχόμενων παλαιότερων εργασιών εκτίμησης ή αποκατάστασης της υπάρχουσας ρύπανσης.

## 3. Εκτίμηση περιβαλλοντικού κινδύνου – Αποτελέσματα δειγματοληψιών / αναλύσεων

- Υπόγεια ύδατα
  - Περιγραφή των τοπικών γεωλογικών και υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών του πεδίου (π.χ. στρωματογραφία, βάθος και διαπερατότητα υπόγειου υδροφορέα, καρστικά χαρακτηριστικά, κα.).
  - Παρουσίαση των στοιχείων που υποδεικνύουν ή αποδεικνύουν την εμφάνιση και την έκταση διαρροής ρύπων.
  - Παρουσίαση της χρήσης του υπόγειου νερού σε ακτίνα 6,5km από το προς μελέτη πεδίο – εγκατάσταση. Προσδιορισμός και περιγραφή της πλησιέστερης και όχι μόνο γεώτρησης (ιδιωτικής και μη) άντλησης νερού προς πόση, του εξυπηρετούμενου πληθυσμού, καθώς επίσης και των «ύποπτων» για ρύπανση γεωτρήσεων.
  - Παρουσία ρύπων και κατανομή αυτών.
- Επιφανειακά ύδατα
  - Περιγραφή των τοπικών υδρολογικών χαρακτηριστικών του πεδίου σε σχέση με την εμφάνιση πλημμυρών, καθώς επίσης και τη ροή και την έκταση των επιφανειακών υδάτων. Προσδιορισμός των επιφανειακών υδάτων σε απόσταση 24km κατάντη του προς μελέτη πεδίου – εγκατάστασης.

- Παρουσίαση αντίστοιχου χάρτη, όπου προσδιορίζονται τα πιθανά ή αποδεδειγμένα σημεία εισροής ρύπων – επαφής των επιφανειακών υδάτων με απόβλητα.
- Προσδιορισμός πιθανών σημείων λήψης νερού προς πόση από τα επιφανειακά ύδατα σε απόσταση.
- Προσδιορισμός πιθανών σημείων αλιείας από επιφανειακά ύδατα σε απόσταση 24km κατάντη του προς μελέτη πεδίου – εγκατάστασης και ενδεχόμενης επιρροής αυτής λόγω ρύπανσης.
- Εντοπισμός πιθανών ευαίσθητων οικοσυστημάτων, που σχετίζονται με τα επιφανειακά ύδατα, σε ακτίνα 24km κατάντη του προς μελέτη πεδίου – εγκατάστασης και ενδεχόμενης επιρροής αυτών λόγω ρύπανσης.
- Παρουσία ρύπων και κατανομή αυτών.
- Έδαφος και αέρας
  - Προσδιορισμός του αριθμού των εργατών της εγκατάστασης, των κατοίκων σε απόσταση 60m από αυτήν και των σχολείων ή άλλων χώρων καθημερινής συγκέντρωσης ατόμων και εργασίας.
  - Προσδιορισμός πληθυσμού σε ακτίνα 6,5km από το προς μελέτη πεδίο – εγκατάσταση και του πλησιέστερου ενεργού κτιρίου.
  - Προσδιορισμός ενδεχόμενων ευαίσθητων οικοσυστημάτων σε ακτίνα 6,5km από το προς μελέτη πεδίο – εγκατάσταση.
  - Αναφορά σε πιθανούς τρόπους έκλυσης ρύπων στον αέρα – ατμόσφαιρα.
  - Παρουσία ρύπων και κατανομή αυτών.

#### 4. Σύνοψη και συμπεράσματα

- Σύνοψη των μεγαλύτερων χαρακτηριστικών του προς μελέτη πεδίου και της ιστορίας του, που συνδέεται με την ενδεχόμενη διαρροή ρύπων και ρύπανση. Αναφορά στα κύρια μονοπάτια – περιβαλλοντικά μέσα που έχουν ρυπανθεί και τον απειλούμενο πληθυσμό.
- Χαρακτηρισμός / κατηγοριοποίηση χώρου
- Αναφορά ειδικών στοιχείων που θα έπρεπε να ληφθούν σοβαρά υπόψη ή να μελετηθούν περαιτέρω.

#### 5. Φωτογραφικό υλικό – χάρτες - σχέδια

- Παρουσίαση υπό τη μορφή παραρτήματος του διαθέσιμου φωτογραφικού υλικού (με αντίστοιχη περιγραφή και χάρτη θέσεων λήψεως φωτογραφιών), χαρτών και σχεδίων του πεδίου ή της εγκατάστασης, που παρουσιάζουν τα κυριότερα χαρακτηριστικά.

#### 6. Αναφορές

Αναλυτική παρουσίαση των πηγών άντλησης στοιχείων.

Τα κύρια στάδια της προκαταρκτικής εκτίμησης – χαρακτηρισμού ενός πεδίου παρουσιάζονται συνοπτικά στο Σχήμα 1-3.



**Σχήμα 1-3:** Κύρια στάδια προκαταρκτικής εκτίμησης – αξιολόγησης – ιεράρχησης χώρων.

### 1.3.2.3. **Φάση III : Καθορισμός και εφαρμογή μέτρων εξυγίανσης / παρακολούθησης ρυπασμένων χώρων**

Μετά την καταγραφή ενός χώρου ως «ρυπασμένο – απαιτείται εξυγίανση» ή «ρυπασμένο – απαιτείται παρακολούθηση και/ή λήψη προληπτικών μέτρων» θα πρέπει να ακολουθήσει ο λεπτομερής προσδιορισμός του τρόπου εξυγίανσης και παρακολούθησης και/ή λήψης περιοριστικών μέτρων, αντίστοιχα.

Στην μεν **πρώτη περίπτωση** απαιτείται η εκπόνηση ειδικής μελέτης εξυγίανσης – αποκατάστασης, βάσει των προδιαγραφών της ισχύουσας νομοθεσίας (Κεφάλαιο 7 - ΚΥΑ 24944/1159/06). Τα περιεχόμενα μιας τέτοιας μελέτης, τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στην προαναφερόμενη ΚΥΑ, είναι ενδεικτικά τα εξής:

1. ο εντοπισμός και η καταγραφή της έκτασης του προβλήματος,
2. η διερεύνηση των περιβαλλοντικών συνθηκών της περιοχής,
3. η εξέταση εναλλακτικών λύσεων για την αντιμετώπιση του προβλήματος και η επιλογή της βέλτιστης τεχνικοοικονομικά λύσης,
4. ο λεπτομερής τεχνικός σχεδιασμός των εργασιών εξυγίανσης – αποκατάστασης με βάση την επιλεγείσα λύση,
5. η παρακολούθηση της ποιότητας του περιβάλλοντος μετά τις εργασίες εξυγίανσης – αποκατάστασης.

Η εξέταση των εναλλακτικών λύσεων, η οποία οφείλει να πραγματοποιηθεί, θα στηριχτεί σε μια συγκεκριμένη μεθοδολογία, που θα λαμβάνει υπόψη πολλές σημαντικές παραμέτρους, όπως:

- τις ιδιότητες των υφιστάμενων ρύπων (π.χ. πτητικότητα, τάση βιοαποδόμησης, τάση προσρόφησης, κα.),
- τα χαρακτηριστικά του πεδίου (π.χ. διαπερατότητα εδάφους, βάθος και πάχος υπόγειου υδροφορέα, κα.),
- τις δυνατότητες παρέμβασης στο πεδίο (π.χ. παρουσία ή μη κτιρίων, βιομηχανικών μονάδων, κα.),
- τον εκάστοτε στόχο εξυγίανσης,
- το κόστος εφαρμογής της εκάστοτε τεχνολογίας, το οποίο είναι συνάρτηση όλων των προαναφερόμενων παραμέτρων.

Μετά την επιλογή της τελικής λύσης και πριν την τελική εφαρμογή της θα πρέπει να έχουν προσδιοριστεί πλήρως όλες οι σχετικές προδιαγραφές, όπως για παράδειγμα:

- το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά του απαιτούμενου συστήματος,
- οι απαιτήσεις παρακολούθησης του συστήματος και του πεδίου γενικότερα,

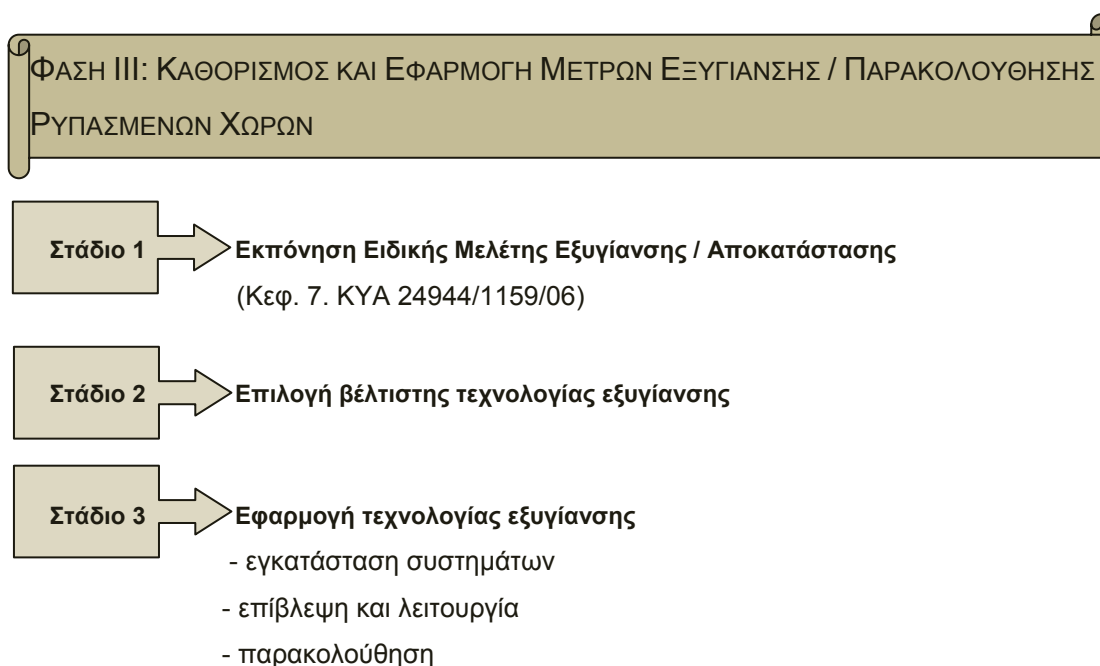
- τα κριτήρια τερματισμού της λειτουργίας των συστημάτων και εξυγίανσης,
- η απομάκρυνση των συστημάτων από το πεδίο,
- οι δυνατότητες μετέπειτα αξιοποίησης του πεδίου,
- η ανάγκη παρακολούθησης / μεταφροντίδας του πεδίου.

Αναπόσπαστα τμήματα της όποιας προσπάθειας εξυγίανσης – αποκατάστασης ενός ρυπασμένου χώρου αποτελούν η παρακολούθηση αυτού (για την επιβεβαίωση της αποτελεσματικότητας της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας και την πορεία εξυγίανσης του πεδίου).

Στην **δεύτερη περίπτωση** θα καθοριστούν οι απαιτούμενες ενέργειες παρακολούθησης του πεδίου ή και η λήψη κάποιων συγκεκριμένων προληπτικών μέτρων, έτσι ώστε να επιβεβαιώνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα η διασφάλιση και προστασία της ποιότητας του περιβάλλοντος στον ευρύτερο υπό μελέτη χώρο και τις επικίνδυνες ουσίες, που διαχειρίζονται / χρησιμοποιούνται σε αυτόν.

Η μεθοδολογία καθορισμού και εφαρμογής των όποιων απαιτούμενων μέτρων (εξυγίανσης ή παρακολούθησης) σε ένα ρυπασμένο πεδίο θα προσδιοριστεί και θα παρουσιαστεί αναλυτικά κατά την εκπόνηση του 4<sup>ου</sup> και 5<sup>ου</sup> Κεφαλαίου του έργου «ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ / ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ».

Τα κύρια στάδια εξυγίανσης / παρακολούθησης ενός ρυπασμένου χώρου παρουσιάζονται συνοπτικά στο Σχήμα 1-4.



**Σχήμα 1-4:** Κύρια στάδια εξυγίανσης / παρακολούθησης ρυπασμένων χώρων.

**1.3.2.4. Φάση IV : Μετέπειτα φροντίδα / έλεγχος αποκατεστημένων χώρων**

Μετά την ολοκλήρωση του στόχου εξυγίανσης, ο αποκατεστημένος πλέον χώρος θα μεταφέρεται σε μια νέα κατηγορία της κεντρικής βάσης δεδομένων, η οποία θα έχει τίτλο **Εξυγιασμένοι Χώροι**.

Η εφαρμογή της εκάστοτε τεχνολογίας εξυγίανσης θα τερματίζεται και όλος ο σχετικός εξοπλισμός θα απομακρύνεται από το πεδίο, πλην εκείνου που ενδεχομένως απαιτείται για την παρακολούθηση / μετέπειτα φροντίδα αυτού.

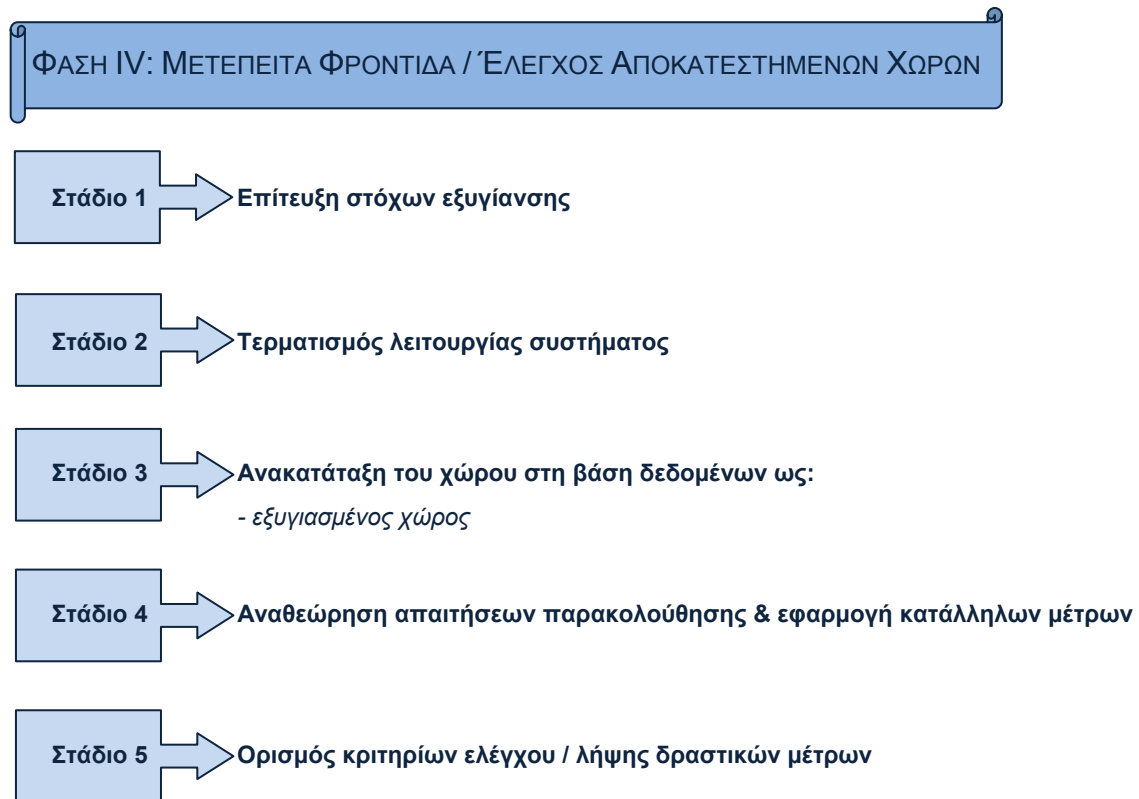
Οι προδιαγραφές και οι απαιτήσεις παρακολούθησης / μετέπειτα φροντίδας θα έχουν ήδη προσδιοριστεί από την αρχή της εφαρμογής της τεχνολογίας εξυγίανσης / αποκατάστασης, αλλά στο τέλος αυτής θα αναθεωρούνται βάσει νέων πιθανώς στοιχείων που θα έχουν προκύψει.

Έπειτα λοιπόν από την επικαιροποίησή τους θα εφαρμόζονται όλες οι προβλεπόμενες προδιαγραφές παρακολούθησης / μεταφροντίδας του αποκατεστημένου πλέον πεδίου. Σε περίπτωση, που παρατηρηθεί οποιαδήποτε απόκλιση από την επιθυμητή κατάσταση, θα ενημερώνονται οι αρμόδιες αρχές και θα λαμβάνονται άμεσα τα καταλληλότερα μέτρα αντιμετώπισης.

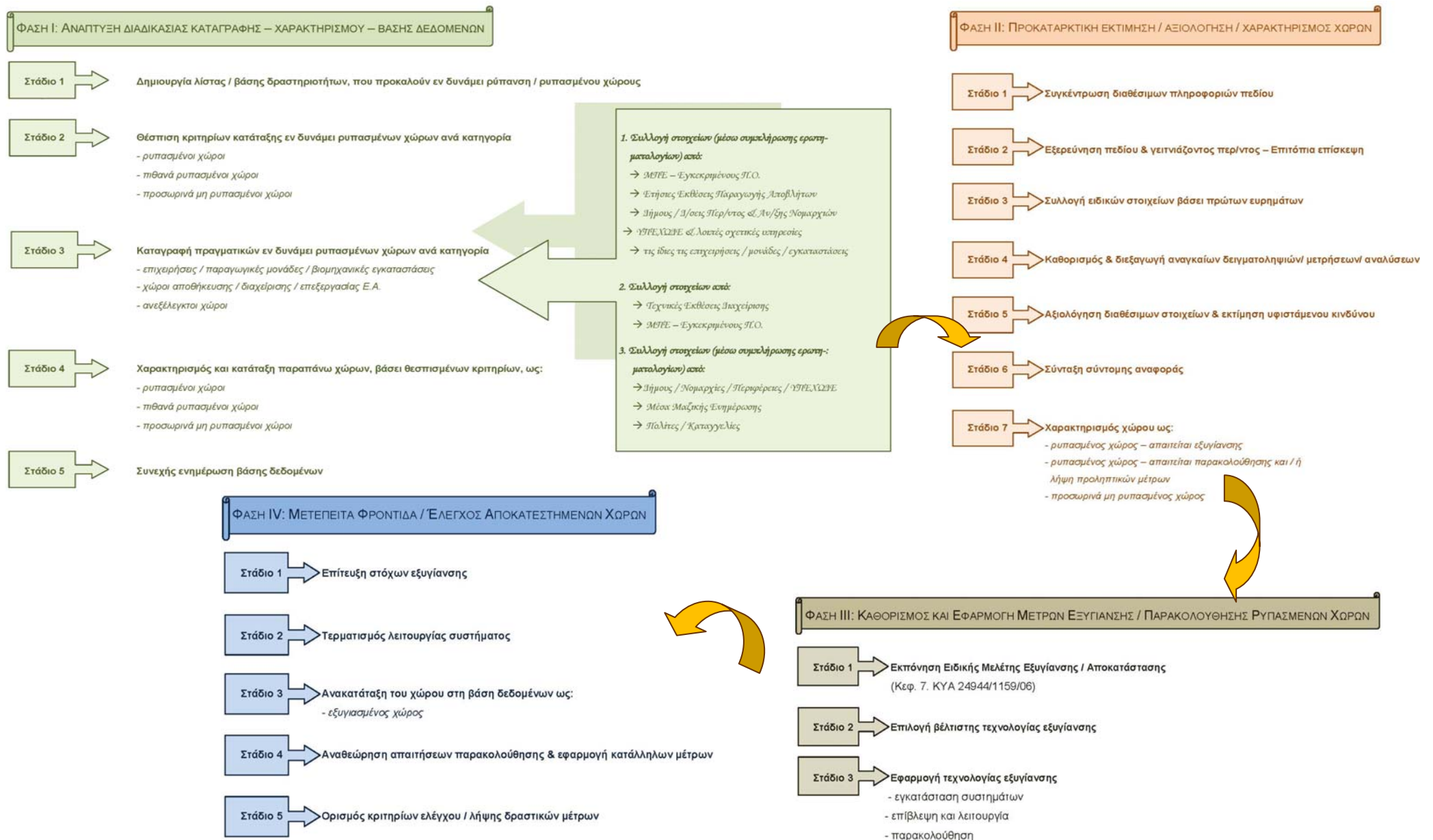
Τα πλέον εφαρμοζόμενα μέτρα παρακολούθησης / μετέπειτα φροντίδας και τα χρησιμοποιούμενα κριτήρια ελέγχου θα παρουσιαστούν αναλυτικά κατά την εκπόνηση του 5<sup>ου</sup> Κεφαλαίου του έργου «ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ / ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ».

Τα κύρια στάδια μετέπειτα φροντίδας / ελέγχου αποκατεστημένων ρυπασμένων χώρων παρουσιάζονται συνοπτικά στο Σχήμα 1-5.

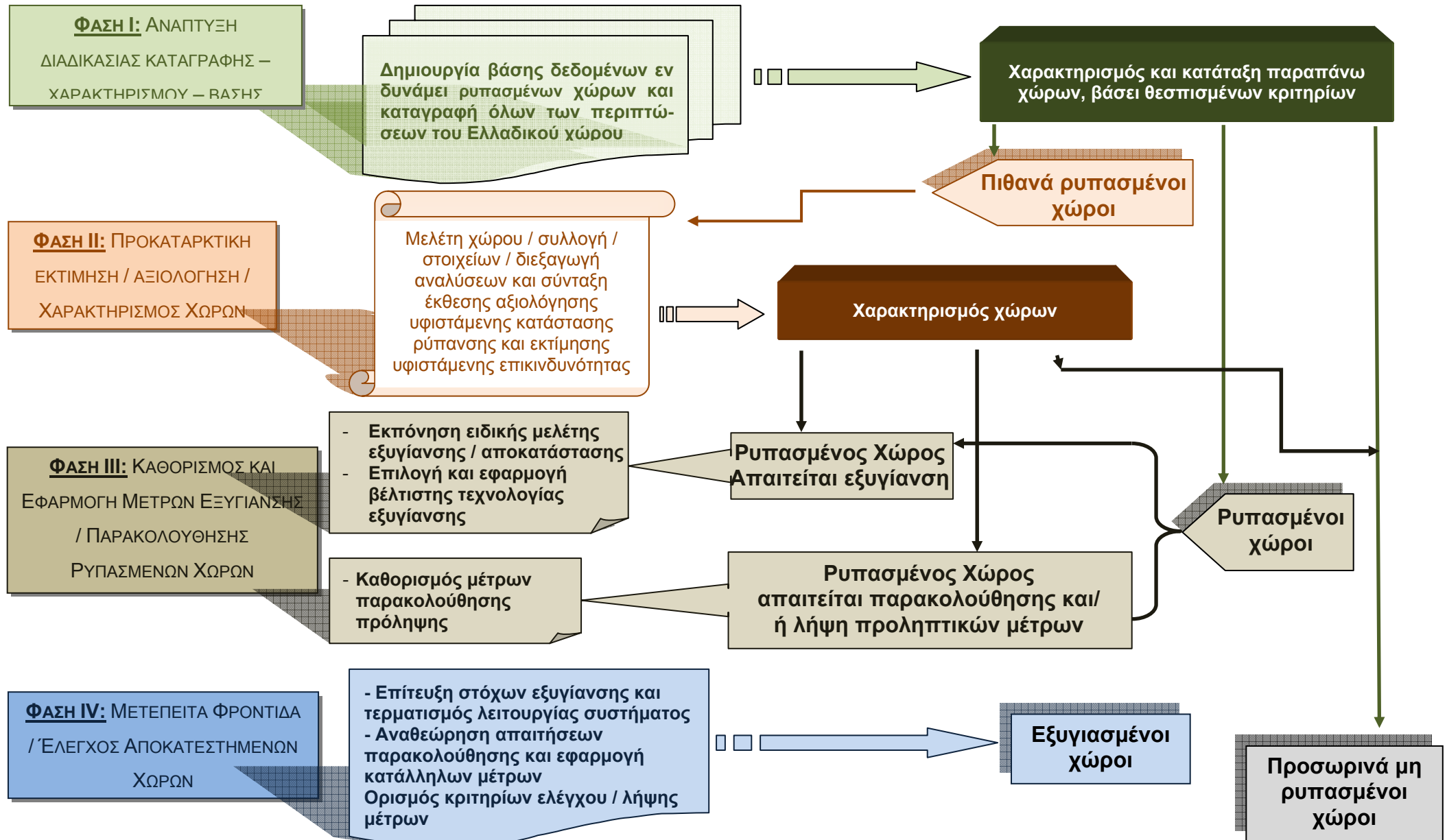
Η συνολική μεθοδολογία διερεύνησης, αξιολόγησης και αποκατάστασης ανεξέλεγκτων ρυπασμένων χώρων/ εγκαταστάσεων από βιομηχανικά και ΕΑ στην Ελλάδα, όπως συνοπτικά και ενδεικτικά παρουσιάστηκε παραπάνω, παρουσιάζεται και σχηματικά στα Σχήματα 1-6 & 1-7.



**Σχήμα 1-5:** Κύρια στάδια μετέπειτα φροντίδας / ελέγχου ρυπασμένων χώρων.



**Σχήμα 1-6:** Ενδεικτική μεθοδολογία διερεύνησης, αξιολόγησης και αποκατάστασης ανεξέλεγκτων ρυπασμένων χώρων/ εγκαταστάσεων από βιομηχανικά και επικίνδυνα απόβλητα στην Ελλάδα.



**Σχήμα 1-7:** Συνοπτική ενδεικτική μεθοδολογία διερεύνησης, αξιολόγησης και αποκατάστασης ανεξέλεγκτων ρυπασμένων χώρων/ εγκαταστάσεων από βιομηχανικά και επικίνδυνα απόβλητα στην Ελλάδα.

## Κεφάλαιο 2 .

### Μεθοδολογία Εντοπισμού Πιθανά Ρυπασμένων Χώρων - Κριτήρια Πρώτου Χαρακτηρισμού

#### 2.1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με την ισχύουσα σύμβαση μεταξύ του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) και του Πολυτεχνείου Κρήτης για την υλοποίηση του έργου «ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ / ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ» και το σχετικό χρονοδιάγραμμα υλοποίησης και κατάθεσης των προβλεπόμενων παραδοτέων, υποβάλλεται το παρόν τεύχος, το οποίο αποτελεί το Παραδοτέο 2 (Κεφάλαιο 2) της συνολικής μελέτης και περιλαμβάνει την αναλυτική παρουσίαση της μεθοδολογίας εντοπισμού πιθανά ρυπασμένων χώρων και των κριτηρίων πρώτου χαρακτηρισμού αυτών,

Βάσει των προδιαγραφών της σχετικής προκήρυξης του ΥΠΕΧΩΔΕ και της προσφοράς του Πολυτεχνείου Κρήτης, τα ακριβή περιεχόμενα του εν λόγω παραδοτέου είναι τα εξής:

#### **Παραδοτέο 2 : Μεθοδολογία εντοπισμού πιθανά ρυπασμένων χώρων – Καθορισμός κριτηρίων πρώτου χαρακτηρισμού**

- Θα καταρτιστεί κατάλογος (λίστα) βασικών κατηγοριών βιομηχανικών - αστικών δραστηριοτήτων, που προκαλούν εν δυνάμει ρύπανση εδαφών /υπόγειων νερών από επικίνδυνα απόβλητα και επικίνδυνες ουσίες, με βάση:
  - βιβλιογραφικά στοιχεία,
  - τους σχετικούς καταλόγους, που περιλαμβάνονται σε βασικές οδηγίες της Ε.Ε. και άλλα επίσημα κοινοτικά κείμενα, καθώς και στη νομοθεσία άλλων ευρωπαϊκών χωρών.Σημειώνεται ότι, για την κατάρτιση της εν λόγω λίστας, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η κωδικοποίηση δραστηριοτήτων της Ε.Σ.Υ.Ε. (ΣΤΑΚΟΔ) σε συνδυασμό με την κωδικοποίηση που περιλαμβάνει ο Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (ΕΚΑ). Οι βασικές κατηγορίες θα αναλύονται περαιτέρω σε υποκατηγορίες, ώστε ο κατάλογος να είναι λεπτομερής και να είναι εύκολη η επεξεργασία του.
- Θα διατυπωθούν κριτήρια για έναν πρώτο χαρακτήρισμό των χώρων των δραστηριοτήτων, που θα περιλαμβάνονται στον ανωτέρω κατάλογο (φιλτράρισμα χώρων). Ενδεικτικά, τα κριτήρια αυτά θα αναφέρονται σε βασικά στοιχεία των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με: το μέγεθος /δυναμικότητα, την παραγωγική

διαδικασία, τις κατηγορίες των αποβλήτων (σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων - ΕΚΑ), τα χαρακτηριστικά και τις μεθόδους διαχείρισης των αποβλήτων, τα είδη επικίνδυνων ουσιών /υλικών που χρησιμοποιούνται /παράγονται, τους ρύπους που ενδέχεται να έχουν διαρρεύσει, τη σύνδεση δραστηριοτήτων με περιστατικά ρύπανσης που συμβαίνουν συχνότερα στην Ελλάδα, τις υπηρεσίες που διαθέτουν τα περισσότερα στοιχεία ενδιαφέροντος, αποφάσεις (εγκρίσεις, άδειες) που έχουν εκδοθεί από τις αρμόδιες υπηρεσίες, την πρόσβαση σε υδρογεωλογικούς χάρτες ή μελέτες ή και πληροφορίες από ερωτηματολόγια, αναγνωριστικές επιτόπου επισκέψεις κ.λ.π. Επίσης, στη διατύπωση των ως άνω κριτηρίων θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος χώρου (χρήση γης, στάθμη υπόγειου υδροφόρου, στρωματογραφία κ.α.).

Η εφαρμογή των εν λόγω κριτηρίων θα πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα κατάρτισης ενός 2<sup>ου</sup> καταλόγου που θα περιλαμβάνει τους πιθανά ρυπασμένους χώρους.

Το κείμενο με το παραπάνω περιεχόμενο θα αποτελέσει το 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο της μελέτης.

## **2.2. Κατάρτιση καταλόγου εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων για εδάφη / υπόγεια ύδατα**

Στα πλαίσια του παρόντος κεφαλαίου διαμορφώνεται ένας κατάλογος δραστηριοτήτων, οι οποίες δύνανται να προκαλέσουν ρύπανση εδαφών και υπογείων υδάτων, λόγω της χρήσης και / ή παραγωγής επικίνδυνων ουσιών και/ή αποβλήτων, αντίστοιχα.

Ο όρος επικίνδυνα απόβλητα έχει ήδη δεχθεί αρκετές ερμηνείες από το 1970, οπότε και άρχισε να χρησιμοποιείται, με αποτέλεσμα σήμερα να υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί ορισμοί. Ενδεικτικά, σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη (United Nations Environment Programme - UNEP) [1, 2], ως επικίνδυνα θεωρούνται: *απόβλητα, πέρα των ραδιενεργών, τα οποία λόγω της χημικής τους αντιδραστικότητας ή των τοξικών, εκρηκτικών, διαβρωτικών ή άλλων χαρακτηριστικών τους προκαλούν κίνδυνο ή δύναται να προκαλέσουν κίνδυνο στην υγεία ή το περιβάλλον, είτε μόνα τους, είτε σε επαφή με άλλα απόβλητα.*

Βάσει του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος ως επικίνδυνα θεωρούνται: *κάθε απόβλητο ή συνδυασμός αποβλήτων με δυνατότητα βλάβης της ανθρώπινης υγείας, ζώντων οργανισμών ή του περιβάλλοντος.*

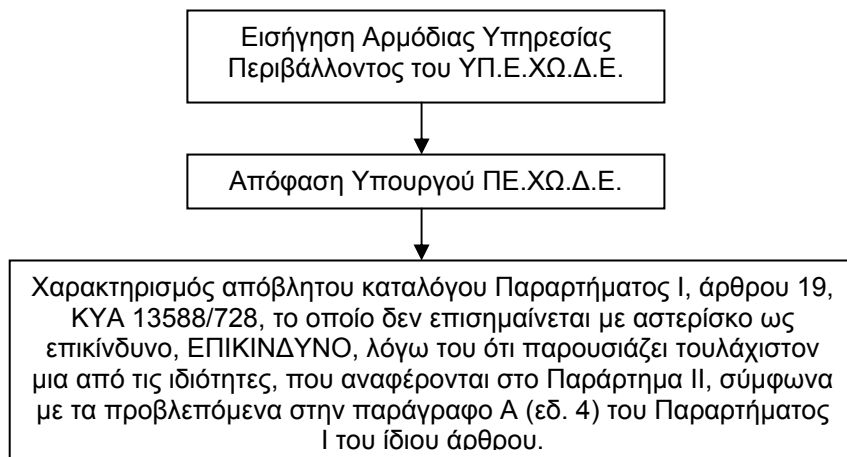
Βάσει της ισχύουσας Ελληνικής Νομοθεσίας (ΚΥΑ 13588/725 – ΦΕΚ 383/28-3-2006) [3], η οποία βασίζεται στην Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, ως «επικίνδυνο απόβλητο» νοείται:

- α) κάθε απόβλητο το οποίο επισημαίνεται με αστερίσκο (εν δυνάμει επικίνδυνο απόβλητο) και το οποίο ταξινομείται ως επικίνδυνο, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην παράγραφο Α (εδ.4) του Παραρτήματος Ι του άρθρου 9 (σύμφωνα με το Παράρτημα της Απόφασης 2000/532/ΕΚ, όπως έχει τροποποιηθεί με τις Αποφάσεις 2001/118/ΕΚ,

2001/119/EK και 2001/573/EK της Επιτροπής Ε.Κ. – Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων)

- β) κάθε άλλο απόβλητο το οποίο ταξινομείται ως επικίνδυνο, σύμφωνα με τους όρους και τη διαδικασία του άρθρου 6 της ΚΥΑ 13588/725

Η συγκεκριμένη διαδικασία παρουσιάζεται συνοπτικά στο Σχήμα 2-1 που ακολουθεί.



**Σχήμα 2-1:** Χαρακτηρισμός επικινδύνου αποβλήτου.

Ο προαναφερόμενος κατάλογος κρίνεται αναγκαίος για την καταγραφή και κατηγοριοποίηση όλων των υφιστάμενων βιομηχανικών και όχι μόνο δραστηριοτήτων, που υφίστανται στον Ελλαδικό χώρο και αποτελούν εν δυνάμει ρυπαντές εδαφών και υπογείων υδάτων. Η συνεχής συμπλήρωση και επικαιροποίησή του θα διευκολύνει το έργο των υπευθύνων / αρμόδιων αρχών στην αναζήτηση και τελικά στον εντοπισμό πιθανά ρυπασμένων από επικίνδυνους ρύπους πεδίων.

Για την κατάρτιση του συγκεκριμένου καταλόγου ελήφθησαν υπόψη υφιστάμενες ευρωπαϊκές νομοθεσίες, σχετική διεθνής βιβλιογραφία και ήδη χρησιμοποιούμενοι σχετικοί κατάλογοι (ΣΤΑΚΟΔ 08, ΕΚΑ, ΕΡΑ) [4-7], όπως προβλεπόταν από τις αντίστοιχες προδιαγραφές του έργου. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι περιλαμβανόμενες δραστηριότητες είναι πολλές και διαφορετικού χαρακτήρα.

Ο νέος κατάλογος, που διαμορφώθηκε, διαθέτει δική του κωδικοποίηση, αλλά και αντιστοίχιση με τις ισχύουσες κωδικοποιήσεις του ΣΤΑΚΟΔ 08 και ΕΚΑ. Για τη μεγιστοποίηση της ευχρηστίας του εν λόγω καταλόγου, ο οποίος παρουσιάζεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι, υποβάλλεται και σε ηλεκτρονική μορφή, ως αρχείο Excel, προκειμένου να είναι εύκολη η μελλοντική τροποποίηση / επικαιροποίησή του, αλλά και γενικότερα η χρήση του.

Κάθε δραστηριότητα, που συμπεριλαμβάνεται στον προαναφερόμενο κατάλογο, είναι συνδεδεμένη με έναν τουλάχιστον κωδικό κατηγορίας επικινδύνων αποβλήτων, που

αναμένεται να προκύψουν από αυτήν. Οι εν λόγω κωδικοί βασίζονται στον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων, παρουσιάζονται αμέσως δίπλα σε κάθε δραστηριότητα του Παραρτήματος Ι και αναλύονται σε δεύτερο πίνακα, που επίσης περιλαμβάνεται στο Παράρτημα Ι.

Για τη διευκόλυνση των χρηστών του συγκεκριμένου καταλόγου, σε κάθε κατηγορία επικινδυνων αποβλήτων έχουν αποδοθεί συγκεκριμένοι πιθανοί κίνδυνοι, βάσει της Υπηρεσίας Περιβάλλοντος του Ηνωμένου Βασιλείου [8], οι οποίοι θα πρέπει να εκτιμώνται, ώστε να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισής τους, αλλά και να γίνεται μια πρώτη εκτίμηση της υφιστάμενης επικινδυνότητας.

Βάσει όλων των προαναφερόμενων στοιχείων: δραστηριότητα – απόβλητα – κίνδυνος διευκολύνεται η περαιτέρω αξιολόγηση και εκτίμηση της επικινδυνότητας, που υφίσταται σε κάθε περίπτωση, καθιστώντας ευκολότερο τον προσδιορισμό όλων των εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων και κατ' επέκταση σε επόμενο στάδιο των εν δυνάμει ρυπασμένων χώρων.

### **2.3. Διαδικασία εντοπισμού εν δυνάμει ρυπασμένων χώρων**

Για τον εντοπισμό εν δυνάμει ρυπασμένων χώρων θα πρέπει να γίνει συλλογή δεδομένων από ολόκληρο τον Ελλαδικό χώρο, σχετικά με την παρουσία εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ρυπογόνες μπορούν να θεωρηθούν όλες οι δραστηριότητες, οι οποίες περιλαμβάνουν την παραγωγή επικινδυνων αποβλήτων, η μη ορθή διαχείριση των οποίων μπορεί να οδηγήσει στην έκλυση επικινδυνων ουσιών στο περιβάλλον και συγκεκριμένα για τον σκοπό της παρούσας μελέτης στο έδαφος και σε υπόγεια / επιφανειακά ύδατα.

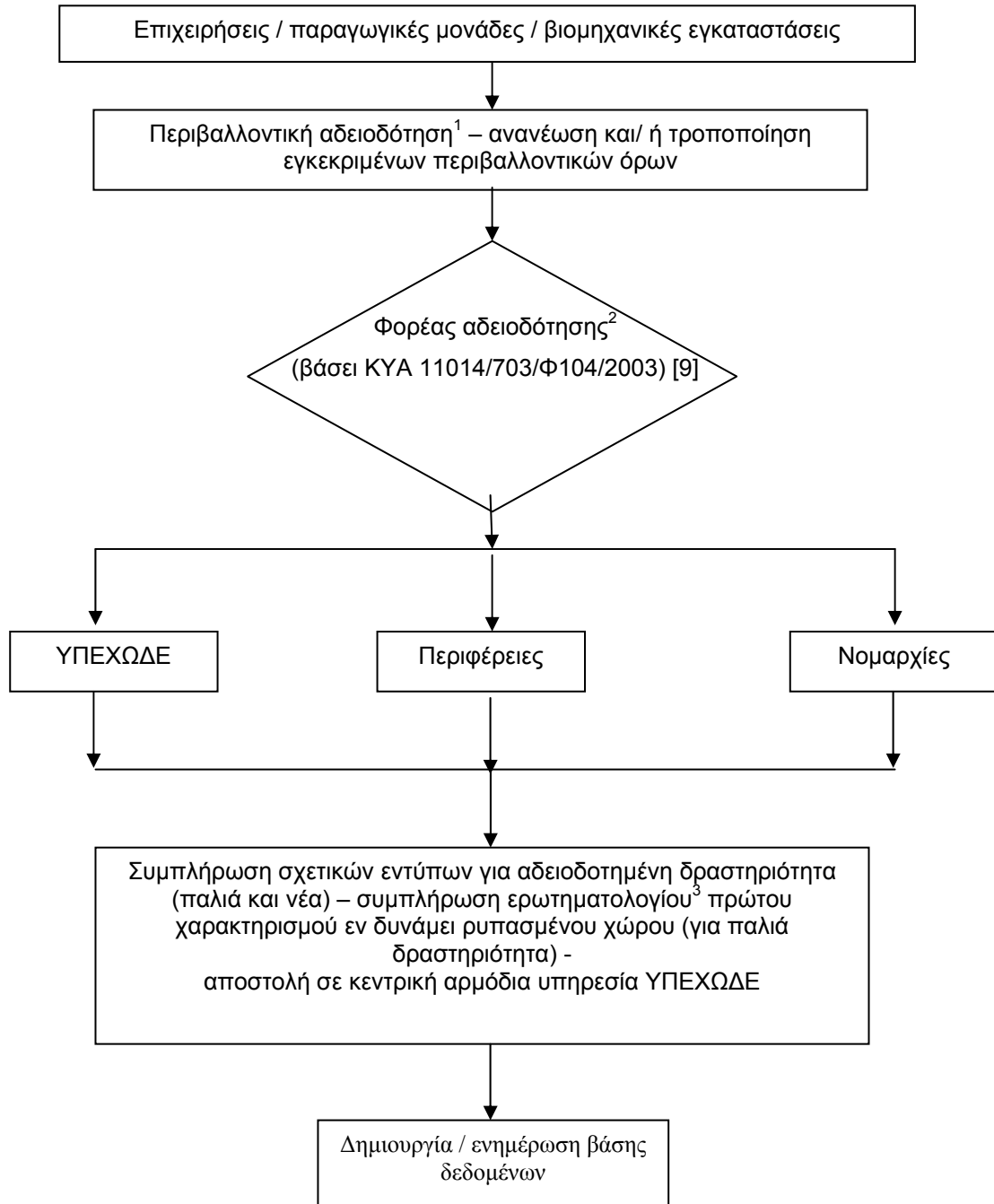
Η καταγραφή των εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων θα πρέπει να πραγματοποιηθεί με τη συμβολή πολλών επιμέρους φορέων της Δημόσιας Διοίκησης, αλλά κυρίως μέσω εκείνων που εμπλέκονται στην Περιβαλλοντική Αδειοδότηση.

Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 1 της παρούσας μελέτης κρίνεται θεμιτός ο διαχωρισμός των εν δυνάμει ρυπασμένων χώρων, βάσει της χρήσης τους, στις εξής κατηγορίες:

1. επιχειρήσεις / παραγωγικές μονάδες / βιομηχανικές εγκαταστάσεις
2. χώροι αποθήκευσης / διαχείρισης / επεξεργασίας ΕΑ
3. ανεξέλεγκτοι χώροι

Στην πρώτη κατηγορία, η καταγραφή μπορεί να γίνει μέσω των εξής αρμόδιων υπηρεσιών: ΥΠΕΧΩΔΕ, Περιφέρειες και Νομαρχίες, βάσει του ακόλουθου διαγράμματος, το οποίο

λαμβάνει έμμεσα υπόψη το φορέα έκδοσης εγκεκριμένων περιβαλλοντικών όρων για την εκάστοτε δραστηριότητα.



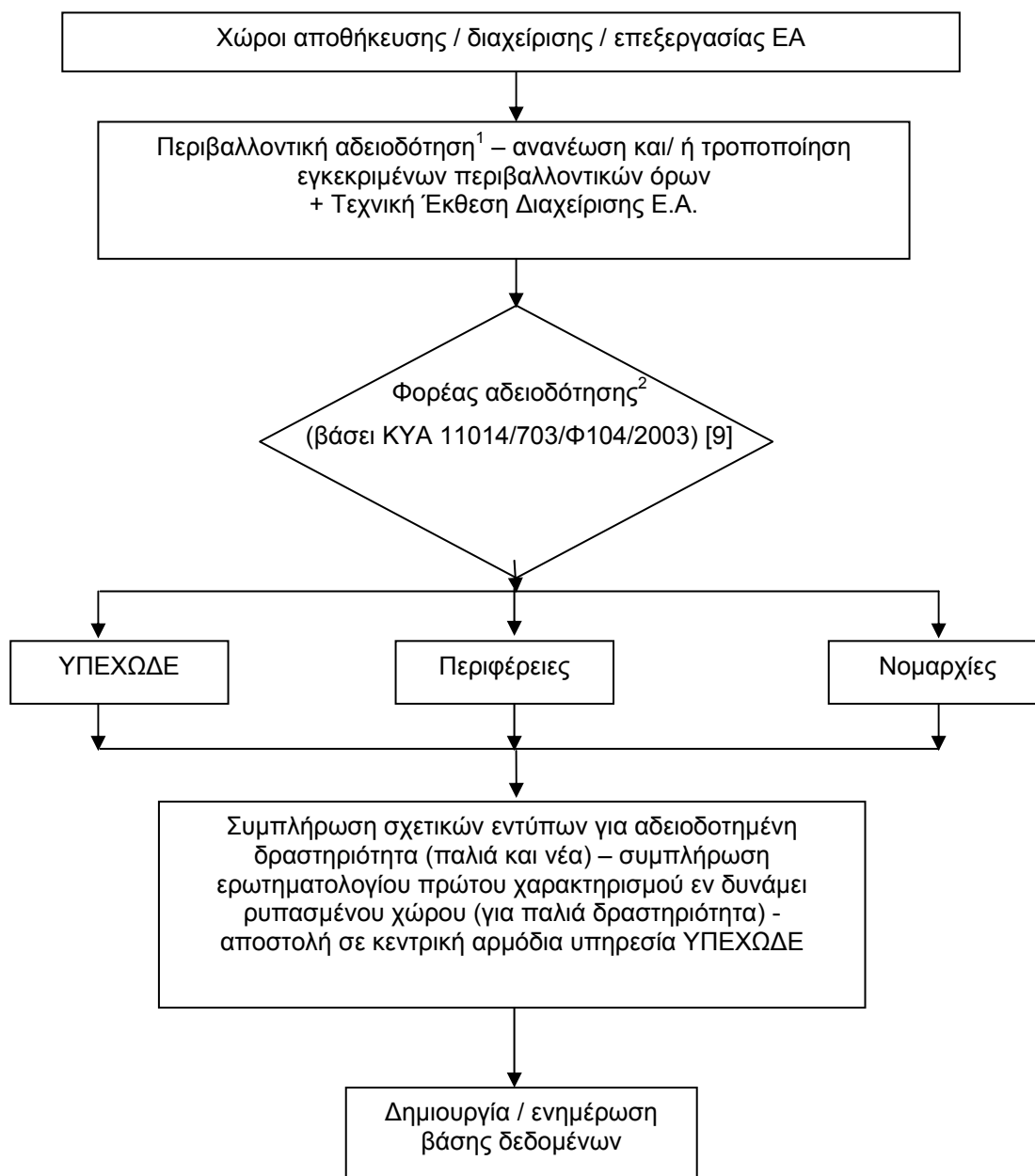
**Σχήμα 2-2:** Καταγραφή εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων.

<sup>1</sup> Στους όρους περιβαλλοντικής αδειοδότησης μπορεί να εισέλθει η υποχρέωση για ετήσιο έλεγχο από αρμόδιες υπηρεσίες περιβάλλοντος, με στόχο τον έλεγχο τήρησης των περιβαλλοντικών όρων και συμπλήρωσης ερωτηματολογίου χαρακτηρισμού εν δυνάμει ρυπασμένου χώρου.

<sup>2</sup> Συμπλήρωση και σύγκριση των συλλεχθέντων στοιχείων μπορούν να γίνουν και από Δ/νσεις Βιομηχανίας, που εκδίδουν άδειες λειτουργίας. Η συνεργασία των εκάστοτε εξεταζόμενων δραστηριοτήτων / εγκαταστάσεων θεωρείται δεδομένη, με την παροχή όλων των αναγκαίων στοιχείων ή και την απευθείας συμπλήρωση των εντύπων.

<sup>3</sup> Μπορεί να πραγματοποιείται ετήσια ενημέρωση του ερωτηματολογίου χαρακτηρισμού εν δυνάμει ρυπασμένου χώρου, βάσει της ετήσιας έκθεσης παραγωγού αποβλήτων

Στην δεύτερη κατηγορία, η καταγραφή μπορεί να γίνει και πάλι μέσω του ΥΠΕΧΩΔΕ, Περιφερειών και Νομαρχιών, βάσει του ακόλουθου διαγράμματος, το οποίο λαμβάνει έμμεσα υπόψη το φορέα έκδοσης εγκεκριμένων περιβαλλοντικών όρων για την εκάστοτε δραστηριότητα, αλλά και την υποχρέωση υποβολής τεχνικής έκθεσης διαχείρισης (ΚΥΑ 24944/1159/06) [10].

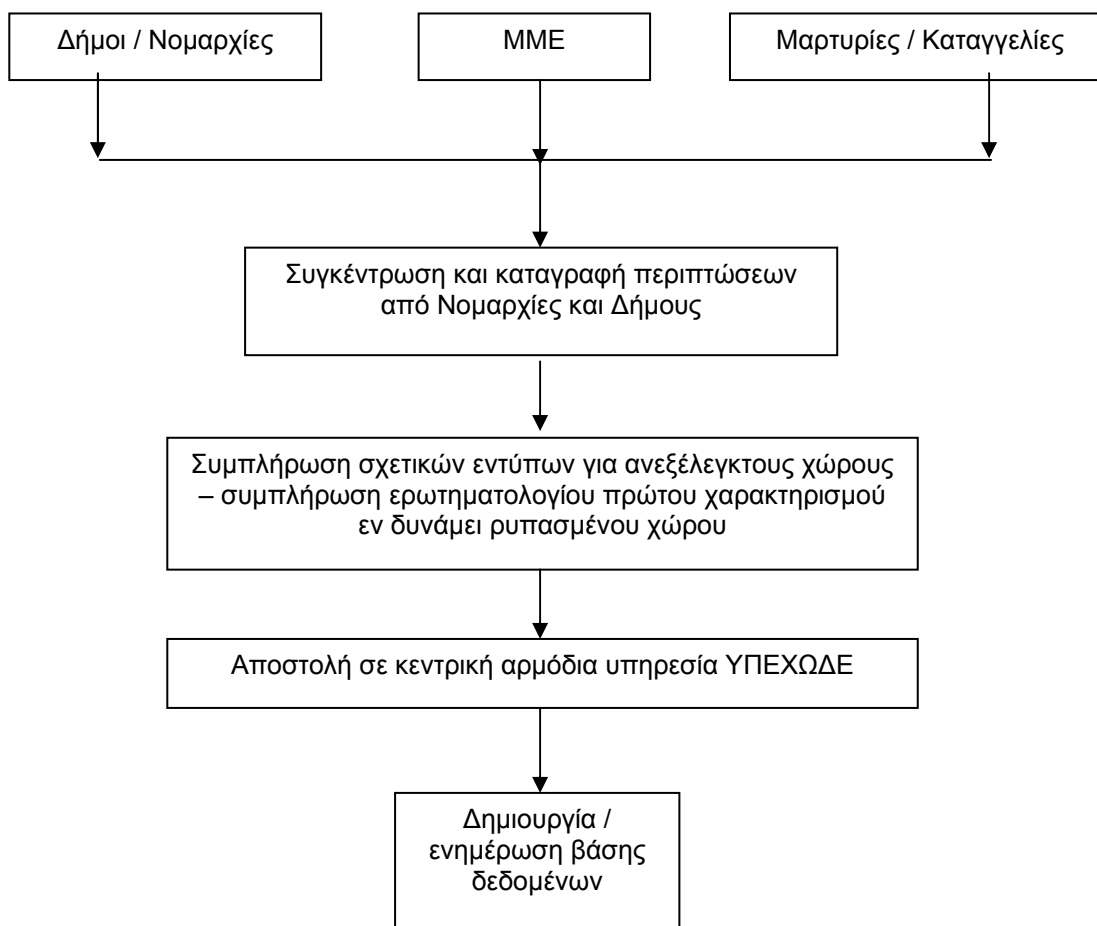


Σχήμα 2-3: Καταγραφή εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων.

<sup>1</sup> Συμπλήρωση και σύγκριση των συλλεχθέντων στοιχείων μπορούν να γίνουν και από Δ/νσεις βιομηχανίας, που εκδίδουν άδειες λειτουργίας. Η συνεργασία των εκάστοτε εξεταζόμενων δραστηριοτήτων θεωρείται δεδομένη, με την παροχή όλων των αναγκαίων στοιχείων ή και την απευθείας συμπλήρωση των εντύπων.

<sup>2</sup> Στους όρους περιβαλλοντικής αδειοδότησης μπορεί να εισέλθει η υποχρέωση για ετήσιο έλεγχο από αρμόδιες υπηρεσίες περιβάλλοντος, με στόχο τον έλεγχο τήρησης των περιβαλλοντικών όρων και συμπλήρωσης ερωτηματολογίου χαρακτηρισμού εν δυνάμει ρυπασμένου χώρου.

Στην τρίτη κατηγορία, η καταγραφή μπορεί να γίνει ίσως μόνο μέσω οργανισμών τοπικής αυτοδιοίκησης και συγκεκριμένα των δήμων και των νομαρχιών, όπου είναι πιο πιθανή η γνώση συγκεκριμένων χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων – ατυχημάτων, κτλ.. Σημαντική βοήθεια μπορούν να προσφέρουν και τα τοπικά μέσα μαζικής ενημέρωσης, στο αρχείο των οποίων ενδέχεται να υπάρχει πολύτιμο υλικό. Ενδεικτικά, προτείνεται το ακόλουθο διάγραμμα δράσης.



**Σχήμα 2-4:** Καταγραφή εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων.

Βάσει όλων των προαναφερόμενων διαδικασιών θα καταστεί εφικτή η καταγραφή όλων των εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων του Ελλαδικού χώρου, καθώς και ένας πρώτος χαρακτηρισμός του χώρου, όπου αυτές είναι εγκατεστημένες, δημιουργώντας μια πολύτιμη βάση δεδομένων στα χέρια του ΥΠΕΧΩΔΕ.

#### **2.4. Έντυπο καταγραφής εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων – ρυπασμένων χώρων**

Τα έντυπα καταγραφής εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων ή εν δυνάμει ρυπασμένων χώρων θα περιλαμβάνουν γενικές πληροφορίες και δεν θα αφορούν σε εξειδικευμένα στοιχεία, όπως για παράδειγμα συγκεντρώσεις ρύπων και χημικές αναλύσεις. Θα αποτελεί ένα πρώτο εργαλείο καταγραφής, στο οποίο θα περιλαμβάνονται ενδεικτικές πληροφορίες, όπως:

- Όνομα Επιχείρησης / Μονάδας / Εγκατάστασης – Ιδιοκτήτης – Φορέας Λειτουργίας – Δραστηριότητα – Έκταση – Χρόνος Λειτουργίας – Διεύθυνση – Στοιχεία Επικοινωνίας
- Τοπωνύμιο – Δήμος – Νομός – Περιφέρεια
- Άδεια Λειτουργίας – Εγκεκριμένοι Περιβαλλοντικοί Όροι
- Φορέας και Τρόπος Ελέγχου Τήρησης Περιβαλλοντικών Όρων – Διαθέσιμα Στοιχεία Περιβαλλοντικού Ελέγχου
- Είδος και Ποσότητες Χρησιμοποιούμενων Χημικών (Επικινδυνών) Ουσιών
- Είδος και Ποσότητες Παραγόμενων Αποβλήτων – Τρόπος Διαχείρισης / Επεξεργασίας
- Ταξινόμηση Αποβλήτων Βάσει ΕΚΑ
- Βασικοί Κίνδυνοι Εγκατάστασης – Ατυχήματα – Διαρροές – Ληφθέντα Μέτρα Αντιμετώπισης
- Χρήσεις Γης Περιμετρικά του Χώρου (π.χ. σε ακτίνα 1Km)
- Αποστάσεις από Ευαίσθητους Αποδέκτες (π.χ. σχολεία, νοσοκομεία, σπίτια, λίμνες, ποτάμια, γεωτρήσεις και λίμνες άντλησης πόσιμου νερού, ευαίσθητα οικοσυστήματα, καλλιέργειες, ακτές, δασικές περιοχές).

Στο συγκεκριμένο στάδιο καταγραφής δεν θεωρείται αναγκαία ή έστω ωφέλιμη η σύνταξη ξεχωριστών ερωτηματολογίων ανά κατηγορία (π.χ. ομάδας δραστηριότητας της ΚΥΑ 15393/2332/2002 ή υποκατηγορίας αυτών) [11], δεδομένου ότι κάτι τέτοιο θα οδηγούσε στην ανάπτυξη πολλών εντύπων, μη σημαντικά έως σχεδόν καθόλου διαφοροποιημένων, τα οποία μόνο ταλαιπωρία θα προσέφεραν στους καλούμενους να τα συμπληρώσουν ανά περίπτωση.

Αντιθέτως, προτιμήθηκε η σύνταξη ενός και μόνο εντύπου, το οποίο λαμβάνει υπόψη όλες τις θεωρητικά απαιτούμενες πληροφορίες ανά περίπτωση, σε μια προσπάθεια συλλογής όσο το δυνατόν περισσότερων πληροφοριών με όσο το δυνατόν απλούστερο και άμεσο τρόπο.

Σημαντικά τροποποιημένο ερωτηματολόγιο/ έντυπο μπορεί να συνταχθεί μόνο για την περίπτωση ανεξέλεγκτων χώρων.

Στο Παράρτημα II παρουσιάζονται τα ερωτηματολόγια – έντυπα, που αναπτύχθηκαν, βάσει των προαναφερόμενων, καθώς και ένας οδηγός συμπλήρωσης αυτών.

Συνοπτικά, για την εξέταση ενός οποιουδήποτε χώρου ή δραστηριότητας αρχικά θα γίνεται χρήση του Παραρτήματος Ι, όπου βάσει των διαθέσιμων καταλόγων, η υπό εξέταση δραστηριότητα θα κατηγοριοποιείται σε μια από τις υφιστάμενες εν δυνάμει ρυπογόνες δραστηριότητες και θα προσδιορίζονται γενικά ποια είναι τα αναμενόμενα από εκείνη απόβλητα και ποιοι οι πιθανοί από τα εκάστοτε απόβλητα κίνδυνοι. Εν συνεχεία, θα γίνεται πιο συγκεκριμένη καταγραφή των χαρακτηριστικών της δραστηριότητας – χώρου με τη βοήθεια του εντύπου του Παραρτήματος ΙΙ. Εκεί πλέον, πάντα με τη βοήθεια των κωδικοποιήσεων του Παραρτήματος Ι, θα προσδιορίζονται συγκεκριμένα στοιχεία της δραστηριότητας, όπως στοιχεία θέσης και ιδιοκτησίας, ιστορικά και περιβαλλοντικά στοιχεία, κ.α.

## **2.5. Κριτήρια πρώτου χαρακτηρισμού εν δυνάμει ρυπασμένων χώρων**

Οι εν δυνάμει ρυπογόνες δραστηριότητες του προαναφερόμενου καταλόγου οδηγούν στη διαμόρφωση εν δυνάμει ρυπασμένων χώρων / πεδίων. Για τον πρώτο χαρακτηρισμό και αξιολόγηση αυτών θα πρέπει να θεσπιστούν κάποια γενικά κριτήρια, τα οποία θα επιτρέπουν την αξιολόγηση του ενδεχόμενου κινδύνου και κατ' επέκταση της επιτακτικότητας λήψης μέτρων, με τις ελάχιστες δυνατές πληροφορίες.

Στο σημείο αυτό κρίνεται θεμιτό να δοθεί ένας ορισμός του όρου «ρυπασμένος χώρος». Βάσει του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος ρυπασμένος χώρος θεωρείται: *μια περιοχή, όπου, ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας, υπάρχει ένας μη αποδεκτός κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα. Η τοπική ρύπανση (ρυπασμένοι χώροι) είναι ένα πρόβλημα σε περιορισμένες περιοχές (ή χώρους) γύρω από την πηγή, όπου υπάρχει μια άμεση σύνδεση με την πηγή ρύπανσης* [12].

Ο στόχος των προαναφερόμενων απαιτούμενων κριτηρίων είναι η κατάταξη των εν-δυνάμει ρυπασμένων χώρων σε μια από τις ακόλουθες κατηγορίες:

- Ρυπασμένος χώρος (προτεραιότητας υψηλής, μεσαίας και χαμηλής)
- Μη ρυπασμένος χώρος (δεν απειλεί το περιβάλλον και την δημόσια υγεία)
- Πιθανά ρυπασμένος χώρος – Ανεπαρκή στοιχεία

Ρυπασμένοι χώροι υψηλής προτεραιότητας (Κατηγορία 1): πολλαπλά σημεία ανησυχίας - η αρνητική επίδραση της ρύπανσης στη δημόσια υγεία ή/και το περιβάλλον είναι εμφανής - ανάγκη για άμεση δράση.

Ρυπασμένοι χώροι μεσαίας προτεραιότητας (Κατηγορία 2): μεγάλη πιθανότητα για αρνητικές συνέπειες στη δημόσια υγεία και στο περιβάλλον - η απειλή από τη ρύπανση δεν είναι προφανής - δεν υπάρχει άμεση ένδειξη για ρύπανση εκτός του χώρου, όμως αυτό είναι πιθανό να συμβεί μέσω της μετακίνησης των ρύπων.

Ρυπασμένοι χώροι χαμηλής προτεραιότητας (Κατηγορία 3): δεν υπάρχει ανάγκη για άμεση δράση - κρίνεται αναγκαία η διενέργεια πλήρους χαρακτηρισμού για την επιβεβαίωση της κατάταξης του χώρου στη κατηγορία αυτή.

Μη ρυπασμένος χώρος (Κατηγορία 4): ο εξεταζόμενος χώρος δεν είναι ρυπασμένος και δεν αποτελεί απειλή για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον - δεν απαιτείται καμία δράση, εκτός εάν μεταβληθούν τα περιβαλλοντολογικά δεδομένα. Γενικά προτείνεται περιοδικός έλεγχος (π.χ. ανά δύο χρόνια).

Πιθανά ρυπασμένος χώρος – Ανεπαρκή στοιχεία: απαιτείται λήψη και αξιολόγηση πρόσθετων πληροφοριών.

Δεδομένου του πραγματικά μεγάλου αριθμού εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων, αλλά και της ανομοιομορφίας που αυτές παρουσιάζουν, η θέσπιση συγκεκριμένων κριτηρίων για το σύνολο αυτών είναι αρκετά δύσκολη.

Τα επιλεχθέντα κριτήρια αφορούν στις ακόλουθες παραμέτρους των εν δυνάμει ρυπασμένων πεδίων / ρυπογόνων δραστηριοτήτων:

1. Υφιστάμενες δραστηριότητες
2. Χαρακτηριστικά αποβλήτων / ρύπων
3. Κινητικότητα ρύπων
4. Έκθεση αποδεκτών

1. Υφιστάμενες δραστηριότητες στο χώρο. Η ενότητα αυτή αναφέρεται στη δυναμικότητα των υφιστάμενων δραστηριοτήτων του χώρου και στην κατάταξη αυτών ανάλογα με τα απόβλητα που παράγουν. Αυξημένη δυναμικότητα σημαίνει γενικά και αυξημένη παραγωγή αποβλήτων, άρα και αυξημένη βαθμολογία. Η κατάταξη των δραστηριοτήτων σε υψηλού, μεσαίου και χαμηλού ρίσκου για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον, πραγματοποιήθηκε κατόπιν μελέτης των παραγόμενων αποβλήτων στις 20 κατηγορίες δραστηριοτήτων του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων (ΕΚΑ) [4].

2. Χαρακτηριστικά των ρύπων. Η ενότητα αυτή αναφέρεται στην επικινδυνότητα των ρύπων που έχουν εντοπισθεί στο χώρο. Τα χαρακτηριστικά των ρύπων συμπεριλαμβάνουν παραμέτρους όπως η φύση τους, συγκέντρωσή τους και η έκταση που καταλαμβάνουν.

3. Κινητικότητα ρύπων. Η ενότητα αυτή αξιολογεί τη πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων από ένα περιβαλλοντικό μέσο σε ένα άλλο και την μετακίνησή τους από ένα σημείο του χώρου σε ένα άλλο εντός ή εκτός χώρου.

4. Έκθεση των αποδεκτών. Αυτή η ενότητα αξιολογεί τόσο τις διαδρομές έκθεσης σε κίνδυνο, όσο και την ευαισθησία των πιθανών αποδεκτών. Η διαδρομή έκθεσης σε κίνδυνο είναι η

πιθανή πορεία που ακολουθεί ο ρύπος (π.χ. μέσω των υπόγειων υδάτων, του εδάφους ή των επιφανειακών υδάτων) με προορισμό τον αποδέκτη. Αποδέκτες μπορεί να είναι οι άνθρωποι, η πανίδα και η χλωρίδα της περιοχής, καθώς και οι εγκαταστάσεις του χώρου.

Για κάθε μια παράμετρο έχουν προσδιοριστεί συγκεκριμένα κριτήρια, τα οποία στόχο έχουν την ιεραρχική ταξινόμηση των εν δυνάμει ρυπασμένων χώρων, βάσει συγκεκριμένης βαθμολογίας, που αποδίδεται σε καθένα από αυτά, σε μια αυθαίρετη κλίμακα από το 0 έως το 115. Δημιουργώντας την αυθαίρετη αυτή κλίμακα, αποδίδεται σε καθένα από τα εξεταζόμενα κριτήρια μια βαθμολογία, η οποία εν ολίγοις αντικατοπτρίζει την κατάσταση ρύπανσης και την επικινδυνότητα της εξεταζόμενης δραστηριότητας / πεδίου, χωρίς όμως σε καμία περίπτωση να προβαίνει σε οποιασδήποτε αναλυτικής μορφής ποιοτικό ή ποσοτικό προσδιορισμό αυτών.

Η όλη βαθμολόγηση γίνεται με την συμπλήρωση ειδικού ερωτηματολογίου ή διαφορετικά χρήση συγκεκριμένου υποκαταλόγου, ο οποίος περιλαμβάνει αναλυτικά τα χρησιμοποιούμενα κριτήρια και την βαθμολογία καθενός εξ αυτών. Το ερωτηματολόγιο κατατάσσει τους ρυπασμένους χώρους στις παραπάνω 5 κατηγορίες, μέσω μιας συστηματικής και λογικής προσέγγισης, σύμφωνα με τον υφιστάμενο ή τον πιθανό μελλοντικό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον και είναι επιστημονικά σχεδιασμένο για να λειτουργεί ως πρακτικό εργαλείο για την κατηγοριοποίηση των ρυπασμένων χώρων. Ο κυριότερος σκοπός του ερωτηματολογίου είναι να παρέχει μια επιστημονικά αποδεκτή μέθοδο, η οποία θα βοηθά στον εντοπισμό πιθανά ρυπασμένων χώρων, που παρουσιάζουν κίνδυνο και επομένως απαιτούν εξυγίανση. Η χρήση αυτού του συστήματος θα προσδιορίζει ποιές ρυπασμένες περιοχές είναι υψηλής προτεραιότητας και απαιτούν άμεση αποκατάσταση. Αν και άλλοι παράγοντες, όπως κοινωνικοπολιτικοί, διαφοροποιούν αυτές τις προτεραιότητες, αυτοί είναι πέραν του συγκεκριμένου σκοπού του συστήματος. Η σχεδίαση του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου δεν είχε σκοπό να παρέχει ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση επικινδυνότητας, αλλά αντιθέτως να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για την κατάταξη και την θέσπιση προτεραιοτήτων των ρυπασμένων περιοχών. Το ερωτηματολόγιο «φιλτράρει» τους ρυπασμένους χώρους σύμφωνα με την αναγκαιότητα για περαιτέρω δράση, έτσι ώστε να προστατευτεί η δημόσια υγεία και το περιβάλλον.

Οι απόλυτες τιμές της βαθμολογίας είναι βασισμένες σε αντίστοιχο ερωτηματολόγιο του Εθνικού Συστήματος Κατηγοριοποίησης για Ρυπασμένους Χώρους (National Classification System for Contaminated Sites) του Καναδέζικου Συμβουλίου Υπουργών Περιβάλλοντος (Canadian Council of Ministers of the Environment – CCME) [13], το οποίο παρουσιάζεται να είναι από τα πλέον πλήρη διαθέσιμα έγγραφα επί του συγκεκριμένου θέματος. Το ερωτηματολόγιο είναι μια μέθοδος για τον εντοπισμό ρυπασμένων χώρων, σύμφωνα με τις σημερινές και μελλοντικές πιθανές αρνητικές επιδράσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Η δημιουργία του είχε ως σκοπό την επαλήθευση ενός ορθολογιστικού και επιστημονικού

εργαλείου για τη συγκρίσιμη αξιολόγηση των ρυπασμένων περιοχών. Η αρχική ανάπτυξη του ερωτηματολογίου βασίστηκε σε ανασκόπηση ήδη υπαρκτών και απλοϊκών, εθνικών και διεθνών μεθόδων κατάταξης ρυπασμένων χώρων. Ωστόσο, επειδή νέες πληροφορίες γίνονται συνεχώς διαθέσιμες, όπως σε τεχνικές εκτίμησης επικινδυνότητας και κατάταξης ρυπασμένων χώρων, το ερωτηματολόγιο ενημερώνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Το ερωτηματολόγιο, που αναπτύχθηκε στην παρούσα μελέτη, συνδυάζει πληροφορίες τόσο από το συγκεκριμένο Καναδέζικο πρότυπο, όσο και από την υπάρχουσα επιστημονική βιβλιογραφία, σε μια προσπάθεια να καταστεί πλήρες, εύχρηστο, λειτουργικό και αξιόπιστο.

Τα επιμέρους βαθμολογούμενα κριτήρια της κάθε ενότητας έχουν επιλεγεί με σκοπό την τεχνικά και επιστημονικά ορθή αξιολόγηση του ρυπασμένου χώρου. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι απαιτούμενες πληροφορίες για τη βαθμολόγηση είναι ήδη γνωστές ή μπορούν να ανακτηθούν σχετικά εύκολα. Η μέγιστη βαθμολογία σε κάθε παράμετρο έχει αποδοθεί ώστε να αντιστοιχεί στη βαρύτητά του στον υφιστάμενο ή μελλοντικό κίνδυνο των αποδεκτών από τη ρύπανση του χώρου. Στον Πίνακα 2-1 παρουσιάζονται συνολικά τα 12 κριτήρια από τις 3 διαφορετικές ενότητες και η μέγιστη βαθμολόγησή τους, από τη μεγαλύτερη προς τη μικρότερη βαρύτητα. Η συγκεκριμένη μέθοδος αξιολόγησης έχει εφαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος πραγματικών περιπτώσεων στον Καναδά με διάφορα διαθέσιμα δεδομένα, αξιολογώντας τη συνάφεια του αποτελέσματος μεταξύ ανεξάρτητων κριτηρίων.

Προκειμένου να ληφθούν υπόψη τυχόν φαινόμενα συνέργειας, κρίθηκε θεμιτό να υπάρξει κάποια προσαύξηση της συγκεντρωθείσας, βάσει των προαναφερόμενων κριτηρίων, βαθμολογίας ενός εν δυνάμει ρυπασμένου χώρου, εξετάζοντας συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αυτού, τα οποία είναι ικανά να καθορίσουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την εξάπλωση επικινδυνών ρύπων και κατ' επέκταση την υφιστάμενη επικινδυνότητα. Ενδεικτικά, τέτοιου είδους χαρακτηριστικά αποτελούν:

1. η παρουσία ρηγμάτων – καρστικοποιημένων εδαφών στην ευρύτερη περιοχή μελέτης
2. η παρουσία μικρού πάχους ακόρεστης ζώνης (<3m) με υψηλή διαπερατότητα (γενικά χονδρόκοκκο έδαφος)
3. η παρουσία ρηχού υδροφορέα (βάθος υδροφόρου ορίζοντα <3m) υψηλής υδραυλικής αγωγιμότητας ( $10^{-2}$  cm/s)
4. η χρήση υποκείμενων υδροφορέων ή/και επιφανειακών υδάτων για σκοπούς ύδρευσης ή/και άρδευσης
5. η παρουσία ευαίσθητων/προστατευόμενων οικολογικών συστημάτων
6. η παρουσία χλωρίδας ή/και πανίδας, που σχετίζονται με την τροφική αλυσίδα.

Δεδομένου ότι στο συγκεκριμένο αρχικό στάδιο χαρακτηρισμού ενδεχομένως να μην είναι διαθέσιμες πολλές σημαντικές πληροφορίες, που αφορούν στα χαρακτηριστικά του εκάστοτε εξεταζόμενου πεδίου, δεν μπορούν να τεθούν προς αξιολόγηση πιο λεπτομερή στοιχεία,

όπως π.χ. η ακριβής τιμή της διαπερατότητας του εδάφους. Ως εκ τούτου, υπάρχει περιορισμός στα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά, τα οποία είναι πιθανόν να είναι γνωστά στο παρόν στάδιο χαρακτηρισμού.

Όσον αφορά στην ενδεχομένως αρνητική επίδραση κάποιων χαρακτηριστικών στην τελική βαθμολογία ενός εν δυνάμει ρυπασμένου χώρου, αυτή δεν λήφθηκε υπόψη, προκειμένου να αποκλειστεί οποιαδήποτε υποεκτίμηση της πραγματικά υπάρχουσας κατάστασης ρύπανσης, λόγω άγνοιας ή κακής εκτίμησης. Για παράδειγμα, αν τεθεί κάποιο κριτήριο μείωσης της βαθμολογίας ενός υπό εξέταση χώρου, λόγω χαμηλής υδραυλικής αγωγιμότητας του υποκείμενου υδροφορέα, θα μπορούσε να δημιουργηθεί εσφαλμένη εικόνα της πραγματικότητας σε περίπτωση, που ταυτόχρονα υπήρχε έντονη ανομοιογένεια του εδάφους ή φακοί υψηλής υδραυλικής αγωγιμότητας, που δεν έχουν εντοπιστεί. Αποτέλεσμα μιας τέτοιας κατάστασης θα μπορούσε να είναι η λανθασμένη κατάταξη ενός πεδίου στους μη ρυπασμένους χώρους. Προς αποφυγή τέτοιων φαινομένων προτείνεται να εφαρμοστεί μονάχα η προσαύξηση της τελικής βαθμολογίας και όχι η μείωση αυτής.

Η προσαύξηση της βαθμολογίας παρουσία των παραπάνω χαρακτηριστικών προτείνεται να είναι της τάξης του 15%.

Τελικά, βάσει της βαθμολογίας που συγκεντρώνεται η ταξινόμηση του χώρου γίνεται όπως φαίνεται στον Πίνακα 2-2.

Σχηματικά η όλη διαδικασία χαρακτηρισμού φαίνεται στο Σχήμα 2-5, που ακολουθεί.

Το σχετικό ερωτηματολόγιο - υποκατάλογος, όπως διαμορφώθηκε βάσει όλων των προαναφερόμενων, παρουσιάζεται στο Παράρτημα ΙΙΙ. Στην παρεχόμενη μορφή του καταλόγου, συμπεριλαμβάνονται βοηθητικές διευκρινήσεις και παρατηρήσεις.

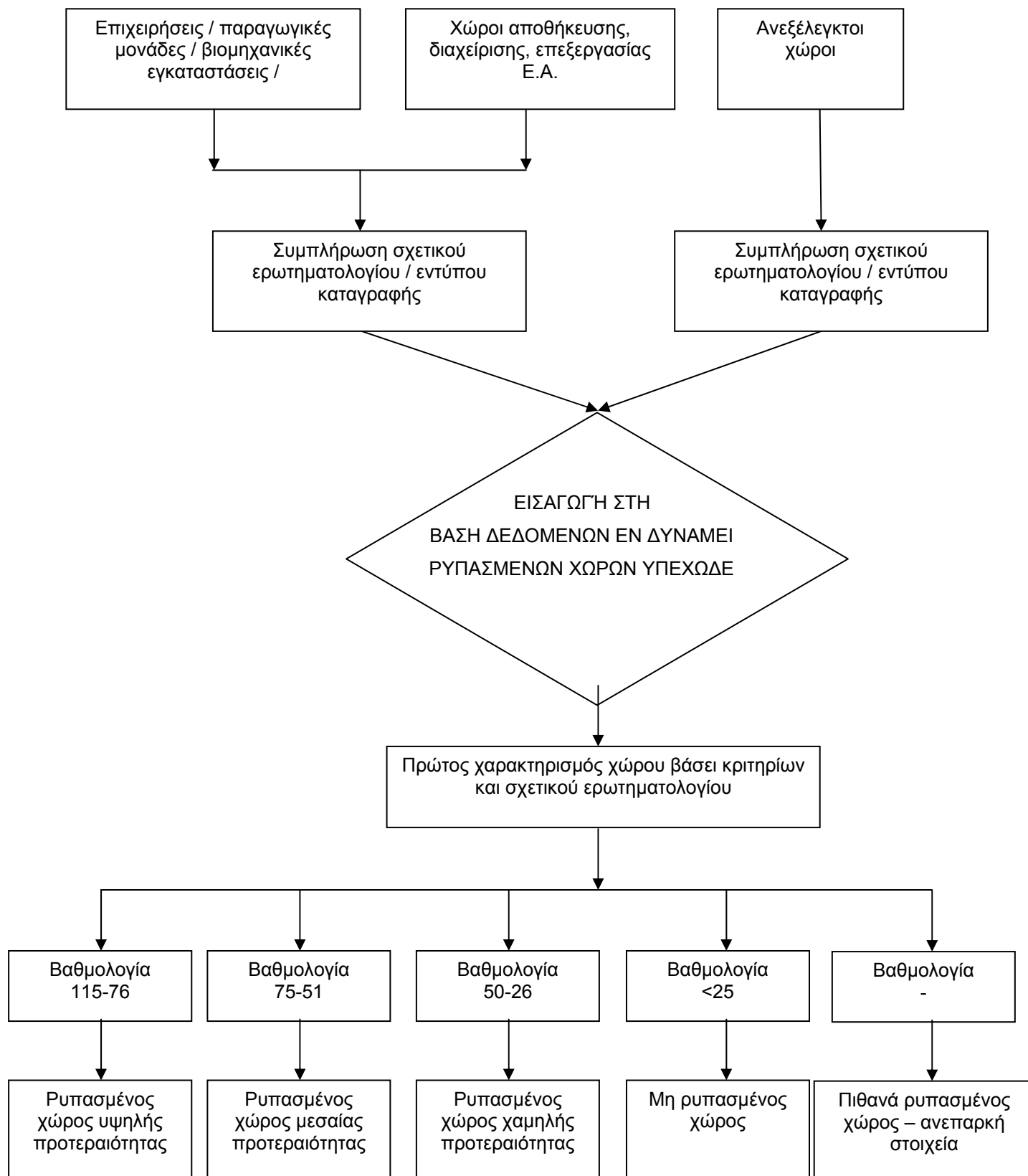
Τέλος, στο Κεφάλαιο 3 και συγκεκριμένα στην παράγραφο 3.2.3. (σελίδες 29 έως 38) παρουσιάζονται αναλυτικά τα κριτήρια καθορισμού του συνόλου των απαιτούμενων δειγμάτων, για τον ακριβή και πλήρη χαρακτηρισμό του ρυπασμένου πεδίου και ειδικότερα της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης.

**Πίνακας 2-1:** Βαθμολογούμενες παράμετροι κατάταξης ρυπασμένων χώρων.

Παράμετρος	Μέγιστη Βαθμολογία
<b>ΡΥΠΟΣ</b>	
Είδος και δυναμικότητα βιομηχανικής/εμπορικής δραστηριότητας	16
Είδος παραγόμενων αποβλήτων	17
<b>ΜΟΝΟΠΑΤΙ ΔΙΑΧΥΣΗΣ</b>	
Μετακίνηση ρύπων στα υπόγεια ύδατα	4
Μετακίνηση ρύπων στα επιφανειακά ύδατα	4
Μετακίνηση ρύπων στο έδαφος	4
Μετακίνηση ρύπων στα εδαφικά αέρια	4
Μετακίνηση ρύπων στα ιζήματα	4
Περιβαλλοντικό μέσο (αέρας, νερό, έδαφος)	4
Απόρριψη υγρών αποβλήτων στην αποχέτευση	4
Ταφή υλικών/ουσιών	5
<b>ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ</b>	
Δημόσια υγεία	20
Περιβάλλον (χλωρίδα και πανίδα)	14
<b>ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΗ ΤΕΛΙΚΗΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑΣ</b>	
Παρουσία ρηγμάτων – καρστικοποιημένων εδαφών στην ευρύτερη περιοχή μελέτης παρουσία μικρού πάχους ακόρεστης ζώνης (<3m) με υψηλή διαπερατότητα (γενικά χονδρόκοκκο έδαφος) παρουσία ρηχού υδροφορέα (βάθος υδροφόρου ορίζοντα <3m) υψηλής υδραυλικής αγωγιμότητας ( $10^{-2}$ cm/s) χρήση υποκείμενων υδροφορέων ή/και επιφανειακών υδάτων για σκοπούς ύδρευσης ή/και άρδευσης παρουσία ευαίσθητων/προστατευόμενων οικολογικών συστημάτων παρουσία χλωρίδας ή/και πανίδας, που σχετίζονται με την τροφική αλυσίδα	x 1,15

**Πίνακας 2-2:** Κατάταξη ρυπασμένων χώρων.

Κατηγορία	Βαθμολογία
1 Ρυπασμένος χώρος υψηλής προτεραιότητας	115 - 76
2 Ρυπασμένος χώρος μεσαίας προτεραιότητας	75 - 51
3 Ρυπασμένος χώρος χαμηλής προτεραιότητας	50-25
4 Μη ρυπασμένος χώρος	<25
5 Πιθανά ρυπασμένος χώρος – ανεπαρκή στοιχεία	-



**Σχήμα 2-5:** Διαδικασία χαρακτηρισμού ρυπασμένου χώρου.

## **2.6. Παραδείγματα εφαρμογής μεθοδολογίας**

Για την καλύτερη κατανόηση και την επίδειξη της λειτουργικότητας των παρεχόμενων στο παρόν κεφάλαιο καταλόγων και κριτηρίων, διαμορφώθηκαν και παρουσιάζονται τρία ενδεικτικά παραδείγματα κατάταξης μιας πραγματικής βιομηχανικής δραστηριότητας σε μια από τις επιθυμητές κατηγορίες:

- Ρυπασμένος χώρος (προτεραιότητας υψηλής, μεσαίας και χαμηλής)
- Προσωρινά μη ρυπασμένος χώρος (δεν απειλεί το περιβάλλον και την δημόσια υγεία)
- Πιθανά ρυπασμένος χώρος – Ανεπαρκή στοιχεία

Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα επιλεχθέντα κριτήρια, όπως αυτά παρουσιάζονται υπό τη μορφή ερωτηματολογίου στο Παράρτημα III του παρόντος Κεφαλαίου.

Το εν λόγω παραδείγματα αναπτύσσονται αναλυτικά στο Παράρτημα IV του παρόντος τεύχους.

## Κεφάλαιο 3 .

### Διαδικασία Χαρακτηρισμού Πιθανά Ρυπασμένων Χώρων

#### 3.1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με την ισχύουσα σύμβαση μεταξύ του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) και του Πολυτεχνείου Κρήτης για την υλοποίηση του έργου «ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ / ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ» και το σχετικό χρονοδιάγραμμα υλοποίησης και κατάθεσης των προβλεπόμενων παραδοτέων, υποβάλλεται το παρόν τεύχος, το οποίο αποτελεί το Παραδοτέο 3 (Κεφάλαιο 3) της συνολικής μελέτης και περιλαμβάνει την αναλυτική παρουσίαση της μεθοδολογίας χαρακτηρισμού πιθανά ρυπασμένων χώρων,

Βάσει των προδιαγραφών της σχετικής προκήρυξης του ΥΠΕΧΩΔΕ και της προσφοράς του Πολυτεχνείου Κρήτης, τα ακριβή περιεχόμενα του εν λόγω παραδοτέου είναι τα εξής:

#### **Παραδοτέο 3 : Διαδικασία χαρακτηρισμού των πιθανά ρυπασμένων χώρων**

- Θα γίνει περιγραφή διαδοχικών σταδίων και αντίστοιχων απαιτούμενων ενεργειών για την περαιτέρω διερεύνηση (λεπτομερή χαρακτηρισμό) των πιθανά ρυπασμένων χώρων (του 2<sup>ου</sup> δηλαδή καταλόγου). Ειδικότερα, θα περιγραφούν λεπτομερώς οι ληπτές ενέργειες σε καθένα από τα διαδοχικά στάδια και τα κριτήρια, με βάση τα οποία θα αποφασίζεται ότι ολοκληρώνεται ένα στάδιο και ακολουθεί το επόμενο.
- Στη διερεύνηση αυτή θα περιλαμβάνεται, μεταξύ άλλων, η απαίτηση για τη διενέργεια δειγματοληψιών και αναλύσεων. Θα διατυπωθούν επομένως κριτήρια για την εκπόνηση κατάλληλων σχεδίων δειγματοληψίας, ώστε να γίνεται ορθός καθορισμός :
  - των σημείων δειγματοληψίας (το μέσο από το οποίο θα ληφθούν τα δείγματα),
  - του ελάχιστου αριθμού αντιπροσωπευτικών δειγμάτων (εύρος των ερευνών /ελέγχων),
  - των βασικών παραμέτρων που θα ελεγχθούν.
 Επιπλέον, θα γίνει αναφορά σε θέματα που σχετίζονται με την προστασία και ασφάλεια εργαζομένων κατά τη φάση των δειγματοληψιών – αναλύσεων.
- Θα περιγραφούν λεπτομερώς οι κατηγορίες (διάφορα επίπεδα) των επιπτώσεων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία που σχετίζονται με τη ρύπανση χώρων.
- Θα προταθούν οριακές τιμές χαρακτηριστικών παραμέτρων (όρια δράσης), με βάση τη διεθνή πρακτική.
- Θα αναφερθούν επίσης τα σημαντικότερα διεθνή πρότυπα για το χαρακτηρισμό ρυπασμένων χώρων.

- Θα παρουσιαστούν οι συνήθεις τρόποι έκθεσης του ανθρώπου σε επιβλαβή ρυπαντικά φορτία στο έδαφος και τα υπόγεια νερά, καθώς και πιθανά συμπτώματα.

Το κείμενο με το παραπάνω περιεχόμενο θα αποτελέσει το 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο της μελέτης.

Εφαρμόζοντας τη μεθοδολογία, που παρουσιάστηκε αναλυτικά στο Κεφάλαιο 2 της παρούσας μελέτης, προκύπτει μια λίστα χώρων, χαρακτηρισμένων ως:

1. Ρυπασμένοι υψηλής προτεραιότητας
2. Ρυπασμένοι μεσαίας προτεραιότητας
3. Ρυπασμένοι χαμηλής προτεραιότητας
4. Μη ρυπασμένων
5. Πιθανά ρυπασμένων – ανεπαρκή στοιχεία

Στην τέταρτη περίπτωση [4], δηλαδή εκείνης μη ρυπασμένων χώρων, δεν κρίνεται αναγκαία η οποιαδήποτε περαιτέρω μελέτη ή χαρακτηρισμός των εν λόγω χώρων, καθώς θεωρείται ότι δεν αποτελούν πηγή ρύπανσης ή απειλή για το ευρύτερο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Ένας στοιχειώδης περιοδικός έλεγχος της υφιστάμενης κατάστασης και μια εκ νέου συμπλήρωση του σχετικού ερωτηματολογίου (π.χ. ανά δύο έτη) θεωρείται επαρκής. Αν διαπιστωθεί οποιαδήποτε αλλαγή στο μέλλον, η οποία να είναι ικανή να μεταβάλει τον χαρακτήρα του χώρου, π.χ. από μη ρυπασμένο σε ρυπασμένο χαμηλής προτεραιότητας, τότε θα ακολουθηθούν οι προβλεπόμενες για αυτές τις περιπτώσεις ενέργειες, οι οποίες παρουσιάζονται στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου αναλυτικά.

Σε κάθε άλλη περίπτωση [1], [2], [3] και [5] κρίνεται απαραίτητη η διενέργεια του 1ου σταδίου εντοπισμού βάσει των δράσεων που αναλύονται στην ενότητα 3.2.2. Για την βελτιστοποίηση της διαδικασίας αξιολόγησης, οι χώροι που βρίσκονται στο 1ο Στάδιο εντοπισμού, κατηγοριοποιούνται βάσει μιας ή περισσότερων επί τόπου εξετάσεων σε συνδυασμό με ένα σύντομο ιστορικό των δραστηριοτήτων. Οι δύο αυτοί παράμετροι διαχωρίζουν τους χώρους σε πρωτεύοντες και δευτερεύοντες, ανάλογα με την αναγκαιότητα που υπάρχει για ολοκλήρωση του 1ου Σταδίου εντοπισμού. Στους πρωτεύοντες χώρους ολοκληρώνεται η αξιολόγηση του 1ου Σταδίου, σύμφωνα και με τις υπόλοιπες δράσεις της ενότητας 3.2.2.

Σε περίπτωση που τα ευρήματα αυτού του σταδίου εντοπισμού οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο χώρος δεν είναι ρυπασμένος, τότε πραγματοποιείται επαναξιολόγηση του χώρου μετά από 2 έτη μέσω του αρχικού ερωτηματολογίου. Οι χώροι που κρίνονται ρυπασμένοι από τα ευρήματα του 1ου σταδίου εντοπισμού, οδηγούνται στο 2ο Στάδιο εντοπισμού με σειρά προτεραιότητας που θα καθορίζεται από τα συμπεράσματα της Τεχνικής Έκθεσης του 1ου Σταδίου εντοπισμού. Προτείνεται η κατηγοριοποίηση των χώρων που κρίθηκαν ρυπασμένοι από το 1ο στάδιο εντοπισμού, σε υψηλής, μεσαίας και χαμηλής προτεραιότητας, βάσει μιας αρχικής δειγματοληψίας των περιβαλλοντικών μέσων του χώρου, η οποία θα αποτελείται από

το 15% των συνολικών δειγμάτων<sup>1</sup> που έχουν προβλεφθεί. Ανάλογα με τα αποτελέσματα της αρχικής δειγματοληψίας, οι χώροι κατηγοριοποιούνται σε υψηλής, μεσαίας και χαμηλής προτεραιότητας και οι δράσεις του 2ου σταδίου εντοπισμού (ενότητα 3.2.3) και η ολοκλήρωση της δειγματοληψίας πραγματοποιείται ιεραρχικά από τους χώρους υψηλότερης στους χώρους χαμηλότερης προτεραιότητας.

Οι χώροι που κρίνονται ρυπασμένοι και μετά την ολοκλήρωση του 2ου σταδίου εντοπισμού, οδηγούνται στη ΦΑΣΗ III, δηλαδή στο καθορισμό και την εφαρμογή μέτρων εξυγίανσης/ παρακολούθησης για τους χώρους αυτούς. Αυτό πραγματοποιείται πάλι με σειρά προτεραιότητας, βάσει των τελικών συμπερασμάτων της Τεχνικής Έκθεσης του 2ου σταδίου εντοπισμού. Πριν την έναρξη της ΦΑΣΗΣ III και εφόσον έχει ολοκληρωθεί το Στάδιο Εντοπισμού II μπορεί να γίνει επαναξιολόγηση του υπό μελέτη χώρου και πιθανόν αλλαγή της κατάταξής του σε διαφορετική κατηγορία (π.χ. από ρυπασμένος χώρος μεσαίας προτεραιότητας σε ρυπασμένο χώρο υψηλής προτεραιότητας), ανάλογα με τα συλλεχθέντα στοιχεία και ευρήματα.

Χώροι που τελικά δεν αποδείχθηκαν ρυπασμένοι, επαναξιολογούνται μέσω ερωτηματολογίου μετά από 2 έτη.

Όλη προαναφερθείσα διαδικασία χαρακτηρισμού ενός πιθανά ρυπασμένου χώρου συνοψίζεται περιγραφικά στο Σχήμα 3-1.

Καθοριστικό παράγοντα στην εξυγίανση ενός ρυπασμένου πεδίου αποτελεί, όπως είναι ευνόητο, η πλήρης, λεπτομερής, ακριβής και αντιπροσωπευτική καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης. Το είδος, η ποσότητα, η κατανομή και οι ιδιότητες των υφιστάμενων ρύπων, καθώς και τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου, εκπροσωπούν στοιχεία άκρως αναγκαία για την επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου αποκατάστασής του, αλλά και για την τελική εφαρμοσιμότητα και απόδοση αυτής. Για τον σκοπό αυτό, βάσει διεθνών πρακτικών, προτείνεται η διεξαγωγή του απαιτούμενου χαρακτηρισμού σε δύο επιμέρους αυτόνομα, αλλά στενά συνδεδεμένα στάδια: Στάδιο Εντοπισμού I και Στάδιο Εντοπισμού II. Σκοπός και των δύο σταδίων είναι η συλλογή διαθέσιμων ή ανακτήσιμων (σε λογικά πλαίσια) δεδομένων της περιβαλλοντικής κατάστασης του χώρου, που θα οδηγούν με ασφάλεια τους

<sup>1</sup> Όπως αναφέρεται αναλυτικά στις σχετικές παραγράφους περιγραφής των δειγματοληψιών του Σταδίου Εντοπισμού II, ο αριθμός των απαιτούμενων δειγμάτων, καθώς και η θέση λήψης αυτών, δεν μπορούν να καθοριστούν απόλυτα υπό την υπόδειξη ενός ενιαίου κανόνα, αλλά αντίθετα καθορίζονται άμεσα από τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες του εκάστοτε πεδίου και των υφιστάμενων σε αυτό ρύπων. Ως εκ τούτου, ο εκάστοτε μελετητής είναι αυτός που θα καθορίσει τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό δειγμάτων και την ακριβή θέση λήψης αυτών, βάσει των δεδομένων, που έχει στη διάθεση του, της εμπειρίας και των γνώσεών του. Για τον σκοπό αυτό οφείλει να συμβουλευτεί πρότυπα δειγματοληψιών, τα οποία έχουν εκδοθεί από αξιόπιστους φορείς.

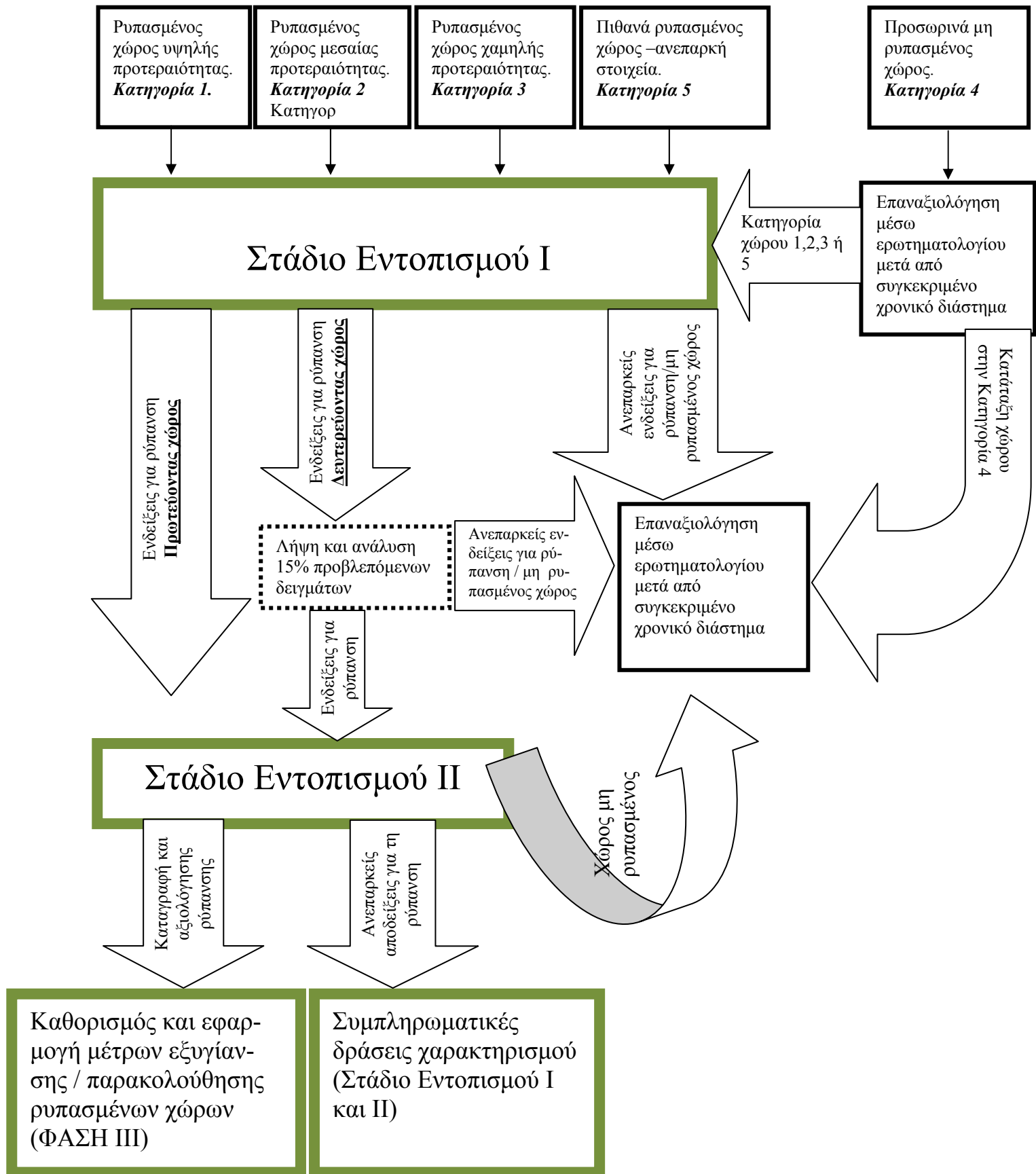
εμπλεκόμενους φορείς στο να τον χαρακτηρίσουν ρυπασμένο ή όχι, καθώς επίσης και να καθορίσουν και να προβούν στις απαιτούμενες μελλοντικές ενέργειες.

Συνοπτικά, στο Στάδιο Εντοπισμού I προσδιορίζονται οι χώροι, οι οποίοι χρήζουν διερεύνησης, καθώς και οι ουσίες εκείνες, που έχουν χρησιμοποιηθεί ή αποθηκευτεί ιστορικά στον χώρο και θα μπορούσαν δυνητικά να αποτελέσουν πηγή ρύπανσης. Επιπλέον, εξετάζονται οι πιθανοί μηχανισμοί διασποράς και μετακίνησης των υφιστάμενων ρύπων στον χώρο, καθώς και οι πιθανοί αποδέκτες αυτών. Το Στάδιο Εντοπισμού I ολοκληρώνεται με την κατασκευή ενός προκαταρκτικού τρισδιάστατου εννοιολογικού μοντέλου (preliminary conceptual site model). Στο Στάδιο Εντοπισμού II συλλέγονται και αξιολογούνται πληροφορίες για να καθοριστεί η παρουσία και ο βαθμός ρύπανσης στους χώρους, που εντοπίστηκαν στο Στάδιο Εντοπισμού I. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το εννοιολογικό μοντέλο του Σταδίου I, το οποίο μπορεί να περιγράψει με αυξημένο βαθμό βεβαιότητας την περιβαλλοντική κατάσταση του χώρου. Η λογική βάση πάνω στην οποία στηρίζεται το συμπέρασμα της ρύπανσης ή μη ρύπανσης ενός χώρου, πρέπει να περιγράφεται εκτενώς.

Και τα δύο αυτά στάδια εντάσσονται στην Φάση II: Προκαταρκτική Εκτίμηση / Αξιολόγηση / Χαρακτηρισμός Χώρων, όπως αυτή έχει παρουσιαστεί στο Κεφάλαιο 1 της παρούσας μελέτης.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί η ανάγκη διαφοροποίησης της διαδικασίας χαρακτηρισμού των κατηγοριών 1, 2, 3 και 5 (Σχήμα 3-1), ως προς τον μέγιστο διαθέσιμο χρόνο δράσης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση ενός ρυπασμένου χώρου υψηλής προτεραιότητας, όπου λογικά η υφιστάμενη επικινδυνότητα είναι υψηλή, η προαναφερόμενη διαδικασία θα πρέπει να ακολουθηθεί κατά το δυνατόν γρηγορότερα. Ενδεικτικά, προτείνονται τα ακόλουθα χρονικά διαστήματα δράσης:

Στάδιο	Χώρος	Ρυπασμένος υψηλής προτεραιότητας	Ρυπασμένος μεσαίας προτεραιότητας	Ρυπασμένος χαμηλής προτεραιότητας	Πιθανά Ρυπασμένος
Στάδιο εντοπισμού 1		1,5 μήνες	2 μήνες	2 μήνες	3 μήνες
Αξιολόγηση δευτερευόντων χώρων		2 μήνες	2,5 μήνες	2,5 μήνες	3,5 μήνες
Στάδιο εντοπισμού 2		3,5 μήνες	4 μήνες	4 μήνες	5 μήνες



**Σχήμα 3-1:** Διάγραμμα ροής δράσεων μετά την κατηγοριοποίηση του χώρου βάσει του ερωτηματολογίου (Κεφάλαιο 2).

### 3.2. Προτεινόμενη διαδικασία χαρακτηρισμού

#### 3.2.1. Γενικά

Κατά τη διάρκεια του χαρακτηρισμού ενός ρυπασμένου χώρου συλλέγονται πολύτιμες πληροφορίες για τη κατάστασή του, οι οποίες αξιολογούνται και χρησιμοποιούνται για τη λήψη περαιτέρω αποφάσεων. Κατά συνέπεια, είναι ιδιαίτερης σημασίας ο σωστός προγραμματισμός της μεθόδου για τον χαρακτηρισμό του χώρου, έχοντας πάντα κατά νου τα επόμενα βήματα, που σταδιακά θα οδηγήσουν στην αποκατάσταση του χώρου. Ατελής προετοιμασία και προγραμματισμός συχνά οδηγούν σε ελλείψεις χαρακτηρισμούς, για την βελτίωση των οποίων απαιτούνται επιπλέον επισκέψεις στο χώρο και λήψη στοιχείων. Αυτό σημαίνει αύξηση του χρόνου και του κόστους της αποκατάστασης. Η συλλογή ανεπαρκών στοιχείων ή στοιχείων χαμηλής ποιότητας οδηγεί στο σχηματισμό ανακριβών και/ή παραπλανητικών συμπερασμάτων όσον αφορά στην κατάσταση του χώρου. Αυτό έχει ως συνέπεια τον αυξημένο κίνδυνο του εμπλεκόμενου ανθρώπινου δυναμικού, καθώς και του περιβάλλοντος έως ότου ληφθούν τα απαραίτητα συμπληρωματικά στοιχεία. Επιπλέον, εμπεριέχει τον κίνδυνο της μειωμένης απόδοσης του προγράμματος παρακολούθησης της ρύπανσης και της αποκατάστασης του χώρου. Όπως είναι φυσικό, σε όλες τις περιπτώσεις δημιουργούνται κενά κατά το χαρακτηρισμό της ρύπανσης του χώρου, καθώς δεν είναι εφικτή η εξέταση κάθε σημείου στο έδαφος, στα επιφανειακά και υπόγεια νερά. Άρα δεν είναι πάντα ξεκάθαρο πότε έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία χαρακτηρισμού του χώρου και αν οι μέχρι τότε πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί, έχουν αναλυθεί σωστά. Για τη μείωση της αβεβαιότητας σχετικά με την κατάσταση του χώρου και την ταυτόχρονη αύξηση της εμπιστοσύνης σε αποφάσεις που έχουν βασιστεί στο πρόγραμμα χαρακτηρισμού, είναι σημαντική η συλλογή μεγάλου αριθμού πληροφοριών. Είναι επίσης πολύ σημαντική η ύπαρξη έμπειρων επιστημόνων, οι οποίοι θα αναλύσουν αυτές τις πληροφορίες και θα κατασκευάσουν ένα τρισδιάστατο εννοιολογικό μοντέλο (conceptual site model – CSM) το οποίο θα αντιπροσωπεύει με ακρίβεια τη περιβαλλοντική κατάσταση του χώρου [14-15].

Ως βάση για την παρακολούθηση, την ανάλυση επικινδυνότητας και την αποκατάσταση του χώρου, ο χαρακτηρισμός πρέπει να παρέχει πλήρη σύνολα πληροφοριών, που να επιτρέπουν την εφαρμογή των παραπάνω. Οι πληροφορίες αυτές πρέπει να περιγράφουν με σαφήνεια τόσο το φυσικό περιβάλλον, όσο και τις ανθρωπογενείς αλλαγές σε όλη την έκταση ενός συγκεκριμένου μέσου (έδαφος, νερό, αέρας) σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Αυτή η «φωτογράφιση» των περιβαλλοντικών συνθηκών του χώρου αποτελεί την αφετηρία για το επόμενο βήμα, που είναι ο πλήρης χαρακτηρισμός και η παρακολούθηση (monitoring) της ρύπανσης του χώρου. Στόχος της παρακολούθησης είναι η καταγραφή αλλαγών στη κατάσταση του χώρου, όπως για παράδειγμα η μεταβολή των συγκεντρώσεων συγκεκριμένων ρύπων στα υπόγεια νερά. Τα δεδομένα από τον χαρακτηρισμό και την

παρακολούθηση του χώρου συχνά χρησιμοποιούνται για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με συμπληρωματικές ενέργειες που πρέπει να γίνουν άμεσα στο χώρο. Με αυτό τον τρόπο μπορεί, για παράδειγμα, να αποφευχθεί η ρύπανση μιας πηγής νερού, που απειλείται από μια ποσότητα ρύπων, που έχει μετακινηθεί μέσω του υδροφόρου ορίζοντα.

### **3.2.2. Στάδιο Εντοπισμού I**

Το πρώτο στάδιο εντοπισμού παρέχει τη βάση για τις επόμενες φάσεις της έρευνας και αποδεικνύει ότι ο πιθανά ρυπασμένος χώρος έχει εξετασθεί σε σημείο, που να επιτρέπεται ο χαρακτηρισμός των περιβαλλοντικών συνθηκών του. Άρα, η έρευνα, η συλλογή, η αξιολόγηση και η παρουσίαση των δεδομένων σε ένα λογικό πλαίσιο είναι απαραίτητη. Στις ενότητες που ακολουθούν περιγράφονται ο σκοπός, οι στόχοι και η μεθοδολογία του 1<sup>ου</sup> Σταδίου Εντοπισμού.

#### Σκοπός 1<sup>ου</sup> Σταδίου Εντοπισμού

Ο κύριος σκοπός του 1<sup>ου</sup> Σταδίου Εντοπισμού είναι η αναγνώριση πιθανά ρυπασμένων περιοχών μέσα στον χώρο [16-18]. Ως πιθανά ρυπασμένες περιοχές, εννοούνται αυτές όπου επικίνδυνα απόβλητα ή/και ουσίες (συμπεριλαμβανομένων των πετρελαιοειδών) έχουν ή ίσως έχουν χρησιμοποιηθεί, αποθηκευτεί, επεξεργαστεί, απορριφθεί ή διαφύγει στο περιβάλλον. Κατά την περιγραφή μιας τέτοιας περιοχής, ο ειδικός πρέπει να συνυπολογίσει το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον αυτής. Μια δυνητικά ρυπασμένη περιοχή μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα ρυπασμένα σημεία. Όμως, εάν ένα σύνολο πιθανά ρυπασμένων σημείων αποτελέσει μια περιοχή, τότε οι μηχανισμοί διασποράς και μετακίνησης των ρύπων από όλα τα σημεία πρέπει να προβλεφθούν από το εννοιολογικό μοντέλο. Το επίπεδο λεπτομέρειας κατά την εξέταση του χώρου πρέπει να είναι τέτοιο που να υποστηρίζει πλήρως τα συμπεράσματα που εξάγονται και να επιτρέπει σε οποιονδήποτε ανεξάρτητο παρατηρητή να τα κατανοήσει.

#### Παράμετροι του Σταδίου Εντοπισμού I

Οι παράμετροι που προσδιορίζονται στο 1<sup>ο</sup> και στο 2<sup>ο</sup> Στάδιο Εντοπισμού αποτελούν συνολικά τα κριτήρια χαρακτηρισμού της ρύπανσης του χώρου. Συνοπτικά, το 1<sup>ο</sup> Στάδιο Εντοπισμού περιλαμβάνει τη γεωγραφική και περιβαλλοντική περιγραφή και ιστορία του χώρου, όπως καταγράφεται σε ιδιωτικά, τοπικά και εθνικά αρχεία, την ανασκόπηση τυχόν προγενέστερων περιβαλλοντικών και άλλων μελετών και την επί τόπου εξέταση του χώρου. Τα δεδομένα που συλλέγονται από αυτά τα βήματα, αξιολογούνται και συντάσσονται σε μια τεχνική έκθεση. Με τα ίδια δεδομένα κατασκευάζεται το προκαταρκτικό τρισδιάστατο εννοιολογικό μοντέλο.

#### *Γεωγραφική περιγραφή του χώρου*

Η κατάλληλη περιγραφή του χώρου παρέχει μια οπτική εικόνα της γεωμετρικής διαμόρφωσής

του, της φυσικής του τοποθεσίας, του μεγέθους του και του γειτνιάζοντος περιβάλλοντος. Η περιγραφή του χώρου προϋποθέτει τις κάτωθι πληροφορίες χωρίς να περιορίζεται μόνο σε αυτές [16, 21, 22, 24]:

- Την τοποθεσία της έκτασης, συμπεριλαμβανομένου ενός τοπογραφικού χάρτη που να καθορίζει τα όρια του, μια περιγραφή με νομικούς όρους και τις συντεταγμένες του.
- Τυχόν αεροφωτογραφίες.
- Τις κατά τόπους βελτιώσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, συμπεριλαμβανομένου του είδους, του αριθμού, των περιγραφών και των τοποθεσιών των κτιρίων και άλλων κτισμάτων.
- Την περιγραφή των δικτύων νερού, ηλεκτρισμού, φυσικού αερίου και επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.
- Την ιστορική περιγραφή των περιοχών που υπήρξε δραστηριότητα (λειτουργικών περιοχών), έως σήμερα.
- Την επιφανειακή διαμόρφωση του χώρου, για παράδειγμα τις ασφαλτοστρωμένες και δενδροφυτεμένες περιοχές καθώς και τυχόν σιδηροδρομικές γραμμές ή άλλες εγκαταστάσεις πρόσβασης από και προς το χώρο.

Στην περιγραφή του χώρου πρέπει να γίνεται αναφορά σε τοπογραφικούς χάρτες και άλλα σχεδιαγράμματα, που να αναπαριστούν με ακρίβεια τα συλλεχθέντα δεδομένα.

#### *Ιστορική περιγραφή του χώρου*

Οι πληροφορίες για την ιστορία του χώρου χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων με όλους τους ιδιοκτήτες και τις δραστηριότητες της υπό εξέταση έκτασης. Εάν κριθεί αναγκαίο, η βάση δεδομένων μπορεί να συμπεριλάβει και αντίστοιχες πληροφορίες για τις παρακείμενες περιοχές. Η καταγραφή της ιστορίας του χώρου αποτελείται από όλες τις βιομηχανικές, εμπορικές, αγροτικές και οικιστικές χρήσεις που έχουν γίνει στο χώρο κατά το παρελθόν. Μέσα σε λογικά πλαίσια, πρέπει να γίνεται προσπάθεια χρονικής αλληλουχίας των χρήσεων αυτών. Συγκεκριμένα, η ιστορική ανασκόπηση περιλαμβάνει [18, 21-26]:

- Τους ιδιοκτήτες, τόσο της έκτασης όσο και των εγκαταστάσεων αυτής.
- Τις χρονικές περιόδους κατοχής.
- Τις χρήσεις του χώρου έως σήμερα.
- Τις χρονικές περιόδους λειτουργίας του χώρου, στις οποίες αναλύονται με ακρίβεια η φύση των δραστηριοτήτων, ο εξοπλισμός και τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν και άλλα συναφή στοιχεία.
- Τις δυνητικά τοξικές ουσίες ή/και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ή/και παράχθηκαν.
- Την γνωστή, αλλά και πιθανολογούμενη διαχείριση των παραπάνω ουσιών/υλικών (αναλυτική καταγραφή της χρήσης, αποθήκευσης, επεξεργασίας και απόρριψης).
- Την χρονική περιγραφή της λειτουργίας των υπηρεσιών (συστημάτων διαχείρισης υγρών και στερεών αποβλήτων, συστημάτων παραγωγής ενέργειας κ.α.).

- Προγενέστερες μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων και αδειοδοτήσεις, χωρίς να είναι αναγκαία η καταγραφή συμμόρφωσης ή όχι των εγκαταστάσεων και των δραστηριοτήτων στην περιβαλλοντική νομοθεσία.
- Τυχόν άλλες πληροφορίες για τις δραστηριότητες στον χώρο, που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στον εντοπισμό δυνητικά ρυπασμένων περιοχών.

Όλες οι παραπάνω πληροφορίες είναι απαραίτητες για να εξετασθεί η πιθανότητα διαφυγής ρύπων στο περιβάλλον, καθώς και για την ανάπτυξη του εννοιολογικού μοντέλου. Οποιαδήποτε αβεβαιότητα σε προγενέστερες χρήσεις και δραστηριότητες του χώρου πρέπει να τονισθεί στην τεχνική έκθεση και να ενσωματωθεί στο εννοιολογικό μοντέλο [27].

#### *Περιβαλλοντικές και άλλες μελέτες*

Σημαντικό βήμα στο Στάδιο Εντοπισμού Ι είναι η συλλογή και αξιολόγηση όλων των μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί με αντικείμενο τις δραστηριότητες του υπό εξέταση χώρου. Αυτές περιλαμβάνουν τις ΜΠΕ ανά εγκατάσταση σε βάθος χρόνου, καθώς και οποιαδήποτε άλλη μελέτη έχει γίνει σε βασική ή δευτερεύουσα λειτουργία, όπως για παράδειγμα τη βελτιστοποίηση της γραμμής παραγωγής ενός προϊόντος ή τη διαχείριση και επεξεργασία υγρών και στερεών αποβλήτων [21-37]. Επίσης, τυχόν προγενέστερες έρευνες εντοπισμού και χαρακτηρισμού της ρύπανσης στον χώρο αποτελούν σημαντικό βοήθημα και πρέπει να αξιολογούνται.

Απαραίτητη κρίνεται επίσης και η συλλογή κάθε νομικού εγγράφου που να σχετίζεται με το χώρο και να κρίνεται σκόπιμη η ένταξή του στο 1<sup>ο</sup> Στάδιο Εντοπισμού, όπως έλεγχοι από φορείς πιστοποίησης εργασιών (ISO, HACCP κ.α.) και από πολεοδομικές και υγειονομικές υπηρεσίες.

#### *Περιβαλλοντική περιγραφή του χώρου*

Μέσω αυτής της παραμέτρου, το περιβάλλον του χώρου και των παρακείμενων περιοχών περιγράφεται με φυσικούς και ανθρωπογενείς όρους. Το φυσικό περιβάλλον περιλαμβάνει την τοπολογία, γεωλογία, υδρογεωλογία, εδαφολογία και πιθανά την οικολογία του χώρου. Το ανθρωπογενές περιβάλλον περιλαμβάνει τις πρακτικές χρήσης της γης και του νερού, όπως και τις τροποποιήσεις που έχουν γίνει στο φυσικό περιβάλλον. Μέσω αυτών των δεδομένων ενισχύεται η εικόνα που έχουμε για τη διαδρομή των πιθανών ρύπων από τη πηγή (ή τις πηγές) προς τους πιθανούς αποδέκτες.

#### *➤ Φυσικό περιβάλλον*

Η περιγραφή του φυσικού περιβάλλοντος εξετάζει τα παρακάτω σημεία [18, 21, 24-27]:

- Την τοπογραφία του χώρου, τη ροή του υδροφόρου ορίζοντα σε χαμηλό βάθος και την αποστράγγιση των επιφανειακών νερών.

- Την επιφανειακή γεωλογία του χώρου, δηλαδή τη δομή, το είδος, τη στρωματογραφία και τη διαπερατότητα του εδάφους. Ο καθορισμός της γεωλογικής διαμόρφωσης του εδάφους επιτρέπει τον εντοπισμό πιθανών διαδρομών αλλά και εμποδίων για τους ρύπους.
- Την γεωλογία του βραχώδους υποστρώματος, δηλαδή το βάθος, τη δομή και το είδος του.
- Την υδρολογία και υδρογεωλογία του χώρου, δηλαδή τη ροή, κατανομή και ποιότητα τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων υδάτων.
- Την οικολογία εντός των ορίων της εξεταζόμενης περιοχής, δηλαδή τη χλωρίδα και την πανίδα. Εάν εντοπιστεί πιθανή απειλή, τότε απαιτείται άμεσος χαρακτηρισμός των απειλούμενων περιοχών και οικολογικών συστημάτων και προκαταρκτική δράση προστασίας των περιοχών έως ότου αποφασισθεί η τεχνολογία αποκατάστασης.

➤ Ανθρωπογενές περιβάλλον

Το ανθρωπογενές περιβάλλον περιλαμβάνει τις παρακάτω παραμέτρους [18, 21, 24-27]:

- Τις χρήσεις του χώρου και των παρακείμενων περιοχών έως σήμερα (βιομηχανικές, εμπορικές, οικιστικές κ.α.). Σε περιπτώσεις όπου στις παρακείμενες περιοχές είχε ή έχει αναπτυχθεί δραστηριότητα που σχετίζεται με εκπαίδευση (π.χ. σχολεία), υγεία (π.χ. νοσοκομείο) ή άλλες δραστηριότητες που να εμπλέκονται ευπαθείς δέκτες, τότε αυτή καταγράφεται με όσο το δυνατόν περισσότερες λεπτομέρειες.
- Την κατηγοριοποίηση της ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.
- Τις χρήσεις των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, είτε πρόκειται για άρδευση, ύδρευση ή αξιοποίηση για βιομηχανικές διεργασίες.
- Τις τροποποιήσεις του φυσικού περιβάλλοντος, όπως για παράδειγμα εκσκαφές, οποιουδήποτε είδους κατασκευές, διαμόρφωση των υδροφορέων κ.α.

*Επί τόπου εξέταση του χώρου*

Η επί τόπου εξέταση του χώρου αποτελεί σημείο κλειδί της μεθοδολογίας εντοπισμού της πιθανής ρύπανσης. Ο ενδεδειγμένος οπτικός έλεγχος επιβεβαιώνει ή τροποποιεί σε πολλές περιπτώσεις τα δεδομένα, που έχουν συλλεχθεί προηγουμένως. Στο μέτρο του δυνατού, μπορεί να αναγνωριστούν πιθανά ρυπασμένες περιοχές καθώς και ενδείξεις διαφυγής ρύπων στο περιβάλλον. Κατ' επέκταση, τον οπτικό έλεγχο διενεργεί ή επιβλέπει έμπειρη επιστημονική ομάδα.

Η περιγραφή της φυσικής διαμόρφωσης του χώρου και των δραστηριοτήτων έως σήμερα είναι απαραίτητη για τη δημιουργία του προκαταρκτικού εννοιολογικού μοντέλου. Όσον αφορά στους εξωτερικούς χώρους, με ιδιαίτερη προσοχή παρατηρούνται τα όρια του χώρου και οι περιφέρειες των εγκαταστάσεων. Στα εσωτερικά των εγκαταστάσεων καταγράφονται οι αίθουσες και τα δωμάτια στα οποία υπάρχει ή υπήρξε ανθρώπινη δραστηριότητα, επαγγελματική ή άλλη (π.χ. αίθουσες συντήρησης, εξοπλισμού, αντλιοστάσια, χώροι

αναψυχής κ.α.). Αναλυτικότερα, η επί τόπου εξέταση του χώρου περιλαμβάνει καταγραφή και αξιολόγηση των παρακάτω στοιχείων [21, 36-37]:

- Της ημερομηνίας και ώρας της εξέτασης.
- Των στοιχείων της επιστημονικής ομάδας που διενεργεί την εξέταση.
- Των αναλυτικών συνεντεύξεων με ανθρώπους, που εργάζονται ή έχουν εργαστεί κατά το παρελθόν στον χώρο, ανεξαρτήτου ιδιότητας και αντικειμένου εργασίας. Ειδικά, η επιστημονική ομάδα πρέπει να έρχεται σε επαφή με τον διαχειριστή του χώρου, ο οποίος πρέπει να είναι ο διευθυντής των εγκαταστάσεων που υπάρχουν στον χώρο. Εναλλακτικά, συνέντευξη μπορεί να πραγματοποιηθεί και με τον διευθυντή προσωπικού ή έναν ανώτερο προϊστάμενο, όπως π.χ. τον προϊστάμενο μιας γραμμής παραγωγής. Αντίστοιχες συνεντεύξεις πραγματοποιούνται και με το ανώτερο προσωπικό από προγενέστερες χρήσεις του χώρου, καθώς και με τους ιδιοκτήτες ή ένοικους παρακείμενων εγκαταστάσεων εκτός χώρου.
- Του αρχείου λειτουργίας και συμβάντων του χώρου.
- Των πιθανών εμποδίων στην οπτική επαφή ή/και στη πρόσβαση κατά τη διάρκεια του ελέγχου.
- Της συνολικής κατάστασης καθαριότητας του χώρου.
- Της ύπαρξης σκόνης, καταλοίπων από βιομηχανικές ή άλλες διεργασίες, δυσχρωμιών, εμφανών ανθρωπογενών αλλαγών στη βλάστηση και την ύπαρξη οσμών.
- Των χώρων αποθήκευσης υλικών, ουσιών και αποβλήτων.
- Των λάκκων και λιμνών.
- Των επίγειων σωληνώσεων οποιασδήποτε φύσης.
- Των στραγγισμάτων και άλλων ελαιωδών αποβλήτων στο έδαφος και στις εγκαταστάσεις.
- Των τοπογραφικών αλλαγών, όπως για παράδειγμα κατολισθήσεις.
- Των ασφαλισμένων περιοχών, είτε πρόκειται για δρόμους ή πεζοδρόμια.
- Των ορατών επίγειων και υπόγειων δικτύων παροχής υπηρεσιών, π.χ. της παροχής πόσιμου νερού.
- Των σταθμών μεταφόρτωσης υλικών/ουσιών και το είδος αυτών που μεταφέρθηκε σε κάθε έναν.
- Των εγκαταστάσεων συντήρησης των λειτουργιών και δραστηριοτήτων του χώρου.
- Των πιθανών πηγών ρύπανσης εκτός του χώρου εξέτασης.
- Της πρακτικής επεξεργασίας και απόρριψης των υγρών και στερεών αποβλήτων.
- Των πρακτικών επεξεργασίας και αποθήκευσης των πρώτων υλών.
- Των σημείων πρόσβασης στον χώρο (π.χ. κεντρική είσοδος ή εσωτερικός σταθμός λεωφορείου), που θα μπορούσαν δυνητικά να ρυπανθούν κατά την επεξεργασία, αποθήκευση και απόρριψη υλικών, ουσιών και αποβλήτων.
- Των κάδων απορριμμάτων.
- Των υδρορροών και άλλων συλλεκτών υγρών αποβλήτων ή/και όμβριων υδάτων.

- Του εξοπλισμού, που πιθανόν να περιέχει χλωριωμένους υδρογονάνθρακες.
- Των ενδείξεων από απόρριψη στερεών αποβλήτων.
- Άλλων στοιχείων, που να βοηθούν στη διαμόρφωση της εικόνας της περιβαλλοντικής κατάστασης του χώρου.

Εκτός από τα παραπάνω, η επιστημονική ομάδα που διενεργεί την επί τόπου εξέταση πρέπει να αναρωτηθεί: ο χώρος στο σύνολό του, παρουσιάζεται πολύ διαφορετικός από τις παρακείμενες περιοχές αναφορικά με την τοπογραφία του, τη βλάστηση, το έδαφος ή άλλους παράγοντες. Η γενικότερη «αίσθηση» του εξεταζόμενου χώρου σε σχέση με τις διπλανές περιοχές αποτελεί χρήσιμο στοιχείο για μια έμπειρη ερευνητική ομάδα.

#### *Τεχνική Έκθεση του Σταδίου Εντοπισμού Ι*

Τα ευρήματα από τα παραπάνω στάδια χρησιμοποιούνται για τη σύνταξη των παρακάτω:

- Τεχνική Έκθεση, η οποία περιλαμβάνει τα αποτελέσματα από τις διαφορετικές εργασίες εντοπισμού της ρύπανσης.
- Προκαταρκτικό εννοιολογικό μοντέλο, που αναπαριστά τις περιβαλλοντικές συνθήκες του χώρου. Το μοντέλο αυτό αναγνωρίζει τις πιθανά ρυπασμένες περιοχές και επεξηγεί τη λογική που οδήγησε σε αυτό τον εντοπισμό.

Η Τεχνική Έκθεση πρέπει, μέσα σε διακριτά όρια, να καθορίζει ποια είναι τα ευρήματα, τα συμπεράσματα και οι υποθέσεις του Σταδίου Εντοπισμού Ι. Τυχόν περιορισμοί και αβεβαιότητες π.χ. στη περιγραφή μιας περιοχής ή μιας δραστηριότητας, πρέπει να επισημαίνονται. Η Τεχνική Έκθεση του Σταδίου Εντοπισμού Ι αποτελείται από τα παρακάτω σημεία:

- Το σκοπό και τους στόχους του Σταδίου Εντοπισμού Ι, την επιστημονική ομάδα εργασίας καθώς και μια συνοπτική περιγραφή του υπό εξέταση χώρου (π.χ. όνομα, διεύθυνση, έκταση κ.α.).
- Την περιγραφή των δράσεων εντοπισμού της πιθανής ρύπανσης, της λογικής βάσει της οποίας αυτές πραγματοποιήθηκαν και την περιγραφή και αξιολόγηση των συλλεχθέντων δεδομένων. Η αξιολόγηση των δεδομένων μπορεί δυνητικά να υποδεικνύει εάν έχει υπάρξει διαφυγή ρύπων σε κάποιες περιοχές του χώρου.
- Μια παρουσίαση του προκαταρκτικού εννοιολογικού μοντέλου και τα συμπεράσματα του Σταδίου Εντοπισμού Ι, τα οποία περιλαμβάνουν την ερμηνεία των δεδομένων και την αξιολόγηση κάθε ευρήματος που πιθανά να έχει περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στην ενότητα των συμπερασμάτων, στις περιπτώσεις που αυτό είναι εφικτό, αναφέρονται οι πιθανά ρυπασμένες περιοχές καθώς και οι ευθυνόμενοι ρύποι. Για τις περιοχές εκείνες όπου κρίνεται πως απαιτούνται συμπληρωματικά στοιχεία, γίνεται αναφορά σε αυτά και το εννοιολογικό μοντέλο ενημερώνεται ανάλογα, με σκοπό την καλύτερη αξιοποίησή του στις μεταγενέστερες φάσεις του χαρακτηρισμού.

Είναι αυτονόητο ότι το κείμενο της Τεχνικής Έκθεσης πρέπει να συμπεριλαμβάνει τους κατάλληλους τοπογραφικούς χάρτες και σχεδιαγράμματα που να φαίνονται τόσο οι πιθανά ρυπασμένες περιοχές όσο και τα σημεία πιθανών προηγούμενων δειγματοληψιών. Εάν κριθεί σκόπιμο, μπορούν να συμπεριληφθούν γεωλογικοί χάρτες και αεροφωτογραφίες. Χρήσιμη κρίνεται η κατηγοριοποίηση των ευρημάτων και των συμπερασμάτων σε κατάλληλα διαμορφωμένους πίνακες που θα αποτελούν σημεία αναφοράς και γρήγορης εύρεσης πληροφοριών μέσα στο κείμενο. Μια ενδεικτική δομή της Τεχνικής Έκθεσης του Σταδίου Εντοπισμού I παρουσιάζεται στο Πίνακα 3-1.

Σε γενικές γραμμές, το Στάδιο Εντοπισμού I της πιθανής ρύπανσης δεν είναι αρκετό για να ειπωθεί με βεβαιότητα εάν έχει υπάρξει ή όχι, διαφυγή ρύπων σε κάποιο περιβαλλοντικό μέσο (νερό, αέρας, έδαφος). Οι πληροφορίες που συλλέγονται σε αυτό το στάδιο δεν είναι σε θέση να υποστηρίξουν επιχειρηματολογία υπέρ της ρύπανσης του χώρου ή όχι [36-37, 39]. Η αξιολόγηση για το εάν έχει υπάρξει διαφυγή ρύπων στο χώρο είναι ο βασικός σκοπός του Σταδίου Εντοπισμού II, οι δράσεις του οποίου αναλύονται σε επόμενες παραγράφους.

**Πίνακας 3-1:** Ενδεικτικό ευρετήριο και δομή της Τεχνικής Έκθεσης 1<sup>ου</sup> Σταδίου Εντοπισμού [36-37, 39].

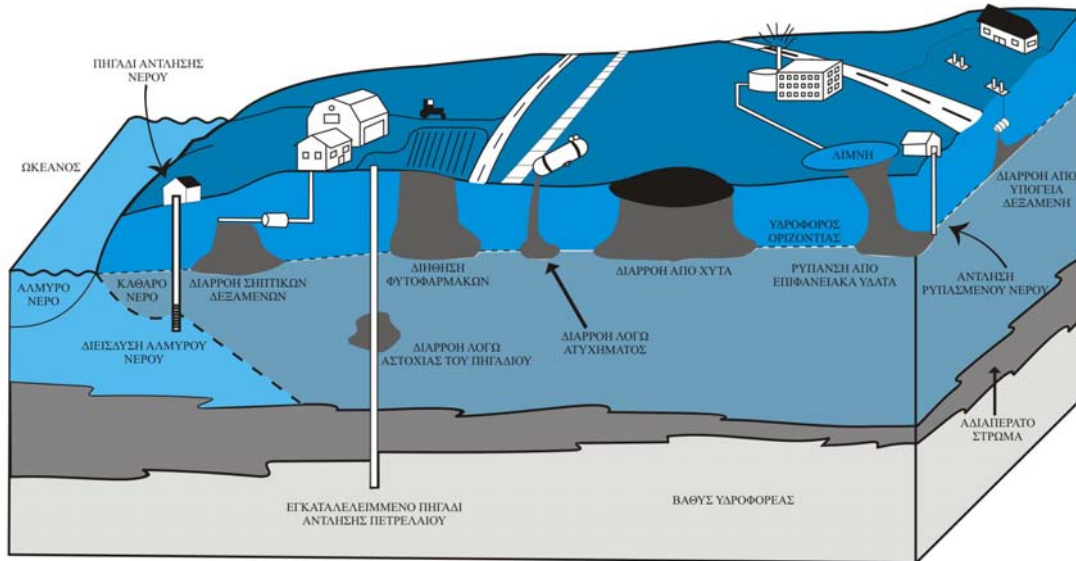
---

1. Εισαγωγή
    - 1.1 Σκοπός χαρακτηρισμού της ρύπανσης του χώρου
    - 1.2 Μεθοδολογία δράσεων εντοπισμού
  2. 1<sup>ο</sup> Στάδιο εντοπισμού
    - 2.1 Σκοπός
      - 2.1.1 Αναλυτική παρουσίαση στόχων
    - 2.2 Προσδιοριζόμενοι παράμετροι του χώρου
      - 2.2.1 Γεωγραφική περιγραφή
      - 2.2.2 Ιστορικό
        - 2.2.2.1 Ανασκόπηση των αρχείων
      - 2.2.3 Παλαιότερες περιβαλλοντικές και άλλες μελέτες
      - 2.2.4 Περιβαλλοντική περιγραφή
        - 2.2.4.1 Φυσικό περιβάλλον
        - 2.2.4.2 Ανθρωπογενές περιβάλλον
      - 2.2.5 Επί τόπου εξέταση
      - 2.2.6 Τρισδιάστατο εννοιολογικό μοντέλο
        - 2.2.6.1 Μεθοδολογία ανάπτυξης μοντέλου
      - 2.2.7 Συνεντεύξεις
      - 2.2.8 Περιορισμοί και υποθέσεις
  3. Ευρήματα
  4. Πόρισμα και υπογραφές επιστημονικής ομάδας
  5. Συμπεράσματα
  6. Βιβλιογραφικές αναφορές
  7. Ανάλυση καταλληλότητας επιστημονικής ομάδας εργασίας
  8. Παραρτήματα
    - 8.1 Χάρτες του χώρου
    - 8.2 Σχεδιαγράμματα του χώρου
    - 8.3 Αεροφωτογραφίες του χώρου
- 

#### Τρισδιάστατο εννοιολογικό μοντέλο του χώρου

Η προσομοίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών ενός πιθανά ρυπασμένου χώρου μέσω ενός εννοιολογικού μοντέλου αποτελεί τη βάση ενός επιτυχημένου χαρακτηρισμού. Το εννοιολογικό μοντέλο είναι ένα διάγραμμα το οποίο περιγράφει και εξηγεί την φύση και την κατανομή των ρύπων, τα οποία είναι απαραίτητα για να αξιολογηθεί ο κίνδυνος στη δημόσια υγεία και το περιβάλλον [14-15]. Επιπλέον, αποτελεί μια δυναμική αναπαράσταση του ολικού περιβαλλοντικού συστήματος, η οποία χρησιμοποιείται ως εργαλείο για να τεκμηριωθούν οι

λόγοι για τους οποίους γίνεται η έρευνα εντοπισμού και τα συμπεράσματα από αυτή. Ένα τυπικό παράδειγμα τρισδιάστατου εννοιολογικού μοντέλου παρουσιάζεται στο Σχήμα 3-2.



**Σχήμα 3-2:** Παράδειγμα τρισδιάστατου εννοιολογικού μοντέλου [49].

Το εννοιολογικό μοντέλο ενσωματώνει πληροφορίες αναφορικά με την πηγή της ρύπανσης, την πορεία των ρύπων και τους πιθανούς αποδέκτες. Η παρουσίασή του πρέπει να συνοδεύεται από ανάλυση των πληροφοριών πάνω στις οποίες βασίστηκε η δημιουργία του.

Το μοντέλο έχει πολλαπλές χρήσεις. Μερικές από αυτές είναι: η αναγνώριση πιθανά ρυπασμένων περιοχών και η περιγραφή της φύσης και της έκτασης της ρύπανσης. Σε όλη τη διάρκεια της χρήσης του, το μοντέλο υποδεικνύει τα γνωστικά κενά που υπάρχουν και κατά πόσο αυτά μπορούν να επηρεάσουν το αποτέλεσμα των ερευνών των δύο φάσεων εντοπισμού.

#### *Διαδικασία τρισδιάστατης μοντελοποίησης του χώρου*

Η διαδικασία μοντελοποίησης των περιβαλλοντικών συνθηκών ενός χώρου είναι μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία, που λαμβάνει χώρα πριν από το στάδιο πλήρους χαρακτηρισμού του χώρου. Βασίζεται στην αρχή της αναζήτησης, η οποία συμπεριλαμβάνει τόσο πραγματικά επιστημονικά στοιχεία, όσο και υποθετικά. Τα πραγματικά στοιχεία προέρχονται από αναλύσεις και παρατηρήσεις του εξεταζόμενου χώρου [14-15, 21]. Τα υποθετικά στοιχεία προέρχονται από δοκιμαστικές απαντήσεις που δίνονται σε κατάλληλα δομημένες ερωτήσεις. Μετά, οι δοκιμαστικές απαντήσεις επαληθεύονται ή απορρίπτονται μέσω της συνεχιζόμενης εισροής πραγματικών επιστημονικών δεδομένων. Στη πράξη καμιά επιστημονική υπόθεση δεν μπορεί να αποδειχθεί απόλυτα, μπορεί όμως να καταστεί αξιόπιστη μέσω συνεχών δοκιμών.

Κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης, η επιστημονική ομάδα αναπτύσσει και επικυρώνει το τρισδιάστατο εννοιολογικό μοντέλο. Όσο αυξάνονται οι πληροφορίες, τόσο το μοντέλο διαμορφώνεται και βελτιστοποιείται. Η ποιότητα και η ποσότητα των πληροφοριών που παρέχει το μοντέλο εξαρτώνται άμεσα από την πολυπλοκότητα των περιβαλλοντικών συνθηκών και τις προκαθορισμένες ποιοτικές απαιτήσεις από τη δειγματοληψία και ανάλυση [14-15, 24].

Οι ποιοτικές απαιτήσεις (data quality objectives – DQO) για τη δειγματοληψία και την ανάλυση των δειγμάτων μπορεί να είναι συνολικές για τον εξεταζόμενο χώρο ή να διαφέρουν από σημείο σε σημείο. Σκοπός τους είναι να εξασφαλιστεί η ελάχιστη απαιτούμενη ποιότητα και ποσότητα των δειγμάτων, ώστε να τεκμηριώνονται τα συμπεράσματα του χαρακτηρισμού και ταυτόχρονα να εμπλουτίζεται το εννοιολογικό μοντέλο [23, 28, 42-43]. Τα ποιοτικά κριτήρια θέτονται από την επιστημονική ομάδα πριν την έναρξη των εργασιών του Σταδίου Εντοπισμού Ι με τέτοιο τρόπο που να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος λήψης ανεπαρκούς αριθμού δειγμάτων μειωμένης ποιότητας. Εάν συνέβαινε αυτό, μπορεί να είχε ως αποτέλεσμα τον ελλιπή χαρακτηρισμό του χώρου και κατ' επέκταση τον αυξημένο κίνδυνο για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Επιπλέον, θα ήταν δύσκολη έως αδύνατη η λήψη αποφάσεων για τις περαιτέρω δράσεις αποκατάστασης του χώρου. Στο Σχήμα 3-3 παρουσιάζονται τα αναγκαία βήματα για τον καθορισμό των ποιοτικών κριτηρίων.

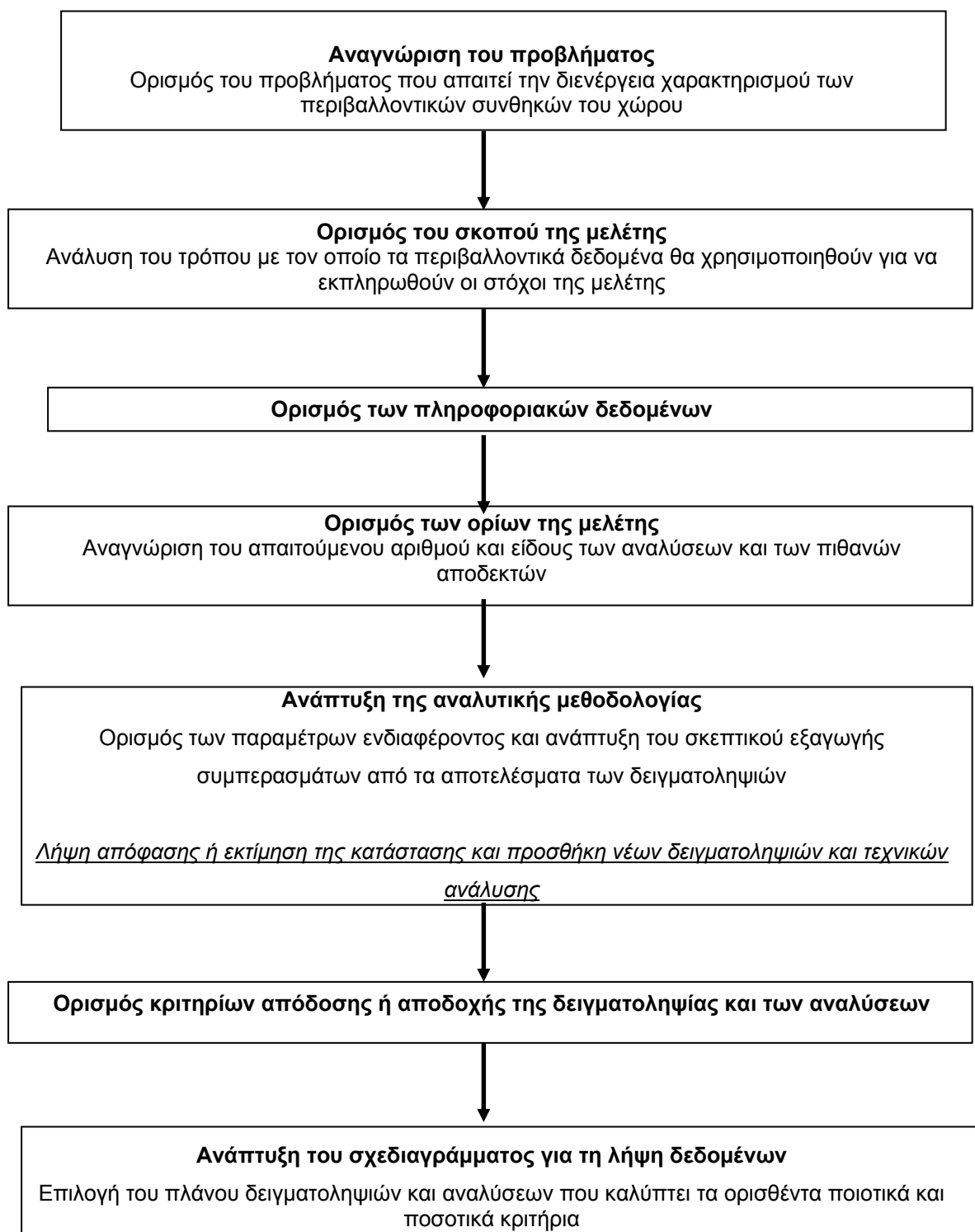
Η προσέγγιση μέσω του εννοιολογικού μοντέλου αποτελείται από κρίσιμες παραμέτρους οι οποίες αποτελούν σημείο αναφοράς σε όλη τη διάρκεια των 2 φάσεων εντοπισμού έως τον πλήρη χαρακτηρισμό του χώρου. Οι παράμετροι αυτές είναι [14-15, 37]:

- Ο ορισμός του σκοπού των ερευνών εντοπισμού της ρύπανσης.
- Η δημιουργία ενός προκαταρκτικού μοντέλου από τις αρχικά διαθέσιμες πληροφορίες.
- Η αναγνώριση και συμπλήρωση των γνωστικών κενών, όπου και όποτε αυτά συναντώνται.
- Η συνεχής εξέλιξη και βελτίωση του μοντέλου μέσω της εισροής νέων δεδομένων.
- Η εξέλιξη της διαδικασίας μοντελοποίησης έως το σημείο εκείνο όπου όλα τα σημαντικά γνωστικά κενά έχουν συμπληρωθεί, όλα τα ποιοτικά κριτήρια δειγματοληψίας και ανάλυσης έχουν εκπληρωθεί και η τελική μορφή του μοντέλου είναι σε πλήρη συμφωνία με τα ευρήματα από τα 2 στάδια εντοπισμού.

#### *Παρουσίαση του εννοιολογικού μοντέλου*

Το εννοιολογικό μοντέλο πρέπει να παρουσιαστεί από την επιστημονική ομάδα μέσω μιας αφηγηματικής περιγραφής, που να δείχνει σε όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, τι είναι γνωστό και κατανοητό για τον χώρο. Η περιγραφή αυτή πρέπει να συμπεριλαμβάνει τις υποθέσεις, που ενσωματώθηκαν στο μοντέλο και το σκεπτικό βελτιστοποίησής του. Όπου

κριθεί αναγκαίο, η παρουσίαση πρέπει να συνοδεύεται από πίνακες και γραφήματα. Η πολυπλοκότητα της περιγραφής και οι λεπτομέρειες που θα παρουσιαστούν είναι άμεσα συνδεδεμένες με την πολυπλοκότητα του εξεταζόμενου χώρου και των ευρημάτων. Πιο εξειδικευμένες πληροφορίες για το εννοιολογικό μοντέλο παρατίθενται στην επόμενη ενότητα.



**Σχήμα 3-3:** Διαδικασία καθορισμού ποιοτικών κριτηρίων.

### 3.2.3. Στάδιο Εντοπισμού II

Βασικός σκοπός του Σταδίου Εντοπισμού II είναι η συλλογή επαρκών δεδομένων για να καθοριστεί εάν έχει υπάρξει διαφυγή ρύπων στον χώρο έως σήμερα. Εάν σε κάποιο μέσο εντοπιστούν συγκεντρώσεις ρύπων που υπερβαίνουν τα θεσμοθετημένα όρια, τότε θεωρείται ότι έχει υπάρξει διαφυγή ρύπων [19]. Το Στάδιο Εντοπισμού II πραγματοποιείται μέσω του εννοιολογικού μοντέλου και μπορεί να αφορά σε ολόκληρο τον χώρο, συγκεκριμένες περιοχές ή ένα μόνο σημείο. Η υπεύθυνη περιβαλλοντική ομάδα οφείλει να συνυπολογίσει το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, τους πιθανούς δέκτες της ρύπανσης, καθώς και τους πιθανούς κινδύνους από τη μη αναγνώριση πιθανών πηγών ρύπανσης. Τέλος, στην Τεχνική Έκθεση του Σταδίου Εντοπισμού II πρέπει να αιτιολογείται με σαφήνεια ο εντοπισμός ή όχι διαφυγόντων ρύπων στο περιβάλλον.

#### Προσέγγιση του Σταδίου Εντοπισμού II με χρήση του εννοιολογικού μοντέλου

Η εφαρμογή του εννοιολογικού μοντέλου είναι απαραίτητη για να επιτευχθεί η επιστημονικά ορθή στήριξη των κριτηρίων 1ου χαρακτηρισμού της ρύπανσης του χώρου. Στο Στάδιο Εντοπισμού II, ο ποιοτικός και ποσοτικός σχεδιασμός του προγράμματος δειγματοληψίας πρέπει να είναι τέτοιος που να οδηγεί σε ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τη διαφυγή ή μη ρύπων στον χώρο. Γενικά, όσο περισσότερες πληροφορίες είναι γνωστές για τους πιθανούς ρύπους και τα πιθανά σημεία ρύπανσης, τόσο πιο συγκεκριμένο μπορεί να είναι το πρόγραμμα δειγματοληψίας. Στο βαθμό που αυτό είναι δυνατό, το εννοιολογικό μοντέλο συμπεριλαμβάνει την περιγραφή των παρακάτω σημείων [19, 22, 24]:

- Τον χρόνο, τις ποσότητες, τη διάρκεια, τα σημεία και τους μηχανισμούς πιθανών διαρροών ρύπων στο περιβάλλον του χώρου. Αυτά τα δεδομένα χρησιμεύουν στο καθορισμό των κατάλληλων τοποθεσιών και βαθών δειγματοληψίας στο έδαφος, στα επιφανειακά και υπόγεια νερά.
- Τους ρύπους, που πιθανά να έχουν διαρρεύσει στο περιβάλλον, με σκοπό τον καθορισμό των μεθόδων προσδιορισμού και ποσοτικοποίησής τους.
- Τις πιθανές διαδρομές και αλληλεπιδράσεις των ρύπων στο έδαφος και στο νερό, έτσι ώστε να εκτιμηθούν τα πιθανά σημεία ανίχνευσής τους και να εντοπιστούν τυχόν φυσικοχημικές αλλαγές στη δομή τους συναρτήσει του χρόνου.

#### Σχεδίαση και εφαρμογή του 2<sup>ου</sup> Σταδίου Εντοπισμού

Σε αυτό το στάδιο, το εννοιολογικό μοντέλο που κατασκευάστηκε στο 1<sup>ο</sup> Στάδιο Εντοπισμού βελτιστοποιείται με τη προσθήκη νέων δεδομένων και χρησιμοποιείται για τη σχεδίαση μιας σειράς δειγματοληψιών και αναλύσεων, με σκοπό πάντα τη διαμόρφωση έγκυρης γνώμης σχετικά με τη διαφυγή ή μη ρύπων σε ένα ή περισσότερα σημεία του χώρου.

Είναι πρακτικά ανέφικτη η εξαγωγή συμπερασμάτων υπέρ της «καθαρότητας» του χώρου, χωρίς τη λήψη ενός ελάχιστου αριθμού δειγμάτων νερού και εδάφους. Για να υποστηριχθεί η άποψη ότι ο χώρος δεν είναι ρυπασμένος, χωρίς την ανάλυση και αξιολόγηση δειγμάτων,

πρέπει η επιχειρηματολογία και τα συνοδευτικά έγγραφα αυτής να είναι πολύ ισχυρά και να μην αφήνουν κανένα περιθώριο αμφιβολίας. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι πιο πρακτικό και ασφαλές να πραγματοποιούνται δειγματοληψίες με σκοπό τον ασφαλή χαρακτηρισμό του χώρου.

Βασιζόμενοι στην Τεχνική Έκθεση του Σταδίου Εντοπισμού I, η δειγματοληψία σχεδιάζεται με τρόπο τέτοιο, που να ανταποκρίνεται στα πιθανά σημεία και βάθη της ρύπανσης. Κατά συνέπεια, ο σχεδιασμός του Σταδίου Εντοπισμού II, προϋποθέτει τη κατανόηση εκ μέρους της επιστημονικής ομάδας, της ιστορίας και δραστηριοτήτων κάθε πιθανά ρυπασμένης περιοχής, τους πιθανούς μηχανισμούς διαφυγής των ρύπων, την πιθανή χημική τους σύσταση και τις πιθανές διαδρομές τους στο έδαφος.

Ο αριθμός και το είδος των δειγμάτων (έδαφος, νερό, εδαφικά αέρια), που θα ληφθούν από το κάθε πιθανά ρυπασμένο σημείο, είναι άμεσα εξαρτώμενα από τις πληροφορίες που υπάρχουν για κάθε ένα από αυτά μέσω του εννοιολογικού μοντέλου. Για τον χαρακτηρισμό ενός σημείου ή μιας περιοχής με ελλιπή δεδομένα, ίσως χρειαστούν περισσότερες από μια δειγματοληψίες ή συνδυασμός δειγματοληψίας και άλλων δεδομένων. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται π.χ. η παρατεταμένη οπτική παρατήρηση και η ανάκτηση επιπρόσθετων ιστορικών στοιχείων. Σε σπάνιες περιπτώσεις, που η δειγματοληψία είναι αδύνατη, τότε ο χαρακτηρισμός αναγκαστικά θα προέλθει από τα υπόλοιπα στοιχεία, τα οποία πρέπει να είναι όσο πιο καθοριστικά γίνεται [19, 22, 24].

#### Πιθανοί μηχανισμοί διαφυγής και ρυπασμένα σημεία του χώρου

Κατά τον σχεδιασμό ενός πλάνου δειγματοληψίας και ανάλυσης, η επιστημονική ομάδα πρέπει να συνυπολογίσει όλους τους πιθανούς μηχανισμούς διαφυγής για κάθε ρύπο σε κάθε πιθανά ρυπασμένο σημείο. Στον Πίνακα 3-2 παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες πιθανά ρυπασμένες περιοχές με τους αντίστοιχους μηχανισμούς διαφυγής.

**Πίνακας 3-2:** Πιθανά ρυπασμένα σημεία και μηχανισμοί διαφυγής των ρύπων [24].

Πιθανά ρυπασμένες περιοχές	Πιθανοί μηχανισμοί διαφυγής	Παραδείγματα πιθανών σημείων, κατάλληλα για δειγματοληψία
Επίγειες δεξαμενές αποθήκευσης υγρών	Διαρροή από τη δεξαμενή Διαρροή από βαλβίδες ή/και σωληνώσεις Υπερχειλίσσεις	Κάτω από ή κοντά στη δεξαμενή και τις σωληνώσεις ή στην κατωφέρεια αυτών
Υπόγειες δεξαμενές αποθήκευσης υγρών	Διαρροή από τη δεξαμενή Διαρροή από βαλβίδες ή/και σωληνώσεις Υπερχειλίσσεις	Κάτω από ή κοντά στη δεξαμενή και τις σωληνώσεις ή στην κατωφέρεια αυτών
Εσωτερικές αποθήκες χημικών και άλλων ουσιών	Διαρροές και υπερχειλίσσεις από γεμάτα δοχεία/δεξαμενές, τυχαίες διασπορές στερεών ουσιών και αποβλήτων	Κάτω από ενώσεις ή/και ρωγμές του πατώματος
Μετασχηματιστές, πυκνωτές και άλλα εξαρτήματα που περιέχουν PCBs	Διαρροές και εκρήξεις	Κάτω από ή κοντά στα υλικά ή στην κατωφέρεια αυτών και σε ρωγμές του εδάφους
Κάδοι απορριμμάτων και άλλων στερεών αποβλήτων	Διαρροές επί τόπου ή κατά τη μεταφορά τους	Κάτω από ή κοντά στους κάδους ή στην κατωφέρεια αυτών
Δεξαμενές αποχέτευσης και εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	Διαρροές από τις δεξαμενές ή/και τις σωληνώσεις. Προγραμματισμένες απορρίψεις σε λίμνες ή/και σε χώρους διάθεσης αποβλήτων εντός του χώρου (π.χ. χωματερή)	Κάτω από ή κοντά στη δεξαμενή και τις σωληνώσεις ή στην κατωφέρεια αυτών. Στις εισόδους και εξόδους της εγκατάστασης

Πιθανά ρυπασμένες περιοχές	Πιθανοί μηχανισμοί διαφυγής	Παραδείγματα πιθανών σημείων, κατάλληλα για δειγματοληψία
Υπόγειες και επίγειες σωληνώσεις	Διαρροές στις εξόδους των γραμμών παραγωγής ή/και κατά τη μεταφορά υγρών ουσιών	Κάτω από ή κοντά στις σωληνώσεις ή στην κατωφέρεια αυτών
Σταθμοί αποκομιδής και μεταφόρτωσης στερεών αποβλήτων	Διασπορά στερεών αποβλήτων	Στις εισόδους και εξόδους των σταθμών
Εσωτερικοί χώροι επεξεργασίας υλικών και άλλων δραστηριοτήτων (π.χ. αίθουσες συντήρησης εξοπλισμού ή συσκευασίας ουσιών και υλικών)	Διαρροή/διασπορά ουσιών σε τοίχους και πατώματα, π.χ. λάδια λίπανσης, περίσσεια ουσιών	Κάτω από ενώσεις ή /και ρωγμές του πατώματος
Υδρορροές και συστήματα εξαερισμού	Πιθανή συγκέντρωση αέριων ρύπων από συμπύκνωση	Στις εισόδους και εξόδους των υδρορροών
Χωματερές και άλλοι χώροι εναπόθεσης αποβλήτων εντός του χώρου	Σκόπιμη εναπόθεση, που μπορεί να ήταν νόμιμη κατά το παρελθόν	Στο εσωτερικό των χωματερών
Εξωτερικοί χώροι δοκιμών παρασκευασθέντων υλικών	Αναλύσεις των ιδιοτήτων π.χ. εκρηκτικών ουσιών	Κάτω από το σημείο δοκιμών ή σε λογική απόσταση από αυτό
Εγκαταστάσεις επεξεργασίας στερεών αποβλήτων π.χ. αποτεφρωτήρας	Υπολείμματα από ατελής επεξεργασία	Περιμετρικά του αποτεφρωτήρα

Μετακίνηση και πιθανές διαδρομές των ρύπων

Εκτός από τους μηχανισμούς διαρροής, η επιστημονική ομάδα πρέπει να εξετάσει τους μηχανισμούς μετακίνησης και τις προτιμητέες διαδρομές των ρύπων σε κάθε περιβαλλοντικό μέσο. Αυτό συμπεριλαμβάνει τις πιθανές φυσικές και χημικές μετατροπές αυτών, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις τους με το περιβάλλον σε συγκεκριμένο βάθος χρόνου. Άρα, το εννοιολογικό μοντέλο θα πρέπει να εξελίσσεται και να προσομοιάζει τον χώρο σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Η γνώση των παραπάνω βοηθάει σημαντικά στην αναγνώριση των πιθανά ρυπασμένων περιοχών για την μετέπειτα συστηματική λήψη δειγμάτων. Μερικές περιπτώσεις μετακίνησης ρύπων αναφέρονται παρακάτω [19-22]:

- Υγρές κηλίδες σε ασφαλτοστρωμένες περιοχές μπορούν δυνητικά να κινηθούν κατηφορικά και να συσσωρευτούν στην πρώτη ισόπεδη επιφάνεια, όπου και είναι πιθανό να ροφηθούν από το έδαφος. Συνεπώς, η λήψη δειγμάτων από την πηγή των κηλίδων δεν είναι αρκετή για τον χαρακτηρισμό της περιοχής και απαιτείται δειγματοληψία κατά μήκος όλης της διαδρομής των ρύπων έως το σημείο συσσώρευσής τους.
- Αραιά και πυκνά μη υδατοδιαλυτά υγρά που θα διαφύγουν πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα, συχνά ακολουθούν μια σχεδόν κάθετη διαδρομή μέσα στην ακόρεστη ζώνη έως ότου καταλήξουν στον υδροφόρο ορίζοντα, όπου και μπορούν να ανιχνευθούν πιο εύκολα. Σε αυτήν την περίπτωση, μεγάλο ρόλο διαδραματίζουν η στρωματογραφία και η διαπερατότητα του εδάφους, οι οποίες θα καθορίσουν σε μεγάλο βαθμό τη διαδρομή των ρύπων. Βάσει εννοιολογικού μοντέλου, η δειγματοληψία πρέπει να πραγματοποιηθεί στα σημεία εκείνα που συγκεντρώνουν τις μεγαλύτερες πιθανότητες συσσώρευσης των ρύπων.
- Πτητικές οργανικές ενώσεις (volatile organic compounds – VOCs), οι οποίες έχουν διαρρεύσει στην επιφάνεια του εδάφους, είναι πιθανό να έχουν εν μέρει εξατμιστεί και το σημείο να μην φέρει καμία επιφανειακή ένδειξη ρύπανσης. Σημαντική όμως ποσότητα αυτών ενδέχεται να έχει εισχωρήσει στο εδαφικό υπόστρωμα. Η πορεία των πτητικών οργανικών ενώσεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το περιβαλλοντικό μέσο, την ύπαρξη οξυγόνου στο έδαφος και στην τοξικότητα των ενώσεων προς τους μικροοργανισμούς. Σε αυτήν την περίπτωση ενδείκνυται η συστηματική κάθετη δειγματοληψία σε διαφορετικά σημεία της περιοχής όπου υπάρχει υποψία ρύπανσης από τις ενώσεις αυτές.
- Διαρροές διαλυμάτων υψηλού ή χαμηλού pH μπορούν να οδηγήσουν σε μεταβολές του pH του υπεδάφους ή/και στην κινητοποίηση παλαιότερων σταθεροποιημένων ρύπων. Η pH-μετρική ανάλυση δειγμάτων εδάφους θα αξιολογήσει τις επιπτώσεις τέτοιων διαρροών.

Μερικά παραδείγματα προτιμητέων διαδρομών των ρύπων, οι οποίες πρέπει απαραίτητως να συνυπολογίζονται κατά τη σχεδίαση του πλάνου δειγματοληψίας, είναι τα παρακάτω:

- Ρωγμές σε δάπεδα κτιρίων και σε ασφαλτοστρωμένες περιοχές.

- Ενώσεις κτιριακών εγκαταστάσεων και διασταυρώσεις με τοίχους και άλλες επιφάνειες.
- Χαμηλά υψομετρικά σημεία ή/και κοιλότητες, κοντά σε περιοχές διαρροών ή/και διασπορών ουσιών/υγρών αποβλήτων.
- Σημεία εδάφους με μεγαλύτερη συγκριτικά διαπερατότητα.
- Ρήγματα στο βραχώδες υπόστρωμα.
- Έντονες καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της διαφυγής των ρύπων (π.χ. δυνατός άνεμος).

#### Στρατηγική δειγματοληψιών και αναλύσεων του Σταδίου Εντοπισμού II

Το σχεδιάγραμμα δειγματοληψιών και αναλύσεων του Σταδίου Εντοπισμού II τεκμηριώνει την επιλογή των σημείων, των βαθών και του αριθμού των δειγμάτων καθώς και των αναλυτικών παραμέτρων βάσει των οποίων θα γίνει η ανάλυση των δειγμάτων. Η αιτιολογία πρέπει να αναφέρεται στη Τεχνική Έκθεση του Σταδίου Εντοπισμού II, η οποία εξετάζεται παρακάτω. Το αναλυτικό επίπεδο κάθε σχεδιαγράμματος δειγματοληψίας μπορεί να διαφέρει σημαντικά από σημείο σε σημείο από την στιγμή που οι ρύποι, η μορφολογία και η γεωλογία του εδάφους, και οι μηχανισμοί διαφυγής είναι διαφορετικοί [29-35].

#### *Δειγματοληψία εδάφους*

Δειγματοληψίες εδάφους πρέπει να διενεργηθούν σε όλες τις δυνητικά ρυπασμένες περιοχές, που εντοπίστηκαν κατά τη διενέργεια των δύο φάσεων εντοπισμού. Πρέπει να καθοριστεί ένας ικανός αριθμός σημείων, ώστε να σκιαγραφηθεί πλήρως η κάθε ρυπασμένη περιοχή. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι πρέπει να ληφθούν δείγματα εδάφους και από σημεία που δεν έχουν δώσει ενδείξεις ρύπανσης. Το συγκεκριμένο σχέδιο και ο αριθμός των δειγμάτων θα εξαρτηθεί από τις στατιστικές μεθόδους που θα επιλεγούν για την ανάλυση των αποτελεσμάτων, καθώς και από τις φυσικές και χημικές παραμέτρους που θα εξετασθούν. Με την χρήση της γεωστατιστικής, μπορεί να δημιουργηθεί ένα διαφορετικό πλάνο δειγματοληψιών από αυτό που θα προέκυπτε με συμβατικές στατιστικές μεθόδους. Το βάθος των δειγματοληψιών θα εξαρτηθεί από την φύση και το σημείο της πηγής της ρύπανσης (π.χ. επιφανειακή ή υπόγεια), τη γεωλογία του υπεδάφους (π.χ. αμμώδες ή αργιλώδες) και την φύση του ρύπου (π.χ. περισσότερο ή λιγότερο κινητικός ή πτητικός). Σε κάθε περίπτωση, οι δειγματοληψίες πρέπει να επεκτείνονται και εκτός των ρυπασμένων περιοχών.

Συχνά, η μεθοδολογία δειγματοληψίας εδάφους συμπεριλαμβάνει τη λήψη δειγμάτων εδάφους κορεσμένων σε νερό. Αυτά τα δείγματα είναι ιδιαίτερης σημασίας γιατί αντιπροσωπεύουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες ενός ευρύτερου χώρου συγκριτικά με τα πιο ξηρά, επιφανειακά δείγματα. Αυτό συμβαίνει γιατί τα κορεσμένα δείγματα έρχονται σε πιο άμεση επαφή με τον υπόγειο υδροφορέα και τη ροή του, κατά συνέπεια μπορούν θεωρητικά να δώσουν περισσότερες πληροφορίες για την πηγή της ρύπανσης και την πορεία των ρύπων στο υπέδαφος. Παρόλα αυτά, η λήψη κορεσμένων σε νερό δειγμάτων εδάφους,

σπάνια είναι αρκετή από μόνη της για το χαρακτηρισμό της ρύπανσης, λόγω της πιθανής αραίωσης της συγκέντρωσης των ρύπων από το νερό του δείγματος.

#### *Δειγματοληψία υπογείων υδάτων*

Η μεθοδολογία δειγματοληψίας υπογείων υδάτων και ανάλυσης του Σταδίου Εντοπισμού II καθορίζει τον αριθμό, τα σημεία και τα διαφορετικά βάθη που θα ληφθούν τα δείγματα. Επίσης, προτείνει τις βέλτιστες τεχνικές για τη παρακολούθηση των σημείων (monitoring), τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες των φρεατίων δειγματοληψίας και τις παραμέτρους ανάλυσης των δειγμάτων. Η ποιότητα ενός δείγματος υπογείου ύδατος επηρεάζεται από την ποιότητα της ακόρεστης ζώνης που βρίσκεται άνωθεν του, καθώς η διαδρομή των ρύπων πιθανώς να περνάει μέσα από αυτή πριν καταλήξει στον υδροφόρο ορίζοντα. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι ένα δείγμα νερού μπορεί να αντιπροσωπεύει τις περιβαλλοντικές συνθήκες ενός ευρύτερου χώρου (όπως συμβαίνει και με τα κορεσμένα δείγματα εδάφους) από ότι ένα δείγμα εδάφους από ένα σημείο. Η ανάλυση δειγμάτων νερού μπορεί να υποδείξει ότι υπάρχει ρύπανση, όμως δεν μπορεί από μόνη της να καθορίσει το που υπάρχει αυτή. Άρα, και σε αυτή τη περίπτωση, απαιτείται συνδυασμένη λήψη δειγμάτων εδάφους, κορεσμένου εδάφους και νερού για τον πλήρη χαρακτηρισμό της ρύπανσης ή μη ενός σημείου.

Κατά την ανάπτυξη της μεθοδολογίας δειγματοληψίας υδάτων, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω σημεία:

- Η ποιότητα και ποσότητα των έως τότε δεδομένων για κάθε πιθανά ρυπασμένο σημείο, όπως αυτά παρέχονται από το εννοιολογικό μοντέλο.
- Την πιθανότητα ανεπιτυχούς δειγματοληψίας του εδάφους.
- Την διαλυτότητα και κινητικότητα των πιθανών ρύπων στο νερό.
- Την απόσταση άλλων ρυπασμένων περιοχών, οι οποίες πιθανά να επηρεάσουν την σύσταση των δειγμάτων νερού από το υπό εξέταση σημείο.
- Το επιθυμητό επίπεδο ανάλυσης των δειγμάτων, το οποίο μπορεί π.χ. να εξαρτάται από τη μελλοντική χρήση του χώρου και τις πιθανές επιπτώσεις σε διάφορους δέκτες.

Ο αριθμός και τα σημεία της δειγματοληψίας βασίζονται κατά κύριο λόγο στην έκταση της υπό εξέτασης περιοχής και μετά στις πληροφορίες που έχουν αξιολογηθεί για κάθε σημείο. Τυπικά, ένα σημείο δειγματοληψίας πρέπει να βρίσκεται ακριβώς στο πιθανά ρυπασμένο σημείο ή στην κατωφέρειά του. Ο δε αριθμός τους πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε να είναι σε θέση να εντοπιστεί πιθανή ρύπανση, συνυπολογίζοντας τον χρόνο της υποτιθέμενης διαρροής, τη ταχύτητα και τη διεύθυνση της ροής του νερού και τα χαρακτηριστικά των ρύπων. Σε γενικές γραμμές, δειγματοληψία σε τακτά χρονικά διαστήματα από την ανώτερη στρώση της κορεσμένης ζώνης είναι αρκετή για να υποδείξει εάν υπάρχει ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα. Όμως, σε μερικές περιπτώσεις είναι αναγκαία η λήψη δειγμάτων από διαφορετικά βάθη. Όπως και με το έδαφος, δείγματα νερού λαμβάνονται από εκείνα τα σημεία και βάθη, στα οποία με τα έως τότε δεδομένα, είναι πιο πιθανή η εύρεση της ρύπανσης. Για

αυτό το λόγο, τα φρεάτια δειγματοληψίας θα πρέπει να έχουν το κατάλληλο μήκος ώστε να λαμβάνονται αντιπροσωπευτικά δείγματα.

Τουλάχιστον ένα φρεάτιο δειγματοληψιών και παρακολούθησης υπόγειων υδάτων πρέπει να τοποθετηθεί σε κάθε πιθανά ρυπασμένο σημείο. Εάν η δειγματοληψία εδάφους αποδεικνύει ότι οι ρύποι από μια συγκεκριμένη πηγή δεν έχουν επηρεάσει τον υδροφόρο ορίζοντα, τότε αρχικά δεν είναι απαραίτητη η εγκατάσταση φρεατίου παρακολούθησης. Σε αντίθετη περίπτωση, για να καθοριστούν οι μεταβολές των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υπόγειων υδάτων βάσει της ροής αυτών, τουλάχιστον τρία φρεάτια δειγματοληψιών πρέπει να εγκατασταθούν σε τακτά σημεία του υδροφόρου ορίζοντα.

Λόγω της δυναμικής του υδροφόρου ορίζοντα, συχνά απαιτείται δειγματοληψία σε διαφορετικές ημέρες, μήνες ή και εποχές. Αυτό οφείλεται στην επίδραση που μπορεί να έχουν οι πρόσκαιρες καιρικές ή οι εποχιακές συνθήκες στη σύσταση και στη κινητικότητα των ρύπων. Η εγκατάσταση μόνιμης διάταξης δειγματοληψίας προτιμάται σε σχέση με τη χρήση κινητού εξοπλισμού. Με τη μόνιμη διάταξη εξασφαλίζεται η επαναληψιμότητα και η μείωση του χρόνου λήψης δειγμάτων.

#### *Δειγματοληψία άλλου περιβαλλοντικού μέσου*

Όπου κριθεί αναγκαίο, μπορεί να γίνει δειγματοληψία επιφανειακών νερών, ιζημάτων ποταμών και λιμνών, καθώς και αερίων εδάφους. Τα σημεία και τα βάθη της δειγματοληψίας, τα είδη των δειγμάτων και οι μέθοδοι ανάλυσης καθορίζονται από τα έως τότε δεδομένα και το διαμορφωμένο εννοιολογικό μοντέλο. Η λήψη άλλων δειγμάτων, εκτός εδάφους και νερού, είναι απαραίτητη σε περιπτώσεις όπου η δειγματοληψία εδάφους και νερού δεν μπορεί να οδηγήσει σε ασφαλή χαρακτηρισμό της ρύπανσης. Για παράδειγμα, η αξιολόγηση δειγμάτων αερίων από το έδαφος μπορεί να βοηθήσει στο χαρακτηρισμό τόσο του εδάφους, όσο και των υδάτων μιας ευρύτερης περιοχής, συγκριτικά με τη μεμονωμένη λήψη δειγμάτων εδάφους. Ανάλογα με τη περίπτωση, η δειγματοληψία άλλου τύπου δειγμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ενίσχυση της επιχειρηματολογίας υπέρ του χαρακτηρισμού μιας περιοχής.

Τα σημεία δειγματοληψίας επιφανειακών νερών και ιζημάτων πρέπει να καθοριστούν τόσο στην ανωφέρεια όσο και στη κατωφέρεια των ορίων της εξεταζόμενης έκτασης. Συνήθισμένα σημεία δειγματοληψίας ιζημάτων καθορίζονται στη κατωφέρεια ρυπογόνων σημείων, εντός λιμνών επεξεργασίας λυμάτων και δεξαμενών συλλογής ομβρίων υδάτων.

Η παρακολούθηση των εδαφικών αερίων είναι απαραίτητη όταν υπάρχει υποψία ύπαρξης πτητικών ρύπων. Πρέπει να καθοριστεί ένας ικανός αριθμός σημείων, ώστε να σκιαγραφηθεί πλήρως η κάθε ρυπασμένη περιοχή και να αναγνωριστεί η ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση. Επιπλέον, συστήματα παρακολούθησης των εδαφικών αερίων πρέπει να

τοποθετηθούν σε όλους τους υπόγειους χώρους για τους οποίους υπάρχουν ενδείξεις ρύπανσης.

#### *Σχεδιασμός δειγματοληπτικού πλάνου*

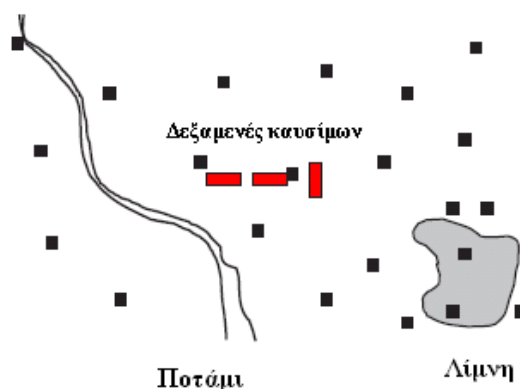
Σε πολλές περιπτώσεις, τα αποτελέσματα του πρώτου σταδίου εντοπισμού και η οπτική εξέταση του χώρου δεν καταδεικνύουν ή καταδεικνύουν με ελλιπή στοιχεία τις πιθανές πηγές ρύπανσης. Αυτό σημαίνει ότι η επιστημονική ομάδα πρέπει να θεωρήσει ότι όλα τα σημεία του εξεταζόμενου χώρου είναι δυνητικά ρυπασμένα. Τότε, είναι απαραίτητη η διενέργεια δειγματοληψιών σταθερής πυκνότητας, δηλαδή ισοκατανομή των σημείων δειγματοληψίας σε όλη την έκταση του χώρου.

Σε κάποιες περιπτώσεις, τα αποτελέσματα του πρώτου σταδίου εντοπισμού σχηματίζουν μια τόσο σαφή εικόνα των πηγών ρύπανσης και των διαδρομών διαφυγής των ρύπων, που το δειγματοληπτικό πλάνο είναι εύκολο να καθοριστεί και να εστιάσει στα ρυπασμένα σημεία. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις, οι πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί θα οδηγούν σε συμπεράσματα μεταξύ των παραπάνω δύο εκδοχών. Θα υπάρχουν περισσότερες ενδείξεις για συγκεκριμένα ρυπασμένα σημεία σε σχέση με άλλα, όμως το επίπεδο των αποδείξεων θα βρίσκεται μεταξύ των δύο παραπάνω άκρων. Εάν μπορεί να υποτεθεί ότι κάποια σημεία συγκεντρώνουν περισσότερες πιθανότητες να είναι ρυπασμένα σε σχέση με άλλα, τότε ο σχεδιασμός του πλάνου θα βασιστεί σε δειγματοληψία κυμαινόμενης πυκνότητας, δηλαδή λήψη περισσότερων δειγμάτων από τα πιο πιθανά ρυπασμένα σημεία σε σχέση με τα λιγότερο πιθανά. Η αποτελεσματικότητα του δειγματοληπτικού πλάνου μπορεί να βελτιωθεί (δηλαδή μείωση των σημείων δειγματοληψίας χωρίς σημαντική μείωση στη πιθανότητα εντοπισμού ρύπων) με τη λήψη του προκαθορισμένου αριθμού δειγμάτων σε δύο ή τρία στάδια και αυτό γιατί η δεύτερη δειγματοληψία θα βασιστεί στα αποτελέσματα της πρώτης, η τρίτη σε αυτά της δεύτερης κ.ο.κ. Η σταδιακή δειγματοληψία είναι σε κάθε περίπτωση επιθυμητή, εξαιτίας και της πιθανής μείωσης του συνολικού κόστους των δειγματοληψιών.

#### Κατηγορίες δειγματοληπτικών πλάνων

##### *Τυχαία δειγματοληψία*

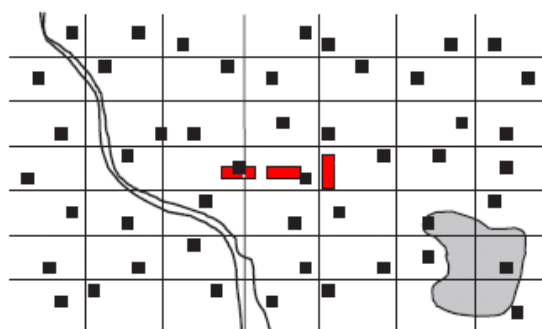
Η τυχαία δειγματοληψία (Σχήμα 3-4) πραγματοποιείται όταν υπάρχουν ελάχιστες πληροφορίες για την έκταση και το βάθος της ρύπανσης. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι παραμένει ανεπηρέαστη από τις οποιεσδήποτε πληροφορίες έχουν συλλεχθεί για το χώρο και επιπλέον μειώνει την υποκειμενικότητα στους χειρισμούς της επιστημονικής ομάδας. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου προϋποθέτει μεγάλο αριθμό σημείων δειγματοληψίας, το οποίο έχει ως συνέπεια την αύξηση του κόστους. Στη πράξη δεν χρησιμοποιείται συχνά, καθώς η αυθαίρετη επιλογή των σημείων δεν παρέχει εύκολα πληροφορίες για τη ροή και τη κατανομή των ρύπων στο υπέδαφος, ενώ προϋποθέτει και ομοιόμορφα γεωλογικά χαρακτηριστικά σε όλη την έκταση του χώρου [29].



**Σχήμα 3-4:** Παράδειγμα τυχαίας δειγματοληψίας [29].

#### *Τυχαία διαστρωματική δειγματοληψία*

Σε περιοχές στις οποίες αναμένονται υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων ή/και ρύποι διαφορετικής φύσεως χρησιμοποιείται η τυχαία διαστρωματική δειγματοληψία, στην οποία ο εξεταζόμενος χώρος διαιρείται σε οριζόντια στρώματα από την επιφάνεια έως ένα απαιτούμενο βάθος και λαμβάνονται δείγματα τυχαία από κάθε στρώμα. Στο Σχήμα 3-5 παρουσιάζεται μια ενδεικτική τυχαία διαστρωματική δειγματοληψία. Για τη διαίρεση του χώρου σε στρώματα συχνά απαιτείται μιας μικρής έκτασης προκαταρκτική δειγματοληψία ή/και πληροφορίες από τοπογραφικούς και άλλους χάρτες, η γεωλογική σύσταση, η επιθυμητή χρήση της γης, η έκθεση των αποδεκτών σε κίνδυνο κ.α. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η αυξημένη ακρίβεια, η ευκολότερη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και η μετέπειτα μείωση του κόστους αποκατάστασης. Επιπλέον, μετά την πρώτη, χρονικά, δειγματοληψία εντοπίζονται τα στρώματα εκείνα στα οποία συγκεντρώνεται η ρύπανση και μειώνονται οι περαιτέρω δειγματοληψίες στα άλλα στρώματα.

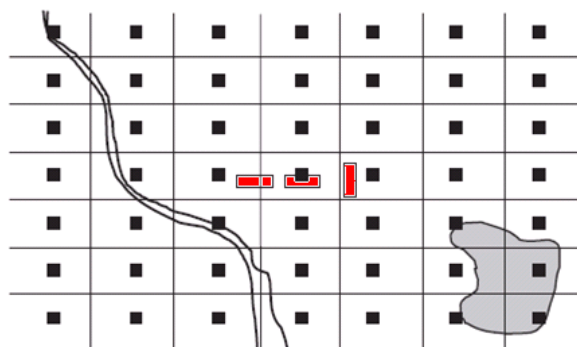


**Σχήμα 3-5:** Παράδειγμα τυχαίας διαστρωματικής δειγματοληψίας [29].

#### *Συστηματική διαστρωματική δειγματοληψία*

Η συστηματική διαστρωματική δειγματοληψία δεν κάνει καμία υπόθεση για τα ρυπασμένα σημεία στο χώρο. Αφού ο χώρος διαιρεθεί σε στρώματα, τα σημεία δειγματοληψίας προεπιλέγονται σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους, τόσο οριζόντια όσο και κάθετα (Σχήμα 3-6). Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται καλύτερα σε υπεδάφη με ομοιόμορφη γεωλογική σύσταση,

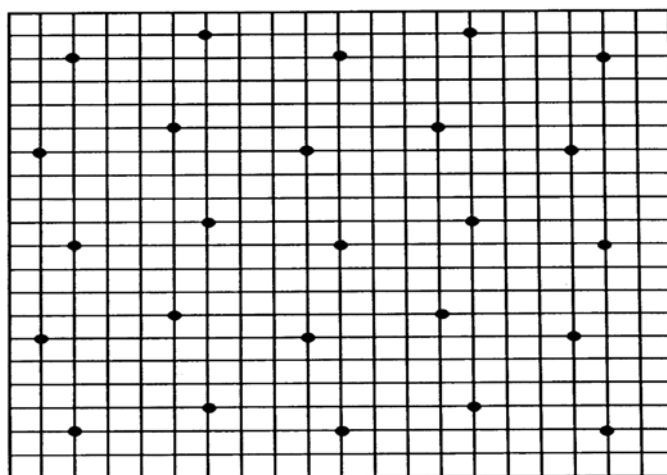
όμως εμπεριέχει τον κίνδυνο να μην εντοπιστεί μια πηγή ρύπανσης που βρίσκεται μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας και εκτείνεται κατά μήκος των στρωμάτων.



**Σχήμα 3-6:** Παράδειγμα συστηματικής διαστρωματικής δειγματοληψίας [29].

#### *Εναλλακτική διαστρωματική δειγματοληψία*

Το σχέδιο αυτό είναι μια εξέλιξη της συστηματικής διαστρωματικής δειγματοληψίας και παρουσιάζεται στο Σχήμα 3-7. Σε αυτή τη περίπτωση τα σημεία μεταξύ των στρωμάτων δεν ευθυγραμμίζονται στον ίδιο οριζόντιο και κάθετο νοητό άξονα, αλλά τοποθετούνται δεξιά και αριστερά αυτών σε μορφή ζικ-ζακ. Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι αυτό το σχέδιο δειγματοληψίας παρουσιάζει τα περισσότερα πλεονεκτήματα, ενώ απαιτεί τον ίδιο ή μικρότερο αριθμό σημείων από τα υπόλοιπα σχέδια, χωρίς να μειώνεται η πιθανότητα εντοπισμού ενός ρυπαντικού φορτίου.

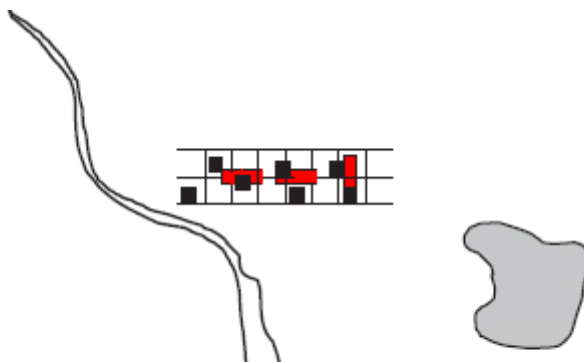


**Σχήμα 3-7:** Παράδειγμα εναλλακτικής διαστρωματικής δειγματοληψίας [29].

#### *Επιλεκτική δειγματοληψία*

Στο Σχήμα 3-8 παρουσιάζεται ένα δειγματοληπτικό πλάνο το οποίο βασίζεται σε ισχυρές αποδείξεις για την πηγή της ρύπανσης, καθώς και για τις διαδρομές μετακίνησης των ρύπων. Η επιλεκτική δειγματοληψία προκαταλαμβάνεται από τις υπάρχουσες πληροφορίες, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η στατιστική ανάλυση ικανοποιητικού αριθμού δειγμάτων,

ενώ είναι αυξημένη η πιθανότητα μη εντοπισμού μιας δευτερεύουσας πηγής ρύπανσης, σε σχέση με τα άλλα δειγματοληπτικά πλάνα.



**Σχήμα 3-8:** Παράδειγμα επιλεκτικής δειγματοληψίας [29].

#### Κριτήρια επιλογής κατάλληλου δειγματοληπτικού σχεδίου

Το δειγματοληπτικό πλάνο που θα επιλεγεί, η συχνότητα των δειγματοληψιών καθώς και η επιλογή του μέσου από το οποίο θα ληφθούν τα δείγματα, πρέπει να βασίζεται στην έκταση και στην τοπογραφία του εξεταζόμενου χώρου, την πιθανή κατανομή των ρύπων στο υπέδαφος και τη γεωλογική σύσταση αυτού, και σε πολλές άλλες από τις πληροφορίες εκείνες, που συλλέγονται κατά τη διάρκεια του πρώτου σταδίου εντοπισμού και χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του τρισδιάστατου εννοιολογικού μοντέλου. Σε πολλές περιπτώσεις είναι σκόπιμο να σχετιστεί το σχέδιο δειγματοληψίας με την μελλοντική επιθυμητή χρήση του χώρου. Εάν, π.χ. ένα τμήμα του χώρου προορίζεται για τη κατασκευή σχολικού συγκροτήματος, τότε σε αυτό το τμήμα επιβάλλεται η εφαρμογή μιας πιο συστηματικής χωρικά και συχνής χρονικά δειγματοληψίας, σε σχέση με τις άλλες περιοχές του χώρου που προορίζονται για λιγότερο ευαίσθητες χρήσεις [32].

Σημαντικό κριτήριο επιλογής αποτελούν επίσης και οι διαθέσιμοι πόροι σε αυτό το στάδιο εντοπισμού. Μειωμένοι διαθέσιμοι πόροι οδηγούν σε προσπάθεια εφαρμογής δειγματοληπτικού σχεδίου με μικρότερο αριθμό σημείων, μικρότερο αριθμό δειγματοληψιών ή/και μειωμένο αριθμό αναλύσεων. Κατά συνέπεια, πρέπει πάντα να αναζητείται ο βέλτιστος συνδυασμός του ελάχιστου αριθμού δειγμάτων και αναλύσεων με την ασφαλέστερη εξαγωγή συμπερασμάτων για τη ρύπανση στον χώρο. Αναλυτικά, τα κριτήρια επιλογής δειγματοληπτικού σχεδίου παρουσιάζονται στο Πίνακα 3-3.

**Πίνακας 3-3:** Κριτήρια εκπόνησης δειγματοληπτικού σχεδίου [32].

Κριτήρια από 1ο στάδιο εντοπισμού	Αιτιολόγηση
1 Ιστορική περιγραφή δραστηριοτήτων	Η περιγραφή των δραστηριοτήτων βοηθάει στην επιλογή τόσο των σημείων δειγματοληψίας (καταδεικνύει τα σημεία πιθανής μεγάλης ρύπανσης – hotspots) όσο και του είδους των παραμέτρων που θα ελεγχθούν.
2 Σχεδιάγραμμα εγκαταστάσεων-δραστηριοτήτων	Το σχεδιάγραμμα των εγκαταστάσεων συντελεί στο σχεδιασμό του δειγματοληπτικού πλάνου και στην επιλογή των σημείων δειγματοληψίας.
3 Τοπογραφικός χάρτης	Ο τοπογραφικός χάρτης του χώρου συντελεί στο σχεδιασμό του δειγματοληπτικού πλάνου και στην επιλογή των σημείων δειγματοληψίας.
4 Φύση και έκταση του εξεταζόμενου χώρου και της πιθανής ρύπανσης	Η έκταση του χώρου, το είδος των αναμενόμενων ρύπων και η πιθανή έκταση της ρύπανσης θα καθορίσουν σε σημαντικό βαθμό το περιβαλλοντικό μέσο από το οποίο θα ληφθούν τα δείγματα, το δειγματοληπτικό πλάνο και εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί καθώς και το είδος των αναλύσεων που θα πραγματοποιηθούν.
5 Περιγραφή φυσικού περιβάλλοντος (γεωλογία, υδρολογία, οικολογία)	Ο καθορισμός της γεωλογικής σύστασης του υπεδάφους, της θέσης του υδροφόρου ορίζοντα και άλλων ευαίσθητων οικοσυστημάτων συντελεί στο σχεδιασμό του δειγματοληπτικού πλάνου και στην επιλογή των σημείων δειγματοληψίας. Επιπλέον, υποδεικνύει τα σημεία εκείνα στον χώρο τα οποία απαιτούν ιδιαίτερο χειρισμό κατά τη διενέργεια της δειγματοληψίας, π.χ. βραχώδες υπόστρωμα, μεγάλο βάθος Υ.Ο., προστατευμένη περιοχή κ.α. Έτσι αποφεύγεται κατά το δυνατόν η χρονοβόρα και απαιτητική από οικονομικής άποψης εγκατάσταση αναποτελεσματικών σημείων δειγματοληψίας.
6 Επί τόπου εξέταση	Η επί τόπου επίσκεψη και καταγραφή πληροφοριών, επιβεβαιώνουν τις ήδη υπάρχουσες πληροφορίες και προσθέτουν στοιχεία από την παρατήρηση του χώρου που πιθανόν να μην είναι γνωστά.
7 Τρισδιάστατο εννοιολογικό μοντέλο	Το εννοιολογικό μοντέλο συγκεντρώνει όλες τις υπάρχουσες πληροφορίες και διευκολύνει την επιστημονική ομάδα στον καθορισμό του δειγματοληπτικού πλάνου, στην τοποθέτηση των σημείων και στο είδος των δειγμάτων (έδαφος, νερό) που θα ληφθούν από κάθε σημείο.
8 Ελάχιστος αριθμός αντιπροσωπευτικών δειγμάτων	

9	Διαθέσιμες αναλυτικές τεχνικές	Οι αναλυτικές τεχνικές που είναι διαθέσιμες για την ανάλυση των δειγμάτων, η ευαισθησία της κάθε μεθόδου και άλλα συναφή κριτήρια θα καθορίσουν σε σημαντικό βαθμό των αριθμό και το μέσο των δειγμάτων που θα ληφθούν καθώς και τις βασικές παραμέτρους που θα ελεγχθούν.
10	Διαθέσιμοι πόροι	Οι διαθέσιμοι πόροι θα καθορίσουν τόσο το εύρος του δειγματοληπτικού εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί όσο και των αριθμό των δειγμάτων που θα αναλυθούν. Εάν οι διαθέσιμοι πόροι δεν καλύπτουν όλο το εύρος των δειγματοληψιών (είδος, αριθμός σημείων, αναλύσεις) τότε πρέπει να βρεθεί η βέλτιστη εκείνη λύση που δεν θα μειώνει σημαντικά τη πιθανότητα εύρεσης των ρυπασμένων σημείων.
11	Διαθέσιμος χρόνος	Εάν κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης εντοπισμού συλλεχθούν στοιχεία που καθιστούν αναγκαία την ταχεία εξέλιξη των εργασιών χαρακτηρισμού και αποκατάστασης (π.χ. οικοσυστήματα σε άμεσο κίνδυνο), τότε καθορίζεται ένα δειγματοληπτικό σχέδιο μειωμένης διάρκειας και έκτασης αλλά με τα απαραίτητα ποιοτικά κριτήρια για την ασφαλή διεξαγωγή συμπερασμάτων.
12	Μελλοντική χρήση του χώρου	Μια πιο ευαίσθητη μελλοντική χρήση του χώρου, πιθανόν να επιβάλλει ένα πιο εκτεταμένο δειγματοληπτικό πλάνο με πολλαπλές αναλύσεις περισσότερων περιβαλλοντικών μέσων (εδάφους, αέρα και νερού) συγκριτικά με το πλάνο που θα έπρεπε να επιλεγεί για μια λιγότερο ευαίσθητη μελλοντική χρήση.

Ελάχιστος αριθμός αντιπροσωπευτικών δειγμάτων

Ο ελάχιστος αριθμός αντιπροσωπευτικών δειγμάτων εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- τον αριθμό των στρωμάτων που διαιρείται ο χώρος,
- την γεωλογική ανομοιογένεια του υπεδάφους,
- τον αριθμό των διαφορετικών αναλυτικών τεχνικών που θα χρησιμοποιηθούν,
- τον αριθμό των δειγμάτων που απαιτεί κάθε αναλυτική τεχνική,
- τα διαφορετικά βάθη από τα οποία θα ληφθούν τα δείγματα,
- τον αριθμό των τυφλών δειγμάτων που απαιτούνται για σύγκριση,
- το απαιτούμενο ποσοστό βεβαιότητας εντοπισμού της/των πηγών ρύπανσης,
- τους διαθέσιμους πόρους.

Σύμφωνα με το Βρετανικό Υπουργείο Περιβάλλοντος (UK Department of the Environment, Contaminated Land Research CLR Report no.4, Sampling Strategies for Contaminated Land) [45], ο ελάχιστος αριθμός αντιπροσωπευτικών σημείων δειγματοληψίας (προσοχή, όχι δειγμάτων) που απαιτείται να επιλεγούν για να εντοπιστούν με πιθανότητα 95% ένα ή περισσότερα ρυπασμένα σημεία, όταν όλα τα σημεία του χώρου έχουν τη ίδια πιθανότητα να είναι ρυπασμένα, δίνεται από την εξίσωση:

$$N = k_1 (A/a_1) + k_2 (A/a_2) + k_3 (A/a_3) + k_4 (A/a_4) \dots \quad (3-1)$$

όπου:

N είναι ο ελάχιστος αριθμός των αντιπροσωπευτικών σημείων δειγματοληψίας

A είναι η συνολική έκταση του εξεταζόμενου χώρου

a είναι η εκτιμώμενη έκταση της/των ρυπογόνων φορτίων

k είναι μια σταθερά η οποία εξαρτάται από το σχήμα του ρυπαντικού φορτίου και παίρνει τις ακόλουθες τιμές: Κυκλικό  $k=1.08$  - Σχήμα φύλλου  $k=1.25$  - Ελλειπτικό  $k=1.80$ . Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν αρκετές ενδείξεις ώστε να υποτεθεί το σχήμα του ρυπογόνου φορτίου, τότε επιλέγεται η συντηρητική τιμή του 1.50, η οποία αποδίδει με ασφάλεια τον ελάχιστο αριθμό αντιπροσωπευτικών σημείων.

Η σχέση αυτή προϋποθέτει ότι μπορεί να υποτεθεί ο ελάχιστος αριθμός αλλά όχι η τοποθεσία των ρυπασμένων σημείων στον χώρο. Επιπλέον, επισημαίνεται ότι η εξίσωση αυτή είναι ενδεικτική και στην πράξη πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράγοντες που αναφέρονται παραπάνω.

Σύμφωνα με την ίδια πηγή, έχει αποδειχθεί στατιστικά ότι για τον ασφαλή εντοπισμό και καταγραφή των χαρακτηριστικών ενός ρυπαντικού φορτίου, στο οποίο αντιστοιχεί το ανάλογο σημείο δειγματοληψίας, απαιτούνται τουλάχιστον 4 δείγματα από κάθε δειγματοληπτικό σημείο, τουλάχιστον τρία εκ των οποίων είναι εδάφους (επιφανειακό, μέσου βάθους και πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα) και ένα νερού.

Για παράδειγμα, εάν αναμένουμε στο χώρο 3 ρυπασμένα σημεία με ρυπαντικό φορτίο αγνώστου σχήματος, όπου το κάθε σημείο καταλαμβάνει το 4% του συνολικού χώρου, τότε ο ελάχιστος αριθμός αντιπροσωπευτικών σημείων δειγματοληψίας είναι:

$$N = 1.50 \times 25 + 1.50 \times 25 + 1.50 \times 25 = 113$$

Εάν θεωρηθεί ότι από κάθε σημείο θα ληφθούν 4 δείγματα, τότε ο συνολικός ελάχιστος αριθμός αντιπροσωπευτικών δειγμάτων ανέρχεται σε 452, εκ των οποίων 339 είναι εδάφους και 113 νερού. Σε συνδυασμό με τη απαραίτητη λήψη ενός αριθμού τυφλών δειγμάτων, είναι κατανοητό ότι για ένα χώρο έκτασης 20 στρεμμάτων, στον οποίο η ρύπανση καταλαμβάνει συνολικά 800m<sup>2</sup> (4%) τα απαιτούμενα δείγματα μπορεί να υπερβαίνουν τα 500.

Στην πράξη, είναι δυνατή η μείωση του συνολικού αριθμού αντιπροσωπευτικών δειγμάτων, μέσω των πληροφοριών που έχουν ενσωματωθεί στο τρισδιάστατο εννοιολογικό μοντέλο (από το πρώτο στάδιο εντοπισμού) και της δειγματοληψίας σε δύο στάδια. Δειγματοληψία σε δύο στάδια σημαίνει ότι μετά την επιλογή του δειγματοληπτικού πλάνου και τον καθορισμό των σημείων στον χώρο, λαμβάνεται ένα μέρος του συνολικού αριθμού των προαποφασισμένων δειγμάτων, με σκοπό την αξιολόγηση των αρχικών αποτελεσμάτων που αυτά παρέχουν. Η αξιολόγηση αυτή θα διαμορφώσει τις περαιτέρω δράσεις όσον αφορά στη δειγματοληψία. Για παράδειγμα, από το κάθε ένα από τα επιλεγμένα δειγματοληπτικά σημεία του προηγούμενου παραδείγματος μπορεί να ληφθεί αρχικά ένα δείγμα εδάφους. Η ανάλυση των δειγμάτων πιθανόν να υποδείξει κάποια ρυπασμένα σημεία και κάποια όχι. Εάν η λήψη της δεύτερης σειράς εδαφικών δειγμάτων επιβεβαιώσει την καθαρότητα των μη ρυπασμένων σημείων, τότε η δειγματοληψία από αυτά τα σημεία μπορεί να σταματήσει, εκτός εάν προκύψουν νέα δεδομένα αργότερα. Στα υπόλοιπα σημεία η δειγματοληψία συνεχίζεται κανονικά έως ότου ολοκληρωθεί το προφίλ του ρυπαντικού φορτίου.

#### Κατηγορίες δειγμάτων

Υπάρχουν δύο κατηγορίες δειγμάτων, τα απλά και τα σύνθετα δείγματα [29]. Τα απλά δείγματα λαμβάνονται από ένα συγκεκριμένο σημείο σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών των δειγμάτων σχηματίζουν την εικόνα της ρύπανσης στον χώρο και υποδεικνύουν τις μετακινήσεις και μετατροπές των ρύπων. Τα σύνθετα δείγματα δημιουργούνται από την μίξη απλών δειγμάτων είτε από ένα σημείο, αλλά σε διαφορετικές χρονικές στιγμές ή από διαφορετικά σημεία σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Αυτή η κατηγορία δειγμάτων είναι χρήσιμη για την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων και μέσων όρων και βρίσκει εφαρμογή σε περιπτώσεις μειωμένων διαθέσιμων πόρων και χρόνου. Σε περιπτώσεις όπου πρόκειται να γίνει πολυπαραμετρική ανάλυση σε ένα σύνθετο δείγμα, ένα μέρος των απλών δειγμάτων, που το αποτελούν, πρέπει να αποθηκευτεί, γιατί αλλιώς θα είναι αδύνατη η συσχέτιση των τιμών των παραμέτρων μεταξύ των απλών δειγμάτων χωρικά ή χρονικά. Όταν το ζητούμενο είναι μια αρχική εκτίμηση των συγκεντρώσεων των ρύπων στον χώρο, η χρήση των συνθετικών δειγμάτων εμπεριέχει τον

κίνδυνο της αραίωσης των πραγματικών συγκεντρώσεων των ρύπων σε επίπεδα χαμηλότερα του ορίου ανίχνευσης. Τέλος, εάν ο συνολικός αριθμός συνθετικών δειγμάτων είναι χαμηλότερος του ελάχιστου αριθμού αντιπροσωπευτικών δειγμάτων, τότε αυξάνεται σημαντικά ο κίνδυνος εξαγωγής λανθασμένων συμπερασμάτων για τα ρυπασμένα σημεία και τις συγκεντρώσεις των ρύπων.

#### Επιλογή των βασικών μεθόδων ανάλυσης των δειγμάτων

Κατά τον καθορισμό της μεθοδολογίας ανάλυσης των δειγμάτων, η επιστημονική ομάδα πρέπει να συνυπολογίσει όχι μόνο τους πιθανούς ρύπους και τα σημεία διαφυγής, αλλά και τα πιθανά προϊόντα διάσπασης των ρύπων, ανάλογα με τις αντιδράσεις αυτών στο περιβάλλον. Κατά συνέπεια, οι παράμετροι που θα αναλυθούν πρέπει να καθορίζουν με βεβαιότητα εάν έχει υπάρξει διαφυγή ρύπων στο περιβάλλον ή όχι, καθώς και να επιτρέπουν τη συσχέτιση των αποτελεσμάτων. Συχνά, η έλλειψη χρόνου επιβάλλει την χρήση κινητών μεθόδων ανάλυσης στον υπό εξέταση χώρο, οι οποίες όμως δεν παρέχουν την απαιτούμενη ακρίβεια σε σχέση με τις αντίστοιχες μεθόδους σε ένα εργαστήριο. Τα κριτήρια επιλογής της κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης είναι τα εξής [29]:

- Διαθεσιμότητα και ευκολία χρήσης της αναλυτικής συσκευής.
- Απαιτούμενο επίπεδο βεβαιότητας.
- Αναλυτική ευαισθησία της μεθόδου, ειδικότερα σε περιπτώσεις όπου οι συγκεντρώσεις των ρύπων αναμένονται να είναι πολύ χαμηλές.
- Πιθανές παρεμβολές.
- Εφαρμοσιμότητα της μεθόδου στο περιβαλλοντικό προς ανάλυση μέσο.
- Αξιοπιστία και επαναληψιμότητα της μεθόδου σε πιθανά μεγάλο αριθμό δειγμάτων.

Επιπλέον, όλες οι αναλυτικές τεχνικές θα πρέπει να φέρουν πιστοποίηση από αρμόδιους φορείς (π.χ. ASTM, BS, DIN, ISO). Παράλληλα, πρέπει να διενεργηθεί έλεγχος ποιοτικών αναλύσεων σύμφωνα με διεθνή πρότυπα. Στον Πίνακα 3-4 παρουσιάζονται οι βασικές αναλυτικές τεχνικές που συνήθως χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των δειγμάτων που συλλέγονται στο Στάδιο Εντοπισμού II και οι παράμετροι οι οποίοι αυτές προσδιορίζουν. Τα αποτελέσματα από την ανάλυση των δειγμάτων με τις μεθόδους αυτές, θα καθορίσει εάν θα χρειαστούν συμπληρωματικές δειγματοληψίες ή/και προσδιορισμός επιπρόσθετων παραμέτρων με άλλες τεχνικές.

**Πίνακας 3-4:** Βασικές αναλυτικές τεχνικές και προσδιοριζόμενες παράμετροι [29].

Μέθοδος	Παράμετρος	Περιβαλλοντικό μέσο
<b>Φυσικές παράμετροι</b>		
Ηλεκτρόδιο αγωγιμότητας και pH	Αγωγιμότητα, pH	Νερό, έδαφος
Γεωραντάρ (ground penetrating radar)	Γεωλογία, υδρογεωλογία και ανομοιομορφίες του υπεδάφους, απόσταση του υδροφόρου ορίζοντα από την επιφάνεια	Έδαφος
Τεχνολογίες σεισμικού προφίλ	Στρωματογραφία και είδος υπεδάφους	Έδαφος
<b>Χημικές παράμετροι</b>		
Φασματομετρία ατομικής απορρόφησης (atomic absorption spectrophotometry)	Βαρέα και άλλα μέταλλα	Νερό, έδαφος (μετά από εκχύλιση)
Φασματομετρία υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR spectroscopy)	Πτητικοί και άλλοι υδρογονάνθρακες	Νερό, έδαφος
Φασματομετρία μαζών επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος (ICP – inductively coupled plasma spectrometry)	Βαρέα και άλλα μέταλλα	Νερό, έδαφος (μετά από εκχύλιση)
Αέρια χρωματογραφία (gas chromatography) – φασματοσκοπία μάζας (mass spectrometry)	Ευρύ φάσμα οργανικών ρύπων	Νερό, έδαφος, εδαφικά αέρια
Ανοσοπροσδιορισμός (immunoassay)	Κυρίως οργανικοί ρύποι (πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, πολυχλωριωμένα διφαινύλια, εκρηκτικά) αλλά και βαρέα μέταλλα και βακτήρια	Νερό, έδαφος
Φασματομετρία φθορισμού επαγόμενη από λέιζερ (laser induced fluorescence)	Ανώτερα κλάσματα υδρογονάνθρακων που προέρχονται από καύσιμα, λάδια μηχανών και πίσσα	Νερό, έδαφος
Φθορισμός ακτίνων X (X-ray fluorescence)	Βαρέα και άλλα μέταλλα	Έδαφος
Ημιποσοτικές μέθοδοι (test kits)	Οργανικοί ρύποι, εκρηκτικές ουσίες, πετρελαιοειδή, ιόντα όπως: αμμωνιακά, νιτρικά, φωσφορικά, κυανιούχα και άλλα	Νερό, έδαφος (μετά από εκχύλιση)

### Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του Σταδίου Εντοπισμού II

Η επιστημονική ομάδα πρέπει να αξιολογήσει τα ευρήματα του Σταδίου Εντοπισμού II ως προς την ποιότητα και την ποσότητά τους, οι οποίες πρέπει να είναι τέτοιες που να υποστηρίζουν το συμπέρασμα εάν υπάρχει ρύπανση ή όχι σε κάθε ένα από τα εξεταζόμενα σημεία. Η ομάδα πρέπει να χρησιμοποιήσει τα αποτελέσματα του Σταδίου Εντοπισμού II για να βελτιστοποιήσει το εννοιολογικό μοντέλο και να συμπληρώσει τα όποια κενά είχε από τη δημιουργία του στο Στάδιο Εντοπισμού I. Το Στάδιο Εντοπισμού II δεν έχει ολοκληρωθεί εάν υπάρχουν σημαντικά κενά στο εννοιολογικό μοντέλο. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι με την ολοκλήρωσή του, θα πρέπει να έχει διαπιστωθεί με βεβαιότητα εάν έχει υπάρξει διαφυγή ρύπων και σε ποια σημεία του χώρου. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται σε περιπτώσεις όπου οι πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον ή/και στον άνθρωπο είναι σημαντικές. Τότε, η επιστημονική ομάδα πρέπει να είναι απόλυτα βέβαιη και να τεκμηριώσει με αδιάσειστο τρόπο εάν δεν έχει εντοπιστεί κάποιο ρυπασμένο σημείο.

Για κάθε πιθανά ρυπασμένο σημείο που αξιολογήθηκε κατά τη διάρκεια της Φάσης Εντοπισμού II, τα αποτελέσματα μπορεί να είναι τα παρακάτω:

- Υπάρχει διαφυγή ρύπων προς ένα ή περισσότερα περιβαλλοντικά μέσα.
- Δεν έχει υπάρξει διαφυγή ρύπων προς το περιβάλλον.

Η αξιολόγηση των δεδομένων του Σταδίου Εντοπισμού II προϋποθέτει γνώση της ποιότητας του εδάφους και των υδάτων της ευρύτερης περιοχής που βρίσκεται ο υπό εξέταση χώρος. Για να κριθεί εάν οι συγκεντρώσεις των ρύπων που ανιχνεύθηκαν προέρχονται από κάποια ρυπογόνο πηγή ή είναι οι φυσικές συγκεντρώσεις του εδάφους και των υδάτων της ευρύτερης περιοχής, απαιτούνται οι ακόλουθες επιπρόσθετες πληροφορίες:

- Αναλύσεις εδαφών και υδάτων από παρακείμενες μη ρυπασμένες περιοχές με παρόμοια γεωλογικά χαρακτηριστικά.
- Παρουσία άλλων συγγενών προς τους πιθανούς ρύπους ενώσεων, π.χ. μεθάνιο εάν υπάρχει υποψία ρύπανσης από υδρογονάνθρακες.
- Μετρήσεις θολότητας στα δείγματα νερού.
- Μετρήσεις εκπλυσιμότητας του εδάφους, δηλαδή πόσο εύκολα μπορούν οι δυνητικά ρυπογόνες ουσίες να μετακινηθούν από τη στερεή (έδαφος) στην υγρή (υδατική) φάση.

Τα αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων αξιολογούνται πάντα σε συνδυασμό με τα εθνικά ή ευρωπαϊκά όρια για τους υπό εξέταση ρύπους στο έδαφος και στα υπόγεια νερά. Για παράδειγμα, σε μετρήσεις υπόγειων υδάτων πιθανά ρυπασμένου χώρου, ανιχνεύθηκε αρσενικό σε επίπεδα 30  $\mu\text{g/l}$ , τιμή που υπερβαίνει κατά πολύ το Ευρωπαϊκό όριο για το αρσενικό στο πόσιμο νερό (10  $\mu\text{g/l}$ ). Σε αναλύσεις που έγιναν στον υδροφόρο ορίζοντα σε περιοχές περιφερειακά του εξεταζόμενου χώρου, οι τιμές του αρσενικού κυμαίνονταν μεταξύ 25 και 35  $\mu\text{g/l}$ . Σε αυτή τη περίπτωση, κρίνεται αναγκαία η παρακολούθηση της ποιότητας

των υπόγειων υδάτων σε βάθος χρόνου (τόσο στον πιθανά ρυπασμένο χώρο όσο και στις παρακείμενες περιοχές), ανάλογα με τον εξ αρχής σχεδιασμό του χαρακτηρισμού.

#### Τεχνική Έκθεση Σταδίου Εντοπισμού II

Η Τεχνική Έκθεση του Σταδίου Εντοπισμού II πρέπει να αποτελείται από μια ακριβής, περιεκτική και τεκμηριωμένη παρουσίαση των ευρημάτων, των δράσεων του Σταδίου Εντοπισμού II και του βελτιωμένου εννοιολογικού μοντέλου. Σε περιπτώσεις όπου οι στόχοι του Σταδίου Εντοπισμού I είναι ενσωματωμένοι στο Στάδιο Εντοπισμού II, τότε κρίνεται σκόπιμη μια συνδυασμένη Τεχνική Έκθεση που να καλύπτει και τα 2 στάδια. Η Τεχνική Έκθεση του Σταδίου Εντοπισμού II πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον τα παρακάτω σημεία:

- Εισαγωγή με το στόχο, τους σκοπούς και το λογικό υπόβαθρο του Σταδίου Εντοπισμού II.
- Παρουσίαση του βελτιωμένου προκαταρκτικού εννοιολογικού μοντέλου (που αρχικά είχε δημιουργηθεί στο Στάδιο Εντοπισμού I), συμπεριλαμβανομένων των κάτωθι παραμέτρων:
  - ο μιας περίληψης των υφισταμένων αλλά και παλαιότερων περιβαλλοντικών συνθηκών του χώρου,
  - ο των δραστηριοτήτων στο χώρο έως σήμερα,
  - ο της αναγνώρισης πιθανά ρυπασμένων περιοχών,
  - ο των πιθανών μηχανισμών διαφυγής των ρύπων και των εμπλεκομένων περιβαλλοντικών μέσων (έδαφος, νερό),
  - ο των πιθανών ρύπων και των πιθανών μηχανισμών μετακίνησης αυτών.
  - ο των πιθανών αποδεκτών.
- Ανάλυση της προαπαιτούμενης ποιότητας για τις δράσεις του Σταδίου Εντοπισμού II.
- Περίληψη των εργασιών του Σταδίου Εντοπισμού II, όπως αναλύθηκαν παραπάνω, συμπεριλαμβανομένου του σκεπτικού που οδήγησε στη μεθοδολογία δειγματοληψίας και των χαρακτηριστικών των φρεατίων για τη λήψη δειγμάτων νερού.
- Αποτελέσματα των εργασιών του Σταδίου Εντοπισμού II, συμπεριλαμβανομένης μιας αξιολόγησης της ποιότητας αυτών.
- Παρουσίαση του τρισδιάστατου εννοιολογικού μοντέλου σε συνδυασμό με τα συμπεράσματα που προσδιορίζουν εάν έχει υπάρξει διαφυγή ρύπων προς το περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένου του σκεπτικού που οδήγησε σε αυτά τα συμπεράσματα – εάν υπάρχουν κενά γνώσης που δεν επιτρέπουν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τα εξεταζόμενα σημεία, αυτά πρέπει να τονιστούν και να αναζητηθούν είτε με συμπληρωματικές δράσεις, είτε στο πλαίσιο ενός περιορισμένου Σταδίου Εντοπισμού III.

### 3.3. Απαιτήσεις σε πόρους

Η καταγραφή των απαραίτητων πόρων για τη πραγματοποίηση του χαρακτηρισμού αποτελεί μέρος ενός ενιαίου σχεδιασμού των πόρων χαρακτηρισμού, αποκατάστασης και παρακολούθησης του χώρου. Ο σχεδιασμός των απαραίτητων πόρων πρέπει να περιλαμβάνει τις παρακάτω ενότητες:

- Ελάχιστες απαιτήσεις σε ανθρώπινο δυναμικό – βάσει ποιοτικών και ποσοτικών κριτηρίων- για όσο χρόνο διαρκούν οι φάσεις χαρακτηρισμού, αποκατάστασης και παρακολούθησης:
  - 1<sup>ο</sup> Στάδιο εντοπισμού: Τριμελής (3) επιστημονική ομάδα, η οποία εκτός από τις επί τόπου εξετάσεις και τον γενικότερο συντονισμό και καθοδήγηση των δράσεων, θα είναι υπεύθυνη και για την τήρηση του χρονοδιαγράμματος, του οικονομικού προϋπολογισμού των δράσεων χαρακτηρισμού και την επικοινωνία με τους εμπλεκόμενους δημόσιους/ιδιωτικούς φορείς. Το κάθε μέλος της ομάδας θα αναλάβει από ένα τομέα, δηλαδή τον επιστημονικό/τεχνικό, τον διοικητικό και τον οικονομικό. Επιπλέον απαιτείται ένα (1) άτομο υπεύθυνο για την ανάπτυξη του εννοιολογικού μοντέλου
  - 2<sup>ο</sup> Στάδιο εντοπισμού: Η παραπάνω τριμελής επιστημονική ομάδα και ο υπεύθυνος του εννοιολογικού μοντέλου συνεπικουρούμενοι από ομάδα εργασίας αποτελούμενη από:
    - Δύο (2) υπεύθυνους για τη δειγματοληψία
    - Δύο (2) υπεύθυνους για τη φύλαξη, διατήρηση και ανάλυση των δειγμάτων στο εργαστήριο
- Υλικά/εξοπλισμός σχετικά με τα ακόλουθα:
  - Βασική υποδομή (είδη χάρτου, δειγματοληπτικός εξοπλισμός, αναλυτικά όργανα) και αναλώσιμα
  - Συντήρηση και επισκευή εξοπλισμού και οργάνων
  - Μετατροπές και παρεμβάσεις στο φυσικό χώρο, όπως εκσκαφές, κατεδαφίσεις και υποστυλώσεις
  - Μεταφορά ανθρώπινου δυναμικού και δειγμάτων από και προς τον εξεταζόμενο χώρο
- Ποσότητες των παραπάνω, για όσο χρόνο διαρκούν οι φάσεις χαρακτηρισμού, αποκατάστασης και παρακολούθησης
- Καταγραφή των διαθέσιμων οικονομικών πόρων για κάθε φάση
- Καταγραφή των μέσων μεταφοράς και αποθήκευσης δειγμάτων και άλλων υλικών

Ο σχεδιασμός πρέπει να είναι ευέλικτος έτσι ώστε να μπορεί να αντιμετωπίσει τυχόν απρόβλεπτες ανάγκες σε ανθρώπινο δυναμικό και υλικά ή/και περικοπές σε οικονομικούς πόρους.

### 3.4. Βασικά προβλήματα κατά τη διάρκεια του χαρακτηρισμού του χώρου

Οι κυριότεροι λόγοι αποτυχίας μακροχρόνιων προγραμμάτων παρακολούθησης και αποκατάστασης ρυπασμένων χώρων είναι οι ακόλουθοι [36]:

- Ανακριβής ή ατελής προσδιορισμός της γεωλογίας και της υδρογεωλογίας του χώρου, που έχει ως αποτέλεσμα τη λανθασμένη τοποθέτηση των σημείων παρακολούθησης της ρύπανσης (φρεατίων και άλλων).
- Επιλογή αναποτελεσματικών μεθόδων αποκατάστασης.
- Ελλιπής προσδιορισμός της κατανομής του ρυπαντικού φορτίου στο έδαφος και στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, με αποτέλεσμα την τοποθέτηση λιγότερων ή περισσότερων σημείων παρακολούθησης από όσα χρειάζονται.
- Ανεπαρκής συλλογή χημικών δεδομένων (π.χ. λανθασμένη επιλογή ρύπων για παρακολούθηση ή λανθασμένα όρια ανίχνευσης), που έχει ως αποτέλεσμα την παρακολούθηση μέσω μειωμένου αριθμού χημικών παραμέτρων και την επιλογή ακατάλληλων μεθόδων χημικής ανάλυσης.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, το αίτιο για τα προαναφερθέντα προβλήματα είναι το υψηλό κόστος συλλογής και ανάλυσης δειγμάτων εδάφους, νερού κ.α., που σημαίνει ότι οι εμπλεκόμενοι φορείς μειώνουν τον αριθμό των δειγμάτων που απαιτείται για την περιγραφή της ρύπανσης του χώρου.

Όσο αφορά στη ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, η επιτυχής εφαρμογή ενός μακροχρόνιου προγράμματος παρακολούθησης των ρύπων προϋποθέτει την καταγραφή συγκεκριμένων και λεπτομερών δεδομένων, που θα επιτρέψουν την σωστή εγκατάσταση φρεατίων παρακολούθησης (monitoring wells) και τη συλλογή αντιπροσωπευτικών δειγμάτων νερού. Μέσω των σημείων παρακολούθησης είναι δυνατός ο εντοπισμός μεταβολών στην χημεία των υδάτων. Όσον αφορά στο πρόγραμμα περιβαλλοντικής αποκατάστασης, τα δεδομένα που συλλέγονται πρέπει να έχουν ως σημείο αναφοράς το είδος και την φύση των ρύπων. Με αυτόν τον τρόπο, οι προτεινόμενες μέθοδοι αποκατάστασης θα είναι προσαρμοσμένες στις συνθήκες και στα προβλήματα του εκάστοτε χώρου.

#### Πρόβλημα ανομοιογένειας του χώρου και της ρύπανσης

Στις περισσότερες περιπτώσεις της εφαρμογής μεθοδολογίας χαρακτηρισμού ενός πιθανά ρυπασμένου χώρου, τα δεδομένα προέρχονται από δειγματοληψίες σε επιλεγμένα σημεία του εδάφους και των υδάτων και ανάλυση αυτών για ρύπους. Το κόστος ανάλυσης ανά δείγμα

είναι αρκετά υψηλό, λόγω του σύγχρονου εξοπλισμού και του εξειδικευμένου επιστημονικού προσωπικού που απαιτείται. Κατά συνέπεια, υπάρχει ισχυρό οικονομικό κίνητρο για ελαχιστοποίηση του αριθμού δειγμάτων, που έχει όμως ως αποτέλεσμα τη συλλογή δεδομένων που δεν είναι αντιπροσωπευτική για το ρυπασμένο χώρο. Ο όγκος των υγρών και στερεών δειγμάτων, που επεξεργάζονται, είναι κατά πολύ μικρότερος από το συνολικό όγκο του εδάφους και των υδάτων, που περιλαμβάνονται στα όρια του χώρου. Η μετέπειτα αναγωγή των αποτελεσμάτων στο σύνολο του χώρου, εμπεριέχει τον κίνδυνο αλλοίωσης των συμπερασμάτων.

Εάν η συγκέντρωση των ρύπων ήταν σχετικά σταθερή σε όλη την έκταση του χώρου, τότε η εξαγωγή συμπερασμάτων από λίγες μόνο δειγματοληψίες θα ήταν ασφαλής. Στη πραγματικότητα, τα εδάφη και τα νερά παρουσιάζουν από μέτρια έως μεγάλη ανομοιογένεια. Μελέτες πεδίου έχουν δείξει ότι η ανομοιογένεια που προκύπτει από τις περιβαλλοντικές συνθήκες του χώρου και τη κατανομή της ρύπανσης, παρεμποδίζει σημαντικά την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων από την ανάλυση μικρού αριθμού δειγμάτων. Η περιβαλλοντική ανομοιογένεια είναι έμφυτη στα εδάφη και σε άλλους γεωλογικούς σχηματισμούς καθώς και στα αέρια του εδάφους, στα επιφανειακά και υπόγεια νερά και στον ατμοσφαιρικό αέρα. Έχει αποδειχθεί ότι η περιβαλλοντική διαμόρφωση του χώρου ενισχύει την ανομοιογένεια του ρυπαντικού φορτίου, με αποτέλεσμα η κατανομή των ρύπων να μεταβάλλεται σημαντικά από σημείο σε σημείο, ακόμα και αν αυτά απέχουν λίγα μέτρα. Η ανομοιογένεια του ρυπαντικού φορτίου είναι επίσης αποτέλεσμα των μηχανισμών κίνησης, μεταβολής και αλληλεπίδρασης των ρύπων με τον αέρα, το έδαφος και το νερό. Όλοι αυτοί οι μηχανισμοί είναι διαφορετικοί από χώρο σε χώρο και μοναδικοί για κάθε περίπτωση.

Οι επιπτώσεις της ανομοιογένειας στη ποιότητα των δεδομένων έχουν μελετηθεί διεξοδικά. Μελέτη των Homsher et al. [43] για λογαριασμό της Αμερικανικής EPA, έδειξε ότι 70-90% της ασυμβατότητας των δεδομένων οφείλεται στη περιβαλλοντική ανομοιογένεια και το υπόλοιπο 10-30% στις δειγματοληψίες και στις τεχνικές ανάλυσης των δειγμάτων. Όμως, σε αντίθεση με ότι θα περίμενε κάποιος, οι προσπάθειες από τότε έχουν επικεντρωθεί στη βελτίωση των μεθόδων δειγματοληψίας και ανάλυσης και όχι στην αύξηση της πυκνότητας των δειγματοληψιών που περιγράφουν την περιβαλλοντική κατάσταση του χώρου.

Όταν η γεωγραφική πυκνότητα των ληφθέντων δειγμάτων είναι ανεπαρκής για να χαρακτηρίσει την ανομοιογένεια του μέσου, τότε δημιουργούνται ελλιπή ή ανεπαρκή εννοιολογικά μοντέλα, τα οποία με τη σειρά τους οδηγούν την επιστημονική ομάδα σε λανθασμένα συμπεράσματα. Οι όποιες εκτιμήσεις αναφορικά με τη φύση και την έκταση της ρύπανσης πιθανόν να μην αντιπροσωπεύουν τη πραγματική κατάσταση. Τελικά, καταλήγουμε σε βεβαιασμένες επιλογές μεθόδων αποκατάστασης, οι οποίες αποτυγχάνουν στο σκοπό τους με αποτέλεσμα την επανάληψη της φάσης του χαρακτηρισμού και πιθανόν και μιας διαφορετικής μεθόδου αποκατάστασης.

Η παραγωγή αντιπροσωπευτικών δεδομένων από τις δειγματοληψίες είναι μια σύνθετη εργασία όταν εξετάζονται ανομοιογενή περιβαλλοντικά μέσα, όπως γεωλογικά υλικά. Αν και τα δεδομένα που προέρχονται από συγκεκριμένα δείγματα του μέσου μπορεί να είναι σωστά από αναλυτική πλευρά, η αναγωγή των αποτελεσμάτων σε όλη την έκταση ή βάθος του μέσου μπορεί να δημιουργήσει μια παραπλανητική εικόνα. Η αβεβαιότητα αναφορικά με την αντιπροσωπευτικότητα των δειγμάτων μετριάζεται εάν χρησιμοποιηθούν οικονομικότερες αναλυτικές τεχνικές πεδίου, οι οποίες θα επιτρέψουν τη λήψη περισσότερων δειγμάτων στο ίδιο συνολικό κόστος.

Στον Πίνακα 3-5 συνοψίζονται οι παράμετροι χαρακτηρισμού, όπως αναλύθηκαν προηγουμένως. Εάν μετά το τέλος των 2 σταδίων εντοπισμού, η επιστημονική ομάδα εισηγηθεί ότι δεν υπάρχει ρύπανση σε κανένα σημείο του χώρου ή ότι υπάρχει ρύπανση σε τόσο χαμηλά επίπεδα ώστε να μην αποτελεί κίνδυνο για τον άνθρωπο και το περιβάλλον, τότε οι υπεύθυνοι για τον εξεταζόμενο χώρο μπορούν να αποφανθούν ότι ο χαρακτηρισμός έχει ολοκληρωθεί και ο χώρος μπορεί να παραδοθεί για χρήση ή ανάπτυξη. Εάν η εισήγηση της επιστημονικής ομάδας υποδεικνύει ένα ή περισσότερα σημεία ρύπανσης που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης, τότε ξεκινάει η διαδικασία λήψης απόφασης για την εφαρμογή μέτρων αποκατάστασης και η εξέταση τεχνολογιών αποκατάστασης του χώρου. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση, αποφασίζεται η διενέργεια συμπληρωματικών δράσεων χαρακτηρισμού.

Η αρχική αξιολόγηση των διαθέσιμων πληροφοριών και η ανάπτυξη ενός τρισδιάστατου εννοιολογικού μοντέλου είναι πολύτιμα εργαλεία κατά τη σχεδίαση των δύο φάσεων εντοπισμού. Η τακτική και πολυδιάστατη ενημέρωση του μοντέλου με νέα δεδομένα αυξάνει σημαντικά τις πιθανότητες για επιτυχή τελική εκτίμηση της περιβαλλοντικής κατάστασης του χώρου και των κινδύνων που απορρέουν από αυτή. Η σταδιακή προσέγγιση του προβλήματος είναι απαραίτητη για να εξασφαλιστεί τόσο η βεβαιότητα των τελικών συμπερασμάτων για τη περιβαλλοντική κατάσταση του χώρου, όσο και η οικονομία και αποτελεσματικότητα στην επιλογή της σωστής τεχνολογίας αποκατάστασης.

**Πίνακας 3-5:** Παράμετροι χαρακτηρισμού ρυπασμένου χώρου [36].

<b>Στάδιο Εντοπισμού Ι</b>	<p><i>Γεωγραφική περιγραφή</i>  Τοποθεσία  Αεροφωτογραφίες  Χωροταξικές βελτιώσεις  Περιγραφή δικτύων ηλεκτρισμού, νερού, φυσικού αερίου  Περιγραφή λειτουργικών περιοχών  Επιφανειακή διαμόρφωση</p> <p><i>Ιστορική περιγραφή</i>  Ιδιοκτήτες έκτασης και εγκαταστάσεων  Χρονικές περιόδους ιδιοκτησίας  Χρονικές περιόδους λειτουργίας  Χρήσεις  Παραγωγή/χρήση/διαχείριση δυνητικά τοξικών ουσιών/υλικών  Άλλες παράμετροι</p> <p><i>Προγενέστερες μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων ή άλλες μελέτες</i></p> <p><i>Περιβαλλοντική περιγραφή</i>  Φυσικό περιβάλλον  Τοπογραφία  Γεωλογία  Υδρολογία και υδρογεωλογία  Οικολογία  Ανθρωπογενές περιβάλλον  Δραστηριότητες στο χώρο  Ποιότητα επιφανειακών και υπόγειων υδάτων  Χρήσεις επιφανειακών και υπόγειων υδάτων  Τροποποιήσεις φυσικού περιβάλλοντος</p> <p><i>Επί τόπου εξέταση του χώρου</i>  Ημερομηνία και ώρα εξέτασης  Στοιχεία επιστημονικής ομάδας  Αναλυτικές συνεντεύξεις - ερωτηματολόγια  Αρχείο λειτουργίας και συμβάντων  Πιθανά εμπόδια στην οπτική επαφή ή/και πρόσβαση  Κατάσταση καθαριότητας  Ύπαρξη σκόνης, δυσχρωμιών, οσμών και πάσης φύσεως καταλοίπων  Χώροι αποθήκευσης υλικών, ουσιών και αποβλήτων  Λάκκοι και λίμνες  Επίγειες σωληνώσεις  Στραγγίσματα και άλλα ελαιώδη απόβλητα  Τοπογραφικές αλλαγές  Ασφαλτοστρωμένες περιοχές  Ορατά δίκτυα παροχής υπηρεσιών  Σταθμοί μεταφόρτωσης υλικών/ουσιών  Εγκαταστάσεις συντήρησης  Ορατές πηγές ρύπανσης εκτός του εξεταζόμενου χώρου  Εγκαταστάσεις επεξεργασίας και απόρριψης υγρών και στερεών αποβλήτων</p>
----------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Στάδιο Εντοπισμού II</b>	<p>Σημεία πρόσβασης Κάδοι απορριμμάτων Υδρορροές και άλλοι συλλέκτες υγρών Ορατός εξωτερικός εξοπλισμός Ενδείξεις από απόρριψη στερεών αποβλήτων, Άλλα στοιχεία</p>
	<p>Τρισδιάστατο εννοιολογικό μοντέλο Δειγματοληψία των απαραίτητων περιβαλλοντικών μέσων, βάσει εννοιολογικού μοντέλου και άλλων κριτηρίων Έδαφος Νερό Αέρια εδάφους</p>
	<p>Καθορισμός ρυπασμένων σημείων και μηχανισμών διαφυγής Καθορισμός μετακίνησης και πιθανών διαδρομών των ρύπων</p>

### 3.5. Προστασία και ασφάλεια εργαζομένων κατά τη διάρκεια των δράσεων χαρακτηρισμού

Η εκτίμηση της ρύπανσης σε έναν χώρο είναι πιθανό να εμπεριέχει κινδύνους για τους εργαζόμενους, οι οποίοι εμπλέκονται με τις δράσεις του χαρακτηρισμού. Και στα δύο στάδια εντοπισμού, η ασφάλεια και η υγεία των εργαζομένων είναι πρωτίστης σημασίας και ως εκ τούτου προστατεύεται και εν μέρη εξασφαλίζεται από το υφιστάμενο Ευρωπαϊκό και Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο, το οποίο διαρκώς ανανεώνεται και γίνεται πιο ακριβές και αυστηρό [46].

Από τις πλέον σημαντικές σχετικές ρυθμίσεις, ξεχωρίζει ο καθορισμός της έννοιας του «Τεχνικού Ασφαλείας», του οποίου ο ρόλος είναι να: **α) συμβουλεύει σε θέματα:** σχεδιασμού, προγραμματισμού, κατασκευής και συντήρησης των εγκαταστάσεων, εισαγωγής νέων παραγωγικών διαδικασιών, κα., **β) ελέγχει:** την ασφάλεια των εγκαταστάσεων και των τεχνικών μέσων, πριν από τη λειτουργία τους, την ασφάλεια των παραγωγικών διαδικασιών και μεθόδων εργασίας, πριν από την εφαρμογή τους, την εφαρμογή των μέτρων υγιεινής και ασφάλειας της εργασίας και πρόληψης των ατυχημάτων. **γ) ενημερώνει** σχετικά τους αρμόδιους προϊσταμένους των τμημάτων ή τη διεύθυνση της επιχείρησης.

Για την επίβλεψη των συνθηκών εργασίας, ο Τεχνικός Ασφαλείας (ΤΑ) έχει την υποχρέωση, μεταξύ άλλων, να επιθεωρεί τακτικά τις θέσεις εργασίας από πλευράς ΑΥΕ, να αναφέρει στον εργοδότη οποιαδήποτε παράλειψη των μέτρων ΑΥΕ (Ασφάλεια Υγείας Εργαζομένων), να προτείνει μέτρα αντιμετώπισης των προβλημάτων ΑΥΕ και να επιβλέπει την εφαρμογή τους, να ερευνά τα αίτια των εργατικών ατυχημάτων, να αναλύει και αξιολογεί τα αποτελέσματα των ερευνών του και να προτείνει μέτρα για την αποτροπή παρόμοιων ατυχημάτων και να συμμετέχει στη διεξαγωγή της εκτίμησης του επαγγελματικού κινδύνου.

Για τη βελτίωση των συνθηκών εργασίας στην επιχείρηση ο ΤΑ έχει υποχρέωση, μεταξύ άλλων, να μερινιά ώστε οι εργαζόμενοι στην επιχείρηση να τηρούν τους κανόνες ασφάλειας και υγιεινής, να ενημερώνει και να καθοδηγεί τους εργαζόμενους για την αποτροπή του επαγγελματικού κινδύνου και να συμμετέχει στην κατάρτιση και εφαρμογή των προγραμμάτων εκπαίδευσης των εργαζομένων σε θέματα ΑΥΕ.

Μετά τη δημοσίευση του Π.Δ. 305/96, καθίσταται υποχρεωτική η σύνταξη και συνυποβολή με τη μελέτη κάθε έργου:

- A) Σχεδίου Ασφάλειας & Υγείας (ΣΑΥ)
- B) Φακέλου Ασφάλειας & Υγείας (ΦΑΥ)

Την ευθύνη και τη μέριμνα της κατάρτισης του Σχεδίου Ασφάλειας και Υγείας και του Φακέλου Ασφάλειας & Υγείας έχει ο εργολάβος ολόκληρου του έργου, κι αν αυτός δεν υπάρχει, τότε την έχει ο κύριος του έργου.

Σε αντίθεση με το Σχέδιο Ασφάλειας & Υγείας, του οποίου τα περιεχόμενα χρησιμεύουν για την πρόληψη ατυχημάτων και βλαβών της υγείας των εργαζομένων κατά τη διάρκεια της κατασκευής, ο Φάκελος Ασφάλειας & Υγείας αποτελεί ένα αρχείο στοιχείων, οδηγιών και υποδείξεων για αντίστοιχη πρόληψη μετά την κατασκευή, και καθ όλη τη διάρκεια της ζωής του έργου. Περιλαμβάνει κατά μεγάλο μέρος στοιχεία και πληροφορίες για το έργο ως κατεσκευάσθη, τα οποία θα συλλέγονται και ενσωματώνονται στο ΦΑΥ σε διαδοχικές ενημερώσεις του, από το συντονιστή Α&Υ στη διάρκεια της κατασκευής, από τον ιδιοκτήτη, τους συντηρητές και τους χρήστες του έργου σε μεταγενέστερους της κατασκευής χρόνους. Ο συντονιστής Α&Υ κατά τη φάση της μελέτης συμπληρώνει τον ΦΑΥ, ως πρώτος συντάκτης του, μόνο αναφορικά με τα στοιχεία που αφορούν στη μελέτη.

Συχνά, κίνδυνοι για την υγεία του προσωπικού προέρχονται από δευτερογενείς παράγοντες, οι οποίοι μπορεί να είναι ανεξάρτητοι από την επικινδυνότητα των ρύπων στον εξεταζόμενο χώρο, όπως είναι οι υψηλές θερμοκρασίες και ο θόρυβος. Ένας πιθανά ρυπασμένος χώρος, μπορεί να εκθέσει σε κίνδυνο τους εργαζόμενους με έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω τρόπους:

- Επαφή με χημικές ουσίες/απόβλητα
- Φωτιά και έκρηξη
- Δημιουργία περιβάλλοντος μειωμένου οξυγόνου
- Ραδιενέργεια
- Έκθεση σε βιολογικό υλικό/δείγματα, συμπεριλαμβανομένων ιών και βακτηρίων
- Χρήση ηλεκτρολογικού/μηχανολογικού εξοπλισμού
- Έκθεση σε υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες
- Θόρυβος
- Καιρικές συνθήκες

- Βαρύς εξοπλισμός/εργαλεία
- Μορφολογία του εδάφους και γενικότερα επιφάνειες με κλίση

Για την εξασφάλιση και την προστασία της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων, εκτός από νομοθετικές ρυθμίσεις, έχουν καθιερωθεί και ορισμένα πρότυπα, τα οποία πρέπει να ακολουθούνται και να τηρούνται σε κάθε είδους εργασία. Σύμφωνα με στοιχεία μελέτης του ΕΛΙΝΥΑΕ υπάρχουν 3 κύρια ευρωπαϊκά πρότυπα για συστήματα διαχείρισης υγείας και ασφάλειας της εργασίας: το Βρετανικό και το Ισπανικό, που αφορούν γενικά σε συστήματα ΥΑΕ σε μια επιχείρηση και το Ιταλικό, που αφορά σε συστήματα ασφάλειας σε εγκαταστάσεις με πιθανότητα μεγάλου βιομηχανικού ατυχήματος. Συγκεκριμένα:

- Ο Βρετανικός φορέας τυποποίησης, το British Standards Institution (BSI), έχει αναπτύξει το πρότυπο BS 8800:1996 – “Guide to Occupational Health and Safety Management Systems”.
- Ο Ισπανικός φορέας τυποποίησης AENOR έχει αναπτύξει το πρότυπο “UNE 81900:1996 – “Prevention of Occupational Risks. General Rules for Implementation of an Occupational Safety and Health Management System (O.S.H.M.S.)”.
- Ο Ιταλικός φορέας τυποποίησης UNI έχει αναπτύξει τα πρότυπα UNI 10616:1997 – “Major Hazard Process Plants. Safety Management for the Operation. Fundamental Criteria for the Implementation” και UNI 10617:1997 – “Major Hazard Process Plants. Safety Management for the Systems. Essential Requirements”.

Στην Ευρώπη υπάρχουν τρεις οργανισμοί τυποποίησης, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (European Committee for Standardization - CEN), η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ηλεκτροτεχνικής Τυποποίησης (European Committee for Electrotechnical Standardization - CENELEC) και το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (European Telecommunications Standards Institute - ETSI).

Η CEN είναι εγκατεστημένη, από το 1957, στις Βρυξέλες. Μέλη της CEN είναι οι εθνικοί φορείς τυποποίησης των χωρών: Αυστρίας, Βελγίου, Τσεχίας, Γαλλίας, Γερμανίας, Δανίας, Ελβετίας, Ελλάδας, Ηνωμένου Βασιλείου, Ιρλανδίας, Ισλανδίας, Ισπανίας, Ιταλίας, Λουξεμβούργου, Νορβηγίας, Ολλανδίας, Πορτογαλίας, Σουηδίας και Φιλανδίας. Ο αντίστοιχος Ελληνικός φορέας είναι ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛΟΤ).

Ένα από τα πιο αναγνωρισμένα διεθνώς πρότυπα για την πιστοποίηση του Συστήματος Διαχείρισης Υγείας και Ασφάλειας ενός οργανισμού αποτελεί το OHSAS 18001, το οποίο μάλιστα έχει «υιοθετηθεί» από τον ΕΛΟΤ με το πρότυπο ΕΛΟΤ 1801. Τόσο το ΕΛΟΤ 1801 όσο και το OHSAS 18001 θέτουν τις απαιτήσεις για την ανάπτυξη και εφαρμογή ενός αποτελεσματικού Συστήματος Διαχείρισης της Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία. Και τα δύο τυποποιητικά κείμενα μπορεί να εφαρμοστούν από οποιονδήποτε οργανισμό ενδιαφέρεται, ανεξάρτητα από το μέγεθος ή τον τομέα στον οποίο δραστηριοποιείται.

Επιπροσθέτως, έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι συμβατά με άλλα πρότυπα συστημάτων διαχείρισης όπως ΕΛΟΤ EN ISO 9001, ΕΛΟΤ EN ISO 14001 και ΕΛΟΤ EN ISO 22000, ώστε να είναι δυνατή η ενοποίηση διαφορετικών συστημάτων διαχείρισης σε ένα ενιαίο ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης.

Επίσης, τα πρότυπα ISO 9000, μεταξύ άλλων προβλέπουν θέματα υγείας και ασφάλειας της εργασίας, στα πλαίσια των «ελεγχόμενων συνθηκών εργασίας», όπου αναφέρεται η «χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού για την παραγωγή και την εγκατάσταση και το κατάλληλο περιβάλλον εργασίας». Η συγκεκριμένη διατύπωση επιβάλλει στις επιχειρήσεις την ενσωμάτωση της υγείας και ασφάλειας στη διαδικασία

Επίσης, γνωστά και διαδεδομένα είναι τα πρότυπα περιβαλλοντικής διαχείρισης ISO 14000, τα οποία ουσιαστικά συνδέουν το εργασιακό με το ευρύτερο περιβάλλον. Σε αυτά γίνεται αναφορά στην πρόληψη της μόλυνσης του αέρα και του θορύβου, στη διαχείριση των επικίνδυνων υλικών, στη συστηματική εκτίμηση των κινδύνων στον χώρο εργασίας και στην πρόληψη των ατυχημάτων.

Εκτός από τα προαναφερόμενα, υπάρχουν πολλά επιπλέον πρότυπα, τα οποία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν, βάσει του περιεχομένου τους, ως εξής:

- Πρότυπα σχετικά με **βλαπτικούς παράγοντες στο εργασιακό περιβάλλον**, όπου συμπεριλαμβάνονται τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, το θερμικό περιβάλλον, ο θόρυβος-ακουστική, οι δονήσεις, οι εκρηκτικές ατμόσφαιρες και οι χημικές ουσίες. Τα πρότυπα αυτά αφορούν κυρίως σε μετρήσεις και μέτρα για τη διαχείριση των επιμέρους κινδύνων στους χώρους εργασίας.
- Πρότυπα σχετικά με **πυροπροστασία**, όπου συμπεριλαμβάνονται προδιαγραφές για αυτόματα συστήματα πυρανίχνευσης, χειροκίνητα μέσα πυροσβεστικού εξοπλισμού, πυροσβεστικούς σωλήνες, συστήματα πυρόσβεσης και εξοπλισμού πυροσβεστικής υπηρεσίας.
- Πρότυπα σχετικά με **ασφάλεια μηχανών**, όπου υπάρχουν δύο μέρη, ένα γενικό για κάθε είδους μηχανή και ένα ειδικό, που αφορά μηχανές για συγκεκριμένες χρήσεις. Στο πρώτο μέρος συμπεριλαμβάνονται γενικές αρχές σχεδιασμού για την ασφάλεια των μηχανών, αρχές διαστασιολόγησης των μηχανών, βάσει ανθρωπομετρικών δεδομένων, διατάξεις ασφαλείας, αξιολόγηση των εκπομπών επικίνδυνων ουσιών, καθώς και σχεδιασμός οπτικών και ακουστικών σημάτων κινδύνου των μηχανών. Στο δεύτερο μέρος συμπεριλαμβάνονται γεωργικά μηχανήματα, μηχανήματα οδοποιίας, χωματουργικά μηχανήματα, κα..
- Πρότυπα σχετικά με **εργονομία**, όπου συμπεριλαμβάνονται εργονομικές απαιτήσεις για το σχεδιασμό και εργονομικές απαιτήσεις για εργασία με οθόνες οπτικής απεικόνισης.
- Πρότυπα σχετικά με **μέσα ατομικής προστασίας**, όπου γίνεται ένας διαχωρισμός σε προστατευτική ενδυμασία, όπου συμπεριλαμβάνονται ο ρουχισμός, τα γάντια, τα

υποδήματα, τα κράνη και τα σωσίβια και σε προστατευτικό εξοπλισμό, όπου συμπεριλαμβάνονται τα μέσα προστασίας ματιών, ακοής, αναπνοής, καθώς και τα μέσα προστασίας από πτώσεις και εξοπλισμός διάσωσης.

#### Σύνταξη σχεδίου ασφαλείας και υγείας

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και τις προτάσεις του ΤΕΕ, ένα πλήρες σχέδιο ασφαλείας οφείλει να περιγράφει και να διευκρινίζει, αφού ληφθούν υπόψη οι τυχόν δραστηριότητες εκμετάλλευσης, που διεξάγονται, στον τόπο του έργου:

1. κανόνες, που θα εφαρμόζονται στο εργοτάξιο,
2. ειδικά μέτρα για τις εργασίες, που ενέχουν ειδικούς κινδύνους:
  - για τις εργασίες, που ενέχουν σημαντικούς κινδύνους, όπως:
    - ο κίνδυνοι πτώσης από ύψος,
    - ο κίνδυνοι καταπλάκωσης, βουλιαγματος σε άμμο/λάσπη,
    - ο κίνδυνοι που συνδέονται με τη χρήση χημικών ή βιολογικών προϊόντων,
    - ο κίνδυνοι που συνδέονται με εργασίες με ιονίζουσες ακτινοβολίες,
    - ο κίνδυνοι κατά τη διάρκεια εργασιών κοντά σε ηλεκτρικούς αγωγούς υψηλής τάσης,
    - ο κίνδυνοι πνιγμού.
  - για τις εργασίες:
    - ο καταδύσεων,
    - ο θαλάμων πεπιεσμένου αέρα,
    - ο συναρμολόγησης ή αποσυναρμολόγησης βαρέων προκατασκευα-σμένων στοιχείων,
    - ο που συνεπάγονται τη χρήση εκρηκτικών υλών.
3. στοιχεία για:
  - την προσπέλαση στο εργοτάξιο και την ασφαλή πρόσβαση στις θέσεις εργασίας,
  - την ανάλυση πορείας κατασκευής σε φάσεις,
  - την κυκλοφορία πεζών και οχημάτων εντός του εργοταξίου,
  - την ανάλυση μεθόδων εργασίας κατά φάσεις,
  - τον καθορισμό χώρων αποθήκευσης υλικών και τρόπου αποκομιδής ακρήστων,
  - τις συνθήκες αποκομιδής επικινδυνων υλικών,
  - τη διευθέτηση χώρων υγιεινής, εστίασης και Α' βοηθειών,
  - τη μελέτη κατασκευής ικριωμάτων όταν δεν περιγράφονται από τις ισχύουσες διατάξεις.

Σε χώρες του εξωτερικού και συγκεκριμένα στις Η.Π.Α. η ανάπτυξη ειδικών σχεδίων ασφαλείας, ανάλογα με την εκάστοτε δραστηριότητα, έχει οδηγήσει στη δημιουργία μιας ιδιαίτερα χρήσιμης βάσης δεδομένων. Ειδικά όσον αφορά σε δραστηριότητες πεδίου, που σχετίζονται με επικίνδυνα απόβλητα, το Εθνικό Ινστιτούτο Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH), η Διεύθυνση

Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (Occupational Safety and Health Administration – OSHA), η Ακτοφυλακή των Η.Π.Α. (U.S. Coast Guard – USCG) και η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος της Η.Π.Α. (U.S. Environmental Protection Agency) έχουν εκδώσει από το 1985 έναν «Οδηγό Ασφάλειας και Υγείας Εργασίας σε Δραστηριότητες Πεδίου με Επικίνδυνα Απόβλητα» (Occupational Safety and Health Guidance Manual for Hazardous Waste Site Activities), ο οποίος ακόμη και σήμερα βρίσκεται σε πλήρη ισχύ [44].

Σύμφωνα με τον οδηγό αυτό, οι εργασίες, που πραγματοποιούνται σε ένα πεδίο με επικίνδυνα απόβλητα, μπορούν να εμπεριέχουν έναν μεγάλο αριθμό κινδύνων, οι οποίοι θα πρέπει να προβλεφθούν και να εξαιρεθούν με την λήψη κατάλληλων μέτρων. Οι κυριότεροι κίνδυνοι, που είναι δυνατόν να εμφανιστούν, είναι οι ακόλουθοι:

- έκθεση σε χημικές ουσίες,
- έκρηξη – πυρκαγιά,
- ανεπάρκεια οξυγόνου,
- έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία,
- βιολογικοί κίνδυνοι (π.χ. επαφή με μολυσματικά απόβλητα και παθογενείς μικροοργανισμούς, δαγκώματα από έντομα και φίδια, επαφή με δηλητηριώδη φυτά, κα.),
- κίνδυνοι ασφαλείας (π.χ. πτώση, λόγω ανωμαλιών εδάφους ή χρήσης ασταθών / ολισθηρών επιφανειών, τραυματισμός από χρήση αιχμηρών αντικειμένων, κα.),
- ηλεκτροπληξία,
- έκθεση σε ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. θερμοπληξία),
- έκθεση σε ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες (π.χ. υποθερμία),
- θόρυβος.

Φυσικά, η παρουσία ή μη των παραπάνω κινδύνων σε ένα πεδίο, εξαρτάται τόσο από τα χαρακτηριστικά του πεδίου (π.χ. ρύπανσης) και του περιβάλλοντος (π.χ. θερμοκρασία), όσο και από το είδος των εργασιών, που πρόκειται να πραγματοποιηθούν στο εν λόγω πεδίο. Ως εκ τούτου, για τον προσδιορισμό των παραπάνω κινδύνων πρέπει να γίνει μια λεπτομερής περιγραφή του πεδίου και των συνθηκών, που επικρατούν ή αναμένεται να επικρατήσουν, κατά τη διεξαγωγή των εργασιών, σε αυτό. Οι υφιστάμενοι κίνδυνοι, καθώς επίσης και τα απαιτούμενα μέτρα εντοπισμού και εξάλειψης αυτών, περιγράφονται αναλυτικά στον συγκεκριμένο οδηγό, ο οποίος περιέχεται ως πλήρες κείμενο στο Παράρτημα Ι του παρόντος τεύχους.

Η σύνταξη ενός ολοκληρωμένου και αποτελεσματικού σχεδίου ασφαλείας και υγείας εργαζομένων απαιτεί πολύ λεπτομερή ανάλυση του χώρου και των εργασιών, που πρόκειται κάθε φορά να διεξαχθούν. Επίσης, ο συντάκτης του εν λόγω σχεδίου θα πρέπει να διαθέτει εμπειρία σε τέτοιου είδους ενέργειες, ώστε να μπορέσει να «προβλέψει» όλες τις ενδεχόμενες «πηγές κινδύνου» και να επιβάλει συγκεκριμένα μέτρα πρόληψης, εξάλειψης ή έστω αντιμετώπισής τους.

Η επιστημονική ομάδα, που θα διενεργήσει την επί τόπου εξέταση, καθώς και το προσωπικό, που θα αναλάβει τις δειγματοληψίες και την προετοιμασία των δειγμάτων, πρέπει να είναι επαρκώς εκπαιδευμένοι. Πριν την έναρξη του δεύτερου σταδίου εντοπισμού, τα συμπεράσματα του πρώτου σταδίου πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την σύνταξη σχεδίου υγείας και ασφάλειας του χώρου, το οποίο θα περιλαμβάνει τουλάχιστον τα παρακάτω σημεία:

- Εκτίμηση του επιπέδου ασφάλειας και των κινδύνων τόσο του ίδιου του χώρου, όσο και των δράσεων των δύο φάσεων εντοπισμού.
- Ορισμός υπεύθυνου τεχνικού και προσωπικού ασφαλείας, οι οποίοι θα είναι υπεύθυνοι για την ασφάλεια στο χώρο και για τις δράσεις αντιμετώπισης ατυχημάτων.
- Τις ελάχιστες προδιαγραφές προστατευτικής ένδυσης και εξοπλισμού που θα φέρουν οι εργαζόμενοι.
- Τον ορισμό σημείων και οδών πρόσβασης στο χώρο και εντός αυτού.
- Τον ορισμό σημείων εργασίας για τους εργαζομένους, τόσο για τις καθημερινές δραστηριότητες της βιομηχανίας/εταιρίας, όσο και για τις δράσεις χαρακτηρισμού και αποκατάστασης της ρύπανσης.
- Τη συχνότητα και το είδος του ελέγχου της υγείας των εργαζομένων που αναφέρονται στο παραπάνω σημείο.
- Την αναλυτική περιγραφή των δράσεων αντιμετώπισης ατυχημάτων και παροχής πρώτων βοηθειών.

### **3.6. Πλαίσιο εκτίμησης επικινδυνότητας – επιπτώσεων**

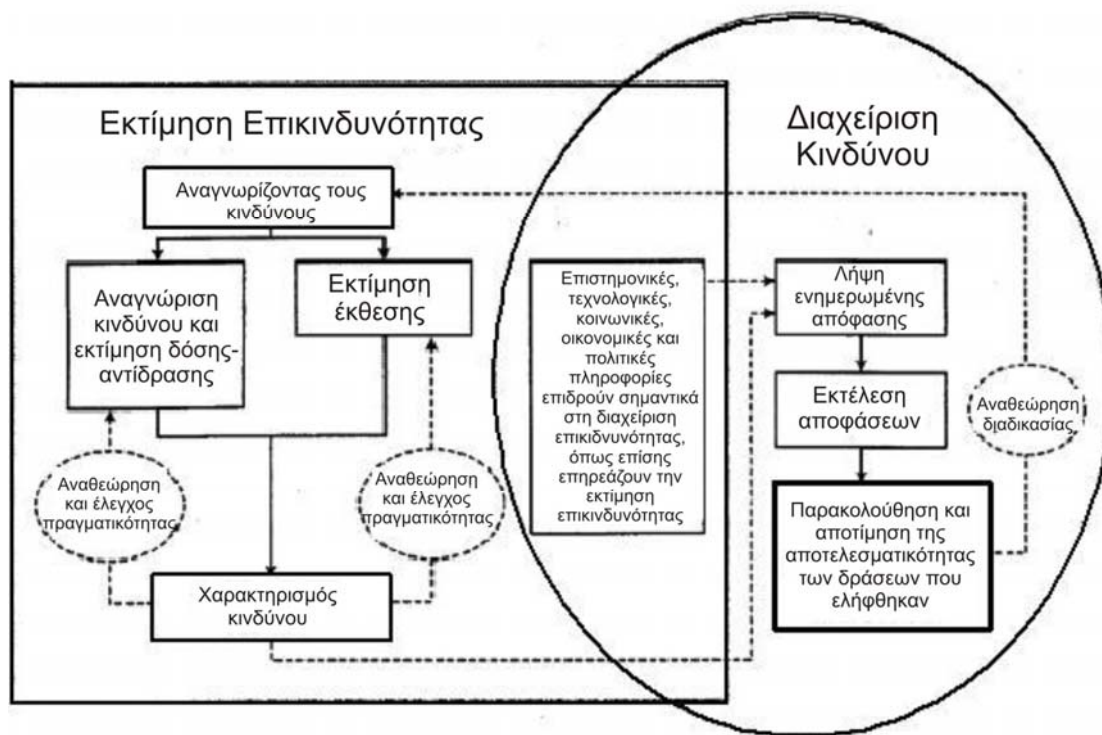
#### **3.6.1. Ανθρώπινη υγεία**

Το πλαίσιο αναφέρεται σε μια λεπτομερή εκτίμηση επικινδυνότητας της υγείας, η οποία προέκυψε από το Υπουργείο Υγείας της Αυστραλίας [46]. Το πλαίσιο περιλαμβάνει τέσσερα στάδια:

- Αναγνώριση κινδύνου
- Εκτίμηση κινδύνου
- Εκτίμηση έκθεσης
- Χαρακτηρισμός επικινδυνότητας

Το συγκεκριμένο πλαίσιο έχει εφαρμοστεί σε ολόκληρη την Αυστραλία. Μπορεί να παρέχει έναν ποσοτικό προσδιορισμό του κινδύνου, με βάση έναν υπολογισμό έκθεσης στο ρύπο (ή στη δόση), και της πιθανότητας που προκύπτει από μια αντίθεση επίδραση (δόσης-αντίδρασης).

Η διαχείριση επικινδυνότητας είναι μια προέκταση της διαδικασίας εκτίμησης επικινδυνότητας μέσω της υλοποίησης δράσεων για να μετριαστούν οι μη αποδεκτοί κίνδυνοι. Η εκτίμηση επικινδυνότητας και η διαχείριση επικινδυνότητας σχηματίζουν μια ολοκληρωμένη διαδικασία όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3-9.



**Σχήμα 3-9:** Σχέση μεταξύ εκτίμησης επικινδυνότητας και διαχείρισης κινδύνου στο πλαίσιο για την εκτίμηση επικινδυνότητας της ανθρώπινης υγείας [46].

#### Αναγνώριση κινδύνου

Η αναγνώριση κινδύνου είναι η διαδικασία αναγνώρισης των υποθέσεων στις οποίες η εκτίμηση κινδύνου χρειάζεται να διευθετηθεί και επαληθεύει τον περίγυρο της εκτίμησης επικινδυνότητας. Η αναγνώριση κινδύνου αποτελείται από διάφορες φάσεις, συμπεριλαμβανομένων:

- Αναγνώρισης των κινδύνων περιβαλλοντικής υγείας και υπολογισμού εάν υπάρχουν κίνδυνοι, που να υπόκεινται σε εκτίμηση επικινδυνότητας.
- Τοποθέτησης των κινδύνων στον δικό τους περίγυρο περιβαλλοντικής υγείας (ταξινόμηση και προτεραιότητες των προβλημάτων και κινδύνων).
- Αναγνώρισης των πιθανών αλληλεπιδράσεων μεταξύ υπηρεσιών.
- Ορισμού του σκοπού και των αντικειμένων της εκτίμησης επικινδυνότητας.

Το πρώτο βήμα για την εκτίμηση της επικινδυνότητας επικινδύνων αποβλήτων είναι η λεπτομερής μελέτη της πηγής, με στόχο τον προσδιορισμό του υπάρχοντος κινδύνου. Για την αναγνώριση του κινδύνου τα δυο πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της πηγής που εξετάζονται

είναι η συγκέντρωση και η τοξικότητα των ουσιών που περιλαμβάνει. Μερικές από τις διαδικασίες που αποτελούν μέρος της αναγνώρισης του κινδύνου περιλαμβάνουν:

- δειγματοληψία,
- διάνοιξη φρεατίων παρακολούθησης,
- χημικές αναλύσεις,
- κατάστρωση σχεδίων ελέγχου,
- ανάλυση δεδομένων.

Η αναγνώριση του κινδύνου επικεντρώνεται περισσότερο στα χημικά με το μεγαλύτερο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον γενικότερα. Παρόλα αυτά, οι περισσότερες περιοχές και εγκαταστάσεις επικινδύνων αποβλήτων περιέχουν δεκάδες έως εκατοντάδες χημικές ουσίες, καθιστώντας ιδιαίτερα δύσκολο το έργο της εκτίμησης του υφιστάμενου κινδύνου.

Ο κίνδυνος, ο οποίος τελικά προσδιορίζεται από την μελέτη της πηγής, μπορεί να διακριθεί σε τρεις βασικές κατηγορίες, οι οποίες είναι οι εξής:

- κίνδυνος υπόβαθρου (background risk): ο κίνδυνος στον οποίο εκτίθεται ο πληθυσμός χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η παρουσία επικινδύνων αποβλήτων,
- αυξητικός κίνδυνος (incremental risk): ο κίνδυνος που προκαλείται από την εξεταζόμενη πηγή επικινδύνων αποβλήτων,
- ολικός κίνδυνος (total risk): το άθροισμα των δυο παραπάνω κατηγοριών κινδύνου.

Τελικά, η αναγνώριση του υφιστάμενου κινδύνου πραγματοποιείται με τον προσδιορισμό ενός σταθερού παράγοντα επικινδυνότητας, ο οποίος ονομάζεται χημικό αποτέλεσμα (Chemical Score) R και προσδιορίζεται για κάθε χημική ουσία ξεχωριστά. Οι μονάδες του R εξαρτώνται από το μέσο που εξετάζεται (αέρας, έδαφος, ύδατα, κτλ) και δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία, αρκεί να συμφωνούν μεταξύ τους.

Ένα θεμελιώδες μοντέλο πρέπει να αναπτυχθεί ή να αναθεωρηθεί σε αυτό το στάδιο ώστε να βοηθηθεί η αναγνώριση των πιθανών κινδύνων στο χώρο.

#### *Ποιότητα των εισερχόμενων δεδομένων*

Η συλλογή δεδομένων είναι μια σημαντική συνιστώσα της αναγνώρισης κινδύνου. Η ποιότητα της εκτίμησης κινδύνου εξαρτάται από την ποιότητα των εισερχόμενων δεδομένων στα οποία βασίζεται η εκτίμηση κινδύνου. Ο στόχος της συλλογής δεδομένων είναι για τον επαρκή χαρακτηρισμό της φύσης και της έκτασης των κινδύνων ρύπανσης που προέκυψαν στο χώρο.

Η συλλογή των περισσοτέρων δεδομένων θα λάβει χώρα ως μέρος προκαταρκτικών και λεπτομερών ερευνών του χώρου. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η ιστορία του χώρου, η φύση

της ρύπανσης, το γεωλογικό και υδρογεωλογικό υπόβαθρο, και κάθε ευαίσθητες χρήσεις γης και χρήση του υπόγειου νερού στα περίχωρα του σημείου. Οι έρευνες πρέπει επαρκώς να χαρακτηρίζουν τη πιθανή ρύπανση του χώρου, και πρέπει να περιλαμβάνουν επαρκείς μετρήσεις εγγύησης ποιότητας και ελέγχου ποιότητας. Οι απαιτήσεις δειγματοληψίας ίσως πρέπει να σχηματιστούν ώστε να παρέχουν πληροφορίες σε συγκεκριμένα ζητήματα τα οποία πρέπει να διευθετηθούν ως μέρος μιας λεπτομερούς εκτίμησης επικινδυνότητας (π.χ. τύχη υπόγειου νερού και μοντελοποίηση μεταφοράς).

#### Εκτίμηση κινδύνου

Η εκτίμηση κινδύνου, επίσης γνωστή ως εκτίμηση τοξικότητας, αναφέρεται στη φύση της ρύπανσης και του πιθανού κινδύνου που προκύπτει από την έκθεση σε αυτή τη ρύπανση. Υπάρχουν δυο στοιχεία στην εκτίμηση τοξικότητας: αναγνώριση κινδύνου και εκτίμηση δόσης-αντίδρασης.

#### *Αναγνώριση κινδύνου*

Η αναγνώριση κινδύνου ερευνά την ικανότητα ενός μέσου να προκαλεί αντίθετες επιδράσεις στην υγεία. Αυτή είναι μια ποιοτική περιγραφή με βάση τον τύπο και την ποιότητα των δεδομένων, αθροιστικές πληροφορίες (π.χ. γονιδιακή τοξικότητα) και την αξία των αποδείξεων από αυτές τις διάφορες πηγές. Κλειδιά των ζητημάτων αποτελούν:

- Η φύση, η αξιοπιστία και η συνέπεια σε μελέτες ανθρώπων και ζώων.
- Η διαθεσιμότητα των πληροφοριών σε σχέση με τη μηχανική βάση για δραστηριότητα.
- Η συνάφεια των μελετών σε ζώα στους ανθρώπους.

#### *Εκτίμηση δόσης-αντίδρασης*

Η εκτίμηση της δόσης-αντίδρασης εξετάζει την ποσοτική σχέση μεταξύ της έκθεσης και της επίδρασης του εμπλεκόμενου. Ο προσδιορισμός για το εάν υπάρχει ένας κίνδυνος συχνά εξαρτάται απ' το εάν εμφανίζεται η σχέση δόσης-αντίδρασης. Κλειδιά των ζητημάτων αποτελούν:

- Η σχέση μεταξύ της συλλογής συμπερασματικών μοντέλων και των διαθέσιμων πληροφοριών σε βιολογικούς μηχανισμούς.
- Πως οι σειρές κατάλληλων δεδομένων επιλέχθηκαν από εκείνες που δείχνουν το εύρος των πιθανών δυναμικότητων τόσο σε εργαστηριακά ζώα όσο και ανθρώπους.
- Συνάφεια της πορείας έκθεσης, που χρησιμοποιήθηκε στις μελέτες, σε μια ιδιαίτερη εκτίμηση και αλληλοσυσχετίσεις των πιθανών επιδράσεων από διάφορες πορείες έκθεσης.
- Περιβαλλοντικές συνθήκες (π.χ. pH, οργανικό υλικό, περιεχόμενο σε αργίλους, θερμοκρασία).

- Η συνάφεια της εκτίμησης από την αναμενόμενη διάρκεια της έκθεσης και η διάρκεια της έκθεσης στις μελέτες που σχεδιάστηκαν με βάση την εκτίμηση δόσης-αντίδρασης.
- Το ενδεχόμενο για διαφορετικές ευαισθησίες στις υποομάδες πληθυσμού.

### Εκτίμηση έκθεσης

Η εκτίμηση έκθεσης περιλαμβάνει τον προσδιορισμό του μεγέθους, της συχνότητας, της έκτασης, του χαρακτήρα και τη διάρκεια της έκθεσης στο παρελθόν, παρόν και στο μέλλον. Η αρχική προϋπόθεση για εκτίμηση της έκθεσης είναι η κατανόηση της παρουσίας ενός μέσου και των συγκεντρώσεων και κατανομών του, αναγνώριση των πληθυσμών έκθεσης και πιθανών μονοπατιών έκθεσης.

Η έκθεση σε κίνδυνο ορίζεται ως η επαφή ενός οργανισμού με ένα ρύπο. Η εκτίμηση της έκθεσης στόχο έχει την αξιολόγηση της ποσότητας, της συχνότητας, της διάρκειας και του εύρους της έκθεσης. Τα κυριότερα βήματα που ακολουθούνται για την εκτίμηση της έκθεσης σε κίνδυνο περιλαμβάνουν:

- Αναγνώριση των πληθυσμών που βρίσκονται ενδεχομένως σε κίνδυνο.
- Αναγνώριση των πιθανών τρόπων έκθεσης.
- Αξιολόγηση των συγκεντρώσεων της έκθεσης.
- Αξιολόγηση των χημικών λαμβανόμενων δόσεων (intake).

Για τον προσδιορισμό της λαμβανόμενης δόσης μιας ουσίας από έναν πληθυσμό που εκτίθεται σε αυτήν, η EPA συνιστά τη χρήση δεδομένων έκθεσης κανονικοποιημένα στο χρόνο και το βάρος του σώματος του εκτιθέμενου οργανισμού, τα οποία είναι διατυπωμένα με τη μορφή μιας εξίσωσης για την λαμβανόμενη δόση (I), η οποία εκφράζει την ποσότητα του χημικού που τελικά εισέρχεται στον εκτιθέμενο οργανισμό.

Για την αξιολόγηση της λαμβανόμενης δόσης χρησιμοποιούνται τρεις κατηγορίες μεταβλητών:

- μεταβλητές σχετιζόμενες με τον ρύπο (συγκέντρωση),
- μεταβλητές σχετιζόμενες με τον εκτιθέμενο πληθυσμό (π.χ. βαθμός επαφής, συχνότητα έκθεσης, διάρκεια και βάρος σώματος),
- εκτιμώμενες μεταβλητές (π.χ. μέσος χρόνος έκθεσης).

Η γενική εξίσωση για τη λαμβανόμενη δόση χημικών από έναν οργανισμό είναι η εξής:

$$I = \frac{C \cdot CR \cdot EFD}{BW} \cdot \frac{1}{AT}$$

όπου: I (Intake) = η λαμβανόμενη δόση, που εκφράζει την ποσότητα του χημικού που λαμβάνεται από τον εξεταζόμενο οργανισμό [mg/Kg·day]

C (Exposure Concentration) = η μέση συγκέντρωση έκθεσης κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης χρονικής περιόδου [mg/L για νερό ή mg/m<sup>3</sup> για αέρα]

CR (Contact Rate) = ο ρυθμός επαφής, που εκφράζει την ποσότητα του ρυπασμένου μέσου με το οποίο έρχεται σε επαφή ο εξεταζόμενος οργανισμός ανά μονάδα χρόνου [L/d ή m<sup>3</sup>/d]

EFD (Exposure Frequency and Duration) = η συχνότητα και η διάρκεια της έκθεσης, που περιγράφει πόσο συχνά και για πόσο χρόνο πραγματοποιείται η έκθεση. Συνήθως χωρίζεται σε δυο όρους:

EF (Exposure Frequency) = η συχνότητα της έκθεσης [day/year]

ED (Exposure Duration) = η διάρκεια της έκθεσης [year]

BW (Body Weight) = η μέση μάζα του οργανισμού κατά την περίοδο της έκθεσης [kg]

AT (Averaging Time) = ο μέσος χρόνος έκθεσης [days]

Η κατανόηση των μοντέλων τύχης και μεταφοράς του μέσου είναι επίσης σημαντικό. Η μεταφορά και τύχη θα επηρεάζονται από περιβαλλοντικά μέσα, γεωγραφική κλίμακα, χαρακτηριστικά της πηγής ρύπανσης και φύση του επικίνδυνου μέσου, τον πληθυσμό έκθεσης, την πορεία έκθεσης, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και χρόνου εξέλιξης για έκθεση.

#### Χαρακτηρισμός επικινδυνότητας

Ο χαρακτηρισμός επικινδυνότητας είναι το τελικό στάδιο στη διαδικασία εκτίμησης κινδύνου που:

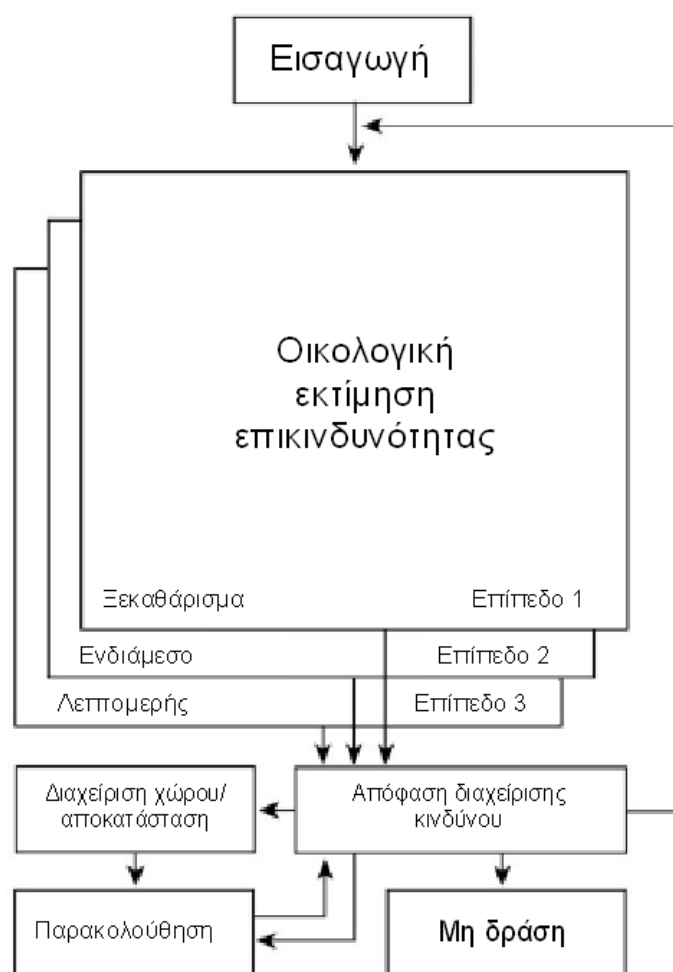
- Ολοκληρώνει τις πληροφορίες από την εκτίμηση κινδύνου και εκτίμηση της έκθεσης.
- Παρέχει μια αποτίμηση της συνολικής ποιότητας της εκτίμησης και του βαθμού εμπιστοσύνης των εισηγητών που υπολόγισαν τον κίνδυνο και έβγαλαν τα συμπεράσματα.
- Τεκμηριώνει τις αβεβαιότητες που παρουσιάζονται και τη φύση των υποθέσεων που προέκυψαν εντός της εκτίμησης.
- Περιγράφει τους κινδύνους ονομαστικά και τους πληθυσμούς όσον αφορά τη φύση, έκταση και δριμύτητα των πιθανών αντίθετων επιδράσεων υγείας.
- Μεταδίδει τα αποτελέσματα της εκτίμησης κινδύνου στον διαχειριστή κινδύνου.
- Παρέχει πληροφορίες κλειδιά για επικοινωνία κινδύνου.

Ο χαρακτηρισμός κινδύνου θα εμπλέκεται συγκρίνοντας περιβαλλοντικά δεδομένα, δεδομένα έκθεσης, εισαγόμενα και βιολογικά αποτελέσματα παρακολούθησης με κριτήρια επαλήθευσης. Το επίπεδο κινδύνου θα μπορεί να περιγραφεί είτε ποιοτικά (υψηλού, μεσαίου και χαμηλού κινδύνου) είτε ποσοτικά με αριθμητικό υπολογισμό. Εάν οι κίνδυνοι θεωρούνται ότι είναι αρκετά μεγάλοι, θα πρέπει να ληφθούν ακραία μέτρα μείωσης της έκθεσης (π.χ. εκκένωση). Εάν οι κίνδυνοι είναι ελαφρώς πάνω από τα ρυθμιστικά επίπεδα, η ανάλυση κόστους/οφέλους πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την ομόφωνη λήψη αποκατάστασης. Για παράδειγμα, στις ΗΠΑ υπάρχει ένα επίπεδο προστασίας για επικινδυνότητα στο οποίο εάν τα ποσοστά καρκίνου κατά τη διάρκεια της ανθρώπινης ζωής είναι λιγότερο από 1 μέρος στα

$10^6$ , δεν απαιτούνται να γίνουν επιπλέον προσπάθειες για μείωση των κινδύνων. Εάν ο κίνδυνος όμως είναι μεγάλος, για παράδειγμα, εάν το ποσοστό καρκίνου ξεπερνά το 1 μέρος στα  $10^4$ , τότε απαιτούνται δράσεις αποκατάστασης για να μειωθεί ο κίνδυνος.

### 3.6.2. Περιβάλλον

Το πλαίσιο για την οικολογική εκτίμηση επικινδυνότητας είναι συγκρίσιμο με την εκτίμηση επικινδυνότητας της ανθρώπινης υγείας. Αυτό περιγράφεται σε Αυστραλιανές και Νεοζηλανδέζικες οδηγίες για την ποιότητα φρέσκου και θαλάσσιου νερού [46]. Το πλαίσιο περιγράφεται στο Σχήμα 3-10.



**Σχήμα 3-10:** Αυστραλιανό πλαίσιο για οικολογική εκτίμηση επικινδυνότητας [46].

Το πλαίσιο οικολογικής εκτίμησης επικινδυνότητας είναι μια επαναληπτική διαδικασία που περιέχει τρία επίπεδα εκτίμησης. Κάθε επίπεδο αποτελείται από τα ίδια βασικά συστατικά αλλά ενσωματώνει ένα αυξημένο βαθμό πολυπλοκότητας. Το επίπεδο της εκτίμησης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένης της φύσης και της έκτασης της ρύπανσης, της ευαισθησίας των οικολογικών αποδεκτών και της διαθεσιμότητας της σχετικής έκθεσης και των δεδομένων τοξικότητας.

Σε πολλές περιπτώσεις, η εντός πεδίου οικολογική αξία μπορεί να είναι πολύ χαμηλή (π.χ. υψηλή μετατροπή βιομηχανικών χώρων) και η ανάγκη για αποκατάσταση θα εξαρτηθεί από την προστασία της ανθρώπινης υγείας, τις πηγές υπόγειου νερού και κάθε εκτός πεδίου περιβαλλοντικού αποδέκτη. Η πιθανή παρουσία τόσο εντός όσο και εκτός πεδίου περιβαλλοντικού αποδέκτη πρέπει να θεωρηθεί σε κάθε έρευνα πεδίου και εκτίμηση επικινδυνότητας.

#### Επίπεδα οικολογικής εκτίμησης επικινδυνότητας

Οι προτεινόμενες σταδιακές προσεγγίσεις προσφέρουν ένα βαθμό ευχρηστίας, οι οποίες επιτρέπουν το πλαίσιο να εφαρμοστεί στο πεδίο για υψηλά διαφορετική πολυπλοκότητα. Τα επίπεδα εκτίμησης μπορούν να συνοψιστούν ως ακολούθως:

- Σειρά 1: διασαφήνιση της εκτίμησης επικινδυνότητας  
Το πρώτο στάδιο της εκτίμησης επικινδυνότητας αποτελείται από τη Σειρά 1 ξεκαθάρισμα της εκτίμησης επικινδυνότητας. Το αντικείμενο του ξεκαθαρίσματος της εκτίμησης επικινδυνότητας είναι να αναγνωριστούν τα σχετικά θέματα ρύπανσης, π.χ. οι ρύποι, τα μονοπάτια έκθεσης και οι παρευρισκόμενοι αποδέκτες και να ξεκαθαριστούν αυτοί οι σύνδεσμοι ρύπος-έκθεση και μονοπάτια-αποδέκτης, οι οποίοι δεν προκαλούν έναν μη αποδεκτό κίνδυνο. Η Σειρά 1 ξεκαθάρισμα της εκτίμησης επικινδυνότητας:
  - Είναι επίσης γνωστή ως Επίπεδο 1 οικολογική εκτίμηση επικινδυνότητας.
  - Είναι μια απλή μέθοδος ξεκαθαρίσματος για να προσαρμόζει γενικές καταστάσεις και να προστατεύει κάθε ζωντανό οργανισμό (χερσαίο και υδάτινο).
  - Περικλείει σύγκριση συγκεντρώσεων ρύπων εδάφους και υπόγειου ύδατος για αναγνώριση ρύπων εμπλεκόμενων στο χώρο με υπάρχοντα γενικά οικολογικά επίπεδα για εδάφη ή υδατικά οικοσυστήματα.
- Σειρά 2: ενδιάμεση εκτίμηση επικινδυνότητας  
Εάν το σενάριο υπόβαθρου και έκθεσης του πεδίου διαφέρει σημαντικά από τις υποθέσεις που υπόκεινται τα επίπεδα εκτίμησης του πεδίου, ίσως είναι απαραίτητο να ρυθμιστούν τα επίπεδα εκτίμησης εδάφους και νερού και να αναπτυχθούν γενικά επίπεδα εκτίμησης, τα οποία να αντανakλούν περισσότερο το σενάριο έκθεσης. Προσοχή απαιτείται όταν εκτελείται αυτή η διαδικασία, επειδή μερικές από τις υποθέσεις που υπόκεινται τα επίπεδα εκτίμησης του εδάφους και νερού αντανakλούν θέσεις πολιτικής, οι οποίες δεν πρέπει να αλλάξουν. Ίσως, είναι κατάλληλο να χρησιμοποιηθούν μη τροποποιημένα γενικά κριτήρια για την εκτίμηση των συγκεντρώσεων ρύπων σε εκτός πεδίου τοποθεσίες (συγκεντρώσεις ρύπου στο υπόγειο νερό σε ένα ευαίσθητο αποδέκτη).  
Η Σειρά 2 ενδιάμεσης εκτίμησης επικινδυνότητας:
  - Είναι επίσης γνωστή ως Επίπεδο 2 οικολογική εκτίμηση επικινδυνότητας.

- ο Είναι κατά μεγάλο βαθμό εκτίμηση «γραφείου» με μερικές μελέτες πεδίου, οι οποίες παρέχουν ένα αυξημένο επίπεδο λεπτομερειών που συνθέτουν τη διαδικασία οικολογικής εκτίμησης επικινδυνότητας.
- ο Παράγει τροποποιημένα οικολογικά επίπεδα έρευνας εδάφους ή υδατικά επίπεδα για τους ρύπους που απασχολούν στο σημείο της έκθεσης.
- ο Συγκρίνει τις επί τόπου συγκεντρώσεις του εδάφους που απασχολούν με τροποποιημένα οικολογικά επίπεδα έρευνας εδάφους για χαρακτηρισμό επικινδυνότητας.
- ο Χρησιμοποιεί μοντέλα τύχης και μεταφοράς υπόγειου νερού για να υπολογιστούν οι εκτός πεδίου συγκεντρώσεις των ρύπων στο υπόγειο νερό ώστε να συγκριθούν τα γενικά επίπεδα εκτίμησης στο σημείο της έκθεσης για το χαρακτηρισμό της επικινδυνότητας.

- Σειρά 3: λεπτομερής εκτίμηση επικινδυνότητας

Μια Σειρά 3 λεπτομερής εκτίμηση επικινδυνότητας εκτελείται όταν μια Σειρά 1 ξεκαθάρισμα της εκτίμησης επικινδυνότητας ή/και μια Σειρά 2 ενδιάμεση εκτίμηση επικινδυνότητας δεν μπορούν να εκτιμήσουν επαρκώς τα επίπεδα του κινδύνου που παρουσιάζονται στο χώρο. Αυτή περιλαμβάνει ανάπτυξη ειδικής έρευνας ή επίπεδα αντίδρασης για ρύπους όπου γενικά επίπεδα εκτίμησης δεν είναι διαθέσιμα ή δεν είναι κατάλληλα για το χώρο. Ίσως περιλαμβάνει, για παράδειγμα, ειδική μοντελοποίηση τύχης και μεταφοράς ρύπου ή/και μια εκτίμηση τοξικότητας για ειδικότερους ρύπους.

Η Σειρά 3 λεπτομερής εκτίμηση επικινδυνότητας:

- ο Είναι επίσης γνωστή ως Επίπεδο 3 λεπτομερής εκτίμηση επικινδυνότητας.
- ο Χρησιμοποιεί μελέτες πεδίου και μοντέλα υπολογιστών για να ποσοτικοποιηθούν τα επίπεδα έκθεσης.
- ο Συλλέγει λεπτομερής πληροφορίες του πεδίου που συλλέχθηκαν ως μέρος αναγνώρισης υποδοχέα, εκτίμηση έκθεσης και εκτίμηση τοξικότητας.
- ο Παράγει ειδικά οικολογικά επίπεδα έρευνας εδάφους ή υδατικά επίπεδα για τους ρύπους που ενδιαφέρουν λαμβάνοντας υπόψη οικολογικές τιμές εντός και εκτός πεδίου.
- ο Χρησιμοποιεί λεπτομερή μοντέλα τύχης και μεταφοράς υπόγειου νερού για να υπολογιστούν οι εκτός πεδίου συγκεντρώσεις των ρύπων που ενδιαφέρουν, συγκρίνοντας με τα επίπεδα ειδικής εκτίμησης (ή τροποποιημένα γενικά επίπεδα εκτίμησης στο σημείο της έκθεσης) για τον χαρακτηρισμό του κινδύνου.

#### Συστατικά μια οικολογικής εκτίμησης επικινδυνότητας

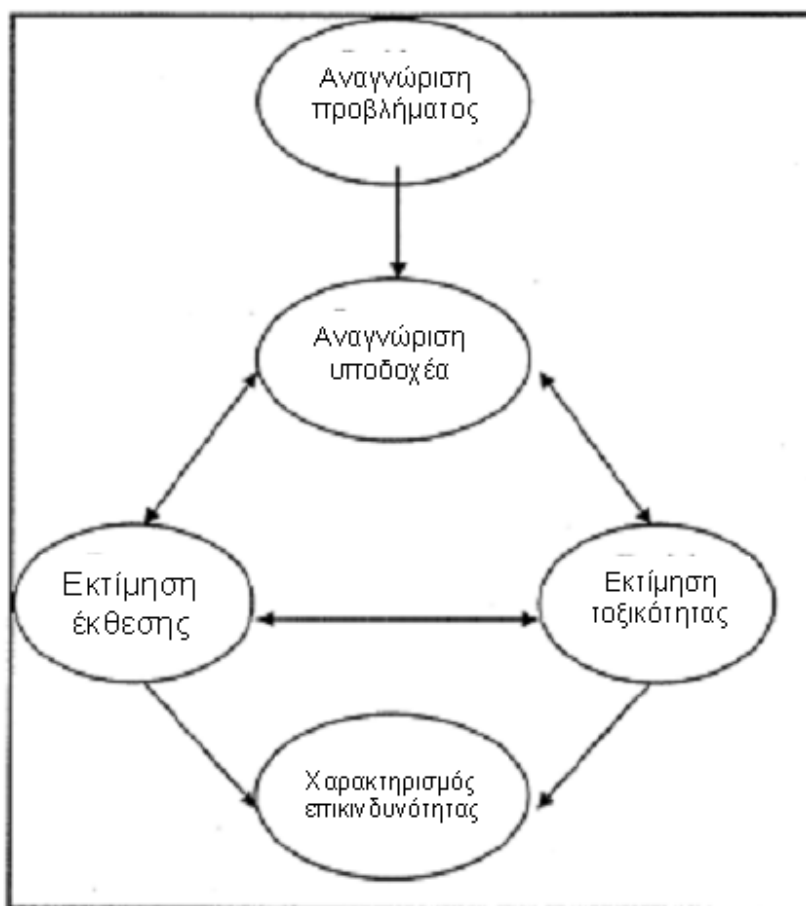
Ανεξάρτητα από το επίπεδο της εκτίμησης, η εκτίμηση αποτελείται από πέντε βασικά συστατικά:

- Αναγνώριση προβλήματος
- Αναγνώριση υποδοχέα
- Εκτίμηση έκθεσης
- Εκτίμηση τοξικότητας
- Χαρακτηρισμός επικινδυνότητας

Αυτά τα συστατικά, καθώς και οι σχέσεις μεταξύ τους παρουσιάζονται στο Σχήμα 3-11 .

Τα συστατικά είναι ανάλογα με αυτά της εκτίμησης επικινδυνότητας ανθρώπινης υγείας και συχνά συνενώνονται με αυτά. Για παράδειγμα, η αναγνώριση προβλήματος τόσο για τους ανθρώπινους, όσο και τους οικολογικούς αποδέκτες θα εκτελούνται ως μέρος ανάπτυξης ενός θεμελιώδους μοντέλου χώρου.

Στο Παράρτημα II παρουσιάζονται ενδεικτικές πληροφορίες σχετικά με τις επιπτώσεις τυπικών κατηγοριών επικινδύνων αποβλήτων στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.



**Σχήμα 3-11:** Συστατικά μιας οικολογικής εκτίμησης επικινδυνότητας [46].

### 3.6.3. Μεθοδολογία οικοτοξικολογικών ερευνών

Οι οικοτοξικολογικές έρευνες έχουν εξελιχθεί τεχνολογικά και επιστημονικά και πολλές μεθοδολογίες έχουν τυποποιηθεί για συγκρίσιμα και επαναλήψιμα αποτελέσματα. Η αυστηρή περιβαλλοντική νομοθεσία των τελευταίων χρόνων, η αφύπνιση του περιβαλλοντικού κινήματος των πολιτών, η επιβολή οικονομικών κινήτρων για καθαρότερες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, η επιβολή προστίμων σε περιπτώσεις ρύπανσης και οι νέες τεχνολογίες αντιρρύπανσης, έχουν προωθήσει την έρευνα στην περιβαλλοντική τοξικολογία και οικοτοξικολογία για να τεκμηριωθούν οι επιβλαβείς δράσεις ρύπων στα οικοσυστήματα [50].

Οι οικοτοξικολογικές έρευνες είναι πολύπλοκες διεργασίες και απαιτούν τον συνδυασμό πολλών ειδικοτήτων μεθοδολογικών αναλύσεων για να ολοκληρωθούν. Τα τελευταία χρόνια οι εργαστηριακές μελέτες τοξικότητας έχουν επεκταθεί σε μελέτες ολόκληρων οικοσυστημάτων και μεγάλης ποικιλίας τελικών σημείων οικοτοξικότητας. Οι νέες νομοθεσίες στις ΗΠΑ και η ανάγκη για μεγάλο αριθμό τοξικολογικών ερευνών προώθησε την ενίσχυση των Ινστιτούτων και Πανεπιστημιακών Ιδρυμάτων που είχαν τεχνογνωσία σε θέματα προτύπων οικοτοξικολογικών ερευνών. Νομοθεσίες, όπως για «Νόμος για το Καθαρό Νερό» (Clean Water Act), η Ομοσπονδιακή νομοθεσία για τα Φυτοφάρμακα (the Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act, FIFRA), ο Νόμος για την «Προστασία και Διατήρηση των Πλουτοπαραγωγικών Πηγών και της Ανακύκλωσης» (the Resource Conservation and Recovery Act) και ο Νόμος για τον «Έλεγχο των Τοξικών Ουσιών» (the Toxic Substances Control Act) απαιτούσαν μεγάλο αριθμό μελετών περιβαλλοντικής τοξικολογίας και οικοτοξικολογίας. Αντίστοιχα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι πολυάριθμες νέες οδηγίες για την προστασία του περιβάλλοντος και των πλουτοπαραγωγικών πηγών έχουν γίνει αιτία για την προώθηση και χρηματοδότηση σημαντικού αριθμού οικοτοξικολογικών ερευνών και νέων προτάσεων για τυποποίηση και συστηματικές μελέτες.

Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι οι οικολογικές επιπτώσεις μπορούν να διερευνηθούν μόνο με συστηματικό και με ορθολογικό σχεδιασμό των βιοδοκιμασιών, τεκμηρίωσης των βλαβών, μακροχρόνιας παρακολούθησης των συγκεντρώσεων ρύπων, ανάλυσης μηχανισμών τοξικότητας και ερμηνείας των πολύπλοκων αποτελεσμάτων. Υπάρχουν ενδείξεις ότι απλές δοκιμασίες τοξικότητας σε εργαστηριακές συνθήκες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προστασία του περιβάλλοντος. Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν συνολικές εκτιμήσεις των οικοτοξικολογικών ερευνών. Για παράδειγμα, έχουν δημοσιευθεί τα αποτελέσματα περίπου 5.000 δοκιμασιών σε 66 είδη ζώων που κάλυψαν 410 χημικές ουσίες. Το 88% των αποτελεσμάτων αφορά σε τρία βασικά είδη υδρόβιων οργανισμών: *Daphnia sp.*, *Gammarus fasciatus*, *Salmo gairdneri*, που είναι ευαίσθητα σε χαμηλά επίπεδα τοξικότητας χημικών ουσιών. Οι συγκεντρώσεις αυτές δοκιμασιών τοξικότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αντικειμενικοί δείκτες για περιβαλλοντική προστασία οικοσυστημάτων. Οι οικοτοξικολογικές αυτές έρευνες και νέες μπορούν να εφαρμοσθούν κάτω από πραγματικές συνθήκες (σε

μικρόκοσμους ή μεσόκοσμους) σε διάφορα άλλα είδη με γνώμονα τις επιβλαβείς επιπτώσεις σε έμβια όντα και τους πληθυσμούς τους.

Στην περίπτωση των ερευνών για φυτοφάρμακα, χρησιμοποιούνται διάφορα οικοσυστήματα (μεσόκοσμοι και μικρόκοσμοι) που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της νομοθεσίας FIFRA των ΗΠΑ. Τα συστήματα αυτά είναι κυρίως τεχνητές μικρές λίμνες (μέχρι 1.000 κυβικά μέτρα) και αρκετού βάθους για να υποστηρίξουν τη διατήρηση ψαριών. Ο σκοπός των ερευνητικών οικοσυστημάτων είναι να ερευνήσουν πρότυπα έκθεσης σε τοξικές ουσίες και να προσδιορίσουν τη δυνατότητα επιβλαβών δράσεων χημικών ουσιών που είναι διαλυτές στο νερό ή/και δεσμεύονται στα ιζήματα. Τα πειράματα αυτά μεσοκόσμων και μικρόκοσμων με τεχνητές μικρές λίμνες είναι αρκετά μεγάλης σημασίας για την μελέτη της οικοτοξικότητας φυτοφαρμάκων σε λίμνες, ποτάμια και άλλα υδάτινα συστήματα.

Οι πρόσφατες νομοθετικές ρυθμίσεις για την προστασία του περιβάλλοντος, των ποικίλων βιοτόπων, της βιοποικιλότητας και των ευαίσθητων οικοσυστημάτων έχουν προωθήσει συστηματοποίηση των οικοτοξικολογικών μεθόδων. Με βάση τα οικοτοξικολογικά δεδομένα μπορούν να γίνουν μελέτες εκτίμησης του οικολογικού κινδύνου, που είναι χρήσιμες τόσο για την εμπορική άδεια νέων προϊόντων, όσο και για την κατάσταση οικοσυστημάτων από παλαιές και νέες εκπομπές χημικών ρύπων. Η αφθονία των ειδών και οι ενδεικτικοί οργανισμοί οικοσυστημάτων, καθώς και οι τροφο-δυναμικοί παράγοντες μπορούν να χρησιμεύσουν για τον έλεγχο της ρύπανσης και της υγείας των οικοσυστημάτων. Έχει αποδειχθεί ότι σε προγράμματα βιοελέγχου οικοσυστημάτων, η σχετική αφθονία και η ποικιλία των ειδών αντανακλούν τον βαθμό ρύπανσης ενός υδρόβιου βιότοπου. Ο ρυθμός με τον οποίο αλλάζει η αφθονία των ειδών στην περίπτωση ρύπανσης από χημικούς παράγοντες, είναι αποτέλεσμα του αβιογενούς περιβάλλοντος και της φύσης των οργανισμών που εκτίθενται. Αλλά και η επιλογή της μελέτης των ανθεκτικών ειδών ενός οικοσυστήματος έχει επίσης αποδειχθεί χρήσιμη και αποτελεσματική σε οικοτοξικολογικά πειράματα.

Ο ρόλος της τοξικολογίας και της οικοτοξικολογίας στην εκτίμηση του περιβαλλοντικού και οικολογικού κινδύνου είναι ακρογωνιαίας σημασίας. Παρά τη μεγάλη ποικιλία χημικών ουσιών, εκθέσεων, φυσικών συνθηκών, έμβιων όντων και οικοσυστημάτων, η τοξικολογία έχει καταφέρει να προσδιορίσει πρότυπα δοκιμασιών και σταθερές τοξικολογικών αποτελεσμάτων, που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ποσοτικές εκτιμήσεις και με μαθηματικά μοντέλα να περιγράψουν τις πιθανότητες

βλαβών στην υγεία και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Τα τοξικολογικά δεδομένα ξεκινούν με τη διάγνωση των επιβλαβών επιπτώσεων στα έμβια όντα (hazard identification), επιβεβαιώνουν με πειράματα σε πειραματόζωα ή οικοτοξικολογικές έρευνες την δόση-αποτέλεσμα και εκτιμούν τις διαφορές τοξικολογικές παραμέτρους, όπως LC50, NOAEL, κλπ., εκτιμούν το βαθμό και τη συχνότητα έκθεσης (exposure assessment), και με βάση όλα αυτά χαρακτηρίζουν τον κίνδυνο. Αυτά αποτελούν μια σειρά μελετών και πρακτικών της

τοξικολογίας και οικοτοξικολογίας που τυποποιούνται ολοένα και περισσότερο τις τελευταίες δεκαετίες.

Ταξινόμηση χημικών ουσιών και άλλων παραγόντων ως προς την ικανότητα καρκινογένεσης

Οι διεθνείς και εθνικές υπηρεσίες προστασίας της υγείας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος έχουν επιτελέσει σημαντικό έργο τα τελευταία χρόνια στην τεκμηρίωση της καρκινογόνου και μεταλλαξογόνου δράσης χημικών ουσιών και στην κατάταξή τους ως προς το βαθμό επικινδυνότητας. Η σημαντικότερη μελέτη και καταγραφή των καρκινογόνων και μεταλλαξιγόνων ουσιών έχει επιτευχθεί από το 1975 μέχρι σήμερα από την International Agency for Research on Cancer (IARC) της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας. Επίσης, ταξινόμηση και μελέτη καρκινογόνων και μεταλλαξιγόνων ουσιών έχουν επιτελέσει ομάδες εργασίας εμπειρογνομόνων της ΕΕ. Τέλος, για την έρευνα και καταγραφή των καρκινογόνων και μεταλλαξογόνων ουσιών σημαντική είναι η συμβολή των υπηρεσιών υγείας και προστασίας του περιβάλλοντος στις ΗΠΑ (όπως η EPA, το πρόγραμμα National Toxicology Program των NIHs, το Ινστιτούτο για την επαγγελματική υγιεινή και ασφάλεια NIOSH και η οργάνωση των επαγγελματικών υγιεινολόγων ACGIH). Η ταξινόμηση της IARC αποτελεί την πλέον ολοκληρωμένη και τεκμηριωμένη εργασία (άνω των 100 τόμων ερευνών και ανασκοπήσεων) και τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι διεθνώς αποδεκτά. Οι καρκινογόνοι παράγοντες είναι χημικές ουσίες, μίγματα ουσιών, επαγγελματικές εκθέσεις σε βιομηχανίες ή βιοτεχνίες, φυσικά συστατικά τροφίμων, ποτών κλπ. [50].

- **Ομάδα 1: η ουσία, το μίγμα κλπ. είναι καρκινογόνος στον άνθρωπο.**  
(επαρκείς ερευνητικές μαρτυρίες από επιδημιολογικές έρευνες και σε πειραματόζωα για την ικανότητα καρκινογένεσης).
- **Ομάδα 2Α: η ουσία, το μίγμα κλπ. είναι πιθανώς καρκινογόνος στον άνθρωπο.**  
(περιορισμένη μαρτυρία για ικανότητα καρκινογένεσης στον άνθρωπο από επιδημιολογικές έρευνες, επαρκή μαρτυρία από πειράματα σε πειραματόζωα).
- **Ομάδα 2Β: η ουσία, το μίγμα κλπ. είναι ενδεχομένως καρκινογόνο στον άνθρωπο.**  
(περιορισμένη μαρτυρία ικανότητα καρκινογένεσης στον άνθρωπο και λιγότερο από επαρκής μαρτυρία από πειράματα σε πειραματόζωα).
- **Ομάδα 3: η ουσία, το μίγμα κλπ. δεν μπορεί να ταξινομηθεί ως προς την ικανότητα καρκινογένεσης.**  
(ανεπαρκής μαρτυρία για καρκινογόνο δράση, περιορισμένες ενδείξεις σε πειραματόζωα. Εάν υπάρχουν ενδείξεις σε πειραματόζωα, ο μηχανισμός δράσης δεν λειτουργεί στον άνθρωπο).
- **Ομάδα 4: η ουσία, το μίγμα κλπ. πιθανώς δεν είναι καρκινογόνος.**  
(πειραματικά δεδομένα δείχνουν απουσία ικανότητας καρκινογένεσης).

Ο αριθμός των ουσιών που έχουν μελετηθεί έχει ξεπεράσει τις 900 ουσίες καθώς προστίθενται νέα ερευνητικά δεδομένα για τη καρκινογόνο δράση ουσιών, μιγμάτων ή φυσικών προϊόντων. Επίσης, υπάρχουν μεταβολές στην κατάταξη των ουσιών, ιδιαιτέρα από

τις ομάδες 2Α, 2Β στην 1 και από την ομάδα 3 στις άλλες, λόγω της επιβεβαίωσης πειραματικών αποτελεσμάτων ή νέων αποτελεσμάτων σε πειραματόζωα. Στην ομάδα 1 υπάρχουν περίπου 55 καρκινογόνοι παράγοντες, οι οποίοι είναι γνωστό ότι προκαλούν κακοήγη νεοπλασμάτα στον άνθρωπο (όπως ο αμιάντος, το βενζόλιο, το αρσενικό, το κάπνισμα τσιγάρων κλπ). Η ΕΕ έχει παρόμοιο σύστημα ταξινόμησης των καρκινογόνων και μεταλλαξιγόνων χημικών ουσιών για την Οδηγία 67/548/ΕΟΚ. Οι κατηγορίες που προβλέπονται είναι: **κατηγορία 1**: γνωστές καρκινογόνες ουσίες στον άνθρωπο, **κατηγορία 2**: πιθανές καρκινογόνες ουσίες, **κατηγορία 3**: χημικές ουσίες που προκαλούν ανησυχίες για ενδεχόμενη καρκινογόνο δράση, αλλά οι οποίες με τις διαθέσιμες πληροφορίες δεν είναι δυνατόν να αξιολογηθούν και τα ταξινομηθούν. Οι μεταλλαξιγόνες χημικές ουσίες επίσης ταξινομούνται σε 3 κατηγορίες ανάλογα με την επαρκή ή μη μαρτυρία των πειραματικών αποτελεσμάτων. Ταξινόμηση καρκινογόνων ουσιών έχουν δημιουργήσει και αρκετές υπηρεσίες και Ινστιτούτα στις ΗΠΑ, όπως η ΕΡΑ, το Ινστιτούτο NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health), το Εθνικό Πρόγραμμα Τοξικολογίας (NTP, National Toxicology Program) και η Οργάνωση ACGIH (American Governmental Industrial Hygienists Association). Επίσης, χώρες όπως η Σουηδία, η Γερμανία, Η Βρετανία, (πρώην) Σ. Ένωση και η Ιαπωνία έχουν παρόμοια συστήματα ταξινόμησης καρκινογόνων ουσιών.

### 3.7. Οριακές τιμές

Η Ευρωπαϊκή Ένωση δεν έχει προβεί ακόμη στην θέσπιση ενός πλήρους και ικανοποιητικού καταλόγου οριακών τιμών συγκεντρώσεων συγκεκριμένων ρύπων στο έδαφος και/ ή στα υπόγεια ύδατα. Ελλείπει μιας ενιαίας Κοινοτικής Οδηγίας κάθε Κράτος - Μέλος καλείται από μόνο του να καθορίσει τις εν λόγω οριακές τιμές. Φυσικά, οι ήδη ανεπτυγμένες χώρες, που εφαρμόζουν μια σοβαρή περιβαλλοντική πολιτική, όπως είναι η Ολλανδία και η Γερμανία, πρωτοστατούν και στο συγκεκριμένο θέμα, ορίζοντας οριακές τιμές για έναν αρκετά σημαντικό αριθμό ρύπων, οι οποίες στη συνέχεια υιοθετούνται, έστω και άτυπα, από άλλες χώρες της Ευρώπης, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα.

Η Ολλανδία έχει εκδώσει από το 1996 μια λίστα γνωστή ως “New Dutch List” (Νέα Ολλανδική Λίστα) με βέλτιστες (ιδανικές) οριακές τιμές, καθώς και οριακές τιμές «δράσης» συγκεντρώσεων συγκεκριμένων ρύπων στο έδαφος και τα υπόγεια ύδατα [47]. Οι αναφερόμενοι ρύποι ανήκουν στις ακόλουθες κύριες κατηγορίες:

- μέταλλα,
- κυανίδια,
- αρωματικά συστατικά,
- πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs),
- χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες,
- φυτοφάρμακα,
- λοιπά.

Οι οριακές τιμές συγκεντρώσεων ρύπων στο έδαφος, αφορούν σε τυπικό έδαφος Ολλανδίας (Standard Dutch Soil), το οποίο τυπικά περιέχει 10% οργανική ύλη και 25% υγρασία. Για την υιοθέτηση λοιπόν των αναφερόμενων ορίων θα πρέπει να γίνει κάποιου είδους αναγωγή στο εκάστοτε εξεταζόμενο έδαφος, βάσει των δυο προαναφερόμενων εδαφικών παραμέτρων. Η επιθυμητή αναγωγή είναι αντικειμενικά δύσκολο να πραγματοποιηθεί, καθώς αναμένεται να είναι διαφορετική για κάθε ρύπο. Στον Πίνακα 3-6 παρουσιάζεται η πλήρης “New Dutch List”.

Η Γερμανία έχει εκδόσει την ειδική διάταξη «Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance» (Bundes - Bodenschutz- und Schutzverordnung -BBodSchV, 1999) (Παράρτημα III), η οποία ορίζει κυρίως:

- προδιαγραφές για την διερεύνηση και την εκτίμηση πεδίων ρυπασμένων ή πιθανόν ρυπασμένων,
- απαιτήσεις για την λήψη αποτελεσματικών μέτρων απορρύπανσης και σταθεροποίησης της υφιστάμενης κατάστασης,
- βέλτιστες (ιδανικές) οριακές τιμές, καθώς και οριακές τιμές «δράσης» για συγκεντρώσεις διαφόρων ρύπων (π.χ. διοξίνες, βαρέα μέταλλα, κα.) στο έδαφος, ανάλογα και με την χρήση αυτού.

Το πλήρες κείμενο της συγκεκριμένης διάταξης παρατίθεται ως Παράρτημα III. Όσον αφορά στα υπόγεια ύδατα, υπάρχουν επίσης κάποια διαθέσιμα όρια, τα οποία ναι μεν χρησιμοποιούνται στη Γερμανία, αλλά ακόμη δεν έχουν επιβληθεί / κατοχυρωθεί νομοθετικά. Τα εν λόγω όρια αναφέρονται στο αντίστοιχο επίσημο κείμενο «Determination of insignificance thresholds for groundwater» (2004), το οποίο παρατίθεται στο Παράρτημα IV.

**Πίνακας 3-6:** Οριακές τιμές συγκέντρωσης ρύπων στο έδαφος και στα υπόγεια ύδατα, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία της Ολλανδίας (New Dutch List) [47].

Ρύπος	Έδαφος (mg/kg υγρό βάρος)		Υπόγεια Ύδατα (µg/l)	
	Βέλτιστη τιμή	Τιμή δράσης	Βέλτιστη τιμή	Τιμή δράσης
<b>Μέταλλα</b>				
Αρσενικό	29	55	10	60
Βάριο	200	625	50	625
Κάδμιο	0.8	12	0.4	6
Χρώμιο	100	380	1	30
Κοβάλτιο	20	240	20	100
Χαλκός	36	190	15	75
Μόλυβδος	85	530	15	75
Μολυβδαίνιο	10	200	5	300
Νικέλιο	35	210	15	75
Υδράργυρος	0.3	10	0.05	0.3
Ψευδάργυρος	140	720	65	800

Ρύπος	Έδαφος (mg/kg υγρό βάρος)		Υπόγεια Ύδατα (μg/l)	
	Βέλτιστη τιμή	Τιμή δράσης	Βέλτιστη τιμή	Τιμή δράσης
<b>Κυανίδια</b>				
Ελεύθερα	1	20	5	1500
Σύμπλοκα (pH<5) <sup>(1)</sup>	5	650	10	1500
Σύμπλοκα (pH>5) <sup>(1)</sup>	5	50	10	1500
Θειοκυανιούχα	-	-	20	1500
<b>Αρωματικά</b>				
Βενζόλιο	0.05[d]	2	0.2	30
Αιθυλοβενζόλιο	0.05[d]	50	0.2	150
Φαινόλη	0.05[d]	40	0.2	2000
Τολουόλιο	0.05[d]	130	0.2	1000
Ξυλόλια	0.05[d]	25	0.2	70
Κρεζόλες	-	5[d]	-	200
Κατεχίνη	-	20	-	1250
Ρεσορίνη (resorein)	-	10	-	600
Υδροκινόνη	-	10	-	800
<b>Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAH)</b>				
Ανθρακένιο	-	-	0.02	5
Βένζο(a)πυρένιο	--	-	0.001	0.5
Φλουορανθένιο	--	-	0.005	1
Ναφθαλένιο	-	-	0.1	70
Φαινανθρένιο	-	-	0.03	5
Βένζο(a)ανθρακένιο	-	-	0.002	0.5
Χρυσένιο	-	-	0.002	0.05
Βένζο(a)φλουορανθένιο	-	-	0.003	0.5
Βένζο(k)φλουορανθένιο	-	-	0.001	0.05
Βένζο(g,h,i)περυλένιο	-	-	0.0002	0.05
Ινδενολ(1,2,3-c,d)πυρένιο	--	-	0.0004	0.05
Ολικό PAH <sup>(2) (10)</sup>	1	40	-	-
<b>Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες</b>				
1,2 Διχλωροαιθάνιο	-	4	0.01[d]	400
Διχλωρομεθάνιο	[d]	20	0.01[d]	1000
Τετραχλωροαιθάνιο	0.01	4	0.01[d]	40
Τετραχλωρομεθάνιο	0.001	1	0.01[d]	10
Τριχλωρομεθάνιο	0.001	10	0.01[d]	400
Τριχλωροεθένιο	0.001	60	0.01[d]	500
Βινυλοχλωρίδιο	-	0.1	-	0.7
Μονοχλωροβενζόλιο	[d]	-	0.01[d]	180
Διχλωροβενζόλιο (ολικό)	0.01	-	0.01[d]	50
Τριχλωροβενζόλιο (ολικό)	0.01	-	0.01[d]	10
Τετραχλωροβενζόλιο (ολικό)	0.01	-	0.01[d]	2.5
Πενταχλωροβενζόλιο	0.0035	-	0.01[d]	1
Εξαχλωροβενζόλιο	0.0025	-	0.01[d]	0.5
Χλωροβενζόλια <sup>(3) (10)</sup>	-	30	-	-
Μονοχλωροφαινόλη	0.0025	-	0.25	100
Διχλωροφαινόλη	0.003	-	0.08	30
Τριχλωροφαινόλη	0.001	-	0.025	10
Τετραχλωροφαινόλη	0.001	-	0.01	10
Πενταχλωροφαινόλη	0.002	5	0.02	3
Χλωροφαινόλες (ολικές) <sup>(4) (10)</sup>	-	10	-	-
Χλωροναφθυλένιο	-	10	-	6
Πολυχλωροδιφαινύλια (ολικά) <sup>(5) (10)</sup>	0.02	1	0.01	0.01[d]

Ρύπος	Έδαφος (mg/kg υγρό βάρος)		Υπόγεια Ύδατα (μg/l)	
	Βέλτιστη τιμή	Τιμή δράσης	Βέλτιστη τιμή	Τιμή δράσης
<b>Φυτοφάρμακα</b>				
DDT/DDD/DDE (total) <sup>(6)</sup>	0.0025	4	[d]	0.01
Aldrin	0.0025	-	[d]	-
Dieldrin	0.0005	-	0.02ng/l	-
Endrin	0.001	[d]	-	-
Drins (ολικά) <sup>(7)</sup>	-	4	-	0.1
α HCH	0.0025	-	[d]	-
β HCH	0.001	-	[d]	-
γ HCH	0.05 μg/l	-	0.2 ng/l	-
HCH συνδυασμός <sup>(8)</sup>	-	2	-	1
Carbaryl	-	5	0.01[d]	0.1
Carbofuran	-	2	0.01[d]	0.1
Maneb	-	35	[d]	0.1
Atrazin	0.05 μg/l	6	0.0075	150
<b>Λοιπά</b>				
Τατραϋδροφουράνια	0.1	0.4	0.5	1
Πυριδίνη	0.1	1	0.5	3
Τετραϋδροθειοφαίνιο	0.1	90	0.5	30
Κυκλοεξανόνη	0.1	270	0.5	15000
Στυρένιο	0.1	100	0.5	300
Ορυκτέλαιο <sup>(9)</sup>	50	5000	50	600
Φθαλικά (ολικά)	0.1	60	0.5	5

Οι τιμές είναι για τυπικό Ολλανδικό Έδαφος (10% οργανική ύλη και 25% ξηρό περιεχόμενο) - [d] = Όριο Ανίχνευσης.

- (1) Οξύτητα: pH (0.01M CaCl<sub>2</sub>). Το 90 ποσοστό (percentile) των μετρούμενων τιμών χρησιμοποιείται για να καθοριστεί η τιμή pH.
- (2) PAH (ολικά από 10) είναι το σύνολο των: Ανθρακένιο, Βένζο(α)ανθρακένιο, Βένζο(α)φλουορανθένιο, Βένζο(g,h,i)περυλένιο, Βένζο(k)φλουορανθένιο, Χρυσένιο, Φλουορανθένιο, Ινδενόλ(1,2,3-c,d)πυρένιο και Φαινανθρένιο.
- (3) Τα χλωροβενζόλια είναι το σύνολο όλων των χλωροβενζολίων (μόνο-, δι-, τρι-, τετρα-, πεντα- και εξαχλωροβενζόλιου).
- (4) Οι χλωροφαινόλες είναι το σύνολο όλων των χλωροφαινόλων (μόνο-, δι-, τρι-, τετρα- και πενταχλωροφαινόλης).
- (5) Η τιμή δράσης για τα PCB's (πολυχλωριωμένα διφαινύλια) είναι το σύνολο όλων των PCB's 28,52,101, 118, 153, 180. Η βέλτιστη τιμή αναφέρεται στο σύνολο εκτός PCB 118.
- (6) DDT/DDD/DDE είναι το σύνολο των: DDT, DDD, DDE.
- (7) Drins είναι το σύνολο των: Aldrin + Dieldrin + Endrin.
- (8) HCH συνδυασμός είναι το σύνολο των: α, β, γ και δ HCH.
- (9) Τα ορυκτέλαια είναι το άθροισμα όλων των αλκανίων (και με ευθεία και διακλαδισμένη αλυσίδα). Όταν η ρύπανση οφείλεται σε μίγματα (π.χ. πετρελαίου κίνησης και θέρμανσης), τότε το περιεχόμενο των αρωματικών και/ή πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων πρέπει επίσης να προσδιοριστεί.
- (10) Οι ολικές τιμές για PAH's, χλωροφαινόλων και χλωροβενζολίων σε εδάφη / ιζήματα αφορούν στην ολική συγκέντρωση των συστατικών, που ανήκουν στην εκάστοτε κατηγορία. Αν η ρύπανση οφείλεται σε ένα μόνο συστατικό της κατηγορίας, η τιμή που χρησιμοποιείται είναι η μέση τιμή του εν λόγω συστατικού. Όπου υπάρχουν δύο ή περισσότερα συστατικά χρησιμοποιείται η τιμή για το σύνολο των εν λόγω συστατικών. Για εδάφη/ ιζήματα οι επιδράσεις είναι ευθέως αθροιστικές. Για υπόγεια ύδατα οι επιδράσεις είναι έμμεσες και εκφράζονται ως κλάσμα των επιμέρους τιμών πριν αθροιστούν.

### **3.8. Διεθνή πρότυπα χαρακτηρισμού ρυπασμένων χώρων**

Για την ορθή διεξαγωγή εργασιών χαρακτηρισμού πιθανά ρυπασμένων πεδίων έχουν συνταχθεί ειδικά πρότυπα (standards) από διάφορους οργανισμούς, όπως για παράδειγμα τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization – ISO), την Αμερικανική Κοινότητα για Έλεγχο και Υλικά (American Society for Testing and Materials – ASTM, το Γερμανικό Ινστιτούτο Τυποποίησης (Deutsches Institut für Normung – DIN), κ.α.. Στόχος των συγκεκριμένων προτύπων είναι να προσδιορίσουν μια κατά δυνατόν βέλτιστη και αξιόπιστη μεθοδολογία για τη διεξαγωγή διαφόρων αναγκαίων εργασιών, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν από τη δειγματοληψία κάποιου περιβαλλοντικού μέσου (π.χ. υπόγειου νερού) και την ανάλυση αυτού ως προς συγκεκριμένα συστατικά έως και τον τρόπο χαρακτηρισμού της ρύπανσης ενός πεδίου και τη σύνταξη αντίστοιχης μελέτης – αναφοράς. Επίσης, η Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (US Environmental Protection Agency – EPA) έχει καθορίσει αναλυτικές μεθόδους, αλλά και κυρίως «οδηγούς» - μεθοδολογίες χαρακτηρισμού, αξιολόγησης, περιβαλλοντικής εκτίμησης και εξυγίανσης ρυπασμένων πεδίων, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία της χώρας (π.χ. Guidance for Performing Preliminary Assessments Under CERCLA) [43].

Ειδικά, όσον αφορά στον χαρακτηρισμό του εδάφους ενός πεδίου σε σχέση με την αλληλεπίδρασή του με τη ρύπανση υπογείων υδάτων, έχουν αναπτυχθεί συγκεκριμένα πρότυπα (π.χ. ISO 15175:2004 “Soil Quality – Characterization of Soil Related to Groundwater Protection”) [31], τα οποία παρέχουν όλη την αναγκαία μεθοδολογία, που πρέπει να ακολουθηθεί, για να προσδιοριστούν εκείνα τα χαρακτηριστικά του εδάφους, που θα επιτρέψουν την αντιπροσωπευτική κατανόηση των επικρατούντων γεωλογικών και υδρογεωλογικών συνθηκών και θα συντελέσουν στην μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης και της αλληλεπίδρασης ρύπων – εδάφους – υπογείων υδάτων. Το προαναφερόμενο πρότυπο προσδιορίζει τις εδαφικές παραμέτρους (π.χ. pH, περιεκτικότητα σε συγκεκριμένα στοιχεία, όπως άζωτο, ασβέστιο, κ.α.), που πρέπει να προσδιοριστούν και τις μετρήσεις και δοκιμές, που πρέπει να διεξαχθούν για τον χαρακτηρισμό του εδάφους ενός πεδίου σε συνάρτηση με την ρύπανση των υπογείων υδάτων.

Ο Πίνακας 3-7 παρουσιάζει τις παραμέτρους του εδάφους και των ρύπων, που σύμφωνα με το συγκεκριμένο πρότυπο, πρέπει να προσδιορίζονται, καθώς σχετίζονται άμεσα με σημαντικές διεργασίες, που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος.

**Πίνακας 3-7:** Παράμετροι εδάφους και ρύπων, κατά ISO 15175:2004, που σχετίζονται με σημαντικές διεργασίες, που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος [31].

Διεργασία	Παράμετροι Εδάφους	Παράμετροι Ρύπου	Αλληλεπιδράσεις Εδάφους / ρύπου
Μεταφορά μάζας ρύπων	Υδραυλική αγωγιμότητα, βαθμός κορεσμού, πορώδες, κατανομή μεγέθους πόρων, σχέσεις κατακράτησης νερού (soil water retention functions)	Διαλυτότητα, πτητικότητα, πυκνότητα, ιξώδες	Σχετική διαπερατότητα, εναπομείναν κορεσμός, διαβρεξιμότητα, επιφανειακή τάση, τριχοειδής πίεση
Μεταφορά ρύπου στο νερό:			
Συμμεταφορά	Υδραυλική κλίση, υδραυλική αγωγιμότητα, πορώδες		Ιξώδες
Διασπορά / διάχυση	Ταχύτητα νερού στους πόρους, διασπορά (dispersivity)	Συντελεστής διάχυσης	
Μεταφορά πυκνότητας	Ταχύτητα νερού στους πόρους, στρωματοποίηση εδάφους	Πυκνότητα υγρού	Διασπορά, μεταβολή στην πυκνότητα
Προτιμητέα διαδρομή	Κατανομή μεγέθους πόρων, μέγεθος σχισμών, μέγεθος μακροπόρων, συννεκτικότητα	Ιξώδες, πυκνότητα, συντελεστής διασποράς	
Εξάτμιση	Περιεκτικότητα σε νερό, θερμοκρασία, περιεχόμενο χημικής φάσης (chemical content phase)	Τάση ατμών, σταθερά Henry	
Μεταφορά αέριας φάσης	Περιεκτικότητα σε νερό, στρεβλότητα (tortuosity), διαφορές πίεσης	Συντελεστής διάχυσης	
Διάλυση οργανικών	Υδραυλική αγωγιμότητα, υγρασία, στρεβλότητα (tortuosity)	Διαλυτότητα, σύνθεση χημικής φάσης	
Διάλυση ανόργανων	Υδραυλική αγωγιμότητα, υγρασία, στρεβλότητα (tortuosity)	Διαλυτότητα	
Καθίζηση	pH, δυναμικό οξειδοαναγωγής, άλλα συστατικά	Διαλυτότητα, σταθερά συμπλοκοποίησης	
Συμπλοκοποίηση	pH, διαλυμένος οργανικός άνθρακας, συγκέντρωση προσδετών (ligands)	Σταθερά συμπλοκοποίησης	
Ιονενταλλαγή	Δυναμικό εναλλαγής κατιόντων και ιοντικό δυναμικό, άλλα κατιόντα, pH	Σθένος, βαθμός ενυδάτωσης	
Ρόφηση οργανικών	pH, περιεκτικότητα σε οργανικά, περιεκτικότητα σε άργιλο και ορυκτολογία, ειδική επιφάνεια	Συντελεστής κατανομής οκτανόλης-νερού, σταθερά ρόφησης	Αλλοίωση (ageing)
Ρόφηση ανόργανων	pH, περιεκτικότητα σε οργανικά, περιεκτικότητα σε άργιλο και ορυκτολογία, ειδική επιφάνεια, μη κρυσταλλικά και ένυδρα οξείδια	Σταθερά ρόφησης	Αλλοίωση (ageing)
Αποδόμηση			
Βιοτική	Δυναμικό οξειδοαναγωγής, pH, θερμοκρασία	Παρουσία πρωτεΐνης	
Αβιοτική	Μικροοργανισμοί, δυναμικό οξειδοαναγωγής, υπόστρωμα, pH, θερμοκρασία	υποστρώματος, βιοδιασπασιμότητα, τοξικότητα για μικροοργανισμούς	

### Χαρακτηρισμός και ιδιότητες

Τα κύρια «φυσικά» χαρακτηριστικά του εδάφους, που πρέπει να προσδιοριστούν κατά την κύρια περιβαλλοντική εκτίμηση ενός πεδίου, περιλαμβάνουν τα εξής:

- γεωλογία: είδος εδάφους, στρωματογραφία, λιθολογία, ετερογένεια.
- υδρογεωλογία: αριθμός και είδος υδροφορέων, βάθος υδροφόρου ορίζοντα και αδιαπέρατου στρώματος (bedrock), πάχος και υδραυλική κλίση υδροφορέα, ταχύτητα και διεύθυνση ροής υπόγειου νερού.
- ιδιότητες πορώδους μέσου: διαπερατότητα, πορώδες, πυκνότητα, υδραυλική αγωγιμότητα, κοκκομετρία.
- ειδικά χαρακτηριστικά: περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα, ρυθμός διήθησης, pH, υγρασία (για ακόρεστη ζώνη).

Όλα τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά αποτελούν σημαντικά στοιχεία για την κατανόηση των ιδιοτήτων του υπεδάφους μιας περιοχής και κατ' επέκταση την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του κατά την εμφάνιση κάποιου έκτακτου περιστατικού (π.χ. διαρροή ρύπων). Για παράδειγμα, η διαπερατότητα, το πορώδες και η κοκκομετρία του εδάφους καθορίζουν την μετακίνηση ενός ρύπου μέσα σε αυτό και κατ' επέκταση την εξάπλωσή του στο υπέδαφος, ενώ η περιεκτικότητά του σε οργανικό άνθρακα ή το pH του μπορούν να καθορίσουν τη μορφή που θα αποκτήσει ο ρύπος όταν βρεθεί μέσα στο έδαφος, π.χ. θα προσροφηθεί ή όχι (για οργανικούς ρύπους) ή θα καθιζάνει ή όχι (για βαρέα μέταλλα), αντίστοιχα.

Τα γεωλογικά χαρακτηριστικά ενός πεδίου συνήθως προσδιορίζονται με χρήση αντίστοιχων γεωλογικών χαρτών, που είναι διαθέσιμοι από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) ή και από άλλες ενδεχομένως υπηρεσίες. Δεδομένου όμως ότι απαιτείται λεπτομερής γνώση της στρωματογραφίας και των γεωλογικών χαρακτηριστικών του πεδίου συναρτήσει του βάθους, κρίνεται αναγκαία η διεξαγωγή γεωλογικών μελετών, με διάνοιξη των γνωστών γεωλογικών «καρότων». Από τα γεωλογικά «καρότα» και μέσω εργαστηριακών αναλύσεων (π.χ. κοκκομετρίας, μέτρησης pH, κα.) προσδιορίζονται σχεδόν όλα τα προαναφερόμενα απαιτούμενα χαρακτηριστικά του εδάφους σε ένα υπό μελέτη πεδίο.

Οι γεωλογικές μελέτες πραγματοποιούνται από αντίστοιχης ειδικότητας επιστήμονες (γεωλόγους, μηχανικούς ορυκτών πόρων, κτλ), ενώ απαιτείται και η εργασία ειδικού συνεργείου, το οποίο θα διαθέτει τον απαιτούμενο εξοπλισμό (π.χ. γεωτρύπανο), ο οποίος είναι ιδιαίτερα ειδικευμένος, ογκώδης και ακριβός. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός επιλέγεται βάσει εμπειρίας, ανάλογα με τον Στόχο<sup>2</sup> της δειγματοληψίας και τα χαρακτηριστικά του

<sup>2</sup> Οι στόχοι, που μπορούν να επιτευχθούν με τη λήψη ενός γεωλογικού καρότου / δειγματοληψία εδάφους είναι: (α) προσδιορισμός in-situ φυσικών και υδραυλικών ιδιοτήτων, (β) προσδιορισμός χημικών και μικροβιολογικών χαρακτηριστικών, (γ) μελέτη της υπόγειας λιθολογίας, στρωματογραφίας και δομής, (δ) εντοπισμός υδρογεωλογικών μονάδων (ASTM D6169-98).

εδάφους. Για τη διεξαγωγή τέτοιου είδους εργασιών / δειγματοληψιών έχουν αναπτυχθεί σχετικά πρότυπα (π.χ. ASTM D1587-00(2007)E1).

Για τον προσδιορισμό ορισμένων από τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά (π.χ. βάθος υδροφορέα, ταχύτητας και διεύθυνσης ροής) δεν αρκεί η λήψη γεωλογικών «καρότων», αλλά απαιτείται η διάνοιξη γεωτρήσεων και η μελέτη του υπεδάφους μέσω αυτών. Για παράδειγμα, η μελέτη της κατεύθυνσης και της διεύθυνσης της ροής του υπόγειου νερού μπορεί να προσδιοριστεί μέσω ενός συστήματος γεωτρήσεων (τριών συνήθως), σύμφωνα με αντίστοιχες μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί.

#### Κατάσταση ρύπανσης

Για τον προσδιορισμό της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης και συγκεκριμένα του είδους και των συγκεντρώσεων / ποσοτήτων των υπαρχόντων ρύπων στο έδαφος μιας περιοχής πρέπει να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα δειγματοληψίας και χημικών αναλύσεων, βάσει των ευρημάτων, που έχουν προκύψει από την προκαταρκτική εκτίμηση και αξιολόγηση. Τα ευρήματα, που χρησιμοποιούνται και καθορίζουν το πρόγραμμα δειγματοληψιών και αναλύσεων, είναι τα εξής:

- υφιστάμενα / αναμενόμενα σημεία διαρροής ρύπων – πηγές ρύπανσης (για τον προσδιορισμό της θέσης δειγματοληψίας),
- υφιστάμενες / αναμενόμενες χημικές ουσίες στο υπό μελέτη πεδίο (για τον προσδιορισμό του τρόπου δειγματοληψίας, συντήρησης και ανάλυσης των δειγμάτων),
- γεωλογικά χαρακτηριστικά του πεδίου (για τον προσδιορισμό της θέσης δειγματοληψίας),
- επιμέρους στόχοι, που είναι θεμιτό να επιτευχθούν με τη δειγματοληψία και την ανάλυση του εδάφους (π.χ. προσδιορισμός της κατανομής των συγκεντρώσεων των ρύπων για την κατασκευή χαρτών ρύπανσης ή εύρεση της μέγιστης συγκέντρωσης).

#### Δειγματοληψία

##### Έδαφος

Για τη δημιουργία ενός σωστού, «αποδοτικού» και αντιπροσωπευτικού προγράμματος δειγματοληψίας εδάφους θα πρέπει να ακολουθηθούν τα εξής βήματα:

- προσδιορισμός του στόχου δειγματοληψίας
- προσδιορισμός της υπό μελέτη περιοχής
- καταγραφή των παραμέτρων, που είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν
- συλλογή αναγκαίων στοιχείων για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων, που θα προκύψουν (π.χ. γεωλογικών και ιστορικών στοιχείων)
- εντοπισμός των ενδεχόμενων περιορισμών (π.χ. ύπαρξη εν λειτουργία εγκατάστασης στο υπό μελέτη πεδίο)

- εκτίμηση κόστους
- συλλογή προκαταρκτικών πληροφοριών (σε γενικές γραμμές έχει ήδη γίνει κατά τη φάση της προκαταρκτικής εκτίμησης και αξιολόγησης)
- έκδοση στρατηγικής δειγματοληψίας
- χωρικός σχεδιασμός δειγματοληψίας
- προσδιορισμός σημείων δειγματοληψίας
- βάθος δειγματοληψίας
- είδος δειγμάτων
- μέθοδος δειγματοληψίας
- διεξαγωγή δειγματοληψίας
- επιλογή και συντονισμός προσωπικού
- επιλογή κατάλληλων εργαλείων / εξοπλισμού δειγματοληψίας
- επιλογή αναγκαίου τρόπου συντήρησης και/ή αποθήκευσης των δειγμάτων
- διεξαγωγή τεστ πεδίου
- τήρηση ασφάλειας
- λήψη αναγκαίων μέτρων ασφαλείας (π.χ. ISO 10381-3:2001 “Soil Quality – Sampling – Part 3: Guidance on safety”)
- ενημέρωση αρμόδιων φορέων / αρχών
- σύνταξη αναφοράς δειγματοληψίας

Σε γενικές γραμμές, οι προϋποθέσεις, που πρέπει να εξασφαλιστούν σε κάθε δειγματοληψία εδάφους, περιλαμβάνουν τα εξής:

- προσδιορισμός σχεδίου δειγματοληψίας
- λήψη αντιπροσωπευτικού δείγματος
- χρήση κατάλληλου εξοπλισμού δειγματοληψίας
- σωστή συντήρηση του δείγματος μέχρι την ανάλυσή του
- σωστή προεπεξεργασία του δείγματος στο πεδίο (εφόσον απαιτείται)
- χρήση κατάλληλων αναλυτικών μεθόδων

Ο προσδιορισμός σχεδίου δειγματοληψίας βασίζεται στον κύριο στόχο της δειγματοληψίας και μπορεί να επιλεγεί βάσει διαγραμμάτων, που περιέχονται σε αντίστοιχα πρότυπα (π.χ. ISO 10381-1:2002 “Soil Quality – Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes”) [32].

Η λήψη αντιπροσωπευτικού δείγματος εξαρτάται κατά πολύ από την εμπειρία του μελετητή / ερευνητή και καθορίζεται από την χρήση κατάλληλου εξοπλισμού, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του πεδίου, τις παραμέτρους που αναμένεται να προσδιοριστούν και την αναλυτική μέθοδο, που θα χρησιμοποιηθεί. Ειδικά, για την χρήση κατάλληλου εξοπλισμού δειγματοληψίας έχουν αναπτυχθεί ειδικά πρότυπα (π.χ. ISO 10381-2:2002 “Soil Quality –

Sampling – Part 2: Guidance in sampling techniques”), τα οποία παρουσιάζουν τα κριτήρια πάνω στα οποία μπορεί να βασιστεί η επιλογή του εξοπλισμού δειγματοληψίας.

Όλες οι υπόλοιπες προαναφερόμενες προϋποθέσεις καθορίζονται πλήρως από τους αναμενόμενους ρύπους και τις παραμέτρους, που πρόκειται να προσδιοριστούν. Για παράδειγμα, αν πρόκειται να γίνει προσδιορισμός πτητικών οργανικών ουσιών στο έδαφος θα πρέπει να ακολουθηθεί ανάλογη διαδικασία δειγματοληψίας, π.χ. το δοχείο δειγματοληψίας θα πρέπει να είναι γυάλινο, σκουρόχρωμο και αεροστεγές και να διατηρηθεί σε χαμηλή θερμοκρασία, ενώ αν πρόκειται να προσδιοριστεί το μικροβιακό φορτίο θα πρέπει το δοχείο δειγματοληψίας να είναι αποστειρωμένο και επίσης σκουρόχρωμο. Τα παραπάνω κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό καθορίζονται, όπως είναι ευνόητο και από την αναλυτική μέθοδο, που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί.

#### Εδαφικός αέρας

Η δειγματοληψία του εδαφικού αέρα ακολουθεί σε γενικές γραμμές τη μεθοδολογία δειγματοληψίας εδάφους (π.χ. όσον αφορά στα αναγκαία βήματα, που πρέπει να ακολουθηθούν και τις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται για έναν επιτυχή χαρακτηρισμό αυτού). Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποια ιδιαίτερα σημεία, τα οποία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, προκειμένου να μην πραγματοποιηθούν σφάλματα.

Βασικό πρόβλημα κατά τη δειγματοληψία εδαφικού αέρα μπορεί να αποτελέσει ο εμπλουτισμός αυτού από τον ατμοσφαιρικό αέρα, σε περίπτωση για παράδειγμα, που το βάθος δειγματοληψίας δεν είναι σημαντικό (μικρότερο από 1m). Για τον λόγο αυτό, η δειγματοληψία θα πρέπει να γίνεται πάντα σε βάθος, το οποίο αποκλείει τη σημαντική παρουσία ατμοσφαιρικού αέρα και συνήθως καθορίζεται από το είδος και τη διαπερατότητα των υφιστάμενων γεωλογικών σχηματισμών.

Σημαντικό επίσης στοιχείο αποτελούν οι καιρικές συνθήκες (ατμοσφαιρική πίεση, βροχόπτωση, θερμοκρασία και διεύθυνση-ταχύτητα ανέμου), που επικρατούν, τόσο κατά τη διάρκεια, όσο και 3 με 4 ημέρες πριν τη δειγματοληψία. Οι καιρικές συνθήκες και το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα (το οποίο ουσιαστικά επηρεάζεται από τη βροχόπτωση) επηρεάζουν τη «συμπεριφορά» (π.χ. πίεση, μετακίνηση προς την επιφάνεια του εδάφους και την ατμόσφαιρα) του εδαφικού αέρα, καθιστώντας μετρήσεις διαφορετικών περιόδων μη συγκρίσιμες μεταξύ τους.

Ειδικά για τη δειγματοληψία εδαφικού αέρα (τρόπος και απαιτούμενος εξοπλισμός) έχουν αναπτυχθεί κατάλληλα πρότυπα, όπως το ISO 10381-7:2005(E) “Soil Quality – Sampling – Part 7: Guidance on sampling of soil gas” [30].

#### Αναλύσεις

Οι χημικές αναλύσεις του εδάφους ως προς συγκεκριμένες ουσίες / συστατικά / παραμέτρους

πραγματοποιούνται βάσει υφιστάμενων προτύπων. Τα εν λόγω πρότυπα περιγράφουν την αναγκαία προεπεξεργασία του δείγματος, τον απαιτούμενο εξοπλισμό, τα απαραίτητα αντιδραστήρια και την αναλυτική διαδικασία, που πρέπει να ακολουθηθεί.

Δυστυχώς, δεν μπορεί να προκύψει κάποια γενική μεθοδολογία χημικών αναλύσεων, χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού, αναγκαίας προεπεξεργασίας, κτλ., καθώς αυτά καθορίζονται άμεσα όχι μόνο από την ουσία, που είναι επιθυμητό να προσδιοριστεί, αλλά και από το συγκεκριμένο πρότυπο, που πρόκειται να ακολουθηθεί.

Επίσης, δεν είναι δυνατόν μια εταιρία ή ένα εργαστήριο με συγκεκριμένα ερευνητικά ενδιαφέροντα και απαιτήσεις να προμηθευτεί όλα τα διαθέσιμα πρότυπα. Ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες, διαλέγει κάποιο από τα διαθέσιμα πρότυπα και ακολουθεί τις οδηγίες αυτού.

Όσον αφορά στα υπόγεια ύδατα ενός υπό μελέτη πεδίου, τα στοιχεία που πρέπει να συλλεχθούν είναι άμεσα συνδεδεμένα με εκείνα του εδάφους και αφορούν αφενός τα «φυσικά» (υδρογεωλογικά κυρίως) χαρακτηριστικά και ιδιότητές του και αφετέρου τις συνθήκες, που έχουν διαμορφωθεί λόγω κάποιας ενδεχόμενης ρύπανσης (π.χ. το είδος και η κατανομή των υφιστάμενων ρύπων).

#### Χαρακτηρισμός και ιδιότητες

Τα βασικά χαρακτηριστικά των υπογείων υδάτων, που πρέπει να προσδιοριστούν κατά την κύρια περιβαλλοντική εκτίμηση ενός πεδίου, περιλαμβάνουν τα εξής (τα οποία εν μέρει συμπίπτουν με εκείνα του εδάφους):

- γεωλογία: είδος εδάφους, στρωματογραφία, λιθολογία, ετερογένεια.
- υδρογεωλογία: αριθμός και είδος υδροφορέων, βάθος υδροφόρου ορίζοντα και αδιαπέρατου στρώματος (bedrock), πάχος και υδραυλική κλίση υδροφορέα, ταχύτητα και διεύθυνση ροής υπόγειου νερού.
- ιδιότητες πορώδους μέσου: διαπερατότητα, πορώδες, πυκνότητα, υδραυλική αγωγιμότητα, κοκκομετρία.
- ειδικά χαρακτηριστικά: pH, διαλυμένο οξυγόνο, δυναμικό οξειδοαναγωγής, ηλεκτρική αγωγιμότητα, σημεία εμπλουτισμού, αντλήσεων και επικοινωνίας με άλλα υδάτινα σώματα (π.χ. λίμνες, θάλασσα, κτλ.).

Για τη μέτρηση των βασικών ιδιοτήτων του υπόγειου νερού (π.χ. pH, αγωγιμότητας, κτλ.) χρησιμοποιούνται συνήθως φορητά όργανα πεδίου, τα οποία τοποθετούνται μέσα στον υπόγειο υδροφόρο, μέσω κατάλληλης γεώτρησης.

Για τον προσδιορισμό των σημείων εμπλουτισμού και επικοινωνίας των υπογείων υδάτων με άλλα υδάτινα σώματα, απαιτείται ιδιαίτερα προσεκτική και λεπτομερής μελέτη όλων των

υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών του πεδίου, για τα οποία μάλιστα πρέπει να είναι γνωστή η χωρική τους κατανομή. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται αρκετά «πυκνή» δειγματοληψία και σημαντικός αριθμός αναλύσεων / μετρήσεων.

#### Κατάσταση ρύπανσης

Για τον προσδιορισμό της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης και συγκεκριμένα του είδους και των συγκεντρώσεων / ποσοτήτων των υπαρχόντων ρύπων στα υπόγεια ύδατα μιας περιοχής πρέπει επίσης να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα δειγματοληψίας και χημικών αναλύσεων, βάσει των ευρημάτων, που έχουν προκύψει από την προκαταρκτική εκτίμηση και αξιολόγηση. Τα ευρήματα, που χρησιμοποιούνται και καθορίζουν το πρόγραμμα δειγματοληψιών και αναλύσεων, είναι τα εξής:

- τα υφιστάμενα / αναμενόμενα σημεία διαρροής ρύπων – πηγές ρύπανσης (για τον προσδιορισμό της θέσης δειγματοληψίας),
- οι υφιστάμενες / αναμενόμενες χημικές ουσίες στο υπό μελέτη πεδίο (για τον προσδιορισμό του τρόπου δειγματοληψίας, συντήρησης και ανάλυσης των δειγμάτων),
- τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του πεδίου, όπως για παράδειγμα ταχύτητα και διεύθυνση ροής υπογείων υδάτων (για τον προσδιορισμό της θέσης δειγματοληψίας),
- οι επιμέρους στόχοι, που είναι θεμιτό να επιτευχθούν με τη δειγματοληψία και την ανάλυση των υπογείων υδάτων (π.χ. προσδιορισμός της κατανομής των συγκεντρώσεων των ρύπων για την κατασκευή χαρτών ρύπανσης ή εύρεση της μέγιστης συγκέντρωσης).

#### Δειγματοληψία

Γενικά, η λήψη δειγμάτων από κάποιον φυσικό υδάτινο πόρο, όπως μια λίμνη, ένα ποτάμι ή έναν υπόγειο υδροφόρο παρουσίαζει σημαντικές δυσκολίες, καθώς πρέπει να ληφθεί υπόψη η δυναμικότητα των συστημάτων αυτών. Τα γενικά βήματα, που πρέπει να ακολουθηθούν και οι προϋποθέσεις, που πρέπει να τηρούνται, είναι σε γενικές γραμμές οι ίδιες με εκείνες για το έδαφος, με τη διαφορά ότι στην περίπτωση π.χ. ενός υπόγειου υδροφόρου οι ενδεχόμενες μεταβολές των επικρατούντων συνθηκών είναι πιθανότερες, συχνότερες και εντονότερες από ότι στην ακόρεστη ζώνη του υπεδάφους.

Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί ειδικά πρότυπα σχεδιασμού προγραμμάτων και επιλογής μεθόδων δειγματοληψίας υδάτων, όπως το ISO 5667-1:2006 “Water Quality – Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques” [29], σύμφωνα με το οποίο ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα ακόλουθα:

- το πρόγραμμα που θα αναπτυχθεί πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις απαιτήσεις κάθε μεθόδου δειγματοληψίας για την εκτίμηση του στατιστικού σφάλματος,
- η δειγματοληψία θα πρέπει να αποφεύγεται κοντά στα όρια των υδάτινων σωμάτων, εκτός αν πρόκειται να εξυπηρετηθεί κάποιος συγκεκριμένος σκοπός,

- θα πρέπει να ελαχιστοποιείται ή και να αποκλείεται (εφόσον είναι δυνατόν) η εμφάνιση αποκλίσεων στις συγκεντρώσεις των εξεταζόμενων ρύπων, λόγω μη σωστής επανάληψης της δειγματοληπτικής διαδικασίας,
- θα πρέπει να ελαχιστοποιείται ή και να αποκλείεται (εφόσον είναι δυνατόν) η εμφάνιση αποκλίσεων στις συγκεντρώσεις των εξεταζόμενων ρύπων, λόγω μη σωστής συντήρησης και μεταφοράς των δειγμάτων στο εργαστήριο,
- για την καλύτερη μελέτη της μέσης συγκέντρωσης των εξεταζόμενων ρύπων εντός ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος θα πρέπει να πραγματοποιείται σύνθετη δειγματοληψία.

Στο ίδιο πρότυπο παρουσιάζονται οι αναγκαίες προετοιμασίες για τη δειγματοληψία, τα αναγκαία μέτρα, που πρέπει να ληφθούν για την αποφυγή «επιμολύνσεων» των δειγμάτων, καθώς και για την απόδοση στοιχείων αναγνώρισης (Identification and Records) και καταγραφή των δειγμάτων (Πίνακας 3-8).

Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στη σωστή διατήρηση των δειγμάτων καθώς επίσης και στην σωστή επιλογή και καθαρισμό των δοχείων δειγματοληψίας. Σύμφωνα με αντίστοιχα πρότυπα, που έχουν αναπτυχθεί, όπως το ISO 5667-14:1998 “Water Quality – Sampling – Part 14: Guidance on quality assurance of environmental water sampling and handling” [34], ο ορθός καθαρισμός των δοχείων είναι πολύ συγκεκριμένος και επιβαλλόμενος. Επίσης, στο ίδιο πρότυπο παρουσιάζεται πίνακας με το είδος του δοχείου δειγματοληψίας, τον απαιτούμενο όγκο δείγματος, τον τρόπο δειγματοληψίας, τον τρόπο συντήρησης και το μέγιστο χρόνο διατήρησης δειγμάτων για διάφορα στοιχεία, τα οποία πρόκειται να προσδιοριστούν στα εκάστοτε δείγματα. Τα στοιχεία του συγκεκριμένου πίνακα (μέρος του οποίου αποτελεί ο Πίνακας 3-9) ενδέχεται να διαφοροποιούνται, ανάλογα με την αναλυτική μέθοδο, που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί κάθε φορά.

Ειδικά, για τη δειγματοληψία υπογείων υδάτων, έχουν αναπτυχθεί ξεχωριστά πρότυπα, όπως τα ISO 5667-18:2001 “Water Quality – Sampling – Part18: Guidance on sampling of groundwater at contaminated sites” [33] και ISO 5667-11:1993 “ Water Quality – Sampling – Part11: Guidance on sampling of groundwaters” [35], που παρέχουν πιο συγκεκριμένες οδηγίες.

Σύμφωνα με το πρώτο εξ αυτών, ο σχεδιασμός ενός κατάλληλου προγράμματος δειγματοληψίας θα πρέπει να βασιστεί στα εξής:

- υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του πεδίου,
- παρελθοντικές και παρούσες χρήσεις γης,
- είδος αναμενόμενων ρύπων και εκτιμώμενη έκταση υφιστάμενης ρύπανσης,
- σκοπός της δειγματοληψίας.

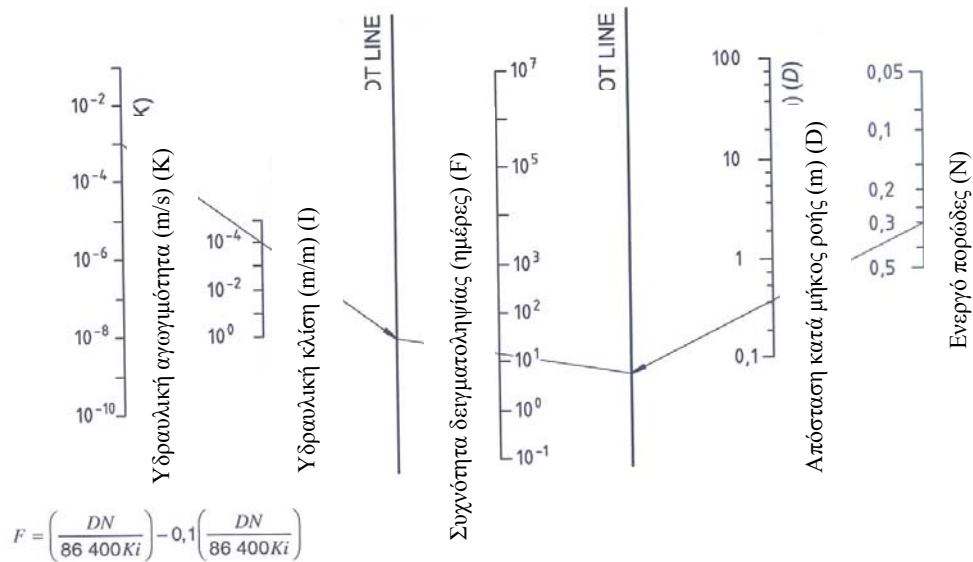
**Πίνακας 3-8:** Καταγραφή και απόδοση στοιχείων σε δείγματα υδάτων κατά ISO 5667-1:2006 [29].

Αριθμός δείγματος		
Είδος δείγματος		
Θέση δειγματοληψίας:	Περιοχή	
	Συντεταγμένες	
Σκαρίφημα		
Ημ/νία δειγματοληψίας		
Ωρα δειγματοληψίας		
Καιρικές συνθήκες		
Παρατηρήσεις		
Προεπεξεργασία δείγματος		
Μέθοδος δειγματοληψίας		

**Πίνακας 3-9:** Τεχνικές γενικά κατάλληλες για τη συντήρηση δειγμάτων υδάτων για φυσικοχημική και χημική ανάλυση κατά ISO 5667-3:2003 [33].

Παράμετρος προς μελέτη	Είδος δοχείου <sup>a</sup>	Τυπικός όγκος (ml) και μέθοδος πλήρωσης <sup>b</sup>	Τεχνική συντήρησης	Μέγιστος προτεινόμενος χρόνος συντήρησης πριν την ανάλυση και μετά την συντήρηση	Σχόλια
Υδράργυρος	BG πλυμένο με οξύ	500	Οξίνιση μεταξύ pH=1-2 με HNO <sub>3</sub> και προσθήκη K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (0.05% τελική συγκέντρωση)	1 μήνας	Ειδική προσοχή έτσι ώστε το δείγμα να μην ρυπανθεί
Μονοκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	G, δοχεία με κάλυμμα PTFE	500 (πλήρωση δοχείου πλήρης για απομάκρυνση αέρα)	Οξίνιση μεταξύ pH=1-2 με H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	7 ημέρες	Αν το δείγμα είναι χλωριωμένο, για κάθε λίτρο δείγματος προστίθενται 80mg Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O στο δοχείο πριν την δειγματοληψία
Νικέλιο	P πλυμένο με οξύ ή BG πλυμένο με οξύ	100	Οξίνιση μεταξύ pH=1-2 με HNO <sub>3</sub>	1 μήνας	6 μήνες <sup>c</sup>
Νιτρικά	P ή G	250	Ψύξη στους 1 <sup>o</sup> C – 5 <sup>o</sup> C	24 ώρες	
	P ή G	250	Οξίνιση μεταξύ pH=1-2 με HCl	7 ημέρες	
	P	250	Ψύξη στους - 20 <sup>o</sup> C	1 μήνας	
Νιτρώδη	P ή G	200	Ψύξη στους 1 <sup>o</sup> C – 5 <sup>o</sup> C	24 ώρες	Η ανάλυση θα πρέπει κατά προτίμηση να γίνεται στο πεδίο 2 ημέρες <sup>c</sup>
Ολικό Άζωτο	P ή G	500	Οξίνιση μεταξύ pH=1-2 με H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 μήνας	
	P	500	Ψύξη στους - 20 <sup>o</sup> C	1 μήνας	
Οσμή	G	500	Ψύξη στους 1 <sup>o</sup> C – 5 <sup>o</sup> C	6 ώρες	Η δοκιμή μπορεί να γίνει στο πεδίο (ποιοτική ανάλυση)
Έλαια και γράσα	G πλυμένο με διαλύτη	1000	Οξίνιση μεταξύ pH=1-2 με H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ή HCl	1 μήνας	
Οργανοτικά (organotic) συστατικά	G	500	Ψύξη στους 1 <sup>o</sup> C – 5 <sup>o</sup> C	7 ημέρες	Η εκχύλιση του δείγματος θα πρέπει να γίνει στο πεδίο

Στο ίδιο πρότυπο, συν τοις άλλοις (μεθόδους δειγματοληψίας εδάφους για την λήψη των περιεχόντων υγρών, δυνατά συστήματα παρακολούθησης υπογείων υδάτων, καθώς και πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα αυτών, κα.) περιέχεται ένα νομογράφημα για την εκτίμηση της αναγκαίας συχνότητας δειγματοληψίας υπογείων υδάτων (Σχήμα 3-12) και ένας οδηγός επιλογής της καταλληλότερης μεθόδου δειγματοληψίας, ανάλογα με την παράμετρο των υπογείων υδάτων, που πρόκειται να προσδιοριστεί.



**Σχήμα 3-12:** Νομογράφημα εκτίμησης της αναγκαίας συχνότητας δειγματοληψίας υπογείων υδάτων κατά ISO 5667-18:2001(E) [33].

Ως προς την απόδοση στοιχείων αναγνώρισης (Identification and Records) και καταγραφής των δειγμάτων υπογείων υδάτων παρέχεται η ακόλουθη φόρμα (Πίνακας 3-10).

#### Αναλύσεις

Οι αναλύσεις των δειγμάτων υπογείων υδάτων ως προς κάποια συγκεκριμένη χημική ουσία ή στοιχείο βασίζονται σε αντίστοιχα πρότυπα, που έχουν δημιουργηθεί από διάφορους οργανισμούς. Ανάλογα με τον ρύπο, που πρόκειται, να επεξεργαστεί και το πρότυπο, που θα ακολουθηθεί, επιβάλλεται η τήρηση συγκεκριμένης μεθοδολογίας ανάλυσης, εξοπλισμού και προεπεξεργασίας του δείγματος. Η πλειονότητα των διαθέσιμων προτύπων ανάλυσης υδάτων (και/ή υγρών αποβλήτων, καθώς πολλές φορές ταυτίζονται) παρουσιάζονται στο Παράρτημα V.

Η Αμερικανική Υπηρεσία Περιβάλλοντος (U.S. EPA) έχει εκδώσει συγκεκριμένες πρότυπες μεθόδους ανάλυσης νερού και αποβλήτων, (<http://www.epa.gov/safewater/methods/common.html>) και (<http://www.epa.gov/sw-846/main.htm>), αντίστοιχα, οι περισσότερες εκ των οποίων είναι διαθέσιμες για άμεση λήψη (download) χωρίς χρέωση (π.χ. Method 8260B: Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS)). Στο Παράρτημα VI παρουσιάζεται ένας αναλυτικός οδηγός των εγκεκριμένων από την EPA

πρότυπων μεθόδων ανάλυσης και δειγματοληψίας για διάφορα περιβαλλοντικά μέσα και κατηγορίες ρύπων.

**Πίνακας 3-10:** Φόρμα καταγραφής και αναγνώρισης δειγμάτων υπογείων υδάτων κατά ISO5667-11:1993(E) [35].

Λόγοι δειγματοληψίας: .....

Θέση σημείου δειγματοληψίας: .....

Φύση σημείου δειγματοληψίας: .....

Φύση υδροφορέα: .....

Ημερομηνία: ..... ημέρα ..... μήνας ..... έτος

Βάθος δειγματολήπτη: ..... Όγκος: .....

Χρόνος: ..... έναρξη ..... τέλος ..... δειγματοληψίας

Μέθοδος δειγματοληψίας: .....

Κατάσταση άντλησης/ βάθος άντλησης: .....

Βάθος εντός υδροφορέα: .....

Βάθος δειγματοληψίας: .....

Όψη δείγματος: .....

.....

.....

Λεπτομέρειες τεχνικών συντήρησης δείγματος: .....

.....

Λεπτομέρειες μεθόδου αποθήκευσης δείγματος: .....

.....

Όνομα ατόμου διεξαγωγής της δειγματοληψίας: .....

Άλλες παρατηρήσεις: .....

.....

.....

Επίσης, από το 1905 εκδίδεται ένας τόμος «Πρότυπων Μεθόδων Εξέτασης Υδάτων και Αποβλήτων» (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) από την Αμερικανική Ένωση Δημόσιας Υγείας (American Public Health Association – APHA), την Αμερικανική Ένωση Έργων Υδάτων (American Water Works Association – AWWA) και την Ομοσπονδία Υδάτινου Περιβάλλοντος (WEF). Η πλέον πρόσφατη έκδοση είναι η 21η, η οποία εκδόθηκε το 2005.

Στον Πίνακα 3-11 παρουσιάζονται διάφοροι αξιόπιστοι φορείς, οι οποίοι εκδίδουν πρότυπα.

**Πίνακας 3-11:** Αξιόπιστοι φορείς έκδοσης προτύπων.

1	U.S. Environmental Protection Agency (EPA)	<a href="http://www.epa.gov">http://www.epa.gov</a>
2	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)	<a href="http://www.atsdr.cdc.gov">http://www.atsdr.cdc.gov</a>
3	Environmental Agency	<a href="http://www.environment-agency.gov.uk/">http://www.environment-agency.gov.uk/</a>
4	European Environmental Agency	<a href="http://www.eea.europa.eu/">http://www.eea.europa.eu/</a>
5	American Society for Testing and Materials (ASTM)	<a href="http://www.astm.org/">http://www.astm.org/</a>
6	International Society for Standardization (ISO)	<a href="http://www.iso.org/">http://www.iso.org/</a>
7	British Standard Institution	<a href="http://www.bsi-global.com/">http://www.bsi-global.com/</a>
8	Energy Research Centre of the Netherlands	<a href="http://www.ecn.nl/">http://www.ecn.nl/</a>
9	Deutsches Institut für Normung (DIN), German Institute for Standardization	<a href="http://www.din.de">http://www.din.de</a>
10	American Academy of Environmental Engineers	<a href="http://www.aaee.net/">http://www.aaee.net/</a>
11	Canadian Environmental Assessment Agency	<a href="http://www.ceaa-acee.gc.ca/">http://www.ceaa-acee.gc.ca/</a>
12	Australian Government, Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts	<a href="http://www.environment.gov.au/">http://www.environment.gov.au/</a>
13	American Society of Civil Engineers	<a href="http://www.asce.org/">http://www.asce.org/</a>
14	World Health Organization	<a href="http://www.who.int/">http://www.who.int/</a>
15	Used oil specifications	<a href="http://www.hazardouswaste.utah.gov">http://www.hazardouswaste.utah.gov</a>
16	State of Connecticut, Department of Environmental Protection	<a href="http://dep.state.ct.us">http://dep.state.ct.us</a>
17	International Agency for Research on Cancer	<a href="http://www-dep.iarc.fr/">http://www-dep.iarc.fr/</a>
18	National Electrical Manufacturers Association	<a href="http://www.nema.org/">http://www.nema.org/</a>
19	Waste Watch	<a href="http://www.wastewatch.org.uk/">http://www.wastewatch.org.uk/</a>
20	E-Waste Guide	<a href="http://ewasteguide.info/">http://ewasteguide.info/</a>
21	The California Integrated Waste Management Board (IWMB)	<a href="http://www.ciwmb.ca.gov/">http://www.ciwmb.ca.gov/</a>
22	Battery Council International	<a href="http://www.batterycouncil.org/">http://www.batterycouncil.org/</a>
23	Environment, Health and Safety online	<a href="http://www.ehso.com/">http://www.ehso.com/</a>
24	Environmental Security Technology Certification Program	<a href="http://www.estcp.org/">http://www.estcp.org/</a>
25	World Resources Institute	<a href="http://www.wri.org/">http://www.wri.org/</a>
26	National Chemical Emergency Centre (NCEC)	<a href="http://the-ncec.com/">http://the-ncec.com/</a>
27	European Chemicals Bureau (ECB)	<a href="http://ecb.jrc.ec.europa.eu/">http://ecb.jrc.ec.europa.eu/</a>
28	American Cancer Society	<a href="http://www.cancer.org/">http://www.cancer.org/</a>
29	National Institute of Standards and Technology	<a href="http://www.nist.gov/">http://www.nist.gov/</a>
30	HP Environment	<a href="http://www.hp.com/hpinfo/globalcitizenship/environment">http://www.hp.com/hpinfo/globalcitizenship/environment</a>

## Κεφάλαιο 4 .

### Διαδικασία Λήψης Απόφασης για την Εφαρμογή Μέτρων Αποκατάστασης

#### 4.1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με την ισχύουσα σύμβαση μεταξύ του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) και του Πολυτεχνείου Κρήτης για την υλοποίηση του έργου «ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ / ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ» και το σχετικό χρονοδιάγραμμα υλοποίησης και κατάθεσης των προβλεπόμενων παραδοτέων, υποβάλλεται το παρόν τεύχος, το οποίο αποτελεί το Παραδοτέο 4 (Κεφάλαιο 4) της συνολικής μελέτης και περιλαμβάνει τη διαδικασία λήψης απόφασης για την εφαρμογή μέτρων αποκατάστασης.

Βάσει των προδιαγραφών της σχετικής προκήρυξης του ΥΠΕΧΩΔΕ και της προσφοράς του Πολυτεχνείου Κρήτης, τα ακριβή περιεχόμενα του εν λόγω παραδοτέου είναι τα εξής:

#### Παραδοτέο 4: Διαδικασία λήψης απόφασης για την εφαρμογή μέτρων αποκατάστασης

- Θα περιγραφεί η διαδικασία λήψης απόφασης από τους υπόχρεους φορείς αποκατάστασης και εμπλεκόμενους φορείς του δημοσίου, μετά την εφαρμογή της προαναφερόμενης διαδικασίας χαρακτηρισμού, όσον αφορά την παραμονή ενός χώρου στη λίστα των πιθανά ρυπασμένων χώρων χωρίς περαιτέρω ενέργειες, την αναγκαιότητα παρακολούθησης και επανεξέτασης, την επιβολή περιοριστικών μέτρων, την απαίτηση εφαρμογής τεχνολογιών αποκατάστασης. Στο πλαίσιο αυτό θα περιγραφεί αναλυτικά η διαδικασία εκτίμησης επικινδυνότητας, η οποία περιλαμβάνει: εκτίμηση πιθανότητας εκδήλωσης αρνητικών επιπτώσεων – παραγόντων στα περιβαλλοντικά αγαθά (έδαφος, νερό, αέρας) και στην υγεία του ανθρώπου, καθώς και εκτίμηση μεγέθους αρνητικών συνεπειών για συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα. Επίσης, θα ληφθούν υπόψη τα προβλεπόμενα στις παρ. 7.1.1 και 7.1.2. στοιχεία του παραρτήματος της ΚΥΑ 24944/1159/2006 (ΦΕΚ 791/Β).

Σημειώνεται ότι οι προσεγγίσεις που θα ακολουθηθούν δεν είναι απαραίτητο να έχουν απόλυτο χαρακτήρα, αλλά μπορεί και να συνδυαστούν μεταξύ τους (π.χ. είναι δυνατόν να αποφασιστεί ότι θα εφαρμοστούν υψηλότερα όρια δράσης, εφόσον αυτό μπορεί να υποστηριχτεί με βάση την εκτίμηση επικινδυνότητας).

- Θα καθοριστούν οι βασικές παράμετροι του σχεδιασμού των ενδεδειγμένων μέτρων αποκατάστασης, οι οποίες σχετίζονται με τον καθορισμό των στόχων αποκατάστασης, τα είδη και η έκταση των ληπτέων μέτρων και δράσεων και γενικά τις αποφάσεις που θα πρέπει να ληφθούν για την εξυγίανση – αποκατάσταση.

Το κείμενο με τα παραπάνω περιεχόμενα θα αποτελέσει το 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο της μελέτης.

#### 4.2. Πλαίσιο για τη λήψη απόφασης στη διαχείριση ρυπασμένων χώρων

Η λήψη απόφασης (decision-making) για την διαχείριση των ρυπασμένων χώρων με επικίνδυνα απόβλητα είναι πρωταρχικής σημασίας γιατί επηρεάζει κάθε σημαντική οικονομική δραστηριότητα. Αν και κάθε περιβαλλοντικό πρόβλημα αποκατάστασης είναι ξεχωριστό και απαιτεί ειδική ανάλυση, πολλές από τις αποφάσεις στηρίζονται σε μια συγκεκριμένη δομή. Έτσι, έχουν αναπτυχθεί πρότυπες προσεγγίσεις αποκατάστασης ρυπασμένων χώρων με την κωδικοποίηση εξειδικευμένων μέτρων σε εργαλεία λήψης απόφασης. Η όλη αυτή διαδικασία διευκολύνει τη λήψη απόφασης. Για τη λήψη αυτών των αποφάσεων χρησιμοποιείται ολοκληρωμένη γνώση από πολλές διαφορετικές επιστήμες. Είναι ιδιαίτερα δύσκολο ένα μόνο άτομο να διαθέτει τις απαραίτητες γνώσεις για να διεξάγει όλες τις αναλύσεις που απαιτούνται για να υποστηριχθούν όλες οι αποφάσεις σε σχέση με τη διαχείριση της περιοχής ρύπανσης. Τυπικά, ένας αριθμός ατόμων, με διαφορετικά πεδία εμπειρίας, εμπλέκονται στην ανάλυση των βασικών πληροφοριών παρέχοντας τα στοιχεία εκείνα που χρειάζονται για τη λήψη των αποφάσεων. Είναι επίσης ξεκάθαρο ότι υπάρχουν πολλές ειδικές αποφάσεις (όπως τι επίπεδα ρίσκου είναι αποδεκτά, τι τεχνολογίες θα χρειαστούν, κ.α.) που πρέπει να εκτιμηθούν και να ληφθούν πριν την τελική απόφαση για την επαναχρησιμοποίηση του ρυπασμένου χώρου [51].

Επίσης, υπάρχουν συγκεκριμένα πλαίσια στα οποία πρέπει να ληφθούν αποφάσεις, όπως συμμόρφωση με μια ρυθμιστική ανάγκη, εξυγίανση της επιβαρημένης περιοχής, μειωμένες υποχρεώσεις, καταγραφή και χαρτογράφηση των περιοχών και προτεραιότητα στις χρήσεις των πηγών. Κάθε μία έχει τη δικιά της σειρά αποφάσεων. Για παράδειγμα, η σειρά των αποφάσεων που πρέπει να ληφθούν για την αποκατάσταση ενός ρυπασμένου χώρου είναι:

- Αρχικά πρέπει να συλλεχθούν πληροφορίες σχετικά με τον χώρο, όπως π.χ. η τοποθεσία της ρύπανσης ή περιοχής διάθεσης, το είδος και το ποσό της ρύπανσης (έκταση, όγκος, συγκεντρώσεις). Με βάση αυτές τις πληροφορίες, οι αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν σχετίζονται με τη συλλογή ειδικών δεδομένων, όσον αφορά τη φύση και την έκταση της ρύπανσης. Αυτοί οι τύποι των αποφάσεων περιλαμβάνουν τον αριθμό, τη συχνότητα και τη θέση λήψης των δειγμάτων σε σχέση με το κόστος της συλλογής και αναλύσεων των

δειγμάτων, καθώς και τη χρησιμότητα των επιπρόσθετων δεδομένων καταλήγοντας σε μια περισσότερο υπεύθυνη απόφαση.

- Με βάση τα αρχικά δεδομένα χαρακτηρισμού του πεδίου, χρησιμοποιούνται συχνά προγράμματα εξαγωγής συμπερασμάτων και άλλων μοντελοποιημένων τεχνικών για να υπολογιστούν τα επίπεδα ρύπανσης στη συγκεκριμένη τοποθεσία. Έπειτα, τα επίπεδα ρύπανσης χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση επικινδυνότητας της ανθρώπινης υγείας και στις αποφάσεις για δράση αποκατάστασης. Οι αποφάσεις αφορούν την περιοχή που πρέπει να εξυγιανθεί και τα επίπεδα ρύπανσης που είναι τεχνικά και οικονομικά επιτεύξιμα.
- Η παρουσίαση των επιπέδων ρύπανσης συχνά δημιουργεί έναν βαθμό αβεβαιότητας (π.χ. όταν ανεπαρκή δεδομένα είναι διαθέσιμα για εκτίμηση της ρύπανσης σε πολύ μεγάλες περιοχές). Αυτή η αβεβαιότητα απαιτεί μια απόφαση για το εάν χρειάζονται περισσότερα δεδομένα για τον καλύτερο χαρακτηρισμό της περιοχής που απαιτεί αποκατάσταση ή για τυχόν βελτίωση του σχεδιασμού αποκατάστασης.
- Μετά την ολοκλήρωση των ενεργειών αποκατάστασης, συχνά απαιτείται παρακολούθηση του χώρου ώστε να αποδειχτεί η αποτελεσματικότητα της αποκατάστασης. Αυτό απαιτεί επιπλέον αποφάσεις τόσο στο τι, αλλά και που θα παρακολουθηθεί. Μια παρόμοια λίστα από ερωτήσεις μπορεί να προκύψει και για άλλες προσεγγίσεις διαχείρισης, όπως προτεραιότητας ρυπασμένων χώρων ή εκτίμησης οικονομικών ρίσκων για αειφόρο ανάπτυξη.

Το εύρος των αποφάσεων και των μεταξύ τους σχέσεων οδηγεί σε διαφορετικές προσεγγίσεις λήψης αποφάσεων. Διάφορα διαθέσιμα εργαλεία λήψης αποφάσεων έχουν προταθεί από τους Sullivan et al. [52-56] και νέες μέθοδοι ανακοινώνονται τακτικά από την Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (US EPA). Συχνά οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη λήψη των αποφάσεων διαφέρουν σε σημαντικό βαθμό. Θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο να αναπτυχθεί ένα γενικότερο πλαίσιο για τη σύγκριση των μεθόδων λήψης αποφάσεων σε διεθνές επίπεδο.

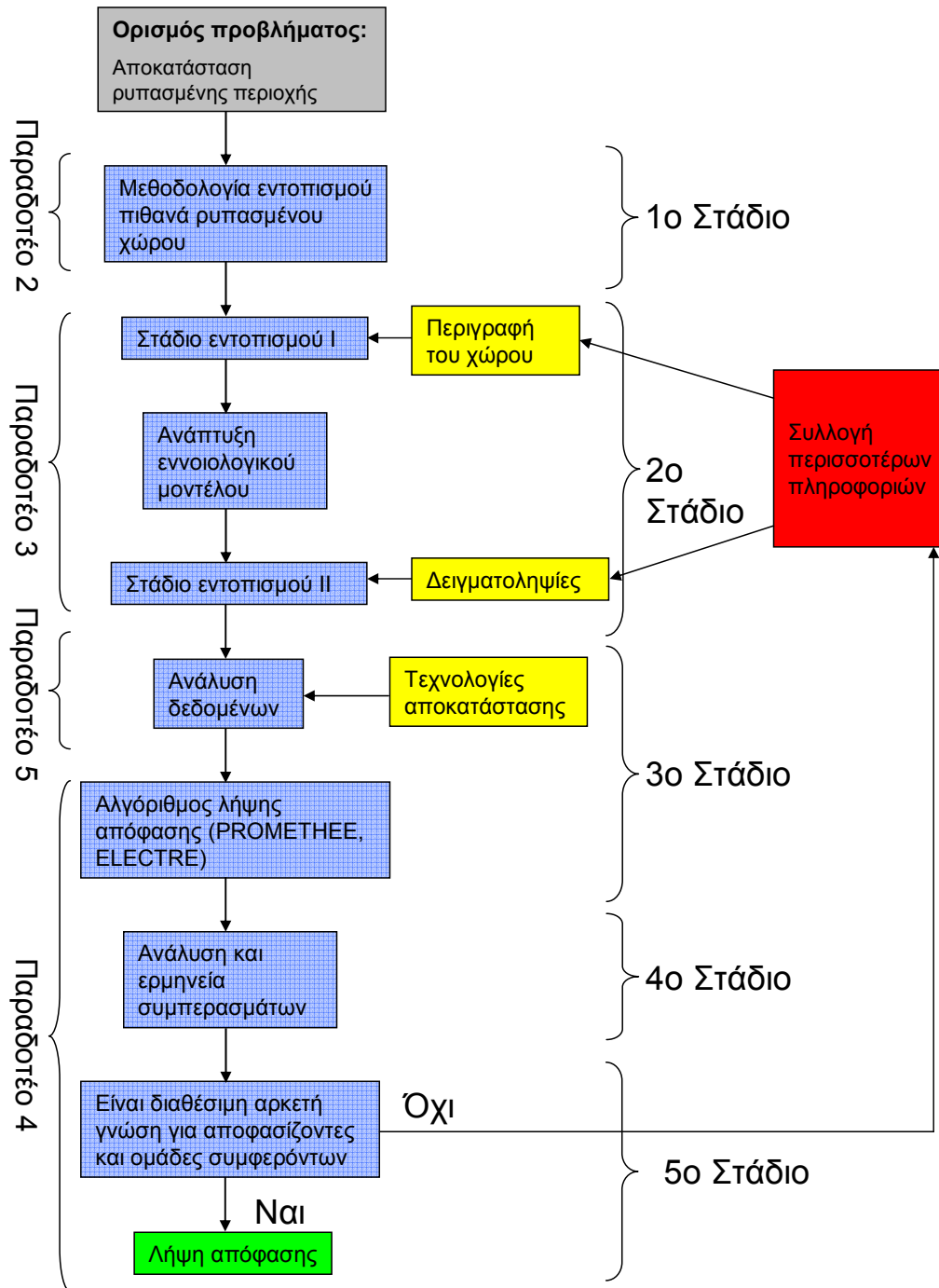
Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο που σχετίζεται με τη διαδικασία λήψης απόφασης είναι ότι μπορεί να παρέχεται σε έντυπη οδηγία ή σε μορφή λογισμικού. Η έντυπη οδηγία συχνά παρέχεται από τις διοικητικές υπηρεσίες (ΥΠΕΧΩΔΕ, Περιφέρεια) ως ένα πρότυπο μέσο για τη λήψη μιας απόφασης. Οι διοικητικές υπηρεσίες θεωρούν την έντυπη οδηγία ως ένα απαραίτητο μέρος μιας προσέγγισης για τη διαχείριση ρυπασμένων περιοχών. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτή η οδηγία μεταφέρεται σε λογισμικό υπολογιστή (model) ώστε να βοηθήσει στους επιμέρους υπολογισμούς (π.χ. εκτίμηση επικινδυνότητας). Τα εργαλεία του λογισμικού βοηθούν στη διαδικασία λήψης απόφασης, και ιδιαίτερα στις δύσκολες υπολογιστικές αναλύσεις, όπως ροή και μεταφορά, γεωστατιστική μοντελοποίηση και πολύ-κριτηριακή ανάλυση.

### 4.3. Στάδια λήψης απόφασης

Η διαδικασία λήψης απόφασης πρέπει να είναι προφανής, τεκμηριωμένη και σταθερή εντός ενός κατανοητού πλαισίου ώστε να εξετάζονται όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες. Το Σχήμα 4-1 αναπαριστά τα στάδια που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί η λήψη απόφασης σε ένα τυπικό ρυπασμένο χώρο. Το αρχικό σημείο είναι να οριστούν οι στόχοι για τη διαχείριση του ρυπασμένου χώρου, και οι περιορισμοί για το πώς θα διαχειριστεί το πεδίο. Οι στόχοι μπορεί να είναι η αποκατάσταση του χώρου για οικιστική χρήση, η προτεραιότητα που πρέπει να δοθεί σε ορισμένα σημεία για περιορισμό της ρύπανσης κ.α. Οι περιορισμοί είναι ο χρόνος, ο προϋπολογισμός, η τεχνική εφαρμοσιμότητα και η δημόσια αποδοχή. Η λήψη απόφασης μπορεί να εντοπίσει τη βέλτιστη οδό ώστε να ικανοποιεί τους στόχους εντός των περιορισμών.

Η βάση της λήψης απόφασης αποτελείται από πέντε στάδια, και χρησιμοποιούνται οι πληροφορίες που προέκυψαν από αναλύσεις στο ρυπασμένο χώρο (Σχήμα 4-1). Στο τελευταίο στάδιο, η λήψη της απόφασης αποτελεί ευθύνη του αποφασίζοντα [51].

1. Στο πρώτο στάδιο της διαδικασίας λήψης απόφασης χρησιμοποιείται η μεθοδολογία εντοπισμού του πιθανά ρυπασμένου χώρου (Παραδοτέο 2). Με βάση τον κατάλογο των βιομηχανικών δραστηριοτήτων εντοπίζεται ο εν δυνάμει ρυπασμένος χώρος από επικίνδυνα απόβλητα και στη συνέχεια διατυπώνονται κριτήρια για ένα πρώτο χαρακτηρισμό του χώρου, όπως δυναμικότητα, παραγωγική διαδικασία, τα είδη των επικινδυνών ουσιών που παράγονται, ερωτηματολόγια κ.α. Ανάλογα με τη βαθμολογία ο χώρος κατατάσσεται σε υψηλής, μεσαίας, χαμηλής προτεραιότητας ή μη ρυπασμένους.
2. Στο δεύτερο στάδιο (Παραδοτέο 3) εκπονείται μελέτη χαρακτηρισμού του πιθανά ρυπασμένου χώρου ανάλογα με τη κατηγορία προτεραιότητας που προέκυψε από το πρώτο στάδιο. Πραγματοποιείται ένας πρώτος εντοπισμός (Στάδιο εντοπισμού I) όπου γίνεται γεωγραφική, ιστορική, περιβαλλοντική περιγραφή του χώρου, και προκύπτει ένα τρισδιάστατο εννοιολογικό μοντέλο. Το εννοιολογικό μοντέλο αποτελεί τη βάση για όλες τις ακολουθούμενες αναλύσεις. Στο δεύτερο εντοπισμό (Στάδιο εντοπισμού II) πραγματοποιούνται δειγματοληψίες εδάφους και υπογείων υδάτων, και στο τέλος γίνεται καταγραφή και αξιολόγηση της ρύπανσης.
3. Στο τρίτο στάδιο προτείνονται οι διαθέσιμες τεχνολογίες για την αποκατάσταση του χώρου (Παραδοτέο 5), με βάση τις πληροφορίες που συλλέχτηκαν από τα Στάδια εντοπισμού I και II. Τα παραπάνω επεξεργάζονται σε λογισμικό (π.χ. PROMETHEE, ELECTRE [57]) για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Η χρήση ενός λογισμικού σε υπολογιστή πλεονεκτεί γιατί:
  - είναι εύκολο να μεταβληθούν τα δεδομένα ή ακόμα και να εισαχθούν νέα δεδομένα.
  - η πολυπλοκότητα των αναλύσεων (όπως γεωστατιστικά δεδομένα, υπόγεια ροή και μεταφορά, εκτίμηση επικινδυνότητας ανθρώπινης υγείας) απαιτεί πολλούς υπολογισμούς, οι οποίοι μπορούν εύκολα να γίνουν σε ένα υπολογιστή.



**Σχήμα 4-1:** Διάγραμμα ροής που περιέχει τα στάδια λήψης απόφασης [51].

Σε κάθε περίπτωση τα συμπεράσματα των μοντέλων πρέπει να αξιολογούνται και να επαληθεύονται με πραγματικά δεδομένα. Για παράδειγμα: στον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας των διαφόρων τεχνολογιών αποκατάστασης πρέπει να υπολογίζονται οι συγκεντρώσεις των ρύπων πριν και μετά την αποκατάσταση μέσω ενός συνδυασμού δεδομένων, αλλά και μοντέλων ροής και μεταφοράς.

4. Στο τέταρτο στάδιο αναλύονται και ερμηνεύονται τα συμπεράσματα των μοντέλων σύμφωνα με τις μεταβλητές της απόφασης. Για παράδειγμα, θα πρέπει να συγκριθούν οι συγκεντρώσεις των ρύπων σε σχέση με τις οριακές τιμές, και σε περίπτωση που ξεπερνιούνται τα συγκεκριμένα όρια θα πρέπει να οροθετηθεί κάποια άλλη τεχνολογία αποκατάστασης. Το λογισμικό μπορεί να διευκολύνει στις αναλύσεις και την ερμηνεία, αλλά αποτελεί ευθύνη του αναλυτή να επιβεβαιώσει ότι η ανάλυση είναι ακριβής και το συμπέρασμα είναι σε μια μορφή χρήσιμη για τη λήψη απόφασης.
5. Στο πέμπτο στάδιο πρέπει να παρέχεται στους αποφασίζοντες και στις ομάδες συμφερόντων γνώση, η οποία να είναι προφανής και εύκολα κατανοήσιμη για τη λήψη απόφασης. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο μεγάλος όγκος των πληροφοριών, ίσως να δυσχεραίνει στη λήψη απόφασης, και επομένως με τη χρήση ορισμένων κριτηρίων αποκλεισμού κάποιες από τις πληροφορίες να μην περιληφθούν στη λήψη απόφασης.

Η γνώση παρέχεται στους αποφασίζοντες και στις ομάδες συμφερόντων, οι οποίοι αξιολογούν αν οι πληροφορίες που τους παρέχονται είναι επαρκείς στη λήψη μιας απόφασης. Όλες οι περιβαλλοντικές αποφάσεις παίρνονται με κάποιο βαθμό αβεβαιότητας. Η πλήρης γνώση δεν είναι ποτέ διαθέσιμη ή εφικτή, αλλά η επαρκής γνώση είναι συνήθως διαθέσιμη. Εάν οι ομάδες συμφερόντων συμπεράνουν ότι η απόφαση δεν μπορεί να επιτευχθεί, ίσως ζητηθούν επιπλέον δεδομένα, βελτιωμένα εννοιολογικά μοντέλα, αναθεώρηση των διαφόρων τεχνολογιών ή βελτιωμένες αναλύσεις. Η διαδικασία της λήψης απόφασης επαναλαμβάνεται με νέες πληροφορίες μέχρι να επιτευχθεί μια νέα απόφαση.

#### **4.4. Αποφασίζοντες και ομάδες συμφερόντων που σχετίζονται με τη λήψη απόφασης**

Οι αποφασίζοντες και οι ομάδες συμφερόντων, που σχετίζονται με την λήψη αποφάσεων, διαφέρουν από χώρα σε χώρα (Πίνακας 4-1). Σε ορισμένες χώρες είναι αρμοδιότητα είτε ελεγκτικών αρχών σε εθνικό επίπεδο, είτε τοπικών αρμόδιων φορέων (συχνά με την στήριξη και την εμπλοκή εθνικών αρχών). Σε άλλες χώρες και ιδιαίτερα σε βόρειες και δυτικές Ευρωπαϊκές χώρες υπάρχει μια ξεκάθαρη αντίληψη ότι ο ρυπαίνων (τόσο του παρόντος, όσο και του παρελθόντος) έχει μεγάλη ευθύνη, μαζί με τον ιδιοκτήτη του χώρου και του αναδόχου της εξυγίανσης του ρυπασμένου χώρου. Στην Ελλάδα, οι βασικοί φορείς λήψης αποφάσεων είναι το ΥΠΕΧΩΔΕ από την κεντρική εξουσία, και η Περιφέρεια σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο. Αυτοί είναι οι κύριοι εμπλεκόμενοι, οι οποίοι βρίσκονται στο επίκεντρο της διαδικασίας λήψης αποφάσεων, αν και περιβαλλοντικοί οργανισμοί ή πολίτες, που επηρεάζονται από τις δράσεις αποκατάστασης, ενδέχεται να εμπλακούν επίσης. Οι ομάδες συμφερόντων που παίζουν ρόλο στη λήψη αποφάσεων είναι:

- ιδιοκτήτες περιοχής/ χρήστες πεδίου
- οικονομική κοινότητα (τράπεζες, χορηγοί, δανειστές)
- γείτονες πεδίου (κάτοικοι, μισθωτές, επισκέπτες, τοπικά συμβούλια)
- οργανισμοί και τοπικές ομάδες πίεσης

Πίνακας 4-1: Συμμετοχές στη λήψη αποφάσεων σε διάφορες χώρες [51].

Χώρα	Βασικοί φορείς λήψη αποφάσεων	Άλλες ομάδες συμφερόντων	Εμπλοκή κοινότητας	Μετάδοση πληροφοριών
Αυστρία	Αρχές Ιδιοκτήτες Έχοντες το πρόβλημα	Γείτονες, σε περίπτωση υποψίας διαρροών	Ενημέρωση γειτόνων	Δημόσιες συσκέψεις Κυκλοφορία επιστολών, φυλλαδίων Διαδίκτυο
Βέλγιο	Χρήστης / ιδιοκτήτης πεδίου ή κυβέρνηση		Δημοτικές αρχές	Δημόσιες συσκέψεις
Δανία	Δημοτικές αρχές Τοπικά συμβούλια	Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος της Δανίας	Ιδιοκτήτες Ενδιαφερόμενοι	Δημόσιες συσκέψεις Ενημερωτικές επιστολές
Φιλανδία	Αρχές από τοπικά περιβαλλοντικά κέντρα Δήμος Ελσίνκι	Ιδιοκτήτες Ρυπαντές Ασφαλιστικές εταιρίες	Όλοι οι γείτονες	Δημόσιες συσκέψεις Τοπική και εθνική τηλεόραση, ράδιο, εφημερίδες
Γαλλία	Διευθύνσεις νομαρχιών Ελεγκτές	Ιδιοκτήτες / ρυπαντές Υπεύθυνο υπουργείο περιβάλλοντος	Όλες οι ομάδες συμφερόντων, συμπεριλαμβανομένης της τοπικής κοινωνίας Διαθεσιμότητα ειδικών οδηγίων	Μέσω εκπροσώπων (π.χ. δημάρχων) Δημόσιες συσκέψεις
Γερμανία	Τοπικές και δημοτικές αρχές (τμήματα περιβάλλοντος)	Ρυπαντές Ιδιοκτήτες	Ενημερώνονται όλοι όσοι τυχόν επηρεάζονται	Έγγραφα διαθέσιμα για δημόσιο έλεγχο
Ελλάδα	Περιφερειακές υπηρεσίες (ΔΙΠΕΧΩ)	Περιβαλλοντικοί οργανισμοί, βιομηχανία, νομαρχιακά συμβούλια, πολίτες, ενδιαφερόμενοι		
Ιρλανδία	Τοπικές αρχές σχεδιασμού Τμήματα Περιβάλλοντος Τοπικών Αρχών, χρήστες πεδίων, Υπηρεσία Περιβάλλοντος		Οι πολίτες μπορούν να κάνουν αιτήσεις και ενστάσεις	Όλες οι πληροφορίες είναι διαθέσιμες στο κοινό
Ιταλία	Τοπικές δημοτικές, νομαρχιακές και περιφερειακές αρχές, Υπουργείο Περιβάλλοντος για πεδία εθνικού ενδιαφέροντος	Ρυπαντής / ιδιοκτήτης πεδίου Τοπικές περιβαλλοντικές αρχές Εθνικές περιβαλλοντικές αρχές Υπουργείο Υγείας για πεδία εθνικού ενδιαφέροντος	Περιβαλλοντικές ενώσεις	Δημόσιες αντιπαραθέσεις Μέσα μαζικής ενημέρωσης
Ολλανδία	Αρμόδιες αρχές Ομάδα εξυγίανσης του πεδίου		Άλλες ομάδες ενθαρρύνονται να εμπλακούν, εφόσον είναι σχετικές	
Νορβηγία	Περιβαλλοντικές αρχές	Ρυπαντής Ιδιοκτήτης		Εφημερίδες Δημόσιες συσκέψεις
Πορτογαλία	Υπουργεία περιβάλλοντος και οικονομικών	Τοπικές αρχές, δήμοι, κυβέρνηση, βιομηχανίες	Τοπικοί κάτοικοι Περιβαλλοντικοί οργανισμοί	Άρθρα εφημερίδων Συνέδρια, Δημόσιες συσκέψεις
Ισπανία	Περιφερειακές κυβερνήσεις Τοπικές αρχές	Ιδιοκτήτης Ρυπαντής		
Καταλονία (Ισπανία)	Περιφερειακές κυβερνήσεις Τοπικές αρχές	Ιδιοκτήτης, Ρυπαντής Σύμβουλοι	Ενημερώνονται οι γείτονες, αν επηρεάζονται	
Ελβετία	Ομοσπονδιακές και τοπικές αρχές	Κοινότητες και κάτοικοι μπορούν να εμπλακούν	Κοινότητες και κάτοικοι	Κατάλογοι καταγραφής ρυπασμένων πεδίων και δράσεων εξυγίανσης-διαθέσιμοι στο κοινό
Ηνωμένο Βασίλειο	Ιδιοκτήτες και χρήστες πεδίου Αρχές Χρηματοδότες και ασφαλιστές	Περιβαλλοντικές ομάδες Τοπική κοινωνία	Τοπική κοινωνία	Γενικές κατευθύνσεις είναι διαθέσιμες

#### 4.5. Αναλυτικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στη λήψη απόφασης

Τα κυριότερα αναλυτικά εργαλεία και τεχνικές που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία λήψης απόφασης για τη διαχείριση ενός ρυπασμένου χώρου είναι τα ακόλουθα [52]:

- Ανάλυση κόστους-οφέλους (ΑΚΟ)
- Πολυκριτηριακή ανάλυση (ΠΑ)
- Ανάλυση κύκλου ζωής (ΑΚΖ)
- Ανάλυση επικινδυνότητας (ΑΕ)

##### Ανάλυση κόστους-οφέλους

Η ανάλυση κόστους-οφέλους (ΑΚΟ) είναι ένα οικονομικό εργαλείο για τον προσδιορισμό του κατά πόσο ή μη τα οφέλη της επένδυσης αποκατάστασης υπερβαίνουν τα προβλεπόμενα κόστη. Το εργαλείο έχει ένα πολύ γενικότερο αντικείμενο και σκοπεύει να εκφράσει όλες τις θετικές και αρνητικές επιδράσεις της δραστηριότητας αποκατάστασης σε μονάδα χρήματος. Οι οικονομικές και περιβαλλοντικές θεωρήσεις εκφράζονται ως χρηματικές αξίες. Τυπικά, η ανάλυση κόστους-οφέλους ξεκινά με τον προσδιορισμό ποια από το κόστη και οφέλη εξετάζονται. Έπειτα, η ανάλυση κόστους-οφέλους προσπαθεί να αποτιμήσει αυτά τα κόστη και οφέλη, και τελικά να τα σταθμίσει μεταξύ τους. Ωστόσο, ως εργαλείο περιβαλλοντικής λήψης απόφασης, η ανάλυση κόστους-οφέλους έχει τους εξής περιορισμούς:

- Η χρηματική εκτίμηση των περιβαλλοντικών οφελών είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν σε μια αξιόπιστη και σύμφωνη βάση.
- Οι ανησυχίες που υπάρχουν σχετικά με μελλοντικές επιδράσεις, όταν η πιθανότητα για αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις μακροπρόθεσμα θα είναι σημαντικές.
- Η αρμοδιότητα σε χρηματικές αξίες με λιγότερο αντιληπτή περιβαλλοντική αξία, όπως η βιοποικιλότητα.

Μια πιθανή προσέγγιση είναι να εκτιμηθεί η περιβαλλοντική αξία με τέτοιο τρόπο, ούτως ώστε να κάνει χρήση απόψεων από διαφορετικές ομάδες συμφερόντων. Τα χαρακτηριστικά αυτής της προσέγγισης είναι: (i) κατάταξη των περιοχών σε υψηλής, μεσαίας ή χαμηλής προτεραιότητας για απομάκρυνση πιθανών συγκρούσεων στη λήψη απόφασης, (ii) λήψη άποψης περισσότερων από μια ομάδα συμφερόντων για να αυξηθεί ο βαθμός αντικειμενικότητας.

Η εμπλοκή διαφόρων ομάδων συμφερόντων (όπως ιδιοκτήτης, μισθωτής, τράπεζα) σε μια σύμφωνη διαδικασία λήψης απόφασης είναι όλο και περισσότερο αναγκαία. Η λήψη απόφασης πρέπει να περικλείει ένα αρκετά μεγάλο εύρος από απόψεις και επιστημονικούς κλάδους, όχι μόνο την επιστήμη του εδάφους και την περιβαλλοντική μηχανική, όπως επίσης οικονομικά, πολιτικά και κοινωνικά κριτήρια.

##### Πολυκριτηριακή ανάλυση

Η πολυκριτηριακή ανάλυση (ΠΑ) συχνά χρησιμοποιείται στη λήψη απόφασης. Η ΠΑ είναι ένα δομημένο σύστημα για την κατάταξη λήψης απόφασης. Οι προσεγγίσεις που

χρησιμοποιούνται στη ΠΑ είναι: πόσο μεγάλη είναι (βαθμός) και πόσο σημαντική είναι (βαρύτητα). Η ΠΑ περιγράφει ένα σύστημα με προσδιορισμένους βαθμούς των μεμονωμένων κριτηρίων (π.χ. κίνδυνος ανθρώπινης υγείας, χρήση ενέργειας, κ.α.). Τα κριτήρια έπειτα μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους σε μια συνολική βαθμολογία ανάλογα με τη σπουδαιότητά τους. Με την ΠΑ, οι διαδικασίες λήψης απόφασης μπορεί να γίνουν πολύ προφανείς. Η ΠΑ δεν είναι ένα αναλυτικό εργαλείο, το οποίο είναι σε θέση αμέσως να αναλύει τις φυσικές ή οικονομικές πληροφορίες, όπως τα άλλα αναλυτικά εργαλεία. Αντιθέτως, είναι ένα αναλυτικό εργαλείο υψηλού επιπέδου, το οποίο συγκεντρώνει διαφορετικές προσεγγίσεις σε μια δομημένη μορφή. Ωστόσο, τα εργαλεία όπως ανάλυση κόστους-οφέλους και ανάλυση κύκλου ζωής εφαρμόζουν αρχές πολυκριτηριακής ανάλυσης στον υπολογισμό της βαρύτητας ή της βαθμολογίας.

Πολλές από τις μεθόδους ΠΑ είναι διαθέσιμες στη διαδικασία λήψης απόφασης. Στο πλαίσιο των σπουδαιότερων προσεγγίσεων παραθέτονται οι αλγόριθμοι PROMETHEE και ELECTRE [57]. Άλλες προσεγγίσεις για περιπτώσεις ρυπασμένων χώρων είναι π.χ. η μέθοδος της προσθετικής σπουδαιότητας, ασαφείς ταξινομημένες μεθόδους, κ.α. Στη μέθοδο της προσθετικής σπουδαιότητας όλες οι τιμές κριτηρίων υπόκεινται σε ένα βαθμό σπουδαιότητας με ένα κατάλληλο πραγματικό αριθμό μετρώντας τη σημασία κάθε σπουδαιότητας και επακόλουθα προστίθεται στο σύνολο.

#### Ανάλυση κύκλου ζωής

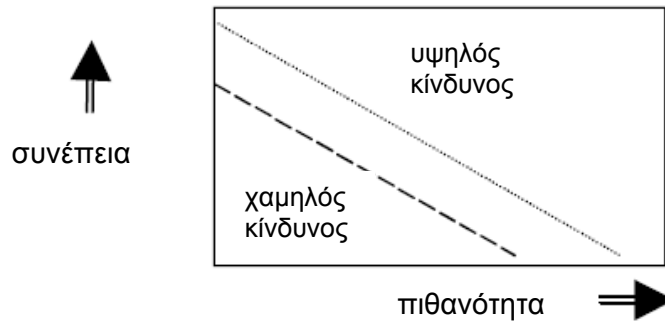
Η ανάλυση κύκλου ζωής (ΑΚΖ) περιγράφει τις περιβαλλοντικές συνέπειες ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας από την παραγωγή της μέχρι το τέλος ζωής της. Στην περίπτωση ενός ρυπασμένου χώρου, το εργαλείο της ΑΚΖ μπορεί να σημαίνει την αποκατάσταση του ρυπασμένου χώρου. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της ΑΚΖ είναι:

- Η ΑΚΖ ακολουθεί την προσέγγιση «παραγωγή-τέλος ζωής»: όλες οι διαδικασίες που συνδέονται με τη λειτουργία, από την προέλευση των πηγών μέχρι την τελική διάθεση του αποβλήτου, λαμβάνονται υπόψη.
- Η ΑΚΖ είναι περιεκτική με σεβασμό στις περιβαλλοντικές παρεμβάσεις. Ως αρχή, όλα τα περιβαλλοντικά θέματα που συνδέονται με τις λειτουργίες καθορίζονται όπως προκύπτουν από τις παραγωγές, τις εκπομπές και τις άλλες φυσικές παρεμβολές, όπως οι αλλαγές στη χρήση γης.
- Η ΑΚΖ παρέχει ποσοτικά και ποιοτικά αποτελέσματα. Με τα ποσοτικά αποτελέσματα είναι ευκολότερο να αναγνωριστούν τα προβληματικά μέρη της ΑΚΖ και να οριστεί τι μπορεί να κερδισθεί από τους εναλλακτικούς τρόπους εκπλήρωσης των λειτουργιών.

#### **4.5.1. Ανάλυση επικινδυνότητας**

Η επικινδυνότητα είναι συνάρτηση της πιθανότητας και της συνέπειας ενός ανεπιθύμητου γεγονότος. Όταν εκτιμάται η πιθανότητα και οι επακόλουθες συνέπειες των διαφορετικών ανεπιθύμητων γεγονότων, η επικινδυνότητα γίνεται γνωστή. Είναι τότε προβλέψιμο να

παρατηρηθεί ποιοι συνδυασμοί της πιθανότητας και της συνέπειας αναπαριστούν την μεγαλύτερη επικινδυνότητα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δημιουργία γραφήματος της επικινδυνότητας για τα ανεπιθύμητα γεγονότα, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.2.



**Σχήμα 4-2:** Ο κίνδυνος είναι συνάρτηση της πιθανότητας και της συνέπειας [58].

Το Σχήμα 4-2 αναπαριστά τον ολικό κίνδυνο με βάση την αύξηση της πιθανότητας στον Χ-άξονα και την αύξηση της συνέπειας στον Υ-άξονα. Συχνά απαιτείται ένας μεγάλος αριθμός από δεδομένα για τον υπολογισμό της πιθανότητας και του αντίστοιχου κινδύνου. Στην περίπτωση των ρυπασμένων χώρων είναι εξαιρετικά δύσκολα να υπολογιστεί η πιθανότητα και ο αντίστοιχος κίνδυνος.

#### 4.5.2. Επικινδυνότητα στην ανθρώπινη υγεία

Μια ανάλυση επικινδυνότητας ως προς την ανθρώπινη υγεία περιλαμβάνει:

- συστηματική ανάλυση της πιθανότητας ότι μερικές από τις χημικές ουσίες που βρίσκονται στους ρυπασμένους χώρους μπορούν να οδηγήσουν σε έκθεση στους ανθρώπους.
- υπολογισμό των συγκεντρώσεων στους οποίους οι άνθρωποι μπορούν να εκτεθούν από τις σχετικές χημικές ουσίες, και αν είναι δυνατόν, της πιθανότητας που αυτό θα συμβεί.
- εκτίμηση της δόσης/αντίδρασης.

Ο υπολογισμός της αποδεκτής συγκέντρωσης πραγματοποιείται είτε με την έναρξη της χρόνιας έκθεσης είτε με μια έκθεση καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής, στηριζόμενη στα χαρακτηριστικά της χημικής ουσίας. Μια έκθεση καθ' όλη της διάρκειας της ζωής χρησιμοποιείται για τις γενοτοξικές καρκινογόνες χημικές ουσίες. Η χρόνια έκθεση χρησιμοποιείται για όλες τις άλλες χημικές ουσίες (μη-γενοτοξικές καρκινογόνες και μη-καρκινογόνες). Οι τοξικολογικές τιμές αναφοράς για κάθε χημική ουσία χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της αποδεκτής συγκέντρωσης κατωφλίου. Μια οδηγία ποιότητας εδάφους εκφραζόμενη ως η μέγιστη αποδεκτή ημερήσια πρόσληψη, χρησιμοποιείται ως αποδεκτή συγκέντρωση κατωφλίου στο έδαφος όταν οι άνθρωποι εκθέτονται στο ρύπο μέσω του νερού ή του εδάφους. Μια συγκέντρωση αναφοράς για τον αέρα χρησιμοποιείται για την εισπνοή. Δεν είναι κατάλληλο να ανακοινωθεί μια συγκέντρωση σχετιζόμενη με την υγεία για

γενετοξικές καρκινογενείς χημικές ουσίες με ασφάλεια. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ακόμα και οι χαμηλές συγκεντρώσεις θα αυξήσουν την πιθανότητα ότι θα προκύψει μια σοβαρή ασθένεια. Προσεγγιστικά μοντέλα χρησιμοποιούνται (γραμμικά σε χαμηλό εύρος συγκεντρώσεων) τα οποία υπολογίζουν την αποδεκτή βεβαιότητα με βάση την έκθεση καθ' όλη της διάρκειας ζωής σε μία χημική ουσία. Ένα τέτοιο μοντέλο θα υπερεκτιμούσε τον κίνδυνο για καρκινογενέσεις για πολλές από τις χημικές ουσίες, ωστόσο δεν θα λάμβανε υπόψη τις συνεργιστικές επιδράσεις. Ένας αποδεκτός κίνδυνος καρκίνου που χρησιμοποιείται είναι μια περίπτωση καρκίνου ανά  $10^6$  ανθρώπους.

#### 4.5.3. Επικινδυνότητα στο περιβάλλον

##### Χερσαίοι οργανισμοί

Η προστασία των περισσότερων ζωντανών οργανισμών του εδάφους που βρίσκονται σε αυτό το φυσικό περιβάλλον διαβεβαιώνει ότι οι λειτουργίες του εδάφους είναι προστατευμένες. Ωστόσο, είναι γενικότερα γνωστό ότι το έδαφος, αντίθετα με τα άλλα μέρη του οικοσυστήματος, έχει σε μεγάλο βαθμό την ικανότητα να αυτοδιατηρείται αφού περιέχει μια ζωντανή κοινότητα από μικροοργανισμούς.

Η επιλογή ενός γνωστού τύπου πειράματος (ανάπτυξη, επιβίωση, αναπαραγωγή) είναι δύσκολη υπόθεση επειδή υπάρχει περιορισμένη διαθέσιμη γνώση για:

- τις διαφορετικές χημικές ουσίες που επηρεάζουν τους χερσαίους οργανισμούς
- τους χερσαίους οργανισμούς που χρειάζονται με σκοπό να διατηρηθούν οι λειτουργίες του εδάφους
- το βαθμό που το οικοσύστημα μπορεί να διαταραχθεί πριν καταστραφούν οι απαραίτητες λειτουργίες για τις διάφορες μορφές της χρήσης γης

Διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τις διάφορες χημικές ουσίες που επηρεάζουν τους χερσαίους οργανισμούς χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των οδηγιών της ποιότητας εδάφους. Υποθέσεις γίνονται όταν τέτοιες πληροφορίες είναι διαθέσιμες για τρία τροφικά επίπεδα και υπάρχουν αρκετές πληροφορίες διαθέσιμες στα πειράματα και στην ποιότητα των πειραμάτων, με την Οριακή Τιμή Κατωφλιού (Threshold Limit Value – TLV) να μπορεί να υπολογιστεί για το έδαφος (mg/kg εδάφους). Οι ακόλουθοι τύποι δεδομένων προτείνονται:

- μικροοργανισμοί (πειράματα νιτροποίησης/ πειράματα αναπνοής σε οργανικές χημικές ουσίες και μέταλλα)
- φυτά (πειράματα βλάστησης)
- ζωικοί οργανισμοί (σκουλήκια στο έδαφος ή/και *Collemboler* στη φάση εδάφους/ αέρα)

Όταν τέτοια δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα, η προσέγγιση μεταξύ υδάτινων και χερσαίων οργανισμών είναι πολύπλοκη. Σε μια τέτοια συσχέτιση χρησιμοποιείται ο συντελεστής κατανομής ( $K_d$ ) εδάφους/νερού. Στην ανάλυση επικινδυνότητας ενός ειδικού χώρου, ο τύπος των δεδομένων πρέπει πρώτα να υπολογίζεται για να αναπαριστά την παρούσα κατάσταση.

Τα πρότυπα για την ποιότητα του εδάφους αναπτύσσονται υπολογίζοντας την αποδεκτή δόση κατωφλιού του αποδέκτη για διάφορες χημικές ουσίες. Αυτό υπολογίζεται με προσέγγιση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων τοξικότητας για ένα περιορισμένο αριθμό ειδών. Η προστασία των αποδεκτών για τα τρία τροφικά επίπεδα που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι επιθυμητή. Τα δεδομένα από τη βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται, αν και κρίνεται απαραίτητο να προσεγγιστούν όταν τα δεδομένα είναι ανεπαρκή. Είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν παράγοντες ασφαλείας εξαρτώμενοι από την ποιότητα των δεδομένων για όλες τις χημικές ουσίες για τις οποίες υπολογίστηκαν οι οδηγίες ποιότητας εδάφους.

Μια ξεχωριστή ανάλυση επικινδυνότητας πρέπει να διεξαχθεί για ειδικά ευαίσθητα σημεία ή για περιοχές όπου βρίσκονται σπάνια είδη. Είναι φυσικό να εκτιμάται η έκθεση για άγρια ζώα, πτηνά, και κατοικίδια με τη χρήση ιδίων μεθόδων έκθεσης που χρησιμοποιήθηκαν στην εκτίμηση ανθρώπινης έκθεσης, νερού, εδάφους, αέρα και φυτών. Πληροφορίες για τα ποσά που λήφθηκαν και τις τοξικολογικές τιμές αναφοράς για διάφορα είδη μπορούν να βρεθούν στη βιβλιογραφία.

Μια περισσότερο συντηρητική οδηγία ποιότητας εδάφους αναμένεται για εκείνες τις χημικές ουσίες που βασίζονται σε υδατικά δεδομένα απ' ότι εάν είναι διαθέσιμα χερσαία δεδομένα. Πρέπει να χρησιμοποιηθούν περισσότερο πρόσφατα δεδομένα από χερσαία πειράματα για τη ρύθμιση αυτών των τιμών επειδή είναι διαθέσιμες εγγυημένες πληροφορίες ποιότητας.

#### Υδάτινοι οργανισμοί

Η περιβαλλοντική επίδραση σε διπλανούς αποδέκτες, εάν είναι επιφανειακό ή υπόγειο νερό, εκτιμάται συγκρίνοντας τις υπολογισμένες συγκεντρώσεις στο υπόγειο ή επιφανειακό νερό με τα εξακριβωμένα αποδεκτά κριτήρια στα τοπικά περιβαλλοντικά αντικείμενα. Οι υπολογισμένες συγκεντρώσεις μπορούν έπειτα να συγκριθούν με τα τοπικά περιβαλλοντικά αντικείμενα ή τις ανεκτές συγκεντρώσεις για τους υδάτινους οργανισμούς. Οι οξείες επιδράσεις σε σχέση με τις πιθανές μέγιστες συγκεντρώσεις θα εκτιμηθούν πιθανώς με τις υδατοδιαλυτές χημικές ουσίες. Η συσσώρευση στην τροφική αλυσίδα είναι πιθανή και οι χρόνιες επιδράσεις πρέπει να εκτιμηθούν για επίμονες χημικές ουσίες που δεν είναι πολύ διαλυτές.

#### **4.6. Διάφορα εργαλεία λήψης απόφασης**

Αν και η ανάλυση επικινδυνότητας της ανθρώπινης υγείας είναι το εργαλείο που χρησιμοποιείται συχνότερα στη λήψη απόφασης, υπάρχει ένας αριθμός άλλων εργαλείων που επιδρούν στη διαδικασία λήψης απόφασης. Τα εργαλεία αυτά είναι:

- καταλληλότητα/ εφαρμοσιμότητα της τεχνολογίας αποκατάστασης
- αειφόρος ανάπτυξη
- συνδυασμός εργαλείων (π.χ. εφαρμοσιμότητα, κόστος, επικινδυνότητα)

#### Καταλληλότητα/ εφαρμοσιμότητα της τεχνολογίας

Σε κάθε ρυπασμένη περιοχή, η τεχνολογία που ικανοποιεί τα τεχνικά και περιβαλλοντικά κριτήρια είναι ξεχωριστή. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την καταλληλότητα της τεχνολογίας αποκατάστασης σε ένα ρυπασμένο χώρο είναι:

- η διαχείριση κινδύνου
- οι επικίνδυνοι ρύποι
- ο βαθμός αποκατάστασης
- η τοποθεσία
- η γενικότερη στρατηγική

Ωστόσο, μια προτεινόμενη λύση μπορεί να εμφανίζεται να είναι κατάλληλη, αλλά δεν είναι πάντα εφαρμόσιμη, λόγω προβλημάτων σχετικά με:

τις προηγούμενες επιδόσεις της τεχνολογίας αποκατάστασης σε παρόμοιους ρυπασμένους χώρους

- την ικανότητα να προσφέρει επιβεβαιωμένες πληροφορίες απόδοσης για προηγούμενα έργα
- την ικανότητα να επιβεβαιωθεί η αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας
- την εμπιστοσύνη των ομάδων συμφερόντων στη τεχνολογία
- την αποδοχή της λύσης από τις ομάδες συμφερόντων, οι οποίες έχουν εκφράσει προτιμήσεις για μια τεχνολογία

#### Αειφόρος ανάπτυξη

Το σκεπτικό της αειφόρου ανάπτυξης εξετάστηκε για πρώτη φορά στη σύνοδο κορυφής των Ηνωμένων Εθνών στο Rio de Janeiro το 1992. Ένας αριθμός από ορισμούς της αειφόρου ανάπτυξης έχουν προταθεί, με τον πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο να είναι «...ανάπτυξη η οποία ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος δίχως να δεσμεύει την ικανότητα των επομένων γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες». Υποστηρίζοντας αυτή την προσέγγιση, υπάρχουν τρία βασικά στοιχεία της αειφόρου ανάπτυξης: οικονομική μεγέθυνση, περιβαλλοντική προστασία και κοινωνική πρόοδος.

Σε στρατηγικό επίπεδο, η αποκατάσταση των ρυπασμένων χώρων υποστηρίζει τον σκοπό της αειφόρου ανάπτυξης διατηρώντας μια περιοχή προς χρήση, εμποδίζοντας την επέκταση της ρύπανσης στον αέρα και το νερό, και μειώνοντας την πίεση για ανάπτυξη σε άλλες περιοχές. Ωστόσο, οι δραστηριότητες αποκατάστασης από μόνες τους έχουν περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές επιδράσεις. Οι αρνητικές επιδράσεις της αποκατάστασης δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα οφέλη του έργου.

Η αειφόρος ανάπτυξη στο ευρύτερο πλαίσιο της αποκατάστασης ενός χώρου είναι αρκετά πολύπλοκη και απαιτεί ειδικά στοιχεία για τη λήψη απόφασης, όπως είναι η περιβαλλοντική επίδραση σε διάφορους τύπους τεχνολογιών αποκατάστασης ή στη γενικότερη διαδικασία διαχείρισης επικινδυνότητας. Η σπουδαιότητα των περιβαλλοντικών επιδράσεων είναι

εξαρτώμενη από το σημείο της ρύπανσης σε σχέση με την επιλογή της τεχνολογίας αποκατάστασης, όπως ζητήματα όχλησης (οσμές, σκόνη, θόρυβος). Επιπρόσθετα, η σπουδαιότητα αυτών των επιδράσεων θα διαφέρει σε τοπικό, περιφερειακό ή/και εθνικό επίπεδο.

Οι στόχοι της αποκατάστασης συνδέονται με τους περιβαλλοντικούς κινδύνους και τους κινδύνους υγείας και ίσως με την απόδοση των γεωτεχνικών/ κατασκευαστικών μετρήσεων. Όλα αυτά αποτελούν μέρος ενός μεγαλύτερου προγράμματος με κοινωνικούς και οικονομικούς σκοπούς, όπως την προσέλκυση εσωτερικής επένδυσης. Το τι είναι ρεαλιστικό, και ποιες προσεγγίσεις που μπορούν να γίνουν, είναι αντικείμενο για να καθοριστούν τα ειδικά όρια του έργου, για παράδειγμα ο διαθέσιμος χρόνος και χρήματα για τις εργασίες αποκατάστασης, η φύση της ρύπανσης και οι συνθήκες του εδάφους, και η τοποθεσία του χώρου.

#### Συνδυασμός εργαλείων στη λήψη απόφασης

Οι κίνδυνοι στην ανθρώπινη υγεία και σε μερικούς άλλους αποδέκτες χρησιμοποιούνται ως βάση για καθορισμό στόχων αποκατάστασης. Σε αυτές τις περιπτώσεις άλλα εργαλεία λήψης απόφασης, όπως η εφαρμοσιμότητα και το κόστος, χρησιμοποιούνται στην επιλογή μεταξύ διαφορετικών τεχνικών αποκατάστασης. Στις περιπτώσεις όμως όπου το επιθυμητό επίπεδο προστασίας για τους αποδέκτες δεν μπορεί να επιτευχθεί λόγω κόστους ή τεχνικών δυσκολιών στην αποκατάσταση του χώρου, ο βαθμός επεξεργασίας εξετάζεται από τις ομάδες συμφερόντων για κάθε ξεχωριστή περίπτωση. Εάν υπάρχει υψηλός κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία, θα πρέπει να ληφθούν ακραία μέτρα μείωσης στην έκθεση (π.χ. εκσκαφή και απομάκρυνση του ρυπασμένου εδάφους). Εάν οι κίνδυνοι είναι ελαφρώς πάνω από τα ρυθμιστικά επίπεδα, η ανάλυση κόστους/οφέλους πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την ομόφωνη λήψη των κριτηρίων αποκατάστασης. Για παράδειγμα, στις ΗΠΑ υπάρχει ένα επίπεδο προστασίας για επικινδυνότητα στο οποίο εάν τα ποσοστά καρκίνου κατά τη διάρκεια της ανθρώπινης ζωής είναι λιγότερο από 1 μέρος στα  $10^6$ , δεν απαιτούνται να γίνουν επιπλέον προσπάθειες για μείωση των κινδύνων. Εάν ο κίνδυνος όμως είναι μεγάλος, για παράδειγμα, εάν το ποσοστό καρκίνου ξεπερνά το 1 μέρος στα  $10^4$ , τότε απαιτούνται δράσεις αποκατάστασης για να μειωθεί ο κίνδυνος.

#### **4.7. Κυριότεροι λόγοι για την αποκατάσταση ενός ρυπασμένου χώρου**

Οι κυριότεροι λόγοι για να πραγματοποιηθεί ένα έργο αποκατάστασης ρυπασμένου χώρου περιλαμβάνουν:

- Την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος. Η νομοθεσία στις περισσότερες χώρες απαιτεί την αποκατάσταση χώρων, οι οποίοι αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία ή άλλους αποδέκτες στο περιβάλλον. Η ρύπανση μπορεί να προέρχεται είτε από ιστορική ρύπανση είτε από κάποια βιομηχανική δραστηριότητα ή κατά τη διάρκεια μεταφορά αποβλήτων.

- Την επανέναρχη ανάπτυξης. Η αποκατάσταση των άλλοτε χρησιμοποιημένων χώρων μπορεί να λάβει χώρα για αυστηρά εμπορικούς λόγους, ή επειδή οικονομικοί παράγοντες υποστηρίζουν την αναδημιουργία του συγκεκριμένου χώρου.
- Τη βελτίωση προηγούμενου έργου αποκατάστασης. Στην περίπτωση αστοχίας ενός έργου αποκατάστασης είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν νέες δράσεις για τη διαχείριση της επικινδυνότητας. Αυτές οι καταστάσεις είναι συχνές λόγω ανεπαρκούς έρευνας του χώρου στον χαρακτηρισμό της ρύπανσης.
- Την αποφυγή περιβαλλοντικών προστίμων. Η αποκατάσταση μπορεί να λάβει χώρα ως μία επένδυση για να αυξηθεί η αξία του χώρου. Οι ιδιοκτήτες αντιλαμβάνονται ότι η ρύπανση σε ένα χώρο μπορεί να έχει αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις, με αποτέλεσμα να τους αφήνει υπόλογους σε περιπτώσεις μελλοντικής χρήσης του χώρου.

#### 4.8. Εθνική νομοθεσία για την εξυγίανση – αποκατάσταση ρυπασμένων χώρων

Για τις εργασίες εξυγίανσης – αποκατάστασης ρυπασμένων χώρων από επικίνδυνα απόβλητα απαιτείται έγκριση περιβαλλοντικών όρων σύμφωνα με την κοινή υπουργική απόφαση Κ.Υ.Α. 13588/725 «Μέτρα όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων» (Β' 383) [59]. Τα μέτρα, οι όροι και οι περιορισμοί για την εξυγίανση ή/και αποκατάσταση του χώρου, την οριστική παύση λειτουργίας των εγκαταστάσεων ή των χώρων διαχείρισης επικινδύνων αποβλήτων, καθώς και για τις εργασίες της μετέπειτα φροντίδας επιβάλλονται με τις αποφάσεις έγκρισης περιβαλλοντικών όρων για τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις, ώστε να προστατεύεται το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Ο φορέας διαχείρισης των επικινδύνων αποβλήτων μετά την παύση λειτουργίας της εγκατάστασης ή/και του χώρου διάθεσης ή αξιοποίησης υποχρεούται πριν την οριστική παύση της λειτουργίας της (του) να εξυγιάσει και να αποκαταστήσει το χώρο, σύμφωνα με τους ειδικότερους όρους και περιορισμούς που προβλέπονται στην απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων.

Η αναγνώριση και αποτίμηση (αξιολόγηση) της ρύπανσης σε χώρους ή εγκαταστάσεις, ή τον ευρύτερο χώρο, όπου έχουν διενεργηθεί εργασίες διαχείρισης ή απόρριψης επικινδύνων αποβλήτων, και η διακρίβωση του φορέα διαχείρισης ή του κατόχου των επικινδύνων αποβλήτων πραγματοποιούνται από την αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Περιφέρειας. Με απόφαση του Γενικού Γραμματέα Περιφέρειας καθορίζονται οι εργασίες και τα έργα επιτόπιας εξυγίανσης ή/και αποκατάστασης του περιβάλλοντος στους ως άνω χώρους ή εγκαταστάσεις, με στόχο την άρση ή την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της ρύπανσης.

Ως φορέας εκτέλεσης των εργασιών εξυγίανσης – αποκατάστασης του χώρου καθορίζεται:

- ο φορέας διαχείρισης ή ο κάτοχος των επικινδύνων αποβλήτων, ο οποίος καταβάλλει και τις δαπάνες για την εκτέλεση των ως άνω έργων και εργασιών.
- η Περιφέρεια, για τις περιπτώσεις εγκαταλελειμμένων χώρων ή εγκαταστάσεων διαχείρισης επικινδύνων αποβλήτων και μέχρις ότου διαπιστωθεί η ταυτότητα του παραγωγού ή κατόχου των επικινδύνων αποβλήτων, καθώς και για την περίπτωση που

δεν διαπιστωθεί, η ταυτότητα του φορέα διαχείρισης ή του κατόχου των επικινδύνων αποβλήτων. Στην περίπτωση διαπίστωσης της ταυτότητας του παραγωγού ή του κατόχου των επικινδύνων αποβλήτων, η δαπάνη καταλογίζεται σ' αυτόν.

Σε περίπτωση ρύπανσης ενός χώρου με επικίνδυνα απόβλητα συνεπεία ατυχήματος, λαμβάνονται όλα τα αναγκαία μέτρα για την αντιμετώπιση του ατυχήματος και την προστασία του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος με απόφαση ή εντολή του Γενικού Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας, ο οποίος και ενημερώνει σχετικά τη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας του ΥΠΕΣΔΔΑ (Υπουργείο Εσωτερικών Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης). Οι αστυνομικές αρχές και κάθε άλλη δημόσια αρχή ή αρχή Τοπικής Αυτοδιοίκησης υποχρεούνται να παράσχουν κάθε αναγκαία συνδρομή για την εφαρμογή των αποφάσεων και των εντολών.

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών εξυγίανσης – αποκατάστασης ακολουθεί η διαδικασία της οριστικής παύσης της λειτουργίας της εγκατάστασης ή/και του χώρου διάθεσης ή αξιοποίησης. Προς τούτο ο φορέας διαχείρισης υποβάλλει σχετική αίτηση στην αρμόδια υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Περιφέρειας, η οποία συνοδεύεται από στοιχεία και εκθέσεις που τεκμηριώνουν ότι πληρούνται οι προϋποθέσεις τερματισμού της εξυγίανσης και αποκατάστασης, σύμφωνα με τους εγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους. Με απόφαση του Γενικού Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας μετά από εισήγηση της ως άνω Υπηρεσίας εγκρίνεται ο τερματισμός των εργασιών εξυγίανσης ή/και αποκατάστασης και η οριστική παύση λειτουργίας της εγκατάστασης ή του χώρου αξιοποίησης ή και διάθεσης των επικινδύνων αποβλήτων, καθώς και η έναρξη των εργασιών της μετέπειτα φροντίδας. Η απόφαση αυτή σε καμιά περίπτωση δεν περιορίζει την ευθύνη του φορέα διαχείρισης ως προς την τήρηση των όρων της άδειας διαχείρισης και της απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων.

Μετά την έκδοση της απόφασης, ο φορέας διαχείρισης είναι υπεύθυνος για την μετέπειτα φροντίδα του εν λόγω χώρου. Η χρονική διάρκεια της μετέπειτα φροντίδας καθορίζεται στην απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, λαμβάνοντας υπόψη:

- το είδος και την επικινδυνότητα της εγκατάστασης ή του χώρου
- το χρονικό διάστημα κατά το οποίο η εν λόγω εγκατάσταση ή ο χώρος μπορεί να παρουσιάζει κινδύνους για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

Η χρονική διάρκεια της μετέπειτα φροντίδας δεν μπορεί να είναι μικρότερη α) των τριάντα (30) ετών για χώρους ή εγκαταστάσεις διάθεσης, β) των δέκα (10) ετών για εγκαταστάσεις αξιοποίησης επικινδύνων αποβλήτων και γ) των πέντε (5) ετών για εγκαταστάσεις αποθήκευσης.

Σε περίπτωση κατά την οποία κατά την διάρκεια της μετέπειτα φροντίδας διαπιστωθούν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία, ο φορέας διαχείρισης το γνωστοποιεί αμέσως α) στην αρμόδια αρχή για την έκδοση της απόφασης έγκρισης

περιβαλλοντικών όρων, β) στις αρμόδιες υπηρεσίες της οικείας Περιφέρειας και γ) στις αρμόδιες υπηρεσίες Περιβάλλοντος και Υγιεινής της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης. Με απόφαση του οργάνου που εξέδωσε την απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, καθορίζονται τα ληπτέα συμπληρωματικά επανορθωτικά μέτρα και το χρονοδιάγραμμα εφαρμογής τους.

#### 4.9. Ευρωπαϊκή νομοθεσία για την εξυγίανση – αποκατάσταση ρυπασμένων χώρων

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία για τη διαχείριση ενός ρυπασμένου χώρου συνήθως καλύπτεται από τη νομοθεσία για τα ρυπασμένα εδάφη ή τη διαχείριση αποβλήτων. Σε μερικές χώρες (π.χ. Βέλγιο, Φιλανδία, Πορτογαλία), η νομοθεσία ή οι κανόνες για τη διαχείριση ρυπασμένων χώρων είναι ακόμη υπό ανάπτυξη. Υπάρχουν ορισμένα γενικά βήματα στη διαχείριση ρυπασμένων χώρων, τα οποία είναι κοινά για όλες σχεδόν τις χώρες. Αυτά περιλαμβάνουν τα εξής [51]:

1. αρχικός προσδιορισμός του προβλήματος (συμπεριλαμβάνεται η ιστορική αποτίμηση και ως εκ τούτου ο εντοπισμός πιθανά ρυπασμένων χώρων)
2. διερεύνηση του προβλήματος και της ανάγκης αποκατάστασης
3. εντοπισμός πραγματικών και πιθανών κινδύνων
4. λεπτομερής εκτίμηση του κινδύνου και ορισμός του στόχου εξυγίανσης
5. επιλογή και εφαρμογή μέτρων αποκατάστασης
6. παρακολούθηση του χώρου κατά την αποκατάσταση και μετά το πέρας αυτής

Τα συστήματα λήψης αποφάσεων ποικίλουν ως προς τις λεπτομέρειες, που απαιτούνται, για τη διεξαγωγή εκτίμησης της επικινδυνότητας και τη μορφή των παρεχόμενων εργαλείων. Όπου υπάρχουν υπό ανάπτυξη εργαλεία λήψης αποφάσεων παρατηρείται συχνά μια προσπάθεια συσχέτισης αυτών με άλλες προσεγγίσεις εντός της Ευρώπης. Σε μερικές περιπτώσεις, τα συστήματα ενδέχεται να διαμορφώνουν ένα υποχρεωτικό πλαίσιο, ενώ σε άλλες ένα συμβουλευτικό πλαίσιο, όταν υπάρχει εμπιστοσύνη στην γνώση και την εμπειρία ειδικών.

#### 4.10. Παραδείγματα προσεγγίσεων στη λήψη απόφασης

##### Αυστρία

Η αυστριακή νομοθεσία δεν παρέχει κάποιο θεσμικό πλαίσιο για την λήψη αποφάσεων. Ως εκ τούτου, το Αυστριακό Ινστιτούτο Προτύπων (Austrian Standards Institute) διαμόρφωσε μια σειρά οδηγιών για την διευκόλυνση της διαχείρισης ρυπασμένων χώρων. Μια διαδοχική προσέγγιση διαδικασιών και δράσεων για τη διαχείριση ρυπασμένων χώρων χρησιμοποιώντας ένα διάγραμμα ροής αποτελεί έναν γενικό οδηγό αντιμετώπισης περιπτώσεων διερεύνησης, αξιολόγησης και αποκατάστασης ρυπασμένων εδαφών και ενσωματώνει έναν αριθμό προτύπων, που αφορούν σε υποσύνολα προβλημάτων ρυπασμένων εδαφών. Το Σχήμα 4-1 παρέχει το πλαίσιο για την λήψη αποφάσεων. Η

ολοκλήρωση των διαφόρων βημάτων πραγματοποιείται μέσω της σταδιακής διαδικασίας. Επιπλέον, ένα γενικό περίγραμμα της εκτίμησης επικινδυνότητας καθορίζει κατευθυντήριες τιμές για τα ρυπασμένα εδάφη, που σχετίζονται με την προστασία των υπογείων υδάτων, καθώς επίσης και την ασφαλή χρήση της προς αποκατάσταση περιοχής.

### Ελβετία

Στην Ελβετία υπάρχουν 4 κύρια στάδια διαχείρισης ρυπασμένων πεδίων:

- καταγραφή πεδίων
- προκαταρκτική διερεύνηση (διεξαγωγή βασικής εκτίμησης επικινδυνότητας)
- λεπτομερής διερεύνηση (λεπτομερής εκτίμηση επικινδυνότητας, ορισμός στόχων αποκατάστασης, εντοπισμός αναμενόμενων καθυστερήσεων)
- σχεδιασμός και διεξαγωγή τεχνολογίας εξυγίανσης, συμπεριλαμβανομένης και της παρακολούθησης του πεδίου

Η λήψη αποφάσεων στηρίζεται σε ένα μηχανοργανωμένο σύστημα καταγραφής των ρυπασμένων χώρων και ενίσχυσης της αρχικής απόφασης για την αναγκαιότητα διεξαγωγής προκαταρκτικής διερεύνησης. Σε επόμενα στάδια της διαδικασίας, είναι αναγκαία η συλλογή πιο λεπτομερών πληροφοριών. Αυτές επικεντρώνονται κυρίως στη σχέση εδάφους και χώρου, ως πηγή ρύπανσης των υπογείων υδάτων μέσω της ακόρεστης ζώνης.

#### **4.10.1. Παραδείγματα εμπλοκής κοινωνικών ομάδων στη λήψη απόφασης**

### Γαλλία

Ένα στοιχείο κλειδί της Γαλλικής πολιτικής είναι η συμμετοχή όλων των ομάδων συμφερόντων στην αντιμετώπιση ρυπασμένων χώρων, συμπεριλαμβανομένου του τοπικού πληθυσμού. Υπάρχει συγκεκριμένη καθοδήγηση, η οποία περιγράφει τον τρόπο πλήρους ενημέρωσης των κοινοτήτων και του πληθυσμού επί της κατάστασης σε ένα ρυπασμένο χώρο, καθώς επίσης και της εμπλοκής τους στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η Νομαρχία μπορεί να αποφασίσει και να ενημερώσει τους εκπροσώπους του πληθυσμού (όπως για παράδειγμα τον Δήμαρχο ή περιβαλλοντικούς οργανισμούς), μέσω ειδικών συναντήσεων καθ' όλη τη διάρκεια της διερεύνησης ή και της αποκατάστασης. Οι εκάστοτε πληροφορίες θα πρέπει να παρουσιάζονται κατά τρόπο κατανοητό στο ευρύ κοινό.

### Ηνωμένο Βασίλειο

Οι ομάδες συμφερόντων, που εμπλέκονται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, περιλαμβάνουν όλες τις ομάδες με ενδιαφέρον στην ρύπανση του χώρου, συμπεριλαμβανομένων ιδιοκτητών, χρηστών, νομοθετών, χρηματοδοτών, ασφαλιστών, τοπικών ομάδων, περιβαλλοντικών και μη. Η εμπλοκή της τοπικής κοινότητας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων από τα πρώτα στάδια εφαρμογής της διαχείρισης του υφιστάμενου κινδύνου, προωθείται πολύ ισχυρά. Μια κοινή στρατηγική, η οποία να παρουσιάζεται σε μη τεχνική γλώσσα, είναι αναγκαία για εύκολη επικοινωνία με όλες τις εμπλεκόμενες ομάδες, έτσι

ώστε η υιοθετούμενη προσέγγιση να κερδίσει την εμπιστοσύνη του κοινού και των ομάδων συμφερόντων.

#### 4.10.2. Παράδειγμα εργαλείου Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ)

##### Γερμανία

Η Γερμανική πολιτεία Baden-Württemberg έχει αναπτύξει το εργαλείο ανάλυση κύκλου ζωής (AKZ) για την εκτίμηση των πιθανών περιβαλλοντικών επιδράσεων από τις τεχνολογίες αποκατάστασης εδάφους. Το 1999 παρουσίασε το λογισμικό «περιβαλλοντικός ισολογισμός από μετρήσεις αποκατάστασης εδαφών». Αυτό το εργαλείο συνδέει τυπικά περιβαλλοντικά δεδομένα από ένα εύρος τεχνολογιών αποκατάστασης με τα δεδομένα AKZ και ενός μοντέλου AKZ. Ο υπολογισμός των επιδράσεων κύκλου ζωής είναι αυτοματοποιημένος. Τα αποτελέσματα των επιδράσεων κύκλου ζωής και της απογραφής κύκλου ζωής μεταφέρονται σε «πίνακα μειονεκτημάτων». Ο σκοπός αυτού του εργαλείου είναι να κατατάξει τις τεχνολογίες αποκατάστασης για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα διαχείρισης επικινδυνότητας, ώστε να υπολογιστούν οι δευτερογενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις.

Το εργαλείο αποτελείται από υπομονάδες, στηριζόμενο στη βάση δεδομένων των γενικών απογραφών κύκλου ζωής από τις περίπου 60 τεχνικές αποκατάστασης που έχουν χρησιμοποιηθεί, για παράδειγμα:

- κινητοποίηση/ ακινητοποίηση του εξοπλισμού
- μεταφορά των ανθρώπων
- γεώτρηση και κατασκευή πηγαδιού
- απόρριψη στο υπόγειο νερό
- επεξεργασία υπόγειου νερού με εκφύσηση αέρα
- δεδομένα AKZ που βασίζονται στον εξοπλισμό και τις υπηρεσίες

#### 4.10.3. Παράδειγμα συστήματος DESYRE

Το σύστημα DESYRE (DEcision Support sYstem for REhabilitation, σύστημα στήριξης απόφασης για αποκατάσταση) επιλέγει την περισσότερο αποτελεσματική τεχνολογία αποκατάστασης ρυπασμένου χώρου. Το σύστημα λήψης απόφασης βασίζεται σε ένα πλαίσιο γεωγραφικών πληροφοριών (GIS), περιβαλλοντικών και τεχνολογικών βάσεων δεδομένων, μοντέλα εκτίμησης επικινδυνότητας και πολυκριτηριακές αναλύσεις. Στοιχειοθετείται από πέντε τμήματα [60]:

1. χαρακτηρισμός
2. επικινδυνότητα
3. κοινωνικό-οικονομική ανάλυση
4. τεχνολογική ανάλυση
5. λήψη απόφασης

Ο χαρακτηρισμός του χώρου πραγματοποιείται με τη συλλογή πληροφοριών της υφιστάμενης κατάστασης (όπως γεωγραφικά, υδρογεωλογικά δεδομένα). Ο χώρος εξετάζεται με τη χρήση εργαλείων GIS και τα δεδομένα εισέρχονται σε στατιστικό και γεωστατιστικό λογισμικό. Επίσης, εξετάζεται η υδρογεωλογία και η τύχη των ρύπων, και εφαρμόζονται μοντέλα διασποράς. Το τμήμα εκτίμησης επικινδυνότητας χρησιμοποιεί μοντέλα έκθεσης και εκτίμησης επικινδυνότητας, και δημιουργεί χάρτες επικινδυνότητας. Το τμήμα κοινωνικο-οικονομικής εκτίμησης διευθετεί κοινωνικο-οικονομικά κόστη και οφέλη. Ενώ, το τμήμα τεχνολογικής εκτίμησης αξιολογεί την εφαρμοσιμότητα, τα πλεονεκτήματα, τους περιορισμούς και τα κόστη από τις διάφορες διαθέσιμες τεχνολογίες. Οι πληροφορίες που προέκυψαν από τα τμήματα εκτίμησης, κυρίως σε δείκτες, ολοκληρώνονται στο τελικό τμήμα απόφασης μέσω πολυκριτηριακής ανάλυσης, η οποία μπορεί να παίξει ένα ρόλο-κλειδί για να απλοποιήσει αποτελεσματικά τη διαδικασία λήψης απόφασης.

Σε θέματα αποκατάστασης ρυπασμένων χώρων, η λήψη απόφασης μπορεί να χωριστεί σε τρία κύρια πεδία: χαρακτηρισμός του εδάφους και επεξεργασία των δεδομένων, εκτίμηση της επικινδυνότητας, και τέλος επιλογή κατάλληλων τεχνολογιών αποκατάστασης. Η δομή του DESYRE οικοδομήθηκε για να βοηθήσει στη λύση αυτών των προβλημάτων, και για να στηρίξει τον αποφασίζοντα στην επιλογή της καλύτερης λύσης. Τα κυριότερα αποτελέσματα αυτής της προσπάθειας ανήκουν στη σύνδεση εργαλείων, όπως GIS, ανάλυση επικινδυνότητας, κοινωνικο-οικονομική ανάλυση και σύγκριση τεχνολογιών για την επίτευξη του στόχου. Το GIS χρησιμοποιείται στην επεξεργασία δεδομένων χώρων. Η ανάλυση επικινδυνότητας χρησιμοποιείται για καταμερισμό του χώρου σε ζώνες ανάλογα με τους ρύπους και τις συγκεντρώσεις, ενώ το τμήμα σύγκρισης τεχνολογιών αναπτύσσει μια ορθολογιστική τεχνική για την επιλογή της καλύτερης τεχνολογίας αποκατάστασης [61].

Το τμήμα σύγκρισης τεχνολογιών αναπτύσσεται σύμφωνα με μια δομή βήμα προς βήμα. Στο πρώτο βήμα επιλέγονται οι κατάλληλες τεχνολογίες, λαμβάνοντας υπόψη τη βάση κριτηρίων χώρου και ρύπων. Αυτή η επιχείρηση δημιουργεί ένα σύνολο από τεχνολογίες αποκατάστασης, οι οποίες περιλαμβάνονται ως εισερχόμενο στο διάγραμμα ροής των συστημάτων λήψης απόφασης (Σχήμα 4-3). Οι τεχνολογίες περιγράφονται ως κριτήρια-κλειδιά και ένα σύστημα αξιολογεί και βαθμολογεί τις τεχνολογίες. Στο επόμενο βήμα εντοπίζεται ο χώρος που πρέπει να αποκατασταθεί και η τεχνολογία που θα εφαρμοστεί, και έπειτα εισάγεται η ανάλυση επικινδυνότητας με σκοπό να χωρίσει το πεδίο σε ζώνες ανάλογα με το επίπεδο επικινδυνότητας (χαμηλής, μεσαίας, υψηλής). Ο κυριότερος στόχος του τμήματος ανάλυσης επικινδυνότητας είναι να ολοκληρώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στη διαδικασία λήψης απόφασης για την αποκατάσταση των ρυπασμένων χώρων. Ωστόσο, εκτός από την επικινδυνότητα, στη λήψη απόφασης λαμβάνονται υπόψη και κοινωνικο-οικονομικοί και τεχνολογικοί παράγοντες.

Ο χαρακτηρισμός του χώρου είναι το πρώτο βήμα της ανάλυσης επικινδυνότητας και απαιτεί την ποιοτική και ποσοτική αναπαράσταση της πηγής του ρύπου και όσο το δυνατόν περισσότερα δεδομένα για τη μοντελοποίηση της τύχης και μεταφοράς του ρύπου.

Περιλαμβάνει την ταυτοποίηση των χημικών ουσιών που βρίσκονται στο χώρο, τη συγκέντρωσή τους και την κατανομή στο χώρο [62, 63]. Οι δέκτες έκθεσης αναπαριστούν τον πυρήνα της εκτίμησης επικινδυνότητας, η οποία ορίζεται ως η έκθεση των ανθρώπων με τις χημικές ουσίες. Η εκτίμηση έκθεσης οδηγεί στην ποσοτικοποίηση του μεγέθους, της συχνότητας, της διάρκειας και των διαδρομών της έκθεσης. Η εκτίμηση τοξικότητας υπολογίζεται από τη σχέση δόσης – αντίδρασης για κάθε ρύπο.

Η ανάλυση επικινδυνότητας εφαρμόζεται εις διπλούν μέσα στο σύστημα λήψης απόφασης:

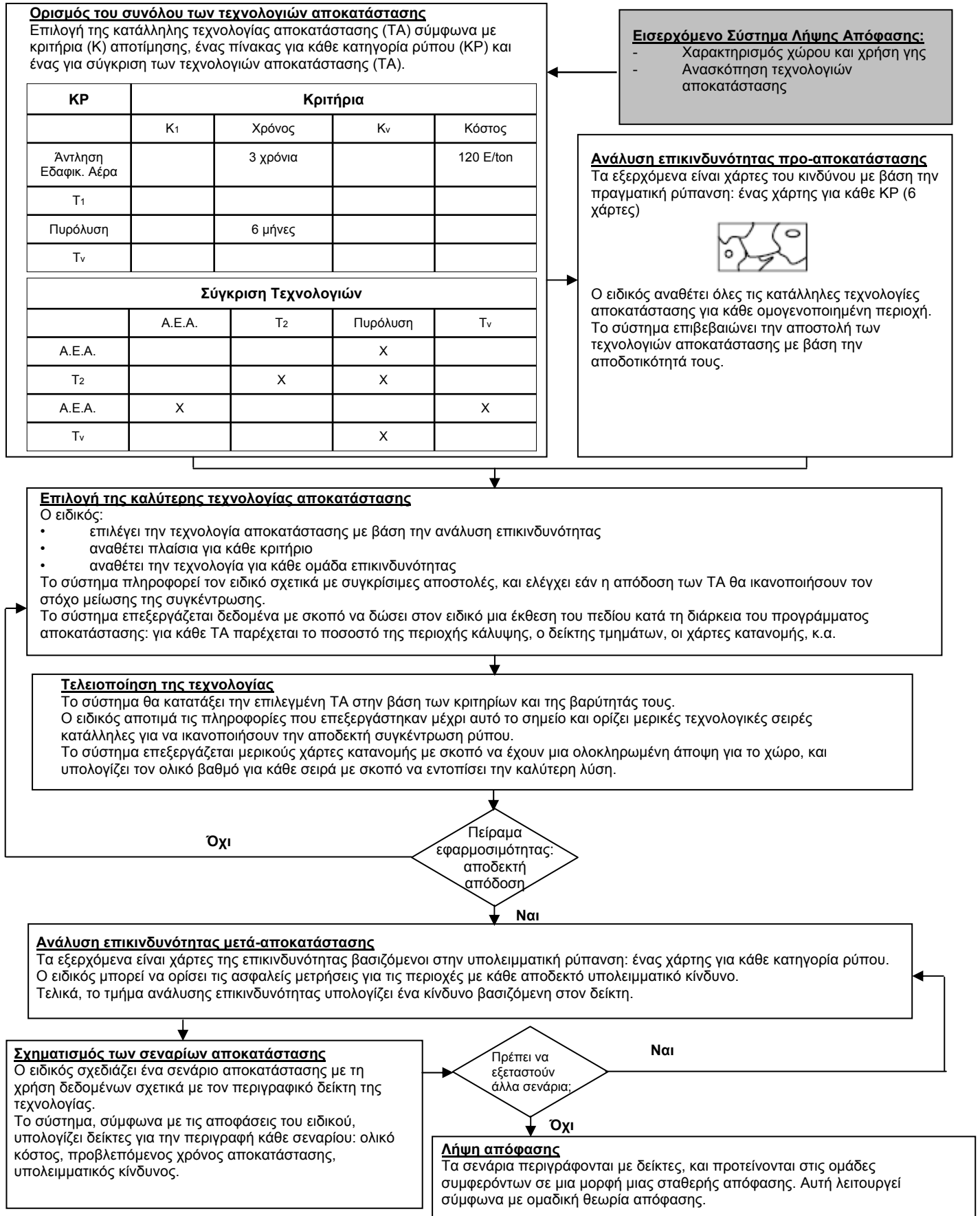
1. Για την προ-αποτίμηση της αποκατάστασης. Σε αυτή τη φάση, η ανάλυση επικινδυνότητας γίνεται για κάθε ομογενοποιημένη περιοχή και για κάθε κατηγορία ρύπου.
2. Όσον αφορά τη ρύπανση εδάφους, η ανάλυση επικινδυνότητας κατατάσσει το χώρο σε ζώνες με βάση την πραγματική ρύπανση.

Μετά την ανάλυση επικινδυνότητας, καθορίζονται όλες οι κατάλληλες τεχνολογίες αποκατάστασης για κάθε κίνδυνο ομογενούς περιοχής. Τελικά, το σύστημα επιβεβαιώνει το στόχο των τεχνολογιών αποκατάστασης με βάση την απόδοσή τους, και μπορεί να πληροφορήσει σχετικά με την ανάγκη για μια «αλυσιδωτή τεχνολογία».

Έτσι, με βάση την ανάλυση επικινδυνότητας η υπεύθυνη επιστημονική ομάδα μπορεί να καθορίσει την κατάλληλη τεχνολογία αποκατάστασης. Στη συνέχεια, καθορίζονται οι σπουδαιότητες για τα κριτήρια-κλειδιά με σκοπό να υπάρξει μια ταξινόμηση των τεχνολογιών που επιλέχθηκαν. Το λογισμικό επεξεργάζεται την κατάταξη και μερικές χωρικές πληροφορίες, όπως χάρτες κατανομής για τον τύπο της τεχνολογίας, περιοχή κάλυψης, κ.α., για να υπάρξει μια ολοκληρωμένη γνώμη για όλες τις εφικτές τεχνολογίες αποκατάστασης. Ο ειδικός εκτιμά τις βαθμολογίες και τα δεδομένα και προετοιμάζει τις κατάλληλες σειρές τεχνολογιών που πρόκειται να εφαρμοστούν στο χώρο αποκατάστασης. Οι σειρές αποτελούν ένα συνδυασμό από τεχνολογίες που εκτείνονται χωρικά και χρονικά, στοιχειοθετώντας μια αλυσιδωτή τεχνολογία. Η αποτελεσματικότητα των τεχνολογιών αποκατάστασης αποτιμάται σε μια κλίμακα πειραμάτων και η απόδοση εισάγεται σε μια δεύτερη ανάλυση επικινδυνότητας για την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας κάθε σειράς στην επίτευξη του στόχου αποκατάστασης. Αυτή η μετά-αποκατάσταση ανάλυση επικινδυνότητας παράγει χάρτες με βάση την επικινδυνότητα, οι οποίοι περιγράφουν τον υπολειμματικό κίνδυνο μετά την εφαρμογή των μέτρων μείωσης. Οι περιοχές με έναν μη αποδεκτό υπολειμματικό κίνδυνο υπερτονίζονται στους χάρτες, επιτρέποντας έτσι στον ειδικό να ορίσει ασφαλείς μετρήσεις. Στο τέλος, το τμήμα ανάλυσης επικινδυνότητας αναγνωρίζει έναν δείκτη, βασιζόμενο στην επικινδυνότητα, με σκοπό να συγκρίνει τα διαφορετικά σενάρια αποκατάστασης σε μια βάση μειωμένου κινδύνου.

Η υπεύθυνη επιστημονική ομάδα συντάσσει κάθε «σενάριο αποκατάστασης» με βάση τα αποτελέσματα από την ανάλυση επικινδυνότητας, τα δεδομένα από τις τεχνολογίες και όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που επεξεργάστηκαν και συλλέχθηκαν. Κάθε σενάριο είναι μια

περιεκτική και κατάλληλη λύση για την αποκατάσταση του ρυπασμένου χώρου. Αυτό περιλαμβάνει την περιγραφή του συνόλου των τεχνολογιών που χρειάζονται για την αποκατάσταση του ρυπασμένου χώρου, την επίπτωση στην υγεία, τις περιβαλλοντικές και κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες. Η λύση αιτιολογείται με μια περιεκτική χωρική και χρονική άποψη. Στο τμήμα της απόφασης, κάθε σενάριο περιγράφεται από κριτήρια-κλειδιά για τις τεχνολογίες, για την ανάλυση επικινδυνότητας, και για την κοινωνικο-οικονομική ανάλυση. Η λύση αποκατάστασης περιγράφεται από ένα σύστημα κριτηρίων και βαθμολογιών και εκφράζεται σε μια μορφή πλαισίου. Το τελικό βήμα επιτρέπει στους αποφασίζοντες να λάβουν μια απόφαση για την αποκατάσταση του ρυπασμένου χώρου.



Σχήμα 4-3: Το σύστημα DESYRE [59].

#### 4.10.4. Παραδείγματα ολοκληρωμένου εντοπισμού – διερεύνησης – αξιολόγησης και αποκατάστασης ρυπασμένου χώρου

**Παράδειγμα #1:** Διυλιστήριο αργού πετρελαίου έκτασης περίπου 1000 στρεμμάτων, εγκατεστημένο πλησίον παράκτιας περιοχής και λίμνης και εν λειτουργία τα τελευταία 25 έτη. Βρίσκεται σε μια χαρακτηρισμένη βιομηχανική περιοχή. Το υπέδαφος της περιοχής αποτελείται κατά κύριο λόγο από ασβεστόλιθο και δολομίτη, ενώ το βάθος του υποκείμενου υδροφόρου ορίζοντα κυμαίνεται από 2.5 έως 25 m. Έχει παρουσιάσει στο παρελθόν διαρροή πετρελαϊκών ρύπων προς την ακτή και την λίμνη.

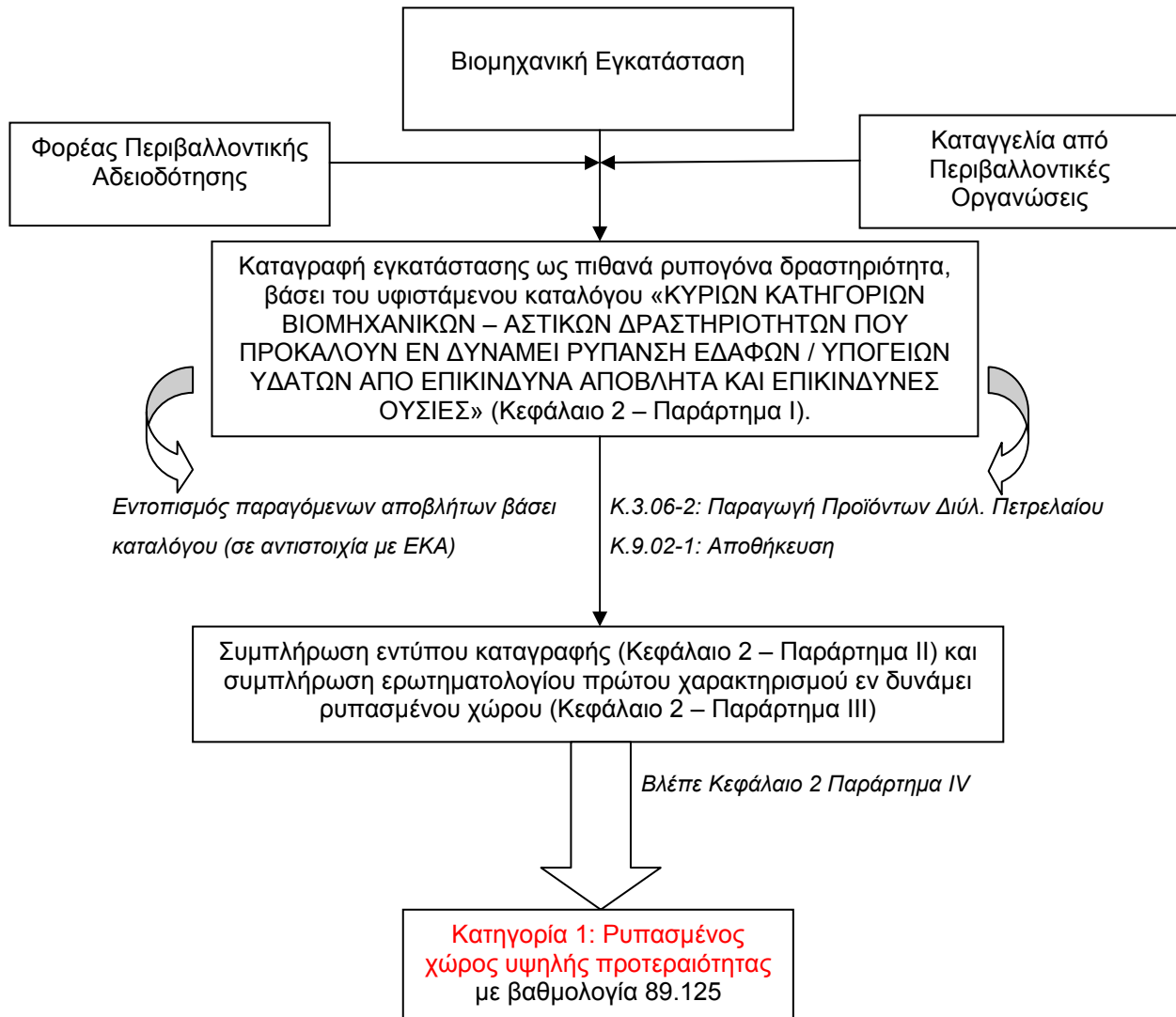
##### Φάση 1: Καταγραφή - Χαρακτηρισμός

Μέσω της αρμόδιας υπηρεσίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης των συγκεκριμένων εγκαταστάσεων διύλισης (Νομαρχία – Περιφέρεια – ΥΠΕΧΩΔΕ), η συγκεκριμένη εγκατάσταση καταγράφεται ως πιθανά ρυπογόνα δραστηριότητα, βάσει του υφιστάμενου καταλόγου «ΚΥΡΙΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΩΝ / ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ» (Κεφάλαιο 2 – Παράρτημα Ι). Επίσης, υπάρχουν επώνυμες καταγγελίες από περιβαλλοντικές οργανώσεις για την πρόκληση ρύπανσης από πετρελαιοειδή σε κοντινή λίμνη, οι οποίες εφιστούν την προσοχή των αρμόδιων υπηρεσιών στον συγκεκριμένο χώρο, ως πιθανά ρυπογόνο.

Άμεσα, οι ιδιοκτήτες της εγκατάστασης καλούνται να συμπληρώσουν το απαιτούμενο έντυπο καταγραφής (Κεφάλαιο 2 – Παράρτημα ΙΙ), το οποίο θα υποβληθεί και θα καταχωρηθεί στη βάση δεδομένων πιθανά ρυπασμένων χώρων του ΥΠΕΧΩΔΕ. Εν συνεχεία βάσει των συλλεχθέντων στοιχείων, αλλά και γενικότερα μέσω άμεσης επικοινωνίας με τους ιδιοκτήτες, συμπληρώνεται το σχετικό ερωτηματολόγιο, με τα κριτήρια ταξινόμησης του εν δυνάμει ρυπασμένου χώρου (Κεφάλαιο 2 – Παράρτημα ΙΙΙ). Βάσει αυτού ο χώρος κατατάσσεται σε μια από τις 5 (πέντε) δυνατές κατηγορίες: ρυπασμένος χώρος (προτεραιότητας υψηλής, μεσαίας και χαμηλής), προσωρινά μη ρυπασμένος χώρος (δεν απειλεί το περιβάλλον και την δημόσια υγεία) και πιθανά ρυπασμένος χώρος – ανεπαρκή στοιχεία.

Το συγκεκριμένο παράδειγμα έχει ήδη ταξινομηθεί βάσει του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου ως χώρος: **Κατηγορία 1: Ρυπασμένος χώρος υψηλής προτεραιότητας** (Βαθμολογία 115-76) με βαθμολογία 89.125 (Κεφάλαιο 2 – Παράρτημα ΙV).

Συνοπτικά η παραπάνω διαδικασία παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-4.



**Σχήμα 4-4:** Παράδειγμα διαδικασίας καταγραφής – χαρακτηρισμού.

#### Φάση 2: Διαδικασία εκτίμησης / αξιολόγησης / χαρακτηρισμού χώρων

Στη συνέχεια, οι ιδιοκτήτες υποχρεούνται να ακολουθήσουν με τη βοήθεια αποδεδειγμένα έμπειρης και κατάλληλης ομάδας εργασίας συγκεκριμένη διαδικασία εκτίμησης, αξιολόγησης και χαρακτηρισμού του χώρου των εγκαταστάσεών τους, η οποία αποτελείται από 2 στάδια, τα οποία αναλυτικά περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3.

##### 1. Στάδιο Εντοπισμού Ι (εντός χρονικού διαστήματος 1.5 μηνών)

###### - Γεωγραφική περιγραφή

Το υπέδαφος της περιοχής αποτελείται κατά κύριο λόγο από ασβεστόλιθο και δολομίτη και παρουσιάζει κατά τόπους σημαντικά διαφοροποιημένες αναλογίες άμμου – ιλύος και αργίλου. Επίσης, στην περιοχή παρατηρείται έντονη καρστικοποίηση και ρήγματα, ενώ το βάθος του υποκείμενου υδροφόρου ορίζοντα κυμαίνεται από 2.5 έως 25 m. Συντάσσονται ή βρίσκονται γεωλογικοί και υδρογεωλογικοί χάρτες.

- Ιστορική περιγραφή  
Στο παρελθόν ο χώρος χρησιμοποιούνταν για την ανεξέλεγκτη διάθεση αστικών και άλλων αποβλήτων, με αποτέλεσμα να αναμένεται το υπέδαφος να είναι ήδη αρκετά επιβαρημένο από διάφορους ρύπους. Οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις έχουν ήδη επιφέρει σημαντική έκλυση ελαιωδών στην θάλασσα και στην παρακείμενη λίμνη, προκαλώντας σημαντική διατάραξη του φυσικού οικοσυστήματος.
- Περιβαλλοντική περιγραφή  
Στο παρόν, η ευρύτερη περιοχή είναι βιομηχανική, με αποτέλεσμα να είναι αρκετά υποβαθμισμένη περιβαλλοντικά. Στα ευρύτερα όρια αυτής απαντώνται διυλιστήρια, εγκαταστάσεις αποθήκευσης πετρελαιοειδών, εγκαταστάσεις αποθήκευσης και επεξεργασίας επικινδύνων αποβλήτων, ΧΥΤΑ, κ.α. Εμφανή σημάδια ρύπανσης των θαλάσσιων και επιφανειακών υδάτων δεν υπάρχουν και η υφιστάμενη πανίδα και χλωρίδα φαίνεται να είναι σε καλά επίπεδα διαβίωσης.
- Μελέτη διαθέσιμων μελετών  
Πέρα από την εγκεκριμένη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων των εγκαταστάσεων υπάρχουν και παλαιότερες μελέτες εξυγίανσης του χώρου, από παρελθοντικά συμβάντα διαρροών. Συλλέγονται διαθέσιμα δεδομένα ρύπων, συγκεντρώσεων, εφαρμοζόμενων τεχνολογιών εξυγίανσης και απόδοσης αυτών.
- Επί τόπου εξέταση  
Εμφανή σημάδια ρύπανσης στους χώρους των εγκαταστάσεων, αλλά και στην παρακείμενη λίμνη και παράκτια ζώνη δεν υπάρχουν.

Σε αυτό το στάδιο συντάσσεται Τεχνική Έκθεση με όλα τα προαναφερόμενα αποτελέσματα και ο χώρος κατατάσσεται ως πρωτεύοντας ή δευτερεύοντας<sup>1</sup>, ανάλογα με τα ευρήματα της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης και της διαθεσιμότητας στοιχείων ή μη. Βάσει:

- της ιδιαιτερότητας της υδρογεωλογίας της περιοχής (ρηχός υδροφόρας, καρστικοποιημένο υπέδαφος, παρουσία κοντινής θαλάσσιας ζώνης και λίμνης)
- του βεβαρημένου ιστορικού ρύπανσης της περιοχής
- της επικινδυνότητας των παραγόμενων αποβλήτων της συγκεκριμένης δραστηριότητας,
- της κατάταξης του συγκεκριμένου χώρου ως: **Ρυπασμένος χώρος υψηλής προτεραιότητας**

Ο ΧΩΡΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΖΕΤΑΙ ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑΣ<sup>1</sup> ΚΑΙ  
ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ II

Στο Στάδιο Εντοπισμού II (εντός 3.5 μηνών), η ομάδα εργασίας συντάσσει:

- Σχέδιο δειγματοληψιών – αναλύσεων – επιτόπου μετρήσεων  
Βάσει των διαθέσιμων στοιχείων του πεδίου, παλαιών περιστατικών ρύπανσης, αλλά και των ευρέως αποδεκτών προτύπων δειγματοληψιών λαμβάνει χώρα δειγματοληψία σε όλα τα εμπλεκόμενα περιβαλλοντικά μέσα, τα οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση περιλαμβάνουν:
  - ➔ Έδαφος – Ίζημα Λίμνης και Θάλασσας (ολικοί πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, πτητικά συστατικά (BTX), συγκεκριμένες ενώσεις που υπάρχουν στο πεδίο (TAME, MTBE), βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά εδάφους (pH,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , κ.α.), βαρέα μέταλλα)
  - ➔ Υπόγεια ύδατα – Νερό λίμνης – Θαλάσσιο νερό (ολικοί πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, πτητικά συστατικά (BTX), συγκεκριμένες ενώσεις, που υπάρχουν στο πεδίο (TAME, MTBE), βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά εδάφους (pH, αγωγιμότητα,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , κ.α.), βαρέα μέταλλα)
  - ➔ Εδαφικός αέρας (ολικοί πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες, πτητικά συστατικά (BTX), συγκεκριμένες ενώσεις, που υπάρχουν στο πεδίο (TAME, MTBE))
  - ➔ Ελεύθερη ελαιώδη φάση (fingerprinting ανάλυση) για τον προσδιορισμό της σύστασης της ελαιώδους φάσης και της «ηλικίας» της και κατ' επέκταση τον εντοπισμό της πηγής – προέλευσής της

Η θέση και ο αριθμός των δειγμάτων προσδιορίζεται πλήρως μέσω κατάλληλης διαδικασίας και βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων, από την έμπειρη επιστημονική ομάδα εργασίας. Επίσης, για την ελεύθερη ελαιώδη φάση διεξάγονται ειδικά τεστ παραγωγικότητας και ανάκτησης, για τον προσδιορισμό της υφιστάμενης ροής και των διαθέσιμων ποσοτήτων στο υπέδαφος.

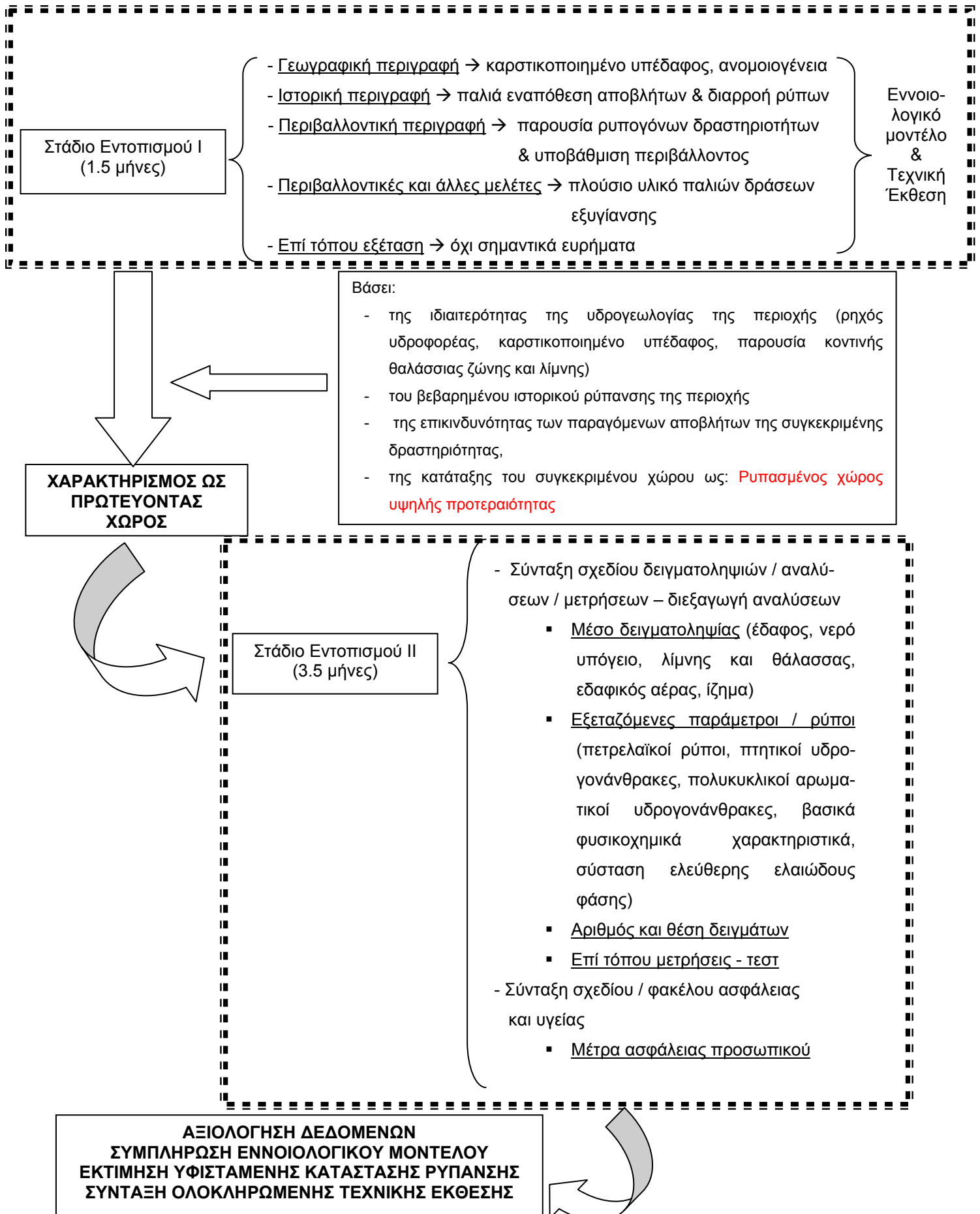
- Εκτίμηση επικινδυνότητας για το προσωπικό δειγματοληψίας και σχέδιο/ φάκελος ασφάλειας και υγείας με πλήρη προσδιορισμό των απαιτούμενων προστατευτικών μέτρων και περιορισμών.

Όπως προκύπτει από τις αναλύσεις η ελεύθερη ελαιώδη φάση καλύπτει περίπου το 1/6 των εγκαταστάσεων, η σύστασή του υποδεικνύει μίγμα διαφορετικών ενώσεων (diesel, μαζούτ, κηροζίνης και βενζίνης), ενώ οι διαθέσιμες ποσότητες στο υπέδαφος είναι αρκετά σημαντικές, της τάξης των μερικών δεκάδων κυβικών μέτρων τον μήνα.

<sup>1</sup> Όπως αναφέρεται και στο σχετικό Κεφάλαιο 3, πρωτεύοντας χαρακτηρίζεται ο χώρος, στον οποίο τα υπάρχοντα δεδομένα ρύπανσης είναι ελλιπή ή υποδεικνύουν ότι απαιτείται συλλογή επιπλέον αναλυτικών στοιχείων (π.χ. προσδιορισμός υφιστάμενων ρύπων, κατανομής αυτών στον χώρο και συγκεντρώσεων αυτών, μονοπατιών κίνησης-εξάπλωσης αυτών, κ.α.), μέσω κατάλληλων δειγματοληψιών, μετρήσεων και αναλύσεων. Ως εκ τούτου αυτοί οι χώροι προχωρούν απευθείας στο Στάδιο Εντοπισμού II, χωρίς να απαιτείται πρώτα εν μέρη μελέτη τους, μέσω περιορισμένων δειγματοληψιών (15% των συνολικά απαιτούμενων στο Στάδιο Εντοπισμού II).

Οι συγκεντρώσεις όλων των πετρελαϊκών ρύπων είναι αυξημένες και υπερβαίνουν τα προτεινόμενα όρια δράσης της New Dutch List. Η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων και επιλεγμένων ιόντων (π.χ. νιτρικών) είναι επίσης αυξημένες και δεν δικαιολογούνται από την δραστηριότητα και τα απόβλητα των διυλιστηρίων, γεγονός το οποίο σε συνδυασμό με τις τριγύρω δραστηριότητες και την υδρογεωλογία του όλου πεδίου, υποδεικνύουν μεταφορά ρύπων και ρύπανση και από άλλες γειτνιάζουσες δραστηριότητες.

Συνοπτικά η παραπάνω διαδικασία παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-5.



Σχήμα 4-5: Παράδειγμα διαδικασίας εκτίμησης / αξιολόγησης / χαρακτηρισμού χώρων.

Φάση 3: Σύγκριση και επιλογή τεχνολογιών εξυγίανσης και μέτρων παρακολούθησης – μετέπειτα φροντίδας

Εφόσον από τα παραπάνω κριθεί ότι απαιτείται εξυγίανση του χώρου εκπονείται ειδική μελέτη εξυγίανσης – αποκατάστασης, βάσει των προδιαγραφών της ισχύουσας νομοθεσίας (Κεφάλαιο 7 – ΚΥΑ 24944/1159/06). Μεταξύ των περιεχομένων μιας τέτοιας μελέτης, είναι:

2. η εξέταση εναλλακτικών λύσεων για την αντιμετώπιση του προβλήματος και η επιλογή της βέλτιστης τεchnικοοικονομικά λύσης,
3. ο λεπτομερής τεχνικός σχεδιασμός των εργασιών εξυγίανσης – αποκατάστασης με βάση την επιλεγείσα λύση,
4. η παρακολούθηση της ποιότητας του περιβάλλοντος μετά τις εργασίες εξυγίανσης – αποκατάστασης.

Βάσει του είδους, των συγκεντρώσεων και των ιδιοτήτων των υφιστάμενων ρύπων (που έχουν ήδη καταγραφεί λεπτομερώς στα προηγούμενα στάδια), αλλά και των χαρακτηριστικών του προς εξυγίανσης χώρου (ο οποίος επίσης έχει περιγραφεί πλήρως σε προηγούμενα στάδια), γίνεται καταγραφή των εφαρμόσιμων και πιθανά αποτελεσματικών τεχνολογιών εξυγίανσης και τελική επιλογή της καταλληλότερης, βάσει της απαιτούμενης απόδοσης, αλλά και άλλων τεχνικοοικονομικών κριτηρίων.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση του διυλιστηρίου, όπου οι κύριοι ρύποι είναι η ελεύθερη ελαιώδης φάση και πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες (πηητικοί και μη), οι πιθανά εφαρμόσιμες τεχνολογίες (βάσει των κριτηρίων που τίθενται στο Κεφάλαιο 5 για κάθε μια εξ αυτών) είναι οι εξής:

- Ακόρεστη ζώνη
  - ➔ Άντληση εδαφικού αέρα (για την απομάκρυνση πτητικών συστατικών)
  - ➔ Εδαφικός αερισμός (για την ενίσχυση της βιοαποδόμησης των ρύπων)
  - ➔ Φυσική εξασθένηση
- Κορεσμένη ζώνη
  - ➔ Βιοαναρρόφηση για την απομάκρυνση της ελαιώδους φάσης
  - ➔ Air sparging (για την ταυτόχρονη εξάτμιση και αποδόμηση των υφιστάμενων ρύπων)
  - ➔ Διαπερατά Αντιδρώντα Φράγματα (με δυνατότητες προσρόφησης, βιοαποδόμησης και εξάτμισης των υφιστάμενων ρύπων).

Τα χαρακτηριστικά και οι ιδιαιτερότητες των συγκεκριμένων τεχνολογιών συγκρίνονται με τα χαρακτηριστικά του πεδίου και γίνεται μια ολοκληρωμένη σύγκριση, όπως ενδεικτικά και ιδιαίτερα συνοπτικά φαίνεται στον Πίνακα 4-2.

**Πίνακας4-2:** Σύγκριση τεχνολογιών αποκατάστασης βιομηχανικής δραστηριότητας (διυλιστήριο αργού πετρελαίου).

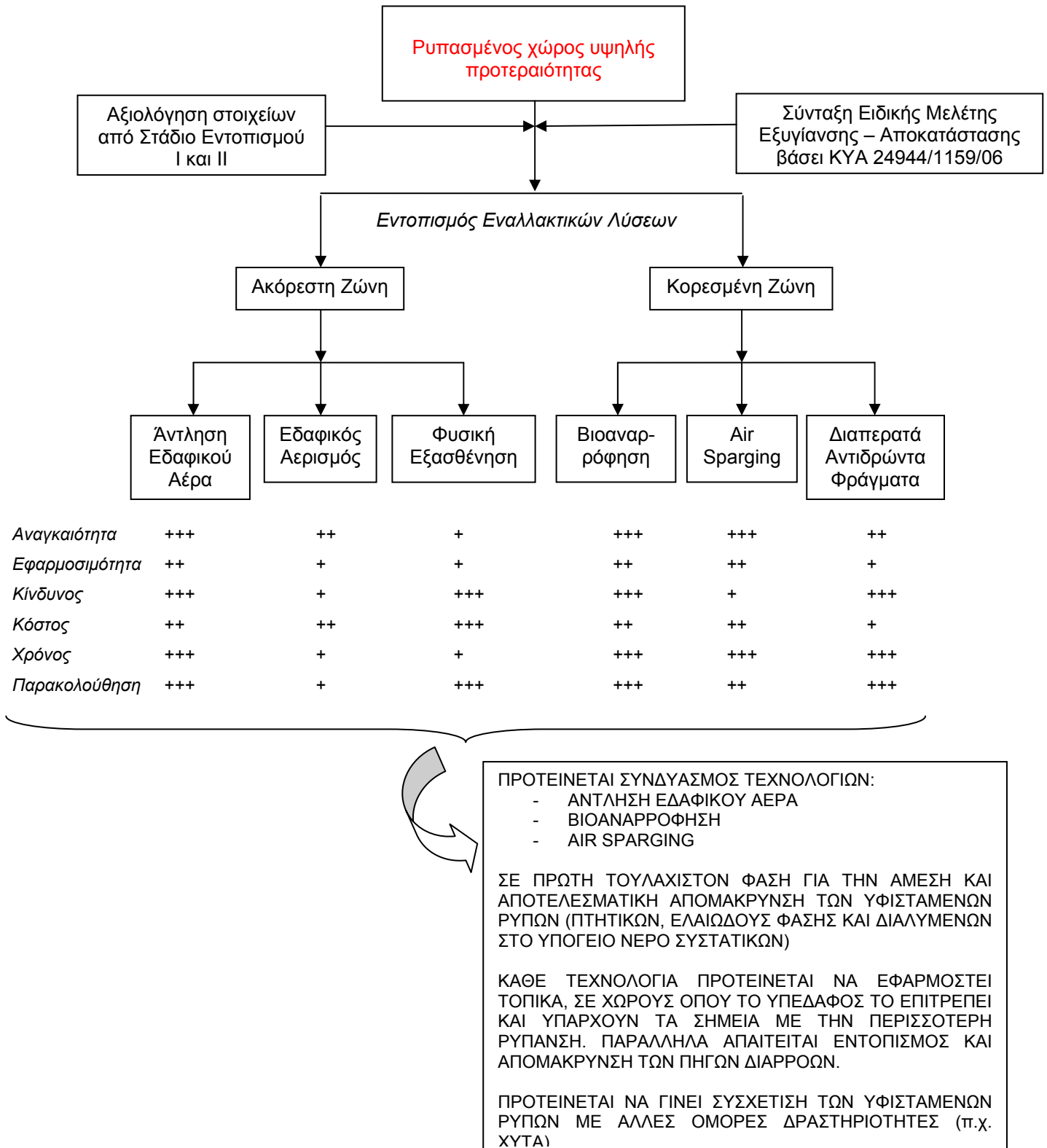
Τεχνολογία	Παράμετρος:	Αναγκαιότητα	Εφαρμοσιμότητα	Κίνδυνος	Κόστος	Χρόνος	Παρακολούθηση
<b>Ακόρεστη Ζώνη</b>							
Αντληση Εδαφικού Αέρα		<u>Υψηλή</u> Οι πτητικές ενώσεις σε ένα διυλιστήριο είναι συνήθως αναφλέξιμες / εκρηκτικές, με αποτέλεσμα η συσσώρευσή τους στο υπέδαφος των εγκαταστάσεων να εγκυμονεί ιδιαίτερους κινδύνους και η απομάκρυνσή τους να είναι επιτακτική	Έχει δυσκολίες εφαρμογής λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου και της διαφορετικής σύστασής του κατά τόπους. Η τεχνολογία είναι εφαρμόσιμη αλλά ο σχεδιασμός των απαιτούμενων συστημάτων θα είναι δύσκολος και απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να καλυφθεί όλη η προς εξυγίανση περιοχή.	Δεν υπάρχει κίνδυνος από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας στο εν λόγω πεδίο / χώρο.	Το κόστος της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά χαμηλό, αλλά η πιθανή απαίτηση πολλών γεωτρήσεων, λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου αναμένεται να αυξήσει το κόστος εφαρμογής της.	Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά καλός (ίσως και 6 μήνες έως 2 έτη).	Δεν υπάρχουν ιδιαίτερα αυστηρές απαιτήσεις παρακολούθησης των συστημάτων.
Εδαφικός Αερισμός		<u>Μέτρια</u> Η ενίσχυση της βιοαποδόμησης των υφιστάμενων ρύπων μπορεί να μην απαιτείται ανάλογα με την τάση βιοαποδόμησης των υφιστάμενων ρύπων και τα χαρακτηριστικά του υπεδάφους (πορώδες, θρεπτικά, υγρασία, κτλ	Η εφαρμογή του είναι ιδιαίτερα δύσκολη, λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου, η οποία μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ανομοιόμορφη κατανομή του εισερχόμενου αέρα και συσσώρευση αυτού σε συγκεκριμένα τμήματα, με ανάπτυξη πίεσης και δημιουργία αναφλέξιμων ή/ και εκρηκτικών μιγμάτων.	Υπάρχει σημαντικός κίνδυνος από τη διοχέτευση αέρα στις συγκεκριμένες ανομοιογενείς και εν λειτουργία εγκαταστάσεις, με πιθανότητα ανάπτυξης πιέσεων και αναφλέξιμων ή/ και εκρηκτικών μιγμάτων.	Το κόστος της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά χαμηλό, αλλά η πιθανή απαίτηση πολλών γεωτρήσεων, λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου αναμένεται να αυξήσει το κόστος εφαρμογής της.	Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας μπορεί κατά περιπτώσεις να είναι καλός (από 6 μήνες έως 5 έτη).	Υπάρχουν ιδιαίτερα αυστηρές απαιτήσεις παρακολούθησης των συστημάτων, καθώς η πορεία του εισαγόμενου αέρα πρέπει να είναι γνωστή.
Φυσική Εξασθένηση		<u>Χαμηλή</u> Στην παρούσα φάση όπου η ρύπανση είναι έντονη, η επιλογή της παθητικής λύσης της φυσικής εξασθένησης δεν ενδείκνυται, καθώς αναμένεται να μην έχει θετικά αποτελέσματα, τουλάχιστον όχι σε	Η εφαρμογή της είναι ιδιαίτερα εύκολη, στην απλή της μορφή, που περιλαμβάνει μονάχα παρακολούθηση.	Δεν υπάρχει κίνδυνος από τη εφαρμογή της στην παθητική της μορφή, που περιλαμβάνει μονάχα παρακολούθηση.	Το κόστος της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά χαμηλό, τουλάχιστον στην παθητική της μορφή, που περιλαμβάνει μονάχα παρακολούθηση.	Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι υψηλός (από μερικά έτη έως δεκαετίες).	Δεν υπάρχουν ιδιαίτερα αυστηρές απαιτήσεις παρακολούθησης των συστημάτων.

	<p>σύντομο χρονικό διάστημα και προϋποθέτει δύσκολη προεπεξεργασία, όπως ακριβή εντοπισμό και απομάκρυνση των πηγών ρύπανσης και μείωση των συγκεντρώσεων των ρύπων για μείωση της τοξικότητας στους υφιστάμενους μικροοργανισμούς)</p>					
<b>Κορεσμένη Ζώνη</b>						
Βιοαναρρόφηση	<p><u>Υψηλή</u> Η απομάκρυνση της ελεύθερης ελαιώδους φάσης είναι επιτακτική, όχι μόνο για τον περιορισμό της εξάπλωσης της ρύπανσης, αλλά και για την εφαρμογή άλλων τεχνολογιών εξυγίανσης (π.χ. air sparging)</p>	<p>Η εφαρμογή της είναι δυνατή στο συγκεκριμένο πεδίο, καθώς γενικά η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις / περιορισμούς. Η ανομοιογένεια του πεδίου θα αυξήσει τον αριθμό των απαιτούμενων γεωτρήσεων. Παράλληλα όμως με την συγκεκριμένη τεχνολογία θα επιτευχθεί και εξυγίανση της ακόρεστης ζώνης του εδάφους.</p>	<p>Δεν υπάρχει κίνδυνος από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας στο εν λόγω πεδίο.</p>	<p>Το κόστος της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά χαμηλό, αλλά η πιθανή απαίτηση πολλών γεωτρήσεων, λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου ίσως αυξήσει το κόστος εφαρμογής της.</p>	<p>Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά καλός (από 6 μήνες έως 2 έτη).</p>	<p>Δεν υπάρχουν αυστηρές απαιτήσεις παρακολούθησης των συστημάτων.</p>
Air Sparging	<p><u>Υψηλή</u> Η εξυγίανση των υπογείων υδάτων από τους υφιστάμενους ρύπους, οι οποίοι είναι κατά κύριο λόγο πτητικοί και βιοαποδομήσιμοι είναι αναγκαία)</p>	<p>Η εφαρμογή της είναι δύσκολη, λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου, η οποία μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ανομοιόμορφη κατανομή του εισερχόμενου αέρα και συσσώρευση αυτού σε συγκεκριμένα τμήματα, με ανάπτυξη πίεσης και δημιουργία αναφλέξιμων ή/ και εκρηκτικών μιγμάτων.</p>	<p>Υπάρχει κίνδυνος από τη διοχέτευση αέρα στις συγκεκριμένες ανομοιογενείς και εν λειτουργία εγκαταστάσεις, με πιθανότητα ανάπτυξης πιέσεων και αναφλέξιμων ή/ και εκρηκτικών μιγμάτων.</p>	<p>Το κόστος της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά χαμηλό, αλλά η πιθανή απαίτηση πολλών γεωτρήσεων, λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου ίσως αυξήσει το κόστος εφαρμογής της.</p>	<p>Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά καλός (από 1 έως 3 έτη).</p>	<p>Υπάρχουν αυστηρές απαιτήσεις παρακολούθησης των συστημάτων, καθώς η πορεία του εισαγόμενου αέρα πρέπει να είναι γνωστή.</p>

Διαπερατά Αντιδρώντα Φράγματα	<u>Μέτρια</u> (με τη συγκεκριμένη τεχνολογία μπορούν να εφαρμοστούν διαφορετικές διεργασίες εξυγίανσης π.χ. προσρόφησης, που δεν είναι εφικτές με τις υπόλοιπες προτεινόμενες τεχνολογίες και έτσι μπορούν να απομακρυνθούν περισσότεροι ρύποι π.χ. και βαρέα μέταλλα)	Η εφαρμογή τους είναι δύσκολη στο συγκεκριμένο πεδίο, τόσο λόγω της ανομοιογένειας, όσο και της παρουσίας πολλών υπόγειων κατασκευών (τάφρων, αγωγών, δεξαμενών, κτλ), οι οποίες δεν μπορούν να απομακρυνθούν ή σε μερικές περιπτώσεις ούτε καν να εντοπιστούν με ακρίβεια.	Δεν υπάρχει κίνδυνος από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας στο εν λόγω πεδίο.	Το κόστος της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά υψηλό, ανάλογα βέβαια και με τις εκάστοτε ιδιαιτερότητες του προς εξυγίανση πεδίου.	Η εξυγίανση από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι άμεση για το νερό που διέρχεται από αυτό. Από εκεί και πέρα η εξυγίανση του όλου πεδίου εξαρτάται από τη ροή των υπογείων υδάτων.	Δεν υπάρχουν αυστηρές απαιτήσεις παρακολούθησης των συστημάτων.
-------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

Σημείωση: Τα μέτρα παρακολούθησης και μετέπειτα φροντίδας καθορίζονται κατά κύριο λόγο από την εκάστοτε τεχνολογία εξυγίανσης, όπως αναλυτικά περιγράφεται στο Κεφάλαιο 5.

Βάσει της παραπάνω ενδεικτικής και συνοπτικής σύγκρισης (η οποία στην πραγματικότητα οφείλει να είναι πιο λεπτομερής) γίνεται κατάταξη και έπειτα θα πραγματοποιηθεί η επιλογή της καταλληλότερης τεχνολογίας εξυγίανσης ή συνδυασμού τεχνολογιών εξυγίανσης (Σχήμα 4-6).

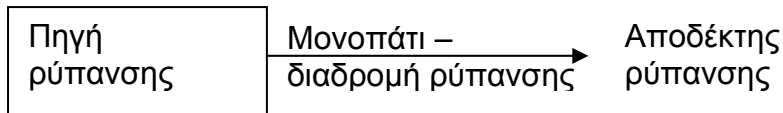


**Σχήμα 4-6:** Παράδειγμα σύγκρισης και επιλογής τεχνολογιών εξυγίανσης.

Φάση 4: Διαδικασία Λήψης Απόφασης

Για την λήψη της τελικής απόφασης λαμβάνεται υπόψη η ειδική μελέτη εξυγίανσης, όλα τα συλλεχθέντα στοιχεία κατά τα Στάδια Εντοπισμού I και II, καθώς και τα αποτελέσματα μιας εκτίμησης επικινδυνότητας για το συγκεκριμένο πεδίο.

Η εκτίμηση της επικινδυνότητας διεξάγεται κατά τα οριζόμενα στο Κεφάλαιο 4, βάσει του μοντέλου:



Στο συγκεκριμένο σημείο, υπάρχουν όλα τα αναγκαία δεδομένα για την διεξαγωγή της συγκεκριμένης ανάλυσης επικινδυνότητας και μάλιστα βάσει αυτής μπορεί να γίνει επαναπροσδιορισμός της βαθμολογίας του ρυπασμένου χώρου, βάσει του ερωτηματολογίου και των κριτηρίων, που αναφέρονται στο Κεφάλαιο 2.

Συλλέγοντας όλα τα παραπάνω ενημερώνονται οι αποφασίζοντες και οι ομάδες συμφερόντων.

Οι ομάδες συμφερόντων, δεδομένου ότι δεν ορίζονται νομοθετικά, μπορούν να είναι:

- Κάτοικοι της άμεσης και ευρύτερης περιοχής μελέτης (δημότες)
- Περιβαλλοντικές οργανώσεις (οι οποίες και προέβησαν σε καταγγελία)
- Δήμος και Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση
- Ειδικευμένοι φορείς (π.χ. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος – εφόσον διαθέτει ειδική ομάδα εργασίας σε θέματα εξυγίανσης ή Πανελλήνιος Σύλλογος Μηχανικών Περιβάλλοντος ή Πανεπιστημιακά Ιδρύματα)

Οι αποφασίζοντες είναι ουσιαστικά η οικεία Περιφέρεια, η οποία καλείται να μελετήσει και να αξιολογήσει την συνταχθείσα ειδική μελέτη εξυγίανσης – αποκατάστασης και να έρθει σε επαφή με τις προαναφερόμενες ομάδες συμφερόντων για να τις ενημερώσει και να ζητήσει την άποψή τους.

Τελικά, η οικεία Περιφέρεια, εκτιμώντας την υφιστάμενη επικινδυνότητα, βάσει:

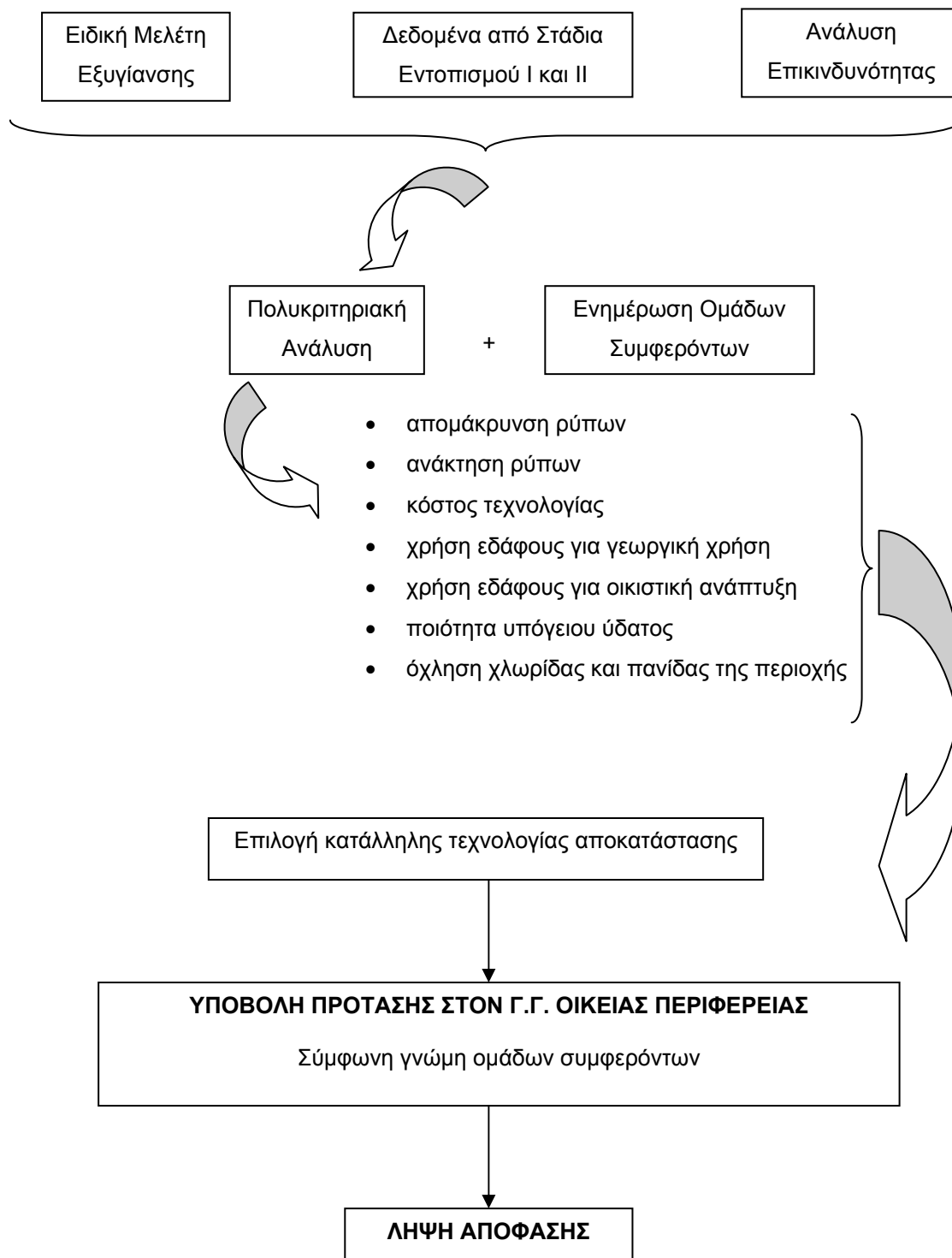
1. των αποτελεσμάτων των Σταδίων Εντοπισμού I και II
2. της σύγκρισης των διαφόρων εφαρμόσιμων τεχνολογιών εξυγίανσης και της τελικής πρότασης, όπως αυτές αναφέρονται στην ειδική μελέτη εξυγίανσης
3. των σχολίων / παρατηρήσεων / γνώμης των ομάδων συμφερόντων

προβαίνει στη διεξαγωγή μιας πολυκριτηριακής ανάλυσης, δηλαδή ουσιαστικά «ζύγισης» απόδοσης – κόστους – τεχνικής εφαρμοσιμότητας – αναγκαιότητας εξυγίανσης – απαιτούμενου χρόνου δράσης – επικινδυνότητας – χρήσεων γης και εκδίδει την απόφασή της.

Η εν λόγω απόφαση οφείλει να προσδιορίζει, κατ' ελάχιστον, με ακρίβεια τα εξής:

1. τον υπεύθυνο για την εξυγίανση του πεδίου και τον υπεύθυνο επιβλέποντα / ελεγκτικό φορέα
2. το είδος των επιβαλλόμενων εργασιών εξυγίανσης
3. τους στόχους εξυγίανσης (τελικές συγκεντρώσεις ρύπων)
4. τον απαιτούμενο χρόνο ή χρονοδιάγραμμα για την επίτευξη των παραπάνω στόχων (π.χ. μέγιστο διάστημα 5 ετών και μείωση συγκεντρώσεων ρύπων τουλάχιστον 20% το πρώτο έτος)
5. τυχόν πρόσθετα περιοριστικά μέτρα, τα οποία θα πρέπει να ληφθούν όσο διαρκούν οι εργασίες εξυγίανσης (π.χ. αποκλεισμός περιοχής, μη χρήση υπογείων υδάτων),
6. τις υποχρεώσεις του υπευθύνου εξυγίανσης ως προς την ενημέρωση του επιβλέποντα / ελεγκτικού φορέα (π.χ. υποβολή τριμηνιαίας έκθεσης πορείας εργασιών)
7. τα μέτρα παρακολούθησης του όλου χώρου κατά την διεξαγωγή των εργασιών εξυγίανσης και την εκτίμηση της απόδοσης αυτών
8. τα μέτρα μετέπειτα φροντίδας και παρακολούθησης του χώρου μετά την επίτευξη των στόχων εξυγίανσης (π.χ. απομάκρυνση συστημάτων, είδος, αριθμός και συχνότητα δειγματοληψιών), καθώς και ολικού ελάχιστου χρόνου παρακολούθησης (π.χ. 3 έτη)
9. ανάλογες κυρώσεις σε περίπτωση μη συμμόρφωσης με την απόφαση.

Συνοπτικά η διαδικασία παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-7.



**Σχήμα 4-7:** Παράδειγμα διαδικασίας λήψης απόφασης.

**Παράδειγμα #2:** Χώρος αποθήκευσης επικινδύνων αποβλήτων έκτασης 250 στρεμμάτων βρίσκεται σε περιοχή, της οποίας το υπέδαφος αποτελείται κατά κύριο λόγο από ασβεστόλιθο, ενώ το βάθος του υποκείμενου υδροφόρου ορίζοντα υπερβαίνει τα 300 m. Τα εισερχόμενα απόβλητα περιλαμβάνουν κατά κύριο λόγο:

- Απόβλητα από βιομηχανίες δέρματος και υφαντουργίας
- Απόβλητα από ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό
- Εργαστηριακά απόβλητα από πανεπιστήμια / ερευνητικά κέντρα
- Απόβλητα ελαίων και καυσίμων

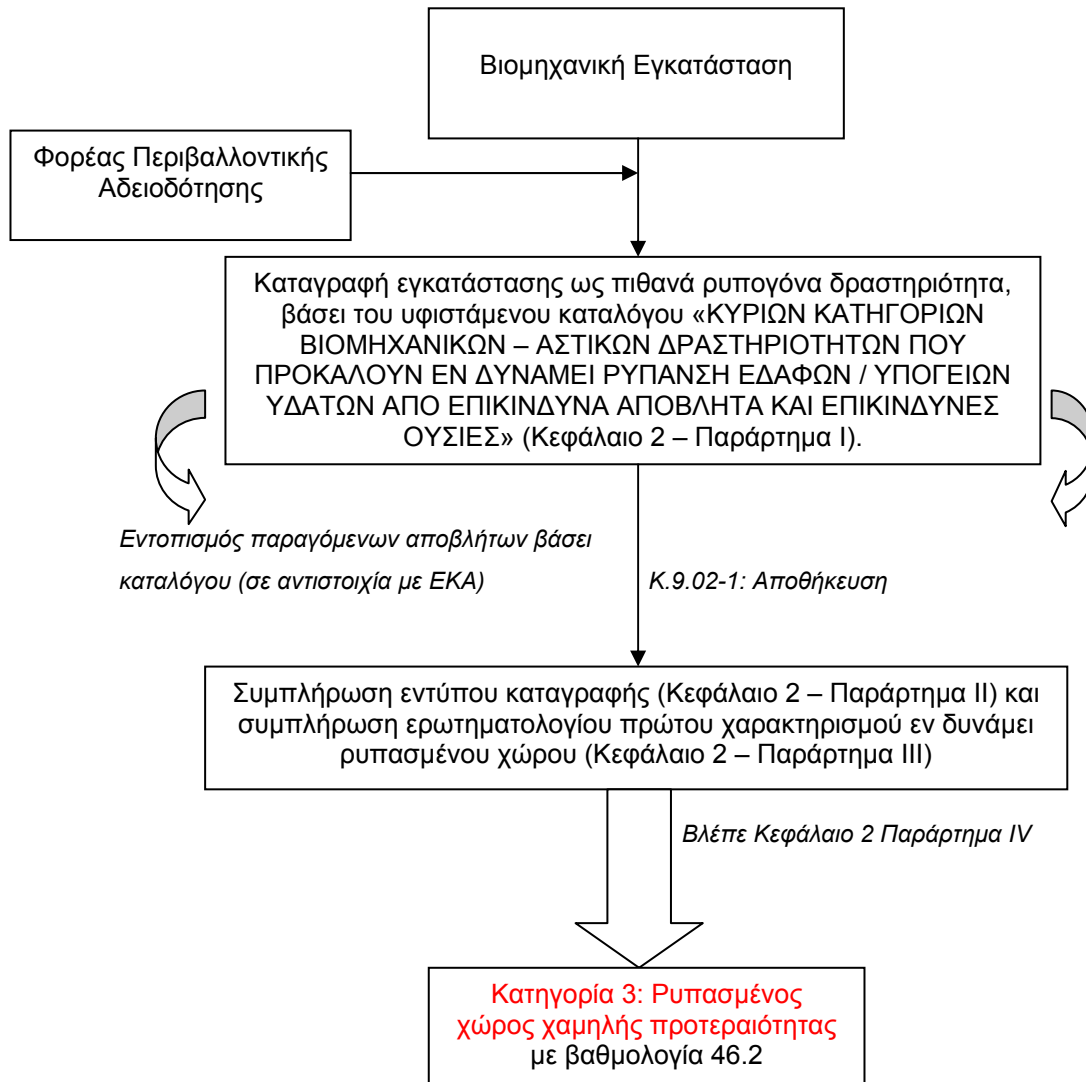
#### Φάση 1: Καταγραφή - Χαρακτηρισμός

Μέσω της αρμόδιας υπηρεσίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης της συγκεκριμένης εγκατάστασης αποθήκευσης επικινδύνων αποβλήτων (Νομαρχία – Περιφέρεια) καταγράφεται ως πιθανά ρυπογόνα δραστηριότητα, βάσει του υφιστάμενου καταλόγου «ΚΥΡΙΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΩΝ / ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ» (Κεφάλαιο 2 – Παράρτημα Ι).

Αρχικά, οι ιδιοκτήτες της εγκατάστασης καλούνται να συμπληρώσουν το απαιτούμενο έντυπο καταγραφής (Κεφάλαιο 2 – Παράρτημα ΙΙ), το οποίο θα υποβληθεί και θα καταχωρηθεί στη βάση δεδομένων πιθανά ρυπασμένων χώρων του ΥΠΕΧΩΔΕ. Εν συνεχεία βάσει των συλλεχθέντων στοιχείων, αλλά και γενικότερα μέσω άμεσης επικοινωνίας με τους ιδιοκτήτες, συμπληρώνεται το σχετικό ερωτηματολόγιο, με τα κριτήρια ταξινόμησης του εν δυνάμει ρυπασμένου χώρου (Κεφάλαιο 2 – Παράρτημα ΙΙΙ). Βάσει αυτού ο χώρος κατατάσσεται σε μια από τις 5 (πέντε) δυνατές κατηγορίες: ρυπασμένος χώρος (προτεραιότητας υψηλής, μεσαίας και χαμηλής), προσωρινά μη ρυπασμένος χώρος (δεν απειλεί το περιβάλλον και την δημόσια υγεία) και πιθανά ρυπασμένος χώρος – ανεπαρκή στοιχεία.

Το συγκεκριμένο παράδειγμα έχει ήδη ταξινομηθεί βάσει του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου ως χώρος: **Κατηγορία 3: Ρυπασμένος χώρος χαμηλής προτεραιότητας** (Βαθμολογία 50-25) με βαθμολογία 46.2 (Κεφάλαιο 2 – Παράρτημα ΙV).

Συνοπτικά η παραπάνω διαδικασία παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-8.



**Σχήμα 4-8:** Παράδειγμα διαδικασίας καταγραφής – χαρακτηρισμού.

### Φάση 2: Διαδικασία εκτίμησης / αξιολόγησης / χαρακτηρισμού χώρων

Στη συνέχεια, οι ιδιοκτήτες υποχρεούνται να ακολουθήσουν με τη βοήθεια αποδεδειγμένα έμπειρης και κατάλληλης ομάδας εργασίας συγκεκριμένη διαδικασία εκτίμησης, αξιολόγησης και χαρακτηρισμού του χώρου των εγκαταστάσεών τους, η οποία αποτελείται από 2 στάδια, τα οποία αναλυτικά περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3.

#### 1. Στάδιο Εντοπισμού Ι

##### - Γεωγραφική περιγραφή

Το υπέδαφος της περιοχής αποτελείται κατά κύριο λόγο από ασβεστόλιθο και παρουσιάζει κατά τόπους σημαντικά διαφοροποιημένες αναλογίες άμμου, ιλύος και αργίλου. Επίσης, στην περιοχή παρατηρείται έντονη καρστικοποίηση, ενώ το βάθος του υποκείμενου υδροφόρου ορίζοντα υπερβαίνει τα 300 m. Συντάσσονται ή βρίσκονται γεωλογικοί και υδρογεωλογικοί χάρτες.

- Ιστορική περιγραφή  
Στο παρελθόν ο χώρος χρησιμοποιούνταν για αγροτικές καλλιέργειες, και δεν υπήρχε επιβάρυνση της περιοχής.
- Περιβαλλοντική περιγραφή  
Στο παρόν, η ευρύτερη περιοχή είναι βιομηχανική. Στα ευρύτερα όρια αυτής απαντώνται διυλιστήρια, εγκαταστάσεις αποθήκευσης πετρελαιοειδών, βιομηχανική δραστηριότητα, κ.α. Εμφανή σημάδια ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων δεν υπάρχουν και η υφιστάμενη πανίδα και χλωρίδα φαίνεται να είναι σε καλά επίπεδα διαβίωσης.
- Επί τόπου εξέταση  
Δεν υπάρχουν εμφανή σημάδια ρύπανσης στους χώρους των εγκαταστάσεων, αλλά και στο παρακείμενο περιβάλλον.

Σε αυτό το στάδιο συντάσσεται Τεχνική Έκθεση με όλα τα προαναφερόμενα αποτελέσματα και ο χώρος κατατάσσεται ως πρωτεύοντας ή δευτερεύοντας, ανάλογα με τα ευρήματα της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης και της διαθεσιμότητας στοιχείων ή μη. Βάσει:

- της υδρογεωλογίας της περιοχής (βάθος υδροφορέα πάνω από 300 m)
- της μη ύπαρξης ιστορικού ρύπανσης της περιοχής
- της επικινδυνότητας των αποθηκευμένων αποβλήτων
- της κατάταξης του συγκεκριμένου χώρου ως: **Ρυπασμένος χώρος χαμηλής προτεραιότητας**

Ο ΧΩΡΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΖΕΤΑΙ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑΣ<sup>1</sup> ΚΑΙ  
ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ II  
(εκπόνηση αρχικής δειγματοληψίας 15% επί του συνόλου των δειγμάτων)

Στο Στάδιο Εντοπισμού II, η ομάδα εργασίας συντάσσει:

- Σχέδιο δειγματοληψιών – αναλύσεων – επιτόπου μετρήσεων  
Βάσει των διαθέσιμων στοιχείων του πεδίου και των ευρέως αποδεκτών προτύπων δειγματοληψιών, λαμβάνει χώρα δειγματοληψία σε όλα τα εμπλεκόμενα περιβαλλοντικά μέσα, τα οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση περιλαμβάνουν:
  - ➔ Έδαφος (οργανικές ενώσεις, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, πτητικά συστατικά (BTEX), βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά εδάφους (pH,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , κ.α.), βαρέα μέταλλα π.χ. Cd, Cr, As, Cu, Hg)
  - ➔ Υπόγεια ύδατα (οργανικές ενώσεις, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, πτητικά συστατικά (BTEX), βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά εδάφους (pH, αγωγιμότητα,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , κ.α.), βαρέα μέταλλα π.χ. Cd, Cr, As, Cu, Hg)

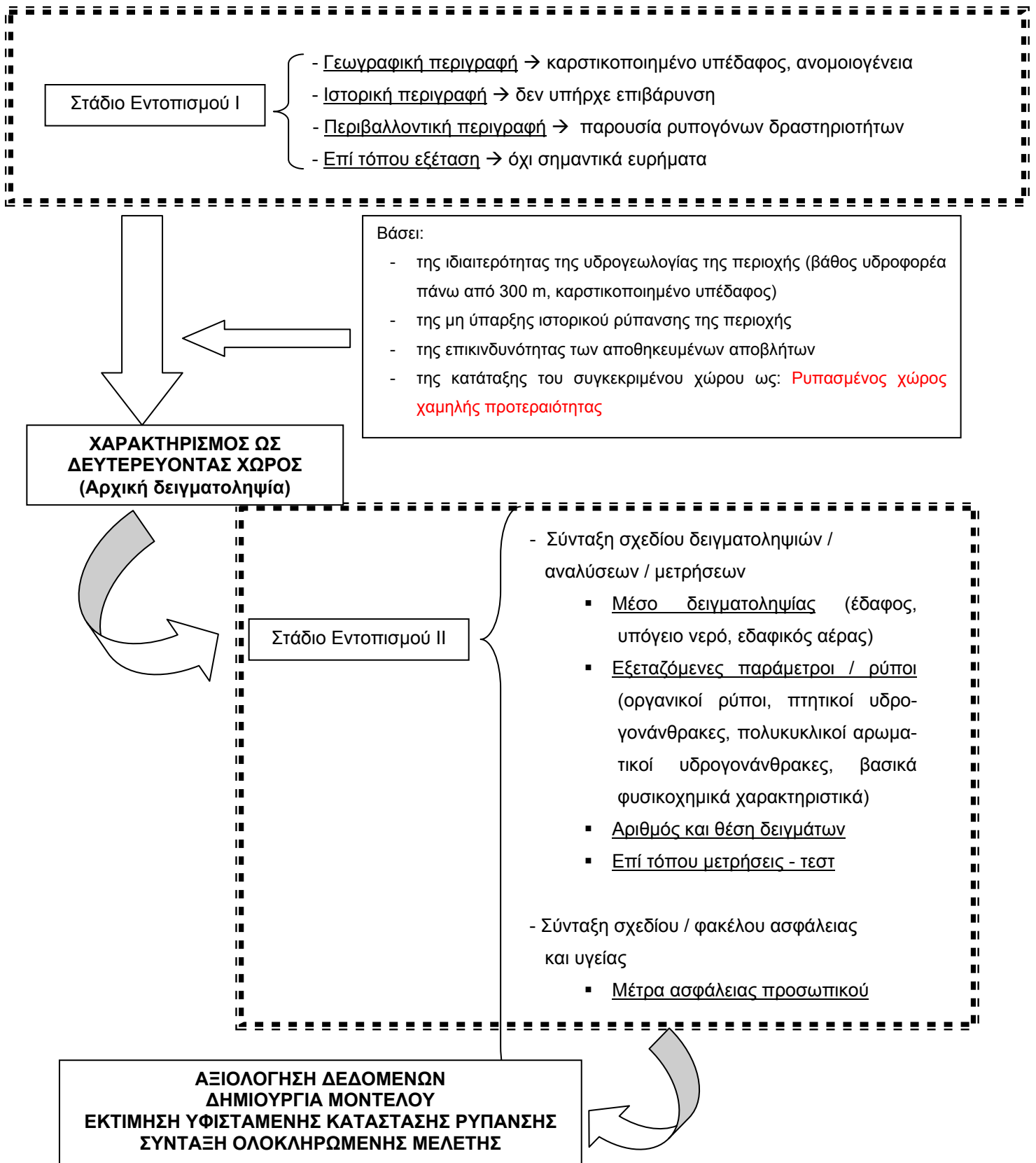
→ Εδαφικός αέρας (ολικοί πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες, πτητικά συστατικά (BTEX))

Η θέση και ο αριθμός των δειγμάτων προσδιορίζεται πλήρως μέσω κατάλληλης διαδικασίας και βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων, από την έμπειρη ομάδα εργασίας.

- Εκτίμηση επικινδυνότητας για το προσωπικό δειγματοληψίας και σχέδιο/ φάκελος ασφάλειας και υγείας με πλήρη προσδιορισμό των απαιτούμενων προστατευτικών μέτρων και περιορισμών.

Οι συγκεντρώσεις των οργανικών ρύπων και των βαρέων μετάλλων στο πλούμιο και στα υπόγεια ύδατα είναι αυξημένες και υπερβαίνουν τα προτεινόμενα όρια δράσης της New Dutch List.

Συνοπτικά η παραπάνω διαδικασία παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-9.



Σχήμα 4-9: Παράδειγμα διαδικασίας εκτίμησης / αξιολόγησης / χαρακτηρισμού χώρων.

Φάση 3: Σύγκριση και επιλογή τεχνολογιών εξυγίανσης και μέτρων παρακολούθησης – μετέπειτα φροντίδας

Εφόσον από τα παραπάνω κριθεί ότι απαιτείται εξυγίανση του χώρου εκπονείται ειδική μελέτη εξυγίανσης – αποκατάστασης, βάσει των προδιαγραφών της ισχύουσας νομοθεσίας (Κεφάλαιο 7 – ΚΥΑ 24944/1159/06). Μεταξύ των περιεχομένων μιας τέτοιας μελέτης, είναι:

5. η εξέταση εναλλακτικών λύσεων για την αντιμετώπιση του προβλήματος και η επιλογή της βέλτιστης τεchnικοοικονομικά λύσης,
6. ο λεπτομερής τεχνικός σχεδιασμός των εργασιών εξυγίανσης – αποκατάστασης με βάση την επιλεγείσα λύση,
7. η παρακολούθηση της ποιότητας του περιβάλλοντος μετά τις εργασίες εξυγίανσης – αποκατάστασης.

Βάσει του είδους, των συγκεντρώσεων και των ιδιοτήτων των υφιστάμενων ρύπων (που έχουν ήδη καταγραφεί λεπτομερώς στα προηγούμενα στάδια), αλλά και των χαρακτηριστικών του προς εξυγίανσης χώρου (ο οποίος επίσης έχει περιγραφεί πλήρως σε προηγούμενα στάδια), γίνεται καταγραφή των εφαρμόσιμων και πιθανά αποτελεσματικών τεχνολογιών εξυγίανσης και τελική επιλογή της καταλληλότερης, βάσει της απαιτούμενης απόδοσης, αλλά και άλλων τεχνικοοικονομικών κριτηρίων.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση του χώρου αποθήκευσης επικινδύνων αποβλήτων, όπου οι κύριοι ρύποι είναι οι οργανικές ενώσεις (πτητικές και μη) και τα βαρέα μέταλλα, οι πιθανά εφαρμόσιμες τεχνολογίες (βάσει των κριτηρίων που τίθενται στο Κεφάλαιο 5 για κάθε μια εξ αυτών) είναι οι εξής:

- Ακόρεστη ζώνη
  - ➔ Άντληση εδαφικού αέρα (για την απομάκρυνση πτητικών συστατικών)
  - ➔ Εδαφικός αερισμός (για την ενίσχυση της βιοαποδόμησης των ρύπων)
- Κορεσμένη ζώνη
  - ➔ Άντληση και επεξεργασία
  - ➔ Διαπερατά Αντιδρώντα Φράγματα (με δυνατότητες προσρόφησης, βιοαποδόμησης και εξάτμισης των υφιστάμενων ρύπων).

Τα χαρακτηριστικά και οι ιδιαιτερότητες των συγκεκριμένων τεχνολογιών συγκρίνονται με τα χαρακτηριστικά του πεδίου και γίνεται μια ολοκληρωμένη σύγκριση, όπως ενδεικτικά και ιδιαίτερα συνοπτικά φαίνεται στον Πίνακα 4-3.

**Πίνακας 4-3:** Σύγκριση τεχνολογιών αποκατάστασης ρυπασμένου χώρου (εγκατάσταση αποθήκευσης αποβλήτων).

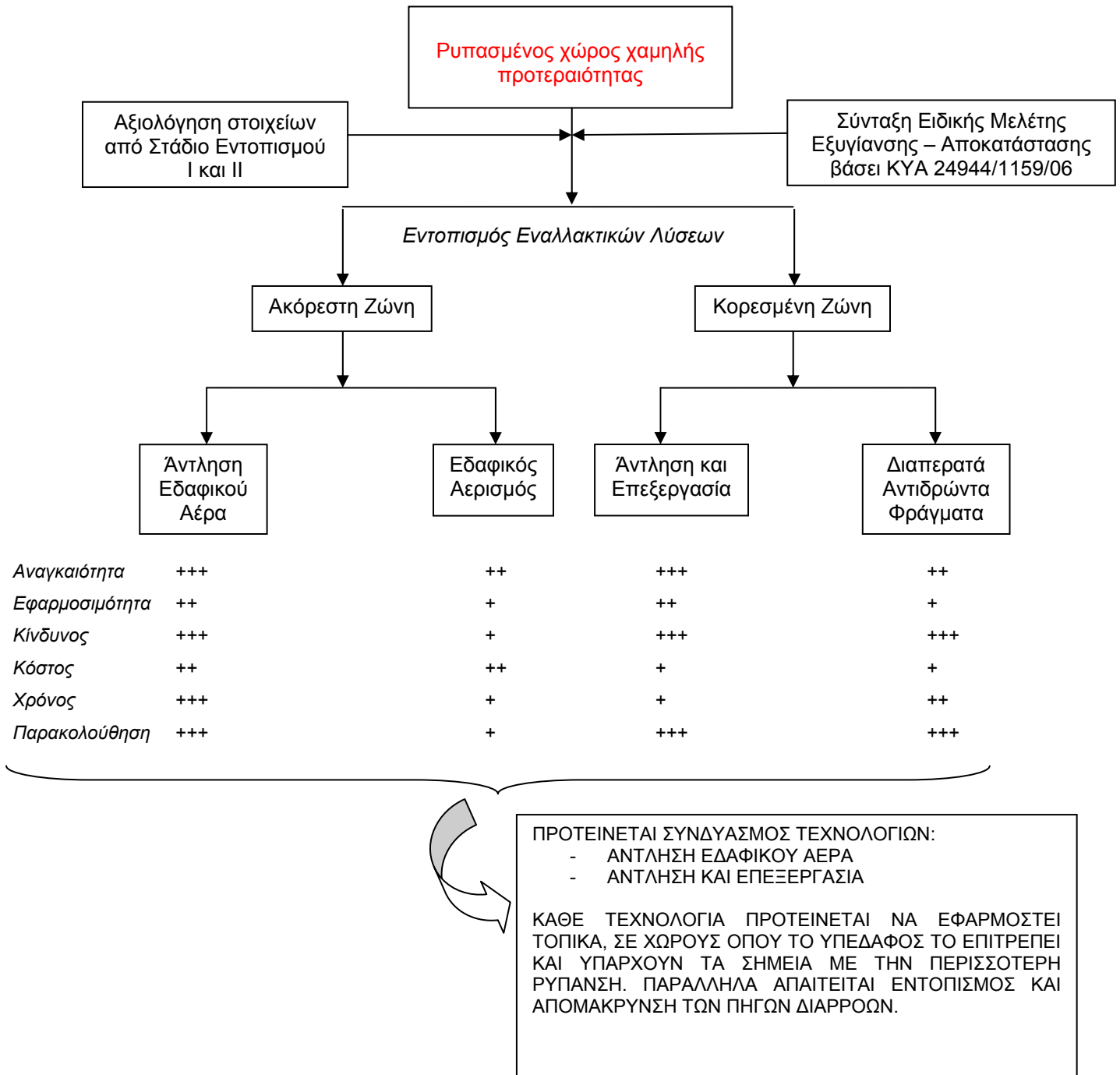
Τεχνολογία	Παράμετρος	Αναγκαιότητα	Εφαρμοσιμότητα	Κίνδυνος	Κόστος	Χρόνος	Παρακολούθηση
<b>Ακόρεστη Ζώνη</b>							
Αντληση Εδαφικού Αέρα	Υψηλή	Οι πτητικές ενώσεις είναι συνήθως αναφλέξιμες / εκρηκτικές, με αποτέλεσμα η συσσώρευσή τους στο υπέδαφος των εγκαταστάσεων να εγκυμονεί ιδιαίτερους κινδύνους και η απομάκρυνσή τους να είναι επιτακτική	Έχει δυσκολίες εφαρμογής λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου και της διαφορετικής σύστασής του κατά τόπους. Η τεχνολογία είναι εφαρμόσιμη αλλά ο σχεδιασμός των απαιτούμενων συστημάτων θα είναι δύσκολος και απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να καλυφθεί όλη η προς εξυγίανση περιοχή.	Δεν υπάρχει κίνδυνος από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας στο εν λόγω πεδίο / χώρο.	Το κόστος της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά χαμηλό, αλλά η πιθανή απαίτηση πολλών γεωτρήσεων, λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου αναμένεται να αυξήσει το κόστος εφαρμογής της.	Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά καλός (ίσως και 6 μήνες έως 2 έτη).	Δεν υπάρχουν ιδιαίτερα αυστηρές απαιτήσεις παρακολούθησης των συστημάτων.
Εδαφικός Αερισμός	Μέτρια	Η ενίσχυση της βιοαποδόμησης των υφιστάμενων ρύπων μπορεί να μην απαιτείται ανάλογα με την τάση βιοαποδόμησης των υφιστάμενων ρύπων και τα χαρακτηριστικά του υπεδάφους (πορώδες, θρεπτικά, υγρασία, κτλ)	Η εφαρμογή του είναι ιδιαίτερα δύσκολη, λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου, η οποία μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ανομοιόμορφη κατανομή του εισερχόμενου αέρα και συσσώρευση αυτού σε συγκεκριμένα τμήματα, με ανάπτυξη πίεσης και δημιουργία αναφλέξιμων ή/ και εκρηκτικών μιγμάτων.	Υπάρχει σημαντικός κίνδυνος από τη διοχέτευση αέρα στις συγκεκριμένες ανομοιογενείς και εν λειτουργία εγκαταστάσεις, με πιθανότητα ανάπτυξης πιέσεων και αναφλέξιμων ή/ και εκρηκτικών μιγμάτων.	Το κόστος της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά χαμηλό, αλλά η πιθανή απαίτηση πολλών γεωτρήσεων, λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου αναμένεται να αυξήσει το κόστος εφαρμογής της.	Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας μπορεί κατά περιπτώσεις να είναι καλός (από 6 μήνες έως 5 έτη).	Υπάρχουν ιδιαίτερα αυστηρές απαιτήσεις παρακολούθησης των συστημάτων, καθώς η πορεία του εισαγόμενου αέρα πρέπει να είναι γνωστή.

**Κορεσμένη Ζώνη**

Αντληση και επεξεργασία	<u>Υψηλή</u> Με τη συγκεκριμένη τεχνολογία επιτελείται εξυγίανση των υπογείων υδάτων από τους υφιστάμενους ρύπους, οι οποίοι είναι κατά κύριο λόγο οργανικές ουσίες και βαρέα μέταλλα.	Η εφαρμογή της είναι δύσκολη, λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου και απαιτεί καλή γνώση των υδρογεωλογικών και γεωλογικών συνθηκών (ροή υπόγειου νερού, έκταση ρύπανσης). Η τεχνολογία είναι δύσκολη αλλά αποτρέπει την εξάπλωση του πλουμίου ρύπανσης.	Δεν υπάρχει κίνδυνος από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας στο εν λόγω πεδίο.	Το κόστος της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά υψηλό, λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου και της άντλησης του υπόγειου ύδατος.	Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι μεγάλος (από 5 έτη έως δεκαετίες).	Δεν υπάρχουν αυστηρές απαιτήσεις παρακολούθησης των συστημάτων.
Διαπερατά Αντιδρώντα Φράγματα	<u>Μέτρια</u> Με τη συγκεκριμένη τεχνολογία μπορούν να εφαρμοστούν διαφορετικές διεργασίες εξυγίανσης π.χ. προσρόφησης, που δεν είναι εφικτές με τις υπόλοιπες προτεινόμενες τεχνολογίες και έτσι μπορούν να απομακρυνθούν περισσότεροι ρύποι π.χ. και βαρέα μέταλλα)	Η εφαρμογή τους είναι δύσκολη στο συγκεκριμένο πεδίο, τόσο λόγω της ανομοιογένειας, όσο και της παρουσίας πολλών υπόγειων κατασκευών (τάφρων, αγωγών, δεξαμενών, κτλ), οι οποίες δεν μπορούν να απομακρυνθούν ή σε μερικές περιπτώσεις ούτε καν να εντοπιστούν με ακρίβεια.	Δεν υπάρχει κίνδυνος από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας στο εν λόγω πεδίο.	Το κόστος της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι γενικά υψηλό, ανάλογα βέβαια και με τις εκάστοτε ιδιαιτερότητες του προς εξυγίανση πεδίου.	Η εξυγίανση από την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι άμεση για το νερό που διέρχεται από αυτό. Από εκεί και πέρα η εξυγίανση του όλου πεδίου εξαρτάται από τη ροή των υπογείων υδάτων.	Δεν υπάρχουν αυστηρές απαιτήσεις παρακολούθησης των συστημάτων.

Σημείωση: Τα μέτρα παρακολούθησης και μετέπειτα φροντίδας καθορίζονται κατά κύριο λόγο από την εκάστοτε τεχνολογία εξυγίανσης, όπως αναλυτικά περιγράφεται στο Κεφάλαιο 5.

Βάσει της παραπάνω ενδεικτικής και συνοπτικής σύγκρισης (η οποία στην πραγματικότητα οφείλει να είναι πιο λεπτομερής) γίνεται κατάταξη και έπειτα θα πραγματοποιηθεί η επιλογή της καταλληλότερης τεχνολογίας εξυγίανσης ή συνδυασμού τεχνολογιών εξυγίανσης (Σχήμα 4-10).

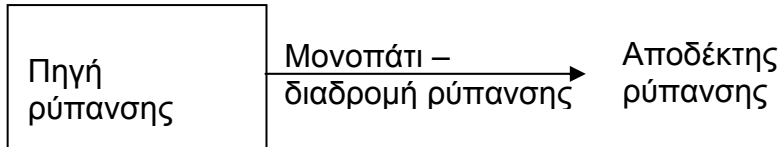


**Σχήμα 4-10:** Παράδειγμα σύγκρισης και επιλογής τεχνολογιών εξυγίανσης.

Φάση 4: Διαδικασία Λήψης Απόφασης

Για την λήψη της τελικής απόφασης λαμβάνεται υπόψη η ειδική μελέτη εξυγίανσης, όλα τα συλλεχθέντα στοιχεία κατά τα Στάδια Εντοπισμού I και II, καθώς και τα αποτελέσματα μιας εκτίμησης επικινδυνότητας για το συγκεκριμένο πεδίο.

Η εκτίμηση της επικινδυνότητας διεξάγεται κατά τα οριζόμενα στο Κεφάλαιο 4, βάσει του μοντέλου:



Στο συγκεκριμένο σημείο, υπάρχουν όλα τα αναγκαία δεδομένα για την διεξαγωγή της συγκεκριμένης ανάλυσης επικινδυνότητας και μάλιστα βάσει αυτής μπορεί να γίνει επαναπροσδιορισμός της βαθμολογίας του ρυπασμένου χώρου, βάσει του ερωτηματολογίου και των κριτηρίων, που αναφέρονται στο Κεφάλαιο 2.

Συλλέγοντας όλα τα παραπάνω ενημερώνονται οι αποφασίζοντες και οι ομάδες συμφερόντων. Οι ομάδες συμφερόντων, δεδομένου ότι δεν ορίζονται νομοθετικά, μπορούν να είναι:

- Κάτοικοι της άμεσης και ευρύτερης περιοχής μελέτης (δημότες)
- Περιβαλλοντικές οργανώσεις (οι οποίες και προέβησαν σε καταγγελία)
- Δήμος και Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση
- Ειδικευμένοι φορείς (π.χ. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος – εφόσον διαθέτει ειδική ομάδα εργασίας σε θέματα εξυγίανσης ή Πανελλήνιος Σύλλογος Μηχανικών Περιβάλλοντος ή Πανεπιστημιακά Ιδρύματα)

Οι αποφασίζοντες είναι ουσιαστικά η οικεία Περιφέρεια, η οποία καλείται να μελετήσει και να αξιολογήσει την συνταχθείσα ειδική μελέτη εξυγίανσης – αποκατάστασης και να έρθει σε επαφή με τις προαναφερόμενες ομάδες συμφερόντων για να τις ενημερώσει και να ζητήσει την άποψή τους.

Τελικά, η οικεία Περιφέρεια, εκτιμώντας την υφιστάμενη επικινδυνότητα, βάσει:

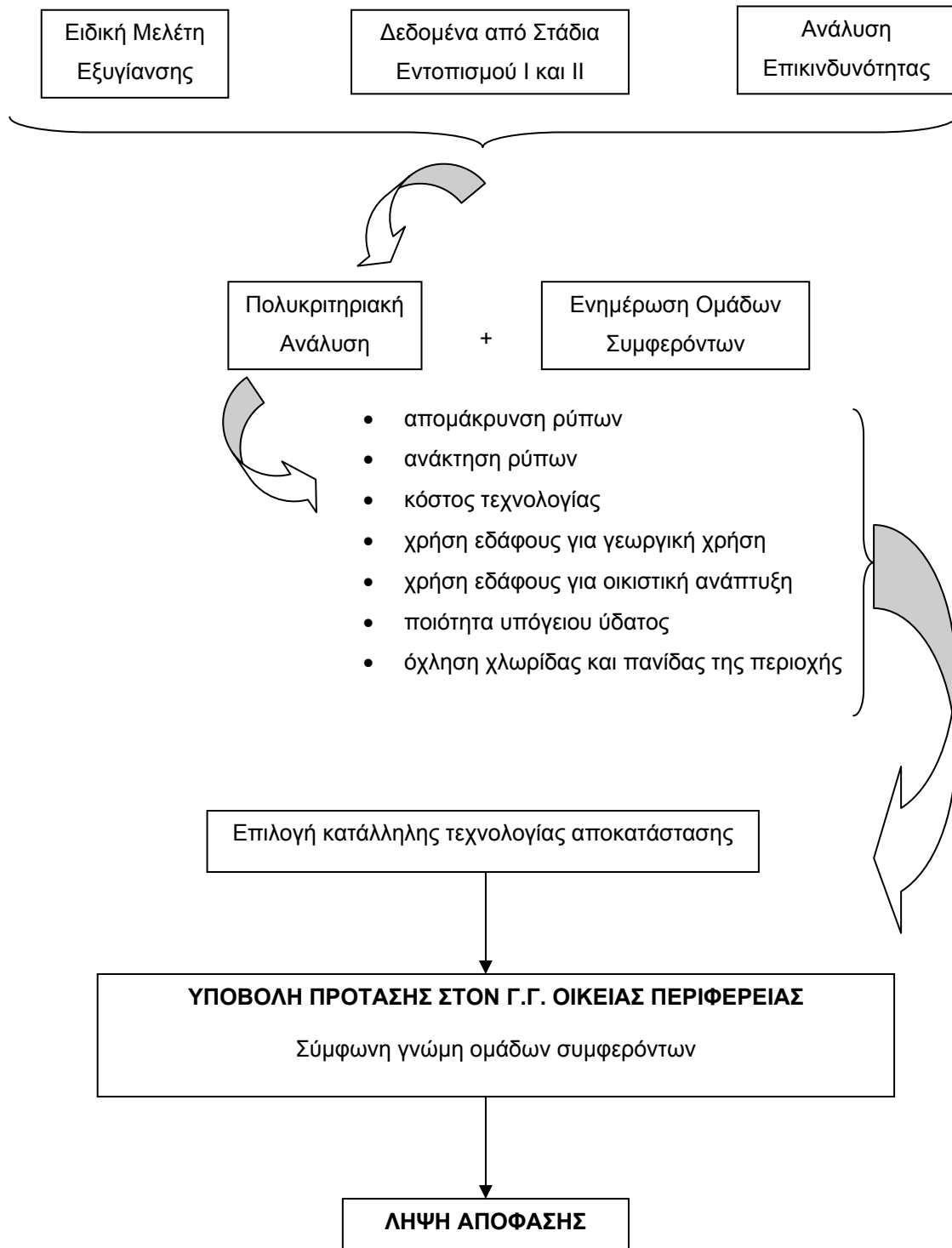
1. των αποτελεσμάτων των Σταδίων Εντοπισμού I και II
2. της σύγκρισης των διαφόρων εφαρμόσιμων τεχνολογιών εξυγίανσης και της τελικής πρότασης, όπως αυτές αναφέρονται στην ειδική μελέτη εξυγίανσης
3. των σχολίων / παρατηρήσεων / γνώμης των ομάδων συμφερόντων

προβαίνει στη διεξαγωγή μιας πολυκριτηριακής ανάλυσης, δηλαδή ουσιαστικά «ζύγισης» απόδοσης – κόστους – τεχνικής εφαρμοσιμότητας – αναγκαιότητας εξυγίανσης – απαιτούμενου χρόνου δράσης – επικινδυνότητας – χρήσεων γης και εκδίδει την απόφασή της.

Η εν λόγω απόφαση οφείλει να προσδιορίζει, κατ' ελάχιστον, με ακρίβεια τα εξής:

1. τον υπεύθυνο για την εξυγίανση του πεδίου και τον υπεύθυνο επιβλέποντα / ελεγκτικό φορέα
2. το είδος των επιβαλλόμενων εργασιών εξυγίανσης
3. τους στόχους εξυγίανσης (τελικές συγκεντρώσεις ρύπων)
4. τον απαιτούμενο χρόνο ή χρονοδιάγραμμα για την επίτευξη των παραπάνω στόχων (π.χ. μέγιστο διάστημα 5 ετών και μείωση συγκεντρώσεων ρύπων τουλάχιστον 20% το πρώτο έτος)
5. τυχόν πρόσθετα περιοριστικά μέτρα, τα οποία θα πρέπει να ληφθούν όσο διαρκούν οι εργασίες εξυγίανσης (π.χ. αποκλεισμός περιοχής, μη χρήση υπογείων υδάτων)
6. τις υποχρεώσεις του υπευθύνου εξυγίανσης ως προς την ενημέρωση του επιβλέποντα / ελεγκτικού φορέα (π.χ. υποβολή τριμηνιαίας έκθεσης πορείας εργασιών)
7. τα μέτρα παρακολούθησης του όλου χώρου κατά την διεξαγωγή των εργασιών εξυγίανσης και την εκτίμηση της απόδοσης αυτών
8. τα μέτρα μετέπειτα φροντίδας και παρακολούθησης του χώρου μετά την επίτευξη των στόχων εξυγίανσης (π.χ. απομάκρυνση συστημάτων, είδος, αριθμός και συχνότητα δειγματοληψιών), καθώς και ολικού ελάχιστου χρόνου παρακολούθησης (π.χ. 3 έτη)
9. ανάλογες κυρώσεις σε περίπτωση μη συμμόρφωσης με την απόφαση.

Συνοπτικά η διαδικασία παρουσιάζεται στο Σχήμα 4-11.



Σχήμα 4-11: Παράδειγμα διαδικασίας λήψης απόφασης.

## Κεφάλαιο 5 .

### Επιλογή Τεχνολογιών Αποκατάστασης – Μετέπειτα Φροντίδας – Πρόταση Εργαλείων Χρηματοδότησης

#### 5.1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με την ισχύουσα σύμβαση μεταξύ του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) και του Πολυτεχνείου Κρήτης για την υλοποίηση του έργου «ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ / ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ» και το σχετικό χρονοδιάγραμμα υλοποίησης και κατάθεσης των προβλεπόμενων παραδοτέων, υποβάλλεται το παρόν τεύχος, το οποίο αποτελεί το Παραδοτέο 5 (Κεφάλαιο 5) της συνολικής μελέτης και περιλαμβάνει την μεθοδολογία επιλογής των κατάλληλων τεχνολογιών αποκατάστασης ρυπασμένων χώρων, καθώς επίσης και πιθανά οικονομικά εργαλεία για τη χρηματοδότηση των απαιτούμενων μέτρων εξυγίανσης - αποκατάστασης, στη βάση της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει».

Βάσει των προδιαγραφών της σχετικής προκήρυξης του ΥΠΕΧΩΔΕ και της προσφοράς του Πολυτεχνείου Κρήτης, τα ακριβή περιεχόμενα του εν λόγω παραδοτέου είναι τα εξής:

**Παραδοτέο 5 : Επιλογή τεχνολογιών αποκατάστασης και μέτρων μετέπειτα φροντίδας – Πρόταση εργαλείων χρηματοδότησης**

- Θα αναλυθεί η μεθοδολογία επιλογής των κατάλληλων τεχνολογιών αποκατάστασης, με βάση προκαταρκτική τεχνική μελέτη εφαρμοσιμότητας (feasibility study) η οποία θα αξιολογεί συγκριτικά εναλλακτικές τεχνολογίες (συνιστάται για πιο περίπλοκες περιπτώσεις) ή με βάση την «τεκμαρτή μέθοδο αποκατάστασης» (presumptive remedy), μια προσέγγιση δηλαδή που στηρίζεται στη συσσωρευμένη εμπειρία, σύμφωνα με την οποία κάποιες περιπτώσεις με κοινά χαρακτηριστικά μπορούν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς με την ίδια τεχνολογία. Στο πλαίσιο αυτό, θα γίνει:
  - Περιγραφή των γενικών κατηγοριών των πλέον προηγμένων μεθόδων αποκατάστασης που βρίσκονται στο στάδιο εμπορικής εκμετάλλευσης. Θα παρατεθεί μια λίστα με τα χαρακτηριστικά των τεχνολογιών με βάση τα οποία θα γίνει η συγκριτική αξιολόγησή τους, π.χ. βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά, επίπεδο ανάπτυξης (ερευνητικό, πιλοτικές εφαρμογές, εφαρμογές σε κλίμακα πεδίου, χρονικός ορίζοντας (μήνες, έτη), κόστος (χαμηλό – μέτριο – υψηλό), παραδείγματα εφαρμογών, ανάγκες παρακολούθησης.

- Αναφορά σε τεχνολογίες πιθανά κατάλληλες για ευρείες κατηγορίες ρύπων, που σχετίζονται τόσο με παρελθούσες βιομηχανικές ή συναφείς δραστηριότητες όσο και γεωργικές – κτηνοτροφικές δραστηριότητες.
- Θα περιγραφούν τα κατάλληλα μέτρα, δράσεις και παρεμβάσεις για την παρακολούθηση της ποιότητας των περιβαλλοντικών μέσων και παραμέτρων και γενικά για τη μετέπειτα φροντίδα των χώρων μετά την εφαρμογή των μέτρων /τεχνολογιών αποκατάστασης.
- Θα διερευνηθούν πιθανά οικονομικά εργαλεία για τη χρηματοδότηση των απαιτούμενων μέτρων εξυγίανσης - αποκατάστασης, στη βάση της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει».

Το κείμενο με το παραπάνω περιεχόμενο θα αποτελέσει το 5<sup>ο</sup> και τελευταίο κεφάλαιο της μελέτης.

## 5.2. Γενικές Κατηγορίες Προηγμένων Τεχνολογιών Αποκατάστασης

Στις παραγράφους, που ακολουθούν, παρουσιάζονται οι κυριότερες προηγμένες τεχνολογίες εξυγίανσης / αποκατάστασης ρυπασμένων εδαφών, τόσο ακόρεστων, όσο και κορεσμένων (υπόγειων υδροφορέων), οι οποίες έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί ευρέως τα τελευταία έτη. Συγκεκριμένα, για κάθε μια από τις παρουσιαζόμενες τεχνολογίες αναφέρονται τα εξής:

- βασική αρχή,
- απαιτούμενος εξοπλισμός – περιγραφή συστημάτων,
- αντιμετωπίσιμες ενώσεις / ρύποι,
- κριτήρια επιλογής / εφαρμογής,
- χρόνος εφαρμογής,
- παρακολούθηση συστημάτων,
- παραδείγματα εφαρμογής - κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας,
- πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα.

### 5.2.1. Τεχνολογίες Αποκατάστασης Ακόρεστων Εδαφών

Οι υπάρχουσες τεχνολογίες εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών είναι αρκετά εξειδικευμένες και είναι δυνατόν να ταξινομηθούν σε ξεχωριστές κατηγορίες, βάσει κάποιου συγκεκριμένου κριτηρίου. Για παράδειγμα, οι χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες μπορούν κατ' αρχήν να διακριθούν σε in-situ και ex-situ, ανάλογα με το αν εφαρμόζονται απευθείας στο πεδίο (χωρίς την απομάκρυνση του ρυπασμένου εδάφους) ή αν περιλαμβάνουν την απομάκρυνση του ρυπασμένου μέσου και την επεξεργασία του μακριά από το πεδίο σε ειδικές εγκαταστάσεις.

Μια άλλου είδους διάκριση αφορά στους μηχανισμούς τους οποίους εκμεταλλεύεται κάθε τεχνολογία για την απομάκρυνση του εκάστοτε ρύπου, οι οποίοι αν είναι φυσικοί κατατάσσουν την αντίστοιχη τεχνολογία στις φυσικές μεθόδους επεξεργασίας εδαφών, αν είναι χημικοί στις χημικές μεθόδους, αν είναι βιοτικοί στις μεθόδους βιοεξυγίανσης, κτλ.

Επίσης, κατάταξη των τεχνολογιών αποκατάστασης εδαφών μπορεί να πραγματοποιηθεί και βάσει της επίδρασή τους στον εκάστοτε ανεπιθύμητο ρύπο, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει την πλήρη καταστροφή του (π.χ. βιοαποδόμηση), την απομάκρυνσή του από το ρυπασμένο πεδίο (π.χ. τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα), τη δέσμευσή του (π.χ. φυτοεξυγίανση) ή απλά τον περιορισμό του (π.χ. σταθεροποίηση - στερεοποίηση).

Στη συνέχεια, οι παρουσιαζόμενες τεχνολογίες εξυγίανσης εδαφών κατατάσσονται βάσει της φύσης των μηχανισμών απομάκρυνσης των υφιστάμενων ρύπων σε:

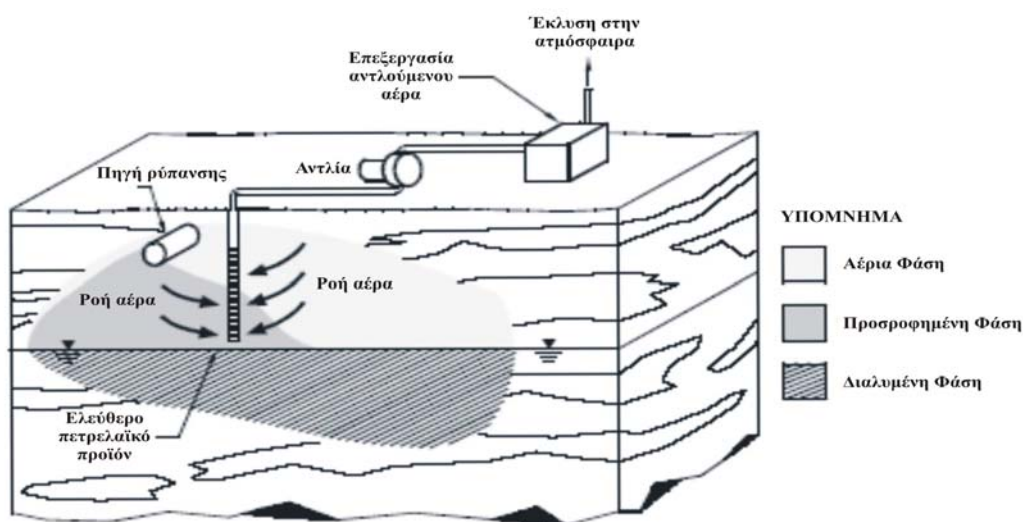
- φυσικοχημικές,
- βιολογικές,
- θερμικές.

Τέλος, αξίζει να τονιστεί το γεγονός ότι οι τεχνολογίες εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών συμβάλουν έμμεσα, αλλά σημαντικά και στην προστασία ή ακόμη και στην αποκατάσταση των υποκείμενων υδροφορέων. Η απομάκρυνση ρύπων από την ακόρεστη ζώνη του εδάφους, όχι μόνο αποκλείει τη μεταφορά αυτών στην κορεσμένη ζώνη, αλλά αντιθέτως ευνοεί την αντίστροφη μεταφορά αυτών, δηλαδή από τα υπόγεια ύδατα προς την ακόρεστη ζώνη, κυρίως μέσω εξάτμισης (για περιπτώσεις που οι υφιστάμενοι ρύποι είναι πτητικοί).

#### 5.2.1.1. Φυσικοχημικές

#### 5.2.1.1.1. Αντληση Εδαφικού Αέρα (Soil Vapor Extraction)

Η εν λόγω τεχνολογία είναι επίσης γνωστή και ως «Εδαφικός Αερισμός» (Soil Venting) ή «Απομάκρυνση Υπό Κενό» (Vacuum Extraction). Εκμεταλλευόμενη την πτητικότητα των εδαφικών ρύπων, η τεχνολογία αυτή προωθεί τη μεταφορά της μάζας τους από την προσροφημένη, διαλυμένη και ελεύθερη φάση προς την αέρια, η οποία αντλείται από την ακόρεστη ζώνη του εδάφους και επεξεργάζεται υπέργεια (Σχήμα 5-1).



**Σχήμα 5-1:**Τυπικό σύστημα άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004).

Βασική αρχή

Η τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα από την ακόρεστη ζώνη του εδάφους στοχεύει στον φυσικό διαχωρισμό των υφιστάμενων αέριων (κυρίως) ρύπων από το έδαφος, μέσω εφαρμογής υποπίεσης. Η όλη τεχνολογία βασίζεται στα ακόλουθα φαινόμενα: όταν ο εδαφικός αέρας παραμένει ακίνητος μετά από μια διαρροή και διήθηση ρύπου στο έδαφος, γίνεται κορεσμένος σε ατμούς του υφιστάμενου ρύπου, που προέρχονται από την υγρή φάση. Αυτοί οι κορεσμένοι σε ρύπο ατμοί είναι δυνατόν να απομακρυνθούν με άντληση του εδαφικού αέρα, μέσω κατάλληλων γεωτρήσεων. Καθώς ο εδαφικός αέρας ανανεώνεται, η συγκέντρωση του ρύπου στην αέρια φάση αρχίζει να μειώνεται, διαταράσσοντας την κατάσταση ισορροπίας μεταξύ της υγρής και της αέριας φάσης του ρύπου και ενισχύοντας παράλληλα την εξάτμιση μεγαλύτερων ποσοτήτων αυτού. Επομένως, η ανάπτυξη ροής και η απομάκρυνση του αέρα ρυπασμένων εδαφών ενισχύει την εξάτμιση των υφιστάμενων ρύπων και γενικότερα ενεργοποιεί βασικούς μηχανισμούς μεταφοράς μάζας, όπως συμμεταφορά, διάχυση, κα..

Η εφαρμογή της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα περιλαμβάνει τη διάνοιξη γεωτρήσεων στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους και τη σύνδεσή τους με κάποια αντλία κενού, μέσω της οποίας ασκείται υποπίεση. Η ασκούμενη υποπίεση έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ροής του εδαφικού αέρα στο υπέδαφος και τη συλλογή του από τις υφιστάμενες γεωτρήσεις άντλησης. Ο εδαφικός αυτός αέρας περιέχει σημαντικές ποσότητες πτητικών ρύπων και ως εκ τούτου κατά κανόνα οδηγείται σε ειδική μονάδα επεξεργασίας πριν την έκλυσή του στην ατμόσφαιρα.

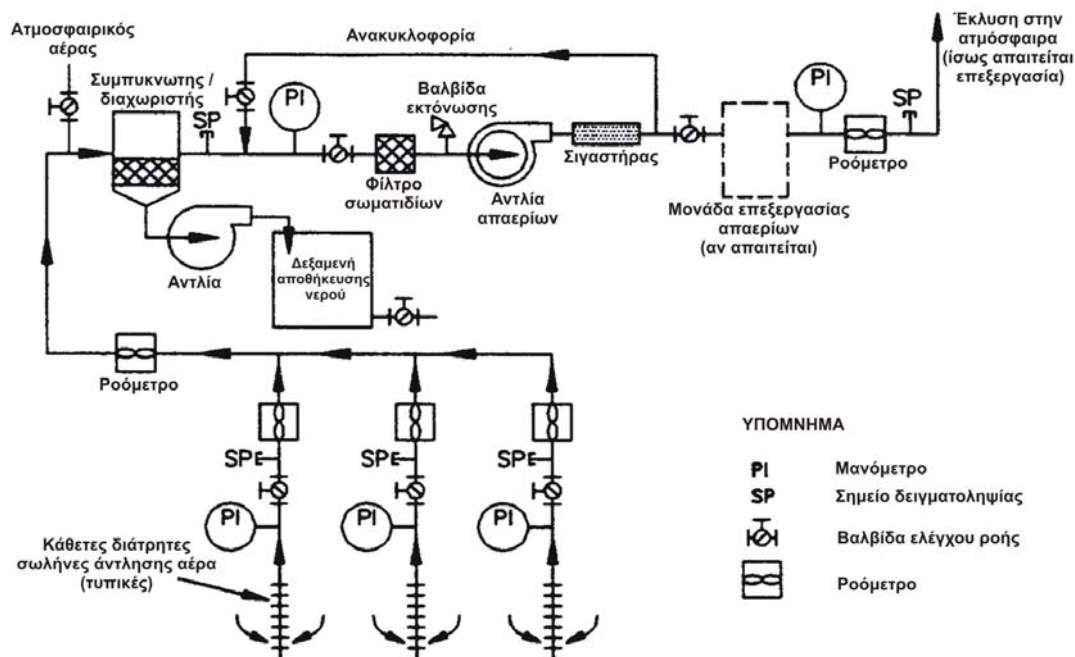
Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Ένα τυπικό σύστημα άντλησης εδαφικού αέρα (Σχήμα 5-2) αποτελείται από τα ακόλουθα επιμέρους τμήματα:

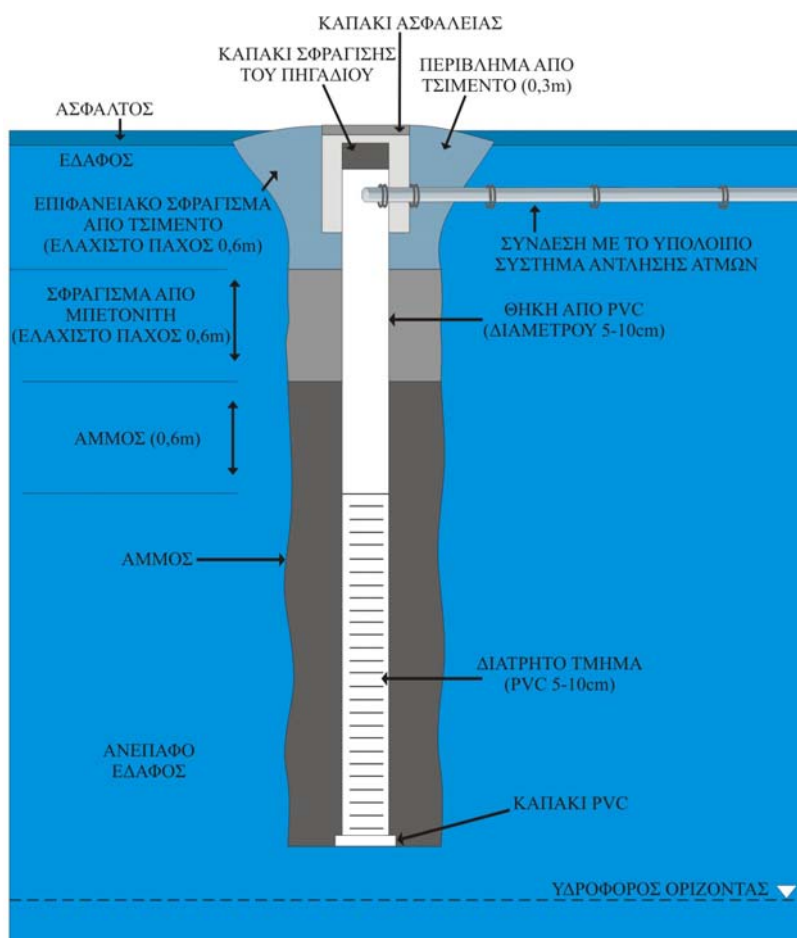
- γεωτρήσεις άντλησης,
- σωληνώσεις,
- αντλία,
- μονάδα επεξεργασίας αντλούμενου εδαφικού αέρα (αν απαιτείται),
- λοιπά όργανα ελέγχου (π.χ. βαλβίδες, βάνες, ροόμετρα, μανόμετρα, κα..).

**→ Γεωτρήσεις**

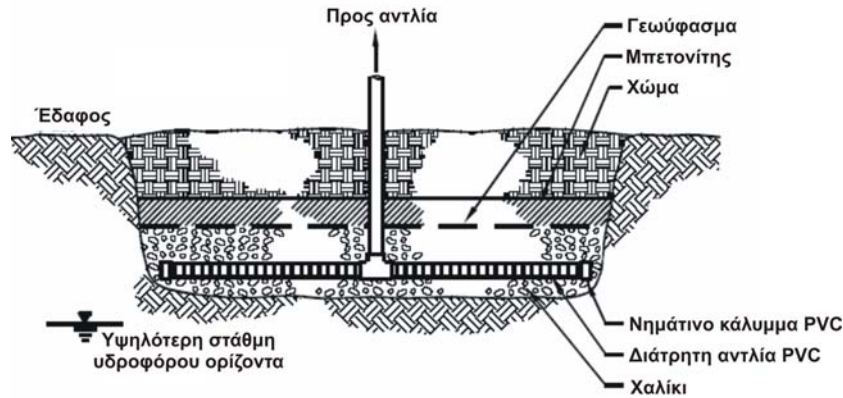
Οι γεωτρήσεις άντλησης εδαφικού αέρα μπορεί να είναι είτε κάθετες (Σχήμα 5-3) είτε και οριζόντιες (Σχήμα 5-4), ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του εκάστοτε προς εξυγίανση πεδίου. Τα κυριότερα κριτήρια, που λαμβάνονται υπόψη, για την επιλογή οριζόντιων ή κάθετων γεωτρήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-1.



Σχήμα 5-2: Αναλυτική γραφική απεικόνιση ενός τυπικού συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα (ΕΡΑ, 2004).



Σχήμα 5-3: Διατομή τυπικής κάθετης γεώτρησης άντλησης εδαφικού αέρα (Naval Facilities Engineering Service Centre, 2001).



**Σχήμα 5-4:** Τυπική οριζόντια γεώτρηση άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004).

**Πίνακας 5-1:** Κριτήρια επιλογής οριζόντιων ή κάθετων γεωτρήσεων άντλησης εδαφικού αέρα σε ένα δεδομένο προς εξυγίανση πεδίο (EPA, 2004).

Είδος γεώτρησης	Συνθήκες Πεδίου
Κάθετη	- Σχετικά βαθιά ρύπανση (1,5 έως 30,5m) - Βάθος υδροφόρου ορίζοντα > 3m
Οριζόντια	- Ρηχή ρύπανση (< 7,5m) [Πιο αποτελεσματική σε βάθη μικρότερα των 3m Δύσκολη κατασκευή σε βάθη μεγαλύτερα από 7,5m] - Η ζώνη ρύπανσης περιορίζεται εντός ενός συγκεκριμένου στρώματος του εδάφους.

Η θέση και ο αριθμός των αναγκαίων γεωτρήσεων υπολογίζονται συνήθως βάσει της ακτίνας επιρροής της κάθε γεώτρησης (που έχει προσδιοριστεί από πιλοτικές δοκιμές). Σε περίπτωση, που χρησιμοποιείται εδαφικό κάλυμμα (συνήθως όταν η υφιστάμενη ρύπανση είναι σχετικά ρηχή και υπάρχει κίνδυνος άντλησης ατμοσφαιρικού αέρα από την επιφάνεια του εδάφους αντί για εδαφικού αέρα), μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελαφριά μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ των γεωτρήσεων από τις προβλεπόμενες, βάσει του σχεδιασμού. Αντίθετα, αν η διαπερατότητα του εδάφους είναι σχετικά μικρή, τότε χρησιμοποιούνται αποστάσεις μικρότερες από τις προβλεπόμενες.

Το βάθος των γεωτρήσεων άντλησης εδαφικού αέρα συνήθως προσδιορίζεται βάσει:

- του βάθους του υδροφόρου ορίζοντα,
- της στρωματογραφίας του προς επεξεργασία εδάφους,
- της θέσης και της κατανομής των υφιστάμενων ρύπων.

#### → Αντλία

Η επιλογή του τύπου και του μεγέθους της αντλίας βασίζεται στην υποπίεση, που είναι αναγκαίο να αναπτυχθεί και στον απαιτούμενο ολικό ρυθμό άντλησης εδαφικού αέρα. Ειδικά σε περιπτώσεις όπου υπάρχει κίνδυνος εκρήξεων (π.χ. εν λειτουργία διυλιστήρια) είναι αναγκαία η επιλογή αντιεκρηκτικού τύπου εξοπλισμού.

**→ Μονάδα επεξεργασίας αντλούμενου εδαφικού αέρα**

Ένα από τα πλέον σημαντικά, εφόσον απαιτείται και ακριβά τμήματα ενός συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα αποτελεί η μονάδα επεξεργασίας των αντλούμενων ποσοτήτων. Σε κάθε περίπτωση η εγκατάσταση στοιχειωδών συστημάτων, όπως για παράδειγμα συμπύκνωσης αντλούμενων υδρατμών (από τον υποκείμενο υδροφόρο ή λόγω υγρασίας του εδάφους) και συγκράτησης στερεών σωματιδίων είναι αναπόφευκτη.

Όσον αφορά στην καθαρή επεξεργασία του αντλούμενου εδαφικού αέρα, λόγω των ρύπων που περιέχει, η αναγκαιότητα αυτής κρίνεται βάσει αναλύσεων, που πραγματοποιούνται στο αρχικό στάδιο λειτουργίας του εκάστοτε συστήματος, οι οποίες καθορίζουν το είδος και τη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων, η οποία στη συνέχεια συγκρίνεται με τα όρια της εκάστοτε ισχύουσας νομοθεσίας.

Οι πλέον διαδεδομένες διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας του αντλούμενου εδαφικού αέρα μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες:

1. Θερμικές: στις οποίες χρησιμοποιείται θερμότητα για την οξείδωση και την καταστροφή των ρύπων,
2. Προσρόφησης: στις οποίες πραγματοποιείται διαχωρισμός των ρύπων από την αέρια φάση και συγκράτηση σε κάποια στερεή μάζα,
3. Βιολογικές: στις οποίες χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί για τη βιοαποδόμηση και το μεταβολισμό των ρύπων,
4. Αναπτυσσόμενες: οι οποίες περιλαμβάνουν προηγμένες μεθόδους, όπως τη φωτοκατάλυση και την μη θερμική επεξεργασία με πλάσμα, όπου γίνεται χρήση ακτινοβολίας UV και ηλεκτρικής ενέργειας, αντίστοιχα.

Τα κύρια κριτήρια, βάσει των οποίων γίνεται η επιλογή της καταλληλότερης εκ των προαναφερθέντων τεχνολογιών επεξεργασίας αντλούμενου εδαφικού αέρα είναι τα ακόλουθα:

- είδος και συγκέντρωση υφιστάμενων ρύπων,
- ρυθμός άντλησης (παροχής στο σύστημα επεξεργασίας) εδαφικού αέρα,
- αναμενόμενος χρόνος λειτουργίας του συστήματος,
- τοπικά νομοθετικά όρια εκπομπών αέριων ρύπων,
- αναμενόμενη μεταβολή της συγκέντρωσης των ρύπων με την πάροδο του χρόνου.

Οι θερμικές τεχνολογίες επεξεργασίας του αντλούμενου εδαφικού αέρα μπορούν να επιτύχουν αποδόσεις από 95 έως και 99% για μια ευρεία ποικιλία ρύπων, οι οποίοι μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν μη αλογονωμένα πτητικά οργανικά συστατικά, ημι-πτητικά οργανικά συστατικά, πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες, αλκοόλες, αρωματικά συστατικά, αστέρες, κετόνες, κα.. Περιοριστικό παράγοντα αποτελεί η παρουσία αλογονωμένων πτητικών οργανικών συστατικών, τα οποία οδηγούν στην παραγωγή όξινων αερίων, τα οποία χρήζουν

περαιτέρω επεξεργασίας. Όσον αφορά στο κόστος εφαρμογής των εν λόγω τεχνολογιών, αυτό είναι αρκετά υψηλό, καθώς απαιτείται σημαντικό κεφάλαιο κατασκευής της μονάδας (14.500 έως και 145.000€) και μεγάλη κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία αυτής (λειτουργικό κόστος από 0,5 έως και 2,65€ ανά L/min).

Οι τεχνολογίες προσρόφησης, με χρήση διαφόρων προσροφητικών υλικών, όπως ενεργό άνθρακα, ζεόλιθους και πολυμερή υλικά, είναι ιδιαίτερα αποδοτικές (από 95 έως και > 98%) σε σχετικά μικρούς ρυθμούς παροχής αερίων ( $3 - 1.700 \text{ m}^3/\text{min}$ ) και μικρές συγκεντρώσεις ρύπων (<100ppmv). Περιοριστικό παράγοντα της απόδοσης τέτοιου είδους συστημάτων αποτελούν η παρουσία πολικών (polar) συστατικών, όπως αλκοολών και οργανικών οξέων, υψηλής υγρασίας και συστατικών με υψηλή τάση ατμών, όπως MTBE και βινυλοχλωρίδια. Το δε κόστος εγκατάστασης συστημάτων προσρόφησης είναι αρκετά υψηλό (για ενεργό άνθρακα από 4.500 έως και 6.500€, με μέση τιμή προμήθειας ενεργού άνθρακα 2,2€/kg), λόγω της απαραίτητης συχνής αντικατάστασης του προσροφητικού υλικού (για ενεργό άνθρακα περίπου το 25% του κόστους προμήθειας). Γενικά, το ετήσιο λειτουργικό κόστος αυτών των συστημάτων (κυρίως για ενεργό άνθρακα) ανέρχεται περίπου στο 3-10% του αρχικού κόστους επένδυσης.

Η χρήση των λεγόμενων βιοφίλτρων είναι γενικά περιορισμένη και εφαρμόζεται για χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων (<1.500ppmv), με αποδόσεις > 90 έως και 95% για παροχή αερίων μεταξύ  $0,5 - 14 \text{ m}^3/\text{min}$ . Τα συγκεκριμένα συστήματα μπορούν να επεξεργαστούν σημαντική ποικιλία ρύπων, μεταξύ των οποίων μονοαρωματικά συστατικά, αλκοόλες, κετόνες, κα.. Σημαντικό μειονέκτημα, που παρουσιάζουν, αποτελεί η μεγάλη τους ευαισθησία σε μεταβολές των λειτουργικών τους παραμέτρων, όπως για παράδειγμα της θερμοκρασίας, του pH, της υγρασίας, της συγκέντρωσης των ρύπων και της διαθεσιμότητας θρεπτικών συστατικών. Το εκτιμώμενο λειτουργικό κόστος των συγκεκριμένων συστημάτων ανέρχεται στα 0,5 έως 1,5€ /  $5.000 \text{ m}^3$  αντλούμενου εδαφικού αέρα ή 3,5 έως 7,5 € / kg επεξεργαζόμενου ρύπου.

Οι λοιπές αναπτυσσόμενες τεχνολογίες δεν εφαρμόζονται σε ευρεία κλίμακα, αλλά μόνο πειραματικά και για ιδιαίτερα χαμηλές παροχές αερίων.

Στον Πίνακα 5-2 παρουσιάζεται η καταλληλότερη τεχνολογία επεξεργασίας αντλούμενου εδαφικού αέρα (μεταξύ της θερμικής επεξεργασίας, της προσρόφησης και της βιολογικής επεξεργασίας), συναρτήσει της εκάστοτε συγκέντρωσης των υφιστάμενων ρύπων αυτού.

Στον Πίνακα 5-3 παρουσιάζονται τα κυριότερα κριτήρια επιλογής μεταξύ των δυο πλέον διαδεδομένων και αποτελεσματικών τεχνολογιών επεξεργασίας αντλούμενου εδαφικού αέρα (θερμικής οξείδωσης και προσρόφησης σε άνθρακα), ενώ στον Πίνακα 5-4 γίνεται σύγκριση περισσότερων διαθέσιμων τεχνολογιών.

**Πίνακας 5-2:** Καταλληλότερη εφαρμόσιμη τεχνολογία επεξεργασίας αντλούμενου εδαφικού αέρα ανάλογα με την αναμενόμενη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων (EPA, 2006).

Τεχνολογία	Συγκέντρωση Ρύπων (ppmv)
Προσρόφηση σε Ενεργό Άνθρακα	< 5.000
Θερμική Οξειδωση	100 – 4.000
Βιοδιήθηση	< 1.000

**Πίνακας 5-3:** Κριτήρια επιλογής μεταξύ της θερμικής επεξεργασίας και της προσρόφησης σε άνθρακα αντλούμενου εδαφικού αέρα (EPA, 2006).

Κριτήριο	Θερμική Οξειδωση	Προσρόφηση σε άνθρακα
Συγκέντρωση	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Εφαρμόζεται κυρίως για σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων (&gt;100 έως 4.000ppmv).</li> <li>- Το κόστος επεξεργασίας ανά kg ρύπου μειώνεται καθώς αυξάνονται οι συγκεντρώσεις και μειώνεται η αναγκαία συμπληρωματική ενέργεια.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Συνήθως εφαρμόζεται για σχετικά μικρές συγκεντρώσεις ρύπων (&lt;5.000ppmv).</li> <li>- Το κόστος επεξεργασίας ανά kg ρύπου παραμένει σταθερό ή αυξάνεται καθώς αυξάνονται οι συγκεντρώσεις, λόγω της συχνότερης αντικατάστασης του άνθρακα.</li> </ul>
Απαιτήσεις λειτουργίας και συντήρησης	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Χρειάζεται περισσότερη εργασία και πιο εξειδικευμένη κατά τη λειτουργία, λόγω σημαντικών θεμάτων ασφαλείας.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Απαιτεί λιγότερη και απλούστερη εργασία κατά τη λειτουργία και τη συντήρηση, εκτός και αν υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων και παρατηρούνται συχνά φαινόμενα “breakthrough”.</li> </ul>
Ασφάλεια	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Απαιτείται η λήψη περισσότερων μέτρων ασφαλείας, αν η συγκέντρωση των ρύπων στα ατμάκια είναι υψηλή και προσεγγίζονται τα εκάστοτε όρια ανάφλεξης.</li> <li>- Η παραγωγή διοξινίων και φουρανίων είναι πιθανή, αν δεν υπάρχει σωστή λειτουργία του συστήματος.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Παρουσιάζει σημαντική ασφάλεια σχεδόν υπό οποιεσδήποτε συνθήκες. Παρόλα αυτά, υψηλές συγκεντρώσεις σε κετόνες και άλλα παρόμοια συστατικά μπορούν να προκαλέσουν κίνδυνο πυρκαγιάς.</li> </ul>
Χλωριωμένα vs μη-χλωριωμένα VOCs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Δεν χρησιμοποιείται συχνά για χλωριωμένα VOCs, λόγω της παραγωγής HCl, η οποία επιβάλλει την χρήση υλικών (σωλήνων και λοιπού εξοπλισμού) ανθεκτικών στα οξέα.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Είναι εξίσου εφαρμόσιμη και για χλωριωμένα και για μη-χλωριωμένα VOCs, καθώς η παραγωγή οξέων δεν είναι δυνατή.</li> </ul>
Ποικιλία ρύπων που μπορούν να επεξεργαστούν	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Με εξαίρεση την παραγωγή οξέος κατά την επεξεργασία χλωριωμένων VOCs, μπορεί να επεξεργαστεί μια μεγάλη ποικιλία ρύπων.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Η τάση προσρόφησης στον άνθρακα δεν είναι ίδια για όλους τους ενδεχόμενους ρύπους (π.χ. ορισμένα κοινά συστατικά όπως το βινυλοχλωρίδιο δεν προσροφάται εύκολα). Ως εκ τούτου πρέπει να γίνεται σχολαστική ποιοτική ανάλυση του προς επεξεργασία εδαφικού αέρα.</li> </ul>
Κόστος εγκατάστασης vs κόστος λειτουργίας και συντήρησης	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ο αναγκαίος εξοπλισμός είναι ιδιαίτερα ακριβός (ειδικά σε σχέση με την προσρόφηση σε άνθρακα).</li> <li>- Σε υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων το κόστος λειτουργίας και συντήρησης μπορεί να μειωθεί, ακόμη και να γίνει μικρότερο από εκείνο της προσρόφησης σε άνθρακα.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Το κόστος εγκατάστασης είναι σχετικά χαμηλό.</li> <li>- Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης καθορίζεται άμεσα από το ρυθμό παροχής του αντλούμενου εδαφικού αέρα και της συγκέντρωσής του σε ρύπους.</li> </ul>

**Πίνακας 5-4:** Σύγκριση διαφορετικών εφαρμόσιμων τεχνολογιών επεξεργασίας αντλούμενου εδαφικού αέρα (US Army Corps of Engineers, 2002).

Τεχνολογία	Εύρος συγκέντρωσης (ppm)	Εύρος παροχής σε L/s (cfm)	Απόδοση (%)	Παραγόμενα «απόβλητα»	Πλεονεκτήματα	Περιορισμοί
Θερμική Οξειδωση	100 – 4.000	94 - 236.000 (200 - 500.000)	95 – 99+	Προϊόντα καύσης	Ανάκτηση ενέργειας έως και 95% είναι εφικτή	Η παρουσία αλογονωμένων συστατικών ίσως απαιτεί επιπλέον επεξεργασία. Δε συνιστάται για λειτουργία batch.
Καταλυτική Οξειδωση	100 – 2.000	94 – 472.000 (200 – 100.000)	90 – 95	Προϊόντα καύσης	Ανάκτηση ενέργειας έως και 70% είναι εφικτή	Η θερμική απόδοση επηρεάζεται από μεταβολές των λειτουργικών συνθηκών. Η παρουσία αλογονωμένων συστατικών ίσως απαιτεί επιπλέον επεξεργασία. Συγκεκριμένα συστατικά είναι δυνατόν να καταστρέψουν τον καταλύτη (π.χ. μόλυβδος, αρσενικό, χλώριο, κα.).
Συμπύκνωση	> 5.000	47,2 – 9.440 (100 – 20.000)	50 – 90	Συμπυκνώματα	Η ανάκτηση προϊόντων μπορεί να αντισταθμίσει το ετήσιο λειτουργικό κόστος.	Δεν συνιστάται για συστατικά με σημείο βρασμού <310°C. Μπορεί να παρουσιάσει φαινόμενα φραξίματος (fouling).
Προσρόφηση σε άνθρακα	0 – 5.000	47,2 – 28.300 (100 – 60.000)	90 – 98	Χρησιμοποιημένος άνθρακας, προσροφημένα συστατικά	Η ανάκτηση προϊόντων μπορεί να αντισταθμίσει το ετήσιο λειτουργικό κόστος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με κάποια άλλη τεχνολογία. Λειτουργεί καλά σε κυκλική διαδικασία.	Η υγρασία πρέπει να ρυθμιστεί σε τιμές <50%. Κετόνες και αλδεΐδες δεν προσροφούνται αποτελεσματικά.
Προσρόφηση σε ρητίνες	500 – 5.000	94,4 – 472.000 (200 – 100.000)	95 – 98	Υγρά απόβλητα, στερεά σωματίδια	Η ανάκτηση προϊόντων μπορεί να αντισταθμίσει το ετήσιο λειτουργικό κόστος.	Ίσως να απαιτούνται ειδικά υγρά scrubbing. Για το σχεδιασμό απαιτούνται δεδομένα ισορροπίας. Μπορεί να εμφανιστούν φαινόμενα φραξίματος, αν υπάρχουν στερεά σωματίδια στην τροφοδοσία.
Βιοδιήθηση	0 – 1.000	47,2 – 236.000 (100 – 500.000)	90 – 98	Χρησιμοποιημένο compost, έδαφος, κα., πιθανόν υγρά απόβλητα με βιοστερεά (για pellets)	Άμεση μετατροπή VOCs σε CO <sub>2</sub> . Λειτουργεί σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας. Σχετικά χαμηλό κόστος.	Μπορεί να εφαρμοστεί μόνο για βιοαποικοδομήσιμα VOCs. Η τροφοδοσία πρέπει να έχει σημαντικό ποσοστό υγρασίας.
Μηχανή Εσ. Καύσης	> 4.000	24 – 48 (50 – 100)	90 – 98	Προϊόντα καύσης	Συνδυάζει άντληση υπό κενό και επεξεργασία απαερίων.	Απαιτείται παρακολούθηση των εκπομπών. Ελάχιστη επιπλέον επεξεργασία είναι εφικτή.
Πυρσός καύσης	> 4.000	24 – 47.200 (50 – 100.000)	90 - 98	Προϊόντα καύσης	Μπορεί να αντιμετωπίσει πολύ υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων και μεταβολές στη σύσταση και στο ρυθμό τροφοδοσίας.	Απαιτείται σημαντικός βοηθητικός εξοπλισμός. Ελάχιστη επιπλέον επεξεργασία είναι εφικτή.

**→ Λοιπά όργανα ελέγχου**

Μικρά όργανα, τα οποία απαιτούνται, για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της λειτουργίας ενός συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα, περιλαμβάνουν ροόμετρα, βαλβίδες εκτόνωσης, θερμομέτρα, βαλβίδες δειγματοληψίας, κα..

**→ Προαιρετικά τμήματα**

Ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες που επικρατούν σε ένα προς εξυγίανση πεδίο, είναι δυνατόν να εξεταστεί η χρήση των ακόλουθων προαιρετικών επιπρόσθετων τμημάτων συστημάτων άντλησης εδαφικού αέρα:

- Γεωτρήσεις εισαγωγής αέρα, για την επιτάχυνση της ροής του εδαφικού αέρα προς τη γεώτρηση άντλησης, σε περίπτωση που υπάρχει βαθιά ρύπανση και απομόνωση της ζώνης επεξεργασίας από την ατμόσφαιρα, λόγω της παρουσίας υπερκείμενου αδιαπέρατου εδαφικού στρώματος.
- Επιφανειακά καλύμματα, σε περίπτωση που υπάρχει σχετικά επιφανειακή (ρηχή) ρύπανση για την αποφυγή άντλησης διηθούμενου βρόχινου νερού και/ ή ατμοσφαιρικού αέρα, μέσω της επιφάνειας του εδάφους.
- Υπόγειες αντλίες νερού: για την αύξηση του βάθους του υδροφόρου ορίζοντα, στην περίπτωση που αυτό είναι σχετικά μικρό.

**Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι**

Οι ρύποι που μπορούν να αντιμετωπιστούν με επιτυχία από την τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα είναι κυρίως πτητικά και ορισμένα ημι-πτητικά οργανικά συστατικά, τα οποία παρουσιάζουν τάση ατμών μεγαλύτερη από 0,5mm Hg (στους 20°C) ή σταθερά του Νόμου του Henry μεγαλύτερη από  $10^{-3}$  atm·m<sup>3</sup>/mole. Επίσης, σημαντικό για την απόδοση της τεχνολογίας είναι οι προς απομάκρυνση ρύποι να παρουσιάζουν ελάχιστη διαλυτότητα στο νερό και αμελητέα τάση προσρόφησης στα εδαφικά σωματίδια, ώστε να είναι δυνατή και σχετικά εύκολη η μεταφορά τους στην αέρια φάση.

Ενώσεις που παρουσιάζουν τέτοιου είδους χαρακτηριστικά είναι οι ελαφριοί υδρογονάνθρακες και ως εκ τούτου η τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα έχει βρει ευρεία εφαρμογή στην αποκατάσταση ρυπασμένων εδαφών από οργανικούς και κυρίως πετρελαϊκούς ρύπους. Ορισμένες από τις ενώσεις, που έχει αποδειχθεί ότι μπορούν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς από την τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα, είναι οι εξής:

**→ Αλογονωμένα Πτητικά Οργανικά**

- |                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| - τετραχλωράνθρακας    | - 1,2 διχλωροαιθάνιο        |
| - χλωροβενζόλιο        | - 1,2 διχλωροαιθυλένιο      |
| - χλωροαιθάνιο         | - 1,2 διχλωροπροπάνιο       |
| - χλωροφόρμιο          | - 1,4 διχλωροβενζόλιο       |
| - 1,1 διχλωροαιθάνιο   | - 1,1,1 διχλωροαιθάνιο      |
| - 1,1 διχλωροαιθυλένιο | - 1,1,2 διχλωροαιθάνιο      |
| - 1,2 διχλωροβενζόλιο  | - 1,1,2,2 τετραχλωροαιθάνιο |
| - διβρωμοαιθυλένιο     | - τριχλωροαιθυλένιο         |
| - τετραχλωροαιθυλένιο  | - βινυλοχλωρίδιο            |

→ Μη αλογονωμένα Πτητικά Οργανικά

- |                     |                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------------------------|
| - Κετόνες/ φουράνια | Ακετόνη, μέθυλο-αίθυλο-κετόνη, μέθυλο-ισοβουτύλο-κετόνη,       |
| - Αρωματικά         | Βενζόλιο, αιθυλοβενζόλιο, στυρένιο, τολουόλιο, m-,p-,o-ξυλένια |

→ Οργανικά

- |                                                 |                                     |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------|
| - Αλογονομένα πτητικά οργανικά συστατικά        | Τετραχλωροαιθάνιο, τριχλωροαιθάνιο  |
| - Αλογονομένα ημι-πτητικά οργανικά συστατικά    | Παρα-διχλωροβενζόλιο                |
| - Μη αλογονομένα πτητικά οργανικά συστατικά     | Βενζίνη                             |
| - Μη αλογονομένα ημι-πτητικά οργανικά συστατικά | Ντίζελ                              |
| - Πολυχλωριωμένα διφαινύλια                     | Aroclor – 1242                      |
| - Φυτοφάρμακα                                   | Chlordane                           |
| - Διοξίνες / Φουράνια                           | 2,3,7,8-τετραχλωροδιβενζο-p-διοξίνη |
| - Εκρηκτικά                                     | 2,4,6 τρινιτροτολουόλιο             |

→ Ανόργανα

- |                      |                                  |
|----------------------|----------------------------------|
| - Πτητικά μέταλλα    | Υδράργυρος, τετρα-αιθυλομόλυβδος |
| - Μη πτητικά μέταλλα | Νικέλιο, χρώμιο                  |
| - Αμίαντος           |                                  |
| - Ανόργανα κυανίδια  | Κυανίδια του νατρίου             |

Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

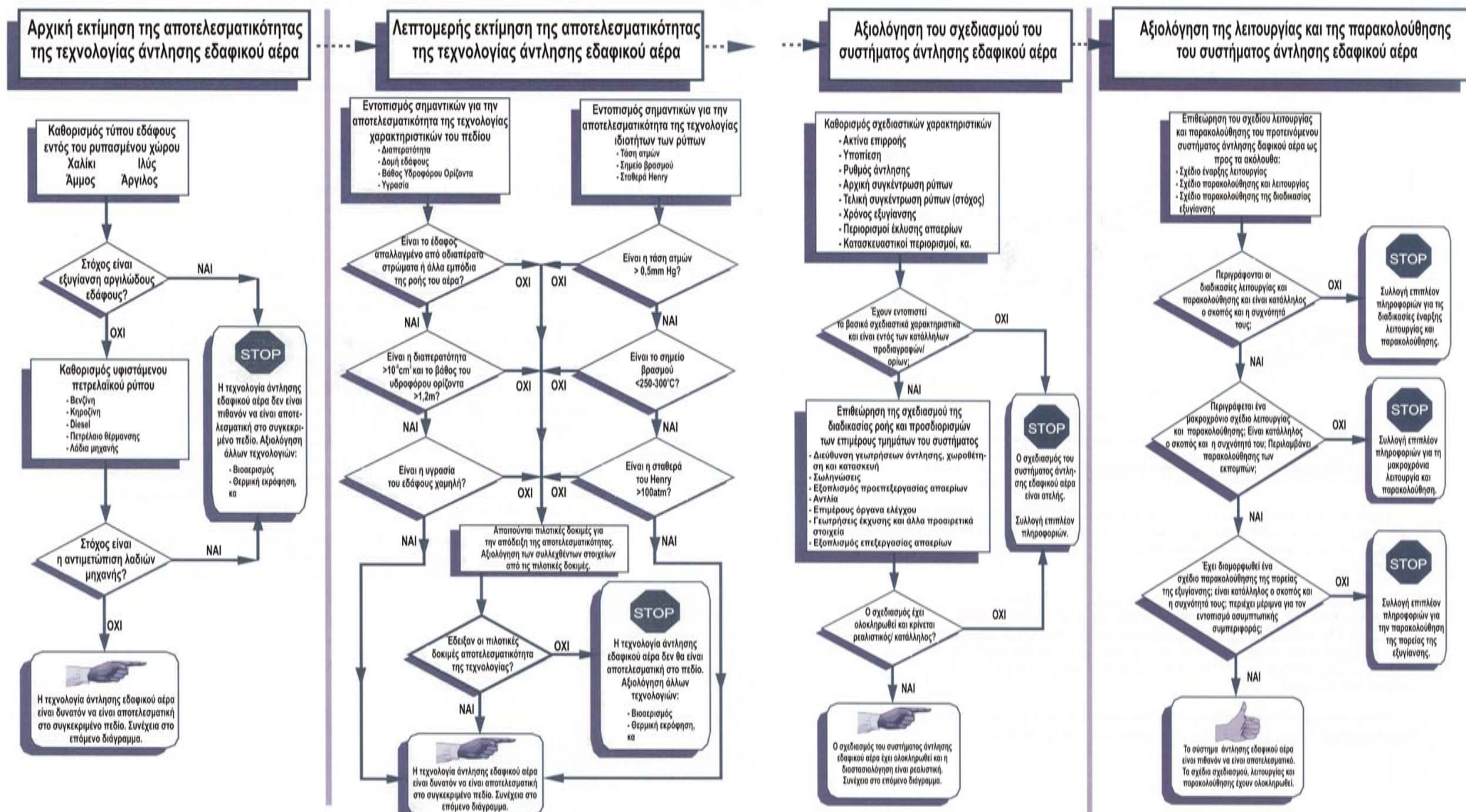
Για την αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητας της μεθόδου άντλησης εδαφικού αέρα σε ένα συγκεκριμένο ρυπασμένο πεδίο, έχει προταθεί και καθιερωθεί συγκεκριμένη μεθοδολογία (Σχήμα 5-5), η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα επιμέρους στάδια:

- αρχική εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της τεχνολογίας,
- λεπτομερής εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της τεχνολογίας,
- αξιολόγηση του σχεδιασμού του αναγκαίου συστήματος,
- αξιολόγηση σχεδίων λειτουργίας και παρακολούθησης του αναγκαίου συστήματος.

Η αρχική εξέταση της καταλληλότητας και της απόδοσης της συγκεκριμένης μεθόδου σε ένα δεδομένο ρυπασμένο πεδίο βασίζεται ουσιαστικά στη διαπερατότητα του προς επεξεργασία εδάφους και στην πτητικότητα των υφιστάμενων ρύπων. Γενικά, όσο πιο διαπερατό είναι το έδαφος και όσο πιο υψηλή πτητικότητα παρουσιάζουν οι υφιστάμενοι ρύποι, τόσο πιο αποδοτική αναμένεται να είναι η συγκεκριμένη τεχνολογία.

Εφόσον η αρχική εξέταση δώσει θετικά αποτελέσματα, ακολουθεί η λεπτομερής εκτίμηση της απόδοσης της μεθόδου άντλησης εδαφικού αέρα, μέσω πιο συγκεκριμένου προσδιορισμού των χαρακτηριστικών του πεδίου και της πτητικότητας των ρύπων. Οι παράμετροι, που εξετάζονται για τον σκοπό αυτό, είναι οι εξής:

- Χαρακτηριστικά Πεδίου
  - Πραγματική Διαπερατότητα (Intrinsic Permeability)
  - Δομή και Στρωματογραφία Εδάφους



Σχήμα 5-5: Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης της μεθόδου άντλησης εδαφικού αέρα σε ένα δεδομένο πεδίο (EPA, 2004).

- Βάθος Υδροφόρου Ορίζοντα
- Υγρασία Εδάφους
- Πτητικότητα Ρύπων
  - Τάση Ατμών
  - Σύσταση και Σημείο Βρασμού
  - Σταθερά του Νόμου του Henry

Η πραγματική διαπερατότητα αποτελεί μέτρο της ικανότητας του εδάφους να επιτρέπει τη μετακίνηση ρευστών μέσα στον όγκο του και αποτελεί τον βασικότερο καθοριστικό παράγοντα της αποτελεσματικότητας της μεθόδου άντλησης εδαφικού αέρα. Η τιμή της μπορεί να κυμανθεί από  $10^{-16}$  έως και  $10^{-3} \text{cm}^2$ , με πλέον κοινό εύρος τιμών να είναι από  $10^{-13}$  έως και  $10^{-5} \text{cm}^2$ . Στον Πίνακα 5-5 παρουσιάζονται οι τιμές που ευνοούν και μη την εφαρμογή και την απόδοση της μεθόδου άντλησης εδαφικού αέρα.

**Πίνακας 5-5:** Πραγματική διαπερατότητα και απόδοση της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004).

Πραγματική Διαπερατότητα $k \text{ (cm}^2\text{)}$	Απόδοση Μεθόδου
$k \geq 10^{-8}$	Γενικά καλή
$10^{-8} \geq k \geq 10^{-10}$	Απαιτείται επιπλέον διερεύνηση
$k \leq 10^{-10}$	Όχι καλή

Η πραγματική διαπερατότητα του εδάφους μπορεί να καθοριστεί είτε στο πεδίο, με διεξαγωγή τεστ διαπερατότητας ή πιλοτικών μελετών άντλησης εδαφικού αέρα, είτε στο εργαστήριο, με χρήση δείγματος στήλης από το πεδίο. Η δομή και η στρωματογραφία του εδάφους δείχνουν κατά πόσο η ροή του αντλούμενου εδαφικού αέρα θα είναι ομαλή ή αν θα παρουσιάζει διακυμάνσεις ανάλογα με το εδαφικό στρώμα, από το οποίο διέρχεται και τις ιδιότητες αυτού (διαπερατότητα). Γενικά, η παρουσία ετερογενειών στην προς επεξεργασία περιοχή είναι ανεπιθύμητη.

Το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα θα πρέπει να είναι σταθερό και κατά γενικό κανόνα μεγαλύτερο των 90cm από την επιφάνεια του εδάφους (Πίνακας 5-6), έτσι ώστε να αποκλείεται η περίπτωση άντλησης υπόγειου νερού, αντί εδαφικού αέρα, από τις χρησιμοποιούμενες γεωτρήσεις.

**Πίνακας 5-6:** Βάθος υδροφόρου ορίζοντα και απόδοση της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004).

Βάθος Υδροφόρου Ορίζοντα $d \text{ (m)}$	Απόδοση τεχνολογίας
$d \geq 3$	Καλή
$3 \geq d \geq 0,9$	Απαιτείται ειδική παρέμβαση (π.χ. οριζόντιες γεωτρήσεις άντλησης – άντληση υπογείων υδάτων)
$d \leq 0,9$	Όχι καλή

Τέλος, η υγρασία του εδάφους μειώνει τη διαπερατότητά του και κατ' επέκταση την απόδοση της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα. Ως εκ τούτου, είναι επιθυμητό να παρουσιάζει σχετικά χαμηλές τιμές.

Όσον αφορά στις παραμέτρους, που εκφράζουν την πτητικότητα των υφιστάμενων ρύπων, αυτές, όπως είναι αναμενόμενο, είναι επιθυμητό να είναι υψηλές, προκειμένου να ευνοείται η μεταφορά των ρύπων στην αέρια φάση. Ο Πίνακας 5-7 παρουσιάζει τις κατά γενικό κανόνα ευνοϊκές τιμές των προαναφερόμενων παραμέτρων.

**Πίνακας 5-7:** Ευνοϊκές τιμές παραμέτρων έκφρασης της πτητικότητας των υφιστάμενων ρύπων για την εφαρμογή της μεθόδου άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004).

Παράμετρος	Ευνοϊκή Τιμή
Τάση Ατμών (mm Hg στους 20°C)	> 0,5
Σημείο Βρασμού (°C)	< 250 – 300
Σταθερά του N. Henry (atm)	100

Εφόσον κριθεί αναγκαία, ακολουθεί η διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών (τεστ), προκειμένου αφενός να εκτιμηθεί η απόδοση της μεθόδου στο προς επεξεργασία πεδίο και αφετέρου να προσδιοριστούν οι βέλτιστες τιμές βασικών λειτουργικών παραμέτρων, όπως π.χ. του ρυθμού άντλησης, της ασκούμενης υποπίεσης, κα.. Η διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών περιλαμβάνει την βραχυχρόνια (1 έως 30 ημέρες) άντληση εδαφικού αέρα από μια και μόνο γεώτρηση, η οποία μπορεί να είναι ήδη προϋπάρχουσα. Οι τιμές του ρυθμού άντλησης και της υποπίεσης στη γεώτρηση μεταβάλλονται προκειμένου να προσδιοριστούν οι βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας. Παράλληλα, γίνεται μέτρηση της πίεσης σε διάφορες αποστάσεις περιμετρικά της γεώτρησης άντλησης εδαφικού αέρα, προκειμένου να προσδιοριστεί η λεγόμενη «ακτίνα επιρροής» και της αρχικής συγκέντρωσης των ρύπων στον αντλούμενο εδαφικό αέρα.

Κατά το στάδιο σχεδιασμού του αναγκαίου συστήματος πρέπει να προσδιοριστούν οι εξής λειτουργικές παράμετροι:

- Ακτίνα επιρροής: η μεγαλύτερη απόσταση από τη γεώτρηση άντλησης εδαφικού αέρα, όπου η ασκούμενη υποπίεση (συνήθως > 2,54mm H<sub>2</sub>O) και η παρατηρούμενη ροή εδαφικού αέρα ευνοούν την μεταφορά των ρύπων στην αέρια φάση. Εξαρτάται από την κάθετη και οριζόντια διαπερατότητα του εδάφους, το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα, την ετερογένεια του εδάφους, κα. και παρουσιάζει τιμές από 1,5 έως 30,5m.
- Υποπίεση: η απαιτούμενη πίεση υπό κενό που πρέπει να ασκηθεί για να επιτευχθεί ο επιθυμητός ρυθμός ροής του εδαφικού αέρα προς τη γεώτρηση άντλησης. Προσδιορίζεται μέσω δοκιμών και η συνήθης τιμή της κυμαίνεται μεταξύ 7,5 και 2,55cm H<sub>2</sub>O.
- Ρυθμός άντλησης εδαφικού αέρα: ο ογκομετρικός ρυθμός άντλησης του εδαφικού αέρα από τη γεώτρηση, ο οποίος προσδιορίζεται και αυτός μέσω δοκιμών και η

συνήθης τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 280 και 2800 L/min ανά γεώτρηση.

- Αρχική συγκέντρωση ρύπων στον εδαφικό αέρα: χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του ρυθμού απομάκρυνσης των ρύπων και της ανάγκης εγκατάστασης και λειτουργίας ειδικής μονάδας επεξεργασίας του αντλούμενου αέρα, πριν την έκλυσή του στην ατμόσφαιρα.
- Επιθυμητή τελική συγκέντρωση ρύπων στον εδαφικό αέρα: ορίζεται είτε από την εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία, είτε από τα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες του προς επεξεργασία πεδίου, βάσει της υφιστάμενης επικινδυνότητας, του εκτιθέμενου πληθυσμού στην ρύπανση, τους μηχανισμούς μεταφοράς των ρύπων, κα..
- Απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης: μπορεί να επηρεάσει τον σχεδιασμό των αναγκαίων συστημάτων, καθώς σε περίπτωση που είναι περιορισμένος και οριζόμενος από εξωγενείς παράγοντες (π.χ. κάποια αρμόδια αρχή ή τη νομοθεσία) ενδέχεται π.χ. να οδηγήσει στην μείωση της μεταξύ απόστασης και του συνολικού αριθμού των χρησιμοποιούμενων γεωτρήσεων άντλησης.
- Προς επεξεργασία όγκος εδάφους
- Περιορισμοί διάθεσης του αντλούμενου εδαφικού αέρα και απαιτήσεις σε παρακολούθηση των συστημάτων: συνήθως καθορίζονται από την ισχύουσα νομοθεσία.
- Περιορισμοί πεδίου: όπως παρουσία κτιρίων, εγκαταστάσεων, εμποδίων, κα..

Βάσει όλων των προαναφερόμενων, ακολουθεί η ανάπτυξη σχεδίων λειτουργίας και παρακολούθησης των συστημάτων άντλησης εδαφικού αέρα και τελικά ξεκινάει η λειτουργία αυτών.

#### Χρόνος Εφαρμογής

Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης κατά την εφαρμογή της μεθόδου άντλησης εδαφικού αέρα κυμαίνεται γενικά από 6 μήνες έως 2 χρόνια και εξαρτάται από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- τον στόχο εξυγίανσης,
- τον όγκο του προς επεξεργασία εδάφους,
- τη συγκέντρωση και την κατανομή των υφιστάμενων ρύπων,
- τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου (κυρίως τη διαπερατότητα και την ανισοτροπία του εδάφους),
- την πτητικότητα, τη διαλυτότητα και την τάση προσρόφησης των υφιστάμενων ρύπων.

Η στιγμή τερματισμού της λειτουργίας του συστήματος προσδιορίζεται βάσει των κριτηρίων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-8.

**Πίνακας 5-8:** Κριτήρια για τον τερματισμό της λειτουργίας ενός συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα (US Army Corps of Engineers, 2002).

<b>Ανάλυση αντλούμενου εδαφικού αέρα</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Οι ολικές εκπομπές ή η συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων στον αντλούμενο εδαφικό αέρα είναι μη ανιχνεύσιμες.</li> <li>- Οι ολικές εκπομπές ή η συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων στον αντλούμενο εδαφικό αέρα έχουν φτάσει τον στόχο εξυγίανσης.</li> <li>- Οι ολικές εκπομπές ή η συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων στον αντλούμενο εδαφικό αέρα έχουν φτάσει σε ασυμπτωτικές συνθήκες.</li> <li>- Δεν παρατηρείται επανεμφάνιση υψηλών συγκεντρώσεων των ρύπων μετά από κλείσιμο του συστήματος για ένα μικρό χρονικό διάστημα.</li> <li>- Το λειτουργικό κόστος δεν «αξίζει» για τον παρατηρούμενο ρυθμό μείωσης της συγκέντρωσης των ρύπων στο έδαφος.</li> </ul>
<b>Ανάλυση εδαφικού αέρα (στο πεδίο)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Η μείωση της συγκέντρωσης των ρύπων έχει φτάσει σε ασυμπτωτικές συνθήκες.</li> <li>- Οι υφιστάμενοι ρύποι είναι μη ανιχνεύσιμοι.</li> <li>- Οι υφιστάμενοι ρύποι παρουσιάζουν συγκεντρώσεις μικρές, οι οποίες πλέον δεν αποτελούν απειλή για τα υπόγεια ύδατα και γενικότερα για το πεδίο.</li> <li>- Δεν παρατηρείται επανεμφάνιση υψηλών συγκεντρώσεων των ρύπων μετά από κλείσιμο του συστήματος για ένα μικρό χρονικό διάστημα.</li> </ul>

Παρακολούθηση Συστημάτων

Οι τυπικές παράμετροι ενός συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα, οι οποίες θα πρέπει να παρακολουθούνται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, είναι οι εξής:

- η πίεση (ή κενό),
- ο ρυθμός άντλησης εδαφικού αέρα,
- η συγκέντρωση ρύπων,
- ο ρυθμός απομάκρυνσης ρύπων – απόδοση συστήματος,
- η θερμοκρασία του αντλούμενου εδαφικού αέρα.

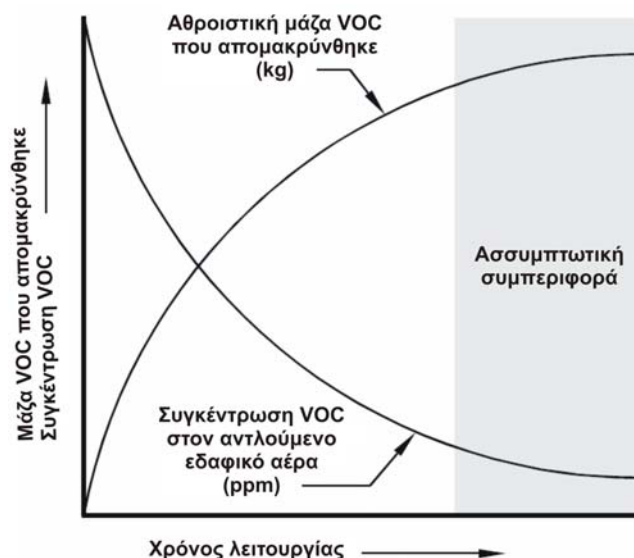
Οι παράμετροι και η συχνότητα με την οποία πρέπει να παρακολουθούνται αυτές εξαρτάται από το στάδιο της λειτουργίας του συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στον Πίνακα 5-9.

**Πίνακας 5-9:** Προτεινόμενη παρακολούθηση λειτουργικών παραμέτρων συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004).

<b>Φάση Λειτουργίας</b>	<b>Συχνότητα Παρακολούθησης</b>	<b>Παράμετρος Παρακολούθησης</b>	<b>Σημείο Παρακολούθησης</b>
Εκκίνηση λειτουργίας (7-10 ημέρες)	Καθημερινά	- Παροχή και Υποπίεση	- Γεώτρηση άντλησης - Σωληνώσεις
		- Συγκέντρωση αντλούμενου εδαφικού αέρα	- Έξοδος αντλούμενου εδαφικού αέρα στην ατμόσφαιρα
Κανονική Λειτουργία	Ανά δύο εβδομάδες ή μηνιαία	- Παροχή και υποπίεση	- Γεώτρηση άντλησης - Σωληνώσεις
		- Συγκέντρωση αντλούμενου εδαφικού αέρα	- Έξοδος αντλούμενου εδαφικού αέρα στην ατμόσφαιρα

Η παρακολούθηση της απόδοσης του συστήματος πραγματοποιείται υπολογίζοντας τη μάζα των ρύπων, που απομακρύνεται από το έδαφος, ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Στη συνέχεια, οι στιγμιαίες, αλλά και η αθροιστική ποσότητα ρύπων, που απομακρύνεται από το έδαφος, προσδιορίζονται γραφικά συναρτήσει του χρόνου (Σχήμα 5-6). Όταν η γραφική παράσταση, που προκύπτει, παρουσιάσει ασυμπτωτική συμπεριφορά, τότε θα πρέπει είτε να τερματιστεί η λειτουργία του συστήματος (αν έχουν επιτευχθεί οι στόχοι εξυγίανσης ή απομακρυνθεί πλήρως οι υφιστάμενοι ρύποι), είτε θα πρέπει να γίνει εκ νέου ρύθμιση των λειτουργικών παραμέτρων του συστήματος (π.χ. αύξηση του ρυθμού άντλησης) για τη βελτίωση της απόδοσής του.



**Σχήμα 5-6:** Τυπική συσχέτιση της μάζας των ρύπων που απομακρύνεται από το έδαφος, συναρτήσει του χρόνου εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004).

#### Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας ενός συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα είναι δυνατόν να ποικίλει σημαντικά από περίπτωση σε περίπτωση, καθώς όπως είναι προφανές αυτό εξαρτάται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του πεδίου και της υφιστάμενης ρύπανσης.

Παράμετροι όπως:

- τα χαρακτηριστικά της απαιτούμενης αντλίας,
- ο αριθμός και το βάθος των αναγκάων γεωτρήσεων,
- οι ιδιότητες του εδάφους (π.χ. διαπερατότητα),
- το μήκος των αναγκάων σωληνώσεων,
- το είδος και το μέγεθος της ενδεχομένως αναγκαίας μονάδας επεξεργασίας του αντλούμενου εδαφικού αέρα,

καθιστούν αδύνατη την εκτίμηση ενός standard κόστους εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Στον Πίνακα 5-10 και 5-11 παρουσιάζεται αναλυτικά το κόστος δύο διαφορετικών εφαρμογών της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα σε περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής.

#### Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.

##### *Πλεονεκτήματα τεχνολογίας*

- Είναι πολύ αποτελεσματική στην απομάκρυνση πτητικών οργανικών ρύπων από την ακόρεστη ζώνη.
- Η μεγάλη απόδοσή της και επιτυχία της είναι αποδεδειγμένη (η τεχνολογία δεν βρίσκεται πλέον υπό μελέτη / αξιολόγηση).
- Τα απαιτούμενα συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν και να λειτουργήσουν πολύ γρήγορα και εύκολα.
- Μπορεί να εφαρμοστεί σε τμήματα του εδάφους, που βρίσκονται κάτω από κτίρια και σε περιοχές, όπου δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν εκσκαφές.
- Μπορεί να εφαρμοστεί με ελάχιστες παρεμβάσεις στο πεδίο.
- Μπορεί να επιτύχει σχετικά μικρούς χρόνους εξυγίανσης (συνήθως από 6 μήνες έως 2 έτη υπό βέλτιστες συνθήκες).
- Έχει τη δυνατότητα να επεξεργαστεί μεγάλους όγκους εδάφους με αποδεκτό κόστος (~14-36 € / tn ρυπασμένου εδάφους).
- Μπορεί να συνδυαστεί πολύ εύκολα και αποτελεσματικά με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης εδαφών και υπογείων υδάτων (π.χ. air sparging).

##### *Μειονεκτήματα τεχνολογίας*

- Είναι δύσκολο να επιτύχει μείωση της συγκέντρωσης των υφιστάμενων ρύπων σε ποσοστό μεγαλύτερο από 90%.
- Η εφαρμοσιμότητα και η απόδοσή της καθορίζονται άμεσα από τα γεωλογικά χαρακτηριστικά του εδάφους, τα οποία δεν θα πρέπει να περιλαμβάνουν ετερογένεια ή χαμηλή διαπερατότητα.
- Στην περίπτωση μέτρια διαπερατών εδαφών απαιτείται μεγάλου μήκους διάτρητο τμήμα άντλησης στις χρησιμοποιούμενες γεωτρήσεις.
- Η έντονη παρουσία αργίλου ή χουμικών ενώσεων, ευνοεί την προσρόφηση των ρύπων στα εδαφικά σωματίδια και αποτρέπει τη μεταφορά τους στην αέρια φάση, μειώνοντας σημαντικά την απόδοσή της.
- Η έντονη διακύμανση ενός ενδεχόμενου υποκείμενου υδροφορέα είναι δυνατόν να επηρεάσει αρνητικά την απόδοσή της.
- Η επεξεργασία των αντλούμενων απαερίων είναι σχεδόν πάντα αναγκαία, εξαρτάται άμεσα από το είδος των ρύπων και το ρυθμό απομάκρυνσης του εδαφικού αέρα και αυξάνει σημαντικά το κόστος και την πολυπλοκότητα των απαιτούμενων συστημάτων.

**Πίνακας 5-10:** Κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα στην Αεροπορική Βάση McClellan της Καλιφόρνια (www.denix.osd.mil).

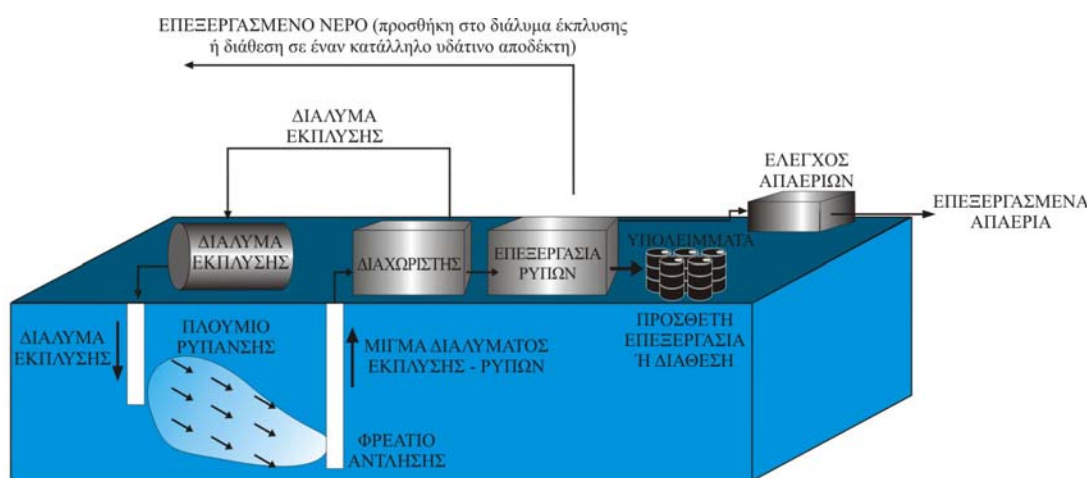
Εγκατάσταση		Κόστος Μονάδας	Κόστος
<b>Προετοιμασία Περιού</b>			
Σύνδεση σωληνώσεων	75m σωλήνων πολυουρεθάνης (2 inch)	17,72 €/m	4.032 €
Ηλεκτρική σύνδεση	305m υπόγειων καλωδίων (4 inch)	11,81 €/m	3.600 €
Μετασχηματιστής	12kv έως 440v	9360	9.360 €
Σύνδεση νερού	305m υπόγειων σωλήνων PVC (2 inch)	33,07 €/m	10.080 €
Διαμόρφωση χώρου	280m <sup>2</sup> υπόβασης και τσιμέντου	46,45 €/m <sup>2</sup>	12.960 €
Κατασκευή γεωτρήσεων	9 γεωτρήσεις συνολικού μήκους 243m	177,16 €/m	43.200 €
<b>Εξοπλισμός</b>			
Αντλίες	4 αντλίες 14-22m <sup>3</sup> /min με πίεση 7-12 inch Hg	12240	48.960 €
Διαχωριστές αερίων - υγρών	2 μονάδες, 340 και 56 m <sup>3</sup> /min	2880	5.760 €
Σωληνώσεις	305m σωλήνων PVC (4-8 inch)	70,86 €/m	21.600 €
Σύστημα ελέγχου αντλούμενου εδαφικού αέρα	Καταλυτική οξείδωση και υγρή πλυντρίδα	255,6	255.600 €
<b>Κόστος Μηχανικών</b>	10% του κόστους εγκατάστασης		41.544 €
<b>Κινητοποίηση (mobilization)</b>	10% του κόστους εγκατάστασης		41.040 €
<b>Συνολικό κόστος εγκατάστασης</b>			<b>497.736 €</b>
Λειτουργία και Συντήρηση (648 ώρες/μήνα)		Κόστος Μονάδας	Μηνιαίο Λειτουργικό Κόστος
Άντληση	70m <sup>3</sup> /min	0,09 €/m <sup>3</sup>	3.960 €
Ηλεκτρική ενέργεια	105 kw/h	0,054€/kWh	3.672 €
Νερό	2,3m <sup>3</sup> /h	189,47 €/m <sup>3</sup>	288 €
Χημικά πλυντρίδας	0,96m <sup>3</sup> /h	252 €/ton	20.736 €
Διάθεση αποβλήτων	1,89m <sup>3</sup> /h	568,42 €/m <sup>3</sup>	720 €
Έλεγχος και παρακολούθηση	1 μέτρηση στην έκλυση του επεξεργασμένου εδαφικού αέρα το μήνα, 9 αναλύσεις στις γεωτρήσεις το μήνα	1800 €/δείγμα	18.000 €
Κόστος εργαζομένων	90 ώρες για 2 μερικής απασχόλησης τεχνικούς και προσωπικού δειγματοληψίας	50,4 €/h	4.536 €
Αναφορές	1 μηνιαία αναφορά	4320 €/μήνα	4.320 €
<b>Συνολικό μηνιαίο λειτουργικό κόστος</b>			<b>56.232 €</b>
<b>Συνολικό ετήσιο λειτουργικό κόστος</b>			<b>674.784 €</b>

**Πίνακας 5-11:** Κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα σε εγκαταστάσεις στεγνού καθαρισμού Swift Cleaners στη Φλόριντα (<http://costperformance.org>).

<b>Χαρακτηριστικά πεδίου</b>	
Ταξινόμηση εδάφους	- Από επιφάνεια εδάφους έως βάθος 14m: πηλώδης, πολύ λεπτόκοκκη άμμος - Από βάθος 14m έως 20m: αργιλώδης πολύ λεπτόκοκκη άμμος - Από βάθος 20m έως 24m: ασβεστόλιθος με στρώσεις αργίλου
Διαπερατότητα εδάφους	$4.4 \times 10^{-8} \text{ (cm}^2\text{)}$
Πορώδες	20%
Υπόγεια ύδατα	Υδροφόρος ορίζοντας σε βάθος 18m
Ολικός οργανικός άνθρακας	Μέγιστη τιμή 105mg/L σε βάθος 13m
Παρουσία NAPLs	PCE
<b>Χαρακτηριστικά συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα</b>	
Ρυθμός άντλησης	765L/min
Ασκούμενη υποπίεση	10 έως 27 inches H <sub>2</sub> O
<b>Κόστος</b>	
Χαρακτηρισμός πεδίου - διεξαγωγή τεστ	197.280 €
Σχεδιασμός και εφαρμογή τεχνολογίας	84.960 €
Λειτουργία και συντήρηση συστήματος	21.600 €/έτος

### 5.2.1.1.2. Εδαφική Έκπλυση (Soil Flushing)

Η εδαφική έκπλυση (Soil Flushing) αποτελεί μια καινοτόμο τεχνολογία επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών και υπογείων υδάτων, η οποία περιλαμβάνει την εισαγωγή / διήθηση ενός υδατικού διαλύματος μέσα στην υφιστάμενη ζώνη ρύπανσης, με στόχο τη μεταφορά των εδαφικών ρύπων στο χρησιμοποιούμενο διάλυμα και τη μετέπειτα απομάκρυνσή τους με την άντληση του υπόγειου νερού και κατ' επέκταση του ρυπασμένου πλέον διαλύματος (Σχήμα 5-7). Η τεχνολογία αυτή εφαρμόζεται in-situ και πολλές φορές συγχέεται με την εδαφική πλύση (soil washing), η οποία ναι μεν παρουσιάζει παρόμοια αρχή επεξεργασίας, αλλά είναι ex-situ διεργασία, η οποία απαιτεί την εκσκαφή του ρυπασμένου εδάφους για την αποκατάστασή του.



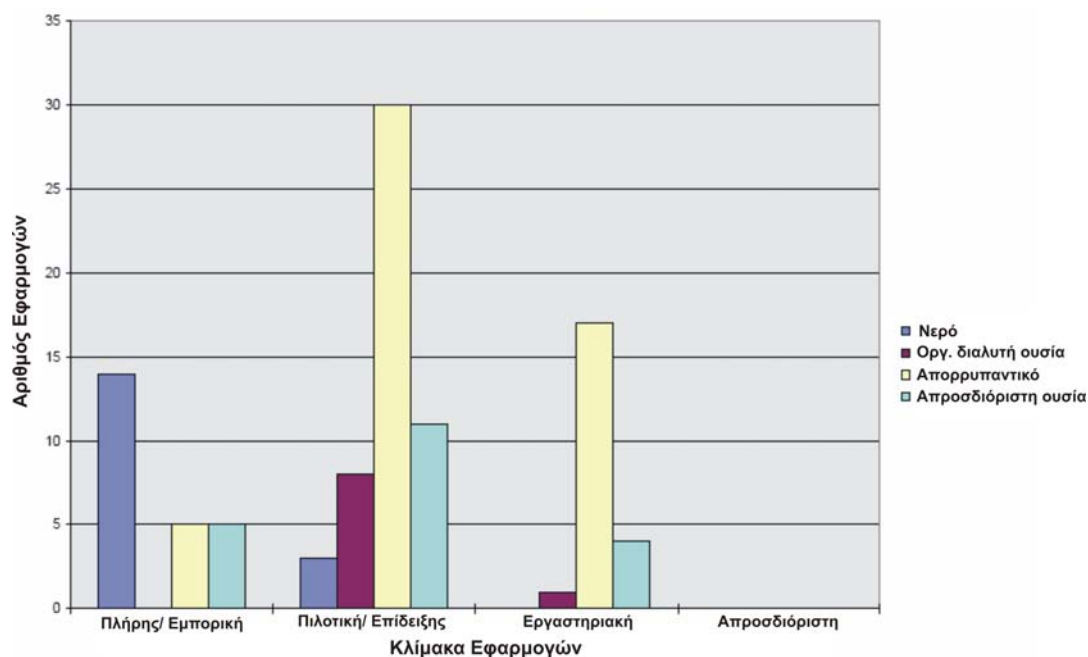
**Σχήμα 5-7:** Γραφική απεικόνιση της εφαρμογής της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης (EPA, 1996).

#### Βασική αρχή

Κύριος στόχος της εδαφικής έκπλυσης είναι η μεταφορά των ρύπων από το έδαφος σε μια υγρή υδατική φάση, η οποία είναι δυνατόν να συλλεχθεί και να επεξεργαστεί κατάλληλα στην επιφάνεια του εδάφους. Η χρησιμοποιούμενη υγρή φάση μπορεί να αποτελείται από απορρυπαντικά (surfactants – surface active agents), διαλυτές οργανικές ενώσεις (cosolvents), οξέα, βάσεις, διαλύτες ή ακόμη και καθαρό νερό και αποβλέπει στην αύξηση της κινητικότητας και της διαλυτότητας των υφιστάμενων εδαφικών ρύπων. Το Διάγραμμα 5-1 παρουσιάζει τη συχνότητα χρήσης των κυριότερων εκ των προαναφερόμενων διαλυμάτων εδαφικής έκπλυσης σε διαφορετικής κλίμακας εφαρμογές (συνολικά 84), που έχουν πραγματοποιηθεί στις ΗΠΑ.

Η επιλογή του διαλύματος έκπλυσης γίνεται βάσει του υφιστάμενου ρύπου. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που το προς επεξεργασία έδαφος περιέχει διαλυτούς (υδρόφιλους) ρύπους (π.χ. χαμηλού μοριακού βάρους αλκοόλες), ακόμη και το καθαρό νερό ίσως να αποδειχθεί αποτελεσματικό. Αντίθετα, στην περίπτωση αδιάλυτων (υδρόφοβων) οργανικών ρύπων (π.χ. πετρελαϊκά προϊόντα) απαιτείται η χρήση απορρυπαντικών ή ειδικών διαλυτών οργανικών

ενώσεων (cosolvents), που θα καταφέρουν να τους μεταφέρουν στην υγρή φάση. Τέλος, για την απομάκρυνση βαρέων μετάλλων έχει αποδειχθεί απαραίτητη η χρήση όξινων διαλυμάτων έκπλυσης.



**Διάγραμμα 5-1:** Χρήση των διαφόρων διαλυμάτων έκπλυσης σε σύνολο 84 εφαρμογών της τεχνολογίας στις ΗΠΑ (Roote D., 1998).

Οι μηχανισμοί, με τους οποίους το χρησιμοποιούμενο διάλυμα έκπλυσης απομακρύνει τους ρύπους από το έδαφος, είναι κυρίως οι εξής:

- η διάλυση,
- οι χημικές αντιδράσεις,
- ο σχηματισμός γαλακτωμάτων.

Γενικά, η διεργασία της εδαφικής έκπλυσης ενεργοποιεί μια ή περισσότερες γεωχημικές διεργασίες, που μπορούν να λάβουν χώρα στο υπέδαφος, μεταξύ των οποίων είναι:

- η προσρόφηση και η εκρόφηση,
- η οξείδωση και η αναγωγή,
- η διάλυση και η καθίζηση,
- η συμπλοκοποίηση,
- η βιοαποδόμηση.

Αφού ο ρύπος μεταφερθεί στο υπόγειο νερό ή στο διάλυμα έκπλυσης, στη συνέχεια μεταφέρεται προς το φρεάτιο άντλησης υπό την επίδραση των ακόλουθων μηχανισμών μεταφοράς μάζας:

- συμμεταφορά,
- διασπορά,

- διάχυση,
- εξάτμιση.

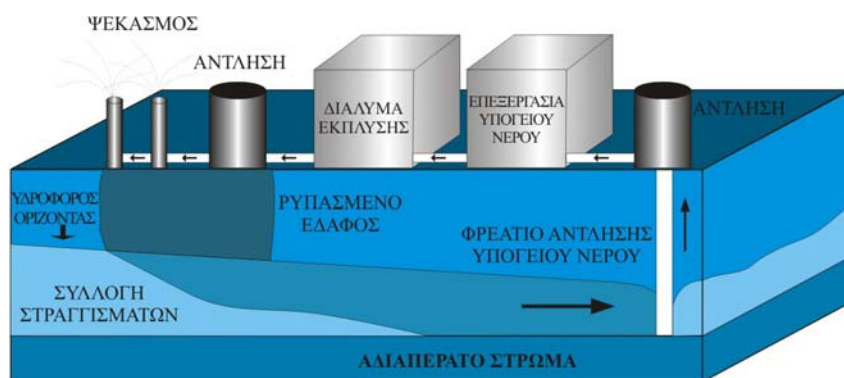
#### Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης, το χρησιμοποιούμενο διάλυμα μπορεί να διατεθεί στην επιφάνεια του εδάφους, με ψεκασμό (Σχήμα 5-8) ή με απευθείας εναπόθεση και στη συνέχεια διηθείται μέσα σε αυτό, δεσμεύοντας ή παρασύροντας μαζί του τους υφιστάμενους ρύπους. Μόλις φτάσει στον υδροφορέα αρχίζει να ταξιδεύει μαζί με το υπόγειο νερό, ελεγχόμενα, προς ένα φρεάτιο άντλησης, από όπου συλλέγεται και μεταφέρεται στην επιφάνεια για επεξεργασία ή επανακυκλοφορία μέσα στο έδαφος.

Όταν ο στόχος της επεξεργασίας είναι βαθιά ρυπασμένα εδάφη ή η κορεσμένη ζώνη του εδάφους, το διάλυμα έκπλυσης εισάγεται μέσω φρεατίου μέσα στον υπόγειο υδροφορέα.

Σε γενικές γραμμές, οι εργασίες, που πρέπει να μπορούν να πραγματοποιηθούν με τον απαιτούμενο εξοπλισμό των συστημάτων εδαφικής έκπλυσης, είναι οι εξής:

- προετοιμασία διαλυμάτων έκπλυσης,
- εισαγωγή διαλυμάτων έκπλυσης και εξαγωγή αυτών από το υπέδαφος, μέσω του υπόγειου νερού,
- παρακολούθηση των βασικών λειτουργικών παραμέτρων των συστημάτων,
- συντήρηση των συστημάτων,
- επεξεργασία αντλούμενου ρυπασμένου νερού / διαλύματος έκπλυσης.

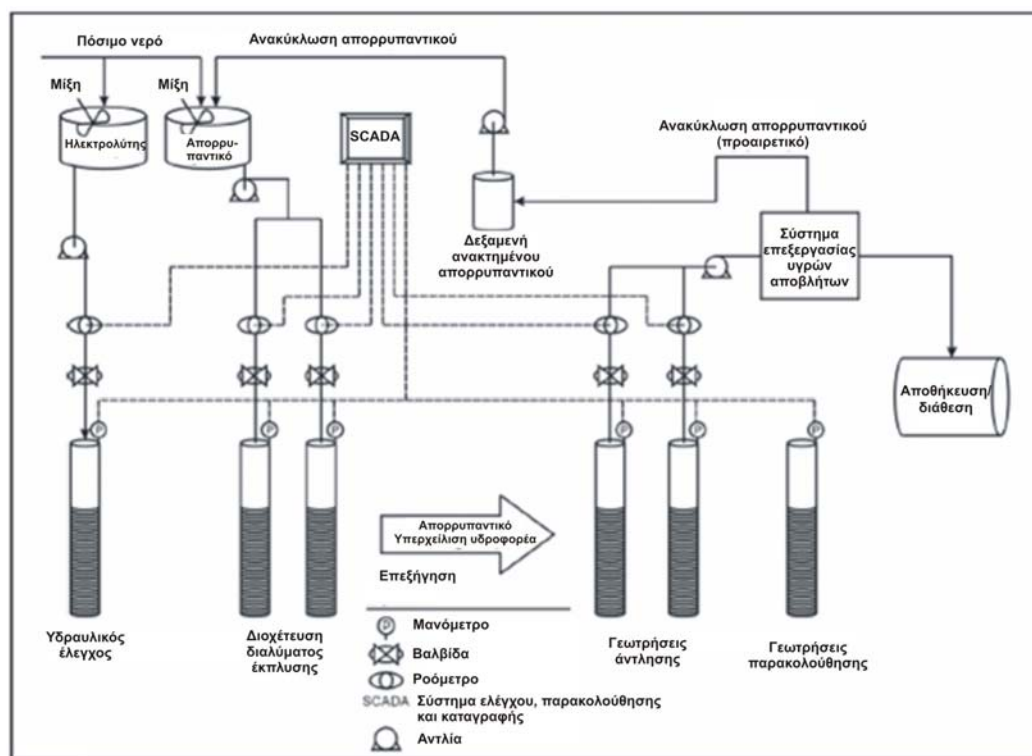


**Σχήμα 5-8:** Σύστημα εδαφικής έκπλυσης με ψεκασμό (www.frtr.gov).

Για την προετοιμασία των διαλυμάτων έκπλυσης χρησιμοποιούνται δεξαμενές αποθήκευσης, ανάμιξης, καθώς επίσης σωληνώσεις μεταφοράς και αντλίες. Η εισαγωγή και η εξαγωγή τους από το υπέδαφος πραγματοποιείται συνήθως μέσω γεωτρήσεων, με χρήση κατάλληλων αντλιών και λοιπού εξοπλισμού (ροομέτρων, μανόμετρων, σωληνώσεων, κτλ.). Επιπλέον, η χρήση φίλτρων για την απομάκρυνση στερεών σωματιδίων κρίνεται σχεδόν πάντα αναγκαία. Τέλος, η επεξεργασία του αντλούμενου υπόγειου νερού και των διαλυμάτων έκπλυσης, που περιέχουν τους ανεπιθύμητους ρύπους, πραγματοποιείται σε ειδική μονάδα, που πρέπει να είναι διαθέσιμη, με εφαρμογή κατάλληλης τεχνολογίας επεξεργασίας νερού και υγρών

αποβλήτων, βάσει των υφιστάμενων ρύπων και των γενικότερων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών τους.

Στο Σχήμα 5-9 παρουσιάζονται τα βασικότερα επιμέρους τμήματα ενός τυπικού συστήματος εδαφικής έκπλυσης.



**Σχήμα 5-9:** Βασικά επιμέρους τμήματα ενός τυπικού συστήματος εδαφικής έκπλυσης (ITRC, 2003).

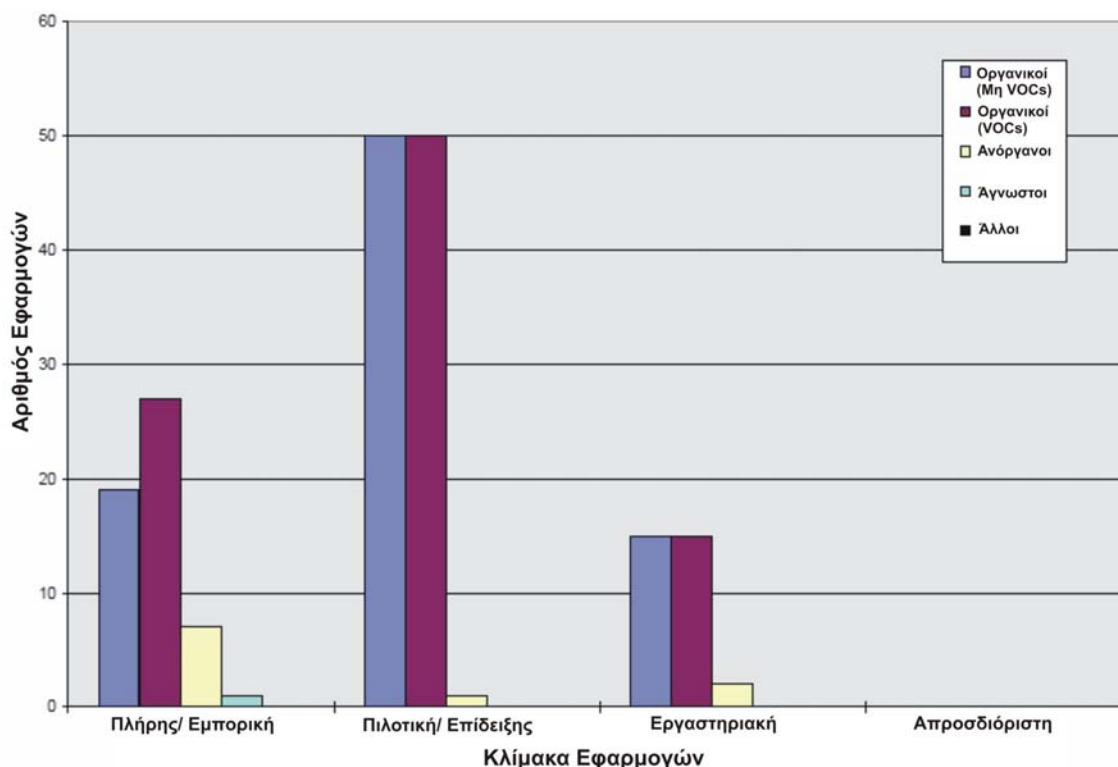
#### Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Η δυνατότητα χρήσης διαφορετικών διαλυμάτων έκπλυσης αυξάνει σημαντικά τα είδη και τον αριθμό των ρύπων, που μπορούν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς από την εν λόγω τεχνολογία.

Μεταξύ των ρύπων αυτών, συμπεριλαμβάνονται οι ακόλουθοι:

- μη υδατικής φάσης υγρά (NAPL),
- αρωματικοί υδρογονάνθρακες,
- πτητικά οργανικά συστατικά (VOC),
- ημι-πτητικά οργανικά συστατικά (SVOC),
- πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB),
- αλογονωμένα φυτοφάρμακα και διαλύτες,
- διοξίνες / φουράνια,
- κυανίδια,
- διαβρωτικές ενώσεις,
- βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, χαλκός, ψευδάργυρος, κα.), κα.

Στο Διάγραμμα 5-2 παρουσιάζονται οι ρύποι, για τους οποίους έχει εφαρμοστεί η τεχνολογία της εδαφικής έκπλυσης σε σύνολο 84 διαφορετικών πεδίων στις ΗΠΑ.



**Διάγραμμα 5-2:** Ρύποι για τους οποίους έχει εφαρμοστεί η τεχνολογία της εδαφικής έκπλυσης σε σύνολο 84 διαφορετικών πεδίων στις ΗΠΑ (Roote D., 1998).

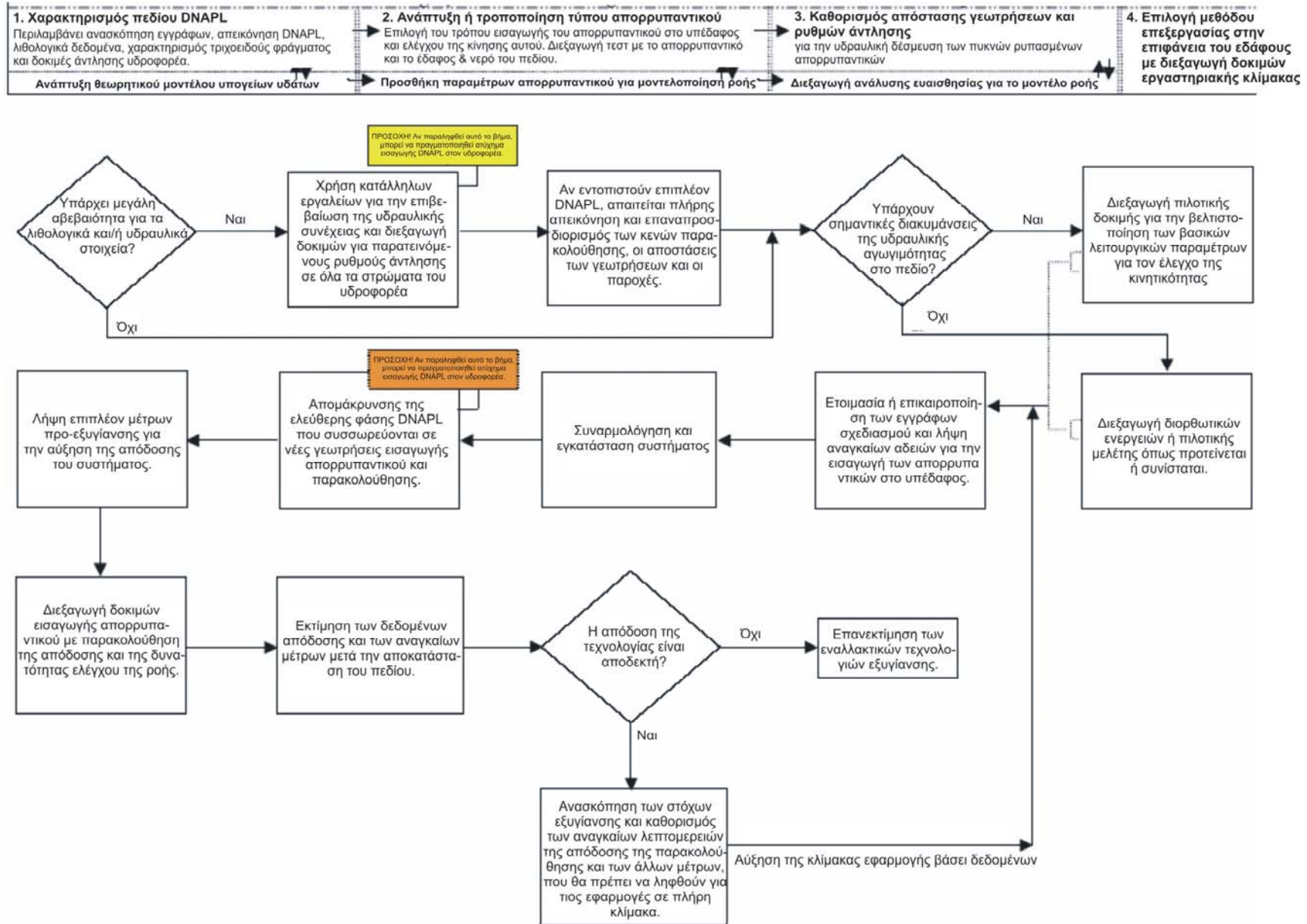
#### Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

Για την αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητας της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης για την εξυγίανση ενός συγκεκριμένου πεδίου ακολουθείται η μεθοδολογία, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-10.

Σε γενικές γραμμές, οι παράγοντες, που καθορίζουν την καταλληλότητα ή μη της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης, είναι οι εξής:

- τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση εδάφους,
- τα χαρακτηριστικά των υφιστάμενων ρύπων,
- η εύρεση ενός κατάλληλου διαλύματος έκπλυσης.

Η υδρογεωλογία του ρυπασμένου πεδίου θα καθορίσει κατ' αρχήν αν είναι δυνατή η εφαρμογή της εδαφικής έκπλυσης, επιτρέποντας ή μη τη γρήγορη και ομοιόμορφη εξάπλωση του εισαγόμενου διαλύματος έκπλυσης. Στον Πίνακα 5-12 παρουσιάζεται η δυνατότητα εφαρμογής της εν λόγω τεχνολογίας σε διάφορα πεδία, ανάλογα με τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά τους και το είδος των υφιστάμενων ρύπων, ενώ ο Πίνακας 5-13 αναφέρει αναλυτικά όλα τα δεδομένα πεδίου, που πρέπει να συγκεντρωθούν για την ολοκληρωμένη αξιολόγησή της.



**Σχήμα 5-10:** Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητας της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης για την εξυγίανση ενός συγκεκριμένου πεδίου (Naval Facilities Engineering Service Center, 2003).

**Πίνακας 5-12:** Δυνατότητα εφαρμογής της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης, υπό διαφορετικές υδρογεωλογικές συνθήκες (ITRC, 2003).

Υδρογεωλογία	Είδος ή Φάση Ρύπων		
	Διαλυμένα DNAPL	Προσροφημένη Φάση	Υδατική Φάση
<b>Ελαφριά Ετερογένεια</b>			
Υψηλή διαπερατότητα (άμμος και χαλίκι, $>10^{-3}$ cm/sec)	1	2	Μη εφαρμόσιμη
Μέτρια διαπερατότητα (ιλύς, πηλώδης και αργιλώδης άμμος, $10^{-3}$ - $10^{-4}$ cm/sec)	2	3	Μη εφαρμόσιμη
Χαμηλή διαπερατότητα (πηλώδης άργιλος και άργιλος, $<10^{-5}$ cm/sec)	4	4	Μη εφαρμόσιμη
<b>Ετερογένεια</b>			
Μέτριες διαφοροποιήσεις	1	2	Μη εφαρμόσιμη
Μεγάλες διαφοροποιήσεις	3	4	Μη εφαρμόσιμη
<b>Αδιαπέρατο πέτρωμα</b>	4	Μη εφαρμόσιμη	Μη εφαρμόσιμη

\* Σημείωση: 1 = μέγιστη εφαρμοσιμότητα και 5 = ελάχιστη εφαρμοσιμότητα.

**Πίνακας 5-13:** Απαιτούμενα δεδομένα πεδίου για την αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης (ITRC, 2003).

ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟΥ	
Σχέδια πεδίου	Προσδιορισμός εισόδων, αν είναι δυνατόν. Χρήση αρχείων χημικών αναλύσεων και διαρροής ρύπων για τον εντοπισμό πιθανών θέσεων, φύσεως και ιστορικού παλαιότερων διαρροών ή πηγών ρύπανσης στο πεδίο. Χρήση των πρόσφατων και ιστορικών χαρτών / σχεδίων του πεδίου για τον εντοπισμό ύποπτων περιοχών, όπως λιμνών, δεξαμενών αποθήκευσης και / ή άλλων χώρων διάθεσης ή αποθήκευσης χημικών. Υπολογισμός του τύπου και της ποσότητας των χημικών, που έχουν χρησιμοποιηθεί στο πεδίο.
Αρχεία χημικών αναλύσεων	Ανασκόπηση διαθέσιμων δεδομένων του πεδίου για τον καθορισμό παραμέτρων, που είναι διαθέσιμων και άλλων, που πρέπει να προσδιοριστούν.
Αρχεία διαρροής ρύπων	
Παλαιότερες μελέτες χαρακτηρισμού του πεδίου	
ΦΥΣΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	
Καιρός, τοπογραφία, χρήσεις γης, υποδομές πεδίου	Καθορισμός του κλίματος του πεδίου για υδρογεωλογικούς και διαχειριστικούς λόγους. Η τοπογραφία και οι χρήσεις γης ίσως περιορίσουν τις τεχνικές διερεύνησης του πεδίου και τα χαρακτηριστικά του απαιτούμενου συστήματος. Οι υποδομές του πεδίου ίσως επηρεάσουν το κόστος και τη διάρκεια της διερεύνησης του πεδίου και τον τρόπο διοχέτευσης του διαλύματος έκπλυσης. Πληροφορίες σχετικά με επιφανειακές και υπόγειες κατασκευές πρέπει να συλλεχθούν, προκειμένου να αποφευχθεί πιθανή παρεμπόδιση με το πρόγραμμα χαρακτηρισμού του πεδίου ή την επιλογή των γεωτρήσεων διοχέτευσης διαλύματος έκπλυσης / άντλησης εδαφικού αέρα.
Εγκαταστάσεις, σωληνώσεις και άλλες επιφανειακές και υπόγειες κατασκευές	
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	
Φύση και έκταση πλούμιου διαλυμένης φάσης	Παρότι η διοχέτευση απορρυπαντικού ή διαλυτής οργανικής ουσίας στο υπέδαφος αποτελεί μια τεχνολογία «ζώνης», πληροφορίες σχετικά με το πλούμιο διαλυμένης φάσης μπορούν να φανούν χρήσιμες για την απεικόνιση των πηγών ρύπανσης. Οι διαφορές στη συγκέντρωση των ρύπων στα υπόγεια ύδατα, σε συνδυασμό με τις πληροφορίες της υδατικής διαλυτότητάς τους και της βιοαποδομησιμότητάς τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό hot spots.

Υδατική γεωχημεία	Προσδιορισμός pH, αγωγιμότητας, ολικών διαλυμένων στερεών και ιόντων στα υπόγεια ύδατα για την επιλογή του κατάλληλου απορρυπαντικού.
Θερμοκρασία	Η μέση θερμοκρασία των υπογείων υδάτων στο πεδίο πρέπει να προσδιοριστεί, έτσι ώστε η απόδοση του χρησιμοποιούμενου απορρυπαντικού / διαλυτής οργανικής ένωσης να βελτιστοποιηθεί για τη συγκεκριμένη θερμοκρασία.
<b>ΓΕΩΛΟΓΙΑ / ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΔΙΟΥ</b>	
Στρωματογραφία και υδροστρωματογραφία	Χαρακτηρισμός της στρωματογραφίας και υδροστρωματογραφίας του πεδίου. Ο όρος υδραστρωματογραφία δηλώνει την ταξινόμηση των γεωλογικών υλικών σε ομάδες βάσει των υδραυλικών τους ιδιοτήτων (π.χ. περιορισμένος και ελεύθερος υδροφορέας). Προσδιορισμός του χαρακτήρα των κύριων υδροστρωματογραφικών μονάδων, συμπεριλαμβανομένου του μεγέθους, της γεωμετρίας και της δομής τους. Σημείωση των μεταβολών της διαπερατότητας, της ετερογένειας, δομικών «παγίδων» ή τροχοειδών «φραγμάτων». Κατανόηση του περιβάλλοντος εισαγωγής του διαλύματος έκπλυσης και των υφιστάμενων γεωλογικών δομών / ετερογενειών.
Τριχοειδή φράγματα / όρια ροής	Βάσει των παραπάνω πληροφοριών, περιγράφονται λεπτομερώς η έκταση, η φύση και το πάχος των τριχοειδών φραγμάτων ή χαμηλής διαπερατότητας στρωμάτων, τα οποία θα παρεμποδίσουν την κάθετη κίνηση των DNAPL. Επίσης, καθορίζονται τυχόν κενά στο τριχοειδές φράγμα, λόγω αλλαγών των γεωλογικών μονάδων, κτλ..
Πάχος υδροφορέα Κατανομή διαπερατότητας και υδραυλικής αγωγιμότητας	Μέτρο του πάχους της κορεσμένης ζώνης. Η διαπερατότητα είναι η ικανότητα ενός πορώδους μέσου να μεταφέρει ένα ρευστό, ανεξάρτητα από τον τύπο του ρευστού. Η υδραυλική αγωγιμότητα εξ' ορισμού είναι συγκεκριμένη μόνο στα υπόγεια ύδατα. Μια και η τεχνολογία εδαφικής έκπλυσης σχετίζεται με ρευστά με διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, η κατανομή της διαπερατότητας πρέπει να προσδιοριστεί.
Υδραυλική κλίση	Μέτρο της κινητήριας δύναμης της ροής των υπογείων υδάτων. Η υδραυλική κλίση, που επηρεάζει την προς επεξεργασία ζώνη, πρέπει να εντοπιστεί για να εξασφαλιστεί ο έλεγχος της υπόγειας ροής.
Πιεζομετρική επιφάνεια	Χάρτης του υδραυλικού ύψους στον υδροφορέα.
Διακυμάνσεις υδροφόρου ορίζοντα	Εποχιακές μεταβολές της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα πρέπει να παρατηρηθούν και να εκτιμηθεί η επίδρασή τους στην μετακίνηση των DNAPL και των διαλυμάτων έκπλυσης.
Κατανομή μεγέθους σωματιδίων	Η κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων δίνει πληροφορίες για τη στρωματογραφία, τη διαπερατότητα και το πορώδες. Γενικά, τα λιγότερο διαπερατά στρώματα θα είναι λιγότερο ταξινομημένα ως προς το μέγεθος των σωματιδίων τους και έχουν μικρότερο μέσο μέγεθος σωματιδίων από τα πιο διαπερατά στρώματα.

Πορώδες, περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα Αυτές οι παράμετροι χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του κορεσμού σε DNAPL με χρήση της συγκέντρωσης εδάφους/ ρύπου. Το πορώδες είναι μέτρο του κενού όγκου ενός εδάφους, ενώ η περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα αφορά την ιζηματογενή (μη ανθρωπογενή) οργανική ύλη.

Γεωχημεία Συλλογή πληροφοριών για την ορυκτολογία, τη δομή, το περιεχόμενο σε άργιλο και το pH του εδάφους,

#### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ DNAPL

Πυκνότητα Μάζα ανά μονάδα όγκου μια ουσίας.  
 Ιξώδες Η φυσική ιδιότητα ενός ρευστού, η οποία χαρακτηρίζει την αντίστασή του στην ροή.  
 Χημική σύσταση Οι υφιστάμενες ενώσεις στο πεδίο πρέπει να προσδιοριστούν και να κατηγοριοποιηθούν ως DNAPL ή LNAPL.  
 Επιφανειακή τάση Η τάση, η οποία περιγράφεται ως δύναμη ανά μονάδα μήκους ή ενέργειας ανά μονάδα επιφανείας, που αναπτύσσεται μεταξύ δύο μη αναμίξιμων ρευστών ή ενός ρευστού και ενός στερεού.  
 Διαλυτότητα στο νερό Η μέγιστη συγκέντρωση μιας χημικής ουσίας, που μπορεί να διαλυθεί στο νερό σε συγκεκριμένη θερμοκρασία και πίεση. Σε περίπτωση μίγματος, χρησιμοποιείται ο νόμος του Raoult.  
 Συντελεστής κατανομής οργανικού άνθρακα για κάθε συστατικό Μέτρο της «συγγένειας» ενός συγκεκριμένου ρύπου με την οργανική ύλη του εδάφους.

#### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΛΛΩΝ ΦΑΣΕΩΝ

Διαβρεξιμότητα Μέτρο της εξάπλωσης ενός ρευστού σε μια στερεή επιφάνεια σε ένα σύστημα δυο ρευστών. Ένα σύστημα εδάφους – NAPL – νερού θεωρείται ως διαβρέξιμο με νερό (water-wet), διαβρέξιμο με NAPL (oil-wet) ή μικτά διαβρέξιμο (mixed-wet) ανάλογα με το πιο ρευστό (νερό ή NAPL) έχει μεγαλύτερη συγγένεια ή προτίμηση να καλύπτει στερεές επιφάνειες.  
 Κορεσμός σε DNAPL Προσδιορίζεται η συγκέντρωση του ρύπου σε κάθε μεγάλη στρωματογραφική μονάδα και με χρήση των τιμών του συντελεστή κατανομής οργανικού άνθρακα, δεδομένων διαλυτότητας, πορώδους και περιεκτικότητας οργανικού άνθρακα εκτιμάται ο τοπικός κορεσμός σε DNAPL.  
 Τύχη και μετακίνηση Χρησιμοποιείται η γνώση της συμπεριφοράς των DNAPL για την εκτίμηση της σημασίας των μηχανισμών της διαλυτότητας, της πτητικότητας, της προσρόφησης και της βιοαποδόμησης στην τύχη και την κινητικότητα τους στο εκάστοτε πεδίο.  
 Τριχοειδείς δυνάμεις Οι τριχοειδείς δυνάμεις σχετίζονται με την αλληλεπίδραση διεπιφανειακών τάσεων και διαβρεξιμότητας.

Η συγκέντρωση, η κατανομή και οι ιδιότητες των υφιστάμενων ρύπων επηρεάζουν κυρίως τα χαρακτηριστικά του εγκαταστηθέντος συστήματος εδαφικής έκπλυσης. Για παράδειγμα, καθορίζουν το είδος, την ποσότητα και τη συγκέντρωση του διαλύματος έκπλυσης, που θα χρησιμοποιηθεί, το σημείο εισαγωγής και άντλησής του και γενικότερα την τελική απόδοση της όλης τεχνολογίας αποκατάστασης.

Στον Πίνακα 5-14 παρουσιάζεται πως και σε ποιό βαθμό ορισμένοι από τους προαναφερόμενους παράγοντες του πεδίου καθορίζουν την εφαρμοσιμότητα και την απόδοση της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης.

Εφόσον προκύψουν θετικά στοιχεία από τη συλλογή και την αξιολόγηση όλων των προαναφερόμενων δεδομένων, ακολουθεί ο σχεδιασμός του απαιτούμενου συστήματος, συνήθως με τη βοήθεια κάποιου κατάλληλου υπολογιστικού μοντέλου και τη διεξαγωγή εργαστηριακών και πιλοτικών δοκιμών.

Οι βασικότερες σχεδιαστικές παράμετροι, που πρέπει να προσδιοριστούν, είναι οι εξής:

- το σημείο διοχέτευσης του διαλύματος έκπλυσης και άντλησης του υπόγειου νερού (π.χ. αριθμός και θέση απαιτούμενων γεωτρήσεων),
- ο ρυθμός διοχέτευσης του διαλύματος έκπλυσης και άντλησης του υπόγειου νερού,
- το είδος του διαλύματος έκπλυσης και η πιθανή επανακυκλοφορία αυτού εντός του υπεδάφους μετά την άντλησή του,
- η πίεση διοχέτευσης του διαλύματος έκπλυσης,
- ο τρόπος και ο τόπος προετοιμασίας του διαλύματος έκπλυσης,
- η πιθανότητα εμφάνισης φαινομένων επικινδυνότητας για την υγεία ή την ασφάλεια και ο τρόπος αποτροπής / αντιμετώπισής τους,
- ο χώρος και ο τρόπος αποθήκευσης των επιμέρους συστατικών του διαλύματος έκπλυσης,
- οι ανάγκες του συστήματος σε συντήρηση και παρακολούθηση,
- η επεξεργασία του χρησιμοποιηθέντος διαλύματος έκπλυσης και του αντλούμενου ρυπασμένου νερού,
- ο αναμενόμενος χρόνος εξυγίανσης,
- το εκτιμώμενο απαιτούμενο κόστος.

Εφόσον προσδιοριστούν όλες οι παραπάνω σχεδιαστικές παράμετροι του συστήματος εδαφικής έκπλυσης, ακολουθεί η εγκατάσταση, η λειτουργία και φυσικά η παρακολούθησή του, σύμφωνα με τις προδιαγραφές, που αναφέρονται σε επόμενη παράγραφο.

Για τον τερματισμό της λειτουργίας των συστημάτων εδαφικής έκπλυσης πρέπει να αξιολογηθούν τα εξής:

- έχει επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός / στόχος εξυγίανσης;
- ο ρυθμός εξυγίανσης για την επίτευξη του επιθυμητού στόχου είναι ικανοποιητικός ή δε συμφέρει πλέον οικονομικά η λειτουργία τους;
- εμφανίζονται φαινόμενα αύξησης της συγκέντρωσης των υφιστάμενων ρύπων μετά από δοκιμαστική διακοπή της λειτουργίας τους;

**Πίνακας 5-14:** Βασικότεροι παράγοντες πεδίου που καθορίζουν την εφαρμοσιμότητα και την απόδοση της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης (Roote D., 1997).

Κρίσιμος Παράγοντας Πεδίου	Πιθανότητα Επιτυχίας της Μεθόδου			Επιρροή	Αναγκαία Δεδομένα
	Μικρή	Μέτρια	Μεγάλη		
Φάση κυρίαρχου ρύπου και συντελεστής κατανομής μεταξύ των φάσεων	Αέρια	Υγρή	Διαλυμένη	Η τάση του ρύπου να κατανεμηθεί στο διάλυμα έκπλυσης ευνοεί την απόδοση της τεχνολογίας.	Συντελεστής κατανομής ρύπου μεταξύ του εδάφους και του διαλύματος έκπλυσης.
Υδραυλική αγωγιμότητα	Χαμηλή ( $<10^{-5}$ cm/s)	Μέτρια ( $>10^{-5}$ cm/s και $<10^{-3}$ cm/s)	Υψηλή ( $>10^{-3}$ cm/s)	Η μεγάλη υδραυλική αγωγιμότητα επιτρέπει τη γρήγορη και ικανοποιητική διήθηση του διαλύματος έκπλυσης.	Γεωλογικός χαρακτηρισμός του πεδίου (κατανομή υδραυλικής αγωγιμότητας).
Ειδική επιφάνεια εδάφους	Μεγάλη ( $>1$ cm <sup>2</sup> /Kg)	Μέτρια (0.1-1cm <sup>2</sup> /Kg)	Μικρή ( $<0.1$ cm <sup>2</sup> /Kg)	Η μεγάλη ειδική επιφάνεια ευνοεί την προσρόφηση των ρύπων στο έδαφος.	Ειδική επιφάνεια του εδάφους.
Περιεχόμενο εδάφους σε ενεργό άνθρακα	Μεγάλο ( $>10\%$ κ.β.)	Μέτριο (1-10% κ.β.)	Μικρό (1% κ.β.)	Η εδαφική έκπλυση είναι πιο αποτελεσματική σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα.	Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC) του εδάφους.
ρΗ εδάφους και δυναμικό ουδετεροποίησης	ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΚΑΘΟΡΙΣΤΕΙ Ο ΒΑΘΜΟΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ			Μπορεί να επηρεάσει την επιλογή του διαλύματος έκπλυσης.	ρΗ εδάφους και δυναμικό ουδετεροποίησης.
Ικανότητα ανταλλαγής ιόντων και περιεχόμενο σε άργιλο	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Αυξημένη προσρόφηση και δέσμευση μετάλλων παρεμποδίζουν την απομάκρυνση των υφιστάμενων ρύπων.	Ικανότητα ανταλλαγής ιόντων και σύσταση του εδάφους.
Ρήγματα	Παρόντα	-	Απόντα	Η ύπαρξη ανομοιογένειας εμποδίζει την ελεγχόμενη ροή του διαλύματος έκπλυσης και την επαφή του με τους ρύπους.	Γεωλογικός χαρακτηρισμός του εδάφους.

Κρίσιμος Παράγοντας Ρύπου	Πιθανότητα Επιτυχίας της Μεθόδου			Επιρροή	Αναγκαία Δεδομένα
	Μικρή	Μέτρια	Μεγάλη		
Διαλυτότητα στο νερό	Χαμηλή ( $<100$ mg/L)	Μέτρια (100-1000mg/L)	Υψηλή ( $>1000$ mg/L)	Οι διαλυμένοι ρύποι απομακρύνονται πιο εύκολα με εδαφική έκπλυση.	Διαλυτότητα ρύπου.
Τάση προσρόφησης στο έδαφος	Υψηλή ( $>10000$ L/Kg)	Μέτρια (100-10000L/Kg)	Χαμηλή ( $<100$ L/Kg)	Η υψηλή τάση προσρόφησης του ρύπου στο έδαφος μειώνει την απόδοση της τεχνολογίας.	Σταθερά προσρόφησης στο έδαφος.
Τάση ατμών	Υψηλή ( $>100$ mmHg)	Μέτρια (10-100mmHg)	Χαμηλή ( $<10$ mmHg)	Τα πτητικά συστατικά τείνουν να κατανέμονται στην αέρια φάση.	Τάση ατμών του ρύπου.
Ιξώδες	Υψηλό ( $>20$ cPoise)	Μέτριο (2-20 cPoise)	Χαμηλό ( $<2$ cPoise)	Η κίνηση του ρύπου μέσα στο έδαφος είναι πιο εύκολη όταν έχει μικρό ιξώδες.	Ιξώδες.
Πυκνότητα	Χαμηλή ( $<1$ g/cm <sup>3</sup> )	Μέτρια (1-2 g/cm <sup>3</sup> )	Υψηλή ( $>2$ g/cm <sup>3</sup> )	Τα πυκνά μη διαλυτά οργανικά συστατικά μπορούν να απομακρυνθούν κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας.	Πυκνότητα ρύπων.
Συντελεστής κατανομής οκτανόλης – νερού	ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΚΑΘΟΡΙΣΤΕΙ Ο ΒΑΘΜΟΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ			Οι υδρόφιλοι ρύποι απομακρύνονται πιο αποτελεσματικά με υδατικά διαλύματα έκπλυσης.	Συντελεστής κατανομής οκτανόλης – νερού.

Σε περίπτωση που αποφασιστεί ο τερματισμός της εφαρμογής της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης, πρέπει να εξασφαλιστεί η πλήρης απομάκρυνση του εδαφικού διαλύματος από το υπέδαφος, πιθανόν μέσω διοχέτευσης καθαρού νερού στο σύστημα για ένα εύλογο χρονικό διάστημα.

#### Χρόνος Εφαρμογής

Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης κατά την εφαρμογή της εδαφικής έκπλυσης καθορίζεται κυρίως από τους ακόλουθους παράγοντες:

- τον επιθυμητό βαθμό εξυγίανσης,
- τον όγκο του προς επεξεργασία εδάφους,
- την κατανομή και τη συγκέντρωση του υφιστάμενου ρύπου,
- τα χαρακτηριστικά του πεδίου (κυρίως τη διαπερατότητα και την ανισοτροπία του),
- την ταχύτητα μεταφοράς του διαλύματος έκπλυσης.

Σε γενικές γραμμές, ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης ενός πεδίου με ευνοϊκά υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά κυμαίνεται από μερικές εβδομάδες έως μερικούς μήνες.

#### Παρακολούθηση Συστημάτων

Η παρακολούθηση των συστημάτων εδαφικής έκπλυσης στόχο έχει τη διεξαγωγή των ακόλουθων βασικών εργασιών:

- επιβεβαίωση της ορθής και αποτελεσματικής λειτουργίας του συστήματος,
- σταθεροποίηση ή συνεχής προσαρμογή των λειτουργικών παραμέτρων του συστήματος (π.χ. παροχή διαλύματος έκπλυσης),
- συνεχής έλεγχος των επικρατούντων υδρογεωλογικών συνθηκών,
- έλεγχος, συλλογή και επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων,
- δειγματοληψία και ανάλυση εδάφους ή υπόγειου νερού για την εκτίμηση της απόδοσης της τεχνολογίας.

Στον Πίνακα 5-15 παρουσιάζονται οι κύριες παράμετροι ενός συστήματος εδαφικής έκπλυσης, οι οποίοι πρέπει να παρακολουθούνται κατά την εφαρμογή της εν λόγω τεχνολογίας σε ένα δεδομένο πεδίο.

#### Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Όπως είναι αναμενόμενο το κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης είναι δυνατόν να διαφέρει σημαντικά από πεδίο σε πεδίο, δεδομένου ότι εξαρτάται άμεσα από τα χαρακτηριστικά αυτού. Οι πλέον καθοριστικοί παράγοντες του εν λόγω κόστους παρουσιάζονται να είναι οι εξής:

- η διαπερατότητα του εδάφους,
- το βάθος της ρυπασμένης ζώνης.

**Πίνακας 5-15:** Βασικότερες παράμετροι παρακολούθησης ενός συστήματος εδαφικής έκπλυσης (ITRC, 2003).

Κατηγορία	Παράμετρος Παρακολούθησης	Θέση Παρακολούθησης
Χημεία ρευστού	Θερμοκρασία, pH Ειδική Αγωγιμότητα Ηλεκτρολύτης Διαλυτή οργανική ουσία (cosolvent) Απορρυπαντικό (surfactant)	Δεξαμενή ή γραμμή διοχέτευσης υγρού έκπλυσης, γεωτρήσεις άντλησης και σημεία παρακολούθησης
Ιδιότητες ροής ρευστού	Ρύπος (όγκος NAPL και διαλυμένα συκέντρωση κάθε επιμέρους συστατικού)	Γεωτρήσεις άντλησης και σημεία παρακολούθησης
	Ρυθμός Άντλησης	Όλα τα σημεία άντλησης
	Πίεση	Γραμμές διοχέτευσης υγρού έκπλυσης, άντλησης και επεξεργασίας αποβλήτων
Παράμετροι υδροφορέα	Στάθμη Υδροφόρου Ορίζοντα	Γεωτρήσεις διοχέτευσης υγρού έκπλυσης, άντλησης και παρακολούθησης
	Στάθμη ελεύθερης ελαιώδους φάσης	Έλεγχος σε όλες τις γεωτρήσεις όταν υπάρχει αύξηση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα

Σε γενικές γραμμές, το εν λόγω κόστος παρουσιάζεται να κυμαίνεται από 60 έως 200€/m<sup>3</sup> ρυπασμένου εδάφους ή από 50 έως 150€/ tn ρυπασμένου εδάφους.

Ο Πίνακας 5-16 παρουσιάζει ένα ενδεικτικό εκτιμώμενο κόστος εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνολογίας για την αντιμετώπιση ραδιενεργών ρύπων υπό συγκεκριμένες συνθήκες πεδίου.

**Πίνακας 5-16:** Ενδεικτικό εκτιμώμενο κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της εδαφικής έκπλυσης για την αντιμετώπιση ραδιενεργών ρύπων υπό συγκεκριμένες συνθήκες πεδίου (www.frtr.gov).

Παράμετρος	Μικρό Πεδίο		Μεγάλο Πεδίο	
	Υψηλή Διαπερατότητα	Χαμηλή Διαπερατότητα	Υψηλή Διαπερατότητα	Χαμηλή Διαπερατότητα
<b>Εξυγίανσης</b>				
Μέσο				
Ρύπος				
Προσέγγιση		Έδαφος Ραδιενεργά στοιχεία In-Situ		
<b>Πεδίου</b>				
Ρυπασμένη επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	230		930	
Βάθος Υ.Ο. (m)		4,5		
Διαπερατότητα εδάφους (cm/s)	0,1	0,001	0,1	0,001
Διάλυμα έκπλυσης		Απορρυπαντικά και νερό		
<b>Κόστος</b>				
Λειτουργία και συντήρηση	24.976	41.296	65.428	96.242
Σχεδιασμός	7.168	7.168	7.851	10.586
<b>ΣΥΝΟΛΟ (+εγκατάσταση)</b>	<b>32.144</b>	<b>48.464</b>	<b>73.279</b>	<b>106.828</b>
<b>Επεξεργαζόμενο έδαφος (m<sup>3</sup>)</b>	<b>1.061</b>	<b>1.061</b>	<b>4.243</b>	<b>4.243</b>
<b>Κόστος / m<sup>3</sup> εδάφους</b>	<b>30,29</b>	<b>45,67</b>	<b>17,27</b>	<b>25,18</b>

## Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.

### *Πλεονεκτήματα τεχνολογίας*

- Εφαρμόζεται in-situ, χωρίς να απαιτεί την απομάκρυνση από το πεδίο και τη μεταφορά του ρυπασμένου μέσου σε ειδικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας, μειώνοντας σημαντικά το κόστος εφαρμογής της.
- Μπορεί να επεξεργαστεί ταυτόχρονα την ακόρεστη και την κορεσμένη ζώνη.
- Μπορεί να συνδυαστεί με άλλες τεχνολογίες αποκατάστασης (π.χ. άντλησης και επεξεργασίας), επιτυγχάνοντας πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα εξυγίανσης.
- Μπορεί να αντιμετωπίσει ένα μεγάλο αριθμό εδαφικών ρύπων.
- Μπορεί να αντιμετωπίσει ικανοποιητικά τους προσροφημένους στα εδαφικά σωματίδια ρύπους (υπολειμματική ρύπανση).
- Μπορεί να επιτύχει σχετικά μικρούς χρόνους εξυγίανσης, αν σχεδιαστεί και εφαρμοστεί κατά το βέλτιστο δυνατό τρόπο.
- Έχει τη δυνατότητα να εφαρμοστεί σε πεδία, όπου οι δυνατότητες επέμβασης είναι περιορισμένες (π.χ. κάτω από κτίρια ή δεξαμενές).

### *Μειονεκτήματα τεχνολογίας*

- Δεν είναι αποτελεσματική στην εξυγίανση εδαφών χαμηλής διαπερατότητας.
- Οι υδρογεωλογικές συνθήκες του προς επεξεργασία πεδίου πρέπει να είναι πλήρως γνωστές, προκειμένου να είναι δυνατή η επιτυχής εφαρμογή της.
- Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης είναι δυνατόν να αυξηθεί σημαντικά σε πεδία με χαμηλή διαπερατότητα, λόγω της αργής διήθησης του διαλύματος έκπλυσης μέσα στο έδαφος.
- Απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό του συστήματος συλλογής και άντλησης του διαλύματος έκπλυσης, καθώς υπάρχει κίνδυνος διαφυγής και/ ή εξάπλωσης των κινητοποιημένων/ διαλυτοποιημένων ρύπων.
- Το εισαγόμενο διάλυμα έκπλυσης είναι δυνατόν να επηρεάσει αρνητικά τις χημικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους.
- Αντιμετωπίζει νομοθετικούς περιορισμούς στην εφαρμογή της, λόγω του κινδύνου, που εμπεριέχει η εισαγωγή χημικών ουσιών (διαλύματος έκπλυσης) στο υπέδαφος.
- Είναι δύσκολο να προβλεφθεί η απόδοση και ο αναγκαίος χρόνος εφαρμογής της.
- Απαιτεί τη διεξαγωγή εργαστηριακών και πιλοτικών δοκιμών για την επιλογή του βέλτιστου και πιο αποδοτικού διαλύματος έκπλυσης.
- Επιβάλλει την επεξεργασία του συλλεχθέντος μίγματος διαλύματος έκπλυσης – ρύπων, μετατρέποντας ουσιαστικά το πρόβλημα εξυγίανσης εδάφους σε πρόβλημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.
- Παρουσιάζει σχετικά υψηλό κόστος εφαρμογής, σε σχέση με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης, οι οποίες δεν μεταφέρουν τους υφιστάμενους ρύπους, αλλά τους καταστρέφουν (π.χ. τεχνολογίες προηγμένης οξειδωσης).

#### 5.2.1.1.3. Εδαφική Πλύση (Soil Washing)

Η εδαφική πλύση είναι μια τεχνολογία επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών, που χρησιμοποιεί υγρά διαλύματα (συνήθως νερό με πρόσθετες χημικές ενώσεις) και μηχανικές διεργασίες (π.χ. διαχωρισμό σωματιδίων ανά μέγεθος και ανάμιξη) για την απομάκρυνση των υφιστάμενων ρύπων από μέρος του επεξεργαζόμενου εδάφους και τη συγκέντρωσή τους στο χρησιμοποιούμενο διάλυμα. Αποτέλεσμα αυτής της διεργασίας είναι η μείωση της ποσότητας του ρυπασμένου εδάφους και κατ' επέκταση του προς επεξεργασία εδάφους (έως και 90%), επιτρέποντας τη μετέπειτα εφαρμογή κάποιας άλλης τεχνολογίας αποκατάστασης (π.χ. βιοαποδόμησης ή αποτέφρωσης). Γενικά, μπορεί να θεωρηθεί ότι η εδαφική πλύση είναι περισσότερο μια τεχνολογία διαχωρισμού, παρά μια τεχνολογία εξουδετέρωσης και επεξεργασίας των εδαφικών ρύπων.

##### Βασική αρχή

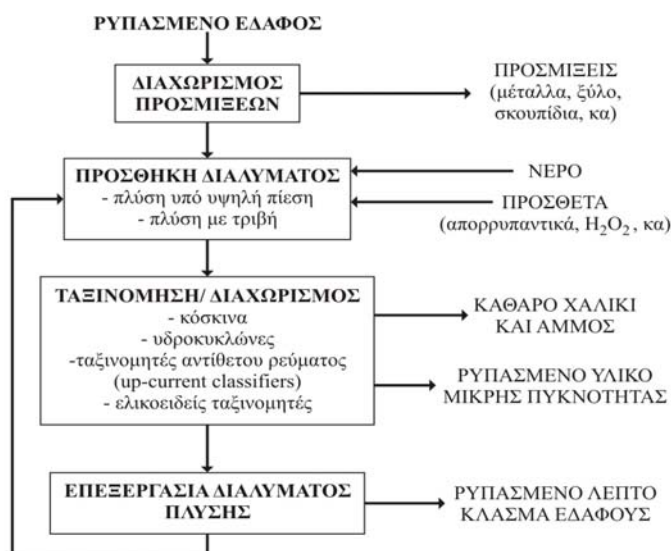
Η διεργασία της εδαφικής πλύσης (Σχήμα 5-11) περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- εκσκαφή του ρυπασμένου εδάφους και μεταφορά του σε μια περιοχή προετοιμασίας για επεξεργασία,
- κοσκίνισμα του εδάφους για την απομάκρυνση ογκωδών αντικειμένων (π.χ. μπάζα, ξύλα, πέτρες, κα),
- μεταφορά του εδάφους σε μια βασική μονάδα πλύσης, όπου αναμιγνύεται με το διάλυμα πλύσης και ανακινείται έντονα,
- διαχωρισμός του εδάφους από το διάλυμα πλύσης και καθαρισμός με νερό,
- διαχωρισμός των «βαρέων» σωματιδίων (άμμου και χαλικιών) από τα ελαφρύτερα (ιλύος και αργίλου) και έλεγχος της κατάστασης ρύπανσής τους,
- έλεγχος του χρησιμοποιούμενου διαλύματος έκπλυσης, προκειμένου να διαπιστωθεί αν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί χωρίς προηγούμενη επεξεργασία.

Το ρυπασμένο μέρος του εδάφους μπορεί να επανεπεξεργαστεί στη μονάδα πλύσης ή να μεταφερθεί σε άλλη εγκατάσταση για ειδική επεξεργασία με κάποια άλλη τεχνολογία εξυγίανσης.

Η διαδικασία της εδαφικής πλύσης επιτυγχάνει την απομάκρυνση των υφιστάμενων ρύπων με δυο κυρίως τρόπους:

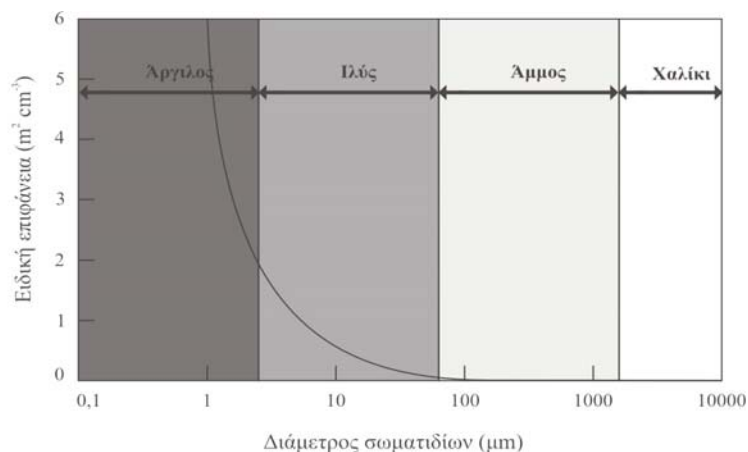
- με διάλυση ή αιώρησή τους μέσα στο διάλυμα πλύσης (με κατάλληλη ρύθμιση της σύστασης και του pH του διαλύματος),
- με συγκέντρωσή τους σε μικρότερο όγκο εδάφους, μέσω διαχωρισμού και κατανομής των εδαφικών σωματιδίων, βάσει μεγέθους.



**Σχήμα 5-11:** Τυπικό διάγραμμα ροής της διαδικασίας της εδαφικής πλύσης (Stegmann et al., 2001).

Ο δεύτερος μηχανισμός απομάκρυνσης των εδαφικών ρύπων βασίζεται στα χαρακτηριστικά των εδαφικών σωματιδίων. Κάθε έδαφος αποτελείται από λεπτόκοκκα σωματίδια (ίλος και αργίλου), χονδρόκοκκα σωματίδια (άμμος και χαλίκια), οργανική ύλη (αποσαθρωμένα φυτά ή μικροοργανισμοί), νερό και αέρα. Οι ρύποι τείνουν να προσροφούνται και να προσδένονται, χημικά ή φυσικά, στην ιλύ, την άργιλο και την οργανική ύλη του εδάφους, που εκπροσωπούν εδαφικά σωματίδια μικρής διαμέτρου, τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη ειδική επιφάνεια (Σχήμα 5-12). Τα σωματίδια αυτά με τη σειρά τους προσδένονται, φυσικά ή χημικά, σε μεγαλύτερα εδαφικά σωματίδια άμμου ή χαλικιών. Επομένως, με διαχωρισμό των λεπτόκοκκων και των χονδρόκοκκων σωματιδίων του εδάφους μπορεί να επιτευχθεί ένα πολύ ικανοποιητικό ποσοστό διαχωρισμού - απομάκρυνσης των ρύπων από το έδαφος.

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες και έχουν προταθεί διάφοροι τρόποι βελτίωσης της απόδοσης της εδαφικής πλύσης. Οι πλέον σημαντικές τεχνικές αύξησης της αποτελεσματικότητας της εδαφικής πλύσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-17.



**Σχήμα 5-12:** Μεταβολή της ειδικής επιφάνειας εδαφικών σωματιδίων συναρτήσει της διαμέτρου τους (Stegmann et al., 2001).

**Πίνακας 5-17:** Τρόποι ενίσχυσης της απόδοσης της εδαφικής πλύσης (Stegmann et al., 2001).

Ενέργεια	Αποτέλεσμα
Μείωση του ρυθμού τροφοδοσίας εδάφους	- Αύξηση του χρόνου παραμονής του εδάφους στη μονάδα πλύσης και κατ' επέκταση του ποσοστού απομάκρυνσης των υφιστάμενων ρύπων.
Προσθήκη ειδικών χημικών ουσιών στο διάλυμα πλύσης	- Χημική καταστροφή των υφιστάμενων ρύπων (π.χ. από οξειδωτικές ουσίες) - Αύξηση της διαλυτότητας των ρύπων (π.χ. σε απορρυπαντικά)
Αλλαγή του μεγέθους διαχωρισμού των εδαφικών σωματιδίων στους χρησιμοποιούμενους ταξινομητές	- Καλύτερος διαχωρισμός των εδαφικών σωματιδίων βάσει μεγέθους
Αύξηση της απόδοσης διαχωρισμού των εδαφικών σωματιδίων	- Μείωση της υπολειμματικής ρύπανσης στο καθαρό έδαφος

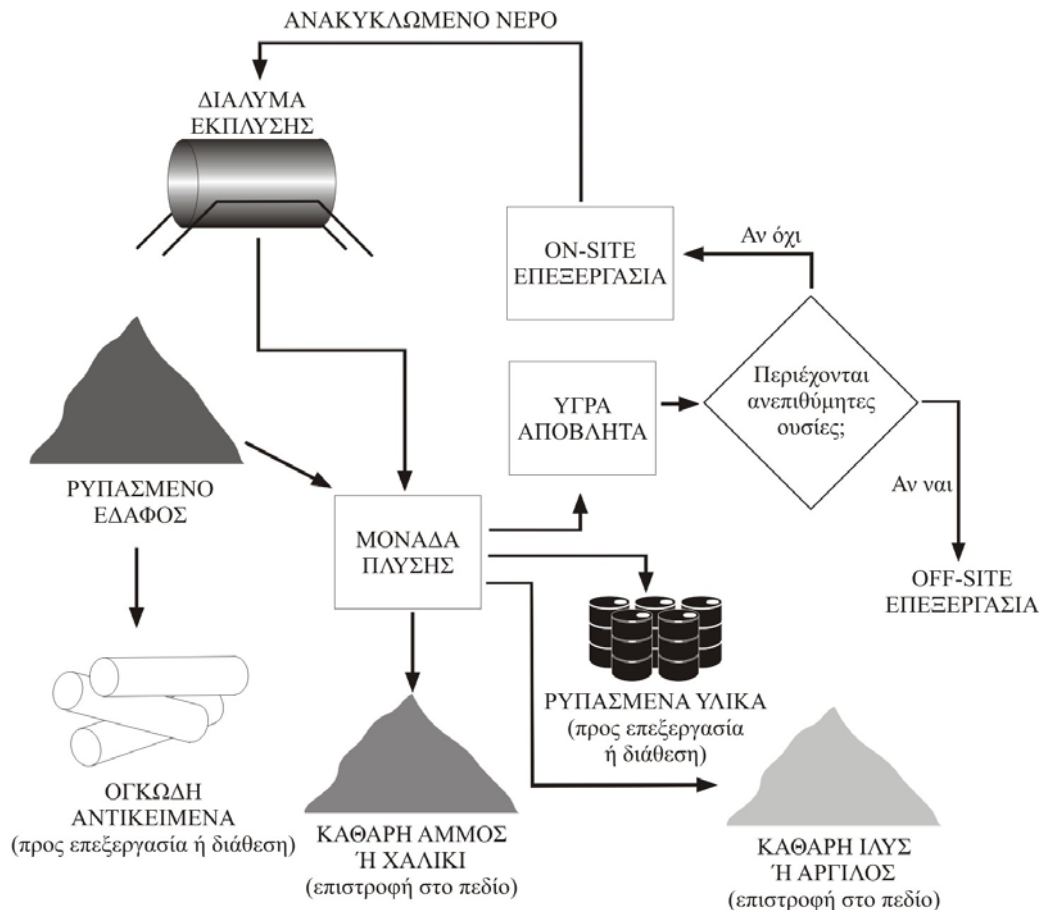
Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Τα συστήματα εδαφικής πλύσης δεν είναι ιδιαίτερα πολύπλοκα, δεδομένου ότι τις περισσότερες φορές εγκαθίστανται στο προς επεξεργασία πεδίο (on-site εφαρμογή), προκειμένου να μην απαιτηθεί η μεταφορά του ρυπασμένου εδάφους σε ειδικές μακρινές ενδεχομένως εγκαταστάσεις επεξεργασίας και να μειωθεί το όλο απαιτούμενο κόστος εφαρμογής της εν λόγω τεχνολογίας.

Τα κυριότερα επιμέρους τμήματα ενός τυπικού συστήματος εδαφικής πλύσης (Σχήμα 5-13) είναι τα εξής:

- χώρος υποδοχής και προσωρινής εναπόθεσης ρυπασμένου εδάφους,
- μονάδα διαχωρισμού ογκωδών αντικειμένων (π.χ. κόσκινα),
- δεξαμενές αποθήκευσης, ανάμιξης και αποθήκευσης των διαλυμάτων πλύσης,
- δεξαμενή ανάμιξης διαλύματος πλύσης και ρυπασμένου εδάφους με δυνατότητα ανάμιξης,
- μονάδα ταξινόμησης / διαχωρισμού του διαλύματος πλύσης και του εδάφους σε διαφορετικού μεγέθους σωματίδια (π.χ. υδροκυκλώνες, κόσκινα, κα.),
- σύστημα ανακυκλοφορίας / επαναχρησιμοποίησης του διαλύματος πλύσης.
- μονάδα συλλογής και επεξεργασίας του χρησιμοποιημένου διαλύματος πλύσης,
- λοιπός εξοπλισμός (π.χ. σωληνώσεις, ταινίες μεταφοράς εδάφους, ροόμετρα, κα.).

Στην Εικόνα 5-1 παρουσιάζονται διάφορα τμήματα και εξοπλισμός συστημάτων εδαφικής πλύσης on-site, από διαφορετικές εφαρμογές, που έχουν πραγματοποιηθεί με επιτυχία στις ΗΠΑ.



Σχήμα 5-13: Τυπικό σύστημα εδαφικής πλύσης (ΕΡΑ, 2001f).



**Εικόνα 5-1:** Εξοπλισμός και τμήματα συστημάτων εδαφικής πλύσης on-site (<http://art-engineering.com>).

Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Η δυνατότητα χρήσης διαφορετικών διαλυμάτων πλύσης αυξάνει σημαντικά τα είδη και τον αριθμό των ρύπων, που μπορούν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς από την εν λόγω τεχνολογία.

Μεταξύ των ρύπων αυτών, συμπεριλαμβάνονται οι ακόλουθοι:

- μη υδατικής φάσης υγρά (NAPL),
- αρωματικοί υδρογονάνθρακες,
- πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB),
- αλογονωμένα φυτοφάρμακα και διαλύτες,
- διοξίνες / φουράνια,
- κυανίδια,
- διαβρωτικές ενώσεις,
- βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, χαλκός, ψευδάργυρος, κα.), κα.

Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η εδαφική πλύση αποτελεί κυρίως ένα είδος προεπεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών, πριν την πλήρη αποκατάστασή τους από κάποια άλλη τεχνολογία εξυγίανσης, με στόχο τη μείωση του όγκου τους. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την ex-situ ή on-site εφαρμογή της εν λόγω τεχνολογίας, καθιστά μη απαραίτητη την υιοθέτηση μιας συγκεκριμένης μεθοδολογίας αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητάς της για την εξυγίανση ενός δεδομένου ρυπασμένου πεδίου.

Σε γενικές γραμμές, η εδαφική πλύση έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στην επεξεργασία εδαφών με μεγάλο ποσοστό άμμου (50-70%) και μεσαίο ποσοστό ιλύος και αργίλου (30-50%). Επίσης, η τεχνολογία της εδαφικής πλύσης εφαρμόζεται για την επεξεργασία ποσοτήτων ρυπασμένου εδάφους μεγαλύτερων από 5.000tn, διαφορετικά δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα.

Τα δεδομένα, που πρέπει να είναι γνωστά για την εφαρμογή της εδαφικής πλύσης και το σχεδιασμό ενός αντίστοιχου συστήματος, περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τα εξής:

- τον τύπο του προς επεξεργασία εδάφους,
- την κατανομή του μεγέθους των εδαφικών σωματιδίων,
- την περιεχόμενη υγρασία και οργανική ύλη του εδάφους,
- το είδος και τη συγκέντρωση των εδαφικών ρύπων.

Χρόνος Εφαρμογής

Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης, κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας της εδαφικής πλύσης, εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- το ποσοστό ιλύος, αργίλου και ογκωδών αντικειμένων του εδάφους,
- το είδος και την ποσότητα των υφιστάμενων εδαφικών ρύπων,
- το μέγεθος της κεντρικής μονάδας πλύσης.

Σε γενικές γραμμές, ο απαιτούμενος χρόνος εφαρμογής της εν λόγω τεχνολογίας συνήθως κυμαίνεται από μερικές εβδομάδες έως μερικούς μήνες.

#### Παρακολούθηση Συστημάτων

Η παρακολούθηση των συστημάτων εδαφικής πλύσης δεν είναι καθόλου πολύπλοκη και απαιτητική. Κύριος στόχος της είναι:

- η επιβεβαίωση της ορθής και αποτελεσματικής λειτουργίας του συστήματος,
- η σταθεροποίηση ή συνεχής προσαρμογή των λειτουργικών παραμέτρων του συστήματος (π.χ. παροχή διαλύματος πλύσης και τροφοδοσία ρυπασμένου εδάφους),
- ο έλεγχος, συλλογή και επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων (χρησιμοποιημένο διάλυμα έκπλυσης και λεπτόκοκκο ρυπασμένο έδαφος),
- η δειγματοληψία και ανάλυση εδάφους για την εκτίμηση της απόδοσης της τεχνολογίας.

#### Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Όπως είναι αναμενόμενο το κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της εδαφικής πλύσης είναι δυνατόν να διαφέρει σημαντικά από πεδίο σε πεδίο, δεδομένου ότι εξαρτάται άμεσα από τα χαρακτηριστικά και την ποσότητα του προς επεξεργασία εδάφους. Οι πλέον καθοριστικοί παράγοντες του εν λόγω κόστους παρουσιάζονται να είναι οι εξής:

- ο όγκος του προς επεξεργασία εδάφους,
- τα φυσικά (π.χ. κοκκομετρία) και χημικά (π.χ. περιεκτικότητα σε οργανική ύλη) χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία εδάφους,
- το είδος και η συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων,
- το είδος και η απαιτούμενη ποσότητα του διαλύματος πλύσης.

Σε γενικές γραμμές, το κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της εδαφικής πλύσης παρουσιάζεται να κυμαίνεται από 50 έως 140€/ tn ρυπασμένου εδάφους.

Ο Πίνακας 5-18 παρουσιάζει ένα ενδεικτικό εκτιμώμενο κόστος εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνολογίας για την αντιμετώπιση ημι-πτητικών οργανικών συστατικών (SVOC) υπό συγκεκριμένες συνθήκες πεδίου.

**Πίνακας 5-18:** Ενδεικτικό εκτιμώμενο κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της εδαφικής πλύσης για την αντιμετώπιση ημι-πτητικών οργανικών συστατικών υπό συγκεκριμένες συνθήκες πεδίου (www.frtr.gov).

Παράμετρος	Μικρό Πεδίο	Μεγάλο Πεδίο
<b>Εξυγίανσης</b>		
Μέσο		Έδαφος
Ρύπος		SVOC
Προσέγγιση		Ex-Situ
<b>Πεδίου</b>		
Όγκος ρυπασμένου εδάφους (m³)	7.645	152.911
Πυκνότητα εδάφους (kg/m³)		1.542
Ποσότητα ρυπασμένου εδάφους (tn)	13.000	260.000
Είδος εδάφους	Μίγμα άμμου και αργίλου	
<b>Συστήματος</b>		
Δυναμικότητα (tn/hr)	50	100
Παροχή διαλύματος πλύσης (kg/tn)		1,8
Θερμοκρασία (°C)		13
Χρόνος λειτουργίας (hr/day)		16
Ημέρες λειτουργίας (days/wk)		5
Εβδομάδες λειτουργίας (wk/yr)		42
<b>Κόστος</b>		
Λειτουργία	92.573	688.838
Σχεδιασμός	925.724	6.888.383
<b>ΣΥΝΟΛΟ (+εγκατάσταση)</b>	<b>1.018.297</b>	<b>7.577.221</b>
<b>Κόστος / m³ εδάφους</b>	<b>133,20</b>	<b>49,55</b>

#### Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.

##### Πλεονεκτήματα τεχνολογίας

- Εφαρμόζεται on-site, χωρίς να απαιτεί τη μεταφορά του ρυπασμένου εδάφους σε ειδικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας, μειώνοντας σημαντικά το κόστος εφαρμογής της.
- Χρησιμοποιεί ένα κλειστό ex-situ σύστημα επεξεργασίας, το οποίο μπορεί να ελεγχθεί πλήρως (π.χ. ως προς το pH και τη θερμοκρασία) και δεν επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες (π.χ. υδρογεωλογικές συνθήκες πεδίου, κλιματικές συνθήκες, κα).
- Με την χρήση διαφορετικού διαλύματος πλύσης, επιτρέπει την ταυτόχρονη απομάκρυνση μεγάλης ποικιλίας εδαφικών ρύπων.
- Ειδικά όσον αφορά σε εδάφη ρυπασμένα με ραδιενεργά στοιχεία και / ή βαρέα μέταλλα, αποτελεί μια από τις ελάχιστες τεχνολογίες μόνιμης αποκατάστασής τους.
- Υπό ευνοϊκές συνθήκες, μπορεί να παρουσιάσει σημαντικά χαμηλότερο κόστος εφαρμογής, σε σχέση με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης.
- Στην περίπτωση, που χρησιμοποιείται ως προεπεξεργασία ρυπασμένου εδάφους, παρέχει σημαντικό οικονομικό όφελος, καθώς μειώνει τον όγκο που τελικά θα καταλήξει στην κύρια μέθοδο επεξεργασίας.

- Τα απαιτούμενα συστήματα εφαρμογής της δεν καταλαμβάνουν μεγάλη (σχετικά) έκταση (μια μονάδα επεξεργασίας 20tn/hr απαιτεί κατά μέσο όρο έκταση ίση με 2 στρέμματα).

#### *Μειονεκτήματα τεχνολογίας*

- Δεν μπορεί να αντιμετωπίσει επιτυχώς περίπλοκα μίγματα εδαφικών ρύπων, δεδομένου ότι σε αυτήν την περίπτωση η εύρεση κατάλληλου διαλύματος πλύσης είναι δύσκολη.
- Δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην απομάκρυνση προσροφημένων οργανικών ρύπων.
- Δεν μπορεί να εφαρμοστεί απευθείας στην περίπτωση που το προς επεξεργασία έδαφος περιέχει υψηλό ποσοστό χουμικών ενώσεων (απαιτείται προεπεξεργασία) ή υψηλό ποσοστό αργίλου / ιλύος.
- Παράγει υγρά απόβλητα, από τα οποία είναι δύσκολο να απομακρυνθούν τα πολύ μικρά εδαφικά σωματίδια και απαιτούν κατάλληλη επεξεργασία.
- Δεν επιφέρει καταστροφή των υφιστάμενων εδαφικών ρύπων, απλά μεταφορά τους από το έδαφος σε ένα διάλυμα, μετατρέποντας το πρόβλημα εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών σε πρόβλημα διαχείρισης υγρών αποβλήτων.
- Απαιτεί την εγκατάσταση ογκώδους εξοπλισμού, προκαλώντας αισθητική και ηχητική όχληση.
- Συνήθως δε συμφέρει οικονομικά για την επεξεργασία ελαφριά ρυπασμένου εδάφους.

#### 5.2.1.4. Σταθεροποίηση – Στερεοποίηση (Stabilization – Solidification)

Η σταθεροποίηση – στερεοποίηση (Stabilization / Solidification – SS) είναι μια τεχνολογία, που έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στη διαχείριση επικινδύνων και τοξικών αποβλήτων, κατά την οποία το απόβλητο αναμειγνύεται με υλικά, που συντελούν στη δημιουργία μιας στερεής δομής, με παράλληλο εγκλωβισμό των επικινδύνων και τοξικών ουσιών μέσα στη δομή αυτή. Τα τελευταία χρόνια, η χρήση της τεχνολογίας αυτής έχει επεκταθεί και στην επεξεργασία ρυπασμένων εδαφών, με στόχο όχι την απομάκρυνση των ρύπων, αλλά την αλλαγή των φυσικών και χημικών τους χαρακτηριστικών, έτσι ώστε τα εδάφη να μπορούν να διαχειριστούν ή να διατεθούν με ασφαλή τρόπο. Από το 1982, η τεχνολογία της σταθεροποίησης – στερεοποίησης έχει εφαρμοστεί σε περισσότερα από 200 πεδία στις ΗΠΑ και έχει καταστεί η 5<sup>η</sup> πλέον εφαρμόσιμη τεχνολογία εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών.

##### Βασική αρχή

Η σταθεροποίηση και η στερεοποίηση αποτελούν η καθεμιά τους ξεχωριστές τεχνολογίες, οι οποίες ορίζονται ως εξής:

- Σταθεροποίηση (stabilization): αναφέρεται σε διεργασίες, που μειώνουν την επικινδυνότητα ενός αποβλήτου ή του εδάφους, μετατρέποντας τους υπάρχοντες ρύπους σε λιγότερο διαλυτή, κινητική ή τοξική μορφή. Η σταθεροποίηση ακινητοποιεί χημικά τις επικίνδυνες ενώσεις ή μειώνει τη διαλυτότητά τους, με αποτέλεσμα τη μείωση της εκχυλισιμότητά τους.
- Στερεοποίηση (solidification): αναφέρεται στις διεργασίες, που εγκλωβίζουν τα απόβλητα ή το έδαφος σε ένα μονολιθικό στερεό (κάψουλα) υψηλής δομικής ακεραιότητας (αυξημένης αντοχής και ελαττωμένης συμπιεστότητας). Η στερεοποίηση δεν περιλαμβάνει απαραίτητα μία χημική αλληλεπίδραση του εδάφους και των στερεοποιητικών αντιδραστηρίων, αλλά μπορεί με μηχανικό τρόπο να δεσμεύσει τον εκάστοτε ρύπο. Η μεταφορά και η εξάπλωση των ρύπων περιορίζεται από τη μείωση της επιφάνειάς τους, που είναι εκτεθειμένη και / ή την απομόνωσή τους μέσα σε μία αδιαπέρατη κάψουλα. Αποτέλεσμα της διεργασίας αυτής είναι η μειωμένη διαπερατότητα του εδάφους.

Σκοπός των μεθόδων σταθεροποίησης, η οποία επιτυγχάνεται μέσω της προσθήκης ειδικών αντιδραστηρίων στο ρυπασμένο έδαφος, είναι:

- η μετατροπή των ρύπων σε αδιάλυτες ενώσεις, έτσι ώστε να μειωθεί δραστικά ο ρυθμός μεταφοράς τους στο περιβάλλον (χημική σταθεροποίηση),
- η μείωση της τοξικότητας των υφιστάμενων ρύπων,
- η βελτίωση των φυσικών χαρακτηριστικών των ρυπασμένων εδαφών,
- η μείωση της ελεύθερης επιφάνειας των κόκκων του εδάφους, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η διαλυτοποίηση και η μεταφορά των ρύπων.

Σκοπός των μεθόδων στερεοποίησης, η οποία επιτυγχάνεται με την προσθήκη κατάλληλων ποσοτήτων στερεοποιητικών υλικών στο έδαφος, είναι η δημιουργία μιας εδαφικής μάζας, η οποία χαρακτηρίζεται από:

- αυξημένη αντοχή,
- μειωμένη συμπιεστότητα και διαπερατότητα.

Οι κύριοι μηχανισμοί, που ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια των διεργασιών της σταθεροποίησης και στερεοποίησης, είναι οι ακόλουθοι:

- Μακροεγκλωβισμός (Macroencapsulation): είναι ο μηχανισμός με τον οποίο οι ρύποι των εδαφών παγιδεύονται φυσικά σε μία μεγάλη δομική μήτρα και δεσμεύονται στους ασυνεχείς πόρους του χρησιμοποιούμενου υλικού ανάμιξης. Οι ρυπαντικές ουσίες που σταθεροποιούνται μόνο με μακροεγκλωβισμό μπορούν να καταλήξουν και πάλι στο περιβάλλον, εάν η ακεραιότητα της δημιουργούμενης μάζας δεν διατηρείται και επομένως δεν πρέπει να θεωρούνται μόνιμα σταθεροποιημένες. Συνήθως, για να αποφευχθεί η διάβρωση, η δημιουργούμενη μήτρα ενισχύεται με μια επικάλυψη (π.χ. από ίνες υάλου ενισχυμένες με εποξειδικές ρητίνες και πολυουρεθανικές ρητίνες).
- Μικροεγκλωβισμός (Microencapsulation): είναι ο μηχανισμός με τον οποίο οι ρύποι των εδαφών παγιδεύονται μέσα στην κρυσταλλική δομή της σταθεροποιημένης μήτρας σε μικροσκοπικό επίπεδο. Κατά συνέπεια, ακόμα κι αν τα σταθεροποιημένα υλικά αποσαθρωθούν σε σχετικά μικρά μεγέθη κόκκων, το μεγαλύτερο μέρος των ρύπων παραμένει παγιδευμένο. Ωστόσο, όπως και στην περίπτωση του μακροεγκλωβισμού, επειδή τα εδάφη δεν μεταβάλλονται χημικά, το ποσοστό των ρυπαντικών συστατικών, που απελευθερώνονται από τη σταθεροποιημένη μάζα, μεγαλώνει, καθώς μειώνεται το μέγεθος των κόκκων της σταθεροποιημένης μήτρας και αυξάνεται η εκτεθειμένη επιφάνεια.
- Απορρόφηση (Absorption): είναι η διεργασία κατά την οποία οι ρύποι δεσμεύονται από το απορροφητικό υλικό, περίπου με τον ίδιο τρόπο που ένα σφουγγάρι κατακρατεί το νερό. Η απορρόφηση αυτή απαιτεί την προσθήκη ενός στερεού υλικού για την κατακράτηση ή την απορρόφηση των ελεύθερων υγρών του εδάφους. Για πολλά κοινά απορροφητικά υλικά ισχύει ότι τα υγρά ελευθερώνονται από αυτά όταν το υλικό δέσμευσης συμπιεστεί υπό την εφαρμογή μεγάλων φορτίων. Κατά συνέπεια, η απορρόφηση θεωρείται μόνο προσωρινό μέτρο βελτίωσης των χαρακτηριστικών του εδάφους. Τα πλέον συνηθισμένα απορροφητικά υλικά, που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία εδαφών, είναι η ιπτάμενη τέφρα, η σκόνη από παραγωγή τσιμέντου και ασβέστου, διάφορα αργιλικά ορυκτά (π.χ. μπετονίτης, καολινίτης, ζεόλιθος, κα), τα πριονίδια, το σανό και το άχυρο.
- Προσρόφηση (Adsorption): είναι η διεργασία κατά την οποία οι ρύποι του εδάφους συσσωρεύονται και κατακρατούνται στην επιφάνεια ενός σταθεροποιητικού υλικού,

υπό την επίδραση δυνάμεων Van der Waal's ή δεσμών υδρογόνου. Ανάλογα με το είδος του δεσμού, η προσρόφηση διακρίνεται σε φυσική ή χημική. Η φυσική προσρόφηση είναι αντιστρεπτή, ενώ η χημική είναι μόνιμη. Σε αντίθεση με τον εγκλωβισμό, η προσρόφηση θεωρείται πιο μόνιμη επεξεργασία. Παραδείγματα προσροφητικών υλικών είναι τα διάφορα είδη αργίλου, τα οξειδία μετάλλων, η ιπτάμενη τέφρα και το χώμα.

- Καθίζηση: είναι η διεργασία κατά την οποία τα υδατοδιαλυτά συστατικά των υφιστάμενων εδαφικών ρύπων κατακρημνούνται και μετατρέπονται σε υδροξείδια, σουλφίδια, ή άλλα πυριτικά, ανθρακικά και φωσφορικά άλατα, με αποτέλεσμα την επικράτηση μιας σταθερής μορφής αυτών μέσα στο έδαφος. Ο μηχανισμός της καθίζησης είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός στην περίπτωση ανόργανων ρύπων, όπως υδροξείδια μετάλλων, τα οποία μετατρέπονται σε άλατα μετάλλων, παρουσιάζοντας πολύ μικρότερη διαλυτότητα: Η μονιμότητα της σταθεροποίησης ενός μετάλλου ως μεταλλικό ανθρακικό άλας εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από το pH.

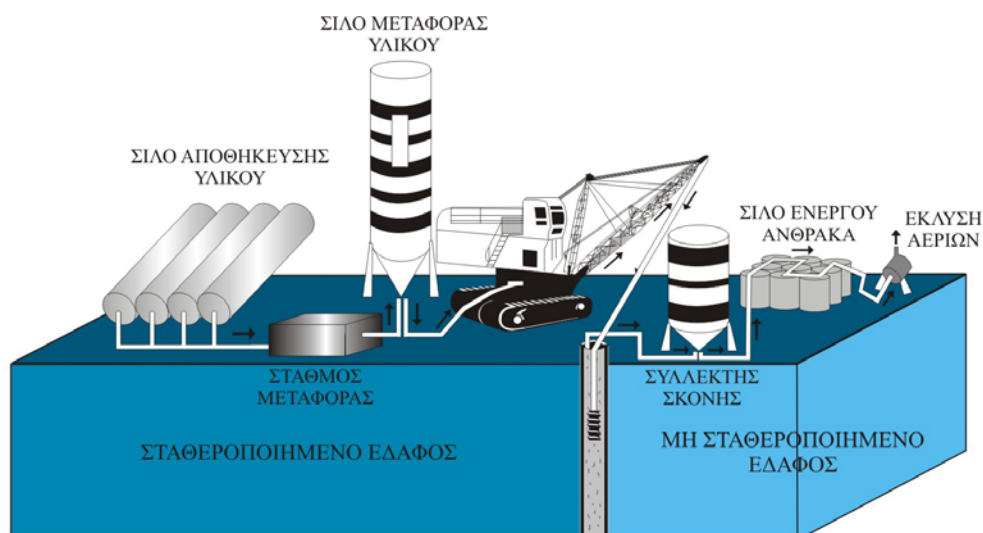
#### Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Η τεχνολογία σταθεροποίησης ρύπων και στερεοποίησης εδαφών μπορεί να εφαρμοστεί είτε επί τόπου (in-situ), είτε εκτός της ρυπασμένης περιοχής (ex-situ) μετά από εκσκαφή. Η επιλογή του τρόπου εφαρμογής της τεχνολογίας εξαρτάται από:

- τις ιδιαιτερότητες της ρυπασμένης περιοχής,
- το είδος των υφιστάμενων ρύπων,
- τον όγκο του προς επεξεργασία εδάφους,
- τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εδάφους.

Η in-situ ανάμειξη των υλικών σταθεροποίησης - στερεοποίησης πραγματοποιείται με χρήση της συμβατικής τεχνολογίας της γεωτεχνικής μηχανικής και της μηχανικής των κατασκευών. Οι απαραίτητες ουσίες σταθεροποίησης - στερεοποίησης εισάγονται απευθείας στο ρυπασμένο έδαφος με τη βοήθεια γεωτρύπανων και άλλου σχετικού εξοπλισμού (Σχήμα 5-14 και Εικόνα 5-2).

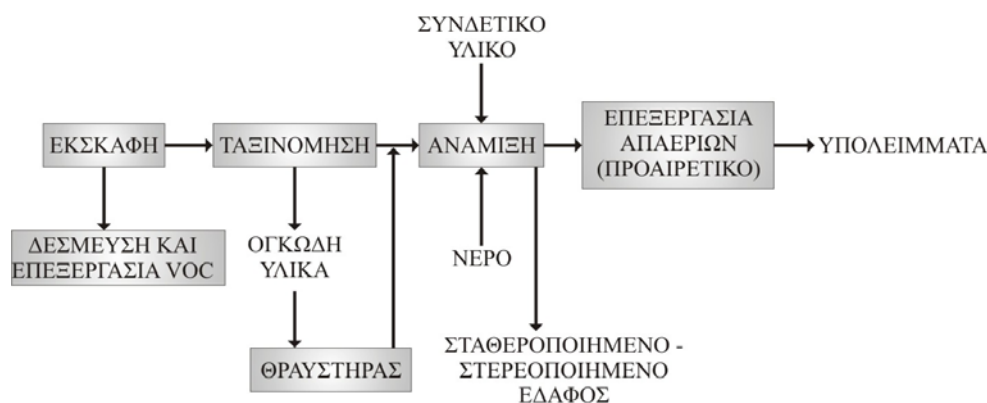
Το προς επεξεργασία έδαφος ίσως να χρειάζεται ρύθμιση pH ή επεξεργασία με ατμό και θερμότητα για την απομάκρυνση πτητικών οργανικών ενώσεων, που ίσως παρεμποδίσουν τη διεργασία της σταθεροποίησης - στερεοποίησης. Το είδος και η ποσότητα των συνδετικών υλικών, που θα χρησιμοποιηθούν, καθορίζονται βάσει των ιδιοτήτων των υφιστάμενων ρύπων και στόχο έχουν την απόδοση ιδανικών φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών στο προς επεξεργασία έδαφος. Συνήθως, ο λόγος εδάφους και συνδετικού υλικού κυμαίνεται από 10:1 έως 2:1.



**Σχήμα 5-14:** In-situ εφαρμογή της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών (Suthersan S., 1997).

Η ex-situ διεργασία σταθεροποίησης - στερεοποίησης συμπεριλαμβάνει τα εξής επιμέρους στάδια (Σχήμα 5-15):

- εκσκαφή του προς επεξεργασία εδάφους,
- προεπεξεργασία για την απομάκρυνση ογκωδών αντικειμένων,
- ανάμιξη,
- επεξεργασία ατμοσφαιρικών (προαιρετικό).



**Σχήμα 5-15:** Ex-situ σταθεροποίηση – στερεοποίηση (Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005).

Το έδαφος, μετά την εκσκαφή και τη μεταφορά του σε ειδικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας, ομογενοποιείται και αναμιγνύεται με κατάλληλα υλικά σταθεροποίησης – στερεοποίησης. Το τελικό προϊόν μεταφέρεται προς διάθεση σε ειδικά δοχεία, σε επιφανειακές τάφρους ή στο υπέδαφος. Η ανάγκη ελέγχου των ατμοσφαιρικών, εφαρμόζοντας συλλογή των παραγόμενων ατμών και επεξεργασία με κατάλληλες μονάδες, εξαρτάται από την εφαρμοζόμενη διεργασία σταθεροποίησης - στερεοποίησης.

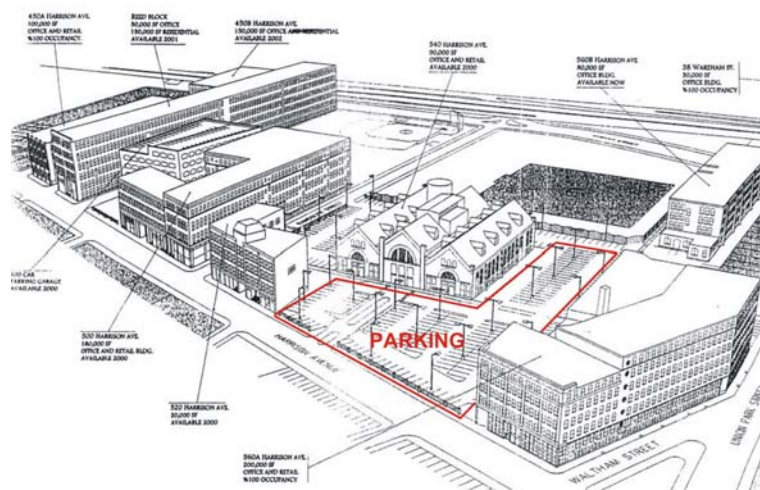


**Εικόνα 5-2:** Διεργασία και εξοπλισμός in-situ ανάμιξης εδάφους κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών ([www.cement.ca](http://www.cement.ca)).

Ένας άλλος εναλλακτικός τρόπος εφαρμογής της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης είναι μετά από εκσκαφή, αλλά στο ίδιο το πεδίο (on-site). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το ρυπασμένο έδαφος δεν μεταφέρεται σε ειδική μονάδα επεξεργασίας, αλλά αντίθετα στο ίδιο το πεδίο εγκαθίσταται μια κινητή μονάδα σταθεροποίησης – στερεοποίησης. Στην Εικόνα 5-3 παρουσιάζεται μια χαρακτηριστική περίπτωση on-site σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένου εδάφους με χρήση τσιμέντου σε μια περιοχή της Βοστώνης, όπου το τελικό υλικό χρησιμοποιήθηκε για τη διαμόρφωση χώρου στάθμευσης (Σχήμα 5-16).



**Εικόνα 5-3:** On-Site εφαρμογή της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών με χρήση τσιμέντου σε περιοχή της Βοστώνης (www.cement.ca).



**Σχήμα 5-16:** Απεικόνιση του χώρου στάθμευσης, που δημιουργήθηκε στο πεδίο της Εικόνας 3, μετά την αποκατάσταση του εδάφους με εφαρμογή της τεχνολογίας σταθεροποίησης – στερεοποίησης (www.cement.ca).

Όσον αφορά στα χρησιμοποιούμενα υλικά για την σταθεροποίηση – στερεοποίηση ρυπασμένων εδαφών, υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από την οποία ξεχωρίζουν το τσιμέντο, διάφορα υλικά με ποζολανικές ιδιότητες, η άσβεστος, η άργιλος, τα θερμοπλαστικά υλικά και διαλυτά πυριτικά υλικά. Ως ειδικά προσθετικά χρησιμοποιούνται σε αρκετές περιπτώσεις η

υδρύαλος και η ιπτάμενη τέφρα. Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των ακόλουθων ευρέως χρησιμοποιούμενων υλικών:

#### → Τσιμέντο portland

Είναι ένα από τα πλέον δημοφιλή χρησιμοποιούμενα υλικά στη σταθεροποίηση – στερεοποίηση ρυπασμένων εδαφών, το οποίο παράγεται από την πύρωση σε υψηλή θερμοκρασία μίγματος ασβεστόλιθου και αργίλου. Το παραγόμενο προϊόν είναι γνωστό ως «clinker», το οποίο μετά από λειοτρίβιση και προσθήκη ειδικών ουσιών μετατρέπεται στο γνωστό τσιμέντο portland. Τα κυριότερα συστατικά του είναι το πυριτικό τριασβέστιο και το πυριτικό διασβέστιο.

Η επεξεργασία των εδαφών με χρήση τσιμέντου portland περιλαμβάνει την ανάμιξη του ρυπασμένου εδάφους με επαρκείς ποσότητες τσιμέντου και νερού (υπό την προϋπόθεση ότι το έδαφος έχει απαλλαγεί από τυχόν περιεχόμενες οργανικές ενώσεις, οι οποίες προκαλούν σημαντική επιβράδυνση της πήξης του τσιμέντου).

Περαιτέρω βελτίωση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του εδάφους, συμπεριλαμβανομένης και της εκχυλισιμότητας των ρύπων, μπορεί να επιτευχθεί με χρήση διαφόρων προσθέτων, όπως υδρύαλου (πυριτικού νατρίου).

Με την ανάμιξη του εδάφους με προϊόντα τσιμέντου, τα μεταλλικά ιόντα, τα οποία περιέχονται στο ρυπασμένο έδαφος, αντιδρούν με τις ανθρακικές ενώσεις και τα υδροξείδια, που περιέχονται στο τσιμέντο και έτσι οι υφιστάμενοι ρύποι μετατρέπονται σε αδιάλυτες ενώσεις. Λόγω του υψηλού pH του τσιμέντου, τα μέταλλα συγκρατούνται στο στερεοποιημένο μίγμα του τσιμέντου ως υδροξείδια ή ανθρακικά άλατα. Σε αρκετές περιπτώσεις η τεχνολογία αυτή εφαρμόζεται in-situ, με διοχέτευση μέσω γεωτρήσεων πολφού τσιμέντου υπό πίεση εντός της μάζας του εδάφους. Η επιτυχία της in-situ εφαρμογής της μεθόδου εξαρτάται κυρίως από τη διαπερατότητα του ρυπασμένου εδαφικού υλικού.

#### → Ποζολάνες (Pozzolans)

Υλικά με ποζολανικές ιδιότητες θεωρούνται αυτά τα οποία περιέχουν ενεργές ενώσεις του πυριτίου και του αλουμινίου. Τα ποζολανικά υλικά όταν αντιδράσουν με άσβεστο, παρουσία νερού, προκαλούν τη δημιουργία μιας μάζας, που έχει ιδιότητες παραπλήσιες με αυτές του τσιμέντου. Τέτοιου είδους ποζολανικά υλικά είναι η ιπτάμενη τέφρα (συνηθέστερο), η ηφαιστειακή τέφρα και η κοκκοποιημένη σκωρία υψικάμινων.

Η σταθεροποίηση εδαφών με ιπτάμενη τέφρα εφαρμόζεται κυρίως σε περιπτώσεις παρουσίας ανόργανων ρύπων, καθώς το υψηλό pH (>10), που επιβάλλει, ευνοεί την καταβύθιση μετάλλων. Παράλληλα όμως η παρουσία άκαυστου άνθρακα καθιστά την ιπτάμενη τέφρα κατάλληλη και ως προσροφητικό υλικό οργανικών ρύπων.

Γενικά, τα ποζολανικά υλικά όταν αναμιχθούν με εδάφη, τα οποία περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις μεταλλικών ρύπων, προκαλούν το σχηματισμό ενώσεων με ζελατινώδη υφή και σταθερότητα στη δομή τους, οι οποίες χαρακτηρίζονται από εξαιρετικά χαμηλή διαπερατότητα και αυξημένη ικανότητα δέσμευσης των περιεχόμενων βαρέων μετάλλων (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Se, Ag και Zn) σε σταθερή μορφή. Η πλήρης σταθερότητα του τελικού προϊόντος επιτυγχάνεται μετά την πάροδο σχετικά μεγάλου χρονικού διαστήματος, η διάρκεια του οποίου μπορεί να κυμαίνεται από μερικούς μήνες έως αρκετά έτη. Η σταθερότητα του τελικού προϊόντος βελτιώνεται σημαντικά, εάν τα υπό επεξεργασία ρυπασμένα εδάφη περιέχουν επαρκείς ποσότητες άσβεστου.

#### → Άσβεστος

Η άσβεστος χρησιμοποιείται συνήθως όταν το ρυπασμένο έδαφος περιέχει συστατικά με ποζολανικές ιδιότητες. Η ανάμιξη των εδαφών αυτών με οξείδια ή υδροξείδια του ασβεστίου προκαλεί το σχηματισμό ενώσεων του ασβεστίου (πυριτικών ή αλουμινίου) με ζελατινώδη υφή, οι οποίες δεσμεύουν το νερό και προκαλούν σημαντική μείωση της εκχυλισιμότητας των υφιστάμενων ρύπων. Η τεχνική αυτή βρίσκει σημαντικές εφαρμογές στην αποκατάσταση εδαφών, τα οποία έχουν ρυπανθεί από βαρέα μέταλλα με υψηλή εκχυλισιμότητα.

Εκτός από ανόργανους ρύπους, η άσβεστος έχει αντιμετωπίσει με επιτυχία και οργανικούς ρύπους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας τέτοιας εφαρμογής αποτελεί η προσθήκη οξειδίου του ασβεστίου σε εδάφη, τα οποία έχουν ρυπανθεί από πετρελαιοειδή, η οποία οδηγεί στον μικροεγκλωβισμό των πετρελαιοειδών από το σχηματιζόμενο υδροξείδιο του ασβεστίου και προκαλεί την παραγωγή θερμότητας. Αυτή η παραγωγή θερμότητας είναι το σημαντικότερο μειονέκτημα της μεθόδου, διότι μπορεί να προκαλέσει εξάτμιση ορισμένων χρήσιμων πτητικών συστατικών του εδάφους, καθιστώντας αδύνατη την χρήση του επεξεργασμένου εδάφους για καλλιέργειες.

#### → Διαλυτά πυριτικά υλικά

Τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για την αποκατάσταση εδαφών με σχετικά υψηλή διαπερατότητα, τα οποία έχουν ρυπανθεί από βαρέα μέταλλα και οργανικές ενώσεις. Συνήθως περιέχουν ιονανταλλακτικές ουσίες και ουσίες, οι οποίες όταν βρεθούν στο έδαφος είτε πολυμερίζονται, είτε προκαλούν το σχηματισμό ενώσεων ζελατινώδους υφής. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της ποσότητας και της τοξικότητας των εκχυλισμάτων που δημιουργούνται στο έδαφος από την παρουσία του νερού. Παράλληλα εμποδίζεται η μεταφορά των παραγομένων εκχυλισμάτων προς τον υδροφόρο ορίζοντα και άλλους υδάτινους αποδέκτες, λόγω των δημιουργούμενων φραγμάτων από τις ενώσεις ζελατινώδους μορφής.

#### → Οργανική άργιλος

Για τη δέσμευση οργανικών συστατικών πριν από τη σταθεροποίηση – στερεοποίηση

ρυπασμένων εδαφών γίνεται χρήση της οργανικής αργίλου, η οποία υπό τη φυσική της μορφή είναι υδρόφιλο υλικό και αποτελεί ασθενή προσροφητή οργανικών ρύπων. Η μετατροπή της όμως σε οργανική υδρόφοβο άργιλο, με αντικατάσταση των ανόργανων κατιόντων με οργανικά κατιόντα, την καθιστά άριστο προσροφητή οργανικών ρύπων.

#### → Θερμοπλαστικά υλικά

Σταθεροποίηση ρύπων μπορεί να επιτευχθεί με τηγμένα θερμοπλαστικά υλικά σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα κυριότερα θερμοπλαστικά υλικά, που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία ρυπασμένων εδαφών, είναι το πολυαιθυλένιο, η παραφίνη, το πολυπροπυλένιο, το θείο και η πίσσα.

Το ρυπασμένο έδαφος, αφού κατ' αρχήν ξηραθεί και θερμανθεί, αναμιγνύεται με κατάλληλη ποσότητα θερμοπλαστικών υλικών σε συσκευές μεγάλης χωρητικότητας (π.χ. συσκευές παραγωγής τσιμέντου) και θερμαίνεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 130 και 230°C. Με τη διαδικασία αυτή τα θερμοπλαστικά υλικά τήκονται και περιβάλλουν τους κόκκους του ρυπασμένου εδάφους. Το τελικό προϊόν, το οποίο σχηματίζεται μετά την ψύξη, χαρακτηρίζεται από χαμηλή εκχυλισιμότητα, μικρή τάση βιοαποδόμησης των περιεχόμενων ρύπων και θεωρείται αρκετά ανθεκτικό.

Η εφαρμοσιμότητα της μεθόδου κρίνεται ικανοποιητική, όσον αφορά στην αποκατάσταση εδαφών, τα οποία έχουν ρυπανθεί από βαρέα μέταλλα (π.χ. χαλκός, χρώμιο, αρσενικό). Εάν το έδαφος έχει ρυπανθεί από οξέα, όπως για παράδειγμα από υδροχλωρικό ή υδροφθορικό οξύ, τότε αυτά θα πρέπει να εξουδετερωθούν πριν από την επεξεργασία του με θερμοπλαστικά υλικά. Η παρουσία οξειδωτικών ενώσεων προκαλεί ρωγμές στην τελική θερμοπλαστική μήτρα και πιθανόν να οδηγήσει στην διαλυτοποίηση των δεσμευμένων ρύπων. Τέλος, η παρουσία νιτρικών ή υπερχλωρικών αλάτων έχει δυσμενή αποτελέσματα στην σταθερότητα του τελικού προϊόντος, διότι προκαλεί συνεχείς κύκλους ξήρανσης/ενυδάτωσης με αποτέλεσμα να διαρρηγνύεται η τελική θερμοπλαστική μήτρα.

Επειδή αρκετά από τα προαναφερόμενα υλικά συνήθως προκαλούν ταυτόχρονη σταθεροποίηση των ρύπων και στερεοποίηση των ρυπασμένων εδαφών, στη διεθνή βιβλιογραφία δεν γίνεται διαχωρισμός των δύο αυτών διεργασιών. Η επικρατούσα ορολογία είναι «μέθοδοι σταθεροποίησης», ενώ η έννοια στερεοποίηση χρησιμοποιείται όταν θεωρείται αναγκαίο.

Ο Πίνακας 5-19 παρουσιάζει τη συμβατότητα διαφόρων τεχνικών σταθεροποίησης – στερεοποίησης με διάφορους εδαφικούς ρύπους, ενώ ο Πίνακας 5-20 αναφέρει τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των κυριότερων εκ των προαναφερόμενων υλικών.

Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Η τεχνολογία της σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών είναι πολύ ευέλικτη και μπορεί, μέσω της δυνατότητας επιλογής διαφορετικών συνδυετικών υλικών, να αντιμετωπίσει με επιτυχία μια μεγάλη ποικιλία εδαφικών ρύπων (οργανικών και ανόργανων), μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται οι εξής:

- αμίαντος,
- ραδιενεργά στοιχεία,
- διαβρωτικά ανόργανα συστατικά,
- ανόργανα κυανίδια,
- στερεά οργανικά συστατικά (π.χ. πλαστικά, ρητίνες, κα.),
- πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB),
- πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs),
- διοξίνες, κα..

**Πίνακας 5-19:** Συμβατότητα διαφόρων τεχνικών σταθεροποίησης – στερεοποίησης με κοινούς εδαφικούς ρύπους (LaGrega M. et al., 2001).

Ρύποι	Τεχνική με τσιμέντο Portland	Τεχνική με ασβέστη	Εγκλιβισμός με θερμοπλαστικά	Μικροεγκλιβισμός με θερμοσκληρυνση	Μακροεγκλιβισμός
Οργανικοί διαλύτες και λάδια	Εμποδίζουν την πήξη, πιθανώς διαφεύγουν ως ατμοί.	Πολλά από αυτά εμποδίζουν την πήξη.	Τα οργανικά πιθανώς εξατμίζονται κατά τη θέρμανση.	Μπορούν να επιβραδύνουν τη δημιουργία πολυμερών.	Πρέπει αρχικά να απορροφηθούν στον στερεό υποδοχέα.
Στερεές οργανικές ουσίες (π.χ. ρητίνες)	Αυξάνουν συνήθως τη σταθερότητα στο χρόνο.	Αυξάνουν συνήθως τη σταθερότητα στο χρόνο.	Μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως υλικά συνοχής.	Πιθανώς καθυστερούν τη δημιουργία πολυμερών.	Συμβατά. Πολλά υλικά έγκλισης είναι πλαστικά.
Ανόργανα όξινα απόβλητα	Το τσιμέντο εξουδετερώνει τα όξινα απόβλητα.	Συμβατά	Μπορεί να εξουδετερώνονται πριν την ενσωμάτωση.	Συμβατά	Μπορεί να εξουδετερώνονται πριν την ενσωμάτωση.
Οξειδωτικά συστατικά	Συμβατά	Συμβατά	Πιθανώς προκαλούν καταστροφή του περιέκτη και ανάφλεξη.	Πιθανώς προκαλούν θραύση του μητρικού σώματος.	Πιθανώς να επηρεάζουν τα υλικά έγκλισης.
Θειικά συστατικά	Πιθανώς καθυστερούν την πήξη, εκτός αν χρησιμοποιηθούν ειδικά τσιμέντα.	Συμβατά	Πιθανώς αφυδατώνονται και ενυδατώνονται δημιουργώντας ρωγμές.	Συμβατά	Συμβατά
Αλογονογόνα	Εύκολα εκπλένονται, πιθανώς καθυστερούν την πήξη.	Πιθανώς να επιβραδύνουν την πήξη. Παρουσιάζουν μεγαλύτερη εκπλυσιμότητα.	Πιθανώς αφυδατώνονται και ενυδατώνονται δημιουργώντας ρωγμές.	Συμβατά	Συμβατά
Βαρέα μέταλλα	Συμβατά	Συμβατά	Συμβατά	Σε όξινο περιβάλλον διαλυτοποιούνται τα υδροξείδια των μετάλλων.	Συμβατά
Ραδιενεργά συστατικά	Συμβατά	Συμβατά	Συμβατά	Συμβατά	Συμβατά

**Πίνακας 5-20:** Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διαφόρων υλικών σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών (EPA, 1993b).

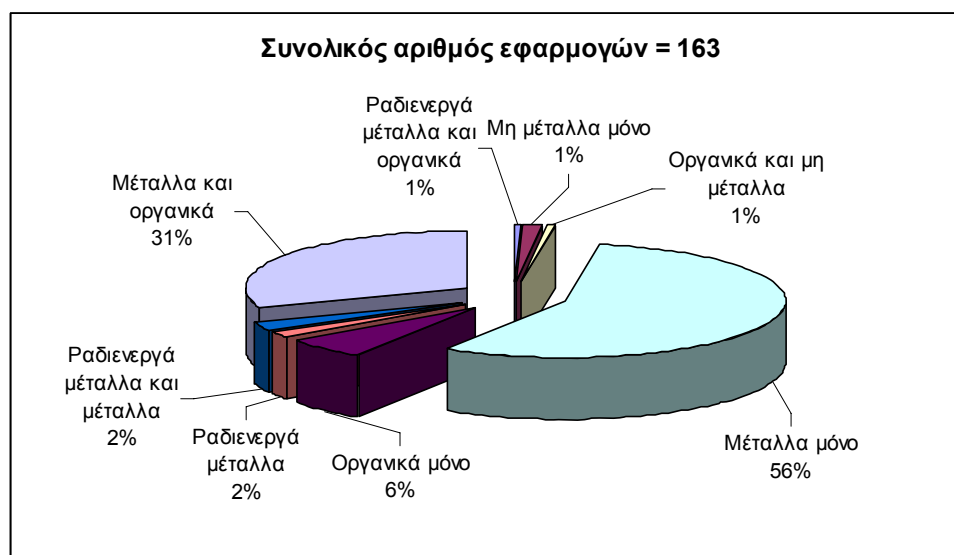
Υλικό	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<b>Τσιμέντο</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• φθινό υλικό</li> <li>• γνωστή τεχνική</li> <li>• δεν απαιτείται απομάκρυνση του νερού από το έδαφος</li> <li>• προσαρμόζεται εύκολα σε αλλαγές της χημικής σύστασης των εδαφών</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• απαιτούνται μεγάλες ποσότητες τσιμέντου</li> <li>• η τελική σταθερότητα εξαρτάται από την παρουσία διαφόρων ρύπων (οργανικές ενώσεις, θειικές ενώσεις, νάτριο, μαγγάνιο, μόλυβδος, ψευδάργυρος και κασσίτερος)</li> <li>• η παρουσία οξέων αυξάνει την εκχυλισιμότητα των ρύπων</li> <li>• πιθανότητα έκλυσης <math>\text{NH}_3</math> παρουσία <math>\text{NH}_4^+</math></li> <li>• ο όγκος αποβλήτων αυξάνεται χαρακτηριστικά λόγω του μηχανισμού προσθήκης, αν και όχι απαραίτητα περισσότερο από άλλους ανόργανους συνδέσμους</li> </ul>
<b>Ασβέστος</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• φθινό υλικό</li> <li>• γνωστή τεχνική</li> <li>• καθορισμένες χημικές αντιδράσεις</li> <li>• δεν απαιτείται απομάκρυνση του νερού από το έδαφος</li> <li>• μεγάλο εύρος εφαρμογής</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• αυξημένη διαλυτότητα ρύπων παρουσία οξέων</li> <li>• η διαχείριση της ασβέστου παρουσιάζει δυσκολίες</li> <li>• απαιτούνται σημαντικές ποσότητες ασβέστου</li> </ul>
<b>Ποζολανικά υλικά</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• απαιτούνται σχετικά μικρές ποσότητες ποζολανικών υλικών</li> <li>• καλή μακροπρόθεσμη σταθερότητα τελικού προϊόντος</li> <li>• γνωστές χημικές αντιδράσεις</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• η σταθεροποίηση επιτυγχάνεται με εξαιρετικά αργούς ρυθμούς</li> <li>• υπάρχει μεγάλη ευαισθησία της μεθόδου στην παρουσία οξέων</li> </ul>
<b>Θερμοπλαστικά υλικά</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ελάχιστη διαλυτότητα ρύπων</li> <li>• πλήρης εγκλωβισμός ρύπων</li> <li>• μικρή δυνατότητα βιοαποδόμησης ρύπων</li> <li>• τα υλικά είναι ανθεκτικά στα περισσότερα υδατικά διαλύματα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• απαιτούνται ειδικές συσκευές και εξειδικευμένο προσωπικό</li> <li>• κίνδυνοι έκρηξης και πυρκαγιάς</li> <li>• κίνδυνος αέριας ρύπανσης</li> <li>• υψηλό κόστος</li> <li>• απαιτείται ξήρανση του εδάφους</li> </ul>

Στον Πίνακα 5-21 παρουσιάζεται μια εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της τεχνολογίας σταθεροποίησης – στερεοποίησης στην αντιμετώπιση διαφορετικών ρύπων σε εδάφη και ιλύς, ενώ στο Διάγραμμα 5-3 παρουσιάζονται, υπό μορφή ποσοστών, οι ρύποι, που έχουν αντιμετωπιστεί με την εν λόγω τεχνολογία, σε σύνολο 163 εφαρμογών στις ΗΠΑ.

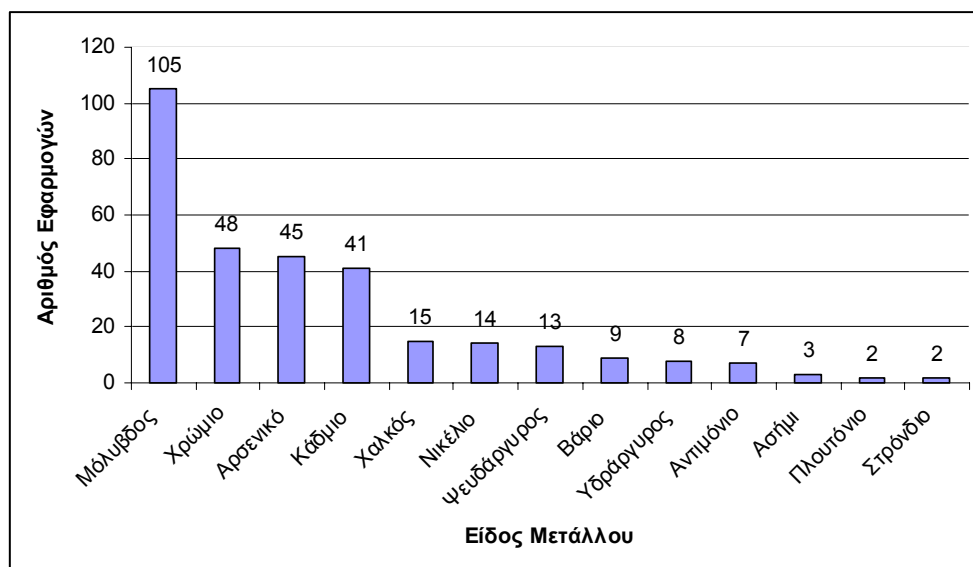
**Πίνακας 5-21:** Αποτελεσματικότητα σταθεροποίησης – στερεοποίησης για διάφορα είδη ρύπων σε εδάφη και ιλύς (EPA, 1993b).

	Ομάδα ρύπων	Αποτελεσματικότητα σε έδαφος/ ιλύς
Οργανικοί ρύποι	Αλογονωμένα πτητικά	□
	Μη αλογονωμένα πτητικά	□
	Αλογονωμένα ημι-πτητικά	■
	Μη αλογονωμένα ημι-πτητικά και μη πτητικά	■
	PCBs	▼
	Παρασιτοκτόνα	▼
	Διοξίνες/ φουράνια	▼
	Οργανικά κυανίδια	▼
Ανόργανοι ρύποι	Οργανικά διαβρωτικά	▼
	Πτητικά μέταλλα	■
	Μη πτητικά μέταλλα	■
	Αμίαντος	■
	Ραδιενεργά υλικά	■
	Ανόργανα διαβρωτικά	■
Αντιδρώντες ρύποι	Ανόργανα κυανίδια	■
	Οξειδωτικά	■
	Αναγωγικά	■

- Αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητα: επιτυχής επεξεργασία σε ικανο-ποιητικό βαθμό  
 ▼ Πιθανή αποτελεσματικότητα: οι ειδικοί πιστεύουν ότι θα είναι αποτελεσματική  
 □ Μη αναμενόμενη αποτελεσματικότητα: οι ειδικοί πιστεύουν ότι δε θα είναι αποτελεσματική

**Διάγραμμα 5-3:** Αντιμετωπίσιμοι ρύποι για διαφορετικές εφαρμογές της τεχνολογίας σταθεροποίησης – στερεοποίησης (EPA, 2000)

Τέλος, στο Διάγραμμα 4 παρουσιάζονται τα είδη των μετάλλων, που έχουν αντιμετωπιστεί επιτυχώς με την τεχνολογία της σταθεροποίησης – στερεοποίησης.



**Διάγραμμα 5-4:** Είδη μετάλλων , που έχουν αντιμετωπιστεί επιτυχώς από την τεχνολογία σταθεροποίησης – στερεοποίησης (EPA, 2000).

#### Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

Για την αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας και την εφαρμογή της τεχνολογίας σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών έχει διαμορφωθεί και προταθεί μια μεθοδολογία από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος του Ηνωμένου Βασιλείου, η οποία συνοπτικά παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-17 και περιλαμβάνει τα ακόλουθα βασικά στάδια:

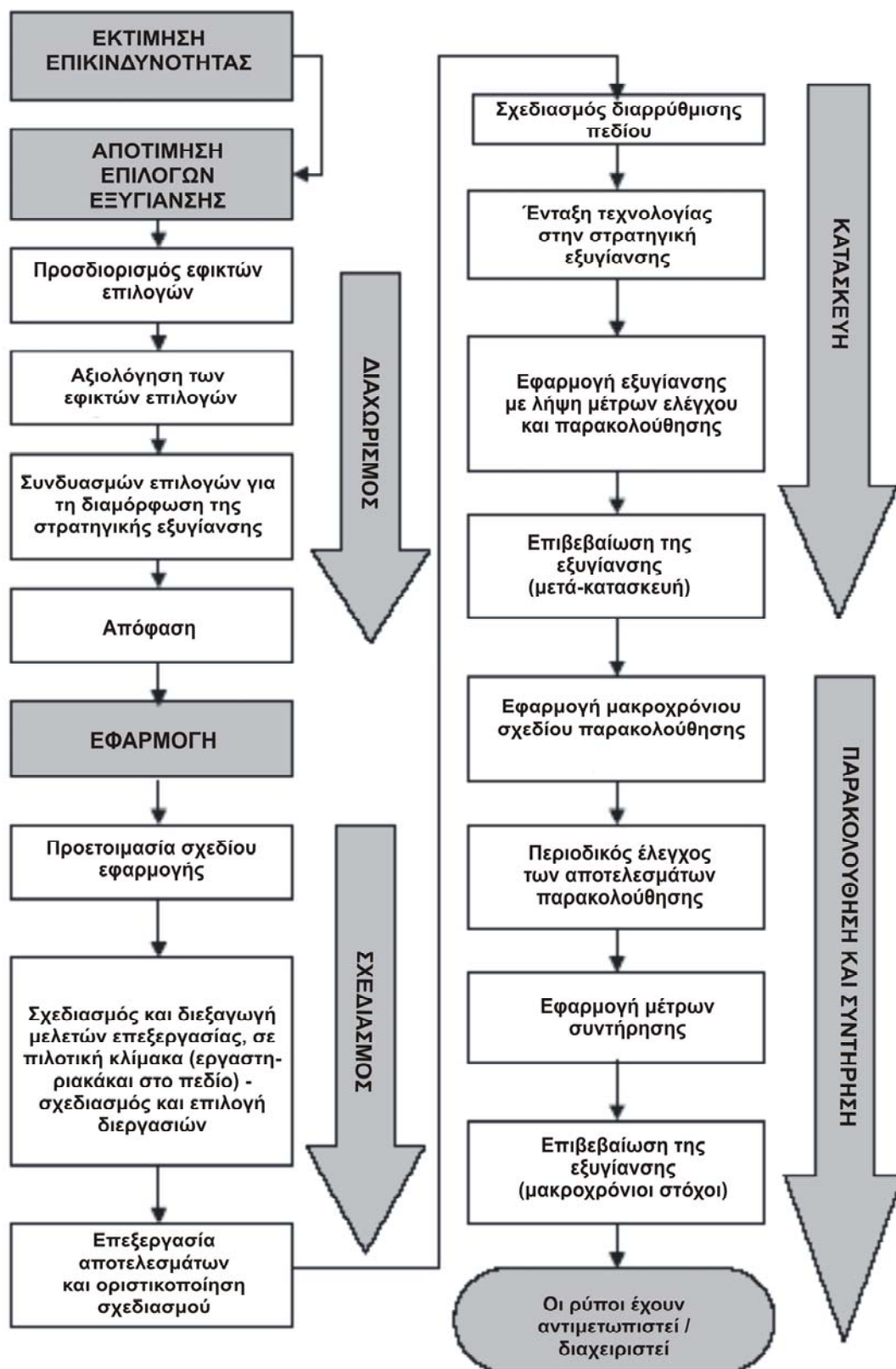
- μελέτη του προς εξυγίανση πεδίου, με στόχο την εκτίμηση της υφιστάμενης επικινδυνότητας και την αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας και της αναμενόμενης απόδοσης της τεχνολογίας,
- σχεδιασμό της εφαρμογής της τεχνολογίας,
- εφαρμογή της τεχνολογίας,
- παρακολούθηση και συντήρηση.

Κατά τη μελέτη του προς εξυγίανση πεδίου (Σχήμα 5-18), πρέπει να συλλεχθούν τα στοιχεία που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-22.

Στη συνέχεια ακολουθεί η λεπτομερής αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας, με συλλογή περισσότερων και πιο εξειδικευμένων πληροφοριών, σύμφωνα με το Σχήμα 5-19.

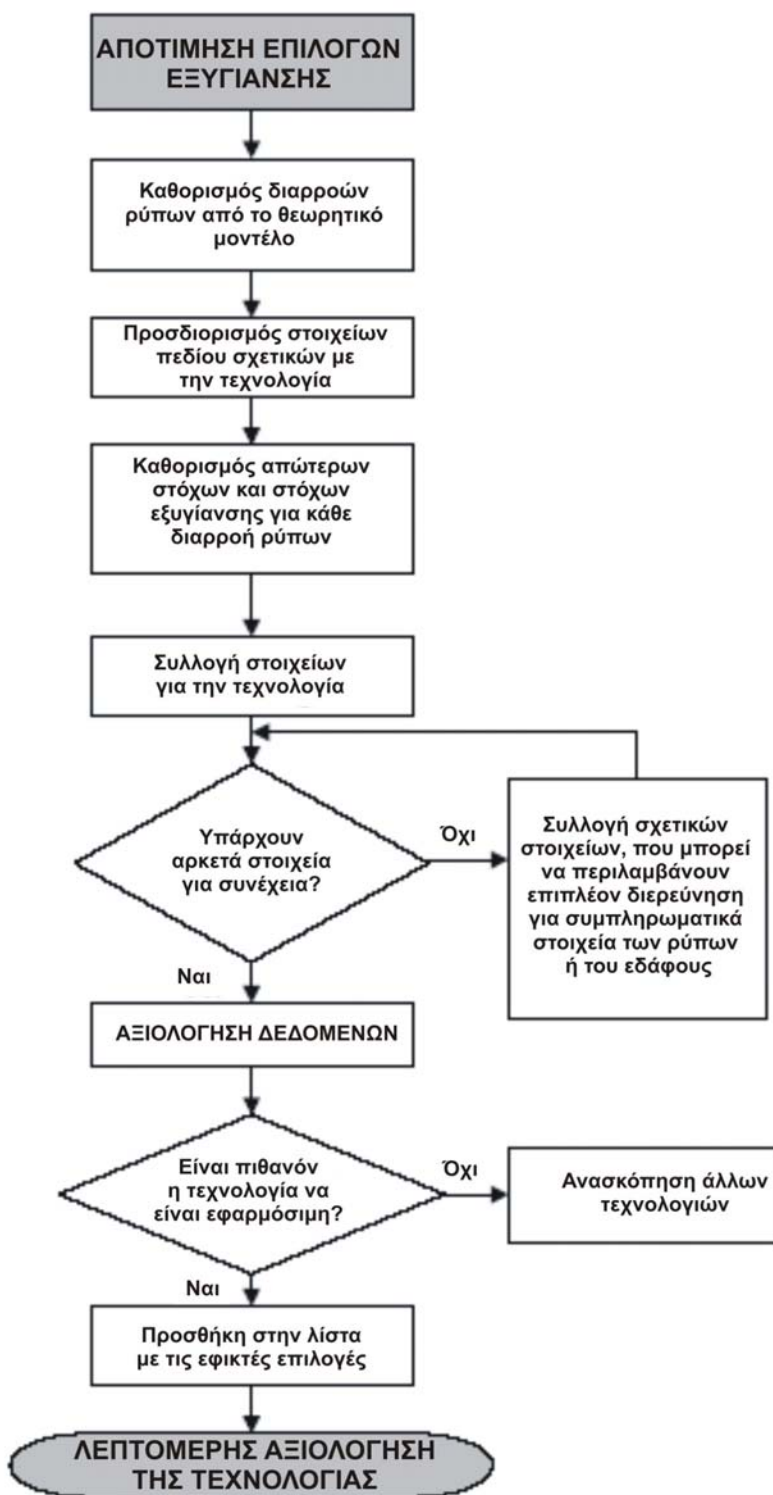
Αναλυτικά, οι παράμετροι, που καθορίζουν την εφαρμοσιμότητα και την καταλληλότητα της τεχνολογίας σε ένα δεδομένο πεδίο, καθώς και η εξάρτηση αυτών από τις τιμές τους, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-23.

Εφόσον, προκύψουν θετικά αποτελέσματα από τη διεξαγωγή των προαναφερόμενων βημάτων, ακολουθεί ο σχεδιασμός των συνθηκών εφαρμογής της τεχνολογίας, σύμφωνα με το Σχήμα 5-20.



\* Η δειγματοληψία και η διεξαγωγή δοκιμών υποστηρίζουν κάθε στάδιο της όλης διαδικασίας.

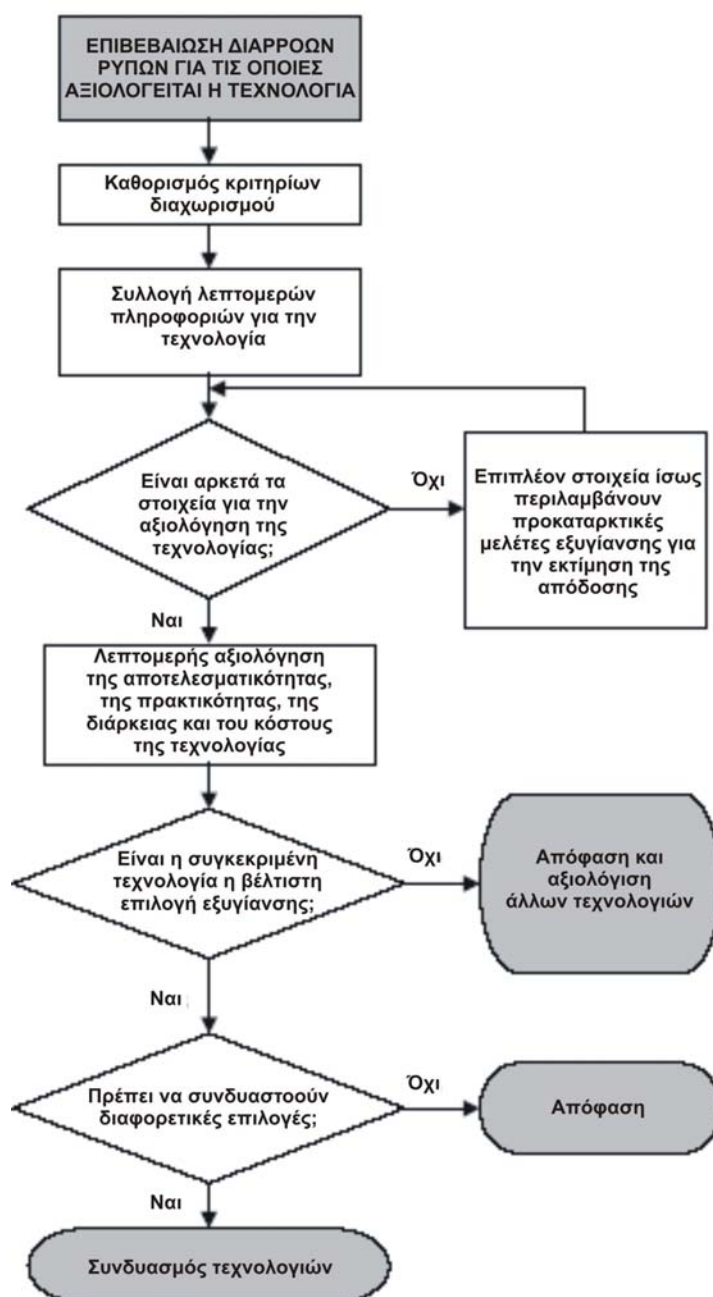
**Σχήμα 5-17:** Προτεινόμενη μεθοδολογία αξιολόγησης και εφαρμογής της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών (UK Environmental Agency, 2004).



**Σχήμα 5-18:** Προτεινόμενη μεθοδολογία μελέτης ενός προς εξυγίανση πεδίου με την τεχνολογία της σταθεροποίησης – στερεοποίησης (UK Environmental Agency, 2004).

**Πίνακας 5-22:** Βασικά στοιχεία, που πρέπει να συλλεχθούν για την αξιολόγηση και την εφαρμογή της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης (UK Environmental Agency, 2004).

Στοιχεία Ρυπασμένου Εδάφους	Στοιχεία Πεδίου
<ul style="list-style-type: none"> <li>Είδος και ιδιότητες ρύπων (φάση, διαλυτότητα, πτητικότητα, κτλ.)</li> <li>Συγκέντρωση και κατανομή ρύπων</li> <li>Συγκέντρωση υποβάθρου για κάθε ρύπο</li> <li>Προσδιορισμός πηγής ρύπανσης και χαρακτηριστικών αυτής</li> <li>Γεωτεχνικές ιδιότητες (π.χ. υγρασία, πυκνότητα, κατανομή μεγέθους κόκκων, περιεκτικότητα σε άνθρακα, κτλ.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ιστορικό ρύπανσης</li> <li>Γεωλογία και δομή</li> <li>Υδρογεωλογία</li> <li>Κατάσταση και ιδιότητες υπόγειου υδροφορέα</li> <li>Ποιότητα υπόγειου και επιφανειακών υδάτων</li> <li>Θέση και είδος υφιστάμενων πιθανών αποδεκτών</li> <li>Χρήσεις γης</li> <li>Οικολογική κατάσταση πεδίου</li> </ul>



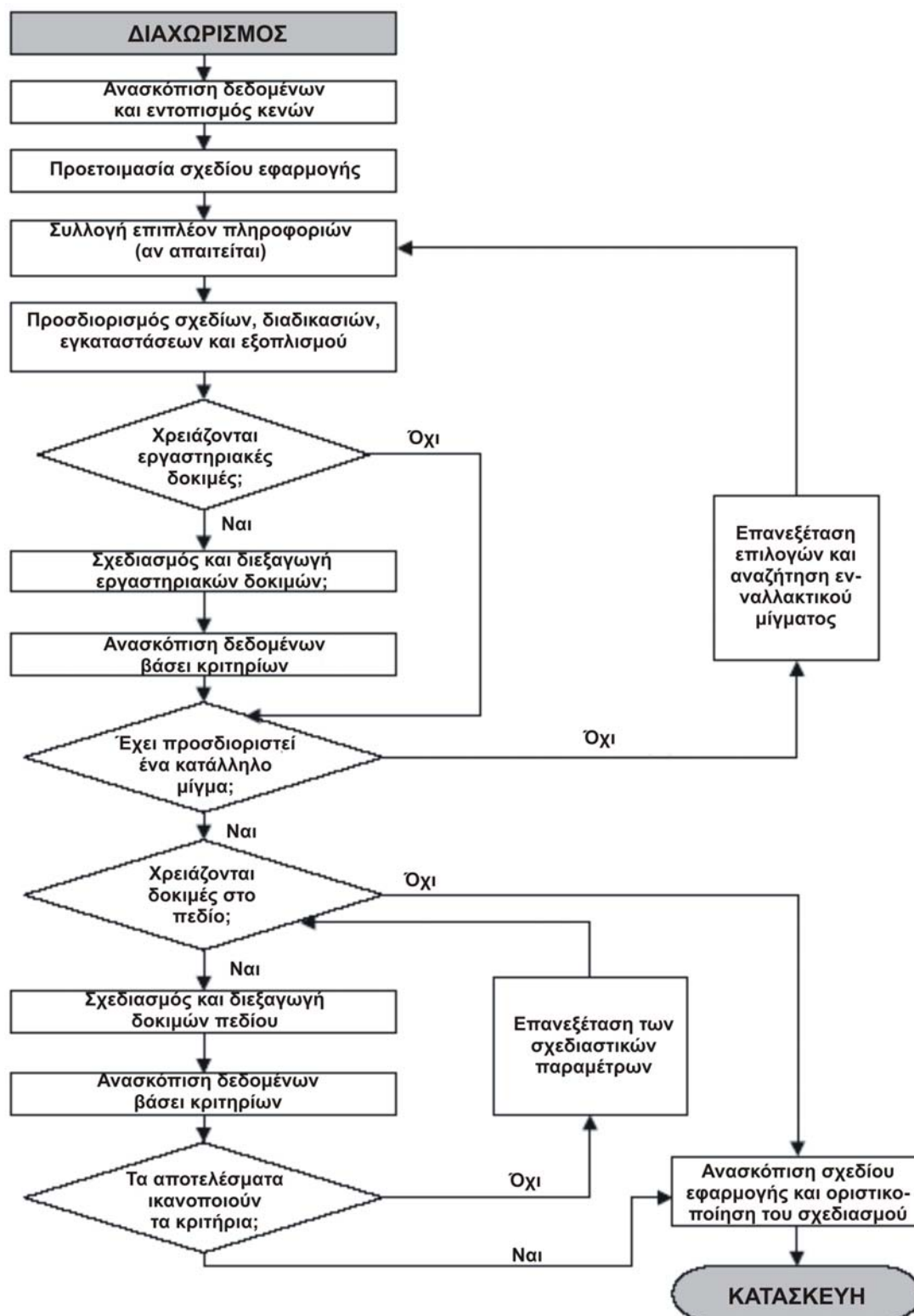
**Σχήμα 5-19:** Προτεινόμενη λεπτομερής αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης (UK Environmental Agency, 2004).

**Πίνακας 5-23:** Κριτήρια αξιολόγησης της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης ως κατάλληλη για την εξυγίανση ενός δεδομένου πεδίου (UK Environmental Agency, 2004).

Κριτήρια	Εφαρμοσιμότητα		
	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή
<b>Αποτελεσματικότητα</b>			
Επεξεργασία όλων των ρύπων	Όλοι οι ρύποι είναι δυνατόν να επεξεργαστούν αποτελεσματικά	Ορισμένοι ρύποι ίσως απαιτούν επιπρόσθετη επεξεργασία ή μετατροπές της διεργασίας	Δεν μπορούν να επεξεργαστούν αποτελεσματικά όλοι οι ρύποι
Βάθος στο οποίο απαιτείται επεξεργασία Διαπερατότητα τελικού προϊόντος	<5m Το τελικό προϊόν αναμένεται να έχει χαμηλή διαπερατότητα και προσφέρει επιπλέον προστασία από εξωγενείς επιδράσεις	5-20m Η διαπερατότητα δεν είναι χαμηλή, αλλά το ενδεχόμενο εισόδου υπογείων υδάτων ή διήθησης επιφανειακών υδάτων δεν είναι πιθανό	>20m Το τελικό προϊόν αναμένεται να έχει υψηλή διαπερατότητα
Αλληλεπίδραση του επεξεργασμένου υλικού με τα συνδετικά υλικά και διαδικασία επεξεργασίας	Το επεξεργασμένο υλικό είναι συμβατό με το συνδετικό υλικό και τη διαδικασία επεξεργασίας. Δεν αναμένονται φαινόμενα παρεμβολών.	Το επεξεργασμένο υλικό ίσως χρειάζεται προ-επεξεργασία, προκειμένου να αντιδράσει αποτελεσματικά με το συνδετικό υλικό ή να είναι εφικτή η διαδικασία επεξεργασίας.	Το επεξεργασμένο υλικό ίσως να μην είναι κατάλληλο και η όλη διαδικασία επεξεργασίας να μην είναι αποτελεσματική χωρίς σημαντική προ-επεξεργασία
Συνάφεια του προς επεξεργασία υλικού (χημικές και φυσικές ιδιότητες)	Καλά χαρακτηρισμένο, ομοιογενές υλικό, συμβατό με την επεξεργασία	Οι ιδιότητες του υλικού (φυσικές και χημικές) ίσως έχουν κάποιες διακυμάνσεις, αλλά είναι επαρκώς προσδιορισμένες και μπορεί να λάβει χώρα η επεξεργασία	Υλικό μη επαρκώς χαρακτηρισμένο με μεταβλητές και απρόβλεπτες ιδιότητες
Στάθμη υδροφόρου ορίζοντα	Το επεξεργασμένο υλικό θα είναι περιορισμένο σε ειδικό κοντίνερ ή πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα	Το επεξεργασμένο υλικό θα είναι πάνω από τη μέση στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, αλλά περιοδικά θα εισέρχεται στην κορεσμένη ζώνη. Θα πρέπει να δοθεί προσοχή στις σχεδιαστικές λεπτομέρειες. Η υπόγεια ροή δεν θα επηρεαστεί σημαντικά.	Όλο ή μέρος του επεξεργασμένου υλικού θα είναι κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα και το υπόγεια νερό είναι χημικά επιθετικό. Η υπόγεια ροή μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά.
Επίτευξη στόχων εξυγίανσης ή προδιαγραφών αποδοχής τελικού υλικού σε ΧΥΤΑ	Είναι πιθανόν να επιτευχθούν εύκολα.	Είναι πιθανόν να επιτευχθούν με καλό έλεγχο της όλης διαδικασίας επεξεργασίας και/ή συχνό προσδιορισμός των ιδιοτήτων του τελικού προϊόντος.	Δεν είναι πιθανόν να επιτευχθούν.

Εμπιστοσύνη στην πρόταση	Υπάρχει αρχείο επιτυχών επεξεργασιών παρόμοιων υλικών. Στο παρελθόν έχει επιβεβαιωθεί η παραγωγή ενός προϊόντος ασφαλούς και με διάρκεια.	Δεν υπάρχουν πληροφορίες για παρόμοιες εφαρμογές, αλλά οι δοκιμές προβλέπουν την παραγωγή ενός προϊόντος ασφαλούς και με διάρκεια. Επιβεβαίωση μέσω παρακολούθησης.	Η συγκεκριμένη εφαρμογή δεν έχει εφαρμοστεί ποτέ στο παρελθόν και τα αποτελέσματα των δοκιμών δεν δίνουν ικανοποιητικά στοιχεία. Ίσως να μην υπάρχει επαρκής ασφάλεια.
<b>Πρακτικότητα</b>			
Αδειοδότηση σχεδιασμού	Δεν απαιτείται αδειοδότηση ή είναι ήδη δεδομένη.	Απαιτείται αδειοδότηση σχεδιασμού και μπορεί να αποκτηθεί εύκολα.	Απαιτείται αδειοδότηση σχεδιασμού αλλά δεν μπορεί να αποκτηθεί εύκολα ή γρήγορα.
Απαιτήσεις αδειοδότησης για τη διαχείριση ή την επεξεργασία	Δεν απαιτείται αδειοδότηση ή έχει ήδη εκδοθεί.	Απαιτείται αδειοδότηση και ο απαιτούμενος έλεγχος έχει ήδη πραγματοποιηθεί.	Απαιτείται αδειοδότηση σχεδιασμού αλλά δεν μπορεί να αποκτηθεί εύκολα ή γρήγορα.
Αποδοχή αρμόδιου φορέα	Έχουν ληφθεί οι απαιτούμενες εγκρίσεις και δεν υπάρχουν περιορισμοί.	Δεν υπάρχουν περιορισμοί, αλλά κάποιες τεχνικές λεπτομέρειες, που πρέπει να εξεταστούν.	Οι απαιτούμενες εγκρίσεις είναι πιθανόν να μην δοθούν. Υπάρχουν εμπόδια (τεχνικά και πολιτικής).
Πρόσβαση στο πεδίο και περιορισμοί χώρου	Δεν υπάρχει κανένα εμπόδιο στην πρόσβαση στο πεδίο και υπάρχει διαθέσιμος χώρος για την επεξεργασία (εξοπλισμό και διαχείριση υλικών).	Μπορεί να τακτοποιηθεί το θέμα της πρόσβασης στο πεδίο και να διεξαχθούν οι εργασίες εξυγίανσης στον υφιστάμενο χώρο.	Είναι ιδιαίτερα δύσκολη η πρόσβαση στο πεδίο ή δεν υπάρχει αρκετός χώρος για την διεξαγωγή των αναγκαίων εργασιών.
Χρόνος εργασιών	Ο προβλεπόμενος χρόνος εξυγίανσης είναι ικανοποιητικός.	Ο προβλεπόμενος χρόνος εξυγίανσης είναι μεγαλύτερος από τον επιθυμητό, αλλά συγκρίσιμος με εκείνον άλλων τεχνολογιών.	Ο προβλεπόμενος χρόνος εξυγίανσης δεν είναι αποδεκτός.
Διαθεσιμότητα εγκατάστασης, εξοπλισμού και πρώτων υλών	Κατάλληλες εγκαταστάσεις, εξοπλισμός και πρώτες ύλες είναι άμεσα διαθέσιμες.	Κατάλληλες εγκαταστάσεις, εξοπλισμός και πρώτες ύλες μπορούν να γίνουν διαθέσιμες σύντομα.	Δεν ικανοποιούνται οι ανάγκες του πεδίου με τις διαθέσιμες εγκαταστάσεις / εξοπλισμό.

Συνθήκες εδάφους	Δεν αναμένεται να υπάρξουν εμπόδια στο έδαφος, το οποίο θα αντέξει το βάρος του αναγκαίου εξοπλισμού.	Μικρές τροποποιήσεις του τρόπου εργασίας και ή του εξοπλισμού θα αποφύγει τυχόν αρνητικές συνθήκες.	Αλλαγές του τρόπου εργασίας ή του εξοπλισμού δεν θα απόφυγει τυχόν αρνητικές συνθήκες.
Απαιτήσεις προεπεξεργασίας	Δεν απαιτείται προεπεξεργασία	Τα χαρακτηριστικά του υλικού θα είναι αποδεκτά μετά από προεπεξεργασία.	Η προεπεξεργασία απαιτεί σημαντικό χρόνο και έξοδα.
Ιδιότητες ανάμιξης και διαχείρισης	Το υλικό αναμιγνύεται ικανοποιητικά.	Τα χαρακτηριστικά του υλικού θα είναι αποδεκτά μετά από προεπεξεργασία.	Το υλικό είναι ακατάλληλο για επεξεργασία.
Κίνδυνος ρύπανσης του περιβάλλοντος	Δεν υφίσταται σημαντικός κίνδυνος για το περιβάλλον μέσω της διαδικασίας εξυγίανσης.	Μπορούν να ληφθούν μέτρα για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον.	Δεν μπορούν να ληφθούν μέτρα για την μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον σε αποδεκτό βαθμό.
Υγεία και ασφάλεια	Όλα τα θέματα υγείας και ασφάλειας εξασφαλίζονται εύκολα.	Μπορούν να ληφθούν μέτρα για την εξασφάλιση της ασφάλειας κατά τις εργασίες.	Υπάρχουν σοβαροί κίνδυνοι ασφάλειας και υγείας, που δεν μπορούν να μειωθούν.
Συμβατότητα τελικού προϊόντος με την τελική χρήση του πεδίου	Το επεξεργασμένο προϊόν αναμένεται να είναι συμβατό με την τελική χρήση του πεδίου.	Μπορούν να ληφθούν μέτρα για την αξιοποίηση και την προστασία του τελικού προϊόντος εντός του πεδίου.	Το επεξεργασμένο προϊόν δεν αναμένεται να είναι συμβατό με την τελική χρήση του πεδίου.
<b>Διάρκεια ζωής</b>			
Έκθεση σε φυσική διάβρωση	Το τελικό προϊόν θα προστατευθεί με χρήση καλύμματος.	Το τελικό προϊόν θα προστατευθεί από το έδαφος.	Το τελικό προϊόν θα είναι σε άμεση έκθεση στην επιφάνεια του εδάφους.
Διάρκεια ζωής τελικού προϊόντος	Όλοι οι ρύποι έχουν δεσμευτεί και δεν εξαρτώνται από την φυσική ακεραιότητα του τελικού προϊόντος.	Απελευθέρωση ρύπων μπορεί να πραγματοποιηθεί κάτω από ακραίες συνθήκες.	Υπάρχει δυνατότητα απελευθέρωσης των ρύπων σε περίπτωση καταστροφής της φυσικής ακεραιότητας του τελικού προϊόντος.
<b>Λογική</b>			
Κόστος - όφελος	Καλή σχέση σε σύγκριση με άλλες εναλλακτικές επιλογές.	Οριακό προβάδισμα σε σχέση με άλλες εναλλακτικές επιλογές.	Το κόστος είναι υπερβολικό σε σχέση με το όφελος.



**Σχήμα 5-20:** Προτεινόμενος σχεδιασμός εφαρμογής της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης (UK Environmental Agency, 2004).

Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στη διεξαγωγή εργαστηριακών πειραμάτων, τα οποία θα καθορίσουν το καταλληλότερο υλικό ανάμιξης και την αναγκαία ποσότητα αυτού, μέσω του προσδιορισμού των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος, καθώς

επίσης και τη «σταθερότητα» των ρύπων εντός αυτού. Τα βασικότερα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος, που είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν, μέσω των προαναφερόμενων πειραμάτων, είναι τα εξής:

- υδραυλική αγωγιμότητα / διαπερατότητα,
- αντοχή σε συμπίεση, ψύξη και θήξη,
- υγρασία,
- πυκνότητα,
- τοξικότητα,
- εκχυλισιμότητα ρύπων.

Βάσει των αποτελεσμάτων, που θα προκύψουν, ακολουθεί ο σχεδιασμός του ακριβούς τρόπου εφαρμογής της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης, ακολουθώντας τη διαδικασία, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-21.

Τέλος, πραγματοποιείται κατάστρωση σχεδίου παρακολούθησης και συντήρησης του επεξεργασμένου πλέον πεδίου, σύμφωνα με τις προδιαγραφές, που παρουσιάζονται σε επόμενες παραγράφους.

#### Χρόνος Εφαρμογής

Ο απαιτούμενος χρόνος εφαρμογής της τεχνολογίας σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών είναι σχετικά μικρός, σε σχέση τουλάχιστον με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης, καθώς κυμαίνεται μεταξύ μερικών εβδομάδων και μερικών μηνών, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες και φυσικά την έκταση του προς επεξεργασία πεδίου. Σε γενικές γραμμές, οι παράγοντες, που καθορίζουν τον απαιτούμενο χρόνο εξυγίανσης, είναι οι εξής:

- το είδος και η ποσότητα των υφιστάμενων ρύπων,
- η έκταση και το βάθος της ρυπασμένης περιοχής,
- οι επικρατούσες γεωλογικές συνθήκες και τα χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία εδάφους,
- ο τρόπος εφαρμογής της τεχνολογίας (π.χ. αν λαμβάνει χώρα ανάμιξη των αναγκαίων υλικών και του ρυπασμένου εδάφους ex-situ σε δεξαμενές, ο απαιτούμενος χρόνος, όπως είναι λογικό, αυξάνεται).

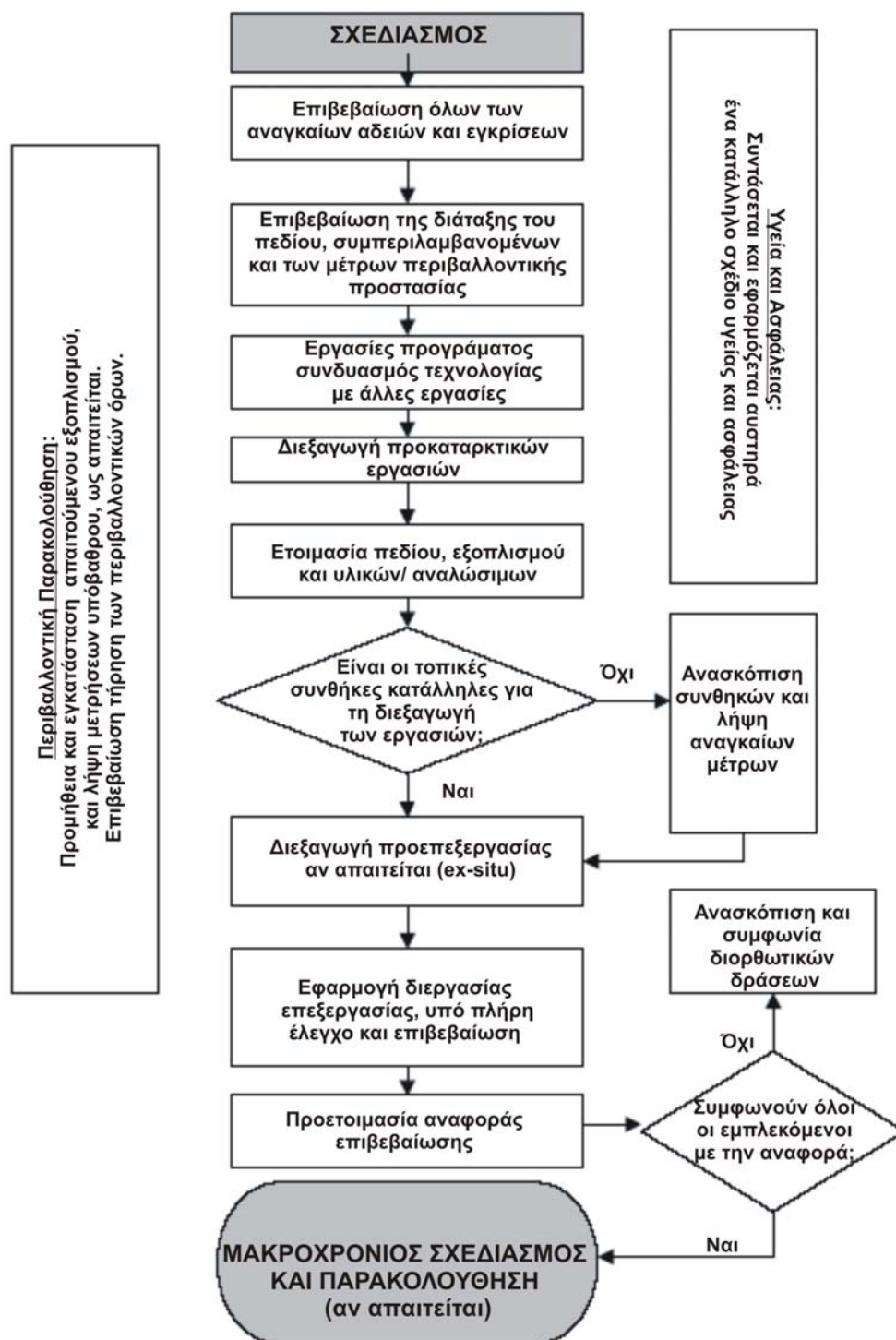
#### Παρακολούθηση Συστημάτων

Η παρακολούθηση ενός πεδίου ή εδαφών, που έχουν επεξεργαστεί με την τεχνολογία της σταθεροποίησης – στερεοποίησης, στόχο έχει:

- την επιβεβαίωση της αποτελεσματικότητας της τεχνολογίας, ακόμη και μετά την πάροδο κάποιου συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος από την εφαρμογής της,
- τον προσδιορισμό της αναγκαιότητας ή της αποτελεσματικότητας ειδικών μέτρων περιορισμού της μεταφοράς των «δεσμευμένων» ρύπων,
- τον εντοπισμό πιθανών μεταβολών στις επικρατούσες συνθήκες (π.χ. σημαντική

αύξηση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα), που μπορούν να επηρεάσουν τη «σταθερότητα» του επεξεργασμένου εδάφους,

- τη συλλογή στοιχείων για την επιβεβαίωση της ανάγκης τερματισμού της παρακολούθησης.



**Σχήμα 5-21:** Προτεινόμενη μεθοδολογία σχεδιασμού / κατασκευής «συστήματος» εφαρμογής της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης (UK Environmental Agency, 2004).

Η παρακολούθηση πραγματοποιείται μέσω δειγματοληψίας και ανάλυσης του επεξεργασμένου εδάφους και μέσω γεωτρήσεων (ιδιαίτερα για τη μελέτη της ασφάλειας και της κατάστασης των υπογείων υδάτων). Η παρακολούθηση τερματίζεται όταν υπάρχουν αρκετά συλλεχθέντα στοιχεία, που υποστηρίζουν και επιβεβαιώνουν τη μακροχρόνια απόδοση της τεχνολογίας και την απουσία οποιασδήποτε επικινδυνότητας από τους «δεσμευμένους» ρύπους.

#### Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Οι πλέον καθοριστικές παράμετροι του κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας της σταθεροποίησης – στερεοποίησης σε ένα δεδομένο πεδίο είναι οι εξής:

- το είδος και η ποσότητα των υφιστάμενων ρύπων, δεδομένου αυτά καθορίζουν τον τύπο του κατάλληλου υλικού ανάμιξης και την απαιτούμενη ποσότητα αυτού,
- τα χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία εδάφους και οι δυνατότητες χρήσης ή απόθεσής του μετά την επεξεργασία,
- ο όγκος του προς επεξεργασία εδάφους.

Σύμφωνα με τις έως τώρα εφαρμογές της τεχνολογίας σε διάφορα πεδία, οι οποίες όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι αρκετές, το κόστος σταθεροποίησης – στερεοποίησης ρυπασμένων εδαφών κυμαίνεται από 90 έως 360€/m<sup>3</sup> εδάφους.

#### Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.

##### *Πλεονεκτήματα τεχνολογίας*

- Μπορεί να εφαρμοστεί σχεδόν σε όλα τα εδάφη.
- Μπορεί να εφαρμοστεί in-situ, ex-situ και on-site, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες.
- Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης είναι μικρός, τουλάχιστον σε σχέση με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης.
- Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης ενός συστήματος σταθεροποίησης – στερεοποίησης είναι σχετικά μικρό.

##### *Μειονεκτήματα τεχνολογίας*

- Κατά την προσθήκη των απαιτούμενων συνδετικών υλικών, ο όγκος του προς επεξεργασία εδάφους είναι δυνατόν να αυξηθεί σημαντικά (ακόμη και να διπλασιαστεί), καθιστώντας δύσκολη τη μετέπειτα διαχείρισή του (ειδικά σε ex-situ εφαρμογές).
- Η αντοχή του τελικού σταθεροποιημένου –στερεοποιημένου υλικού δεν είναι δεδομένη, καθώς μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά από πολλές παραμέτρους (π.χ. καιρικές συνθήκες), οδηγώντας σε απελευθέρωση των συγκερατημένων ρύπων.
- Το βάθος της υπάρχουσας ρύπανσης είναι δυνατόν να αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα στην εφαρμογή της.

- Σε in-situ εφαρμογές το σταθεροποιημένο – στερεοποιημένο έδαφος ίσως αποτρέψει οποιαδήποτε μελλοντική χρήση της εξυγιασμένης περιοχής.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις, που απαιτείται μικρός λόγος εδάφους - συνδετικού υλικού, το κόστος εφαρμογής αυξάνεται σημαντικά.
- Δεν μπορεί να αντιμετωπίσει ικανοποιητικά τους οργανικούς ρύπους, καθώς η ακινητοποίησή τους είναι δύσκολη.
- Η παρουσία ανόργανων αλάτων στο έδαφος είναι δυνατόν να επηρεάσει σημαντικά τη δράση των χρησιμοποιούμενων συνδετικών υλικών και ως εκ τούτου πρέπει να είναι πλήρως προσδιορισμένη πριν την εφαρμογή της τεχνολογίας.

### 5.2.1.2. Βιολογικές

#### 5.2.1.2.1. Φυσική Εξασθένηση (Natural Attenuation)

Ο όρος «φυσική εξασθένηση» (Monitored Natural Attenuation – MNA) ουσιαστικά αναφέρεται σε διάφορες φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες, που λαμβάνουν χώρα αυθόρμητα στο υπέδαφος, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την εξυγίανση του υπεδάφους (κορεσμένης, αλλά και ακόρεστης ζώνης), χωρίς να πραγματοποιείται εγκατάσταση ειδικών συστημάτων από τον άνθρωπο, πέραν ενός δικτύου παρακολούθησης. Αυτό το δίκτυο παρακολούθησης, καθώς επίσης και η διεξαγωγή συχνών δειγματοληψιών και αναλύσεων, είναι τα στοιχεία που καθιστούν την φυσική εξασθένηση τεχνολογία εξυγίανσης και τη διαχωρίζουν από την απραξία.

Η συγκεκριμένη «τεχνολογία» έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος τα τελευταία χρόνια, καθώς όλο και περισσότερο γίνεται αντιληπτό ότι η φύση, σε πολλές περιπτώσεις, μπορεί από μόνη της να «εξουδετερώσει / αφομοιώσει» πολλούς ρύπους, χωρίς να απαιτείται η επέμβαση των μηχανικών / επιστημόνων, η οποία οδηγεί αφενός σε σημαντική επέμβαση στο πεδίο και αφετέρου σε κατανάλωση σημαντικών οικονομικών πόρων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι από το 1995, η φυσική εξασθένηση αποτελεί τη δεύτερη πιο δημοφιλή τεχνολογία εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών, με ποσοστό εφαρμογής παγκοσμίως 28% και την πρώτη πιο διαδεδομένη τεχνολογία εξυγίανσης ρυπασμένων υδροφορέων, με ποσοστό εφαρμογής παγκοσμίως 47%.

#### Βασική αρχή

Η φυσική εξασθένηση βασίζεται στην ικανότητα του ίδιου του πεδίου να «εξουδετερώσει» τους υφιστάμενους ρύπους, μέσω κάποιων φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών, που λαμβάνουν χώρα σε αυτό και είναι δυνατόν να περιλαμβάνουν τις εξής:

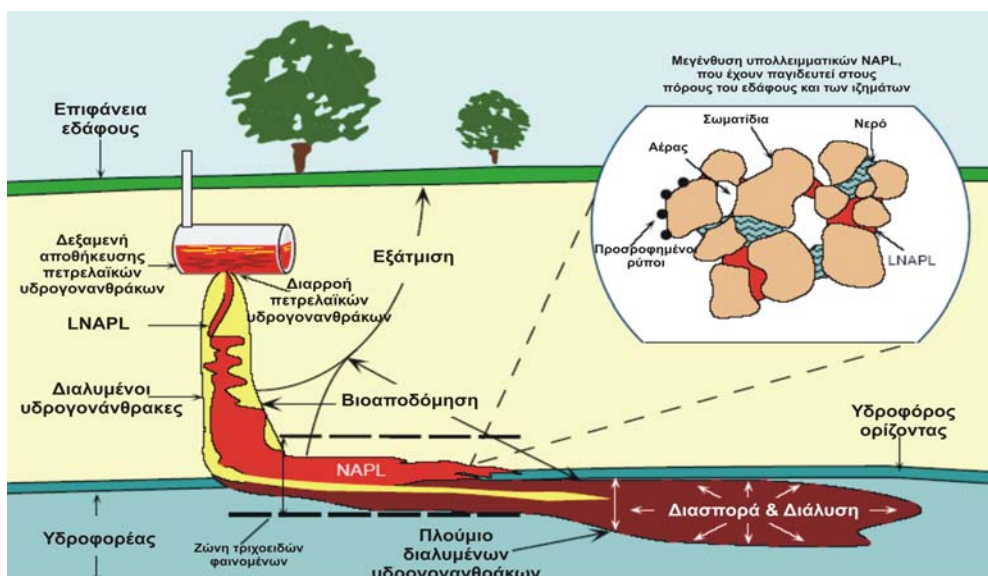
- βιοαποδόμηση,
- προσρόφηση,
- διασπορά,
- διάχυση,
- διάλυση,
- εξάτμιση,
- υδρόλυση,
- διάφορες χημικές αντιδράσεις,
- χημική ή βιολογική σταθεροποίηση, κα..

Κατά τη φυσική εξασθένηση, οι παραπάνω διεργασίες πραγματοποιούνται υπό ευνοϊκές συνθήκες και έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της μάζας, της τοξικότητας, της κινητικότητας, του όγκου και της συγκέντρωσης των υφιστάμενων ρύπων στο έδαφος ή τα υπόγεια ύδατα.

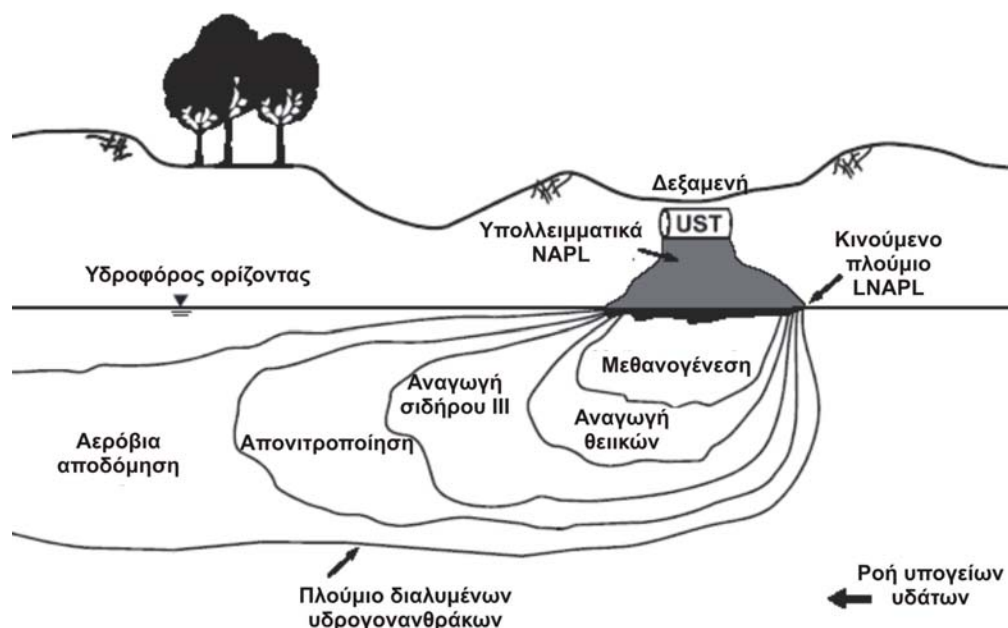
Οι συνθήκες, που επικρατούν στο εκάστοτε πεδίο, αλλά και οι ιδιότητες των υφιστάμενων ρύπων, είναι οι βασικές παράμετροι, που καθορίζουν ποιες από τις προαναφερθείσες διεργασίες θα επικρατήσουν και ποια θα είναι η απόδοση αυτών στην απομάκρυνση των ρύπων. Για παράδειγμα, αν στο προς εξυγίανση πεδίο παρατηρούνται ικανοποιητικές συγκεντρώσεις οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών και οι υφιστάμενοι ρύποι είναι πετρελαϊκοί (π.χ. BTEX) σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις, τότε η διεξαγωγή βιοαποδόμησης είναι ιδιαίτερα πιθανή και ενδεχομένως πολύ αποτελεσματική. Αν οι υφιστάμενοι ρύποι παρουσιάζουν σημαντική τάση εξάτμισης, τότε η διεργασία της βιοαποδόμησης δεν αναμένεται να είναι εφικτή ή εξίσου αποτελεσματική.

Ειδικά για την περίπτωση πετρελαϊκών ρύπων, οι διεργασίες, που επικρατούν, είναι η βιοαποδόμηση (αερόβια ή αναερόβια), η εξάτμιση, η προσρόφηση, η διάλυση και η διάχυση (Σχήμα 5-22). Η βιοαποδόμηση παρουσιάζεται να είναι πιο διαδεδομένη και λαμβάνει χώρα υπό διαφορετικές συνθήκες σε διαφορετικές αποστάσεις από την πηγή ρύπανσης, όπου επικρατούν διαφορετικές συνθήκες και ως εκ τούτου ενεργοποιούνται διαφορετικοί μηχανισμοί βιοαποδόμησης (Σχήμα 5-23).

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι η φυσική εξασθένηση συνήθως προϋποθέτει την απομάκρυνση / «εξουδετέρωση» της πηγής ρύπανσης και σε περίπτωση που αυτό δεν είναι εφικτό, εφαρμόζεται κυρίως ως μια δεύτερη «παθητική» τεχνολογία εξυγίανσης, έπειτα από την εφαρμογή μιας πιο ενεργητικής και αποδοτικής και ενδεχομένως λιγότερο χρονοβόρας, όπως άντλησης εδαφικού αέρα (soil vapor extraction), βιοαερισμού (bioventing) και air sparging, οι οποίες ουσιαστικά στοχεύουν στην ενίσχυση των προαναφερόμενων διεργασιών, που δύνανται να λάβουν χώρα στο υπέδαφος.



**Σχήμα 5-22:** Πλέον διεξαγόμενες διεργασίες πετρελαϊκών ρύπων στο υπέδαφος, που μπορούν να καταστήσουν επαρκή τη φυσική εξασθένηση ως τεχνολογία εξυγίανσης σε ένα πεδίο (EPA, 1999a).



**Σχήμα 5-23:** Διακριτές ζώνες περιμετρικά της πηγής ρύπανσης, όπου μπορεί να λάβει χώρα βιοαποδόμηση των υφιστάμενων ρύπων, υπό διαφορετικές όμως συνθήκες (EPA, 2004).

#### Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Δεδομένου του παθητικού χαρακτήρα της τεχνολογίας φυσικής εξασθένησης, ο απαιτούμενος εξοπλισμός και τα αντίστοιχα συστήματα εφαρμογής της περιορίζονται μονάχα σε γεωτρήσεις παρακολούθησης της ακόρεστης και της κορεσμένης ζώνης. Φυσικά, ο αριθμός των αναγκαίων γεωτρήσεων είναι συνήθως μεγάλος, καθώς το αντίστοιχο δίκτυο παρακολούθησης θα πρέπει να είναι πυκνό.

Μέσω των συγκεκριμένων γεωτρήσεων πρέπει να είναι εφικτός ο πλήρης χαρακτηρισμός των συνθηκών (υδρογεωλογικών, γεωχημικών, μικροβιολογικών κτλ.), που επικρατούν στο υπέδαφος, ο προσδιορισμός τυχόν μεταβολών αυτών, καθώς επίσης και η συνεχής καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης, μέσω δειγματοληψιών και χημικών αναλύσεων.

#### Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Οι ουσίες / ρύποι, που μπορούν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς από την τεχνολογία της φυσικής εξασθένησης, αποτελούν κυρίως:

- πτητικά και ημι-πτητικά οργανικά συστατικά,
- πετρελαϊκούς και αλογονωμένους υδρογονάνθρακες,
- χλωριωμένους διαλύτες,
- φυτοφάρμακα (με σχετικά μειωμένη όμως απόδοση),
- ορισμένα μέταλλα (π.χ. χρώμιο),
- εκρηκτικά (π.χ. 2,4,6-Trinitrotoluene – TNT, Royal Demolition Explosive: Hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine – RDX).

Η κύρια διεργασία φυσικής εξασθένησης των οργανικών ρύπων είναι η βιοαποδόμηση, ενώ για τα ανόργανα συστατικά λαμβάνει χώρα προσρόφηση και διάφορες αντιδράσεις οξειδοαναγωγής.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι σε ένα δεδομένο πεδίο, θα πρέπει να γίνει προσδιορισμός όλων των υφιστάμενων ρύπων, προκειμένου να επιλεγεί ή όχι η εφαρμογή της τεχνολογίας της φυσικής εξασθένησης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση διαρροής βενζίνης, αν και θεωρητικά μπορεί να αντιμετωπιστεί επιτυχώς με την φυσική εξασθένηση (για την απομάκρυνση των BTEX και TPH), η ενδεχόμενη παρουσία MTBE, ο οποίος είναι ιδιαίτερα διαλυτός στο νερό, μεταφέρεται εύκολα και γρήγορα μέσω αυτού και δεν βιοαποδομείται εύκολα ή γρήγορα, μπορεί να καταστήσει μη αποτελεσματική την φυσική εξασθένηση για την αντιμετώπιση της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης.

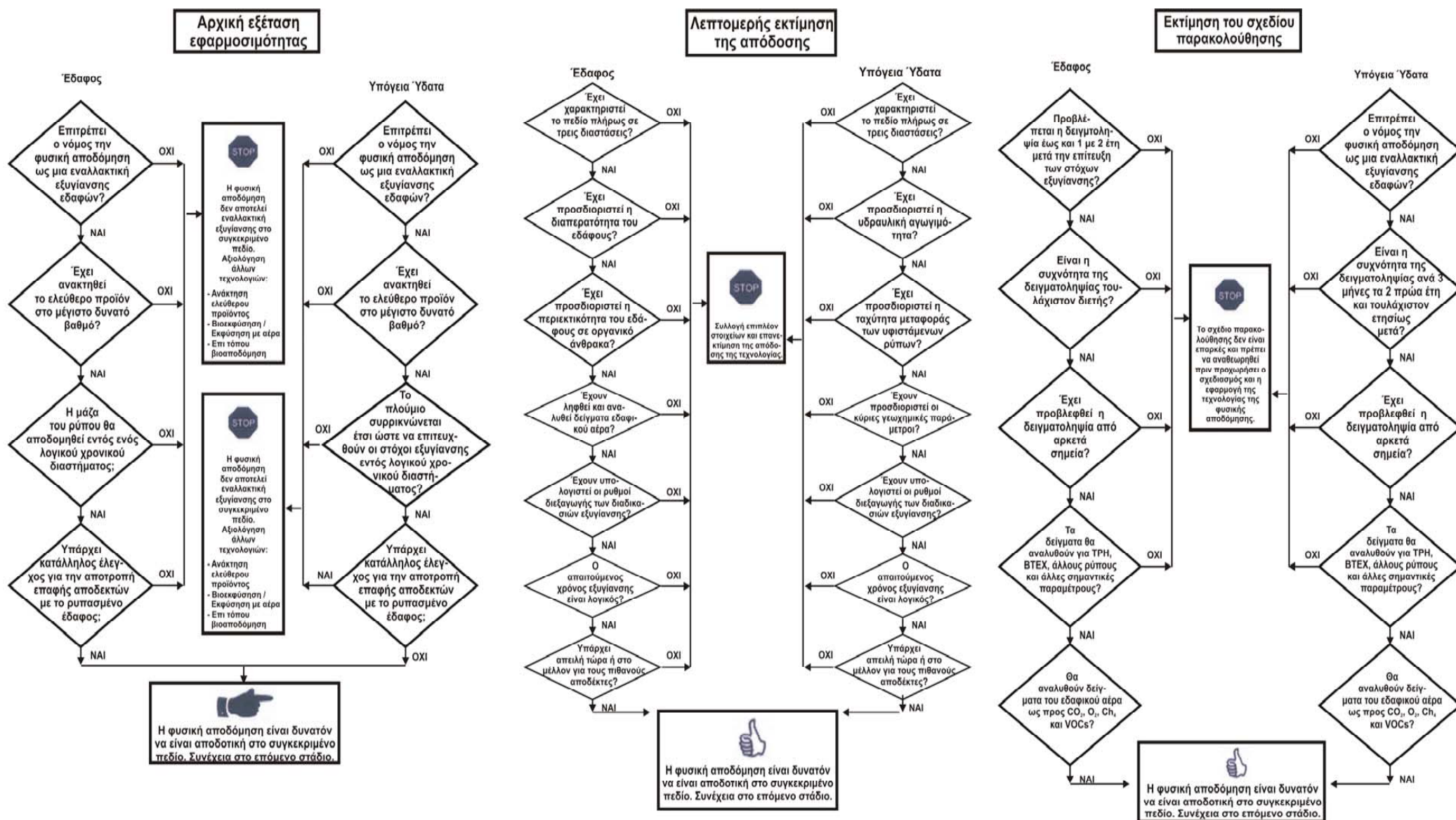
#### Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

Για την αξιολόγηση της φυσικής εξασθένησης και της ικανότητας αυτής να επιτύχει τον εκάστοτε επιθυμητό βαθμό εξυγίανσης σε ένα συγκεκριμένο ρυπασμένο πεδίο, έχει προταθεί και καθιερωθεί συγκεκριμένη μεθοδολογία (Σχήμα 5-24), η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα επιμέρους στάδια:

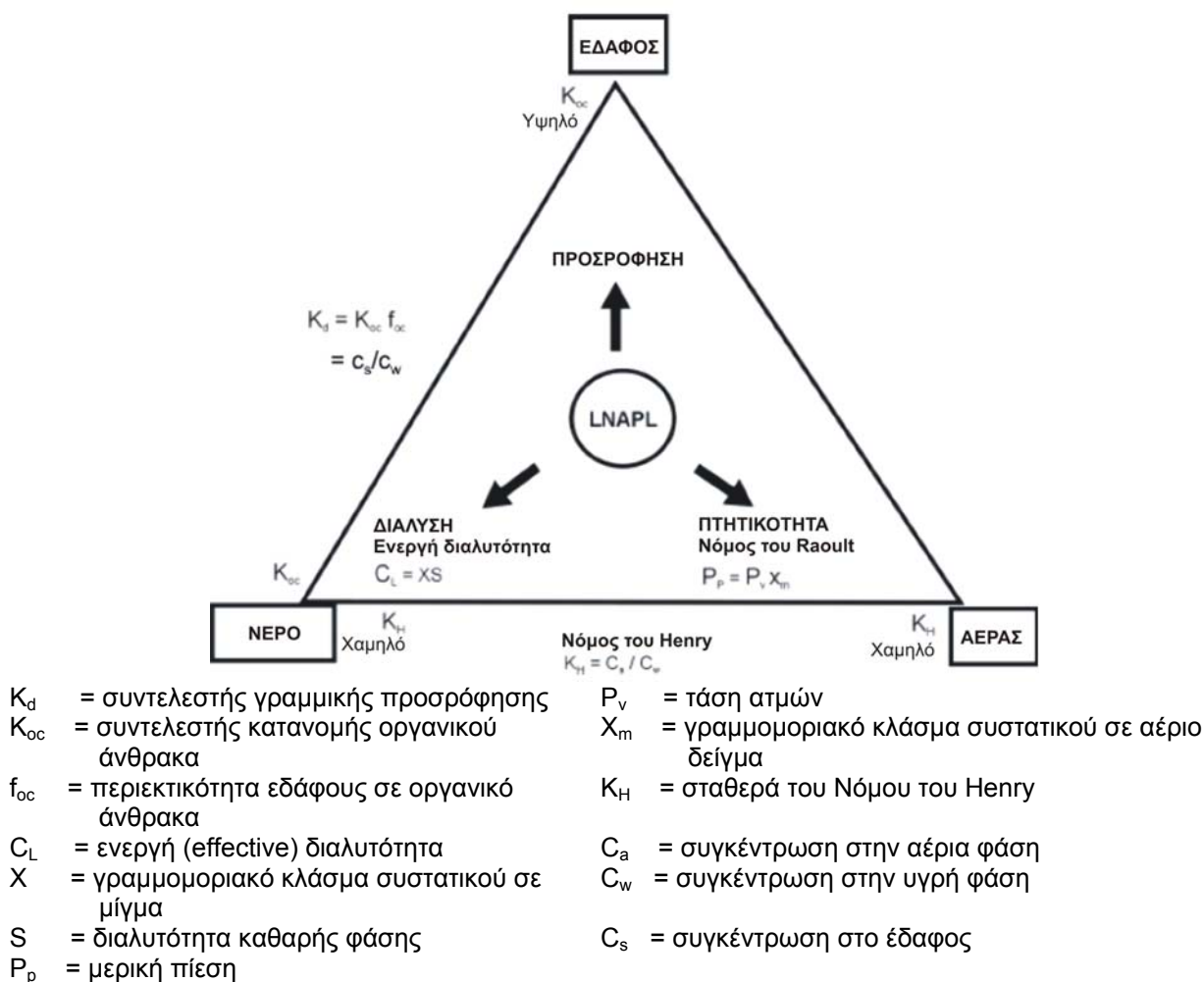
- αρχική εξέταση της εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας (initial screening of monitored natural attenuation applicability),
- λεπτομερής εκτίμηση της απόδοσης της τεχνολογίας (detailed evaluation of monitored natural attenuation effectiveness),
- εκτίμηση του σχεδίου παρακολούθησης (evaluation of monitoring plan),
- εκτίμηση εναλλακτικού σχεδίου (evaluation of the contingency plan).

Ο κύριος στόχος της αρχικής εξέτασης της εφαρμοσιμότητας της φυσικής εξασθένησης είναι να προσδιοριστεί ο αναμενόμενος χρόνος ζωής της πηγής ρύπανσης και οι επιπτώσεις, που η υφιστάμενη ρύπανση ενδέχεται να επιφέρει, σε κοντινούς αποδέκτες. Για το λόγο αυτό και αφού προσδιοριστεί η θέση και η έκταση της πηγής ρύπανσης, πρέπει να πραγματοποιηθεί λεπτομερής μελέτη της μεταφοράς και της «τύχης» των υφιστάμενων ρύπων μέσα στο υπέδαφος.

Η συγκεκριμένη μελέτη περιλαμβάνει, εκτός άλλων, τον προσδιορισμό και την αξιολόγηση των ιδιοτήτων των υφιστάμενων ρύπων, δεδομένου ότι αυτές καθορίζουν, σχεδόν πλήρως, την «τύχη» τους εντός του υπεδάφους. Ανάλογα με τις τιμές συγκεκριμένων παραμέτρων, που εκφράζουν τις εν λόγω ιδιότητες (π.χ. σταθερά του Νόμου του Henry - πητικότητα, συντελεστής κατανομής οργανικού άνθρακα - προσρόφηση, κτλ.), οι υφιστάμενοι ρύποι θα υποστούν διαφορετικές διεργασίες και θα τυχουν εξίσου διαφορετικής μεταφοράς και τύχης. Στο Σχήμα 5-25 παρουσιάζονται οι κύριες διεργασίες, που καθορίζουν την κατανομή LNAPL στο έδαφος, ανάλογα με τις τιμές συγκεκριμένων παραμέτρων.



**Σχήμα 5-24:** Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης της φυσικής εξασθένησης στην ακόρεστη και στην κορεσμένη ζώνη ενός δεδομένου πεδίου (EPA, 2004).



**Σχήμα 5-25:** Καθοριστικές διεργασίες για την κατανομή LNAPL στο έδαφος (EPA, 2004).

Στην περίπτωση του εδάφους, η κύρια ανησυχία, όσον αφορά στην «τύχη» / κατανομή των υφιστάμενων ρύπων, είναι η μεταφορά τους σε κάποιο υπόγειο υδροφορέα ή στην ατμόσφαιρα (μέσω εξάτμισης). Φυσικά, πάντα εξετάζεται και ο κίνδυνος άμεσης επαφής κάποιων οργανισμών (φυτών, ζώων και ανθρώπων) με το έδαφος και κατ' επέκταση τους υφιστάμενους ρύπους. Προκειμένου να αποφευχθούν τέτοιου είδους φαινόμενα, όπως έχει ήδη αναφερθεί, κρίνεται αναγκαίος ο άμεσος εντοπισμός και απομάκρυνση της πηγής ρύπανσης ή ακόμη και η άμεση εφαρμογή μιας πιο ενεργητικής και λιγότερο χρονοβόρας τεχνολογίας εξυγίανσης του πεδίου, πριν την «υιοθέτηση» της φυσικής αποδόμησης.

Πιο συγκεκριμένα, κατά την εκπόνηση της αρχικής εξέτασης της εφαρμοσιμότητας της φυσικής εξασθένησης κρίνεται αναγκαία η μελέτη των ακόλουθων παραμέτρων:

- **Μάζα διαρρεόντων ρύπων** (source mass): όσο πιο μεγάλη είναι η πηγή ρύπανσης (δηλαδή όσο πιο μεγάλη μάζα ρύπων εισέρχεται στο υπέδαφος), τόσο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα απαιτείται για την εξυγίανση του πεδίου και τόσο πιο πιθανή είναι η ρύπανση του υπόγειου υδροφορέα (ειδικά αν παρατηρείται ρηχός υδροφόρος ορίζοντας, σημαντική ετήσια βροχόπτωση και μεγάλη διαπερατότητα

του εδάφους). Αν δεν υπάρχουν αξιόπιστα στοιχεία για τις ποσότητες των διαρρεόντων ρύπων, τότε πρέπει να πραγματοποιηθεί δειγματοληψία (τόσο στην στερεή, όσο και στην αέρια φάση της ακόρεστης ζώνης) και χρήση απλοϊκών εξισώσεων υπολογισμού τους. Σημαντικό είναι να προσδιοριστεί η ποσότητα των ρύπων, που μπορεί να «συγκρατηθεί» στην ακόρεστη ζώνη, χωρίς να παρατηρηθεί μεταφορά αυτών στον υδροφόρο ορίζοντα. Επίσης, για τον προσδιορισμό της ποσότητας ρύπων, που μπορεί να «συγκρατηθεί» στην ακόρεστη ζώνη, μπορεί να γίνει χρήση σχετικών πινάκων, όπως του Πίνακα 5-24. Αν οι μετρούμενες ή οι εκτιμώμενες τιμές συγκεντρώσεων των υφιστάμενων ρύπων (υδρογονανθράκων) υπερβαίνουν εκείνες του πίνακα, για τα εκάστοτε δεδομένα χαρακτηριστικά του εδάφους, τότε είναι πιθανή η ανάπτυξη ελεύθερης ελαιώδους φάσης στον υδροφόρο ορίζοντα και η ρύπανση των υπογείων υδάτων.

**Πίνακας 5-24:** Μέγιστη συγκέντρωση υδρογονανθράκων στο έδαφος για την αποφυγή ρύπανσης υπογείων υδάτων (EPA, 2004).

Είδος Εδάφους	Υπολειμματικός Κορεσμός σε Υδρογονάνθρακες	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Πορώδες	Συγκέντρωση		
				(mg/kg)	(kg/m <sup>2</sup> )	(L/m <sup>3</sup> )
Ιλώδης άργιλος (silty clay)	0,05 – 0,25	1.350	0,36	10.000 – 49.000	13 – 66	19 – 90
Αμμώδης ιλύς (sandy silt)	0,03 – 0,20	1.650	0,41	5.000 – 36.000	9 – 60	11 – 83
Χονδρόκοκκη άμμος (coarse sand)	0,01 – 0,10	1.850	0,43	2.000 – 17.000	3 – 31	11 - 41

- Διάρκεια ρύπανσης (source longevity): ο χρόνος ζωής της υπολειμματικής ρύπανσης είναι η επόμενη παράμετρος, που πρέπει να εκτιμηθεί και εξαρτάται από τη μάζα των υφιστάμενων ρύπων και τη διαθεσιμότητα των διαφόρων δεκτών ηλεκτρονίων, εκ των οποίων πιο σημαντικός είναι το οξυγόνο (για την αποδόμηση αυτών).
- Πιθανές επιπτώσεις σε αποδέκτες (receptor impacts): εξέταση πιθανοτήτων εμφάνισης φαινομένων:
  - άμεσης επαφής ρύπων (εδάφους) με φυτά, ζώα και ανθρώπους,
  - πυρκαγιών ή εκρήξεων, λόγω παρουσίας πτητικών και εύφλεκτων ρύπων,
  - εισπνοής πτητικών και εύφλεκτων ρύπων, που έχουν εξατμιστεί.

Αναφορικά, αντίστοιχες παράμετροι, που εξετάζονται για την αξιολόγηση της δυνατότητας φυσικής εξασθένησης ρύπων σε υπόγεια ύδατα, είναι οι εξής:

- επιμονή υφιστάμενης ρύπανσης (plume persistence),
- μεταφορά / μετακίνηση υφιστάμενου πλούμιου ρύπανσης (plume migration).

Εφόσον ολοκληρωθεί η αρχική εξέταση της εφαρμοσιμότητας της φυσικής εξασθένησης και προκύψει ότι αυτή είναι δυνατή, ακολουθεί μια πιο λεπτομερής διερεύνηση της αναμενόμενης

απόδοσής της, η οποία επικεντρώνεται κυρίως στους μηχανισμούς μείωσης της συγκέντρωσης των υφιστάμενων ρύπων και στον χαρακτηρισμό προς επεξεργασία πεδίου.

Όσον αφορά στους μηχανισμούς μείωσης της συγκέντρωσης των υφιστάμενων ρύπων, όπως έχει ήδη αναφερθεί, αυτοί μπορεί να είναι φυσικοί, χημικοί ή βιολογικοί και μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- «καταστροφικοί» (destructive), οι οποίοι (κυρίως βιολογικοί) μετασχηματίζουν τους αρχικούς ρύπους σε λιγότερο βλαβερές ουσίες,
- «μη-καταστροφικοί» (non-destructive), οι οποίοι μπορούν να πετύχουν μείωση της συγκέντρωσης, αλλά όχι της μάζας των ρύπων (π.χ. διασπορά).

Στον Πίνακα 5-25 παρουσιάζονται οι κυριότεροι μηχανισμοί της φυσικής εξασθένησης των υφιστάμενων ρύπων (με έμφαση στα BTEX) στο έδαφος, που πρέπει να μελετηθούν για την εκτίμηση της απόδοσής της.

**Πίνακας 5-25:**Κύριοι μηχανισμοί φυσικής εξασθένησης ρύπων στο έδαφος (EPA, 2004).

Μηχανισμοί	Περιγραφή	Δυνατότητες φυσικής εξασθένησης BTEX
<b>Βιολογικοί</b>		
Αερόβια βιοαποδόμηση	Οι υφιστάμενοι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν οξυγόνο ως δέκτη ηλεκτρονίων για να μετατρέψουν τους ρύπους σε CO <sub>2</sub> , νερό και βιομάζα.	Ο πιο σημαντικός μηχανισμός εξασθένησης εάν υπάρξει επαρκές οξυγόνο (περιεκτικότητα στον εδαφικό αέρα >2%).
Αναερόβια βιοαποδόμηση - Απονιτροποίηση - Αναγωγή θεικών - Αναγωγή σιδήρου - Αναγωγή μαγγανίου - Μεθανογέννεση	Εναλλακτικοί δέκτες ηλεκτρονίων (e.g. NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Mn <sup>4+</sup> , CO <sub>2</sub> ) χρησιμοποιούνται για τη βιοαποδόμηση των υφιστάμενων ρύπων.	Οι επιτυγχανόμενοι ρυθμοί βιοαποδόμησης είναι γενικά χαμηλότεροι από εκείνους της αερόβιας βιοαποδόμησης, αλλά αρκετά σημαντικοί.
<b>Φυσικοί</b>		
Εξάτμιση	Οι ρύποι μεταφέρονται, λόγω εξάτμισης στην αέρια φάση της ακόρεστης ζώνης.	Σε σχέση με τη βιοαποδόμηση, η συμβολή της στην φυσική εξασθένηση είναι μικρή. Είναι πιο σημαντική σε ρηχούς υδροφορείς, αλλά δεν συνεισφέρει στη μείωση της μάζας των ρύπων.
Διασπορά	Η μηχανική ανάμιξη και η μοριακή διάχυση μειώνουν τις συγκεντρώσεις των υφιστάμενων ρύπων.	Μειώνει τις συγκεντρώσεις των ρύπων, αλλά δεν επιφέρει μείωση της μάζας τους.
Προσρόφηση	Η κατανομή των υφιστάμενων ρύπων μεταξύ της υδατικής και της στερεής φάσης του εδάφους. Η προσρόφηση καθορίζεται από την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανικό άνθρακα, την ορυκτολογία του εδάφους και την κοκκομετρία του.	Η προσρόφηση παρεμποδίζει τη μεταφορά του πλούμιου ρύπανσης, αλλά ούτε απομακρύνει μόνιμα τους ρύπους από το έδαφος, ούτε προκαλεί μείωση της μάζας τους.

Ο χαρακτηρισμός προς επεξεργασία πεδίου, πρέπει να πραγματοποιείται με στόχο την εκτίμηση του ρυθμού φυσικής εξασθένησης και κατ' επέκταση του αναγκαίου χρόνου εξυγίανσης. Γενικά, στην περίπτωση της φυσικής εξασθένησης, ο αναγκαίος χαρακτηρισμός

του πεδίου είναι πιο αναλυτικός (και ως εκ τούτου πιο χρονοβόρος και δαπανηρός), σε σχέση με εκείνον, που απαιτείται για την εφαρμογή άλλων τεχνολογιών εξυγίανσης εδαφών και υπογείων υδάτων.

Στον Πίνακα 5-26 παρουσιάζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου, που πρέπει να μελετηθούν και να προσδιοριστούν, για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της φυσικής εξασθένησης.

**Πίνακας 5-26:** Αναγκαία γνωστά χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου κατά την αξιολόγηση της απόδοσης της φυσικής εξασθένησης των υφιστάμενων ρύπων (EPA, 2004).

Στοιχεία Πεδίου	Χρήση
Διεύθυνση και ταχύτητα ροής υπόγειου νερού	Εκτίμηση του ρυθμού εξάπλωσης του υφιστάμενου πλούμιου ρύπανσης
Υδραυλική αγωγιμότητα	Εκτίμηση του ρυθμού εξάπλωσης του υφιστάμενου πλούμιου ρύπανσης
Λιθολογία	Κατανόηση των υφιστάμενων «μονοπατιών» μεταφοράς των ρύπων
Πάχος υδροφορέα	Εκτίμηση του ρυθμού εξάτμισης των ρύπων και μοντελοποίηση της ροής του υπόγειου νερού
Βάθος υδροφόρου ορίζοντα	Εκτίμηση του ρυθμού εξάτμισης των ρύπων
Διακύμανση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα	Εκτίμηση της πιθανότητας επαφής των ρύπων στο έδαφος με το υπόγειο νερό
Προσδιορισμός της πηγής ρύπανσης και του διαλυμένου πλούμιου ρύπανσης	Σύγκριση της αναμενόμενης εξάπλωσης του πλούμιου χωρίς φυσική εξασθένηση των ρύπων με την πραγματική παρατηρούμενη εξάπλωση.
Ημερομηνία έκλυσης ρύπων	Εκτίμηση της εξάπλωσης / κινητικότητας των ρύπων
Συγκεντρώσεις ρύπων πριν την πραγματοποίηση της παρατηρούμενης ρύπανσης / διαρροής	Εκτίμηση της κατάστασης του πλούμιου ρύπανσης (π.χ. σταθερή, ελαττωμένη ή αυξανόμενη)
Συγκέντρωση δεκτών ηλεκτρονίων	Εκτίμηση της ικανότητας αφομοίωσης των ρύπων από το πεδίο
Γεωχημικοί δείκτες φυσικής εξασθένησης: αλκαλι-κότητα, σκληρότητα, pH, διαλυτός σίδηρος και μαγγάνιο, θειικά, νιτρικά, CO <sub>2</sub> , μεθάνιο, υδρογόνο και δυναμικό οξειδοαναγωγής εντός και εκτός του πλούμιου ρύπανσης	Εκτίμηση των μηχανισμών φυσικής εξασθένησης των ρύπων και της απόδοσής τους.
Θέση πλησιέστερων σημείων φόρτισης και εκφόρτισης του υπόγειου υδροφορέα	Προσδιορισμός σημείων φυσικού αερισμού των υπογείων υδάτων

Πιο συγκεκριμένα, έμφαση πρέπει να δοθεί στις εξής παραμέτρους:

- Διαπερατότητα εδάφους: καθώς καθορίζει τη δυνατότητα «έκπλυσης» των υφιστάμενων ρύπων από την ακόρεστη στην κορεσμένη ζώνη του υπεδάφους.
- Δομή και στρωματοποίηση εδάφους: η έντονη στρωματοποίηση του εδάφους ενδέχεται να αποτρέπει την κάθετη και να ευνοεί την οριζόντια μεταφορά των υφιστάμενων ρύπων.
- Τάση προσρόφησης: εξαρτάται από την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανικό άνθρακα και την κοκκομετρία του και καθορίζει την ταχύτητα μετακίνησης των υφιστάμενων ρύπων.
- Όριο κορεσμού του εδάφους: η συγκέντρωση των ρύπων στο έδαφος, στην οποία έχουν «επιτευχθεί» τα όρια προσρόφησης στα εδαφικά σωματίδια, διάλυσης στην υγρασία της ακόρεστης ζώνης και μεταφοράς στην αέρια φάση του εδάφους. Αν

ξεπεραστεί η συγκεκριμένη συγκέντρωση, οι υφιστάμενοι ρύποι σχηματίζουν ελεύθερη ελαιώδη φάση στον υδροφόρο ορίζοντα και ακολουθεί η μεταφορά τους στην κορεσμένη ζώνη.

- Σύσταση εδαφικού αέρα: επηρεάζει τις δυνατότητες βιοαποδόμησης των υφιστάμενων ρύπων (π.χ. συγκέντρωση οξυγόνου) και αποτελεί ένδειξη του βαθμού εξάτμισης αυτών.
- Υγρασία του εδάφους: είναι αναγκαία για την μικροβιακή δράση και θα πρέπει να κυμαίνεται από 12 έως 30% κ.β. (75-90% του πορώδους).
- pH: μπορεί να αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα για τη μικροβιακή δράση σε τιμές μικρότερες από 6 και μεγαλύτερες από 8. Επίσης, μπορεί να καθορίσει τη μορφή με την οποία υφίσταται ο εκάστοτε ρύπος στο έδαφος (ιδιαίτερα όσον αφορά στα βαρέα μέταλλα).
- Θερμοκρασία του εδάφους: επίσης μπορεί να αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα της μικροβιακής δράσης σε τιμές εκτός του εύρους 0 έως 45°C.
- Μικροβιακός πληθυσμός: συνήθως είναι παρόν σε επάρκεια στα περισσότερα εδάφη.
- Σταθερές κινητικής και ρυθμοί βιοαποδόμησης: πρέπει να προσδιοριστούν και να συγκριθούν με εκείνες, που αναμένονται να επιτευχθούν από μια ενεργή τεχνολογία εξυγίανσης, προκειμένου να γίνει μια μελέτη κόστους – οφέλους μεταξύ των διαθέσιμων τεχνολογιών.
- Αναμενόμενος χρόνος εξυγίανσης: πρέπει να προσδιοριστεί και να συγκριθεί με εκείνον, που μπορεί να επιτευχθεί από μια ενεργή τεχνολογία εξυγίανσης. Για τον προσδιορισμό του πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλές παράμετροι, όπως είναι η ενδεχόμενη μεταβολή των συνθηκών του πεδίου με την πάροδο του χρόνου, η ενδεχομένως εσφαλμένη εκτίμηση της ταχύτητας εξάπλωσης του υφιστάμενου πλούμιου ρύπανσης, κα..

Τόσο οι αναμενόμενοι ρυθμοί βιοαποδόμησης, όσο και ο αναμενόμενος χρόνος εξυγίανσης, μπορεί να προβλεφθεί με χρήση κατάλληλων μοντέλων (π.χ. BIOPLUME III, Natural Attenuation Software – NAS, κα.), τα οποία χρησιμοποιούν ως αναγκαία στοιχεία εισόδου (inputs) τις τιμές των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών του προς εξυγίανση πεδίου και είναι διαθέσιμα στο internet δωρεάν.

Αναφορικά, αντίστοιχες παράμετροι, που εξετάζονται για την αξιολόγηση της απόδοσης της φυσικής εξασθένησης ρύπων σε υπόγεια ύδατα, είναι οι εξής:

- η ενεργή διαλυτότητα στο νερό,
- η σταθερά του Νόμου του Henry,
- η υδραυλική αγωγιμότητα,
- η διεύθυνση και η ταχύτητα ροής του υπόγειου νερού,
- η τάση προσρόφησης και ο συντελεστής επιβράδυνσης R,

- ο εμπλουτισμός και ή άντληση του υπόγειου νερού,
- ορισμένες βασικές γεωχημικές παράμετροι (δυναμικό οξειδοαναγωγής, διαλυμένο οξυγόνο, κα.),
- η εξάπλωση του υφιστάμενου πλούμιου ρύπανσης,
- ο αναμενόμενος ρυθμός βιοαποδόμησης,
- ο αναμενόμενος χρόνος εξυγίανσης.

Εφόσον ολοκληρωθεί και το στάδιο της λεπτομερούς διερεύνησης της αναμενόμενης απόδοσης της φυσικής εξασθένησης, ακολουθεί ο σχεδιασμός ενός κατάλληλου συστήματος και προγράμματος παρακολούθησης της τεχνολογίας, βάσει της μεθοδολογίας, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-24.

Τέλος, το εναλλακτικό σχέδιο αφορά στην επιλογή μιας ενεργητικής τεχνολογίας εξυγίανσης εδαφών και υπογείων υδάτων, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά, βάσει των συλλεχθέντων στοιχείων και μπορεί να επιτύχει την αποκατάσταση του ρυπασμένου πεδίου, σε περίπτωση αποτυχίας ή ανεπάρκειας της φυσικής εξασθένησης. Η αποτυχία ή η ανεπάρκεια της φυσικής εξασθένησης μπορεί να εκτιμηθεί βάσει των ακόλουθων κριτηρίων:

- Έδαφος:
  - δεν παρατηρείται η αναμενόμενη μείωση της συγκέντρωσης των ρύπων,
  - παρατηρείται μεταφορά αέριων ρύπων σε κοντινά κτίρια / περιοχές,
  - σημειώνεται αύξηση των συγκεντρώσεων των ρύπων πλησίον της πηγής ρύπανσης (πιθανή ενεργοποίησης της παλιάς ή νέας πηγής).
- Υπόγεια ύδατα:
  - παρατηρείται αύξηση των συγκεντρώσεων των ρύπων ή εμφάνιση ελεύθερης ελαιώδους φάσης,
  - σημειώνεται αύξηση των συγκεντρώσεων των ρύπων πλησίον της πηγής ρύπανσης (πιθανή ενεργοποίησης της παλιάς ή νέας πηγής),
  - παρατηρείται παρουσία ρύπων σε σημεία εκτός του αρχικού πλούμιου ρύπανσης,
  - παρατηρείται παρουσία των ρύπων σε κοντινούς αποδέκτες (π.χ. γεωτρήσεις άντλησης νερού),
  - δεν παρατηρείται η αναμενόμενη μείωση της συγκέντρωσης των ρύπων,
  - οι υφιστάμενες γεωχημικές συνθήκες μεταβάλλονται, περιορίζοντας την φυσική εξασθένηση των υφιστάμενων ρύπων.

### Χρόνος Εφαρμογής

Όπως είναι λογικό, δεν μπορεί να προσδιοριστεί ένας κοινά αναμενόμενος απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης ενός πεδίου με φυσική εξασθένηση των υφιστάμενων ρύπων, δεδομένου ότι αυτός εξαρτάται απόλυτα από το εκάστοτε προς εξυγίανση πεδίο. Το είδος και η ποσότητα των υφιστάμενων ρύπων, η έκταση και το βάθος του πλούμιου ρύπανσης, καθώς και οι

επικρατούσες υδρογεωλογικές και γεωχημικές συνθήκες καθορίζουν απόλυτα και κατά περίπτωση τον αναγκαίο χρόνο εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Σε γενικές πάντως γραμμές ο χρόνος αυτός είναι μεγάλος (τουλάχιστον σε σχέση με άλλες πιο ενεργητικές τεχνολογίες εξυγίανσης) και μπορεί να κυμανθεί από μερικά χρόνια έως μερικές δεκαετίες.

#### Παρακολούθηση Συστημάτων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η παρακολούθηση της απόδοσης της φυσικής εξασθένησης σε ένα δεδομένο πεδίο είναι ιδιαίτερα απαιτητική, μακροχρόνια (ακόμη και 1 έως και 2 έτη μετά την επίτευξη των επιθυμητών στόχων εξυγίανσης) και πραγματοποιείται μέσω ενός πυκνού δικτύου γεωτρήσεων. Οι στόχοι ενός ορθού και αποτελεσματικού συστήματος παρακολούθησης είναι οι εξής:

- η απόδειξη της αποτελεσματικότητας της τεχνολογίας της φυσικής εξασθένησης, στην εξυγίανση του εκάστοτε πεδίου,
- ο εντοπισμός πιθανών μεταβολών στις επικρατούσες συνθήκες (π.χ. υδρογεωλογικές, γεωχημικές, μικροβιολογικές, κτλ.), οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την απόδοση της τεχνολογίας,
- ο προσδιορισμός πιθανών τοξικών ή επικινδύνων παραπροϊόντων,
- η επιβεβαίωση του σταδιακού περιορισμού του πλούμιου ρύπανσης,
- η επιβεβαίωση της ασφάλειας των ενδεχόμενων κοντινών αποδεκτών,
- η ανίχνευση πιθανών νέων διαρροών / πηγών ρύπανσης,
- η επιβεβαίωση της επίτευξης των επιθυμητών στόχων εξυγίανσης.

#### Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Όπως είναι λογικό, το κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της φυσικής εξασθένησης είναι δυνατόν να ποικίλει σημαντικά από περίπτωση σε περίπτωση, καθώς αυτό εξαρτάται άμεσα από τα χαρακτηριστικά της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης και του προς εξυγίανση πεδίου. Το εν λόγω κόστος εφαρμογής κυρίως εκπροσωπεί το κόστος χαρακτηρισμού του πεδίου, διεξαγωγής δειγματοληψιών και αναλύσεων, καθώς και εγκατάστασης και λειτουργίας ενός πυκνού συστήματος γεωτρήσεων παρακολούθησης του υπεδάφους.

Στους Πίνακες 5-27 και 5-28 αναλύεται το μέσο κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της φυσικής εξασθένησης από διάφορα πεδία των ΗΠΑ, για την αντιμετώπιση πετρελαϊκών υδρογονανθράκων και χλωριωμένων διαλυτών, αντίστοιχα.

Αν και συνήθως, το κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της φυσικής εξασθένησης είναι μικρότερο από εκείνο άλλων τεχνολογιών εξυγίανσης, ο μεγάλος αναγκαίος χρόνος εφαρμογής της (έως και 30 έτη) ενδέχεται να την καθιστά μη συμφέρουσα περιβαλλοντικά. Σε αυτήν την περίπτωση εξετάζεται η δυνατότητα συνδυασμού της με κάποια άλλη διαθέσιμη

τεχνολογία εξυγίανσης και αξιολογούνται η αναμενόμενη αύξηση του κόστους και η αντίστοιχη μείωση του χρόνου εξυγίανσης (Διάγραμμα 5-5).

**Πίνακας 5-27:** Ανάλυση κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας της φυσικής εξασθένησης πετρελαϊκών υδρογονανθράκων, σύμφωνα με στοιχεία των ΗΠΑ (Air Force Center for Environmental Excellence, 1999c).

Εργασία	Κόστος (€)
Επίσκεψη στο πεδίο / συλλογή στοιχείων <sup>1</sup>	6.945
Δημιουργία σχεδίου εργασίας, λήψη αδειοδοτήσεων <sup>2</sup>	13.835
Εργασία πεδίου	9.965
Διερεύνηση πεδίου / αξιολόγηση	6.560
Διάνοιξη γεωτρήσεων	1.650 – 49.175
Αναλύσεις	10.970
Μοντελοποίηση	10.750
Σύνταξη τελικής μελέτης <sup>3</sup>	29.030
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>89.705 – 137.230</b>

<sup>1</sup> Περιλαμβάνονται συναντήσεις.

<sup>2</sup> Περιλαμβάνονται πρόχειρες εκδοχές, συλλογή και ανάλυση στοιχείων.

<sup>3</sup> Περιλαμβάνονται οι πρόχειρες και η τελική εκδοχή.

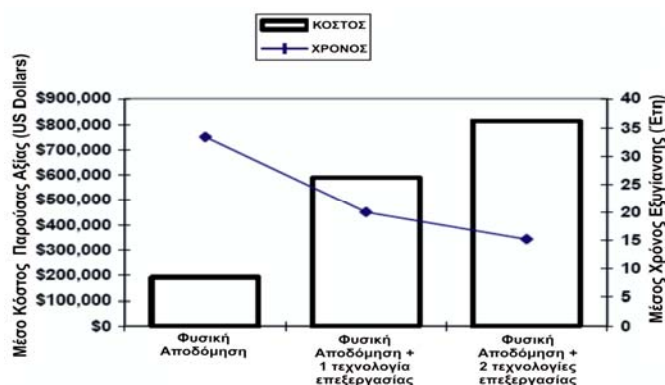
**Πίνακας 5-28:** Ανάλυση κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας της φυσικής εξασθένησης χλωριωμένων διαλυτών, σύμφωνα με στοιχεία των ΗΠΑ (Air Force Center for Environmental Excellence, 1999d).

Εργασία	Κόστος (€)
Επίσκεψη στο πεδίο / συλλογή στοιχείων <sup>1</sup>	6.458
Δημιουργία σχεδίου εργασίας, λήψη αδειοδοτήσεων <sup>2</sup>	14.551
Εργασία πεδίου	6.996
Διερεύνηση πεδίου / αξιολόγηση	4.408
Διάνοιξη γεωτρήσεων	629
Αναλύσεις	13.046
Μοντελοποίηση	13.906
Σύνταξη τελικής μελέτης <sup>3</sup>	27.310
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>87.305</b>

<sup>1</sup> Περιλαμβάνονται συναντήσεις.

<sup>2</sup> Περιλαμβάνονται πρόχειρες εκδοχές, συλλογή και ανάλυση στοιχείων.

<sup>3</sup> Περιλαμβάνονται οι πρόχειρες και η τελική εκδοχή.



**Διάγραμμα 5-5:** Μεταβολή κόστους εφαρμογής και απαιτούμενου χρόνου εξυγίανσης για εφαρμογή μόνο φυσικής εξασθένησης (MNA), φυσικής εξασθένησης σε συνδυασμό με 1 επιπλέον τεχνολογία εξυγίανσης και φυσικής εξασθένησης σε συνδυασμό με 2 επιπλέον τεχνολογίες εξυγίανσης (Air Force Center for Environmental Excellence, 1999c).

## Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.

### *Πλεονεκτήματα τεχνολογίας*

- Απαιτεί ελάχιστη παρέμβαση και προκαλεί σχεδόν μηδαμινή διατάραξη στο προς επεξεργασία πεδίο.
- Μπορεί να εφαρμοστεί κάτω από κτίρια και σε περιοχές, όπου η εκσκαφή του ρυπασμένου εδάφους δεν είναι εφικτή.
- Δεν προκαλεί παραγωγή αποβλήτων / ρύπων (εκτός ενδεχομένως από τα παραπροϊόντα των διαφόρων διεργασιών, που λαμβάνουν χώρα, π.χ. μεθάνιο, κα..).
- Παρουσιάζει μειωμένο κίνδυνο έκθεσης ανθρώπων στους υφιστάμενους ρύπους, πλησίον της πηγής ρύπανσης.
- Ειδικά μέσω της βιοαποδόμησης, μπορεί να επιτύχει πλήρη «καταστροφή» των υφιστάμενων ρύπων και όχι απλά μεταφορά ή ακινητοποίηση αυτών.
- Το συνολικό κόστος εφαρμογής της συνήθως είναι χαμηλότερο από εκείνο άλλων τεχνολογιών εξυγίανσης.
- Μπορεί να εφαρμοστεί σε συνδυασμό ή ως συνέχεια άλλων τεχνολογιών εξυγίανσης.

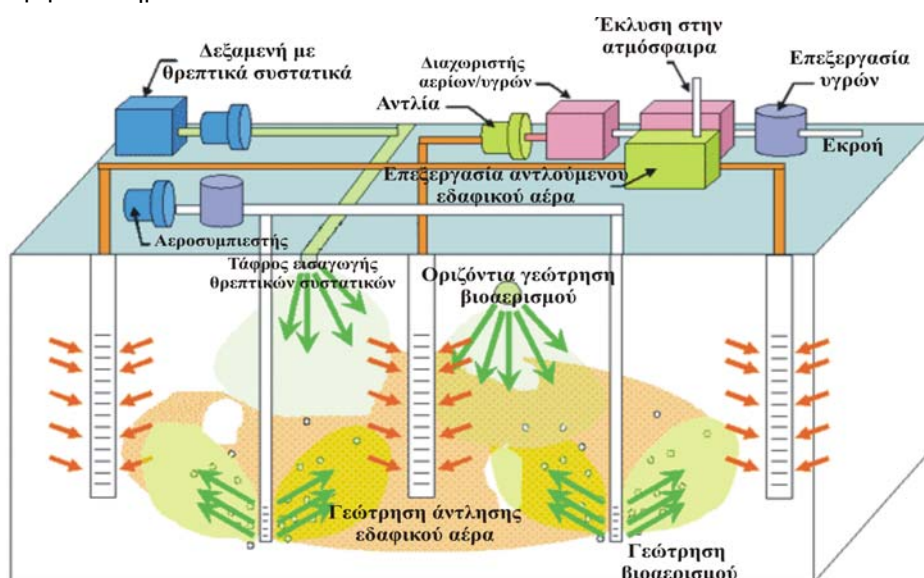
### *Μειονεκτήματα τεχνολογίας*

- Έχει μειωμένη αποτελεσματικότητα σε συγκεντρώσεις TPH στο έδαφος > 20.000 – 25.000 mg/kg.
- Δεν είναι κατάλληλη για την αντιμετώπιση ελεύθερης ελαιώδους φάσης (LNAPL).
- Δεν συνίσταται σε περιπτώσεις που οι υφιστάμενοι ρύποι έχουν επηρεάσει κάποιον αποδέκτη, π.χ. κάποια γεώτρηση άντλησης νερού ή κάποιο κτίριο (λόγω αέριων ρύπων), καθώς δεν μπορεί να έχει άμεσα αποτελέσματα εξυγίανσης.
- Δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην αντιμετώπιση ανόργανων ρύπων.
- Παρουσιάζει μεγάλους χρόνους εξυγίανσης (από μερικά έτη έως και δεκαετίες), τουλάχιστον σε σχέση με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης.
- Δεν μπορεί να πετύχει σημαντική σύγκλιση προς τους εκάστοτε στόχους εξυγίανσης, σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- Λόγω της αργής αποτελεσματικότητάς της, οι υφιστάμενοι ρύποι είναι δυνατόν να μεταφερθούν σε σημαντικό βαθμό, εξαπλώνοντας το υφιστάμενο πλούσιο ρύπανσης.
- Μέχρι την επίτευξη σημαντικών ποσοστών μείωσης των υφιστάμενων ρύπων, είναι δυνατόν να κριθεί αναγκαίος ο περιορισμός ή αλλαγή των χρήσεων του εδάφους ή του υπόγειου νερού στο προς εξυγίανση πεδίο, για αρκετό χρονικό διάστημα.
- Απαιτεί ιδιαίτερα λεπτομερή χαρακτηρισμό και μελέτη του προς εξυγίανση πεδίου και της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης, αυξάνοντας ιδιαίτερα το κόστος εφαρμογής της.

- Απαιτεί την εγκατάσταση πυκνού συστήματος παρακολούθησης του υπεδάφους και λειτουργία αυτού για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Σε περίπτωση αλλαγής των επικρατούντων γεωχημικών συνθηκών μπορεί να αλλάξει η παρουσία και η συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων, επηρεάζοντας άμεσα την απόδοσή της.
- Πολλές φορές δεν γίνεται αποδεκτή ως τεχνολογία εξυγίανσης από τους πολίτες, αλλά αντίθετα θεωρείται ως απραξία.

#### 5.2.1.2.2. Βιοαερισμός (Bioventing)

Ο βιοαερισμός αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία εξυγίανσης εδαφών, η οποία περιλαμβάνει τη διοχέτευση αέρα στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους με στόχο την ενεργοποίηση της μικροβιακής δράσης και τη βιοαποδόμηση των υφιστάμενων ρύπων (Σχήμα 5-26). Αν και πολλές φορές συγχέεται με την τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα, είναι σημαντικό να διευκρινιστεί το γεγονός ότι πρόκειται για δυο τελείως διαφορετικές τεχνολογίες, οι οποίες στοχεύουν στην ενίσχυση διαφορετικού μηχανισμού απομάκρυνσης των εδαφικών ρύπων. Η άντληση εδαφικού αέρα βασίζεται στην πτητικότητα των ρύπων, ενώ ο βιοαερισμός στην βιοαποικοδομησιμότητά τους και ως εκ τούτου η εφαρμοσιμότητα των τεχνολογιών αυτών, καθώς και ο σχεδιασμός και η λειτουργία των αντίστοιχων συστημάτων τους διαφέρουν σημαντικά.



**Σχήμα 5-26:** Ενδεικτικό σύστημα βιοαερισμού με παροχή θρεπτικών συστατικών σε συνδυασμό με την τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004).

#### Βασική αρχή

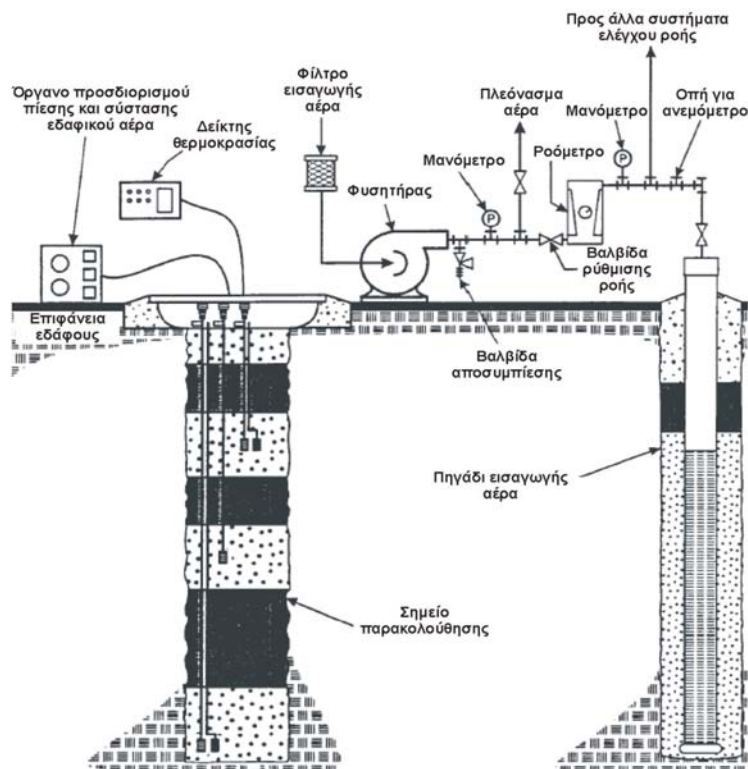
Κύριος στόχος της διεργασίας του βιοαερισμού ρυπασμένων εδαφών είναι η αύξηση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στο υπέδαφος με απευθείας εισαγωγή αέρα σε αυτό, μέσω κατάλληλων γεωτρήσεων. Με την αύξηση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στο έδαφος, οι υπάρχοντες μικροοργανισμοί, που έχουν την ικανότητα να αποικοδομούν αερόβια τους υφιστάμενους οργανικούς ρύπους, βοηθούνται και η δράση τους ενισχύεται. Έτσι, οι βιοαποικοδομήσιμοι ρύποι απομακρύνονται με γρηγορότερο ρυθμό, ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται περιορισμένη εξάτμιση των πτητικών ρύπων. Γενικά, ο ρυθμός ροής του εισαγόμενου αέρα επιλέγεται να είναι μικρός, έτσι ώστε να αποφεύγεται η ενίσχυση της εξάτμισης των ρύπων. Αρκετές φορές, εκτός από την παροχή οξυγόνου κρίνεται αναγκαία και η παροχή θρεπτικών συστατικών (π.χ. φωσφόρου και αζώτου), επιβάλλοντας ακόμη πιο ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη και τη δράση των υπάρχοντων βιοαποικοδομητικών μικροοργανισμών.

Αρκετές φορές επίσης παρατηρείται ανάγκη άντλησης του εδαφικού αέρα κατά την εφαρμογή του βιοαερισμού, για την αποφυγή συσσώρευσης πτητικών ρύπων σε αυτόν. Σε αυτήν την περίπτωση, συνήθως πραγματοποιείται συνδυασμός της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα με το βιοαερισμό.

#### Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Ένα τυπικό σύστημα βιοαερισμού (Σχήμα 5-27) αποτελείται από τα ακόλουθα επιμέρους τμήματα:

- γεωτρήσεις εισαγωγής αέρα,
- γεωτρήσεις παρακολούθησης υπεδάφους,
- αεροσυμπιεστής (air compressor),
- σωληνώσεις,
- λοιπά όργανα ελέγχου (π.χ. βαλβίδες, βάνες, ροόμετρα, μανόμετρα, κα..).



**Σχήμα 5-27:** Αναλυτική γραφική απεικόνιση ενός τυπικού συστήματος βιοαερισμού (Gidarakos E. and Schachtebeck G., 1996).

Αν απαιτείται η εφαρμογή της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα, τότε κρίνεται αναγκαία η προμήθεια όλου του σχετικού απαιτούμενου εξοπλισμού.

#### → Γεωτρήσεις

Οι γεωτρήσεις διοχέτευσης αέρα μπορεί να είναι είτε κάθετες, είτε και οριζόντιες, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του εκάστοτε προς εξυγίανση πεδίου. Τα κυριότερα κριτήρια, που λαμβάνονται υπόψη, για την επιλογή οριζοντίων ή κάθετων γεωτρήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-29.

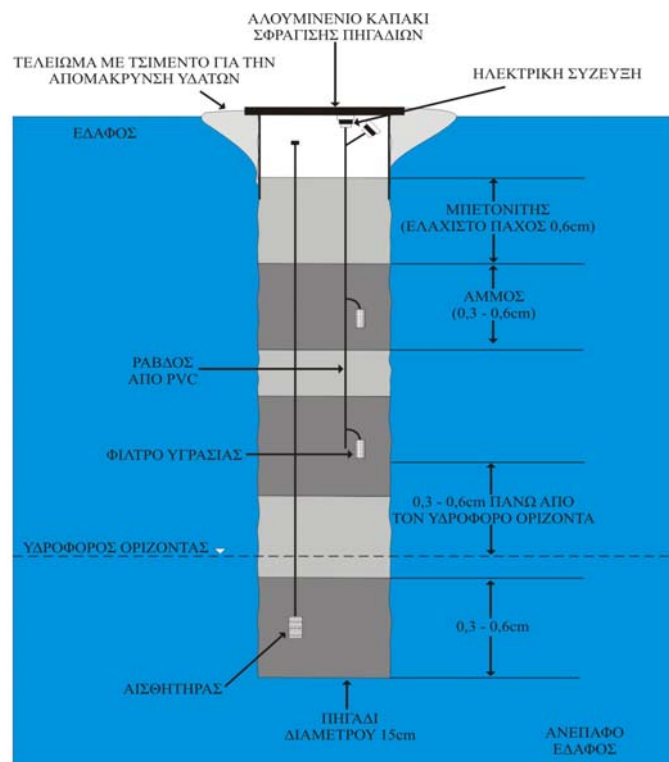
**Πίνακας 5-29:** Κριτήρια επιλογής οριζοντίων ή κάθετων γεωτρήσεων βιοαερισμού σε ένα δεδομένο προς εξυγίανση πεδίο (ΕΡΑ, 2004).

Είδος γεώτρησης	Συνθήκες Πεδίου
Κάθετη	- Σχετικά βαθιά ρύπανση (1,5 - 30,5m) - Βάθος υδροφόρου ορίζοντα > 3,5m
Οριζόντια	- Ρηχή ρύπανση (< 7,5m) [Είναι πιο αποτελεσματικές σε βάθη < 3,5m και πιο δύσκολες στην κατασκευή τους σε βάθη > 7,5m] - Η ζώνη ρύπανσης περιορίζεται εντός ενός συγκεκριμένου στρώματος του εδάφους.

Η θέση και ο αριθμός των αναγκαίων γεωτρήσεων μπορούν να προσδιοριστούν με τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν και για τα συστήματα άντλησης εδαφικού αέρα. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

- σε περιοχές με υψηλή ρύπανση απαιτείται κοντινή (πυκνή) τοποθέτηση των γεωτρήσεων διοχέτευσης αέρα, για την ενίσχυση της διανομής του αέρα και κατ' επέκταση του ρυθμού βιοαποδόμησης των υφιστάμενων ρύπων,
- σε περίπτωση που υπάρχει ή χρησιμοποιείται εδαφικό κάλυμμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελαφριά μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ των γεωτρήσεων από τις προβλεπόμενες, βάσει του σχεδιασμού,
- αν η διαπερατότητα του εδάφους είναι σχετικά μικρή, τότε χρησιμοποιούνται μικρότερες αποστάσεις μεταξύ των γεωτρήσεων από τις προβλεπόμενες, βάσει του σχεδιασμού.

Στο Σχήμα 5-28 παρουσιάζεται η διατομή μιας τυπικής γεώτρησης παρακολούθησης του υπεδάφους.

**Σχήμα 5-28:** Διατομή τυπικής γεώτρησης παρακολούθησης υπεδάφους (Naval Facilities Engineering Service Centre, 2001).

Το βάθος εισαγωγής του αέρα καθορίζεται άμεσα από την κατανομή των υφιστάμενων ρύπων και στις περισσότερες περιπτώσεις τοποθετείται στο κέντρο της ρύπανσης. Το βάθος διοχέτευσης του αέρα επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό και από την στρωματοποίηση του εδάφους, καθώς για παράδειγμα η εισαγωγή αέρα κάτω από ζώνες χαμηλής διαπερατότητας πρέπει να αποφεύγεται. Η συγκεκριμένη παράμετρος επηρεάζει την απαιτούμενη πίεση και παροχή του διοχετευόμενου αέρα. Όσο πιο βαθιά βρίσκεται το σημείο παροχής του αέρα, τόσο πιο πολύ θα επεκταθεί η ακτίνα επιρροής και επομένως θα απαιτηθεί μεγαλύτερη ποσότητα αέρα, προκειμένου να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό ποσοστό κορεσμού της ζώνης επιρροής σε αέρα.

#### → **Αεροσυμπιεστής**

Η επιλογή του τύπου και του μεγέθους του αναγκαίου αεροσυμπιεστή βασίζεται στην πίεση, που είναι αναγκαίο να αναπτυχθεί και στον απαιτούμενο ολικό ρυθμό διοχέτευσης αέρα. Ειδικά σε περιπτώσεις όπου υπάρχει κίνδυνος εκρήξεων (π.χ. εν λειτουργία διυλιστήρια) είναι αναγκαία η επιλογή αντιεκρηκτικού τύπου εξοπλισμού.

#### → **Λοιπά όργανα ελέγχου**

Μικρά όργανα, τα οποία απαιτούνται, για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της λειτουργίας ενός συστήματος βιοαερισμού, περιλαμβάνουν κυρίως ροόμετρα, μανόμετρα, βαλβίδες ελέγχου πίεσης και ροής, δειγματοληπτικές θύρες, κα..

#### → **Μονάδα επεξεργασίας αντλούμενου εδαφικού αέρα**

Ένα από τα πλέον σημαντικά και ακριβά τμήματα ενός συστήματος βιοαερισμού είναι το σύστημα άντλησης και επεξεργασίας εδαφικού αέρα, εφόσον απαιτείται. Η επεξεργασία του αντλούμενου εδαφικού αέρα, λόγω των ρύπων που περιέχει, επιλέγεται βάσει αναλύσεων, που πραγματοποιούνται στο αρχικό στάδιο λειτουργίας του εκάστοτε συστήματος, οι οποίες καθορίζουν το είδος και τη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων, η οποία στη συνέχεια συγκρίνεται με τα όρια της εκάστοτε ισχύουσας νομοθεσίας.

Οι διαδεδομένες διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας του αντλούμενου εδαφικού αέρα έχουν ήδη παρουσιαστεί στο υποκεφάλαιο της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα.

#### → **Προαιρετικά τμήματα**

Ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες, που επικρατούν σε ένα προς εξυγίανση πεδίο, είναι δυνατόν να εξεταστεί η χρήση των ακόλουθων προαιρετικών επιπρόσθετων τμημάτων συστημάτων άντλησης εδαφικού αέρα:

- Σύστημα διοχέτευσης θρεπτικών συστατικών: συνήθως αζώτου ή φωσφόρου, για την ενίσχυση της μικροβιακής ανάπτυξης.
- Επιφανειακά καλύμματα: σε περίπτωση που υπάρχει σχετικά επιφανειακή (ρηχή) ρύπανση για την αποφυγή άντλησης διηθούμενου βρόχινου νερού και/ ή διαφυγής

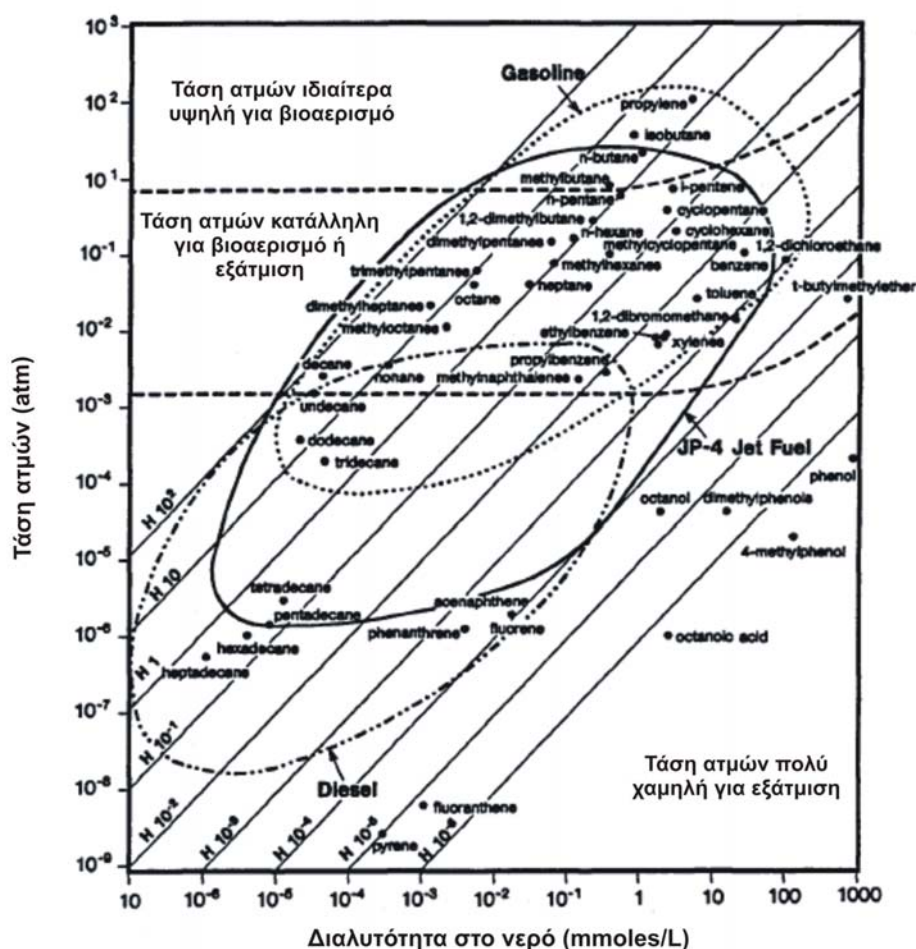
του διοχετευόμενου αέρα.

- Υπόγειες αντλίες νερού: για την αύξηση του βάθους του υδροφόρου ορίζοντα, στην περίπτωση που αυτό είναι σχετικά μικρό.

#### Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Οι ρύποι, που μπορούν να αντιμετωπιστούν με επιτυχία από την τεχνολογία του βιοαερισμού, είναι κυρίως βιοαποικοδομήσιμα οργανικά συστατικά (π.χ. πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες). Επίσης σημαντικό για την απόδοση της τεχνολογίας είναι οι προς απομάκρυνση ρύποι να παρουσιάζουν σχετικά χαμηλή πτητικότητα και υψηλή διαλυτότητα στο νερό, ώστε να αποτρέπεται η εξάτμισή τους εις βάρος της βιοαποικοδόμησής τους. Στο Σχήμα 5-29 παρουσιάζονται παραδείγματα ουσιών, των οποίων η τάση ατμών και η διαλυτότητα έχουν τιμή ευνοϊκή για την βιοαποικοδόμησή τους, με εφαρμογή του βιοαερισμού.

Η τεχνολογία του βιοαερισμού έχει εφαρμοστεί επιτυχώς για την αντιμετώπιση διαφόρων διαρροών ρύπων, όπως βενζίνη, diesel, jet fuel, πετρέλαιο, μη χλωριωμένων διαλυτών, ορισμένων ειδών ζιζανιοκτόνα, ακόμη και PAHs.



**Σχήμα 5-29:** Εύρος τιμών τάσης ατμών και διαλυτότητας ουσιών, που ευνοούν την βιοαποικοδόμησή τους μέσω βιοαερισμού (Leeson A. et al., 1996).

Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

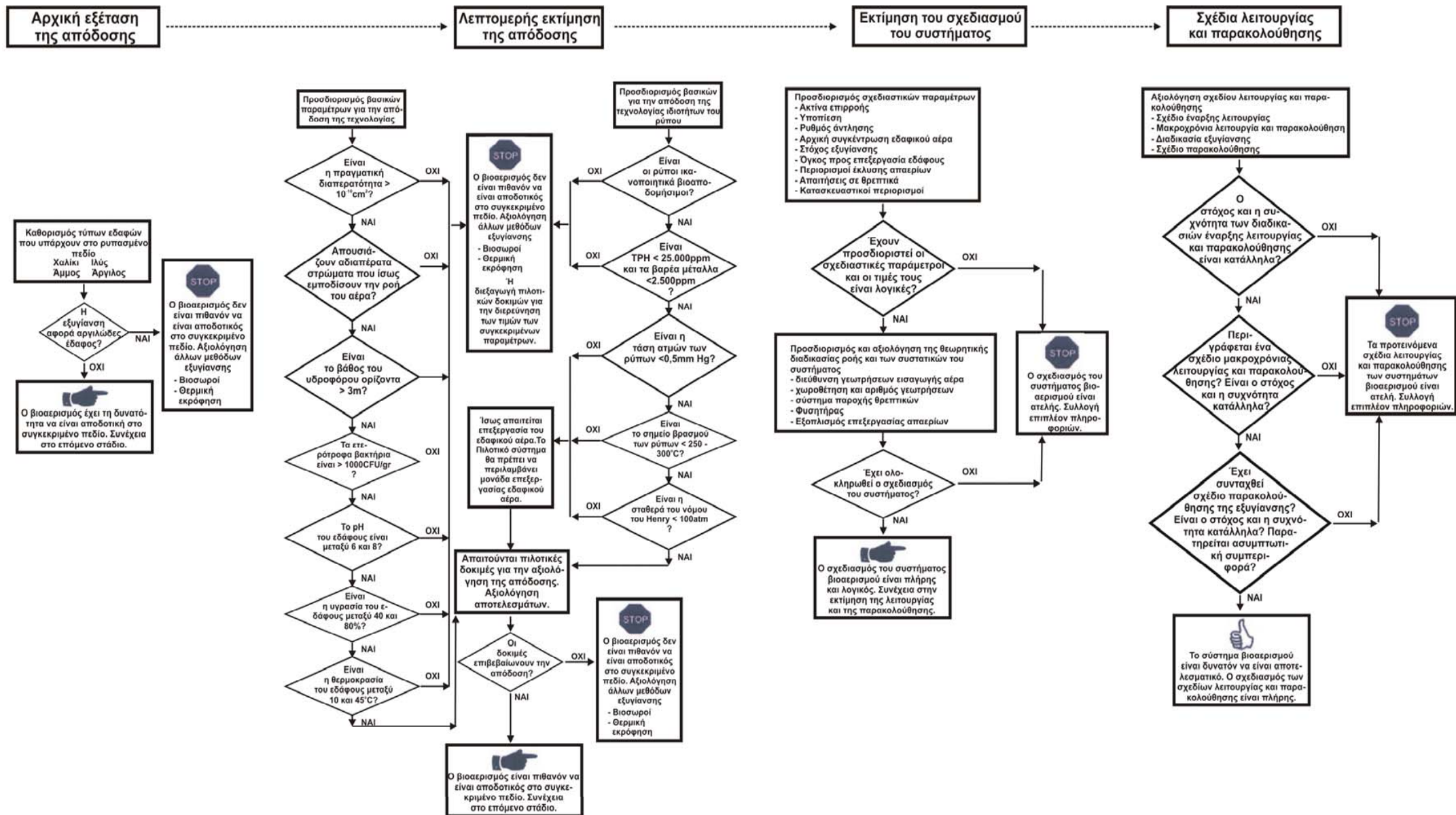
Για την αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητας της τεχνολογίας του βιοαερισμού σε ένα συγκεκριμένο ρυπασμένο πεδίο, έχει προταθεί και καθιερωθεί συγκεκριμένη μεθοδολογία (Σχήμα 5-30), η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα επιμέρους στάδια:

- αρχική εξέταση της απόδοσης της τεχνολογίας (initial screening of bioventing effectiveness),
- λεπτομερής εκτίμηση της απόδοσης της τεχνολογίας (detailed evaluation of bioventing effectiveness),
- εκτίμηση του σχεδιασμού του αναγκαίου συστήματος (evaluation of bioventing system design),
- εκτίμηση σχεδίων λειτουργίας και παρακολούθησης (evaluation of the operation & monitoring plans).

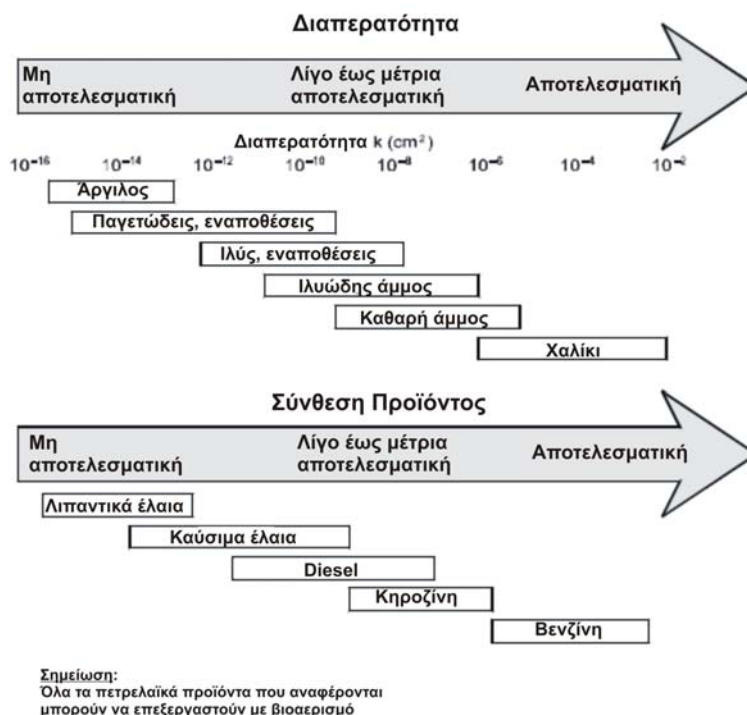
Στη συνέχεια, εξετάζονται η διαπερατότητα του προς επεξεργασία εδάφους και η βιοαποικοδομησιμότητα των υφιστάμενων ρύπων. Γενικά, όσο πιο διαπερατό είναι το έδαφος και όσο πιο υψηλή βιοαποικοδομησιμότητα (η οποία είναι άμεση συνάρτηση της σύστασης και της δομής) παρουσιάζουν οι υφιστάμενοι ρύποι, τόσο πιο αποδοτική αναμένεται να είναι η συγκεκριμένη τεχνολογία (Σχήμα 5-31).

Εφόσον η αρχική εξέταση δώσει θετικά αποτελέσματα, ακολουθεί η λεπτομερής εκτίμηση της απόδοσης της τεχνολογίας του βιοαερισμού, μέσω πιο συγκεκριμένου προσδιορισμού των χαρακτηριστικών του προς εξυγίανση πεδίου και των υφιστάμενων ρύπων. Οι παράμετροι, που εξετάζονται για τον σκοπό αυτό, είναι οι εξής:

- Χαρακτηριστικά Πεδίου
  - Πραγματική Διαπερατότητα (Intrinsic Permeability)
  - Δομή και Στρωματογραφία Εδάφους
  - Μικροβιακή Παρουσία
  - pH εδάφους
  - Υγρασία Εδάφους
  - Θερμοκρασία Εδάφους
  - Συγκέντρωση Θρεπτικών Συστατικών στο Έδαφος
  - Βάθος Υδροφόρου Ορίζοντα
- Χαρακτηριστικά Ρύπων
  - Χημική Δομή
  - Συγκέντρωση και Τοξικότητα
  - Τάση Ατμών
  - Σύσταση και Τάση Ατμών
  - Σταθερά του Νόμου του Henry



Σχήμα 5-30: Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης της τεχνολογίας του βιοαερισμού σε ένα δεδομένο πεδίο (EPA, 2004).



**Σχήμα 5-31:** Αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας του βιοαερισμού συναρτήσει της διαπερατότητας του εδάφους και της σύστασης των υφιστάμενων ρύπων (EPA, 2004).

Η πραγματική διαπερατότητα αποτελεί μέτρο της ικανότητας του εδάφους να επιτρέπει τη μετακίνηση ρευστών μέσα στον όγκο του και αποτελεί τον βασικότερο καθοριστικό παράγοντα της αποτελεσματικότητας της τεχνολογίας του βιοαερισμού. Η τιμή της μπορεί να κυμανθεί από  $10^{-16}$  έως και  $10^{-3} \text{cm}^2$ , με πλέον κοινό εύρος τιμών να είναι από  $10^{-13}$  έως και  $10^{-5} \text{cm}^2$ . Στον Πίνακα 5-30 παρουσιάζονται οι τιμές που ευνοούν και μη την εφαρμογή και την απόδοση της τεχνολογίας του βιοαερισμού.

**Πίνακας 5-30:** Πραγματική διαπερατότητα και απόδοση της τεχνολογίας του βιοαερισμού (EPA, 2004).

Πραγματική Διαπερατότητα $k$ ( $\text{cm}^2$ )	Απόδοση τεχνολογίας
$k \geq 10^{-8}$	Γενικά καλή
$10^{-8} \geq k \geq 10^{-10}$	Απαιτείται επιπλέον διερεύνηση
$k \leq 10^{-10}$	Όχι καλή

Η πραγματική διαπερατότητα του εδάφους μπορεί να καθοριστεί είτε στο πεδίο, με διεξαγωγή τεστ διαπερατότητας ή πιλοτικών μελετών άντλησης εδαφικού αέρα, είτε στο εργαστήριο, με χρήση δείγματος στήλης από το πεδίο.

Η δομή και η στρωματογραφία του εδάφους καθορίζει την ροή, την κατανομή και την πίεση του διοχετευόμενου αέρα, καθώς επίσης και τα «μονοπάτια» διαφυγής των πιθανών εξατμιζόμενων ρύπων στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους.

Όσον αφορά στη μικροβιακή παρουσία στα εδάφη, αυτή σε γενικές γραμμές είναι πλούσια, καθώς περιλαμβάνει βακτήρια, άλγη, πρωτόζωα, κα.. Στα εδάφη, που παρουσιάζουν σημαντική συγκέντρωση οξυγόνου, οι υφιστάμενοι μικροοργανισμοί είναι αερόβιοι και επομένως χρήσιμοι για την εφαρμογή και την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας του βιοαερισμού. Εκ των προαναφερόμενων μικροοργανισμών, τα βακτήρια είναι εκείνοι που απαντώνται σε μεγαλύτερες ποσότητες και είναι και περισσότερο ενεργοί, ακόμη και σε σχετικά χαμηλή διαθεσιμότητα οξυγόνου. Για τον προσδιορισμό της παρουσίας και του πληθυσμού βακτηρίων σε ένα προς επεξεργασία πεδίο, διεξάγονται εργαστηριακά τεστ ανάπτυξης καλλιεργειών ολικών ετερότροφων βακτηρίων. Στον Πίνακα 5-31 παρουσιάζονται ενδεικτικές τιμές που ευνοούν ή μη την απόδοση της τεχνολογίας του βιοαερισμού.

**Πίνακας 5-31:** Ευνοϊκές τιμές πληθυσμού ολικών ετερότροφων βακτηρίων στο έδαφος για την εφαρμογή της τεχνολογίας του βιοαερισμού (EPA, 2004).

Ολικά Ετερότροφα Βακτήρια	Απόδοση Τεχνολογίας
>1000 CFU/gr ξηρού εδάφους	Γενικά καλή
<1000 CFU/gr ξηρού εδάφους	Ίσως ικανοποιητική - απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση για την επικράτηση τοξικών συνθηκών

Όσον αφορά στις λοιπές παραμέτρους του εδάφους, που επιτρέπουν, ευνοούν ή παρεμποδίζουν την εφαρμογή και την απόδοση της τεχνολογίας του βιοαερισμού, αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-32, όπου αναγράφονται και οι ευνοϊκές τιμές αυτών για την ενίσχυση της βιοαποδόμησης οργανικών εδαφικών ρύπων, μέσω του βιοαερισμού.

**Πίνακας 5-32:** Ευνοϊκές τιμές παραμέτρων έκφρασης της δυνατότητας βιοαποδόμησης εδαφικών ρύπων κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας του βιοαερισμού (EPA, 2004).

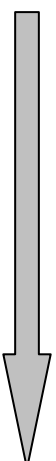
Παράμετρος	Ευνοϊκή Τιμή
pH εδάφους	6-8
Υγρασία Εδάφους	40 – 85 %
Θερμοκρασία Εδάφους	5 – 45°C
Συγκέντρωση Θρεπτικών	Λόγος Άνθρακα / Αζώτου / Φωσφόρου : 100:10:1 έως 100:1:0,5
Βάθος Υδροφόρου Ορίζοντα	> 1,5m

Η χημική δομή των υφιστάμενων ρύπων καθορίζει τη δυνατότητα και τον ρυθμό βιοαποδόμησης αυτών. Γενικά, τα μονοαρωματικά και αλειφατικά οργανικά συστατικά χαμηλού μοριακού βάρους (με λιγότερα από 9 άτομα άνθρακα) παρουσιάζονται να είναι πιο εύκολα βιοαποδομήσιμα από άλλα μεγαλύτερου μοριακού βάρους ή πολυαρωματικά συστατικά (Πίνακας 5-33). Για τον προσδιορισμό του ρυθμού βιοαποδόμησης του εκάστοτε ρύπου και κατά συνέπεια τον αναγκαίο χρόνο εξυγίανσης της τεχνολογίας του βιοαερισμού, πρέπει να πραγματοποιηθούν εργαστηριακά πειράματα βιοαποδόμησης ή πιλοτικές δοκιμές πεδίου, προκειμένου να προσδιοριστούν οι ενδεχόμενοι περιοριστικοί παράγοντες (π.χ. έλλειψη θρεπτικών συστατικών).

Επίσης, για την επιτυχή εφαρμογή της τεχνολογίας του βιοαερισμού θα πρέπει η συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων να κυμαίνεται σε συγκεκριμένα όρια (γενικά < 25.000ppm), προκειμένου να μην αποτελούν τοξικό παράγοντα για τη δράση, την ανάπτυξη ή γενικά την επιβίωση των δρώντων μικροοργανισμών. Επίσης, άλλοι τυχόν τοξικοί παράγοντες, όπως π.χ. η παρουσία βαρέων μετάλλων σε σημαντικές συγκεντρώσεις (>2.500ppm) θα πρέπει να απουσιάζουν.

Επιπλέον, πριν την εφαρμογή της τεχνολογίας του βιοαερισμού θα πρέπει να καθοριστεί ο επιθυμητός στόχος εξυγίανσης, δηλαδή η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων. Όπως έχει αποδειχθεί η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν μπορεί να πετύχει «εύκολα» συγκεντρώσεις < 0,1ppm ή συνολική μείωση των ρύπων (συνήθως TPH) σε ποσοστό > 95%.

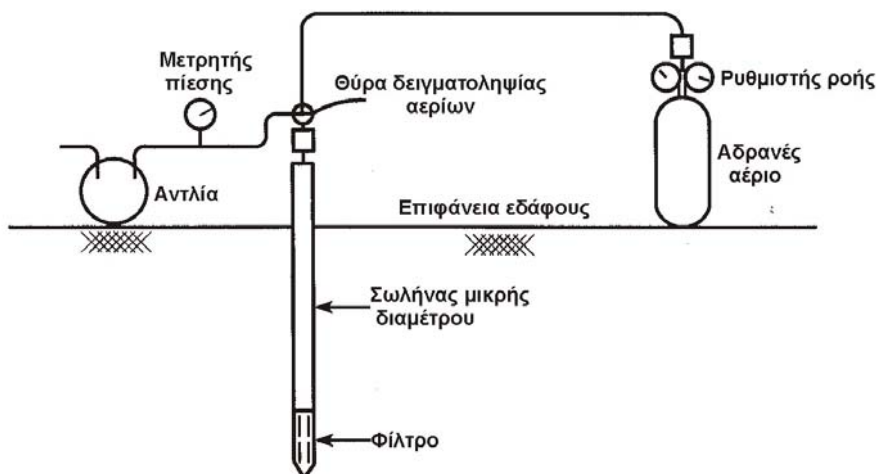
**Πίνακας 5-33:** Βιοαποικοδομησιμότητα διαφόρων κοινών οργανικών ρύπων (EPA, 2004).

Βιοαποικοδομησιμότητα	Ενδεικτικά Συστατικά	Τυπικοί Ρύποι Όπου Απαντώνται
Σημαντική	n-βουτάνιο, i-πεντάνιο, n-Οκτάνιο Εννιάνιο	→ Βενζίνη → Καύσιμο Diesel
	Μεθυλοβουτάνιο, Διμεθυλοπεντάνιο, Μεθυλοοκτάνιο	→ Βενζίνη
	Βενζόλιο, τολουόλιο, Αιθυλοβενζόλιο, ξυλένιο Προπυλοβενζόλιο	→ Βενζίνη → Diesel, κηροζίνη
	Δεκάνιο Δωδεκάνιο Δεκατριάνιο Δεκατετράνιο	→ Diesel → Κηροζίνη → Καύσιμο θέρμανσης → Λιπαντικά έλαια
	Ναφθαλένιο Φθοροανθένιο Πυρένιο Ακεναφθένιο	→ Diesel → Κηροζίνη → Καύσιμο θέρμανσης → Λιπαντικά έλαια
Μειωμένη		

Τέλος, προκειμένου να μην ευνοείται η εξάτμιση των υφιστάμενων ρύπων εις βάρος της βιοαποικοδόμησής τους κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας του βιοαερισμού, οι υφιστάμενοι ρύποι είναι επιθυμητό να μην είναι πτητικοί, δηλαδή σε γενικές γραμμές να παρουσιάζουν τάση ατμών <0,5mm Hg, σταθερά του Νόμου του Henry <100atm και σημείο βρασμού > 250 – 300°C.

Η διεξαγωγή εργαστηριακών και πιλοτικών δοκιμών (τεστ) θεωρείται αναγκαία προκειμένου αφενός να εκτιμηθεί η απόδοση της τεχνολογίας στο προς επεξεργασία πεδίο και αφετέρου να προσδιοριστούν οι βέλτιστες τιμές βασικών λειτουργικών παραμέτρων, όπως π.χ. του ρυθμού διοχέτευσης αέρα, κα.. Οι κυριότερες δοκιμές, οι οποίες είναι αναγκαίο να πραγματοποιούνται, είναι οι εξής:

- Δοκιμές διοχέτευσης αέρα και άντλησης εδαφικού αέρα, οι οποίες καθορίζουν τον καταλληλότερο ρυθμό διοχέτευσης αέρα, την αναγκαία πίεση, την ακτίνα επιρροής των γεωτρήσεων βιοαερισμού (και άντλησης εδαφικού αέρα εφόσον κριθούν αναγκαίες), τον ρυθμό εξάτμισης των πτητικών ρύπων και τελικά την αναγκαιότητα εγκατάστασης συστήματος άντλησης εδαφικού, με συγκεκριμένα λειτουργικά χαρακτηριστικά. Για περιοχές μικρότερες από  $3.800\text{m}^3$  (π.χ.  $30 \times 25 \times 5\text{m}$ ) με διαπερατότητα μεγαλύτερη από  $10^{-8}\text{cm}^2$ , η διεξαγωγή των συγκεκριμένων δοκιμών δεν συμφέρει οικονομικά.
- «Τεστ αναπνοής», τα οποία πραγματοποιούνται συνήθως για περιοχές μεγαλύτερες από  $50.000\text{m}^3$  (π.χ.  $100 \times 100 \times 5$ ) και διαπερατότητας εδάφους μικρότερη από  $10^{-8}\text{cm}^2$ . Τα συγκεκριμένα τεστ επικεντρώνονται στην εκτίμηση του αναμενόμενου ρυθμού βιοαποδόμησης των υφιστάμενων ρύπων. Στο Σχήμα 5-32 παρουσιάζεται ένα τυπικό σύστημα διεξαγωγής «τεστ αναπνοής», ενώ στη συνέχεια παρουσιάζεται η αντίστοιχη διαδικασία, που ακολουθείται:



**Σχήμα 5-32:** Τυπικό σύστημα διεξαγωγής «τεστ αναπνοής».

1. Παρακολούθηση της συγκέντρωσης  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  και ολικών πτητικών υδρογονανθράκων στην ακόρεστη ζώνη των γεωτρήσεων, που συμμετέχουν στο τεστ. Οι χρησιμοποιούμενες γεωτρήσεις πρέπει να καταλήγουν σε απόσταση αρκετά μεγάλη πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα.
2. Επιλογή μιας συγκεκριμένης γεώτρησης σε μια περιοχή αρκετά ρυπασμένη, όπου παρατηρείται αερόβια μικροβιακή δραστηριότητα. Η συγκέντρωση του ρύπου στο έδαφος πρέπει να είναι μεγαλύτερη από  $50\text{mg/Kg}$ . Είναι σημαντικό να τονιστεί το γεγονός ότι ανεξάρτητα από τις συνθήκες που επικρατούν στο προς εξυγίανση πεδίο (αερόβιες ή αναερόβιες), με την εφαρμογή της διεργασίας του βιοαερισμού θα επικρατήσει σταδιακά ενεργή, αερόβια βιοαποδόμηση. Πρέπει λοιπόν να επιλεγούν ρυπασμένες περιοχές, στις οποίες μπορούν γρήγορα και εύκολα να επικρατήσουν συνθήκες ενεργής αερόβιας βιοαποδόμησης.

3. Μέτρηση της συγκέντρωσης  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  και ολικών πτητικών υδρογονανθράκων στην επιλεγμένη γεώτρηση πριν την εκκίνηση του τεστ.
  4. Εισαγωγή τουλάχιστον  $30m^3$  αέρα μέσα στην επιλεγμένη γεώτρηση. Μπορεί να γίνει εισαγωγή αέρα μέχρι και σε 5 γεωτρήσεις. Συνήθως, ο διοχετευόμενος αέρας περιέχει 1 έως 2% ήλιο, το οποίο λειτουργεί ως ιχνηθέτης. Αργότερα η ανίχνευση του ήλιου στο δείγμα εδαφικού αέρα, που θα αναλυθεί, θα αποδείξει ότι ο εξεταζόμενος αέρας είναι ίδιος με εκείνον που είχε εισαχθεί αρχικά και επομένως ό,τι αλλαγές παρατηρούνται στη σύστασή του οφείλονται στη μικροβιακή δραστηριότητα. Η διοχέτευση των  $30m^3$  αέρα πρέπει να πραγματοποιηθεί μέσα σε 24 ώρες, καθώς όπως έχει αποδειχθεί αυτός είναι ο απαιτούμενος χρόνος για τους υφιστάμενους μικροοργανισμούς να αλλάξουν το μεταβολισμό τους σε ενεργή «αναπνοή».
  5. Έναρξη περιοδικής παρακολούθησης των συγκεντρώσεων του  $O_2$  και  $CO_2$  στην επιλεγμένη γεώτρηση διοχέτευσης αέρα 24 ώρες μετά την έναρξη του τεστ. Αέρια δείγματα πρέπει να αναλύονται πολλές φορές την ημέρα και μάλιστα ωριαία. Στην πραγματικότητα η συχνότητα δειγματοληψίας και ανάλυσης καθορίζεται στο πεδίο, έτσι ώστε να προκύπτει μια ξεκάθαρη τάση μείωσης ή αύξησης των συγκεντρώσεων του  $O_2$  και  $CO_2$ .
  6. Συνέχιση της μέτρησης της συγκέντρωσης του  $O_2$  και  $CO_2$  μέχρι να παρατηρηθεί αλλαγή τουλάχιστον κατά 5%. Η βέλτιστη επιλογή είναι η παρακολούθηση της συγκέντρωσής τους μέχρι μεταβολής αυτής κατά 10%. Συνήθως ο απαιτούμενος χρόνος είναι 1 με 2 ημέρες.
  7. Ανάλυση των δεδομένων σύμφωνα με κινητική μηδενικής και πρώτης τάξης. Για ανάλυση με κινητική μηδενικής τάξης συγκρίνονται οι συγκεντρώσεις  $O_2$  και  $CO_2$  συναρτήσει του χρόνου. Για ανάλυση με κινητική πρώτης τάξης συγκρίνονται οι συγκεντρώσεις  $O_2$  και  $CO_2$  με τις αρχικές συγκεντρώσεις τους συναρτήσει του χρόνου. Στη συνέχεια πραγματοποιείται γραμμική παλινδρόμηση και προσδιορίζεται η ευθεία που προσεγγίζει καλύτερα τα εκάστοτε δεδομένα, καθώς και ο συντελεστής συσχέτισης  $R^2$  των ευθειών αυτών. Επιλέγεται η τάξη κινητικής που παρουσιάζει τιμή  $R^2$  πλησιέστερη στη μονάδα.
- Εργαστηριακές μικροβιακές δοκιμές: για την εκτίμηση της παρουσίας των μικροοργανισμών, που μπορούν να βιοαποικοδομήσουν τους υφιστάμενους ρύπους.
  - Εργαστηριακές δοκιμές βιοαποδόμησης: για την εκτίμηση της δυνατότητας και του ρυθμού βιοαποδόμησης των υφιστάμενων ρύπων από τους παρόντες μικροοργανισμούς και τον προσδιορισμό των βέλτιστων συνθηκών.

Κατά το στάδιο σχεδιασμού του αναγκαίου συστήματος πρέπει να προσδιοριστούν οι εξής λειτουργικές παράμετροι:

- Ακτίνα επιρροής: η μεγαλύτερη απόσταση από τη γεώτρηση διοχέτευσης αέρα, στην οποία κατανέμεται ο διοχετευόμενος αέρας και ενισχύεται η βιοαποδόμηση των υφιστάμενων ρύπων. Η απόσταση αυτή είναι γενικά δύσκολο να προσδιορισθεί, δεδομένης της ασυμμετρίας και της μεταβαλλόμενης πυκνότητας των καναλιών κατανομής του αέρα στο υπέδαφος. Συνήθεις τιμές, που έχουν καταγραφεί, κυμαίνονται από 1,5 έως 30,5m. Η μορφή και η έκτασή της εξαρτώνται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του εδάφους (πορώδες, υδραυλική αγωγιμότητα, ομοιογένεια, κτλ.) και τις παραμέτρους διοχέτευσης του αέρα (παροχή και πίεση). Δεδομένης της έκτασης της προς επεξεργασία περιοχής, η ακτίνα επιρροής χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των συνολικά απαιτούμενων γεωτρήσεων, καθώς και της διάταξης αυτών.
- Πίεση: η απαιτούμενη πίεση που πρέπει να ασκηθεί για να επιτευχθεί ο επιθυμητός ρυθμός παροχής και η εξάπλωση του αέρα γύρω από τη γεώτρηση. Συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 10 και 50psig.
- Ρυθμός παροχής αέρα: θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ κάποιων λογικών ορίων, τα οποία δεν ορίζονται απόλυτα από συγκεκριμένες εξισώσεις, αλλά αντίθετα έχουν καθορισθεί από την υπάρχουσα εμπειρία. Οι παροχές που επιλέγονται στις περισσότερες εφαρμογές βιοαερισμού κυμαίνονται μεταξύ 150 και 2850L/min. Στον Πίνακα 5-34 παρουσιάζεται η αναμενόμενη παροχή οξυγόνου σε μια γεώτρηση, ανάλογα με την τιμή της παροχής του διοχετευόμενου αέρα. Γενικά, έχει αποδειχθεί ότι για τη βιοαποδόμηση 1kg πετρελαϊκού ρύπου απαιτούνται 3 έως 3,5kg οξυγόνου.

**Πίνακας 5-34:** Παρεχόμενη ημερήσια ποσότητα οξυγόνου, ανάλογα με τον ρυθμό διοχέτευσης αέρα σε μια γεώτρηση κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας του βιοαερισμού (EPA, 2004).

Παροχή Αέρα (m <sup>3</sup> /min)	Παρεχόμενο Οξυγόνο (kg/day)
2,83·10 <sup>-2</sup>	10
1,42·10 <sup>-1</sup>	52
2,83·10 <sup>-1</sup>	106
5,66·10 <sup>-1</sup>	212
1,42	529
2,83	1.060

- Αρχική συγκέντρωση ρύπων: χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του ρυθμού απομάκρυνσης των ρύπων, του αναγκαίου χρόνου εξυγίανσης και της ανάγκης εγκατάστασης και λειτουργίας συστήματος άντλησης και επεξεργασίας του εδαφικού αέρα.
- Επιθυμητή τελική συγκέντρωση ρύπων: ορίζεται είτε από την εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία, είτε από τα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες του προς επεξεργασία πεδίου, βάσει της υφιστάμενης επικινδυνότητας, του εκτιθέμενου στην ρύπανση πληθυσμού, των μηχανισμών μεταφοράς των ρύπων, κα.. Αυτή καθορίζει ποια

τμήματα του υπό μελέτη πεδίου χρήζουν επεξεργασίας και τότε μπορεί να τερματιστεί η εφαρμογή της τεχνολογίας.

- Απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης: μπορεί να επηρεάσει τον σχεδιασμό των αναγκαίων συστημάτων, καθώς σε περίπτωση που είναι περιορισμένος και οριζόμενος από εξωγενείς παράγοντες (π.χ. κάποια αρμόδια αρχή ή τη νομοθεσία) ενδέχεται π.χ. να οδηγήσει στην μείωση της μεταξύ απόστασης και του συνολικού αριθμού των χρησιμοποιούμενων γεωτρήσεων διοχέτευσης αέρα.
- Προς επεξεργασία όγκος εδάφους
- Υπολογισμοί όγκου πόρων εδάφους (σε περίπτωση που εφαρμόζεται και η τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα): πραγματοποιούνται για την εκτίμηση του ρυθμού ανανέωσης του εδαφικού αέρα μέσα στους πόρους του εδάφους, ανάλογα με τον ρυθμό άντλησης αυτού.
- Περιορισμοί διάθεσης του αντλούμενου εδαφικού αέρα (σε περίπτωση που εφαρμόζεται και η τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα) και απαιτήσεις σε παρακολούθηση των συστημάτων: συνήθως καθορίζονται από την ισχύουσα νομοθεσία.
- Περιορισμοί πεδίου: όπως παρουσία κτιρίων, εγκαταστάσεων, εμποδίων, κα..

Βάσει όλων των προαναφερόμενων, ακολουθεί η ανάπτυξη σχεδίων λειτουργίας και παρακολούθησης των συστημάτων βιοαερισμού και τελικά ξεκινάει η λειτουργία αυτών.

### Χρόνος Εφαρμογής

Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας του βιοαερισμού κυμαίνεται γενικά από 0,5 έως 5 χρόνια και εξαρτάται από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- τον στόχο εξυγίανσης,
- τον όγκο του προς επεξεργασία υδροφορέα,
- τη συγκέντρωση και την κατανομή των υφιστάμενων ρύπων,
- τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου (κυρίως τη διαπερατότητα και την ανισοτροπία του εδάφους),
- τους επιτεύξιμους ρυθμούς βιοαποδόμησης.

Η στιγμή τερματισμού της λειτουργίας του συστήματος προσδιορίζεται βάσει των συγκεκριμένων κριτηρίων, μεταξύ των οποίων είναι: αν η μείωση της συγκέντρωσης των ρύπων έχει φτάσει σε ασυμπτωτικές συνθήκες, αν οι υφιστάμενοι ρύποι παρουσιάζουν συγκεντρώσεις μικρές, οι οποίες πλέον δεν αποτελούν απειλή για το πεδίο, αν δεν παρατηρείται επανεμφάνιση υψηλών συγκεντρώσεων των ρύπων μετά από κλείσιμο του συστήματος για ένα μικρό χρονικό διάστημα, κα..

### Παρακολούθηση Συστημάτων

Οι τυπικές παράμετροι ενός συστήματος βιοαερισμού, οι οποίες θα πρέπει να παρακολουθούνται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, είναι οι εξής:

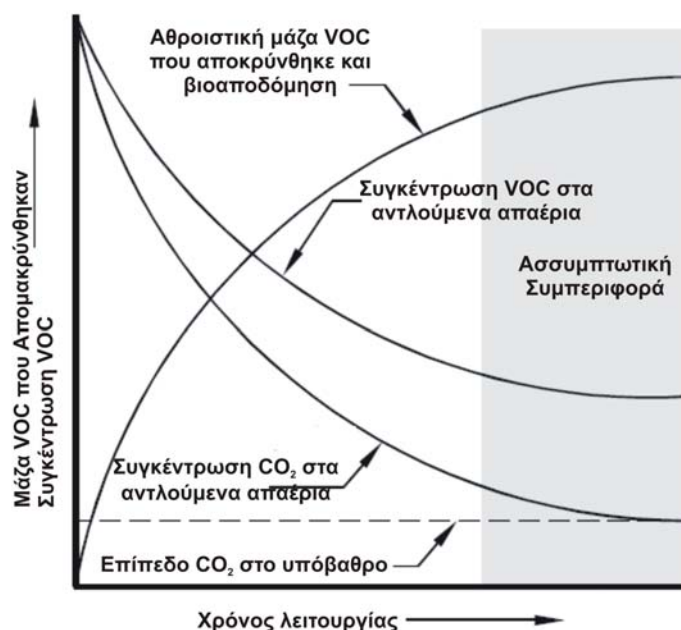
- η πίεση,
- ο ρυθμός παροχής αέρα,
- η συγκέντρωση των ρύπων στον εδαφικό αέρα,
- η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα στον εδαφικό αέρα,
- ο ρυθμός απομάκρυνσης ρύπων – απόδοση συστήματος,
- βασικές παράμετροι, που ευνοούν τη δράση των μικροοργανισμών (π.χ. pH εδάφους, θερμοκρασία, παρουσία θρεπτικών συστατικών, υγρασία, κτλ.).

Οι παράμετροι και η συχνότητα με την οποία πρέπει να παρακολουθούνται αυτές εξαρτάται από το στάδιο της λειτουργίας του συστήματος, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στον Πίνακα 5-35.

**Πίνακας 5-35:** Προτεινόμενη παρακολούθηση λειτουργικών παραμέτρων συστήματος βιοαερισμού (EPA, 2004).

Φάση Λειτουργίας	Συχνότητα Παρακολούθησης	Παράμετρος Παρακολούθησης	Σημείο Παρακολούθησης
Εκκίνηση λειτουργίας	Τουλάχιστον καθημερινά	- Παροχή - Πίεση - VOCs - CO <sub>2</sub> - O <sub>2</sub>	- Γεωτρήσεις παρακολούθησης εδαφικού αέρα - Γεωτρήσεις άντλησης εδαφικού αέρα - Σωληνώσεις - Έξοδος αντλούμενου εδαφικού αέρα στην ατμόσφαιρα
Κανονική Λειτουργία	Ανά δύο εβδομάδες ή μηνιαία	- Παροχή - Πίεση - VOCs - CO <sub>2</sub> - O <sub>2</sub>	- Γεωτρήσεις παρακολούθησης εδαφικού αέρα - Γεωτρήσεις άντλησης εδαφικού αέρα - Σωληνώσεις - Έξοδος αντλούμενου εδαφικού αέρα στην ατμόσφαιρα

Η παρακολούθηση της απόδοσης του συστήματος πραγματοποιείται υπολογίζοντας τη μάζα των ρύπων, που αποικοδομείται (βάσει της παραγωγής CO<sub>2</sub>), ανά τακτά χρονικά διαστήματα και/ή απομακρύνεται από το σύστημα άντλησης εδαφικού αέρα (εφόσον υπάρχει). Στη συνέχεια, οι στιγμιαίες, αλλά και η αθροιστική ποσότητα ρύπων, προσδιορίζονται γραφικά συναρτήσει του χρόνου (Σχήμα 5-33). Όταν η γραφική παράσταση, που προκύπτει, παρουσιάσει ασυμπτωτική συμπεριφορά, τότε θα πρέπει είτε να τερματιστεί η λειτουργία του συστήματος (αν έχουν επιτευχθεί οι στόχοι εξυγίανσης ή απομακρυνθεί πλήρως οι υφιστάμενοι ρύποι), είτε θα πρέπει να γίνει εκ νέου ρύθμιση των λειτουργικών παραμέτρων του συστήματος (π.χ. αύξηση του ρυθμού διοχέτευσης αέρα) για τη βελτίωση της απόδοσής του.



**Σχήμα 5-33:** Τυπική συσχέτιση της μάζας των ρύπων που αποικοδομείται και/ή απομακρύνεται από το έδαφος, συναρτήσει του χρόνου εφαρμογής της τεχνολογίας του βιοαερισμού (EPA, 2004).

#### Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας ενός συστήματος βιοαερισμού είναι δυνατόν να ποικίλει σημαντικά από περίπτωση σε περίπτωση, καθώς, όπως είναι προφανές, αυτό εξαρτάται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του πεδίου και της υφιστάμενης ρύπανσης. Παράμετροι όπως:

- οι ιδιότητες του εδάφους (π.χ. διαπερατότητα),
- τα χαρακτηριστικά και η κατανομή των υφιστάμενων ρύπων,
- ο εκάστοτε στόχος εξυγίανσης,
- τα χαρακτηριστικά του απαιτούμενου αεροσυμπιεστή,
- ο αριθμός και το βάθος των αναγκαίων γεωτρήσεων,
- το μήκος των αναγκαίων σωληνώσεων,
- το είδος και το μέγεθος της ενδεχομένως αναγκαίας μονάδας επεξεργασίας του αντλούμενου εδαφικού αέρα,

καθιστούν αδύνατη την εκτίμηση ενός standard κόστους εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Παρόλα αυτά, η μέχρι στιγμής ευρεία εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας έχει οδηγήσει στη δημιουργία μιας σημαντικής βάσης δεδομένων (από το Ινστιτούτο Battelle των ΗΠΑ), η οποία παρέχει σημαντικά στοιχεία κόστους εφαρμογής σε διάφορα πεδία, καθώς και μια μεθοδολογία εκτίμησης του κόστους για μια υποθετική νέα εφαρμογή.

Σε γενικές γραμμές το κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας του βιοαερισμού έχει υπολογιστεί να κυμαίνεται από 9,5 έως 56€/m<sup>3</sup> εδάφους, το οποίο για τέσσερις γεωτρήσεις βάθους 4,5m

αναλύεται ως εξής:

→ Επίσκεψη πεδίου / σχεδιασμός	3.584	} 66.161€
→ Εργασίες πεδίου	3.584	
→ Διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών	19.354	
→ «Γραφειοκρατικά / νομικά» έξοδα	2.150	
→ Σχεδιασμός	5.376	
→ Διάνοιξη γεωτρήσεων / δειγματοληψία	10.752	
→ Εγκατάσταση / έναρξη λειτουργίας	3.584	
→ Παρακολούθηση λειτουργίας επί 2 έτη	6.093	
→ Ενέργεια λειτουργίας επί 2 έτη	2.007	
→ Δειγματοληψία εδάφους επί 2 έτη	9.677	

Στον Πίνακα 5-36 παρουσιάζεται αναλυτικά το κόστος μιας πιλοτικής εφαρμογής και στη συνέχεια εγκατάστασης πλήρους κλίμακας συστήματος βιοαερισμού, σε πρώην περιοχή διεξαγωγής ασκήσεων πυρόσβεσης του Τέξας.

**Πίνακας 5-36:** Κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας πιλοτικού συστήματος βιοαερισμού και αναβάθμισης αυτού σε πλήρους κλίμακας στο Τέξας (Air Force Centre For Environmental Excellence, 1996).

Χαρακτηριστικά Πεδίου / Συστήματος	Τιμή
Βάθος υδροφόρου ορίζοντα	4,5 – 5,5m
<u>Πιλοτική Εφαρμογή</u>	
Γεωτρήσεις παρακολούθησης	4
Γεωτρήσεις διοχέτευσης αέρα	1
Ακτίνα επιρροής	15m
Χρόνος διεξαγωγής	1 έτος
Παροχή αέρα	~280L/min
<u>Επέκταση συστήματος</u>	
Όγκος προς επεξεργασία εδάφους	22.950m <sup>3</sup> (π.χ. 75x75x4)
Γεωτρήσεις διοχέτευσης αέρα	6
Εργασία	Κόστος (€)
Εγκρίσεις / σχέδια δράσης	3.584
Σχεδιασμός	6.451
Προμήθεια εξοπλισμού	2.509
Εγκατάσταση	44.800
Συντήρηση / παρακολούθηση επί 1 έτος	6.451
Αναφορές / λοιπά	18.637
<b>Συνολικό κόστος</b>	<b>82.432 €</b>
<b>Κόστος / m<sup>3</sup> εδάφους</b>	<b>3,6 € / m<sup>3</sup></b>

## Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.

### *Πλεονεκτήματα τεχνολογίας*

- Χρησιμοποιεί άμεσα παραδοτέο εξοπλισμό, ο οποίος είναι εύκολο να εγκατασταθεί.
- Απαιτεί ελάχιστο επιφανειακό χώρο για την εγκατάσταση του απαιτούμενου εξοπλισμού.
- Προκαλεί ελάχιστη παρέμβαση στο προς εξυγίανση πεδίο.
- Μπορεί να εφαρμοστεί και σε δύσκολα προβάσιμες περιοχές (π.χ. κάτω από κτίρια).
- Απαιτεί σχετικά μικρούς χρόνους εξυγίανσης (από 6 μήνες έως 2 χρόνια) υπό βέλτιστες συνθήκες.
- Συνδυάζεται εύκολα με άλλες τεχνολογίες αποκατάστασης εδάφους και υπογείων υδάτων (π.χ. τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα, air sparging, κα), παρέχοντας ολοκληρωμένη εξυγίανση.
- Παρουσιάζει λογικό κόστος αποκατάστασης (~30-140€/ton ρυπασμένου εδάφους).
- Υπό κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας δεν απαιτεί άντληση και επεξεργασία εδαφικού αέρα, μειώνοντας σημαντικά το αναγκαίο κόστος επένδυσης και λειτουργίας.

### *Μειονεκτήματα τεχνολογίας*

- Δεν είναι αποτελεσματική στην αποκατάσταση πολύ ρυπασμένων εδαφών, καθώς η μεγάλη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων αποδεικνύεται τοξική για τους μικροοργανισμούς και δεν είναι δυνατή η βιοπαοικοδόμησή τους.
- Δεν μπορεί να επιτύχει την επικράτηση πολύ υψηλών στόχων εξυγίανσης (δηλαδή ιδιαίτερα χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων).
- Πολλές φορές απαιτεί την προσθήκη θρεπτικών στοιχείων για την ενίσχυση της βιοαποδόμησης.
- Η μειωμένη παρουσία υγρασίας και οι χαμηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν άμεσα την απόδοσή της, καθώς είναι δυνατόν να περιορίσουν σημαντικά την βιοαποδόμηση των υφιστάμενων ρύπων.
- Δεν μπορεί να εφαρμοστεί για την εξυγίανση βαρέων μετάλλων και γενικότερα μη βιοαποικοδομήσιμων εδαφικών ρύπων.
- Η παρουσία ρηχού υδροφόρου ορίζοντα και/ ή η αυξημένη διακύμανσή του μπορεί να μειώσει σημαντικά την απόδοσή της.
- Ο εισαγόμενος αέρας μπορεί να προκαλέσει σταδιακά πρόβλημα συσσώρευσης ατμών στο έδαφος και να καταστεί αναγκαία η άντληση και η επεξεργασία τους.
- Η ύπαρξη ετερογένειας και χαμηλής διαπερατότητας στο έδαφος μπορεί να αποτρέψει τελείως την εφαρμογή της.
- Πριν την πλήρη εφαρμογή της σε ένα πεδίο απαιτείται η διεξαγωγή πιλοτικών τεστ.

### 5.2.1.2.3. Φυτοεξυγίανση (Phytoremediation)

Η φυτοεξυγίανση (phytoremediation) αποτελεί μια καινοτόμο in-situ τεχνολογία αποκατάστασης εδαφών, που περιλαμβάνει την απομάκρυνση, τη μεταφορά, τη σταθεροποίηση και την καταστροφή οργανικών και ανόργανων ρύπων με την χρήση φυτών.

Τη δεκαετία του 1980, η ανακάλυψη ορισμένων φυτών, τα οποία είχαν τη δυνατότητα να συσσωρεύουν υψηλά επίπεδα βαρέων μετάλλων, που ήταν ιδιαίτερα τοξικά σε άλλα, προώθησε την ιδέα της χρήσης των εν λόγω φυτών για την εξυγίανση εδαφών, αναπτύσσοντας την τεχνολογία της φυτοεξυγίανσης. Έκτοτε, η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει εφαρμοστεί επιτυχώς σε αρκετές περιπτώσεις, όχι μόνο ρυπασμένων εδαφών, αλλά και ιλύων, επιφανειακών και υπογείων υδάτων, ιζημάτων και αποβλήτων. Η φυτοεξυγίανση θεωρείται «πράσινη» τεχνολογία εξυγίανσης και εκφράζεται επίσης με τους όρους «βοτανοεξυγίανση» (botano-remediation), «αγροεξυγίανση» (agroremediation) και «βλαστική εξυγίανση» (vegetative remediation).

#### Βασική αρχή

Η βασική ιδέα της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης είναι η φύτευση κατάλληλων φυτών σε ρυπασμένα εδάφη, τα οποία δρουν ως υπέρ – συσσωρευτές (hyper accumulators), μεταφορείς ή αποδομητές των υφιστάμενων ρύπων. Με τον όρο υπερ-συσσωρευτές χαρακτηρίζονται τα φυτά, που είναι ικανά να συσσωρεύουν μέταλλα σε 100-πλάσια ποσότητα από ότι τα συνηθισμένα φυτά, χρησιμοποιώντας τα για την παραγωγή ενέργειας και την προστασία τους από ενδεχόμενους εισβολείς (π.χ. βακτήρια, μύκητες, κα.). Στον Πίνακα 5-37 παρουσιάζονται ορισμένα ενδεικτικά παραδείγματα υπερ-συσσωρευτών μετάλλων, καθώς και το δυναμικό βιοσυσσώρευσης, που παρουσιάζουν.

**Πίνακας 5-37:** Ενδεικτικά είδη υπερ-συσσωρευτών μετάλλων και το αντίστοιχο δυναμικό βιοσυσσώρευσής τους (Lasat M., 2000).

Είδος Φυτού	Μέταλλο	Περιεχόμενο στα Φύλλα (ppm)
<i>Thlaspi caerulescens</i>	Zn – Cd	36.900 – 1.800
<i>Ipomea alpina</i>	Cu	12.300
<i>Haumaniastrum robertii</i>	Co	10.200
<i>Astragalus racemosus</i>	Se	14.900
<i>Sebertia acuminata</i>	Ni	25% ξηρού βάρους

Οι μηχανισμοί, που μπορούν να επιστρατευτούν από τα φυτά κατά τη διάρκεια της φυτοεξυγίανσης, για την απομάκρυνση των υφιστάμενων ρύπων (Σχήμα 5-34 και 5-35), μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

1. Μηχανισμοί **αποδόμησης** (για την καταστροφή ή τον μετασχηματισμό οργανικών ρύπων)
  - Φυτοαποδόμηση (Phytodegradation) ή Φυτομετατροπή (Phytotransformation): πρόσληψη των ρύπων από το υπέδαφος και μεταβολισμός αυτών εντός του φυτού, στις ρίζες, στον κορμό ή στα φύλλα.

- Ριζοαποικοδόμηση (Phizodegradation) ή Φυτοδιέγερση (Phytostimulation) ή Φυτοβοηθητική βιοεξυγίανση (Plant-Assisted Bioremediation): ενίσχυση της βιοαποδόμησης των ρύπων του υπεδάφους στην περιοχή του ριζικού συστήματος του φυτού από τους υφιστάμενους μικροοργανισμούς.

2. Μηχανισμοί **συσσώρευσης** (για τον περιορισμό ή την απομάκρυνση οργανικών ή/ και ανόργανων ρύπων)

- Φυτοεκχύλιση (Phytoextraction) ή Φυτοσυσσώρευση (Phytoaccumulation) ή Φυτοαπορρόφηση (Phytoabsorption): πρόσληψη των ρύπων από το υπέδαφος και συσσώρευση αυτών εντός του φυτού, στις ρίζες, στον κορμό ή στα φύλλα.
- Ριζοδιήθηση (Rhizofiltration): προσρόφηση των ρύπων στις ρίζες του φυτού.

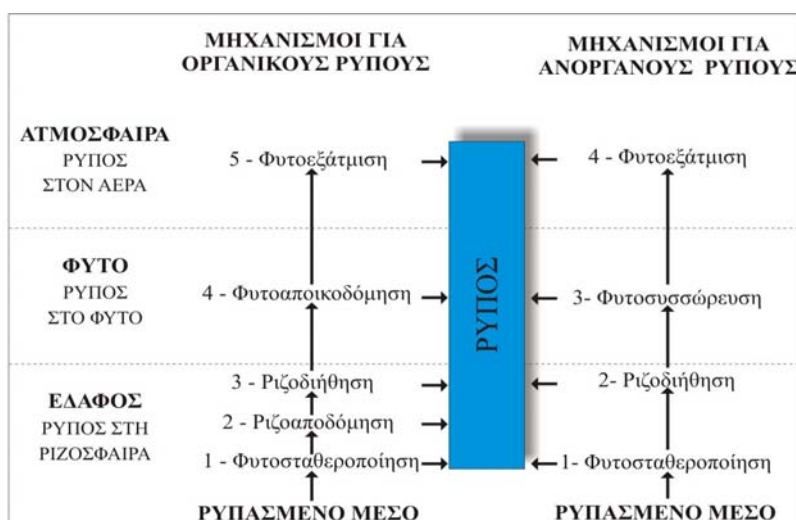
\* Με τους μηχανισμούς συσσώρευσης οι εδαφικοί ρύποι παραμένουν εντός της μάζας των φυτών. Αν οι εν λόγω ρύποι είναι μέταλλα, τα φυτά μπορούν στη συνέχεια να συλλεχθούν, να ξηραθούν και να εξευγενιστούν, με στόχο την ανάκτηση των μετάλλων. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως Φυτοεξόρυξη (Phytomining).

3. Μηχανισμοί **απομάκρυνσης** (για την μεταφορά οργανικών ή/ και ανόργανων ρύπων στην ατμόσφαιρα)

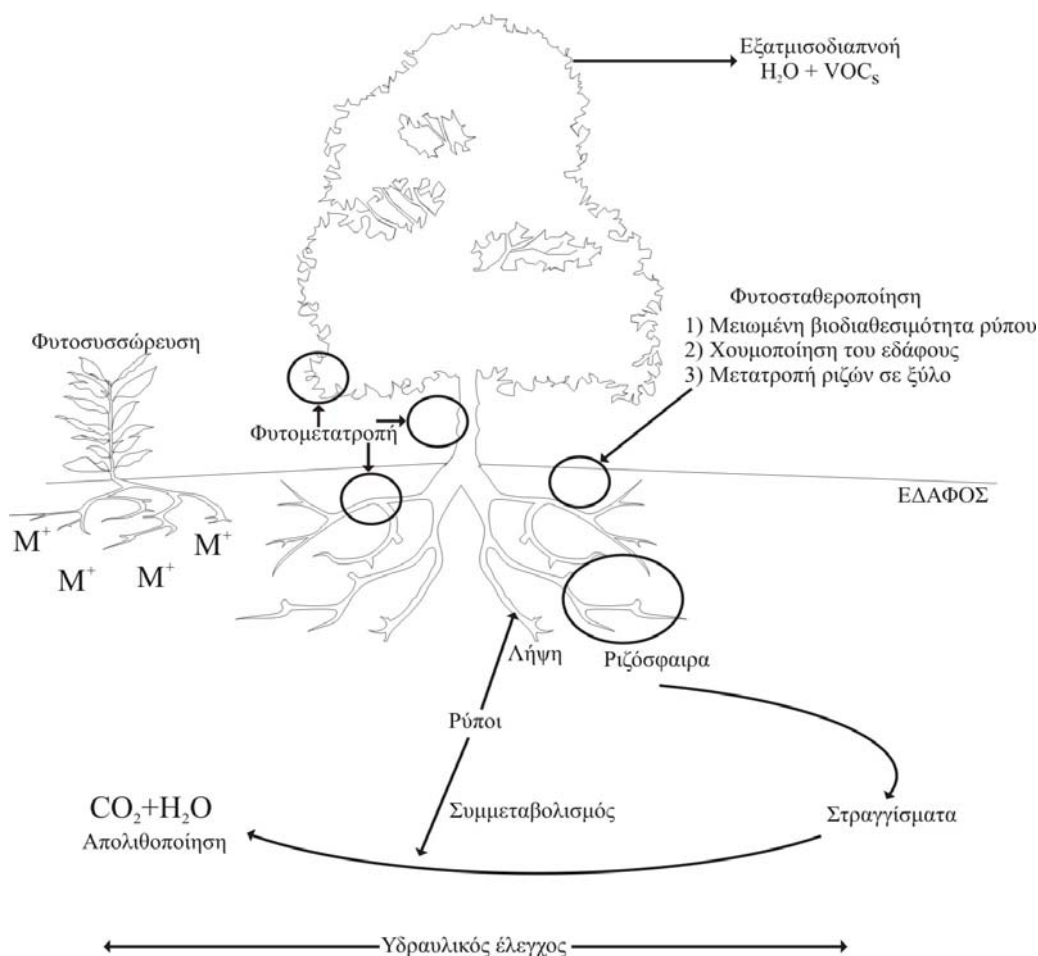
- Φυτοεξάτμιση (Phytovolatilization): πρόσληψη των ρύπων από το υπέδαφος, εξάτμιση αυτών και μεταφορά τους στην ατμόσφαιρα μέσω των φύλλων.

4. Μηχανισμοί **ακίνητοποίησης** (για τη σταθεροποίηση οργανικών ή/ και ανόργανων ρύπων)

- Φυτοσταθεροποίηση (Phytostabilization): ακίνητοποίηση / σταθεροποίηση των ρύπων εντός του υπεδάφους.
- Υδραυλικός έλεγχος (Hydraulic Control) ή Φυτοϋδραυλική (Phytohydraulics): έλεγχος της ροής των υπογείων υδάτων μέσω πρόσληψης νερού από το φυτό, η οποία μπορεί να φτάσει ακόμη και 1350L/day, ανάλογα πάντα με το είδος, το μέγεθος και την ηλικία του φυτού / δέντρου. Φυσικά, ο συγκεκριμένος μηχανισμός μπορεί να δραστηριοποιηθεί σε περίπτωση σχετικά ρηχών υδροφορέων.



**Σχήμα 5-34:** Μηχανισμοί μεταφοράς ρύπων από το υπέδαφος στο φυτό και από το φυτό στην ατμόσφαιρα κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης (Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005).



**Σχήμα 5-35:** Μηχανισμοί φυτοεξυγίανσης (Γιδάρακος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005).

Ποιος από τους προαναφερόμενους μηχανισμούς φυτοεξυγίανσης θα επικρατήσει σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή εξαρτάται από το είδος και τις ιδιότητες των υφιστάμενων ρύπων (π.χ. βιοαποδομησιμότητα, πτητικότητα, τάση προσρόφησης, υδροφοβία ή υδροφιλία, κα.), το χρησιμοποιούμενο φυτό (π.χ. είδος, μέγεθος, ηλικία), καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση εδάφους.

Σταδιακά, κάθε ένας από τους προαναφερόμενους μηχανισμούς θεωρήθηκε ως μια διαφορετική τεχνική εφαρμογής της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης, με συγκεκριμένη εφαρμοσιμότητα, απόδοση, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Στον Πίνακα 5-38 παρουσιάζεται η εφαρμοσιμότητα των κυριότερων προαναφερόμενων μηχανισμών στην αντιμετώπιση συγκεκριμένων ρύπων σε εδάφη και ύδατα.

Σε γενικές γραμμές, για να επιτευχθεί η πρόσληψη των ρύπων από τα φυτά θα πρέπει αυτοί να είναι διαλυμένοι στην υδατική φάση του εδάφους και όχι προσροφημένοι στα εδαφικά σωματίδια.

**Πίνακας 5-38:** Εφαρμοσιμότητα των διαθέσιμων τεχνικών φυτοεξυγίανσης για την αντιμετώπιση διαφόρων ρύπων σε εδάφη και ύδατα (EPA, 2001c).

Τεχνολογία Ρύπος	Φυτοεκχύλιση Έδαφος	Νερό	Ριζοδιήθηση Νερό	Φυτοσταθεροποίηση Έδαφος	Ριζοαποδόμηση Έδαφος	Φυτοαποδόμηση Έδαφος	Νερό	Φυτοεξάτμιση Έδαφος	Νερό
Χλωριωμένοι διαλύτες	T				F	G	F	T	T
Μέταλλα	F	F	F	F				T (Hg)	
Μεταλλοειδή	T	F (Se)		T				G	F (Se)
Εκρηκτικά					G	G	F		
Μη μέταλλα	T								
Θρεπτικά			F		G		F/F		
PAH					F				
PCB					T				
PCP				G	F				
Φυτοφάρμακα					F	F		T	
Πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες	T				F	F	F	T	
Ραδιονουκλίδια	G	F	F	G					
Απορρυπαντικά					T				

T → Η εφαρμογή είναι σε θεωρητικό στάδιο

G → Η εφαρμογή έχει εξεταστεί εργαστηριακά ή σε ειδικά θερμοκήπια.

F → Η εφαρμογή έχει εξεταστεί στο πεδίο, πιλοτικά ή σε πλήρη κλίμακα.

Μετά το τέλος ζωής των φυτών ή της δυνατότητας βιοσυσσώρευσης ρύπων, αυτά θα πρέπει πλέον να απομακρυνθούν από το πεδίο και να διαχειριστούν ως απόβλητα, ανάλογα πάντα με την περιεκτικότητά τους σε ρύπους, την τοξικότητά τους και γενικότερα την επικινδυνότητα, που παρουσιάζουν. Βάσει των εκάστοτε χαρακτηριστικών των «ρυπασμένων» φυτών (π.χ. όγκο, μάζα, περιεχόμενους ρύπους, κα.), μπορεί να επιλεγεί μια από τις ακόλουθες πρακτικές διαχείρισης:

- ηλιακή ξήρανση, θέρμανση και «στέγνωμα» με αέρα (air drying)
- κομποστοποίηση,
- συμπίεση,
- εκχύλιση,
- αποτέφρωση,
- διάθεση σε ειδικούς χώρους.

#### Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Όπως γίνεται αντιληπτό, ο αναγκαίος εξοπλισμός για την εφαρμογή της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης δεν είναι αξιοσημείωτος, καθώς αυτός περιορίζεται κυρίως στα εξής:

- φυτά,
- σύστημα άρδευσης των χρησιμοποιούμενων φυτών,
- εξοπλισμός περιποίησης / συντήρησης φυτών (π.χ. κλαδέματος)
- περίφραξη πεδίου.

Η παρακολούθηση του «συστήματος», που απαιτείται, για τον προσδιορισμό και την επιβεβαίωση της απόδοσης της τεχνολογίας μπορεί να περιλαμβάνει συνήθως όργανα δειγματοληψίας εδάφους και υπογείων υδάτων, μέσω γεωτρήσεων, με στόχο την ανάλυση αυτών και εξοπλισμό παρακολούθησης καιρικών συνθηκών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του υπεδάφους (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, pH, κα.).

Φυσικά, εάν πρόκειται να σχεδιαστεί ολοκληρωμένο «σύστημα» φυτοεξυγίανσης, υπό την έννοια ότι θα συμπεριλαμβάνεται και μια μονάδα μετέπειτα επεξεργασίας ή διάθεσης των «ρυπασμένων» φυτών, ο απαιτούμενος εξοπλισμός, όπως είναι λογικό, αυξάνεται, ανάλογα πάντα με την εφαρμοζόμενη πρακτική διαχείρισης.

#### Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Οι ενώσεις / ρύποι, που μπορούν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς από την τεχνολογία της φυτοεξυγίανσης, είναι πολλοί (οργανικοί και ανόργανοι) και με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Οι κυριότεροι εξ' αυτών είναι οι εξής:

- βαρέα μέταλλα (Cd, CrVI, Pb, Co, Cu, Pb, Ni, Se, Zn),
- ραδιενεργά στοιχεία (Cs, Sr, Ur),
- χλωριωμένοι διαλύτες (TCE, PCE),
- πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες (BTX),
- πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs),
- πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs),
- χλωριωμένα φυτοφάρμακα,
- οργανοφωσφορικά ζιζανιοκτόνα (π.χ. παραθείο),
- εκρηκτικά (TNT, DNT, TNB, RDX, HMX),
- θρεπτικά (άζωτο, αμμωνία, φώσφορος).

Φυσικά, οι ποσότητες / συγκεντρώσεις, που μπορούν να αντιμετωπιστούν από κάθε έναν από τους προαναφερόμενους ρύπους, είναι διαφορετικές, δεδομένου ότι έκαστος παρουσιάζει διαφορετική τοξικότητα και ως εκ τούτου τα χρησιμοποιούμενα φυτά παρουσιάζουν αναλόγως διαφορετική «ανοχή» σε αυτούς. Με τον όρο «ανοχή» εννοείται αφενός η ανεμπόδιστη ή τουλάχιστον η ικανοποιητική ανάπτυξη των φυτών και αφετέρου η ικανότητα πρόσληψης ή μετατροπής των ρύπων από αυτά.

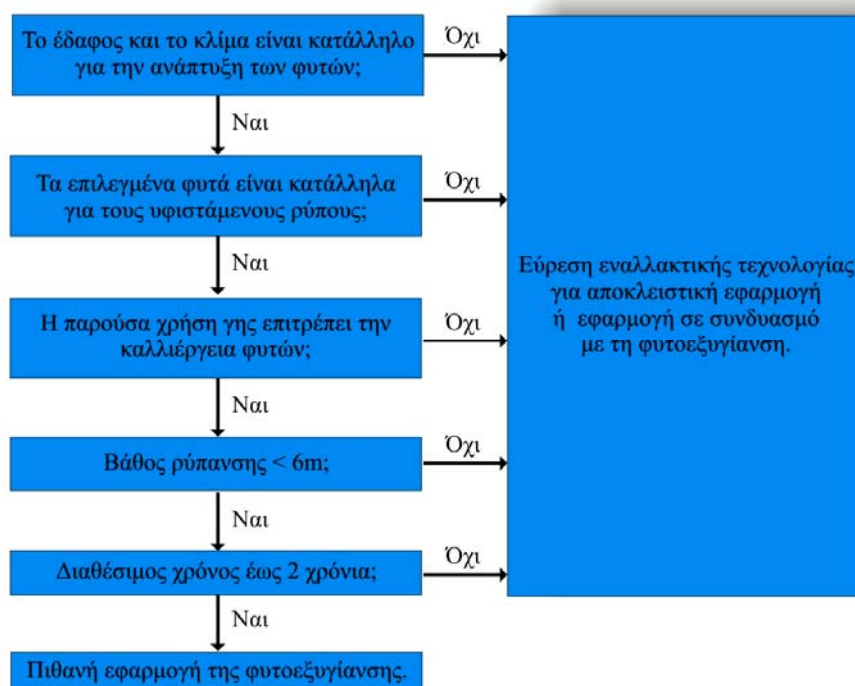
Στον Πίνακα 5-39 παρουσιάζονται διάφορες εφαρμογές της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης παγκοσμίως για την απομάκρυνση διαφορετικών ρύπων και οι αντίστοιχες αποδόσεις αυτών.

#### Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

Για την εκτίμηση της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητας της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης για την αποκατάσταση ενός δεδομένου πεδίου, ακολουθείται σε γενικές γραμμές η διαδικασία, που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-36. Πιο αναλυτικά, τα επιμέρους στάδια αξιολόγησης και εφαρμογής της εν λόγω τεχνολογίας, είναι τα ακόλουθα:

Πίνακας 5-39: Εφαρμογές της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης (Schnoor J., 1997).

Τοποθεσία	Εφαρμογή	Φυτά	Ρύποι	Απόδοση
Chernobyl, Ukraine	Ριζοδιήθηση σε λίμνη κοντά σε περιοχή πυρηνικού ατυχήματος	Sunflowers Helianthus annuus	137 Cs, 90Sr	90% μείωση σε 2 εβδομάδες
Ashtabula, OH	Επίδειξη ριζοδιήθησης	Sunflowers Helianthus annuus	U	95% απομάκρυνση σε 24 ώρες από 350 ppb σε < 5 ppb
Trenton, NJ	Επίδειξη φυτοεκχύλισης σε χώρο 200 ft x 300 ft	Indian mustard Brassica juncea	Pb	μείωση Pb σε συγκέντρωση κάτω από την οριακή
Rocky Flats, CO	Ριζοδιήθηση στραγγισμάτων ΧΥΤΑ	Sunflowers and mustard	U και νιτρικά Pb, Zn, Cd. > 20,000 ppm for Pb και Zn	50% μείωση μετά επό 3 χρόνια.
Dearing, KS	Φυτοσταθεροποίηση σε έκταση παλαιού χυτηρίου	Poplars Populus spp.	As, Cd	Δυσμενής καιρός και αυξημένη τοξικότητα σκότωσαν τα φυτά
Whitewood Cr., SD	Επίδειξη φυτοσταθεροποίησης σε απόβλητα ορυχείου	Poplars Populus spp.	Zn, Cd	Η λήψη του ρύπου από το φυτό είναι άμεση, αλλά η όλη απορρύπανση του εδάφους είναι δύσκολη
Pennsylvania	Φυτοεκχύλιση σε πιλοτική εφαρμογή	Thlaspi caerulescens	Se	Ο ρύπος εν μέρει προσροφάται και εν μέρει εξατμίζεται, αλλά η όλη απορρύπανση του εδάφους είναι δύσκολη
San Francisco, CA	Φυτοεξάτμιση αποβλήτων διυλιστηρίου και αγροτικών εδαφών	Brassica sp.	TCE, PCA (1,1,2,2-τετραχλωροϊθάνιο)	Εφαρμογή επιδείξεως για έναν χρόνο
Aberdeen, MD J-field site	Φυτομετασχηματισμός	Hybrid poplars Populus spp.	TCE	Μόνο στο δεύτερο έτος
Carswell AFB Ft. Worth, TX	Φυτομετασχηματισμός	Hybrid poplars Populus spp.	TNT, RDX	> 90% απομάκρυνση
Milan, TN	Φυτομετασχηματισμός σε υγροβιότοπο με στρατιωτικά απόβλητα	Elodeia Bullrush Canary Grass		
Middletown, IA	Φυτομετασχηματισμός σε υγροβιότοπο	Pondweed Coontail Arrowroot Hybrid poplars	TNT, RDX	
Ogden, UT	Φυτομετασχηματισμός για πετροχημικά απόβλητα	Hybrid Poplar	BTEX, TPH	Μόνο στο δεύτερο έτος
Portland, OR	Φυτομετασχηματισμός για συντηρητικά ξύλου	Hybrid Poplar	PCP, PAH	Μόνο στο δεύτερο έτος
Martell, IA	Φυτομετασχηματισμός για αγροτικά απόβλητα	Hybrid Poplar	ατραζίνη, νιτρικά	90% μείωση στα υπόγεια ύδατα για τα νιτρικά, μείωση της ατραζίνης
Clarence, IA				
Amana, IA				



**Σχήμα 5-36:** Βήματα εξέτασης της εφαρμοσιμότητας της φυτοεξυγίανσης σε ένα δεδομένο ρυπασμένο πεδίο (Naval Facilities Engineering Center, 1998a).

1. Προσδιορισμός του προβλήματος ρύπανσης
  - Χαρακτηρισμός του πεδίου
  - Προσδιορισμός ρυπασμένου μέσου και υφιστάμενων ρύπων
  - Προσδιορισμός των επιτρεπτών νομοθετικών ορίων
  - Προσδιορισμός των επιθυμητών στόχων εξυγίανσης
  - Καθορισμός κριτηρίων εκτίμησης της απόδοσης της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης
2. Αξιολόγηση του πεδίου
  - Χαρακτηρισμός του πεδίου ως προς τις προϋποθέσεις εφαρμογής της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης (π.χ. βάθος ρύπανσης, επικράτηση ευνοϊκών γεωχημικών συνθηκών, κα.)
  - Επιλογή της επιθυμητής τεχνικής φυτοεξυγίανσης, που αναμένεται να έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα αποκατάστασης
  - Συλλογή όλων των διαθέσιμων στοιχείων εφαρμογής και απόδοσης της επιλεχθείσας τεχνικής φυτοεξυγίανσης
  - Προσδιορισμός κατάλληλων φυτών
3. Εκπόνηση προκαταρκτικών μελετών και λήψη αποφάσεων
  - Διεξαγωγή μελετών / εργαστηριακών πειραμάτων προσδιορισμού της αναμενόμενης απόδοσης
  - Βελτιστοποίηση των συνθηκών εφαρμογής της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης
  - Διεξαγωγή δοκιμών πιλοτικής κλίμακας στο προς εξυγίανση πεδίο

- Αναθεώρηση της επιλεχθείσας τεχνικής φυτοεξυγίανσης, εφόσον κριθεί αναγκαίο από τα προκύπτοντα αποτελέσματα των παραπάνω μελετών / πειραμάτων / δοκιμών
  - Αναθεώρηση του επιλεχθέντος φυτού, εφόσον κριθεί αναγκαίο από τα προκύπτοντα αποτελέσματα των παραπάνω μελετών / πειραμάτων / δοκιμών
4. Εφαρμογή της τεχνολογίας σε πλήρη κλίμακα
- Σχεδιασμός «συστήματος»
  - Κατασκευή «συστήματος»
  - Συντήρηση και λειτουργία «συστήματος»
  - Αξιολόγηση και πιθανές μετατροπές του «συστήματος»
  - Εκτίμηση της απόδοσης της τεχνολογίας
5. Εκτίμηση της επίτευξης των αρχικών στόχων
- Διεξαγωγή ποσοτικών μετρήσεων
  - Εξέταση κριτηρίων εκτίμησης της απόδοσης της τεχνολογίας

Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στα εξής:

- Επιλογή κατάλληλου φυτού: είναι το πλέον καθοριστικό βήμα για την επιτυχία της όλης τεχνολογίας και θα πρέπει να βασίζεται στις ακόλουθες σημαντικές παραμέτρους:
  - την εγγένεια – συμβατότητα του επιλεχθέντος φυτού με το προς εξυγίανση πεδίο (γενικά προτιμάται η χρήση τοπικών φυτών με στόχο την όσο το δυνατόν ελάχιστη διατάραξη του φυσικού οικοσυστήματος της περιοχής),
  - τα χαρακτηριστικά του επιλεχθέντος φυτού (αν πρόκειται για υπερ-συσσωρευτή θα παρουσιάζει μικρούς ρυθμούς ανάπτυξης και θα έχει μικρό μέγεθος, ενώ αν πρόκειται για απλό φυτό θα έχει μικρότερη δυνατότητα συσσώρευσης ρύπων – μετάλλων),
  - τα χαρακτηριστικά του εδάφους και της ρύπανσης (αν πρόκειται για βαθιά ρύπανση, απαιτείται η χρήση φυτών με μεγάλες ρίζες, ενώ σε αντίθετη περίπτωση είναι δυνατή η χρήση φυτών με μικρές ρίζες).
- Διεξαγωγή εργαστηριακών και πιλοτικών δοκιμών: είναι αναγκαία προκειμένου να επιβεβαιωθεί η καταλληλότητα των επιλεχθέντων φυτών και γενικότερα η αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης στο εκάστοτε προς εξυγίανση πεδίο. Επίσης, μέσω των συγκεκριμένων δοκιμών προσδιορίζονται οι βέλτιστες συνθήκες εφαρμογής της και ορισμένες σημαντικές σχεδιαστικές παράμετροι, όπως π.χ. η λαμβανόμενη ποσότητα ρύπου ανά φυτό και κατ' επέκταση ο απαιτούμενος αριθμός φυτών, κα.. Στον Πίνακα 5-40 παρουσιάζονται οι κυριότερες βασικές και προαιρετικές παράμετροι, που προσδιορίζονται με τη διεξαγωγή των εν λόγω δοκιμών, ενώ στον Πίνακα 5-41 αναφέρονται οι αναγκαίες πληροφορίες, που πρέπει να είναι διαθέσιμες, για τη διεξαγωγή αυτών.

**Πίνακας 5-40:** Μελετούμενες παράμετροι κατά τη διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών φυτοεξυγίανσης (EPA, 2001c).

Βασικές Παράμετροι	Προαιρετικές Παράμετροι
Μείωση ρύπου	Διαφορετικά εδάφη στο πεδίο
Φυτοτοξικότητα υφιστάμενων ρύπων	Διαφορετικοί ρύποι στο πεδίο
Ανάπτυξη φυτού στο πεδίο (είδος εδάφους, θρεπτικά, θερμοκρασία, φωτισμός)	Αισθητική τοπίου
Ρυθμός εξυγίανσης	Βελτιώσεις εδάφους
Βαθμός εξυγίανσης	Μικροβιακή ανάπτυξη
	Χρήση φυτοφαρμάκων
	Τελική διάθεση / επεξεργασία φυτών

**Πίνακας 5-41:** Αναγκαίες πληροφορίες για τη διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών φυτοεξυγίανσης (EPA, 2001c).

Είδος και συγκέντρωση υφιστάμενων ρύπων
pH
Μέση και ακρότατη θερμοκρασία
Συγκέντρωση θρεπτικών (P,K,N) και οργανικών συστατικών
Μέση μηνιαία βροχόπτωση
Ηλιοφάνεια
Σχετική υγρασία
Επικρατούσα διεύθυνση και ένταση ανέμων

- Πυκνότητα φύτευσης: παίζει αρκετά σημαντικό ρόλο στην απόδοση της φυτοεξυγίανσης, επηρεάζοντας την απομάκρυνση του εκάστοτε ρύπου ανά φυτό και ανά στρέμμα. Γενικά, έχει αποδειχθεί ότι μεγάλη πυκνότητα φυτών ελαχιστοποιεί την πρόσληψη ρύπου ανά φυτό και μεγιστοποιεί την απομάκρυνση ρύπου ανά στρέμμα. Φυσικά, η πυκνότητα των χρησιμοποιούμενων φυτών επηρεάζει και άλλες εξίσου σημαντικές παραμέτρους, όπως την δυνατότητα πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά, την ανάπτυξη των ριζών τους και γενικότερα την επιβίωσή τους, καθιστώντας αναγκαία την προσεκτική μελέτη της τελικής χωροθέτησής τους.
- Απαιτούμενη λίπανση: όπως κάθε είδους καλλιέργεια, έτσι και στην περίπτωση της φυτοεξυγίανσης, τα χρησιμοποιούμενα φυτά θα πρέπει να φροντίζονται κατάλληλα, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ανάπτυξη και η εξυγιαντική δράση τους. Η παροχή βασικών θρεπτικών στοιχείων, όπως αζώτου και φωσφόρου, θεωρείται μεν αναγκαία, αλλά παράλληλα θα πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά, καθώς όπως έχει αποδειχθεί η παρουσία αυτών των στοιχείων μπορεί να επηρεάσει τη δυνατότητα εξυγίανσης του εδάφους από τα φυτά, μεταβάλλοντας τα χημικά χαρακτηριστικά του (π.χ. το pH και κατ' επέκταση τη διαλυτότητα των μετάλλων στο έδαφος, κα).
- Απαιτούμενη άρδευση και συντήρηση: η αναγκαία ποσότητα νερού για την ανάπτυξη και την διαβίωση των επιλεγμένων φυτών ενός «συστήματος» φυτοεξυγίανσης πρέπει να προσδιοριστεί με πολύ προσοχή, καθώς παίζει ιδιαίτερα καθοριστικό ρόλο στην απόδοσή του. Το παρεχόμενο νερό πρέπει να είναι αρκετό για να διατηρεί την απαιτούμενη υγρασία του εδάφους και να αναπληρώνει τις απώλειες νερού, λόγω εξάτμισης και αναπνοής των φυτών. Σε περίπτωση όμως που πραγματοποιηθεί υπερβολική παροχή νερού, είναι δυνατόν να παρατηρηθεί σημαντικός περιορισμός της ανάπτυξης των ριζών, της απομάκρυνσης των εδαφικών

ρύπων, καθώς επίσης και αύξηση του συνολικού κόστους. Όσον αφορά στη συντήρηση των χρησιμοποιούμενων φυτών, αυτή περιλαμβάνει κυρίως την προστασία τους από ζιζάνια ή άλλα φυτά (αγριόχορτα), που είναι δυνατόν να περιορίσουν την ανάπτυξή τους και την απόδοσή τους. Επίσης, στα πλαίσια της συντήρησης των φυτών περιλαμβάνονται εργασίες, όπως κλάδεμα, θέρισμα, αντικατάσταση και συγκομιδή.

- Ανάγκη εναλλαγής καλλιεργειών: όπως έχει αποδειχθεί από την επιστήμη της γεωπονίας, η καλλιέργεια ενός συγκεκριμένου είδους φυτού στο ίδιο πεδίο επί μεγάλο χρονικό διάστημα (π.χ. 2 – 3 χρόνια) σταδιακά καθίσταται αναποτελεσματική, λόγω της εξάπλωσης των υφιστάμενων ζιζανίων και αγριόχορτων, τα οποία αποκτούν «ανοσία» στις χρησιμοποιούμενες ουσίες καταπολέμησής τους, καθώς επίσης και λόγω της σημαντικής μείωσης των απαιτούμενων για την ανάπτυξη των φυτών συστατικών του εδάφους. Κατ’ αντιστοιχία, στην περίπτωση εφαρμογής της φυτοεξυγίανσης (η οποία έχει αποδειχθεί να απαιτεί διαστήματα εξυγίανσης μεγαλύτερα από 2 – 3 χρόνια) κρίνεται αναγκαία η χρήση διαφορετικών ειδών φυτών ανά χρονιά, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η συνολική απόδοση της τεχνολογίας.

- Διαχείριση παραγόμενων «αποβλήτων»: τα παραγόμενα απόβλητα της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών είναι τα ίδια τα φυτά, τα οποία έχουν δεσμεύσει μέσα τους μεγάλες ποσότητες ρύπων. Η ανάγκη συλλογής και ειδικής επεξεργασίας τους θεωρείται σχεδόν πάντα αδιαμφισβήτητη. Προς αυτήν την κατεύθυνση, εξετάζονται διάφορες τεχνολογίες επεξεργασίας και διάθεσης, μεταξύ των οποίων ξεχωρίζουν η αποτέφρωση, η διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής επικινδύνων αποβλήτων ή ακόμη και η κατάλληλη επεξεργασία με στόχο την ανάκτηση των περιεχόμενων μετάλλων.

#### Χρόνος Εφαρμογής

Ο απαιτούμενος χρόνος για την εξυγίανση ενός πεδίου με εφαρμογή της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης καθορίζεται άμεσα από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- τον τύπο και τον αριθμό των φυτών, που χρησιμοποιούνται,
- το είδος και την ποσότητα των υφιστάμενων ρύπων,
- την έκταση και το βάθος της προς επεξεργασία περιοχής,
- τον τύπο και τα χαρακτηριστικά του εδάφους,
- τις κλιματικές συνθήκες, που επικρατούν.

Όπως είναι φυσικό, οι προαναφερόμενες παράμετροι ποικίλουν από πεδίο σε πεδίο, με αποτέλεσμα ο απαιτούμενος χρόνος εφαρμογής της τεχνολογίας για την επίτευξη των αντίστοιχων στόχων εξυγίανσης να διαφέρει σημαντικά. Σε γενικές γραμμές, η τεχνολογία της φυτοεξυγίανσης θεωρείται σχετικά αργή, καθώς συνήθως απαιτεί την πάροδο 1 έως και 15 ετών, ανάλογα με την εκάστοτε περίπτωση.

Παρακολούθηση Συστημάτων

Η παρακολούθηση των «συστημάτων» φυτοεξυγίανσης κυρίως επικεντρώνεται στις παραμέτρους, που καθορίζουν ή εκφράζουν την ανάπτυξη των χρησιμοποιούμενων φυτών (π.χ. υγρασία εδάφους, θερμοκρασία, κα.), όπως σε οποιαδήποτε κοινή καλλιέργεια και την απόδοση αυτών στην απομάκρυνση των υφιστάμενων ρύπων. Η απόδοση προσδιορίζεται μέσω της δειγματοληψίας και της ανάλυσης δειγμάτων εδάφους, υπογείων υδάτων και φυτών, ως προς τη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων.

Ο Πίνακας 5-42 συνοψίζει τις βασικότερες παραμέτρους, που πρέπει να βρίσκονται υπό παρακολούθηση κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης και ο λόγος παρακολούθησης αυτών.

**Πίνακας 5-42:** Παράμετροι προς παρακολούθηση και αντίστοιχη αναγκαιότητα (EPA, 2001c).

Παράμετρος	Λόγος παρακολούθησης
<b>Κλιματολογικά Δεδομένα</b>	
Θερμοκρασία	Ανάγκη συντήρησης (πότισμα)
Βροχόπτωση	
Σχετική υγρασία	
Ηλιοφάνεια	
Διεύθυνση και ένταση ανέμων	
<b>Φυτά</b>	
«Οπτικά» χαρακτηριστικά (ζωτικότητα, σημάδια υποανάπτυξης, ζημιές από έντομα ή ζώα, κα.)	Συντήρηση (αντικατάσταση φυτών, λίπανση, χρήση φυτοφαρμάκων, κτλ) Ποσοτικοποίηση ρύπων και παραπροϊόντων τους Ποσοτικοποίηση / πρόβλεψη λειτουργίας «συστήματος»
Σύσταση (ρίζες, φύλλα, κτλ.)	
Αέρια αναπνοής	
Ρυθμός αναπνοής	
Πυκνότητα ριζών	
<b>Έδαφος</b>	
Γεωχημικές παράμετροι (pH, θρεπτικά συστατικά, υγρασία, οξυγόνο, κα.)	Βελτιστοποίηση ανάπτυξης φυτού και μικροβιακού φορτίου Εκτίμηση ισοζυγίου νερού και ρυθμού εξατμισοδιαπνοής Ποσοτικοποίηση / πρόβλεψη λειτουργίας «συστήματος» Ποσοτικοποίηση ρύπων και παραπροϊόντων τους
Μικροβιακός πληθυσμός	
Επίπεδα ρύπων και παραπροϊόντων τους	
<b>Υπόγειο Νερό</b>	
Χαρακτηριστικά υδροφορέα (διεύθυνση και ταχύτητα ροής, στάθμη Υ.Ο.)	Ποσοτικοποίηση ρύπων και παραπροϊόντων τους Ποσοτικοποίηση / πρόβλεψη λειτουργίας «συστήματος»
Επίπεδα ρύπων και παραπροϊόντων τους	

Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Το συνολικό κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης αναλύεται στα ακόλουθα επιμέρους κόστη:

- Κόστος σχεδιασμού
  - χαρακτηρισμός πεδίου
  - εκπόνηση σχεδίου εργασίας και προετοιμασία αναφορών
  - διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών
- Κόστος «εγκατάστασης»
  - προετοιμασία πεδίου

- απομάκρυνση πιθανών εγκαταστάσεων
- απομάκρυνση μπαζών
- προετοιμασία εδάφους
  - έλεγχος pH → φυσική επεξεργασία
  - χρήση χηλικών αντιδραστηρίων (chelating agents)
  - στράγγιση
- εγκατάσταση αναγκαίας υποδομής
  - σύστημα άρδευσης
  - περίφραξη
- φύτευση
  - εργασία
  - τοποθέτηση σπόρων / φυτών
  - λήψη προστατευτικών μέτρων
- Λειτουργικό Κόστος
  - συντήρηση
    - πότισμα → χρήση φυτοφαρμάκων
    - λίπανση → χρήση χηλικών αντιδραστηρίων
    - έλεγχος pH → επαναφύτευση / αντικατάσταση φυτών
    - στράγγιση → έλεγχος / συντήρηση περίφραξης
  - παρακολούθηση
    - θρεπτικά εδάφους → συγκέντρωση θρεπτικών στα φυτά
    - pH → συγκέντρωση ρύπων στα φυτά
    - υγρασία → κατάσταση φυτών
    - παρακολούθηση του αέρα γύρω από τα φυτά (για εκπομπές αερίων)
    - παρακολούθηση καιρικών συνθηκών

Βάσει όλων των προαναφερόμενων στοιχείων, που συμβάλουν στη διαμόρφωση του τελικού κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας της φυτοεξυγίανσης, έχουν γίνει πολλές εκτιμήσεις. Ενδεικτικά αναφέρονται τα ακόλουθα κόστη εφαρμογών της φυτοεξυγίανσης, που είναι διαθέσιμα στη βιβλιογραφία:

- απομάκρυνση πετρελαϊκών ρύπων από το έδαφος μέσω ριζοαποδόμησης:
  - πιλοτική κλίμακα: 115 €/tn
  - πλήρης κλίμακα: 9,5 €/tn
- απομάκρυνση μολύβδου από το έδαφος: 7 €/tn
- απομάκρυνση εκρηκτικών (TNT, RDX, HMX) από υδροφορέα:
  - πλήρης κλίμακα: 0,33 €/ 1000L
- απομάκρυνση ραδιενεργών στοιχείων από υδροφορέα: 0,38–1,14€/ 1000L

Στον Πίνακα 5-43 πραγματοποιείται σύγκριση του κόστους πενταετούς εφαρμογής της

φυτοεξυγίανσης με χρήση λεύκων και της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας υπόγειου νερού με εφαρμογή αντίστροφης ώσμωσης, για το ίδιο πεδίο.

**Πίνακας 5-43:** Σύγκριση κόστους εφαρμογής φυτοεξυγίανσης και άντλησης και επεξεργασίας για την εξυγίανση υπογείων υδάτων (Schnoor J., 1997).

<b>Φυτομετατροπή</b>	
Σχεδιασμός και εφαρμογή	35.840 €
<i>Εξοπλισμός παρακολούθησης</i>	
Προμήθεια	7.168 €
Εγκατάσταση	7.168 €
Αντικατάσταση	3.584 €
<i>5-ετής παρακολούθηση</i>	
Μετακινήσεις και διοίκηση	35.840 €
Συλλογή στοιχείων	35.840 €
Αναφορές	17.920 €
Ανάλυση δειγμάτων	35.840 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>179.200 €</b>
<b>Άντληση και επεξεργασία (3 γεωτρήσεις και εφαρμογή αντίστροφης ώσμωσης)</b>	
Εξοπλισμός	71.680 €
Συμβουλευτικά έξοδα	17.920 €
Εγκατάσταση / κατασκευή	71.680 €
<i>5-ετής παρακολούθηση</i>	
Συντήρηση	75.264 €
Λειτουργία (ηλεκτρισμός)	35.840 €
Διάθεση αποβλήτων	200.704 €
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>473.088 €</b>

Στο Πίνακα 5-44 παρουσιάζεται το σημαντικά μειωμένο κόστος εφαρμογής της ριζοαποδόμησης με χρήση γρασιδιού, σε σχέση με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης για ένα δεδομένο πεδίο.

**Πίνακας 5-44:** Σύγκριση κόστους εφαρμογής φυτοεξυγίανσης και άλλων τεχνολογιών εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών (Schnoor J., 1997).

<b>Τεχνολογία</b>	<b>Κόστος (€/tn)</b>
Φυτοεξυγίανση	7 – 25
Βιοαποδόμηση (in-situ)	36 – 108
Βιοαερισμός	14 – 158
Εδαφική πλύση	57 – 143
Σταθεροποίηση/ στερεοποίηση	172 – 244
Αποτέφρωση	143 – 1.075

#### Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.

##### Πλεονεκτήματα τεχνολογίας

- Συνήθως εφαρμόζεται in-situ, χωρίς να απαιτείται η εκσκαφή του προς επεξεργασία εδάφους, αλλά μπορεί να εφαρμοστεί και ex situ αν αυτό κριθεί επιβεβλημένο.
- Είναι περιβαλλοντικά φιλική, καθώς δεν παράγει σημαντικά απόβλητα και είναι αισθητικά ευχάριστη.

- Επιτρέπει την ανάκτηση ορισμένων ρύπων (π.χ. μετάλλων), μετά την απομάκρυνσή τους από το έδαφος.
- Επιτρέπει τη μετέπειτα χρήση του εξυγιασμένου εδάφους, δεδομένου ότι δεν μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του (όπως π.χ. σταθεροποίηση – στερεοποίηση ή χημική έκπλυση).
- Μπορεί να παρουσιάσει σχετικά γρήγορους χρόνους αποκατάστασης, ανάλογα πάντα με το είδος και τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων φυτών, το είδος και την ποσότητα των υφιστάμενων ρύπων, την έκταση του ρυπασμένου εδάφους, καθώς επίσης και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του.
- Είναι αποτελεσματική στην αντιμετώπιση μεγάλης ποικιλίας ρύπων.
- Παρουσιάζει χαμηλό κόστος εφαρμογής και δεν απαιτεί τη χρήση εξοπλισμού ή την κατανάλωση ενέργειας.
- Μπορεί να επιτύχει σημαντικά ποσοστά εξυγίανσης σε μεγάλα προς επεξεργασία πεδία, όπου άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης ενδεχομένως να μην είναι οικονομικά εφικτό να εφαρμοστούν.
- Αποτρέπει την εξάπλωση των υφιστάμενων ρύπων, προστατεύοντας παράλληλα το έδαφος από τον άνεμο, τη βροχή και γενικότερα τη διάβρωση.
- Μπορεί να συνδυαστεί με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης.

#### Μειονεκτήματα τεχνολογίας

- Το βάθος της ζώνης επεξεργασίας είναι περιορισμένο (ουσιαστικά ταυτίζεται με τη ζώνη εδαφικού ύδατος), με αποτέλεσμα η εφαρμογή της να είναι αποτελεσματική μόνο σε επιφανειακά ρυπασμένα εδάφη και ρηχούς υδροφορείς.
- Υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων στο έδαφος είναι δυνατόν να έχουν τοξική επίδραση στα χρησιμοποιούμενα φυτά, καθιστώντας αδύνατη την εφαρμογή της.
- Η απόδοσή της εξαρτάται κατά ένα πολύ σημαντικό βαθμό από τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες.
- Συνήθως απαιτεί μεγάλη έκταση γης (τουλάχιστον ίση με την ρυπασμένη περιοχή).
- Συνήθως παρουσιάζει μεγάλο χρόνο εξυγίανσης (μερικά έτη).
- Δεν είναι αποτελεσματική στην απομάκρυνση προσροφημένων στα εδαφικά σωματίδια ρύπων.
- Είναι δυνατόν να προκαλέσει μεταφορά ρύπων από ένα περιβαλλοντικό μέσο σε κάποιο άλλο (π.χ. από το έδαφος στον αέρα).
- Εμπεριέχει κίνδυνο αρνητικής επίδρασης στην τροφική αλυσίδα, στην περίπτωση που τα χρησιμοποιούμενα φυτά αποτελέσουν τροφή ανώτερων οργανισμών.
- Το κόστος της είναι δυνατόν να αυξηθεί, λόγω της ανάγκης ειδικής επεξεργασίας και διάθεσης των χρησιμοποιούμενων φυτών.
- Δεν μπορεί να επιφέρει άμεσα αποτελέσματα εξυγίανσης, δεδομένου ότι απαιτείται η διέλευση ενός εύλογου χρονικού διαστήματος για την ανάπτυξη και την προσαρμογή των φυτών στο προς επεξεργασία πεδίο.

### 5.2.1.3. Θερμικές

Σε γενικές γραμμές, η θερμική επεξεργασία ρυπασμένων εδαφών βασικό στόχο έχει την καταστροφή οργανικών κυρίως ρύπων και τη μετατροπή τους σε διοξείδιο του άνθρακα, υδρατμούς και ανόργανα τελικά προϊόντα. Ανάλογα με την αναπτυσσόμενη θερμοκρασία, επιτυγχάνεται διαφορετικό ποσοστό καταστροφής των υφιστάμενων ρύπων και έκλυση απαερίων διαφορετικής σύστασης. Πολλές φορές είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί θερμότητα όχι για την καταστροφή των εδαφικών ρύπων, αλλά για την εξάτμισή τους και τον φυσικό διαχωρισμό τους από το έδαφος.

Αν και η θερμική επεξεργασία ρυπασμένων εδαφών μπορεί να πραγματοποιηθεί και *in-situ* και *ex-situ*, ως επί τω πλείστων εφαρμόζονται *ex-situ* τεχνολογίες, από τις οποίες οι βασικότερες είναι η αποτέφρωση, η πυρόλυση και η θερμική εκρόφηση.

Στις επόμενες παραγράφους, παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των πλέον διαδεδομένων τεχνολογιών θερμικής επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών, οι οποίες γενικά θεωρούνται ακριβές και ως εκ τούτου η χρήση τους δεν είναι ιδιαίτερα δημοφιλής (τουλάχιστον σε σχέση με άλλες τεχνολογίες επεξεργασίας).

#### 5.2.1.3.1. In-Situ

Η *in-situ* θερμική επεξεργασία περιλαμβάνει την θέρμανση του προς εξυγίανση εδάφους, είτε σε ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες ( $1.600 - 2.000^{\circ}\text{C}$ ), με στόχο την τήξη του εδάφους και την καταστροφή των υφιστάμενων ρύπων (π.χ. *in-situ* υαλοποίηση), είτε σε χαμηλότερες θερμοκρασίες ( $90 - 560^{\circ}\text{C}$ ), με στόχο την ενίσχυση της εξάτμισης των πτητικών ρύπων. Στη δεύτερη περίπτωση η θερμική επεξεργασία συνδυάζεται με συστήματα άντλησης του εδαφικού αέρα, ο οποίος έχει εμπλουτιστεί σε πτητικούς ρύπους, που έχουν εξατμιστεί λόγω αυξημένης θερμοκρασίας.

Η θέρμανση του εδάφους μπορεί να πραγματοποιηθεί με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

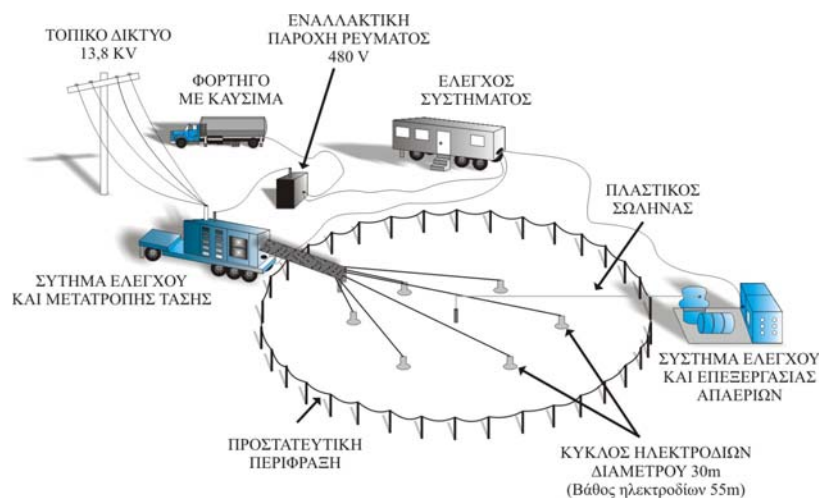
- με χρήση ηλεκτρικού ρεύματος,
- με χρήση ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας,
- με εισαγωγή θερμού αέρα και/ ή ατμών.

→ Χρήση ηλεκτρικού ρεύματος

Ο πιο κοινός τρόπος θέρμανσης εδαφών είναι η διόχτευση ηλεκτρικού ρεύματος, η οποία λόγω της ηλεκτρικής αντίστασης, που παρουσιάζει το έδαφος (ιδιαίτερα όταν έχει χαμηλή διαπερατότητα), προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας. Η αναπτυσσόμενη θερμοκρασία αφενός ξηραίνει το έδαφος, δημιουργώντας ρωγμές και αυξάνοντας το πορώδες και τη διαπερατότητα

του και αφετέρου ενισχύει την εξάτμιση των υφιστάμενων ρύπων, οι οποίοι μεταφέρονται στην αέρια φάση και συλλέγονται από πηγάδια άντλησης.

Μια πολλά υποσχόμενη εφαρμογή της ηλεκτρικής θέρμανσης εδαφών αποτελεί η λεγόμενη «θέρμανση εδαφών έξι φάσεων» (Six Phase Soil Heating – SPSH), κατά την οποία διοχετεύεται χαμηλής έντασης ρεύμα σε έξι ηλεκτρόδια, που είναι τοποθετημένα στο προς εξυγίανση πεδίο σε κυκλική διάταξη (Σχήμα 5-37). Η προκαλούμενη αύξηση της θερμοκρασίας όχι μόνο ενισχύει την εξάτμιση των υφιστάμενων ρύπων, αλλά παράλληλα προκαλεί τη δημιουργία ενός ρεύματος υδρατμών, το οποίο συμβάλει στην απομάκρυνσή τους μέσω του φαινομένου της εκφύσησης (stripping).



**Σχήμα 5-37:** Διάταξη τυπικού συστήματος θέρμανσης εδάφους έξι φάσεων (CRA, 2000).

#### → Χρήση ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας

Μια εναλλακτική πηγή θέρμανσης ρυπασμένων εδαφών αποτελεί η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η οποία δημιουργείται από την τοποθέτηση σειρών οριζοντίων ηλεκτροδίων στο έδαφος. Ο προς επεξεργασία όγκος εδάφους τοποθετείται μεταξύ δυο οριζοντίων ηλεκτροδίων και στο κέντρο αυτού υπάρχει και ένα τρίτο οριζόντιο ηλεκτρόδιο, στο οποίο διοχετεύεται ενέργεια. Τα τρία οριζόντια ηλεκτρόδια τελικά δρουν ως πυκνωτής, ο οποίος προκαλεί την θέρμανση του επεξεργαζόμενου όγκου εδάφους από πάνω προς τα κάτω. Οι θερμοκρασίες, που μπορούν να επιτευχθούν με αυτήν τη μέθοδο, ξεπερνούν τους 300°C, ενώ τα φαινόμενα, τα οποία προκαλεί, είναι τα εξής:

- αύξηση της εξάτμισης και της διάχυσης των ρύπων,
- αύξηση της διαπερατότητας των εδαφών, λόγω ξήρανσης,
- αύξηση της εξάτμισης των ρύπων από το ρεύμα υδρατμών, που δημιουργείται, λόγω εξάτμισης του υφιστάμενου νερού,
- μείωση του ιξώδους και αύξηση της κινητικότητας των ρύπων.

Η απόδοση της τεχνολογίας τελικά περιορίζεται από την ίδια, καθώς όσο αυξάνεται η διαπερατότητα του εδάφους (λόγω ξήρανσης) μειώνεται ο ρυθμός ροής του ηλεκτρικού

ρεύματος.

→ Εισαγωγή θερμού αέρα/ ατμών

Η εισαγωγή θερμού αέρα και/ ή ατμών στο έδαφος ουσιαστικά αποτελεί μια παραλλαγή της τεχνολογίας του βιοαερισμού, η οποία βέβαια δεν στοχεύει στην ενίσχυση της βιοαποικοδόμησης των υφιστάμενων ρύπων, αλλά της εξάτμισης και της εκφύσησής τους από το έδαφος.

Η in-situ θερμική επεξεργασία ρυπασμένων εδαφών έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στην απομάκρυνση πτητικών και ημι-πτητικών ρύπων, καθώς επίσης και ορισμένων ζιζανιοκτόνων και καυσίμων (ανάλογα με την αναπτυσσόμενη θερμοκρασία). Επίσης, έχει αποδειχθεί κατάλληλη τεχνολογία εξυγίανσης εδαφών χαμηλής διαπερατότητας και μικρής υγρασίας (αν και στην περίπτωση θέρμανσης του εδάφους με ηλεκτρική και ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, η αυξημένη ποσότητα νερού στο έδαφος ευνοεί τη δημιουργία ρεύματος υδρατμών, ενισχύοντας ακόμη περισσότερο την εξάτμιση των υφιστάμενων ρύπων).

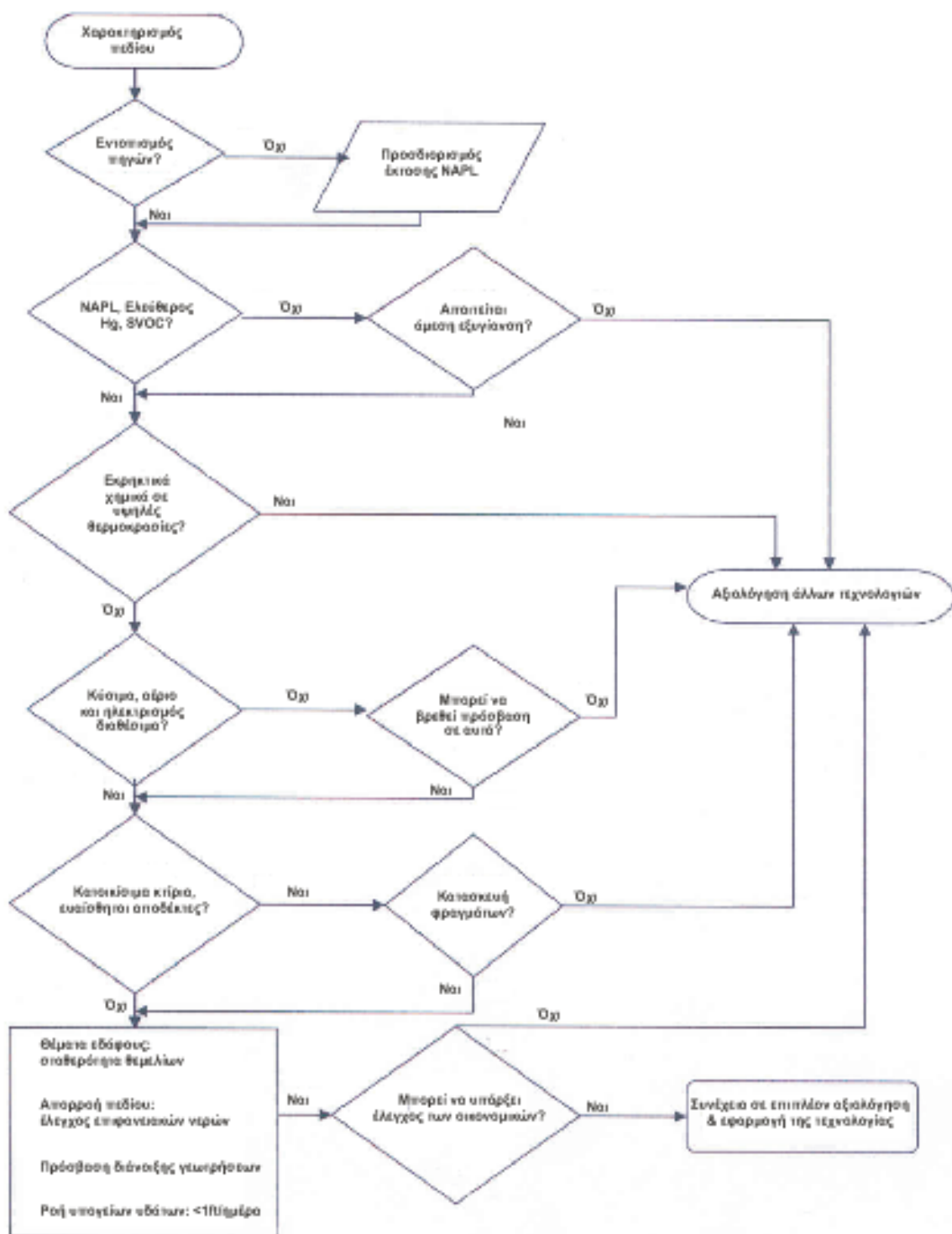
Τα κύρια δεδομένα, που πρέπει να προσδιοριστούν, πριν την εφαρμογή της in-situ θερμικής επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών, είναι τα εξής:

- το βάθος και η έκταση του πλούμιου ρύπανσης,
- η συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων,
- το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα,
- ο τύπος και οι ιδιότητες του προς επεξεργασία εδάφους (π.χ. δομή, σύσταση, διαπερατότητα, υγρασία, κα.).

Οι βασικότεροι περιορισμοί της in-situ θερμικής επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών σχετίζονται με τα εξής φαινόμενα:

- η παρουσία ογκωδών αντικειμένων (π.χ. μπαζών) στο προς επεξεργασία έδαφος είναι δυνατόν να προκαλέσει σημαντικά λειτουργικά προβλήματα στο εγκατεστημένο σύστημα,
- η απόδοσή της ποικίλει σημαντικά, ανάλογα με τη θερμοκρασία που τελικά επιτυγχάνεται στο έδαφος,
- η παρουσία πολύ πυκνών και υγρών εδαφών μπορεί να αυξήσει κατά πολύ την απαιτούμενη ενέργεια και θερμοκρασία για την επεξεργασία τους,
- η απόδοσή της είναι σχετικά χαμηλή για την απομάκρυνση προσροφημένων εδαφικών ρύπων από εδάφη με υψηλό περιεχόμενο οργανικής ύλης,
- η απόδοση συστημάτων εισαγωγής θερμού αέρα περιορίζεται από τη μικρή θερμοχωρητικότητα του αέρα.

Στο Σχήμα 5-38 παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα (μεθοδολογία) αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης της in-situ θερμικής επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών σε ένα δεδομένο πεδίο.



**Σχήμα 5-38:** Διάγραμμα (μεθοδολογία) αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης της in-situ θερμικής επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών σε ένα δεδομένο πεδίο (US Department of Defence, 2006).

Επίσης, σημαντικό είναι το γεγονός ότι το κόστος εφαρμογής μιας in-situ τεχνολογίας θερμικής επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών σε ένα συγκεκριμένο πεδίο μπορεί να είναι ιδιαίτερα υψηλό ( $\geq 260\text{€/m}^3$ ).

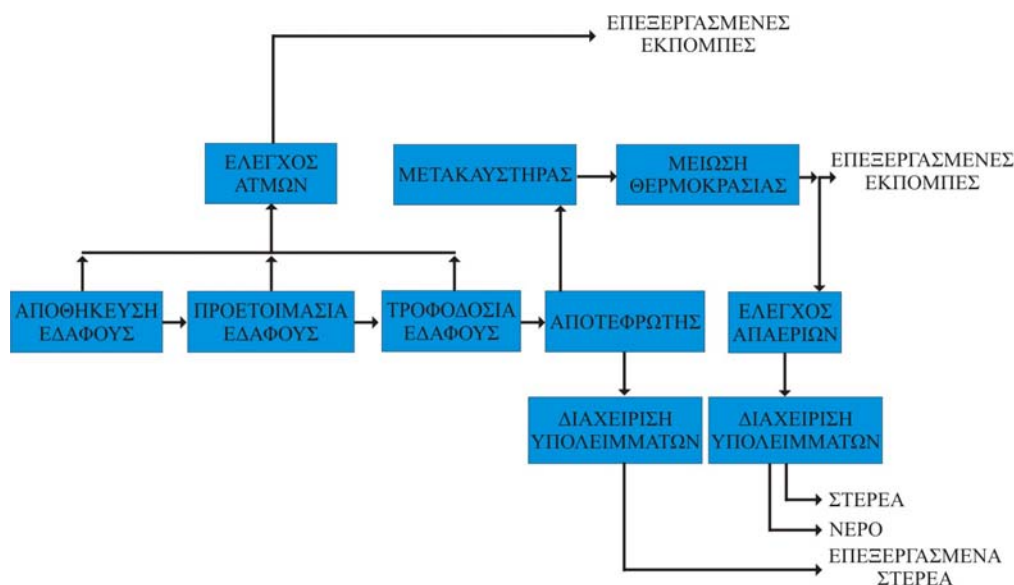
### 5.2.1.3.2. In-Situ

#### 5.2.1.3.2.1. Αποτέφρωση (Incineration)

Η αποτέφρωση (ή καύση) αποτελεί μια παλαιά μέθοδο επεξεργασίας αποβλήτων, η οποία εφαρμόζεται και στην περίπτωση ρυπασμένων εδαφών και περιλαμβάνει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών (870 έως 1200°C) για την εξάτμιση, την αποσύνθεση και/ ή την καταστροφή οργανικών ρύπων, παρουσία οξυγόνου. Κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα αποτέφρωσης, των οποίων η τελική απόδοση μπορεί να υπερβεί ακόμη και το 99,99%.

#### Βασική αρχή

Η διεργασία της αποτέφρωσης (Σχήμα 5-39) περιλαμβάνει την κατάλληλη προετοιμασία (π.χ. απομάκρυνση ογκωδών αντικειμένων) και την καύση του προς επεξεργασία εδάφους σε υψηλές θερμοκρασίες, παρουσία επαρκούς οξυγόνου, με στόχο την θερμική αποσύνθεση των οργανικών ρύπων που περιέχει, μέσω πυροδιάσπασης ή οξειδωσης. Οι οργανικοί ρύποι μετατρέπονται κυρίως σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό, ενώ παράλληλα παράγονται και άλλες ενώσεις, όπως οξείδια του αζώτου και του θείου, αμμωνία, υδροχλώριο, αλογονωμένα οξέα, κα.



**Σχήμα 5-39:** Διάγραμμα ροής τυπικής διεργασίας αποτέφρωσης ρυπασμένων εδαφών (CRA, 2000).

Τα απαέρια, που παράγονται από την αποτέφρωση ρυπασμένων εδαφών, απαιτούν ειδική επεξεργασία για την απομάκρυνση στερεών σωματιδίων, καθώς επίσης και την εξουδετέρωση των περιεχόμενων επικινδύνων ρύπων. Για την απομάκρυνση των στερεών σωματιδίων συνήθως χρησιμοποιούνται σακκόφιλτρα και ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές, ενώ για την απομάκρυνση των όξινων αερίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλυντρίδες.

Αντίστοιχη επεξεργασία είναι δυνατόν να απαιτεί και η παραγόμενη στάχτη, η οποία ενδέχεται να περιέχει σημαντικούς ανόργανους ρύπους (π.χ. βαρέα μέταλλα), που δεν μπορούν να απομακρυνθούν και/ ή να καταστραφούν με τη διεργασία της αποτέφρωσης.

Οι βασικοί παράγοντες καθορισμού της απόδοσης της αποτέφρωσης ρυπασμένων εδαφών είναι οι εξής:

- η αναπτυσσόμενη θερμοκρασία: όσο πιο υψηλή είναι η θερμοκρασία αποτέφρωσης, τόσο μεγαλύτερη καταστροφή των οργανικών ρύπων επιτυγχάνεται και μειώνεται η πιθανότητα σχηματισμού επικίνδυνων αέριων παραπροϊόντων, όπως διοξινών και φουρανίων,
- ο χρόνος παραμονής στο θάλαμο αποτέφρωσης: κυμαίνεται από μερικά λεπτά έως μερικές ώρες και γενικά ισχύει ότι όσο πιο μεγάλη είναι η παραμονή του προς επεξεργασία εδάφους στο θάλαμο αποτέφρωσης, τόσο μεγαλύτερη πιθανότητα καταστροφής των οργανικών ρύπων υπάρχει,
- επικρατών στροβιλισμός: πρέπει να είναι όσο το δυνατόν εντονότερος, ώστε να επιτυγχάνεται εκτεταμένη επαφή των ρύπων με το οξυγόνο του αέρα,
- περίσσεια οξυγόνου: η συγκέντρωση του οξυγόνου στον αποτεφρωτή θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 50% μεγαλύτερη από τη θεωρητικά απαιτούμενη, ώστε να εξασφαλίζεται η επικράτηση οξειδωτικών και όχι πυρολυτικών συνθηκών).

#### Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Για την αποτέφρωση ρυπασμένων εδαφών και γενικότερα επικινδύνων αποβλήτων, έχουν αναπτυχθεί διάφορων ειδών αποτεφρωτές, μεταξύ των οποίων είναι οι εξής:

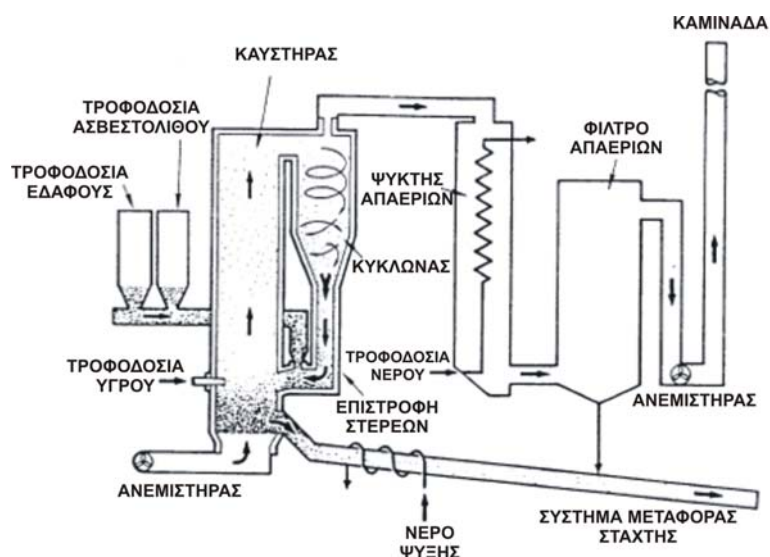
→ Αποτεφρωτής κυκλοφορούντος κλίνης (circulating bed combustor)

Αυτού του είδους οι αποτεφρωτές (Σχήμα 5-40) χρησιμοποιούν υψηλή ροή αέρα ανάμεσα στα κυκλοφορούντα στερεά εδαφικά σωματίδια, δημιουργώντας μια ιδιαίτερα στροβιλώδη ζώνη καύσης, η οποία καταστρέφει τους υφιστάμενους οργανικούς ρύπους. Ο έντονος στροβιλισμός εξασφαλίζει ομοιόμορφη θερμοκρασία μέσα στο θάλαμο καύσης, επιτυγχάνοντας παράλληλα πλήρη μίξη του προς επεξεργασία εδάφους. Ο αποτεφρωτής κυκλοφορούντος κλίνης λειτουργεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από ότι οι κοινοί αποτεφρωτές (780 έως 870°C). Οι χαμηλές θερμοκρασίες καύσης και η αποτελεσματική ανάμιξη του εδάφους μειώνει το κόστος λειτουργίας του αποτεφρωτή και περιορίζει την έκλυση ανεπιθύμητων αερίων, όπως οξειδίων του αζώτου και μονοξειδίου του άνθρακα.

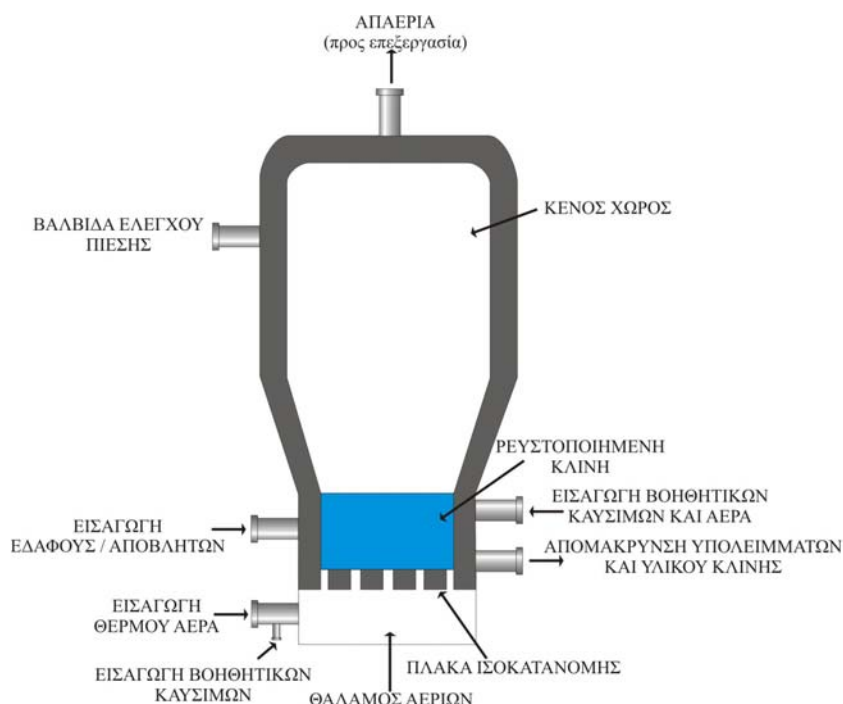
→ Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης

Οι αποτεφρωτές ρευστοποιημένης κλίνης (Σχήμα 5-41) χρησιμοποιούν ένα στρώμα άμμου ή αλουμίνας (κλίνη), πάνω στο οποίο εισάγεται το προς επεξεργασία έδαφος. Κάτω από το στρώμα αυτό διοχετεύεται αέρας με τέτοια παροχή ώστε ολόκληρη η κλίνη να βρίσκεται σε αιώρηση (μαζί με τα εδαφικά σωματίδια) και σε θερμοκρασία ίση με τη θερμοκρασία

ανάφλεξης των υφιστάμενων ρύπων. Το παρεχόμενο οξυγόνο, οι έντονες συνθήκες ανάμιξης και η αυξημένη θερμοκρασία έχουν ως αποτέλεσμα την εξάτμιση και την καταστροφή των οργανικών ρύπων.



**Σχήμα 5-40:** Γραφική απεικόνιση ενός αποτεφρωτή κυκλοφορούντος κλίνης ρυπασμένων εδαφών ([www. ec.gc.ca](http://www.ec.gc.ca)).



**Σχήμα 5-41:** Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης (LaGrega M. et al., 2001).

Αυτού του είδους οι αποτεφρωτές λειτουργούν σε θερμοκρασίες έως 870°C και παρουσιάζουν πολύ ικανοποιητικές αποδόσεις. Ο σχεδιασμός τους είναι σχετικά εύκολος και το κόστος κατασκευής τους αρκετά μικρό, σε αντίθεση με το κόστος λειτουργίας τους, που είναι ιδιαίτερα αυξημένο.

## → Αποτεφρωτές υπέρυθρης καύσης

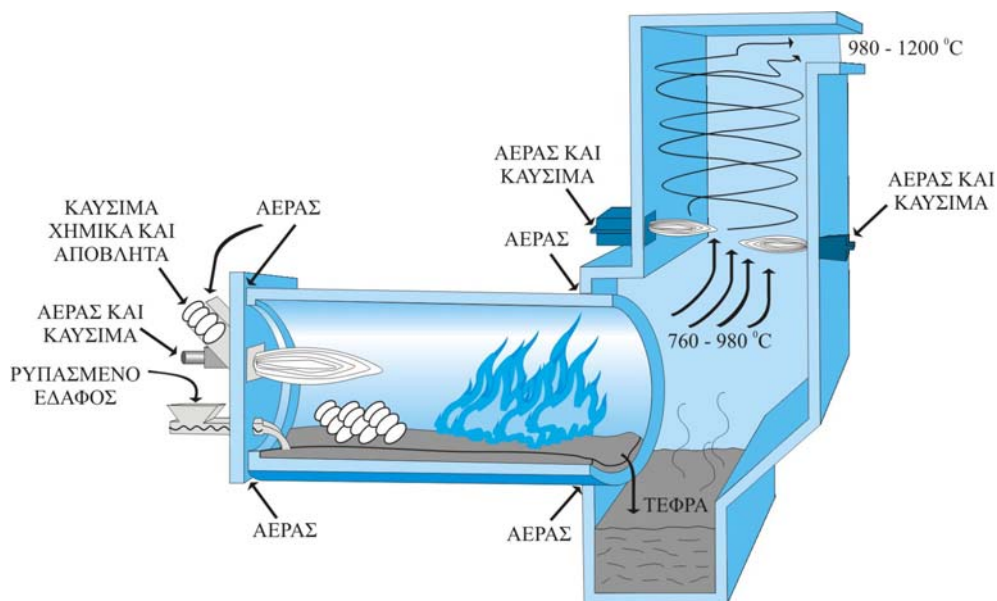
Η τεχνολογία υπέρυθρης καύσης χρησιμοποιεί ηλεκτρικά ενεργούς ράβδους από καρβίδια σιλικόνης για την θέρμανση του προς επεξεργασία εδάφους στην απαιτούμενη θερμοκρασία καύσης. Το έδαφος αρχικά τροφοδοτείται μέσω ενός ιμάντα μεταφοράς σε έναν πρώτο θάλαμο, όπου εκτίθεται σε υπέρυθρη ακτινοβολία, η οποία προέρχεται από τις ράβδους που έχουν τοποθετηθεί πάνω από τον ιμάντα μεταφοράς του εδάφους. Μέσω μιας αντλίας παρέχεται αέρας σε επιλεγμένες περιοχές κατά μήκος του ιμάντα για τον έλεγχο του ρυθμού οξειδωσης του υλικού τροφοδοσίας (εδάφους). Οποιοδήποτε καύσιμο υπόλειμμα προκύψει, αποτεφρώνεται σε έναν δεύτερο μετακαυστήρα.

## → Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου

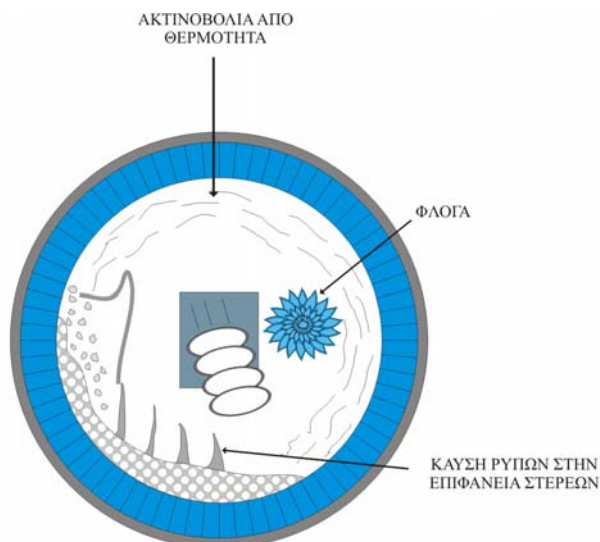
Οι αποτεφρωτές περιστρεφόμενου κλιβάνου είναι ικανοί να επεξεργαστούν με επιτυχία πολλών ειδών απόβλητα και ρύπους, που άλλες τεχνολογίες δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν. Αυτού του είδους οι αποτεφρωτές αποτελούνται από έναν περιστρεφόμενο κλίβανο, έναν μετακαυστήρα και ένα σύστημα ελέγχου των παραγόμενων αερίων (Σχήμα 5-42). Ο περιστρεφόμενος κλίβανος είναι ένας ανοξειδωτός, κεκλιμένος, περιστρεφόμενος κύλινδρος που λειτουργεί ως θάλαμος καύσης σε θερμοκρασίες έως 980°C (Σχήμα 5-43).

Οι βασικές λειτουργικές παράμετροι των αποτεφρωτών περιστρεφόμενου κλιβάνου περιλαμβάνουν:

- τη θερμοκρασία εξόδου και τη σύσταση των αερίων,
- την εσωτερική πίεση του κλιβάνου,
- το ρυθμό παροχής αέρα (οξυγόνου) και εδάφους – αποβλήτων,
- το χρόνο παραμονής του εδάφους – αποβλήτων.

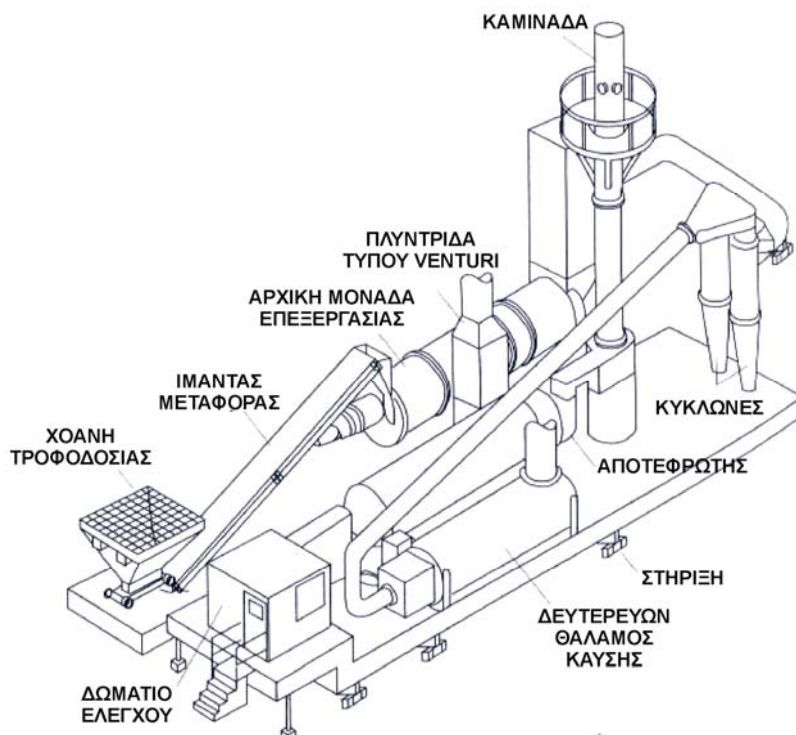


**Σχήμα 5-42:** Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου (Freeman H., 1998).



**Σχήμα 5-43:** Κάθετη τομή περιστρεφόμενου κλίβανου (Freeman H., 1998).

Όλα τα προαναφερόμενα συστήματα αποτέφρωσης ρυπασμένων εδαφών μπορούν να εγκατασταθούν on-site στο εκάστοτε πεδίο (Σχήμα 5-44), εξαλείφοντας έτσι το κόστος μεταφοράς του προς επεξεργασία εδάφους και ελαττώνοντας αντίστοιχα το απαιτούμενο κόστος εξυγίανσης.



**Σχήμα 5-44:** Κινητή μονάδα αποτέφρωσης (LaGrega M. et al., 2001).

Βασικό και αναπόσπαστο τμήμα ενός συστήματος αποτέφρωσης ρυπασμένων εδαφών αποτελεί φυσικά η μονάδα επεξεργασίας των παραγόμενων απαερίων, η οποία μπορεί να αποτελείται από διάφορα είδη συστημάτων ή ακόμη και από συνδυασμό διαφορετικών ειδών συστημάτων (π.χ. σακκόφιλτρα, πλυντρίδες, κα.). Ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο είδος

μονάδας, ενδεχομένως να προκύψει παραγωγή υγρών αποβλήτων, τα οποία και αυτά να χρήζουν ειδικής επεξεργασίας.

#### Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Οι ενώσεις / ρύποι, που μπορούν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς από την τεχνολογία της αποτέφρωσης, είναι πολλοί και κυρίως οργανικοί. Μεταξύ των βασικότερων εξ αυτών συμπεριλαμβάνονται:

- πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs),
- φυτοφάρμακα,
- πτητικά και ημι-πτητικά οργανικά συστατικά (VOC - SVOC),
- διοξίνες,
- πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs),
- φαινόλες,
- χλωριωμένοι διαλύτες (TCE, PCE),
- εκρηκτικά (TNT, DNT, TNB, RDX, HMX).

#### Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

Στη διαθέσιμη βιβλιογραφία δεν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο και ακριβές διάγραμμα αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητας της τεχνολογίας της αποτέφρωσης για την επεξεργασία ρυπασμένων εδαφών. Σε γενικές γραμμές, η αποτέφρωση, όπως και όλες οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας, προτιμάται σε ειδικές μόνο περιπτώσεις, λόγω του αυξημένου κόστους εφαρμογής τους, όπου άλλες διαθέσιμες τεχνολογίες δεν μπορούν να εφαρμοστούν, είτε λόγω των χαρακτηριστικών του προς επεξεργασία πεδίου, είτε λόγω των ιδιαίτερων ιδιοτήτων και της επικινδυνότητας των υφιστάμενων ρύπων.

Τα πλέον βασικά δεδομένα, τα οποία πρέπει να συλλεχθούν και να αξιολογηθούν, προκειμένου να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της διεργασίας της αποτέφρωσης ρυπασμένων εδαφών και να προσδιοριστούν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, αλλά και τα στοιχεία κόστους, των απαιτούμενων αντίστοιχων μονάδων επεξεργασίας, είναι κυρίως τα εξής:

- ο τύπος και ο όγκος του προς επεξεργασία εδάφους,
- τα βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία εδάφους (π.χ. περιεχόμενη υγρασία, θερμογόνος δύναμη, πλαστικότητα, κα.),
- το είδος, η ποσότητα και τα χαρακτηριστικά (π.χ. πτητικότητα, δομή) των υφιστάμενων ρύπων,
- η απαιτούμενη θερμοκρασία αποτέφρωσης,
- ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας (σύμφωνα ενδεχομένως με τους εκάστοτε νομοθετικού περιορισμούς),
- τα αναμενόμενα παραγόμενα απόβλητα (στερεά, αέρια και ενδεχομένως υγρά) και η ακριβής σύσταση αυτών,

- η απαιτούμενη επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων, πριν την τελική τους διάθεση σε κάποιο κατάλληλο χώρο,
- η τελική διάθεση των παραγόμενων υπολειμμάτων,
- η δυνατότητα εφαρμογής in-situ, ex-situ ή on-site,
- το είδος του χρησιμοποιούμενου αποτεφρωτή και η αναγκαία δυναμικότητα της αντίστοιχης μονάδας (συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων επεξεργασίας των παραγόμενων αποβλήτων),
- το συνολικό αναμενόμενο κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας.

#### Χρόνος Εφαρμογής

Όπως είναι λογικό, ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών με εφαρμογή της τεχνολογίας της αποτέφρωσης δεν είναι πάντα σταθερός, αλλά αντίθετα κυμαίνεται, ανάλογα με τις ακόλουθες βασικές παραμέτρους:

- τον όγκο και τα χαρακτηριστικά (π.χ. υγρασία, κοκκομετρία, κα.) τους προς επεξεργασία εδάφους,
- το είδος και τη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων.

Σε γενικές γραμμές, ο αναγκαίος χρόνος επεξεργασίας καθορίζεται από τον απαιτούμενο χρόνο παραμονής του εδάφους εντός του αποτεφρωτή, ο οποίος συνήθως είναι μικρός (από μερικά λεπτά έως ορισμένες ώρες). Ως εκ τούτου, ιδιαίτερα οι σύγχρονοι μεγάλης κλίμακας αποτεφρωτές είναι δυνατόν να επεξεργαστούν πολλές εκατοντάδες τόνους εδάφους ημερησίως, παρέχοντας ιδιαίτερα άμεση και σύντομη επεξεργασία.

#### Παρακολούθηση Συστημάτων

Κατά τη διάρκεια της αποτέφρωσης ρυπασμένων εδαφών, οι απαιτήσεις παρακολούθησης των αντίστοιχων συστημάτων περιορίζονται στις λειτουργικές παραμέτρους τους (π.χ. παροχή οξυγόνου, θερμοκρασία καύσης, χρόνος παραμονής εδάφους εντός του αποτεφρωτή, παροχή εδάφους, παραγωγή απαερίων, κα.), καθώς και στη σύσταση του εισερχόμενου προς επεξεργασία εδάφους, του στερεού υπολείμματος και των παραγόμενων απαερίων.

Οι λειτουργικές παράμετροι των αποτεφρωτών συνήθως ρυθμίζονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται πλήρης καύση των υφιστάμενων ρύπων. Για το σκοπό αυτό πρέπει να τηρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- παρουσία επαρκούς ποσότητας καύσιμου υλικού και οξειδωτικού μέσου ( $O_2$ ) στην εστία καύσης,
- επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας ανάφλεξης,
- επίτευξη σωστής αναλογίας μίγματος (καύσιμης ύλης - οξυγόνου),
- συνεχής απομάκρυνση των αερίων (απαερίων), τα οποία παράγονται κατά την καύση,

- συνεχής απομάκρυνση των στερεών υπολειμμάτων της καύσης.

Όσον αφορά στα χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία εδάφους, που θα πρέπει να παρακολουθούνται, αυτά είναι κυρίως τα εξής:

- το είδος και η συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων,
- η περιεχόμενη υγρασία,
- η θερμοκρασία τήξης,
- η θερμογόνος δύναμη.

#### Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Το κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της αποτέφρωσης είναι δυνατόν να διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση, δεδομένου ότι εξαρτάται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία εδάφους (π.χ. υγρασία) και φυσικά τους υφιστάμενους ρύπους.

Σε γενικές γραμμές, το εν λόγω κόστος παρουσιάζεται να κυμαίνεται από 200 έως και 1.000 €/tn ρυπασμένου εδάφους σε ex-situ και off-site εφαρμογές.

Ο Πίνακας 5-45 παρουσιάζει ένα ενδεικτικό εκτιμώμενο κόστος εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνολογίας για την αντιμετώπιση ημι-πτητικών οργανικών ρύπων υπό συγκεκριμένες συνθήκες.

**Πίνακας 5-45:** Ενδεικτικό κόστος εφαρμογής της αποτέφρωσης ρυπασμένων εδαφών υπό συγκεκριμένες συνθήκες ([www.frtr.gov](http://www.frtr.gov)).

Παράμετρος	Μικρό Πεδίο	Μεγάλο Πεδίο
<b>Εξυγίανσης</b>		
Μέσο		Έδαφος
Ρύπος		SVOC
Προσέγγιση		Ex-Situ
<b>Συστήματος</b>		
Όγκος εδάφους προς επεξεργασία (m <sup>3</sup> )	11.500	76.500
Απαιτείται μείωση μεγέθους σωματιδίων;		Όχι
<b>Έδαφος</b>		
Υγρασία (%)		20
Περιεχόμενη στάχτη (%)		78
Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )		1.440
<b>Κόστος</b>		
Λειτουργία και συντήρηση	249.193,4	1.450.824
Σχεδιασμός	8.306.452	48.360.812
<b>ΣΥΝΟΛΟ (+εγκατάσταση)</b>	<b>8.555.645</b>	<b>49.811.636</b>
<b>Κόστος / m<sup>3</sup> εδάφους</b>	<b>750,49</b>	<b>655,16</b>

#### Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.

##### Πλεονεκτήματα τεχνολογίας

- μπορεί να αντιμετωπίσει «δύσκολους» επικίνδυνους και τοξικούς ρύπους, που άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών δεν μπορούν,
- ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης, που παρουσιάζει, είναι ιδιαίτερα μικρός,

- αποτελεί τεχνολογία άμεσης επέμβασης, η οποία μπορεί να επιφέρει ιδιαίτερα σύντομα τα επιθυμητά αποτελέσματα εξυγίανσης, δεδομένου ότι δεν απαιτεί χρονοβόρες προκαταρκτικές μελέτες (π.χ. λεπτομερείς χαρακτηρισμούς πεδίου, προσδιορισμό υδρογεωλογικών και γεωχημικών συνθηκών, κτλ.),
- μπορεί να εφαρμοστεί on-site, εξαλείφοντας το όποιο ενδεχόμενο κόστος μεταφοράς του ρυπασμένου προς επεξεργασία εδάφους σε κάποια κεντρική μονάδα επεξεργασίας.

#### Μειονεκτήματα τεχνολογίας

- παρουσιάζει υψηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας,
- αποτελεί ex-situ διεργασία, η οποία απαιτεί την εκσκαφή του ρυπασμένου εδάφους και τη μεταφορά του σε κατάλληλες εγκαταστάσεις, αυξάνοντας ακόμη περισσότερο το απαιτούμενο κόστος εξυγίανσης,
- απαιτεί πολύ καλή προεπεξεργασία του προς εξυγίανση εδάφους, ώστε να πληροί τα συγκεκριμένα κριτήρια τροφοδοσίας της χρησιμοποιούμενης μονάδας,
- η παρουσία βαρέων μετάλλων στο προς εξυγίανση έδαφος δημιουργεί στάχτη, η οποία απαιτεί κατάλληλη επεξεργασία (π.χ. σταθεροποίηση – στερεοποίηση) πριν την τελική της διάθεση,
- η παρουσία πτητικών μετάλλων (π.χ. μολύβδου, καδμίου, υδράργυρου και αρσενικού) στο προς επεξεργασία έδαφος επιβάλλει την επεξεργασία των παραγόμενων απαερίων, τα οποία αναμένεται να είναι πλούσια σε αυτά τα συστατικά,
- διάφορα μέταλλα, που είναι δυνατόν να υπάρχουν στο προς επεξεργασία έδαφος, ίσως αντιδράσουν με άλλα παρόντα στοιχεία (π.χ. χλώριο και θείο), σχηματίζοντας πιο πτητικούς ή τοξικούς ρύπους από εκείνους που υπήρχαν αρχικά.

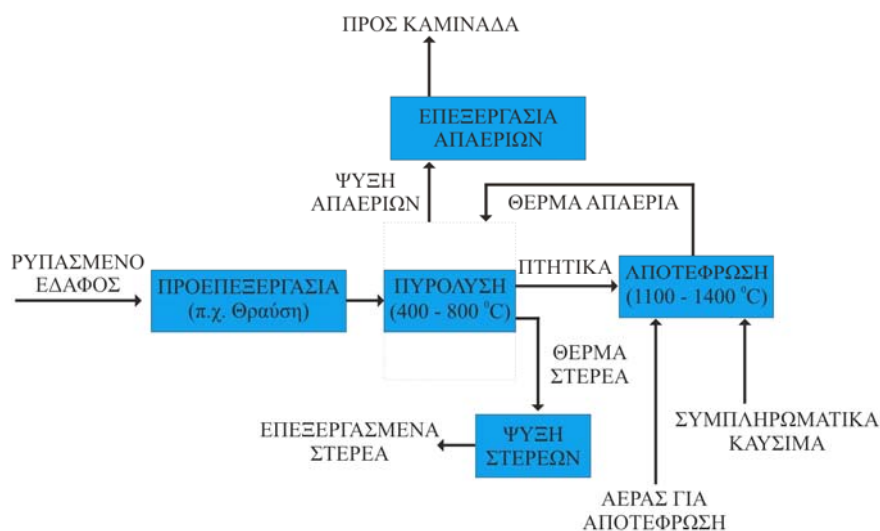
### 5.2.1.3.2.2. Πυρόλυση (Pyrolysis)

Η πυρόλυση είναι μια διαδεδομένη μεθόδος θερμικής επεξεργασίας αποβλήτων και ρυπασμένων εδαφών, η οποία περιλαμβάνει την θερμική αποδόμηση οργανικών ρύπων, απουσία οξυγόνου ή άλλων αντιδρώντων αερίων. Στην πράξη, κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης δεν απουσιάζει τελείως το οξυγόνο, αλλά υπάρχει σε ποσότητα μικρότερη από τη στοιχειομετρική. Η πυρόλυση λαμβάνει χώρα υπό πίεση και σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 430°C, ενώ τα τελικά προϊόντα της περιλαμβάνουν καύσιμα αέρια συστατικά (π.χ. CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, κα.), μικρές ποσότητες υγρών και ένα στερεό υπόλειμμα, που περιέχει άνθρακα και τέφρα.

#### Βασική αρχή

Μια ολοκληρωμένη πυρολυτική διεργασία επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών περιλαμβάνει τα εξής στάδια (Σχήμα 5-45):

- προετοιμασία εδάφους (π.χ. θραύση, κοσκίνισμα, κα),
- πυρόλυση : καύση σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (400 έως 800°C) με στόχο την εξάτμιση και τη μερική αποδόμηση των οργανικών ρύπων, οι οποίοι έτσι διαχωρίζονται από τα υπολειμματικά ανόργανα στερεά (αν υπάρχουν),
- αποτέφρωση : καύση των πτητικών συστατικών σε υψηλές θερμοκρασίες (1100-1400°C) και μετατροπή τους σε CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O,
- έλεγχο και επεξεργασία αερίων,
- ορθή διαχείριση στερεών υπολειμμάτων.



**Σχήμα 5-45:** Ολοκληρωμένη διεργασία πυρόλυσης ρυπασμένων εδαφών (Freeman H., 1998).

Κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης οι υφιστάμενοι οργανικοί εδαφικοί ρύποι υφίστανται πολλές αλλαγές. Οι αρχικές αντιδράσεις πυρόλυσης, που λαμβάνουν χώρα, είναι ενδόθερμες και ως εκ τούτου για να πραγματοποιηθούν απαιτούν παροχή ενέργειας.

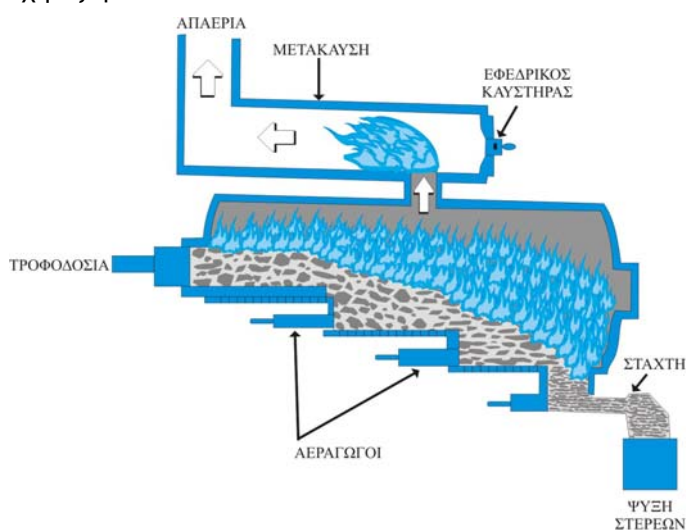
Οι αρχικές αυτές αντιδράσεις περιλαμβάνουν κυρίως διασπάσεις, κατά τις οποίες χαμηλής πτητικότητας οργανικά συστατικά μετατρέπονται σε άλλα περισσότερο πτητικά συστατικά. Επίσης, στις αρχικές αντιδράσεις πυρόλυσης περιλαμβάνονται συμπυκνώσεις, αφυδρογονώσεις και αντιδράσεις σχηματισμού δακτυλίων, οι οποίες προκαλούν τη μετατροπή των χαμηλής πτητικότητας οργανικών ενώσεων σε ένα στερεό ανθρακούχο υπόλειμμα (char - κωκ). Τα πτητικά συστατικά, που δημιουργούνται κατά τη διεξαγωγή των παραπάνω αντιδράσεων, συμμετέχουν σε δευτερεύουσες αντιδράσεις και μπορούν να μετατραπούν σε ελαφρύτερα προϊόντα, αέρια ή κάρβουνο.

Κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης λαμβάνουν χώρα και άλλες αντιδράσεις των οργανικών ρύπων. Στην περίπτωση που υπάρχει οξυγόνο, πραγματοποιείται σχηματισμός μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα. Επίσης, τα υπάρχοντα οργανικά συστατικά είναι δυνατόν να αλληλεπιδράσουν με το νερό. Τέλος, το ανθρακούχο στερεό υπόλειμμα (κωκ), που παράγεται κατά την πυρόλυση, μπορεί να εξαερωθεί σε διοξείδιο του άνθρακα ή οξυγόνο.

Οι παραπάνω αντιδράσεις πραγματοποιούνται από όλων των ειδών τους οργανικούς ρύπους, που δύναται να περιέχονται στο προς επεξεργασία έδαφος. Ανάλογα με τη σύστασή του, παράγονται και διαφορετικά προϊόντα, τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν οξείδια του αζώτου, υδρόθειο, υδροχλώριο, υδροκυάνιο και άλλες επικίνδυνες ενώσεις, που χρήζουν ειδικής επεξεργασίας πριν απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα.

#### Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Οι αντιδραστήρες, που χρησιμοποιούνται για τη διεξαγωγή της πυρόλυσης ρυπασμένων εδαφών, είναι ίδιοι με τους κοινούς αποτεφρωτές (π.χ. ρευστοποιημένης κλίνης, περιστρεφόμενου κλιβάνου, κα), με τη διαφορά ότι λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Στο Σχήμα 5-46 παρουσιάζεται ένας πυρολυτικός αντιδραστήρας με ελεγχόμενη παροχή οξυγόνου.



**Σχήμα 5-46:** Πυρολυτικός αντιδραστήρας με ελεγχόμενη παροχή οξυγόνου (Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005).

Μια ειδική περίπτωση πυρόλυσης, αποτελεί η λεγόμενη «καταστροφή με τηγμένα άλατα» (molten salt destruction). Σε αυτήν την τεχνολογία χρησιμοποιείται ένας θάλαμος πυρόλυσης, που διαθέτει μια κλίνη από τηγμένο άλας (π.χ. ανθρακικό νάτριο), η οποία λειτουργεί ως μεταφορέας θερμότητας και ως μέσο πραγματοποίησης αντιδράσεων καταστροφής επικινδυνων οργανικών ρύπων. Η εισαγωγή του προς επεξεργασία εδάφους στο θάλαμο πραγματοποιείται μαζί με αέρα και κάτω από την υπάρχουσα κλίνη. Θερμά αέρια, που αποτελούνται κυρίως από μονοξείδιο του άνθρακα, υδρατμούς και μη αντιδρώντα αέρια συστατικά, εκλύονται από την κλίνη, μεταφέρονται σε μια δευτερεύουσα ζώνη αντίδρασης και τελικά καταλήγουν σε ένα σύστημα επεξεργασίας απαερίων πριν απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα. Άλλα παραπροϊόντα της διεργασίας της πυρόλυσης αντιδρούν με το αλκαλικό τηγμένο άλας, σχηματίζοντας ανόργανα προϊόντα, τα οποία δεσμεύονται στην κλίνη. Τελικά, το τηγμένο άλας, που περιέχει τέφρα, απομακρύνεται από τον αποτεφρωτή και μεταφέρεται σε χώρους υγειονομικής ταφής αστικών απορριμμάτων.

#### Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Οι κύριοι εδαφικοί ρύποι, που μπορούν να απομακρυνθούν αποτελεσματικά με την πυρόλυση, είναι οι εξής:

- πτητικά και ημι-πτητικά οργανικά συστατικά (VOC – SVOC),
- ζιζανιοκτόνα,
- πετρελαιοί υδρογονάνθρακες,
- κριεζότο (creosote),
- πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH),
- διοξίνες,
- πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs).

#### Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

Όπως και στην περίπτωση της αποτέφρωσης, στη διαθέσιμη βιβλιογραφία δεν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο και ακριβές διάγραμμα αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητας της τεχνολογίας της πυρόλυσης για την επεξεργασία ρυπασμένων εδαφών. Σε γενικές γραμμές, η πυρόλυση, όπως και όλες οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας, προτιμάται σε ειδικές μόνο περιπτώσεις, λόγω του αυξημένου κόστους εφαρμογής τους, όπου άλλες διαθέσιμες τεχνολογίες δεν μπορούν να εφαρμοστούν, είτε λόγω των χαρακτηριστικών του προς επεξεργασία πεδίου, είτε λόγω των ιδιαίτερων ιδιοτήτων και της επικινδυνότητας των υφιστάμενων ρύπων.

Τα πλέον βασικά δεδομένα, τα οποία πρέπει να συλλεχθούν και να αξιολογηθούν, προκειμένου να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της διεργασίας της πυρόλυσης ρυπασμένων εδαφών και να προσδιοριστούν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, αλλά και τα στοιχεία κόστους, των απαιτούμενων αντίστοιχων μονάδων επεξεργασίας, είναι κυρίως τα εξής:

- ο τύπος και ο όγκος του προς επεξεργασία εδάφους,
- τα βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία εδάφους (π.χ. περιεχόμενη υγρασία, θερμοκρασία τήξης, πλαστικότητα, κα.),
- το είδος, η ποσότητα και τα χαρακτηριστικά (π.χ. πτητικότητα, δομή) των υφιστάμενων ρύπων,
- η απαιτούμενη θερμοκρασία πυρόλυσης,
- ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας (σύμφωνα ενδεχομένως με τους εκάστοτε νομοθετικού περιορισμούς),
- τα αναμενόμενα παραγόμενα απόβλητα (στερεά, αέρια, υγρά) και η ακριβής σύσταση αυτών,
- η απαιτούμενη επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων, πριν την τελική τους διάθεση σε κάποιο κατάλληλο χώρο,
- η τελική διάθεση των παραγόμενων υπολειμμάτων,
- η δυνατότητα εφαρμογής in-situ, ex-situ ή on-site,
- το είδος του χρησιμοποιούμενου αποτεφρωτή και η αναγκαία δυναμικότητα της αντίστοιχης μονάδας (συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων επεξεργασίας των παραγόμενων αποβλήτων),
- το συνολικό αναμενόμενο κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας.

#### Χρόνος Εφαρμογής

Όπως είναι λογικό, ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών με εφαρμογή της τεχνολογίας της πυρόλυσης δεν είναι πάντα σταθερός, αλλά αντίθετα κυμαίνεται, ανάλογα με τις ακόλουθες βασικές παραμέτρους:

- τον όγκο και τα χαρακτηριστικά (π.χ. υγρασία, κοκκομετρία, κα.) τους προς επεξεργασία εδάφους,
- το είδος και τη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων.

Σε γενικές γραμμές, ο αναγκαίος χρόνος επεξεργασίας καθορίζεται από τον απαιτούμενο χρόνο παραμονής του εδάφους εντός του πυρολυτικού θαλάμου, ο οποίος συνήθως είναι μικρός (από μερικά λεπτά έως ορισμένες ώρες). Ως εκ τούτου, ιδιαίτερα οι σύγχρονες μεγάλης κλίμακας μονάδες πυρόλυσης είναι δυνατόν να επεξεργαστούν πολλές εκατοντάδες τόνους εδάφους ημερησίως, παρέχοντας ιδιαίτερα άμεση και σύντομη επεξεργασία.

#### Παρακολούθηση Συστημάτων

Κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης ρυπασμένων εδαφών, οι απαιτήσεις παρακολούθησης των αντίστοιχων συστημάτων περιορίζονται στις λειτουργικές παραμέτρους τους (π.χ. θερμοκρασία πυρόλυσης, χρόνος παραμονής εδάφους εντός του πυρολυτικού θαλάμου, παροχή εδάφους, παραγωγή απαερίων, κα.), καθώς και στη σύσταση του εισερχόμενου προς επεξεργασία εδάφους, του στερεού υπολείμματος και των παραγόμενων απαερίων.

Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Το κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της πυρόλυσης είναι δυνατόν να διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση, δεδομένου ότι εξαρτάται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία εδάφους (π.χ. υγρασία) και φυσικά τους υφιστάμενους ρύπους.

Σε γενικές γραμμές, το εν λόγω κόστος παρουσιάζεται να κυμαίνεται γύρω στα 215 €/tn ρυπασμένου εδάφους.

Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.Πλεονεκτήματα τεχνολογίας

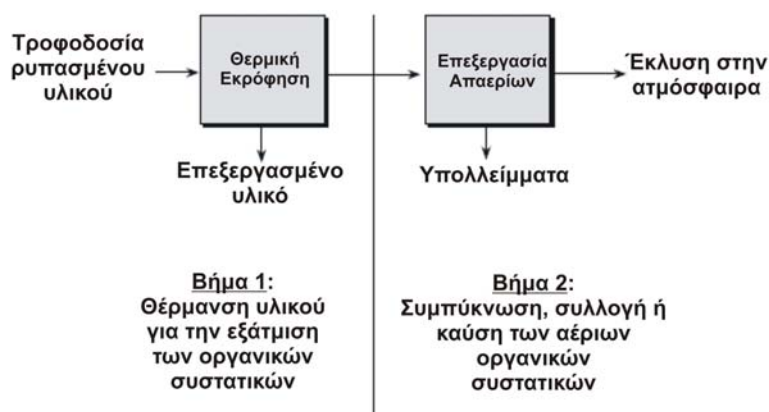
- η θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιείται (400-800°C) ελαττώνει τις παραγόμενες εκπομπές επικίνδυνων αερίων, την εμφάνιση σκουριάς και γενικότερα τη φθορά του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού,
- οι αντιδράσεις, που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκειά της, είναι ενδόθερμες και ως εκ τούτου είναι δυνατόν να ελεγχθούν, βάσει της παρεχόμενης θερμότητας,
- η παραγωγή ιπτάμενης τέφρας είναι σημαντικά μειωμένη, λόγω του μικρού στροβιλισμού που επικρατεί στο θάλαμο πυρόλυσης,
- η εξάτμιση βαρέων μετάλλων είναι πολύ περιορισμένη, λόγω των μικρών αναπτυσσόμενων θερμοκρασιών,
- στην περίπτωση που το παραγόμενο ανθρακικό στερεό υπόλειμμα (κωκ) είναι κατάλληλο για απευθείας διάθεση σε κατάλληλο χώρο και δεν είναι αναγκαία η καύση του, μειώνονται σημαντικά οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα,
- τα παραγόμενα πτητικά συστατικά της πυρόλυσης, καταστρέφονται πλήρως με αποτέφρωση, παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα και νερό,
- απαιτεί μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, καθώς αναπτύσσονται σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες.

Μειονεκτήματα τεχνολογίας

- απαιτεί συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τροφοδοσίας (π.χ. μέγεθος σωματιδίων, υγρασία, κα.), αυξάνοντας σημαντικά τις απαιτήσεις προεπεξεργασίας του προς εξυγίανση εδάφους,
- για την επεξεργασία εδαφών, που περιέχουν βαρέα μέταλλα, απαιτείται σταθεροποίηση – στερεοποίηση,
- εδάφη με υψηλό ποσοστό υγρασίας, αυξάνουν κατά πολύ το κόστος εφαρμογής της,
- συνήθως απαιτείται συνδυασμός αυτής με αποτέφρωση, για την επίτευξη υψηλότερων αποδόσεων εξυγίανσης.

### 5.2.1.3.2.3. Θερμική Εκρόφηση (Thermal Desorption)

Η θερμική εκρόφηση (Thermal Desorption - TD) αποτελεί μια φυσική διαδικασία διαχωρισμού, η οποία δεν στοχεύει στην καταστροφή των υφιστάμενων οργανικών ρύπων, όπως οι προαναφερόμενες θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών (αποτέφρωση και πυρόλυση). Αντίθετα, περιλαμβάνει την θέρμανση (250 έως και 650°C) του προς επεξεργασία εδάφους με στόχο την εξάτμιση του περιεχόμενου νερού και των οργανικών ρύπων, οι οποίοι στη συνέχεια οδηγούνται σε ειδικό σύστημα επεξεργασίας αερίων (Σχήμα 5-47). Η θερμοκρασία και ο χρόνος παραμονής σε συστήματα θερμικής εκρόφησης επιλέγονται έτσι ώστε να επιτυγχάνεται εξάτμιση και όχι οξείδωση των οργανικών ρύπων.



**Σχήμα 5-47:** Γενική μορφή της διεργασίας της θερμικής εκρόφησης (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998b).

#### Βασική αρχή

Οι διαθέσιμοι τρόποι θερμικής εκρόφησης εδαφικών ρύπων είναι τρεις:

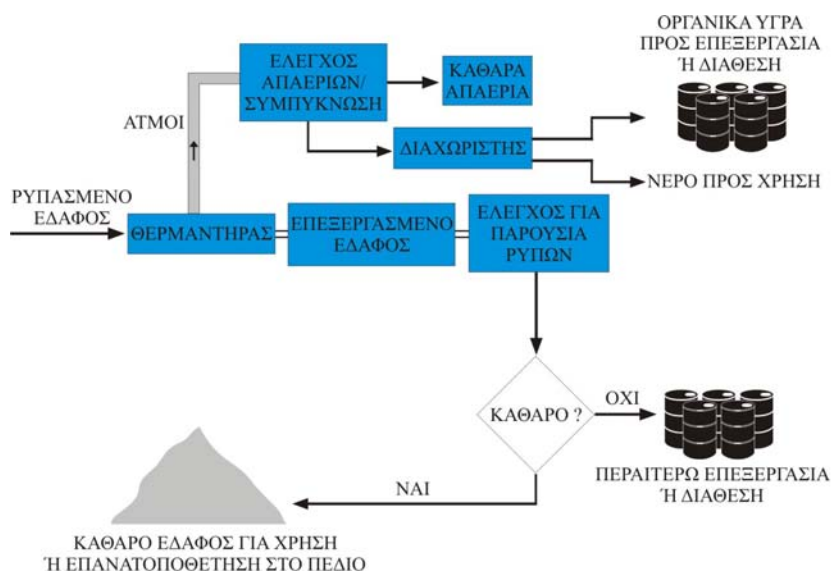
- Άμεση καύση: όπου η καύση πραγματοποιείται απευθείας πάνω στην επιφάνεια του προς επεξεργασία εδάφους, με στόχο την εκρόφηση των περισσότερων υφιστάμενων ρύπων και την αναγκαστική θερμική οξείδωση μικρού μέρους αυτών.
- Έμμεση καύση: όπου το προς επεξεργασία έδαφος έρχεται σε επαφή με ένα ιδιαίτερα θερμό ρεύμα αέρα, το οποίο προκαλεί την εκρόφηση του περιεχόμενου νερού και των υφιστάμενων ρύπων.
- Έμμεση θέρμανση: όπου με την χρήση ενός περιστροφικού ξηραντήρα πραγματοποιείται εξάτμιση του περιεχόμενου νερού και των υφιστάμενων ρύπων, οι οποίοι οδηγούνται σε ειδική μονάδα επεξεργασίας αερίων.

Ανάλογα με την αναπτυσσόμενη θερμοκρασία, η διεργασία της θερμικής εκρόφησης μπορεί να διαχωριστεί σε δυο κατηγορίες:

- Θερμική εκρόφηση υψηλής θερμοκρασίας (High Temperature Thermal Desorption - HTTD),
- Θερμική εκρόφηση χαμηλής θερμοκρασίας (Low Temperature Thermal Desorption - LTTD).

Στην πρώτη περίπτωση το προς επεξεργασία έδαφος θερμαίνεται στους 320 έως 560°C, επιτυγχάνοντας πολύ ικανοποιητική μείωση της συγκέντρωσης των υφιστάμενων ρύπων (έως και 5mg/Kg). Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται συχνά σε συνδυασμό με την αποτέφρωση και τη διεργασία της σταθεροποίησης - στερεοποίησης. Στην δεύτερη περίπτωση το προς επεξεργασία έδαφος θερμαίνεται στους 90 έως 320°C, επιτυγχάνοντας πολύ καλή απόδοση στην απομάκρυνση των υφιστάμενων ρύπων και ιδιαίτερα στην απομάκρυνση πετρελαϊκών υδρογονανθράκων (μεγαλύτερη από 95%). Με αυτήν την τεχνολογία το επεξεργαζόμενο έδαφος διατηρεί τις φυσικές του ιδιότητες και τα φυσικά οργανικά του συστατικά, τα οποία επιτρέπουν την επιβίωση μικροοργανισμών και ανάπτυξη βιολογικής δραστηριότητας.

Στο Σχήμα 5-48 παρουσιάζεται η τυπική διαδικασία θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών.



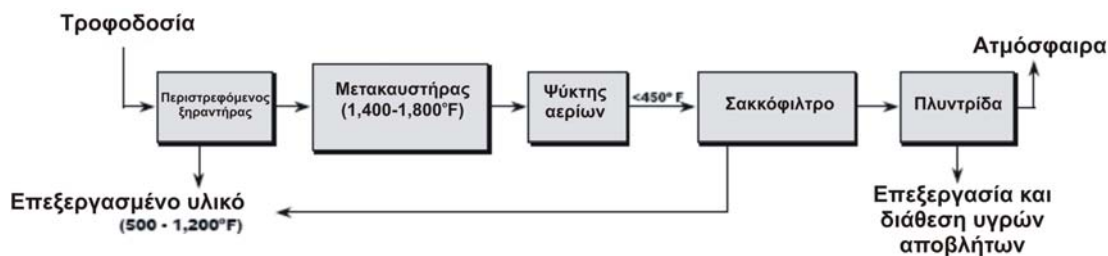
**Σχήμα 5-48:** Τυπική διαδικασία θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών (EPA, 1997).

#### Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

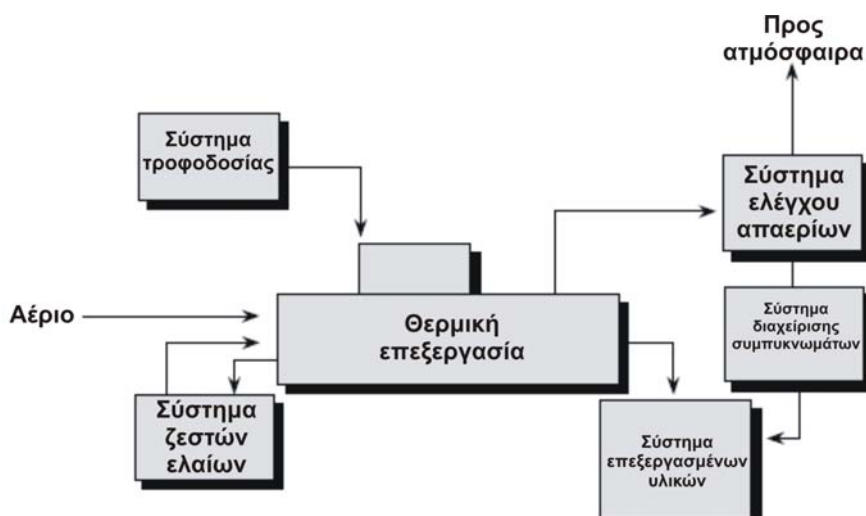
Τα πλέον κοινά συστήματα θερμικής εκρόφησης είναι οι περιστρεφόμενοι ξηραντήρες (rotary dryers) και οι θερμικοί κοχλίες (thermal screw). Οι περιστρεφόμενοι ξηραντήρες είναι οριζόντιοι, κεκλιμένοι και περιστρεφόμενοι κύλινδροι, στους οποίους πραγματοποιείται άμεση ή έμμεση καύση, ενώ τα συστήματα θερμικών κοχλίων αποτελούνται από περιστροφικούς κοχλίες, οι οποίοι μεταφέρουν το προς επεξεργασία έδαφος κατά μήκος μιας τάφρου και ανάμεσά τους διοχετεύονται καυτά έλαια ή ατμός για τη θέρμανση του εδάφους.

Όλα τα συστήματα θερμικής εκρόφησης απαιτούν την εγκατάσταση και τη λειτουργία ειδικών μονάδων επεξεργασίας των παραγόμενων απαερίων, για την απομάκρυνση των στερεών σωματιδίων και των υφιστάμενων ρύπων. Τα στερεά σωματίδια απομακρύνονται συνήθως με πλυντρίδες ή φίλτρα, ενώ οι αέριοι ρύποι απομακρύνονται με συμπύκνωση, η οποία

ακολουθείται από προσρόφηση σε άνθρακα ή με καταστροφή σε δευτερεύοντες θαλάμους καύσης ή καταλυτικούς οξειδωτές (Σχήματα 5-49 και 5-50).

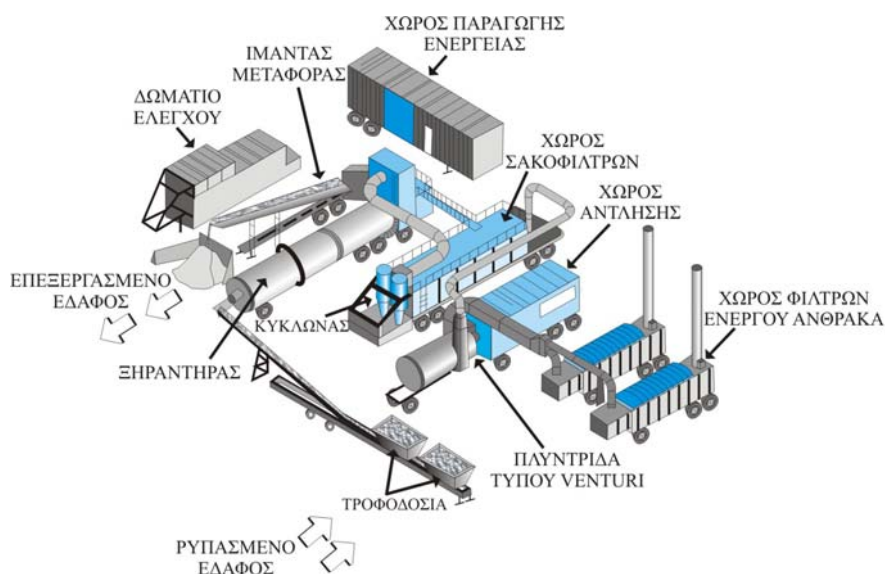


**Σχήμα 5-49:** Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών με χρήση περιστρεφόμενου ξηραντήρα (EPA, 1997).



**Σχήμα 5-50:** Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών με χρήση θερμικού κοχλίου (EPA, 1997).

Στο Σχήμα 5-51 παρουσιάζεται μια ολοκληρωμένη μονάδα θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών.



**Σχήμα 5-51:** Ολοκληρωμένη μονάδα θερμικής εκρόφησης (EPA, 1997).

Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Οι κύριοι εδαφικοί ρύποι, που μπορούν να απομακρυνθούν αποτελεσματικά με την θερμική εκρόφηση, είναι οι εξής:

- αλογονομένα και μη αλογονομένα πτητικά και ημι-πτητικά οργανικά συστατικά,
- πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs),
- ζιζανιοκτόνα,
- διοξίνες,
- φουράνια,
- οργανικά κυανίδια,
- οργανικές διαβρωτικές ουσίες,
- πτητικά μέταλλα.

Σε γενικές γραμμές, τα συστήματα θερμικής εκρόφησης παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση στην απόδοσή τους, ανάλογα με τον υπάρχοντα οργανικό εδαφικό ρύπο. Τα συστήματα θερμικής εκρόφησης χαμηλής θερμοκρασίας έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικά στην απομάκρυνση πτητικών οργανικών συστατικών, καυσίμων και ημι-πτητικών συστατικών, αλλά σε σχετικά χαμηλές αποδόσεις. Τα συστήματα θερμικής εκρόφησης υψηλής θερμοκρασίας έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην απομάκρυνση ημι-πτητικών οργανικών ρύπων, πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων, PCB, πτητικών μετάλλων και ζιζανιοκτόνων και ως επί τω πλείστων εφαρμόζονται για την επεξεργασία εδαφών ρυπασμένων με πετρελαιοειδή.

Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

Για την αξιολόγηση της δυνατότητας και της απόδοσης εφαρμογής της διεργασίας της θερμικής εκρόφησης εδαφικών ρύπων απαιτείται η γνώση των ακόλουθων βασικών στοιχείων:

- του είδους και της συγκέντρωσης των υφιστάμενων ρύπων,
- της περιεχόμενης υγρασίας του εδάφους,
- των σημείων βρασμού των διαφόρων ρύπων του εδάφους,
- των απαιτούμενων χρόνων παραμονής και αναπτυσσόμενων θερμοκρασιών για την εκρόφηση των υφιστάμενων εδαφικών ρύπων,
- των πιθανών εκλυόμενων φορτίων σκόνης (σωματιδίων).

Ειδικά για την θερμική εκρόφηση ρυπασμένων εδαφών έχει αναπτυχθεί ένα ενδεικτικό διάγραμμα αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητάς της για ένα δεδομένο πεδίο, το οποίο παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-52.

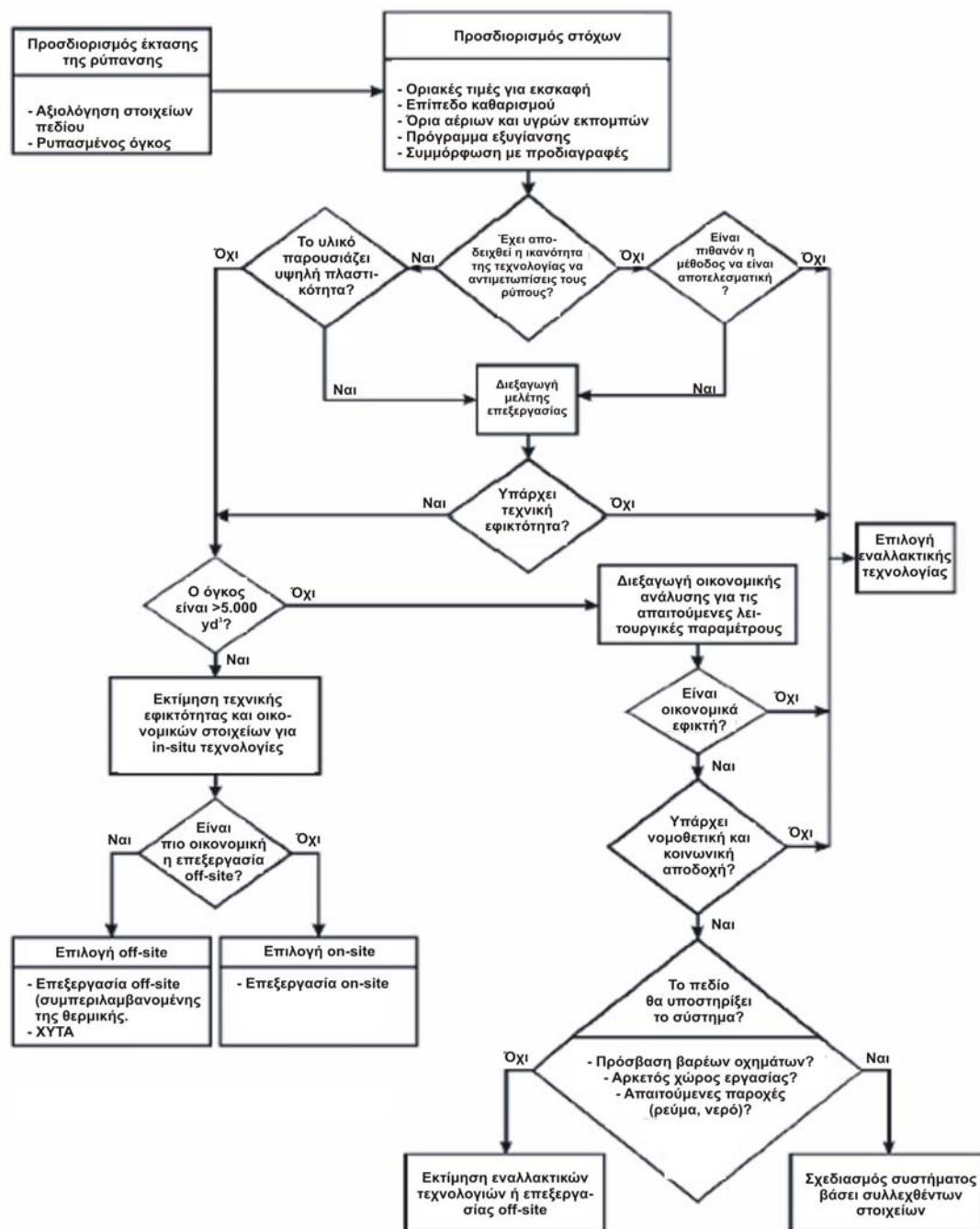
Χρόνος Εφαρμογής

Όπως είναι λογικό, ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών με εφαρμογή της τεχνολογίας της θερμικής εκρόφησης δεν είναι πάντα σταθερός, αλλά αντίθετα κυμαίνεται,

ανάλογα με τις ακόλουθες βασικές παραμέτρους:

- τον όγκο και τα χαρακτηριστικά (π.χ. υγρασία, κοκκομετρία, κα.) τους προς επεξεργασία εδάφους,
- το είδος και τη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων.

Σε γενικές γραμμές, ο αναγκαίος χρόνος επεξεργασίας καθορίζεται από τον απαιτούμενο χρόνο παραμονής του εδάφους εντός του θαλάμου, ο οποίος συνήθως είναι μικρός (από μερικά λεπτά έως ορισμένες ώρες).



**Σχήμα 5-52:** Ενδεικτικό διάγραμμα αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας της θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών (EPA, 1997).

Παρακολούθηση Συστημάτων

Κατά τη διάρκεια της θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών, οι απαιτήσεις παρακολούθησης των αντίστοιχων συστημάτων περιορίζονται στις λειτουργικές παραμέτρους τους (π.χ. θερμοκρασία, χρόνος παραμονής εδάφους εντός της μονάδας, παροχή εδάφους, παραγωγή απαερίων, κα.), καθώς και στη σύσταση του εισερχόμενου προς επεξεργασία εδάφους και των παραγόμενων απαερίων.

Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Όσον αφορά στο κόστος της επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών με τη διεργασία της θερμικής εκρόφησης, αυτό έχει αποδειχθεί να κυμαίνεται από 40 έως 300€ ανά τόνο εδάφους. Από αυτό το ποσό, περίπου τα 20 έως 35€ ανά τόνο εδάφους αφορούν στα άμεσα λειτουργικά έξοδα της εγκατεστημένης μονάδας επεξεργασίας, ενώ το υπόλοιπο αφορά κυρίως στην εκσκαφή και στη μεταφορά του προς επεξεργασία εδάφους.

Στον Πίνακα 5-46 παρουσιάζεται η διακύμανση του κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας της θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών με χρήση διαφορετικών συστημάτων, ενώ στον Πίνακα 5-47 φαίνεται το αντίστοιχο κόστος επεξεργασίας εδαφών, που έχουν ρυπανθεί από πετρελαιοειδή, ανάλογα με την ποσότητα του προς επεξεργασία εδάφους.

**Πίνακας 5-46:** Ενδεικτικό κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας της θερμικής εκρόφησης ρυπασμένων εδαφών με χρήση διαφορετικών συστημάτων (EPA, 1997).

Σύστημα Θερμικής Εκρόφησης	Κόστος (€/tn εδάφους)
Μικρός έως μεσαίος περιστρεφόμενος ξηραντήρας άμεσης - επαφής	29 - 145
Μεγάλης κλίμακας περιστρεφόμενος ξηραντήρας άμεσης - επαφής	25 - 70
Περιστρεφόμενος ξηραντήρας έμμεσης - επαφής	60 - 110
Θερμικός κοχλίας έμμεσης - επαφής	70 - 110

**Πίνακας 5-47:** Κόστος επεξεργασίας εδαφών, που έχουν ρυπανθεί από πετρελαιοειδή, με εφαρμογή της τεχνολογίας της θερμικής εκρόφησης, ανάλογα με τον όγκο του προς επεξεργασία εδάφους (EPA, 1997).

Ποσότητα Εδάφους (tn)	Εφαρμογή	Κόστος (€/tn εδάφους)
1.000	On-Site	65 - 95
10.000		30 - 50
100.000		25 - 35

Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.Πλεονεκτήματα τεχνολογίας

- η θερμοκρασία στην οποία πραγματοποιείται αποτρέπει το σχηματισμό επικινδύνων αερίων, την εμφάνιση σκουριάς και γενικότερα τη φθορά του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού,

- μπορεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικό αρκετά μεγάλο αριθμό οργανικών και ανόργανων πτητικών ρύπων,
- απαιτεί μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, καθώς αναπτύσσονται σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες.

#### *Μειονεκτήματα τεχνολογίας*

- η απόδοση, η εφαρμοσιμότητα και το κόστος της καθορίζεται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία εδάφους (π.χ. μέγεθος εδαφικών σωματιδίων),
- στην περίπτωση αυξημένης υγρασίας του εδάφους, ίσως απαιτείται η ρύθμισή της με απομάκρυνση συγκεκριμένων ποσοτήτων νερού,
- η παρουσία βαρέων μετάλλων επιβάλλει την επεξεργασία (π.χ. σταθεροποίηση – στερεοποίηση) της παραγόμενης στάχτης,
- η αυξημένη συγκέντρωση αργίλου, ιλύος και χουμικών ενώσεων στο προς επεξεργασία έδαφος αυξάνει την προσρόφηση των υφιστάμενων ρύπων, αυξάνοντας σημαντικά τον αναγκαίο χρόνο παραμονής του εδάφους στη μονάδα θερμικής εκρόφησης.

### 5.2.2. Μέθοδοι Αποκατάστασης Κορεσμένων Εδαφών – Υπογείων Υδάτων

Οι υπάρχουσες τεχνολογίες εξυγίανσης ρυπασμένων υπογείων υδάτων είναι πολλές, αρκετά εξειδικευμένες και είναι δυνατόν να ταξινομηθούν σε ξεχωριστές κατηγορίες, βάσει κάποιου συγκεκριμένου κριτηρίου. Για παράδειγμα, οι χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες μπορούν κατ' αρχήν να διακριθούν σε in-situ και ex-situ, ανάλογα με το αν εφαρμόζονται απευθείας στο πεδίο (χωρίς την απομάκρυνση του ρυπασμένου εδάφους) ή αν περιλαμβάνουν την άντληση του ρυπασμένου νερού και την επεξεργασία του μακριά από το πεδίο σε ειδικές εγκαταστάσεις.

Μια άλλου είδους διάκριση αφορά στους μηχανισμούς τους οποίους εκμεταλλεύεται κάθε τεχνολογία για την απομάκρυνση του εκάστοτε ρύπου, οι οποίοι αν είναι φυσικοί κατατάσσονται στην αντίστοιχη τεχνολογία στις φυσικές μεθόδους επεξεργασίας εδαφών, αν είναι χημικοί στις χημικές μεθόδους, αν είναι βιοτικοί στις μεθόδους βιοεξυγίανσης, κτλ. Επίσης, κατάταξη των τεχνολογιών αποκατάστασης υπογείων υδάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί και βάσει της επίδρασή τους στον εκάστοτε ανεπιθύμητο ρύπο, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει την πλήρη καταστροφή του (π.χ. οξείδωση), την απομάκρυνσή του από το ρυπασμένο νερό (π.χ. εκχύση με αέρα), τη δέσμευσή του ή απλά τον περιορισμό του (π.χ. προσρόφηση) .

Στη συνέχεια, οι παρουσιαζόμενες τεχνολογίες εξυγίανσης υπογείων υδάτων κατατάσσονται ανάλογα με το αν εφαρμόζονται απευθείας στο πεδίο ή σε ειδικές εγκαταστάσεις, αφού προηγηθεί άντληση του ρυπασμένου νερού, σε:

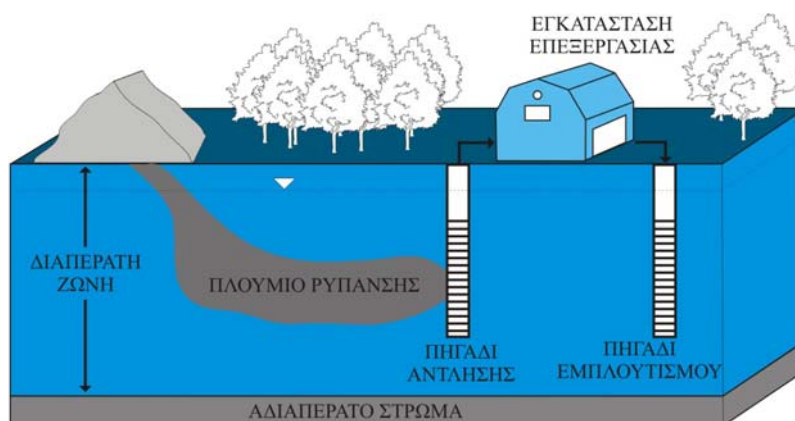
- in-situ,
- ex-situ.

Ορισμένες από τις εξεταζόμενες τεχνολογίες είναι δυνατόν να εφαρμοστούν και in-situ και ex-situ (π.χ. προηγμένη οξείδωση).

### 5.2.2.1. Ex- Situ

#### 5.2.2.1.1. Αντληση και Επεξεργασία (Pump-and-Treat)

Η αποκατάσταση ρυπασμένων υδροφορέων με άντληση και υπέργεια επεξεργασία του υπόγειου νερού αποτέλεσε για πολλά χρόνια τη μοναδική εφαρμοζόμενη τεχνολογία εξυγίανσης. Βάσει αυτής, το ρυπασμένο υπόγειο νερό μεταφέρεται στην επιφάνεια του εδάφους (μέσω κατάλληλων γεωτρήσεων άντλησης), όπου επεξεργάζεται και στη συνέχεια επανατοποθετείται στο υπέδαφος (Σχήμα 5-53) ή καταλήγει σε επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες, επιτυγχάνοντας πολύ ικανοποιητικό βαθμό εξυγίανσης και ταυτόχρονο περιορισμό της εξάπλωσης της ήδη υπάρχουσας ρύπανσης.



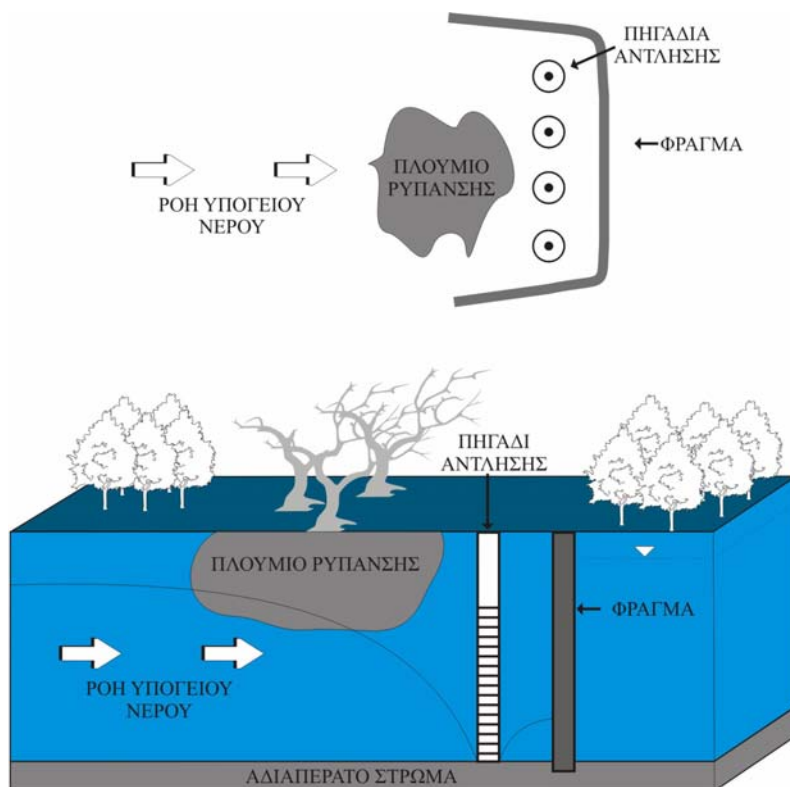
**Σχήμα 5-53:** Τυπικό σύστημα άντλησης και επεξεργασίας υπογείων υδάτων (Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005).

#### Βασική αρχή

Η τεχνολογία άντλησης και επεξεργασίας μπορεί να σχεδιαστεί και να εφαρμοστεί στοχεύοντας σε δυο διαφορετικούς δυνατούς σκοπούς, οι οποίοι είναι οι εξής:

- ο περιορισμός του υφιστάμενου πλούμιου ρύπανσης (για την αποτροπή της εξάπλωσής του ή της μεταφοράς του σε κάποιον ευαίσθητο κοντινό αποδέκτη),
- η εξυγίανση του υπόγειου υδροφορέα (απομάκρυνση των υφιστάμενων ρύπων και επίτευξη των μέγιστων τουλάχιστον επιτρεπτών νομοθετικά συγκεντρώσεων).

Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούνται γεωτρήσεις άντλησης και διοχέτευσης νερού στον υπόγειο υδροφορέα, με στόχο τον έλεγχο και την αλλαγή της κατεύθυνσης της υπόγειας ροής, έτσι ώστε να αποτραπεί η εξάπλωση του υπάρχοντος πλούμιου ρύπανσης. Οι ρυθμοί άντλησης του υπόγειου νερού είναι γενικά χαμηλοί και συχνά χρησιμοποιούνται φράγματα, ανάντη ή κατόντη της πηγής ρύπανσης, για ακόμη μεγαλύτερο περιορισμό του υπάρχοντος πλούμιου (Σχήμα 5-54).



**Σχήμα 5-54:** Συνδυασμός γεωτρήσεων άντλησης και φραγμάτων για τον περιορισμό του υφιστάμενου πλούμιου ρύπανσης (Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005).

Η συγκεκριμένη τεχνική εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας εφαρμόζεται κυρίως σε περιπτώσεις, που η αρχική πηγή ρύπανσης δεν μπορεί να απομακρυνθεί (π.χ. ΧΥΤΑ) και η εξάπλωση των υφιστάμενων ρύπων μέσα στο υπέδαφος είναι γενικά αργή, λόγω των επικρατούντων υδρογεωλογικών και γεωχημικών συνθηκών.

Στη δεύτερη περίπτωση, στόχος των χρησιμοποιούμενων γεωτρήσεων άντλησης είναι η απομάκρυνση όσο το δυνατόν μεγαλύτερων ποσοτήτων νερού, προκειμένου να επεξεργαστούν και να επαναδιοχετευτούν στον υδροφόρο. Οι ρυθμοί άντλησης είναι μεγάλοι και απαιτείται η εγκατάσταση ειδικής μονάδας επεξεργασίας του αντλούμενου νερού.

Ο σχεδιασμός τέτοιου είδους συστημάτων άντλησης και επεξεργασίας είναι αρκετά πολύπλοκος, καθώς προϋποθέτει πολύ καλή γνώση των επικρατούντων υδρογεωλογικών συνθηκών του προς εξυγίανση πεδίου. Η ροή του υπόγειου νερού και η έκταση της υφιστάμενης ρύπανσης είναι μόνο μερικές από τις βασικές παραμέτρους, που πρέπει να προσδιοριστούν με λεπτομέρεια πριν το σχεδιασμό και την εφαρμογή της εν λόγω τεχνολογίας. Στον Πίνακα 5-48 παρουσιάζονται οι πλέον καθοριστικές παράμετροι του προς εξυγίανση πεδίου, που πρέπει να προσδιορίζονται και ο τρόπος επιρροής τους (θετικός ή αρνητικός) στην εφαρμογή και την απόδοση της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας.

**Πίνακας 5-48:** Καθοριστικές παράμετροι πεδίου για την εφαρμογή της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας (EPA, 1996).

Χαρακτηριστικά ρύπων και υδρογεωλογίας πεδίου	Κλίμακα αρνητικής επιρροής ——— Αύξηση ———→	
<b>Χρήση Πεδίου</b>		
Φύση πηγής ρύπανσης	Μικρός όγκος Μικρή διάρκεια Στιγμιαία	Μεγάλος όγκος Μεγάλη διάρκεια Συνεχής
<b>Ιδιότητες Ρύπων</b>		
Δυνατότητα βιοτικής / αβιοτικής αποδόμησης	Υψηλή	Χαμηλή
Πτητικότητα	Υψηλή	Χαμηλή
Τάση προσρόφησης	Χαμηλή	Υψηλή
<b>Κατανομή Ρύπων</b>		
Φάση ρύπου	Υδατική, αέρια	LNAPL → DNAPL
Όγκος προς επεξεργασία περιοχής	Μικρός	Μεγάλος
Βάθος ρύπανσης	Μικρό	Μεγάλο
<b>Γεωλογικές Συνθήκες</b>		
Στρωματογραφία	Απλή	Σύνθετη
Κοκκομετρία εδαφικού υλικού	Χονδρή	Λεπτή
Βαθμός ετερογένειας	Χαμηλός	Υψηλός
<b>Παράμετροι Υπόγειας Ροής</b>		
Υδραυλική αγωγιμότητα	Υψηλή ( $>0,01\text{cm/s}$ )	Χαμηλή ( $<0,0001\text{cm/s}$ )
Εποχιακή διακύμανση	Μικρή	Έντονη
Κάθετη ταχύτητα ροής	Μικρή	Υψηλή

Αφού γίνει ο προσδιορισμός των απαιτούμενων γεωτρήσεων άντλησης, της χωροθέτησής τους στο προς εξυγίανση πεδίο και του ρυθμού άντλησης αυτών, επιλέγεται η κατάλληλη μέθοδος επεξεργασίας του αντλούμενου νερού. Η επιλογή αυτή γίνεται ανάμεσα σε πολλές διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας νερού και υγρών αποβλήτων, βάσει πάντα του τύπου και των ιδιοτήτων των υφιστάμενων ρύπων (Πίνακας 5-49). Πολλές φορές γίνεται διαδοχική χρήση περισσότερων από μιας τεχνολογιών, προκειμένου να επιτευχθούν διαφορετικοί στόχοι επεξεργασίας, όπως π.χ. απομάκρυνση στερεών σωματιδίων, απομάκρυνση ρύπων, επεξεργασία πιθανών παραπροϊόντων (π.χ. πτητικών αέριων ρύπων από την τεχνολογία της εκφύσησης με αέρα), κα..

Φυσικά, οι δυο προαναφερόμενες τεχνικές εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας (περιορισμός του υφιστάμενου πλούμιου ρύπανσης - εξυγίανση του υπόγειου υδροφορέα), μπορούν να εφαρμοστούν σε συνδυασμό, επιφέροντας ενδεχομένως ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα. Στο Σχήμα 5-55 παρουσιάζονται διαφορετικές περιπτώσεις εφαρμογής της άντλησης και επεξεργασίας ρυπασμένων υπογείων υδάτων και τα αντίστοιχα αποτελέσματα εξυγίανσης, που αναμένεται να προκύψουν στο μέλλον (μετά δηλαδή από ένα εύλογο χρονικό διάστημα λειτουργίας των αντίστοιχων συστημάτων).

**Πίνακας 5-49:** Διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας υδάτων και αποτελεσματικότητα αυτών, ανάλογα με τον εκάστοτε ρύπο (EPA, 1996).

Ρύποι	Ευαιερέωση	Καθίζηση	UV/O <sub>3</sub>	Χημική οξείδωση	Αναγωγή	Διύλιση	Εκφύσηση με αέρα	Εκφύσηση με ατμό	Ενεργός άνθρακας	Εξάτμιση	Διαχωρισμός με βαρύτητα	Επίπλευση	Διαχωρισμός με μεμβράνες	Ιονανταλλαγή	Διήθηση	Βιολογική	Ηλεκτροχημική
Μέταλλα																	
Βαρέα μέταλλα	X	●	X	X	○	X	X	X	○	●	●	X	●	●	●	X	●
Εξασθενές χρώμιο	X	●	X	X	●	X	X	X	○	●	X	X	○	●	X	X	●
Αρσενικό	X	○	○	○	X	X	X	X	○	X	○	X	●	●	●	X	X
Υδράργυρος	X	●	X	X	●	X	X	X	●	X	○	X	○	●	●	X	X
Κυανίδια	X	X	●	●	X	X	X	X	X	●	X	X	●	●	X	○	○
Διαβρωτικά	●	●	X	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Πτητικά οργανικά	X	X	○	●	X	●	●	●	●	X	X	X	○	○	X	○	X
Κετόνες	X	X	○	●	X	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	●	X
Ημιπτητικά οργανικά	X	○	●	●	X	●	X	●	●	○	○	○	●	●	X	●	X
Φυτοφάρμακα	X	○	●	●	X	●	X		●	○	○	○	●	●	●	○	X
PCB	X	●	●	●	X	●	X	X	●	●	●	●	●	●	●	○	X
Διοξίνες	X	●	●		X	●	X	X	●	●	●	●	●	●	●	○	X
Έλαια και λιπαντικά	X	●	X	X	X	●	X	X	X	●	●	●	●	●	○	○	X

● Εφαρμοσίμη

○ Πιθανά εφαρμοσίμη

X Μη εφαρμοσίμη






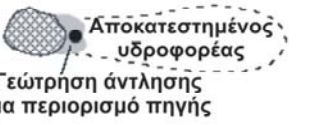

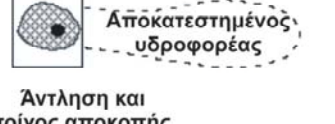


Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Τα κυριότερα τμήματα ενός συστήματος άντλησης και επεξεργασίας υπογείων υδάτων, όπως είναι ευνόητο, είναι τα εξής:

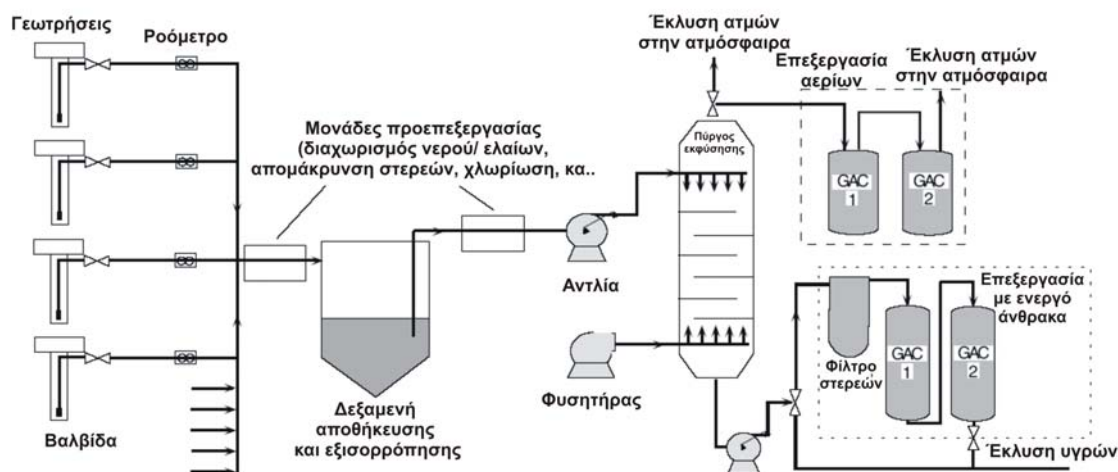
- δίκτυο γεωτρήσεων άντλησης και επαναδιοχέτευσης υπόγειου νερού στο υπέδαφος,
- μονάδα επεξεργασίας αντλούμενου νερού,
- λοιπός εξοπλισμός (π.χ. αντλίες, ροόμετρα, μανόμετρα, κα.).

Στο Σχήμα 5-56 παρουσιάζεται ένα τυπικό σύστημα άντλησης και επεξεργασίας υπογείων υδάτων, το οποίο εφαρμόζει εκφύσηση με αέρα και προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα για την επεξεργασία του αντλούμενου νερού.

Όσον αφορά στην επεξεργασία του αντλούμενου νερού, ο αναγκαίος εξοπλισμός εξαρτάται από την αντίστοιχη μέθοδο επεξεργασίας, που θα επιλεγεί να εφαρμοστεί.

ΣΗΜΕΡΑ	ΜΕΛΛΟΝ
<p>Περιορισμός πλούμιου</p> 	
<p>Αποκοπή πλούμιου</p> 	<p>Φυσική αποδόμηση</p> 
<p>Γεωτρήσεις εξυγίανσης υδροφορέα κατάντη</p> 	<p>Αποκατεστημένος υδροφορέας</p> 
<p>Αποκατάσταση υδροφορέα κατάντη</p> 	<p>Αποκατεστημένος υδροφορέας</p> 
<p>Αποκατάσταση υδροφορέα</p> 	<p>Αποκατεστημένος υδροφορέας</p> 

**Σχήμα 5-55:** Διαφορετικές διατάξεις συστημάτων άντλησης και επεξεργασίας ρυπασμένων υπογείων υδάτων και αναμενόμενα αποτελέσματα εξυγίανσης στο μέλλον (EPA, 1997).



**Σχήμα 5-56:** Ενδεικτικό σύστημα άντλησης και επεξεργασίας ρυπασμένων υπογείων υδάτων με εφαρμογή εκφύσησης με αέρα και προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα (EPA, 1997).

Στους Πίνακες 5-50 και 5-51 παρουσιάζονται τα κύρια τεχνικά θέματα και παράμετροι κόστους, που αφορούν στην εφαρμογή διαφορετικών τεχνολογιών επεξεργασίας υδάτων, που έχουν ρυπανθεί από ανόργανους και οργανικούς ρύπους, αντίστοιχα.

**Πίνακας 5-50:** Βασικότερες διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας υπόγειου νερού, που έχει ρυπανθεί με ανόργανους ρύπους (Suthersan S., 1997).

Τεχνολογία	Τεχνικά θέματα	Παράμετροι κόστους
Καθίζηση	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Απομάκρυνση των περισσότερων βαρέων μετάλλων μέσω καθίζησης με κατάλληλη ρύθμιση του pH.</li> <li>- Καθίζηση μαζί με το σίδηρο (για ορισμένα μέταλλα, όπως το αρσενικό).</li> <li>- Διαφορετική ιδανική τιμή του pH για διαφορετικά μέταλλα.</li> <li>- Απαιτείται σύστημα απομάκρυνσης στερεών.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Κεφάλαιο προμήθειας απαιτούμενου εξοπλισμού.</li> <li>- Διάθεση παραγόμενης και ενδεχομένως τοξικής ιλύος.</li> <li>- Όγκος παραγόμενης ιλύος (ο οποίος μπορεί να αυξηθεί σημαντικά παρουσία προσμίξεων, όπως σιδήρου και μαγνησίου).</li> <li>- Ανάγκη διατήρησης σταθερής λειτουργίας.</li> <li>- Κεφάλαιο προμήθειας απαιτούμενου εξοπλισμού.</li> <li>- Διάθεση μέσου ιονανταλλαγής και αναγέννησης.</li> </ul>
Ιονανταλλαγή	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Επίτευξη υψηλής απόδοσης.</li> <li>- Πιθανή εμφάνιση «φραξίματος» ή μεγάλης ανταγωνιστικότητας για τα υπάρχοντα σημεία ιονανταλλαγής.</li> <li>- Απαιτείται επίτευξη βέλτιστων τιμών pH.</li> <li>- Ανταγωνιστικότητα από υπάρχουσες προσμίξεις.</li> <li>- Μείωση της απόδοσης με το χρόνο.</li> </ul>	
Προσρόφηση	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Χρήση ενεργού άνθρακα για την απομάκρυνση ορισμένων μετάλλων.</li> <li>- Μείωση της απόδοσης με το χρόνο.</li> <li>- Βασική εφαρμογή ως μέθοδος προεπεξεργασίας υδάτων με μικρές συγκεντρώσεις ρύπων.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Χαμηλό αρχικό κεφάλαιο.</li> <li>- Ανάγκη αντικατάστασης και διάθεσης του χρησιμοποιούμενου προσροφητικού μέσου.</li> </ul>
Αντίστροφη όσμωση	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Επίτευξη υψηλής απόδοσης.</li> <li>- Επίτευξη βέλτιστων τιμών pH.</li> <li>- Παραγωγή αποβλήτων.</li> <li>- Συνεχής εμφάνιση προβλημάτων «φραξίματος» των χρησιμοποιούμενων μεμβρανών.</li> <li>- Καταστροφή μεμβρανών από την παρουσία οξειδωτικών ουσιών, όπως χλωρίου.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Κεφάλαιο προμήθειας απαιτούμενου εξοπλισμού.</li> <li>- Διάθεση παραγόμενων αποβλήτων.</li> <li>- Αναγκαία αναπτυσσόμενη πίεση.</li> <li>- Ανάγκη συντήρησης για την αποφυγή φαινομένων «φραξίματος».</li> <li>- Τιμή ανακτημένου προϊόντος.</li> <li>- Κόστος παραγωγής ατμού (ενέργεια και αρχικό κεφάλαιο).</li> <li>- Επιπρόσθετος εξοπλισμός (συμπυκνωτής, εναλλάκτες θερμότητας, κτλ).</li> <li>- Ανάγκη συντήρησης για την αποφυγή φαινομένων «φραξίματος».</li> <li>- Ανάγκη συνεχούς παρακολούθησης.</li> <li>- Έντονη διακύμανση του κόστους εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης.</li> </ul>
Εκφύσηση με ατμό (vapor stripping)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Δυνατότητα συμπύκνωσης του ατμού και ανάκτησης προϊόντος.</li> <li>- Πρόβλημα «φραξίματος» παρουσία σιδήρου και ασβεστίου σε υψηλή θερμοκρασία.</li> <li>- Λειτουργία σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία.</li> <li>- Σχετικά δύσκολος σχεδιασμός και λειτουργία.</li> <li>- Διεργασία μεταφοράς μάζας (ο υφιστάμενος ρύπος δεν καταστρέφεται).</li> <li>- Μείωση της αμμωνίας.</li> </ul>	
Χημική οξείδωση	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Εφαρμόσιμη για την αντιμετώπιση κυανιδίων, σουλφιδίων, κτλ.</li> <li>- Δεν απαιτείται UV ακτινοβολία.</li> </ul>	

**Πίνακας 5-51:** Βασικότερες διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας υπόγειου νερού, που έχει ρυπανθεί με οργανικούς ρύπους (Suthersan S., 1997).

Τεχνολογία	Τεχνικά θέματα	Παράμετροι κόστους
Εκφύσηση με αέρα (air stripping)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Άμεσα παραδοτέος εξοπλισμός.</li> <li>- Απόδοση εξυγίανσης 99,9%.</li> <li>- Διεργασία μεταφοράς μάζας (ο υφιστάμενος ρύπος δεν καταστρέφεται).</li> <li>- Απαιτείται έλεγχος αέριων εκπομπών.</li> <li>- Παρουσιάζονται προβλήματα «φραξίματος».</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Απαιτούμενος έλεγχος απαερίων.</li> <li>- Χημική προεπεξεργασία για την αποφυγή φαινομένων «φραξίματος» από μέταλλα ή μικροοργανισμούς.</li> <li>- Ανάγκη συντήρησης.</li> </ul>
Προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Άμεσα παραδοτέος εξοπλισμός.</li> <li>- Απόδοση εξυγίανσης 99,9%.</li> <li>- Απλή τεχνολογία.</li> <li>- Διεργασία μεταφοράς μάζας (ο υφιστάμενος ρύπος δεν καταστρέφεται).</li> <li>- Μη εφαρμόσιμη για ιδιαίτερα διαλυτούς ρύπους.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Χρήση δοχείων με παροχή υπό πίεση.</li> <li>- Κόστος αντικατάστασης ενεργού άνθρακα (προμήθειας νέου και αποκατάστασης παλαιού).</li> <li>- Ανάγκη προεπεξεργασίας και συντήρησης για την αποφυγή φαινομένων «φραξίματος».</li> </ul>
Εκφύσηση με ατμό (vapor stripping)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Δυνατότητα συμπίκνωσης του ατμού και ανάκτησης προϊόντος.</li> <li>- Πρόβλημα «φραξίματος» παρουσία σιδήρου και ασβεστίου σε υψηλή θερμοκρασία.</li> <li>- Λειτουργία σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία.</li> <li>- Σχετικά δύσκολος σχεδιασμός και λειτουργία.</li> <li>- Διεργασία μεταφοράς μάζας (ο υφιστάμενος ρύπος δεν καταστρέφεται).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Τιμή ανακτημένου προϊόντος.</li> <li>- Κόστος παραγωγής ατμού (ενέργεια και αρχικό κεφάλαιο).</li> <li>- Επιπρόσθετος εξοπλισμός (συμπυκνωτής, εναλλάκτες θερμότητας, κτλ).</li> <li>- Ανάγκη συντήρησης για την αποφυγή φαινομένων «φραξίματος».</li> <li>- Ανάγκη συνεχούς παρακολούθησης.</li> </ul>
Χημική οξειδωση	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Οι χρησιμοποιούμενες οξειδωτικές ουσίες περιλαμβάνουν UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, UV/O<sub>3</sub>, υπερμαγγανικό κάλιο, αντιδραστήριο Fenton, κα.</li> <li>- Τεχνολογία καταστροφής.</li> <li>- Δυνατότητα οξειδωσης με οξυγόνο υπό υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις.</li> <li>- Μεγάλη ποικιλία αντιδραστήρων (διαλείποντος έργου, εμβολικής ροής, κα).</li> <li>- Ταυτόχρονη οξειδωση ανόργανων συστατικών (π.χ. κυανιδίων, σιδήρου, μαγνησίου, κα).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Αρχικό κεφάλαιο προμήθειας αναγκαίου εξοπλισμού.</li> <li>- Ανάγκες συντήρησης και απαιτούμενη ενέργεια λειτουργίας.</li> <li>- Αυξημένη ανάγκη οξειδωτικών λόγω παρουσίας προσμίξεων που οξειδώνονται παράλληλα με τον υφιστάμενο ρύπο.</li> <li>- Ανάγκη συντήρησης για την αποφυγή φαινομένων «φραξίματος».</li> </ul>
Βιοαποικοδόμηση	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Εφαρμόσιμη μόνο για βιοαποικοδομήσιμους ρύπους.</li> <li>- Δύσκολες λειτουργικές παράμετροι (π.χ. μικροβιακή ανάπτυξη, συγκέντρωση υποστρώματος και θρεπτικών, κτλ).</li> <li>- Επιβάλλεται σταθερότητα στην παροχή και στις τιμές των λειτουργικών παραμέτρων.</li> <li>- Μεγαλύτερη ταχύτητα αποκατάστασης υπό αερόβιες συνθήκες, από ότι υπό αναερόβιες.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Αναγκαίος εξοπλισμός για τη στήριξη της λειτουργίας του βιοαντιδραστήρα.</li> <li>- Παρουσιαζόμενα προβλήματα λειτουργίας και συντήρησης, που μπορεί να σχετίζονται με μεταβολές του pH, της θερμοκρασίας, κτλ.</li> <li>- Μείωση βιομάζας και απόδοσης.</li> </ul>
Διήθηση σε μεμβράνες	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Δυνατότητα διαχωρισμού και χρήσης των ρύπων.</li> <li>- Ανάγκη προεπεξεργασίας για την απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών.</li> <li>- Δυνατότητα χρήσης μεμβρανών μικροδιήθησης, νανοδιήθησης ή υπερδιήθησης, ανάλογα με το είδος του υφιστάμενου ρύπου.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Υψηλό κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης.</li> <li>- Ανάγκη συντήρησης για την αποφυγή φαινομένων «φραξίματος».</li> <li>- Διάθεση χρησιμοποιούμενων μεμβρανών.</li> </ul>

Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Η άντληση και επεξεργασία υπογείων υδάτων αποτελεί μια αρκετά ευέλικτη τεχνολογία εξυγίανσης, όσον αφορά στην ποικιλία των ρύπων, που μπορεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά. Δεδομένου ότι η επεξεργασία του ρυπασμένου νερού γίνεται υπέργεια, σε μονάδες, που έχουν επιλεγεί ειδικά για τους εκάστοτε ρύπους και υπό πλήρως ελεγχόμενες συνθήκες, τόσο ο αριθμός των επεξεργασιμών ρύπων, όσο και η αντίστοιχη απόδοση επεξεργασίας είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικές.

Ο μοναδικός περιορισμός της τεχνολογίας έγκειται στη μεταφορά των ρύπων στην επιφάνεια, μαζί με το αντλούμενο υπόγειο νερό. Αν η διαλυτότητα των ρύπων στο νερό είναι μικρή ή ακόμη χειρότερα αν η τάση προσρόφησής τους στα εδαφικά σωματίδια είναι έντονη, τότε η απομάκρυνσή τους από το υπέδαφος μέσω της άντλησης του υπόγειου νερού είναι αδύνατη ή έστω αναποτελεσματική. Σε αντίθετη περίπτωση, που η διαλυτότητα των υφιστάμενων ρύπων και η μεταφορά τους στην επιφάνεια του εδάφους με την άντληση τους υπόγειου νερού είναι μεγάλη, η αντιμετώπισή τους είναι σχετικά εύκολη, καθώς ανάλογα με τις ιδιότητές τους, επιλέγεται μια από τις πολυάριθμες τεχνολογίες επεξεργασίας νερού, επιτυγχάνοντας πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα εξυγίανσης.

Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

Για την αξιολόγηση της καταλληλότητας και της εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας υπογείων υδάτων σε ένα δεδομένο ρυπασμένο πεδίο έχει καθιερωθεί η ακολουθία των εξής επιμέρους βημάτων:

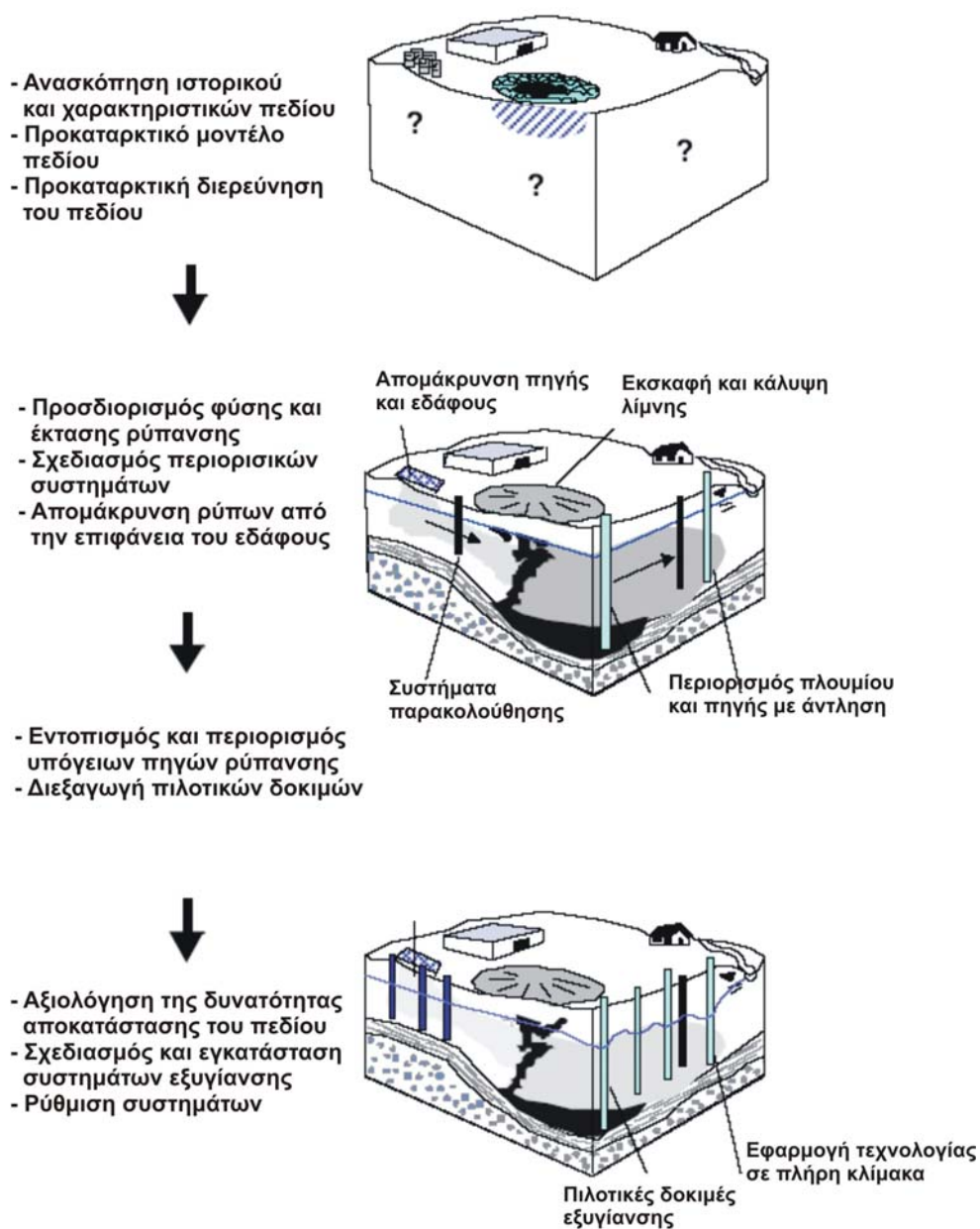
1. Προσδιορισμός του προβλήματος ρύπανσης
  - Υδρογεωλογικός χαρακτηρισμός του πεδίου
  - Προσδιορισμός των υφιστάμενων ρύπων και της κατανομής αυτών
  - Εντοπισμός των αντίστοιχων πηγών ρύπανσης
  - Προσδιορισμός των επιτρεπτών νομοθετικών ορίων
  - Προσδιορισμός των επιθυμητών στόχων εξυγίανσης
  - Καθορισμός κριτηρίων εκτίμησης της απόδοσης της τεχνολογίας
2. Αξιολόγηση του πεδίου
  - Χαρακτηρισμός του πεδίου ως προς τις προϋποθέσεις εφαρμογής της τεχνολογίας της άντλησης και επεξεργασίας (π.χ. ετερογένεια, ταχύτητα ροής υπογείων υδάτων, κα.)
  - Μοντελοποίηση του πεδίου και των συνθηκών, που επικρατούν
3. Εκπόνηση προκαταρκτικών μελετών και λήψη αποφάσεων
  - Επιλογή της επιθυμητής τεχνικής άντλησης και επεξεργασίας (περιορισμός του υφιστάμενου πλούμιου ρύπανσης - εξυγίανση του υπόγειου υδροφορέα – συνδυασμός αυτών)
  - Διεξαγωγή μελετών μοντελοποίησης / δοκιμών πεδίου
  - Βελτιστοποίηση των συνθηκών εφαρμογής της τεχνολογίας

- Σχεδιασμός κατάλληλου συστήματος γεωτρήσεων
  - Επιλογή καταλληλότερης τεχνολογίας επεξεργασίας του αντλούμενου νερού
4. Εφαρμογή της τεχνολογίας σε πλήρη κλίμακα
- Τελικός σχεδιασμός συστήματος
  - Κατασκευή συστήματος
  - Συντήρηση και λειτουργία συστήματος
  - Αξιολόγηση και πιθανές μετατροπές του συστήματος
  - Παρακολούθηση συστήματος
  - Εκτίμηση της απόδοσης της τεχνολογίας
5. Εκτίμηση της επίτευξης των αρχικών στόχων
- Διεξαγωγή ποσοτικών μετρήσεων
  - Εξέταση κριτηρίων εκτίμησης της απόδοσης της τεχνολογίας

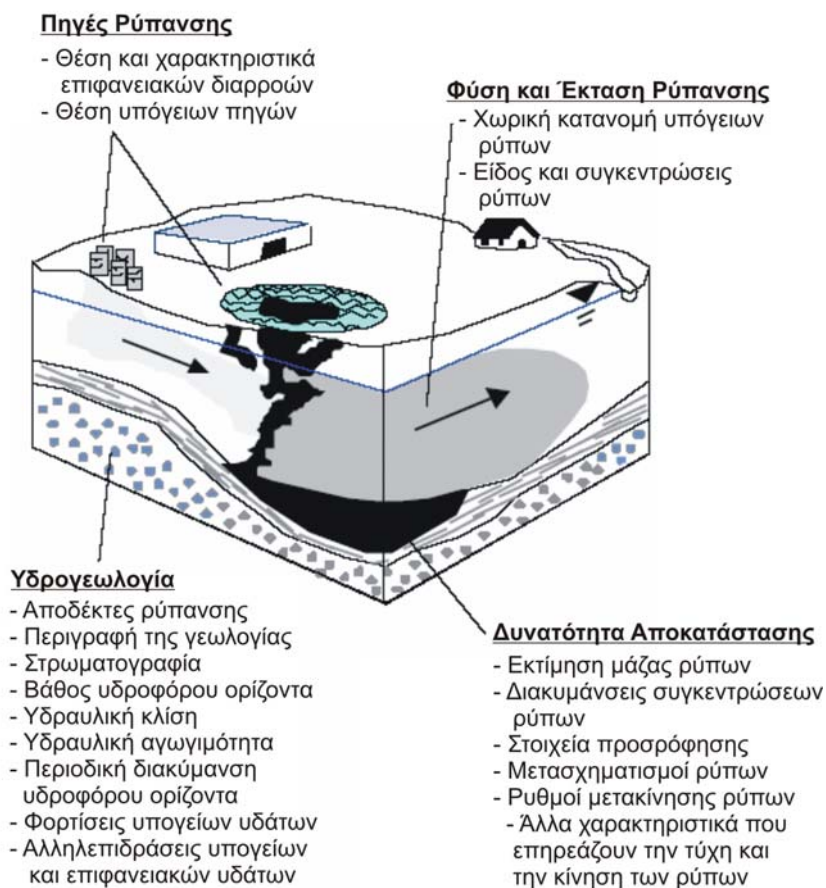
Στο Σχήμα 5-57 παρουσιάζονται οι διαδοχικές φάσεις αξιολόγησης και εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας υπογείων υδάτων, ενώ το Σχήμα 5-58 εντοπίζει τα βασικότερα στοιχεία, που πρέπει να συλλεχθούν κατά τη διάρκεια των βημάτων προσδιορισμού του υφιστάμενου προβλήματος ρύπανσης και αξιολόγησης του προς επεξεργασία πεδίου.

Τα υδρογεωλογικά (Πίνακας 5-52) και τα γεωλογικά χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία πεδίου αποτελούν τους πλέον καθοριστικούς παράγοντες της εφαρμοσιμότητας, αλλά και της ενδεχόμενης απόδοσης της εν λόγω τεχνολογίας, καθώς διαμορφώνουν τη ροή των υπογείων υδάτων και κατ' επέκταση των υφιστάμενων ρύπων, τόσο πριν, όσο και κατά τη διάρκεια της εφαρμογής της. Στο Σχήμα 5-59 παρουσιάζεται η επίδραση της γεωλογίας ενός υπό εξυγίανση πεδίου στην απομάκρυνση των ρύπων κατά την άντληση και επεξεργασία του υπόγειου νερού.

Όσον αφορά στους υφιστάμενους ρύπους, βασική ιδιότητα, που πρέπει να παρουσιάζουν, ώστε να μπορέσουν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς από την τεχνολογία άντλησης και επεξεργασίας, είναι, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η σημαντική διαλυτότητα στο νερό και η μικρή τάση προσρόφησης στα εδαφικά σωματίδια.



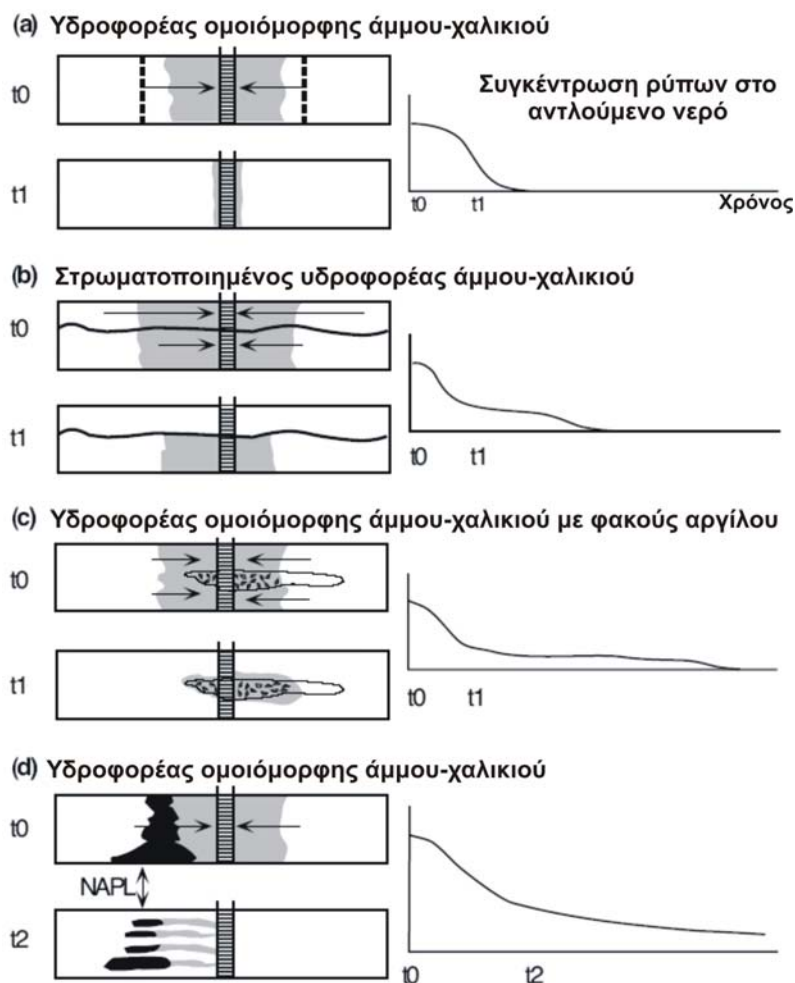
**Σχήμα 5-57:** Διαδοχικές φάσεις αξιολόγησης και εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας υπογείων υδάτων (EPA, 1997).



**Σχήμα 0-58:** Αναγκαία στοιχεία πεδίου για την εξέταση της καταλληλότητας της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας υπογείων υδάτων (EPA, 1997).

**Πίνακας 5-52:** Βασικές υδρογεωλογικές και υδραυλικές παράμετροι αξιολόγησης και εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας ρυπασμένου υπόγειου νερού (Suthersan S., 1997).

Παράμετρος	Σημασία
Υδραυλική αγωγιμότητα	Η ευκολία με την οποία κινείται το νερό στο υπέδαφος επηρεάζει το δυνατό ρυθμό άντλησής του.
Υδραυλική κλίση	Επηρεάζει τη διεύθυνση κίνησης των ρύπων.
Μεταβασιμότητα	Επηρεάζει το δυνατό ρυθμό άντλησης του υπόγειου νερού.
Ταχύτητα ροής υπόγειου νερού	Επηρεάζει τη διεύθυνση και την ταχύτητα ροής των ρύπων.
Πορώδες	Επηρεάζει την υδραυλική αγωγιμότητα και την τύχη των ρύπων, βάσει των διαφόρων φυσικών, χημικών και βιολογικών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα.
Ενεργό πορώδες	Επηρεάζει την ταχύτητα ροής του υπόγειου νερού.
Συντελεστής αποθηκευτικότητας	Επηρεάζει την ποσότητα υπόγειου νερού που μπορεί να αντληθεί.
Ειδική αποθηκευτικότητα	Επηρεάζει την ποσότητα υπόγειου νερού που μπορεί να αντληθεί.

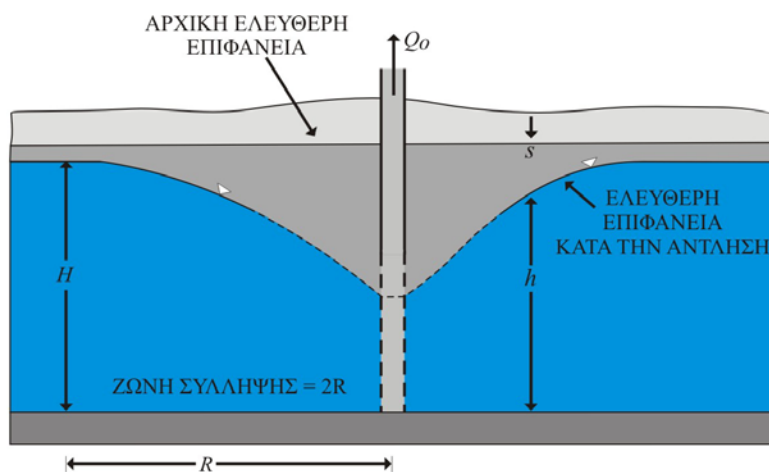


**Σχήμα 5-59:** Επίδραση της γεωλογίας στην απομάκρυνση των ρύπων κατά την άντληση και επεξεργασία ρυπασμένου υπόγειου νερού (EPA, 1997).

Εφόσον τα συλλεχθέντα στοιχεία για τα χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία πεδίου ευνοούν την εφαρμογή της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας, πρέπει να ακολουθήσει η μοντελοποίηση αυτού, με στόχο την πρόβλεψη της επίδρασης της άντλησης υπόγειου νερού στο υπέδαφος και ο προσδιορισμός σημαντικών σχεδιαστικών παραμέτρων του αναγκαίου συστήματος. Για τη διεξαγωγή της αναγκαίας μοντελοποίησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλά διαθέσιμα κατάλληλα προγράμματα (π.χ. ArgusONE, FLOWPATH II, MODFLOW Pro, κα.).

Η σημαντικότερη ίσως σχεδιαστική παράμετρος συστημάτων άντλησης και επεξεργασίας υπογείων υδάτων είναι η ζώνη σύλληψης των γεωτρήσεων άντλησης. Η ζώνη σύλληψης αποτελεί την απόσταση γύρω από μια γεώτρηση άντλησης, στην οποία πραγματοποιείται ροή του υπόγειου νερού προς τη γεώτρηση και παρατηρείται μείωση (καταβιβασμός) του υδροφόρου ορίζοντα (Σχήμα 5-60). Η ακτίνα αυτή επηρεάζεται άμεσα από το ρυθμό άντλησης και τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση υδροφορέα, ενώ παράλληλα καθορίζει τον αριθμό των απαιτούμενων γεωτρήσεων άντλησης και τη χωροθέτησή τους στην ρυπασμένη περιοχή.

Τυπικά, η συνολική ζώνη άντλησης του συστήματος θα πρέπει να υπερκαλύπτει την έκταση της υφιστάμενης ρύπανσης.



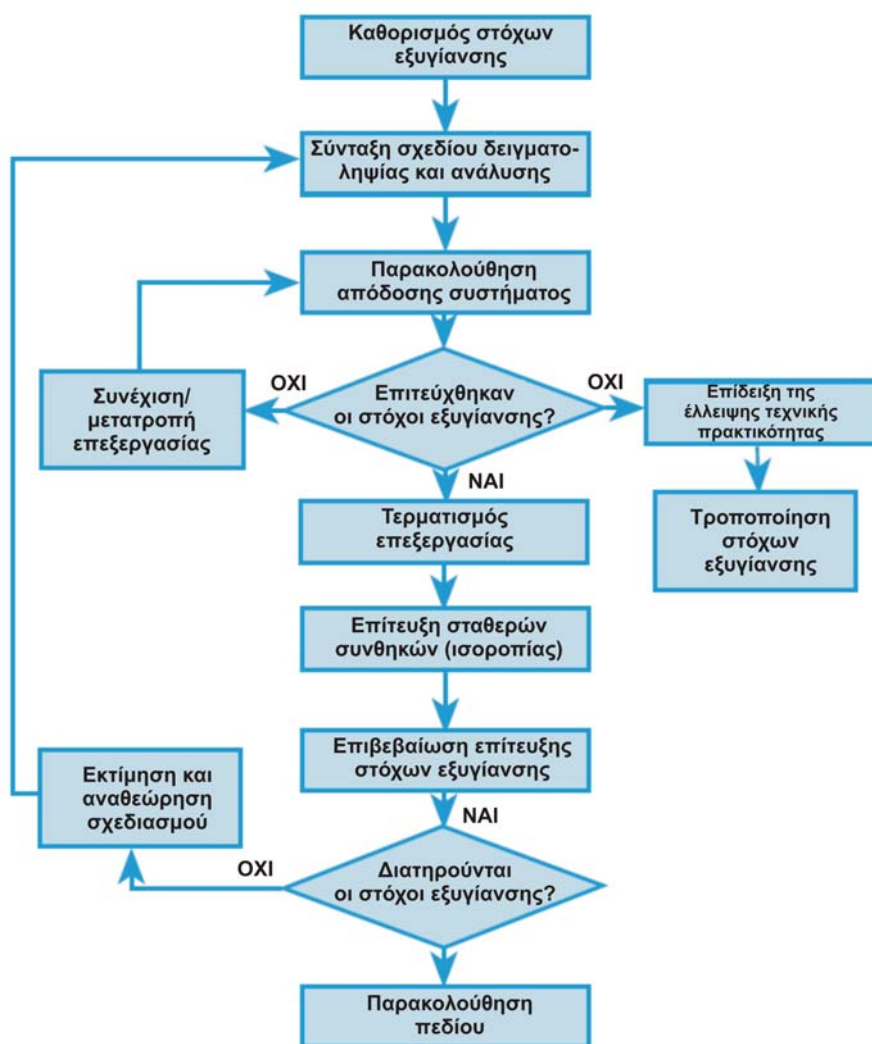
**Σχήμα 5-60:** Τυπική μορφή της ζώνης σύλληψης μιας γεώτρησης άντλησης (Τσακίρης Γ., 1995).

Για το σχεδιασμό συστημάτων άντλησης και επεξεργασίας έχει αναπτυχθεί μια πολύ αποτελεσματική και απλή μεθοδολογία (Javandel – Tsang), η οποία βασίζεται στη ζώνη σύλληψης, το ρυθμό άντλησης του υπόγειου νερού και ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση υδροφορέα. Η μέθοδος αυτή κάνει την παραδοχή ότι ο υδροφορέας είναι υπό πίεση, με σταθερό πάχος και σταθερή ταχύτητα ροής. Εάν όμως εφαρμοσθεί σε ελεύθερους υδροφορείς με μικρό καταβιβασμό, σε σχέση με το πάχος του υδροφόρου στρώματος, το σφάλμα που προκύπτει δεν είναι σημαντικό. Επίσης, γίνεται η παραδοχή ότι οι γεωτρήσεις άντλησης διεισδύουν πλήρως στον υδροφορέα.

Μετά το σχεδιασμό του απαιτούμενου συστήματος, ακολουθεί η διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών, έτσι ώστε να επιβεβαιωθεί η ορθότητα των αποτελεσμάτων, που προέκυψαν από το στάδιο της μοντελοποίησης και των επιλεχθέντων σχεδιαστικών παραμέτρων (π.χ. ζώνη σύλληψης γεωτρήσεων άντλησης).

Εφόσον συλλεχθούν επιπλέον πληροφορίες μέσω της διεξαγωγής των προαναφερόμενων δοκιμών, ακολουθεί ο τελικός σχεδιασμός και η εγκατάσταση του αναγκαίου συστήματος. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του επιβάλλεται η παρακολούθησή του, σύμφωνα με τις προδιαγραφές, που παρουσιάζονται σε επόμενες παραγράφους.

Τέλος, για τον τερματισμό της λειτουργίας του συστήματος και τον καθορισμό της συνολικής απόδοσης της όλης τεχνολογίας, ακολουθείται η μεθοδολογία του Σχήματος 5-61.



**Σχήμα 5-61:** Μεθοδολογία αξιολόγησης της δυνατότητας τερματισμού της λειτουργίας και της απόδοσης ενός συστήματος άντλησης και επεξεργασίας υπόγειου νερού (EPA, 1996).

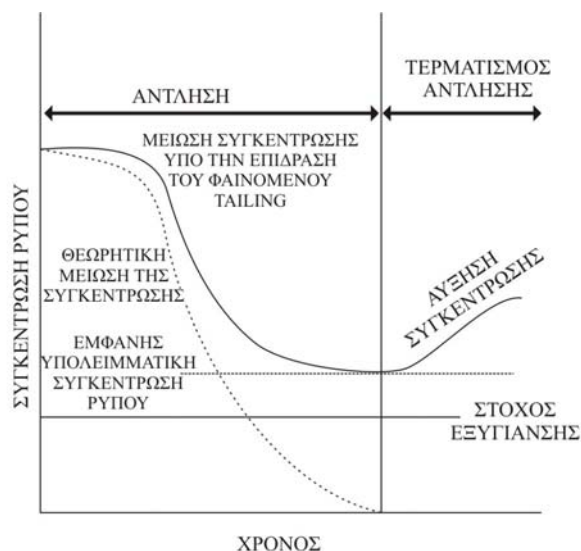
### Χρόνος Εφαρμογής

Η άντληση και επεξεργασία υπογείων υδάτων αποτελεί γενικά μια αργή τεχνολογία εξυγίανσης, η οποία παρουσιάζει απαιτούμενο χρόνο εφαρμογής από μερικά χρόνια (τουλάχιστον 5) έως και μερικές δεκαετίες. Σε κάθε περίπτωση, ο αναγκαίος χρόνος εξυγίανσης καθορίζεται από τις εξής παραμέτρους:

- το είδος και την ποσότητα των υφιστάμενων ρύπων,
- τον όγκο και το βάθος του ρυπασμένου υπόγειου υδροφορέα,
- τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου.

Η καθυστέρηση της όλης διαδικασίας εξυγίανσης οφείλεται στην επανεμφάνιση σχετικά υψηλών συγκεντρώσεων ρύπων στο υπόγειο νερό μετά τον τερματισμό εφαρμογής της εν λόγω τεχνολογίας. Καθώς η συγκέντρωση των ρύπων στο υπόγειο νερό (δηλαδή σε διαλυμένη μορφή) μειώνεται, παρουσιάζεται αυξημένη τάση διάλυσης των προσροφημένων ρύπων στο υπόγειο νερό, με αποτέλεσμα την παράταση του απαιτούμενου χρόνου

εξυγίανσης. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως φαινόμενο tailing και παρουσιάζεται χαρακτηριστικά στο Διάγραμμα 5-6.



**Διάγραμμα 5-6:** Συγκέντρωση ρύπου στο υπόγειο νερό, συνάρτησι του χρόνου, κατά τη διάρκεια εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας, όπου είναι εμφανές το φαινόμενο tailing (Simon G. et al, 2002).

#### Παρακολούθηση Συστημάτων

Η παρακολούθηση των συστημάτων άντλησης και επεξεργασίας αφορά και στα δύο επιμέρους τμήματα αυτών:

- το δίκτυο των γεωτρήσεων άντλησης και ενδεχομένως επαναδιοχέτευσης του επεξεργασμένου πλέον νερού στο υπέδαφος,
- τη μονάδα επεξεργασίας του αντλούμενου νερού.

Όσον αφορά στο πρώτο τμήμα, πρέπει να πραγματοποιείται σχεδόν καθημερινός έλεγχος των υδραυλικών υψών στις γεωτρήσεις, των υδραυλικών κλίσεων του υπόγειου υδροφορέα, της διεύθυνσης και της ταχύτητας ροής των υπογείων υδάτων, καθώς επίσης και του ρυθμού άντλησης και εμπλουτισμού του υπό επεξεργασία υδροφορέα. Επίσης, πρέπει η θέση του υφιστάμενου πλούμιου ρύπανσης να είναι γνωστή και ελεγχόμενη, έτσι ώστε να αποτρέπεται η εξάπλωσή του και να πραγματοποιείται αποτελεσματική «δέσμευση» αυτού από τις χρησιμοποιούμενες γεωτρήσεις άντλησης.

Οι δε παράμετροι παρακολούθησης της μονάδας επεξεργασίας του αντλούμενου νερού, καθορίζονται ανάλογα με την εκάστοτε τεχνολογία, που εφαρμόζεται. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να ελέγχεται η απόδοση της μονάδας και η επίτευξη των στόχων εξυγίανσης πριν την όποια διάθεση ή επαναχρησιμοποίηση του επεξεργασμένου πλέον νερού.

#### Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Σε γενικές γραμμές, η τεχνολογία άντλησης και επεξεργασίας υπογείων υδάτων θεωρείται

ακριβή, δεδομένου ότι απαιτεί τη διεξαγωγή λεπτομερούς χαρακτηρισμού του πεδίου και κατανόηση των επικρατούντων υδρογεωλογικών συνθηκών, κατά το σχεδιασμό των αντίστοιχων συστημάτων και την κατανάλωση σημαντικής ηλεκτρικής ενέργειας, για την άντληση των υπογείων υδάτων και τη λειτουργία των απαιτούμενων μονάδων επεξεργασίας τους. Φυσικά, καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του συνολικού κόστους εφαρμογής διαδραματίζουν οι εξής παράμετροι:

- ο όγκος του προς επεξεργασία νερού,
- ο αριθμός των αναγκάων γεωτρήσεων,
- τα χαρακτηριστικά των υφιστάμενων ρύπων (κυρίως διαλυτότητα),
- ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης,
- η εφαρμοζόμενη τεχνολογία επεξεργασίας του αντλούμενου νερού
- η τελική διάθεση του επεξεργασμένου πλέον νερού.

Στον Πίνακα 5-53 παρουσιάζονται συνοπτικά στοιχεία χρόνου και κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας από 32 διαφορετικές εφαρμογές στις ΗΠΑ.

**Πίνακας 5-53:** Συνοπτικά στοιχεία χρόνου και κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας (EPA, 2001).

Κατηγορία Κόστους	Μέσες Τιμές από 32 Διαφορετικές Εφαρμογές			
	Στο 25%	Στο 50%	Στο 75%	Στο 100%
Έτη λειτουργίας (με διαθέσιμα στοιχεία)	4	5	8	6
Μέσος όγκος επεξεργαζόμενου νερού (1.000 L / έτος)	1.325,65	5.681,37	18.937,91	22.725,50
Κόστος επένδυσης	1.218.560	1.433.600	4.229.120	3.512.320
Ετήσιο λειτουργικό κόστος (€)	129.024	186.368	52.3264	551.936
Κόστος επένδυσης ανά 1.000 L επεξεργαζόμενου νερού ανά έτος (€)	4,36	14,77	66,28	53,03
Μέσο ετήσιο λειτουργικό κόστος ανά 1.000 L επεξεργαζόμενου νερού (€)	0,95	3,03	7,76	6,06

Στους Πίνακες 5-54 και 5-55 γίνεται σύγκριση του κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας για την αντιμετώπιση διαφορετικών ρύπων και την επεξεργασία διαφορετικών ποσοτήτων υπόγειου νερού, αντίστοιχα.

**Πίνακας 5-54:** Σύγκριση κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας για την αντιμετώπιση διαφορετικών ρύπων (EPA, 2001).

Ρύποι	Κόστος (€)				Αριθμός εφαρμογών
	Στο 25%	Στο 50%	Στο 75%	Στο 100%	
Κόστος Επένδυσης					
Χλωριωμένοι διαλύτες με ή χωρίς άλλα VOC	86.016	136.192	315.3920	86.016	18
Άλλοι συνδυασμοί ρύπων (διαλύτες, BTEX, μέταλλα, PCB ή PAH)	3.082.240	5.304.320	10.752.000	3.082.240	9

<b>Μέσο Ετήσιο Λειτουργικό Κόστος για 1.000L Επεξεργαζόμενου Νερού</b>					
Χλωριωμένοι διαλύτες με ή χωρίς άλλα VOC	0,57	2,27	7,58	0,57	18
Άλλοι συνδυασμοί ρύπων (διαλύτες, BTEX, μέταλλα, PCB ή PAH)	1,89	7,39	11,55	1,89	9

**Πίνακας 5-55:** Σύγκριση κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας για την επεξεργασία διαφορετικών ποσοτήτων υπόγειου νερού (EPA, 2001).

Ποσότητα Επεξεργαζόμενου Νερού	Κόστος (€)				Αριθμός εφαρμογών
	Στο 25%	Στο 50%	Στο 75%	Στο 100%	
Κόστος Επένδυσης για 1.000L Επεξεργαζόμενου Νερού / έτος					
< 5.300 L	37,88	83,33	138,25	37,88	14
> 5.300 L	2,65	4,55	11,74	2,65	18
Μέσο Ετήσιο Λειτουργικό Κόστος για 1.000L Επεξεργαζόμενου Νερού					
< 5.300 L	6,25	7,95	12,12	6,25	14
> 5.300 L	0,57	0,95	1,33	0,57	18

#### Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.

##### *Πλεονεκτήματα τεχνολογίας*

- Μπορεί να επεξεργαστεί μεγάλη ποικιλία ρύπων, καθώς η επεξεργασία του ρυπασμένου νερού γίνεται υπέργεια, εφαρμόζοντας την καταλληλότερη τεχνολογία.
- Επιτυγχάνει πολύ καλές αποδόσεις, όσον αφορά στη μείωση της συγκέντρωσης του υφιστάμενου ρύπου στο αντλούμενο νερό.
- Επιτυγχάνει περιορισμό της υφιστάμενης ρύπανσης, παράλληλα με την εξυγίανση του ρυπασμένου νερού.
- Δεν επεμβαίνει «χημικά» ή «βιολογικά» στο υπέδαφος (π.χ. με την προσθήκη χημικών ουσιών ή μικροοργανισμών).
- Αποτελεί σχετικά εύκολα ελεγχόμενη τεχνολογία εξυγίανσης.

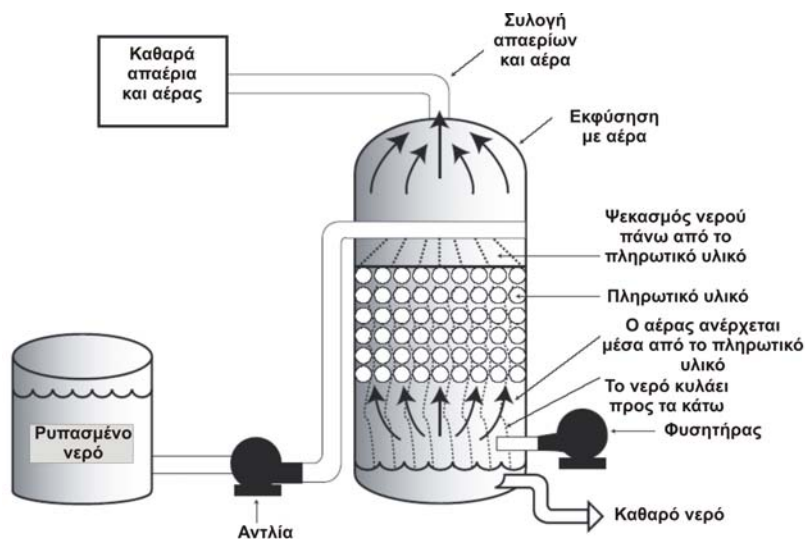
##### *Μειονεκτήματα τεχνολογίας*

- Απαιτείται σχετικά μεγάλος συνολικός χρόνος εξυγίανσης, λόγω του φαινομένου tailing.
- Μετά το τέλος της εφαρμογής της είναι πολύ πιθανό να παρατηρηθεί αύξηση της συγκέντρωσης των υφιστάμενων ρύπων στο υπόγειο νερό.
- Οι συγκεντρώσεις των ρύπων στον υπόγειο υδροφόρα κατά τη διάρκεια και μετά την εφαρμογή της παραμένουν σχεδόν πάντα πάνω από τα επιθυμητά όρια.
- Παρουσιάζει υψηλό κόστος εφαρμογής σε σχέση με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης υπογείων υδάτων, ειδικά αν ληφθεί υπόψη και ο μεγάλος απαιτούμενος χρόνος εφαρμογής της για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων εξυγίανσης.
- Είναι αποτελεσματική για την απομάκρυνση διαλυμένων κυρίως ρύπων.
- Ο σχεδιασμός των απαιτούμενων συστημάτων είναι σχετικά δύσκολος.

- Δεν μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα και με μεγάλη απόδοση σε πεδία με πολύπλοκη υδρογεωλογία (π.χ. με παρουσία αδιαπέρατων στρωμάτων, ανομοιογένειας και ανισοτροπίας ή με πολύπλοκη ροή υπόγειου νερού).

#### 5.2.2.1.2. Εκφύσηση με αέρα (Air Stripping)

Η εκφύσηση με αέρα αποτελεί ουσιαστικά μια διεργασία μεταφοράς μάζας, η οποία ενισχύει την εξάτμιση διαφόρων συστατικών από την υγρή φάση (υπόγειο νερό) στην αέρια (αέρα), μέσω διέλευσης αέρα μέσα από το υπό επεξεργασία νερό (Σχήμα 5-62). Η συγκεκριμένη τεχνολογία εφαρμόζεται για την επεξεργασία υπόγειου νερού, που έχει ήδη απομακρυνθεί από το υπέδαφος μέσω άντλησης και έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική και οικονομική στην απομάκρυνση πτητικών οργανικών ρύπων από υπόγεια ύδατα με σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις ( $<200\text{mg/L}$ ).



**Σχήμα 5-62:** Εφαρμογή της τεχνολογίας εκφύσησης με αέρα για την επεξεργασία ρυπασμένου υπόγειου νερού (EPA, 2001d).

## Βασική αρχή

Η τεχνολογία της εκφύσησης με αέρα βασίζεται στην πτητικότητα διαφόρων ρύπων, οι οποίοι όταν βρίσκονται μέσα σε μια υδατική φάση με κατάλληλη υποβοήθηση (π.χ. παροχή αέρα) είναι δυνατόν να εξατμιστούν και έτσι να διαχωριστούν από αυτήν (π.χ. το υπόγειο νερό). Στην συνέχεια, οι αέριοι πλέον ρύποι συλλέγονται και επεξεργάζονται κατάλληλα με μια από τις διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας απαερίων (π.χ. προσρόφηση σε άνθρακα, καύση, κα.).

Γενικά, η εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι σχετικά απλή, καθώς δεν σχετίζεται καθόλου με τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου (εφόσον δεν εφαρμόζεται in-situ), εφαρμόζεται σε ειδικές μονάδες, υπό πλήρως ελεγχόμενες συνθήκες και βασίζεται σε μια πολύ απλή διεργασία, όπως είναι αυτή της εξάτμισης.

## Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Η τεχνολογία της εκφύσησης με αέρα είναι δυνατόν να εφαρμοστεί με χρήση διαφόρων διατάξεων, οι κυριότερες εκ των οποίων είναι οι εξής:

- πύργοι εκφύσησης με πληρωτικό υλικό (packed column air strippers),

- εκφυσητές με δίσκους «κοσκινίσματος» (low profile sieve tray air strippers),
- εκφυσητές με διάχυση αέρα (diffused aeration air stripper).

Οι πύργοι εκφύσησης με πληρωτικό υλικό αποτελούν την πλέον διαδεδομένη διάταξη εκφύσησης με αέρα, στους οποίους το προς επεξεργασία νερό εισέρχεται από την κορυφή του συστήματος και κατανέμεται ομοιόμορφα με τη βοήθεια δακτυλίων ή αυλακιών, ενώ ο αέρας διοχετεύεται κάθετα ή οριζόντια στη ροή του νερού.

Ο βασικός εξοπλισμός, που απαιτείται, είναι ο εξής:

- μονάδα «επαφής» ρυπασμένου νερού και αέρα (ανάλογα με την περίπτωση πύργος ή δεξαμενή με δίσκους ή απλή δεξαμενή),
- αντλία διοχέτευσης νερού,
- αεροσυμπιεστής για τη διοχέτευση του αέρα,
- λοιπός εξοπλισμός (π.χ. ροόμετρα, μανόμετρα, σωληνώσεις, κα),
- μονάδα ελέγχου και επεξεργασίας εξατμιζόμενων ρύπων.

Οι τεχνολογίες επεξεργασίας απαερίων είναι πολλές και έχουν ήδη αναφερθεί στο υποκεφάλαιο της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα.

#### Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Οι ρύποι, που μπορούν να αντιμετωπιστούν με επιτυχία από την τεχνολογία της εκφύσησης με αέρα, είναι κυρίως πτητικά και ημι-πτητικά οργανικά συστατικά, τα οποία παρουσιάζουν τάση ατμών μεγαλύτερη από 0,5mm Hg (στους 20°C) ή σταθερά του Νόμου του Henry μεγαλύτερη από  $10^{-3}$  atm·m<sup>3</sup>/mole, όπως για παράδειγμα:

- BTEX,
- τριχλωροαιθυλένιο,
- βινυλοχλωρίδιο,
- χλωροβενζόλιο,
- ναφθαλένιο,
- τετραχλωράνθρακας, κα.

Αντιθέτως, ρύποι, που δεν παρουσιάζουν σημαντική πτητικότητα, όπως μέταλλα και PCB δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν από τη συγκεκριμένη τεχνολογία.

#### Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

Η αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητας της τεχνολογίας της εκφύσησης με αέρα για την εξυγίανση ενός ρυπασμένου υδροφορέα, μέσω της άντλησης και επεξεργασίας, δε βασίζεται σε κάποια συγκεκριμένη μεθοδολογία, αλλά κυρίως στις ιδιότητες των υφιστάμενων ρύπων. Εφόσον, οι ρύποι αυτοί είναι πτητικοί και υπάρχει η δυνατότητα

απομάκρυνσής τους από το νερό μέσω εξάτμισής τους με διοχέτευση αέρα, η συγκεκριμένη τεχνολογία εξετάζεται άμεσα.

Συγκεκριμένα, θα πρέπει να διεξαχθούν εργαστηριακές και πιλοτικές δοκιμές, προκειμένου να προσδιοριστεί ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης, οι επιθυμητοί ρυθμοί διοχέτευσης αέρα και νερού, καθώς και οι διαστάσεις και το είδος του αναγκαίου συστήματος. Βάσει αυτών των στοιχείων πραγματοποιείται μια ανάλυση κόστους – οφέλους και τελικά επιλέγεται ή απορρίπτεται η εφαρμογή της εν λόγω τεχνολογίας σε πλήρη κλίμακα.

Η ευκολία με την οποία μπορεί να εξεταστεί η καταλληλότητα της τεχνολογίας της εκφύσησης με αέρα, καθώς επίσης και να σχεδιαστεί ένα αντίστοιχο σύστημα, φαίνεται από το γεγονός ότι έχουν αναπτυχθεί προγράμματα, τα οποία χρησιμοποιώντας απλά δεδομένα, όπως το είδος και τη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων, την επιθυμητή συγκέντρωση μετά την επεξεργασία και τον όγκο του προς επεξεργασία νερού, μπορούν να δώσουν λεπτομερή σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του αναγκαίου συστήματος.

Στον Πίνακα 5-56 αναφέρονται οι κυριότερες σχεδιαστικές παράμετροι ενός πύργου εκφύσησης.

**Πίνακας 5-56:** Κυριότερες σχεδιαστικές παράμετροι ενός πύργου εκφύσησης (Stocking A. et al., 2000).

Παράμετρος	Επίδραση αύξησης της παραμέτρου στη λειτουργία και το κόστος, θεωρώντας σταθερό σχεδιασμό πύργου	Επίδραση αύξησης της παραμέτρου στο σχεδιασμό του πύργου, διατηρώντας σταθερή απόδοση
Ρυθμός παροχής υγρού	↓ Απόδοση απομάκρυνσης ↑ Κόστος	↑ Ύψος πύργου
Λόγος αέρα/ νερού	↑ Απόδοση απομάκρυνσης ↑ Κόστος	↓ Όγκος πληρωτικού υλικού
Θερμοκρασία νερού	↑ Απόδοση απομάκρυνσης ↑ Κόστος θέρμανσης ↑ Σταθερά Henry	↓ Όγκος πληρωτικού υλικού
Σταθερά Henry	↑ Απόδοση απομάκρυνσης	↓ Όγκος πληρωτικού υλικού ↓ Λόγος αέρα / νερού
Είδος & μέγεθος πληρωτικού υλικού	↑ Μέγεθος ↓ Απόδοση απομάκρυνσης	↑ Μέγεθος ↑ Όγκος πληρωτικού υλικού ↓ Πτώση πίεσης
Πτώση πίεσης / Βάθος	↑ Απόδοση απομάκρυνσης ↑ Μέγεθος αντλίας / φυσστήρα	↑ Λόγος αέρα / νερού

#### Χρόνος Εφαρμογής

Ο αναγκαίος χρόνος εφαρμογής της τεχνολογίας της εκφύσησης με αέρα, καθορίζεται κυρίως από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- τον όγκο του προς επεξεργασία νερού,
- το είδος και την ποσότητα των υφιστάμενων ρύπων,
- την πτητικότητα των υφιστάμενων ρύπων,
- τον χρησιμοποιούμενο λόγο αέρα / νερού,
- τις διαστάσεις της μονάδας εκφύσησης,

- τον αριθμό των μονάδων, που ενδεχομένως χρησιμοποιούνται εν σειρά.

Σε γενικές γραμμές, ο απαιτούμενος χρόνος απομάκρυνσης των ρύπων από το ήδη αντλημένο νερό είναι μικρός (μερικές ώρες έως ημέρες), καθώς η διεργασία της εξάτμισης είναι σχετικά γρήγορη (σε σχέση π.χ. με τη βιοαποδόμηση). Παρόλα αυτά, ο συνολικός χρόνος εξυγίανσης του πεδίου, μέσω της διεργασίας της άντλησης και επεξεργασίας με εκφύσηση με αέρα, όπως είναι λογικό, είναι πολύ μεγαλύτερος, βάσει όσων έχουν αναφερθεί στο αντίστοιχο υποκεφάλαιο.

#### Παρακολούθηση Συστημάτων

Η παρακολούθηση των συστημάτων εκφύσησης με αέρα είναι αναγκαία καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας τους και επικεντρώνεται στον προσδιορισμό των ακόλουθων βασικών παραμέτρων:

- παροχή και πίεση διοχέτευσης αέρα και νερού,
- αναπτυσσόμενη πίεση εντός της μονάδας,
- απόδοση του συστήματος, με μέτρηση της συγκέντρωσης των ρύπων στην είσοδο και στην έξοδο,
- κατάσταση του συστήματος εκφύσησης (π.χ. εμφάνιση φαινομένων φραξίματος),
- απόδοση της μονάδας επεξεργασίας των εξατμιζόμενων ρύπων, με μέτρηση της συγκέντρωσής του στην είσοδο και στην έξοδο κα.

#### Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας ενός συστήματος εκφύσησης με αέρα εξαρτάται άμεσα από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- το είδος του χρησιμοποιούμενου συστήματος,
- τις διαστάσεις του συστήματος,
- τον όγκο του προς επεξεργασία νερού,
- το είδος, τη συγκέντρωση και την πτητικότητα των υφιστάμενων ρύπων,
- την παροχή και την πίεση διοχέτευσης αέρα και νερού,
- τη μονάδα επεξεργασίας των εξατμισμένων ρύπων.

Στον Πίνακα 5-57 παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό εκτιμώμενο κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας εκφύσησης με αέρα, με χρήση πύργων εκφύσησης, ενώ στον Πίνακα 5-58 περιλαμβάνεται το αναλυτικό κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης ενός πύργου εκφύσησης για την επεξεργασία 2.300L/min ρυπασμένου νερού με MTBE και για μείωση της συγκέντρωσης αυτού από τα 2.000 στα 20μg/L.

**Πίνακας 5-57:** Ενδεικτικό εκτιμώμενο κόστος εκφύσησης με αέρα με χρήση πύργων με πληρωτικό υλικό (www.frtr.gov).

Παράμετρος	Μικρό Πεδίο		Μεγάλο Πεδίο	
	Υψηλή Πτητ/τα	Χαμηλή Πτητ/τα	Υψηλή Πτητ/τα	Χαμηλή Πτητ/τα
<b>Εξυγίανσης</b>				
Μέσο			Υπόγειο νερό	
Ρύπος			VOC	
Προσέγγιση			Ex-Situ	
<b>Συστήματος</b>				
Είδος εκφυστή			Πύργος με πληρωτικό υλικό	
Παροχή νερού	190			1900
Ποσοστό απομάκρυνσης ρύπων			98%	
<b>Διάταξης</b>				
Αριθμός πύργων εν σειρά	1	2	1	2
Διάμετρος πύργου (m)	0,6		1,8	
Ύψος πύργου (m)	7,6	6	7,6	6
<b>Λειτουργίας και Συντήρησης</b>				
Χρόνος λειτουργίας (έτη)	2			5
Συχνότητα συντήρησης			Μεταβαλλόμενη	
Συχνότητα δειγματοληψίας			Μηνιαία	
<b>Κόστος</b>				
Λειτουργία και συντήρηση	43.256	43.256	278.794	278.794
Σχεδιασμός	4.843	8.313	9.807	21.587
<b>ΣΥΝΟΛΟ (+εγκατάσταση)</b>	<b>88.457</b>	<b>127.144</b>	<b>377.749</b>	<b>516.249</b>
<b>Επεξεργαζόμενο νερό (L)</b>	<b>198.939.600</b>	<b>198.939.600</b>	<b>4.973.490.000</b>	<b>4.973.490.000</b>
<b>Κόστος / 10.000L νερού</b>	<b>4,45</b>	<b>6,39</b>	<b>0,76</b>	<b>1,04</b>

**Πίνακας 5-58:** Κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης ενός πύργου εκφύσησης για την επεξεργασία 2.300L/min ρυπασμένου νερού με MTBE και για μείωση της συγκέντρωσης αυτού από τα 2.000 στα 20μg/L (Stocking A. et al., 2000).

Εξοπλισμός / Εργασία	Κόστος (€)
Μονάδα επεξεργασίας	89.600
Σωληνώσεις, βαλβίδες, ηλεκτρισμός	26.880
Εργασία πεδίου (10%)	8.960
Ανάδοχος λειτουργίας και συντήρησης (15%)	18.816
Μηχανική (15%)	21.639
Απρόοπτα (20%)	33.179
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ</b>	<b>199.073</b>
Υποβολή κεφαλαίου σε ετήσιες δόσεις	16.043
Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης	65.719
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>81.762</b>
Ετήσια επεξεργαζόμενη ποσότητα νερού (L)	1.192.275.000
<b>Κόστος Επεξεργασίας / 10.000 L</b>	<b>0,69</b>

Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.Πλεονεκτήματα τεχνολογίας

- Μπορεί να επιτύχει αποδόσεις μεγαλύτερες και από 99%.
- Δεν απαιτεί την χρήση πολύπλοκου ή δύσκολα διαθέσιμου εξοπλισμού.
- Αποτελεί μια σχετικά εύκολη τεχνολογία, καθώς βασίζεται στη διεργασία της εξάτμισης.

- Εφαρμόζεται ex-situ, υπό πλήρως ελεγχόμενες συνθήκες.
- Μπορεί να εφαρμοστεί on-site, χωρίς να απαιτείται μεταφορά του αντλούμενου υπόγειου νερού.
- Παρουσιάζει σχετικά μικρό κόστος εφαρμογής σε σχέση με άλλες τεχνολογίες, ειδικά στην περίπτωση επεξεργασίας μεγάλων ποσοτήτων υπόγειου νερού.
- Απαιτεί σχετικά μικρούς χρόνους εξυγίανσης, τουλάχιστον σε σχέση με άλλες τεχνολογίες (π.χ. βιοαποδόμησης).
- Μπορεί να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης (π.χ. προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα), επιτυγχάνοντας πολύ καλά συνολικά αποτελέσματα εξυγίανσης.
- Βασίζεται σε μια φυσική διεργασία, που δεν επιβαρύνει κατά κανένα τρόπο το επεξεργαζόμενο νερό (π.χ. με προσθήκη χημικών ουσιών), επιτρέποντας την επαναδιοχέτευσή του στο υπέδαφος ή σε οποιονδήποτε άλλο φυσικό υδάτινο αποδέκτη.

#### Μειονεκτήματα τεχνολογίας

- Εφαρμόζεται ex-situ, καθιστώντας αναγκαία την άντληση του υπόγειου νερού.
- Ουσιαστικά αποτελεί μια διεργασία μεταφοράς των ρύπων από ένα μέσο σε ένα άλλο και όχι καταστροφής αυτών.
- Μπορεί να αντιμετωπίσει μόνο πτητικούς ρύπους.
- Απαιτεί την χρήση μονάδας επεξεργασίας των εξαμιζόμενων ρύπων.
- Η περιεκτικότητα των πτητικών ρύπων στα απαέρια δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το ελάχιστο όριο ανάφλεξης τους (LFL), προκειμένου να αποφευχθεί η εμφάνιση κινδύνου έκρηξης ή πυρκαγιάς.
- Ο συνολικός χρόνος εξυγίανσης του πεδίου, λαμβάνοντας υπόψη την εφαρμογή της τεχνολογίας άντλησης και επεξεργασίας είναι γενικά μεγάλος.
- Το κόστος εφαρμογής της ενδέχεται να αυξηθεί, ανάλογα με την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια και τη μονάδα επεξεργασίας των εξαμιζόμενων ρύπων.
- Ενδεχομένως να έχει σημαντικές απαιτήσεις συντήρησης, λόγω π.χ. φαινομένων φραξίματος, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία νερού.
- Απαιτεί τη διεξαγωγή εργαστηριακών και πιλοτικών δοκιμών πριν το σχεδιασμό του τελικού συστήματος και την εφαρμογή της.

### 5.2.2.1.3. Προηγμένη Οξειδωση (Advance Oxidation Processes – AOPs)

Διεργασίες προηγμένης οξειδωσης (Advanced Oxidation Processes – AOPs) θεωρούνται οι τεχνολογίες, που περιλαμβάνουν την χρήση συγκεκριμένων χημικών ουσιών και άλλων παραγόντων (π.χ. ακτινοβολίας) για την παραγωγή ιδιαίτερα ισχυρών οξειδωτικών συστατικών και συγκεκριμένα ριζών υδροξυλίου ( $\text{OH}^\bullet$ ). Οι ρίζες υδροξυλίου έχουν αποδειχθεί να είναι πολύ ισχυρό και μη επιλεκτικό οξειδωτικό μέσο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία διαφόρων ρύπων υπογείων υδάτων (οργανικών και ανόργανων) και γενικότερα αποβλήτων, μέσω της διεργασίας της οξειδωσης.

Οι κυριότεροι συνδυασμοί οξειδωτικών συστατικών, που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ριζών υδροξυλίου και επομένως εντάσσονται στις AOPs, είναι οι εξής:

- $\text{H}_2\text{O}_2$
- $\text{H}_2\text{O}_2 / \text{UV}$
- $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Fe}^{2+}$  (αντιδραστήριο Fenton)
- $\text{O}_3$
- $\text{O}_3 / \text{H}_2\text{O}_2$
- $\text{O}_3 / \text{UV}$
- $\text{O}_3 / \text{H}_2\text{O}_2 / \text{UV}$
- $\text{TiO}_2 / \text{UV}$

#### Βασική αρχή

Οι AOPs βασίζονται στη διαδικασία της οξειδωσης, η οποία ορίζεται ως η μεταφορά ηλεκτρονίων από μια ουσία (δότης ηλεκτρονίων) σε μία (άλλη) και έχει ως αποτέλεσμα το μετασχηματισμό και των δύο ουσιών. Με τον τρόπο αυτό ο υφιστάμενος ρύπος μετατρέπεται, παρουσία του οξειδωτικού παράγοντα, σε μια άλλη λιγότερο επικίνδυνη ή τοξική ουσία. Μεταξύ των διαφόρων οξειδωτικών παραγόντων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία υπογείων υδάτων (και όχι μόνο), ξεχωρίζουν, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι ρίζες υδροξυλίου, λόγω του υψηλού οξειδωτικού τους δυναμικού (Πίνακας 5-59).

**Πίνακας 5-59:** Δυναμικό οξειδωσης διαφορετικών ισχυρών οξειδωτικών μέσων (Kommneni S. et al., 2000).

	<b>F</b>	<b><math>\text{OH}^\bullet</math></b>	<b><math>\text{O}_3</math></b>	<b><math>\text{H}_2\text{O}_2</math></b>	<b>Cl</b>
Δυναμικό οξειδωσης $E^\circ$ (V)	2,85	2,70	2,10	2,07	2,49

Γενικά, η κινητική των αντιδράσεων των ριζών υδροξυλίου είναι πολύ πιο γρήγορη από εκείνη άλλων οξειδωτικών ουσιών. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η αντίδραση όζοντος με διχλωροαιθυλένιο πραγματοποιείται με ρυθμό  $110 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ , ενώ η αντίδραση ριζών υδροξυλίου με διχλωροαιθυλένιο με ρυθμό  $6 \cdot 10^9 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ .

Οι μηχανισμοί αντίδρασης των παραγόμενων ριζών υδροξυλίου με οργανικούς ρύπους είναι αρκετά πολύπλοκοι. Οι AOPs, σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι δυνατόν να αποδειχθούν

λιγότερο αποτελεσματικές από άλλες τεχνολογίες οξειδωσης, λόγω του ότι οι ρίζες υδροξυλίου είναι μη επιλεκτικά οξειδωτικά και επομένως κατά την επεξεργασία υπογείων υδάτων δεν οξειδώνουν μονάχα τους εκάστοτε ανεπιθύμητους ρύπους, αλλά είναι δυνατόν να προκαλέσουν το μετασχηματισμό και άλλων παρόντων ενώσεων, όπως ανθρακικών αλάτων και φυσικής οργανικής ύλης, οι οποίες δε συμβάλουν στη ρύπανση του υπό επεξεργασία νερού. Για το λόγο αυτό, πριν την εφαρμογή τους, θα πρέπει να γίνεται προσεκτικός χαρακτηρισμός του νερού, που πρόκειται να επεξεργαστεί και διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών.

Στις επόμενες παραγράφους, πραγματοποιείται μια συνοπτική περιγραφή των μηχανισμών οξειδωσης των κυριότερων συνδυασμών οξειδωτικών παραγόντων, που πραγματοποιούνται κατά την εφαρμογή των AOPs.

#### Υπεροξειδίο του υδρογόνου

Το  $H_2O_2$  είναι ισχυρό οξειδωτικό, σχετικά σταθερό και από μόνο του δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό στην επεξεργασία επικινδύνων ρύπων. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται σχεδόν πάντα σε συνδυασμό με  $O_3$  και υπεριώδη ακτινοβολία ή δισθενή σίδηρο. Σε αυτές τις περιπτώσεις το  $H_2O_2$  διασπάται, παράγοντας ρίζες υδροξυλίου, οι οποίες είναι ισχυρότερα οξειδωτικά από το  $O_3$  και το  $H_2O_2$ .

Οι κύριοι παράγοντες, που επηρεάζουν την επεξεργασία ρυπασμένων υπογείων υδάτων με  $H_2O_2$ , είναι οι εξής:

- το pH,
- η θερμοκρασία,
- ο χρόνος αντίδρασης,
- η δραστηριότητα και η συγκέντρωση του υφιστάμενου ρύπου,
- η παροχή τροφοδοσίας.

#### Υπεροξειδίο του υδρογόνου με υπεριώδη ακτινοβολία

Τα συστήματα  $H_2O_2$ / UV στηρίζονται στην παραγωγή ριζών υδροξυλίου, οι οποίες αντιδρούν με τις οργανικές ενώσεις (RH) και παράγουν οργανικές ρίζες ( $R^\bullet$ ), μέσω αφαίρεσης υδρογόνου. Οι παραγόμενες ρίζες είναι πολύ δραστικές, αντιδρούν περαιτέρω και αποδομούνται.

Για τη φωτοχημική διάσπαση του  $H_2O_2$  σε ρίζες υδροξυλίου χρησιμοποιούνται αντιδραστήρες με λάμπες UV με μήκος κύματος στην περιοχή 200 έως 280nm. Οι πλέον χρησιμοποιούμενες είναι οι λάμπες Hg με εκπομπή σε μήκος κύματος 254nm.

Τα συστήματα  $H_2O_2$ / UV έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην απομάκρυνση τετραχλωροαιθενίου, βουτανόλης, χλωροφόρμιου και τετραχλωράνθρακα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές ευρείας κλίμακας. Συγκεκριμένα, μπορούν να

χρησιμοποιηθούν είτε ως κύρια επεξεργασία ρυπασμένων υδάτων, είτε ως προεπεξεργασία στη βιολογική εξυγίανση, σε διεργασίες προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα ή στο βιοαερισμό.

#### Υπεροξειδίο του υδρογόνου και δισθενής σίδηρος

Το μίγμα  $\text{H}_2\text{O}_2$  και  $\text{Fe}^{2+}$  είναι γνωστό ως αντιδραστήριο Fenton και χρησιμοποιείται για την καταλυτική διάσπαση του  $\text{H}_2\text{O}_2$  σε  $\text{HO}^\bullet$ .

Οι παραγόμενες ρίζες αντιδρούν με πληθώρα οργανικών ενώσεων, όπως χλωριωμένους αλειφατικούς και αρωματικούς υδρογονάνθρακες, πολυχλωριωμένα διφαινύλια και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, οξειδώνοντάς τες.

Οι εφαρμογές του αντιδραστήριου Fenton περιλαμβάνουν επεξεργασία όχι μόνο υπογείων υδάτων και υγρών αποβλήτων, αλλά και εδαφών. Στην περίπτωση αυτή, η μέθοδος εφαρμόζεται από μόνη της ή ως προεπεξεργασία ή ως μετεπεξεργασία της βιολογικής κύριας επεξεργασίας.

Στην περίπτωση επεξεργασίας ρυπασμένων υπογείων υδάτων ή εδαφών, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι δυνατόν να λάβουν χώρα διάφορες ανταγωνιστικές αντιδράσεις μεταξύ των οξειδωτικών μέσων και φυσικών οργανικών συστατικών, μειώνοντας τη διαθέσιμη ποσότητά τους για την οξείδωση των υφιστάμενων ρύπων. Για την υπερνίκηση του φαινομένου αυτού, χρησιμοποιούνται αυξημένες ποσότητες  $\text{H}_2\text{O}_2$ , σχηματίζοντας το λεγόμενο τροποποιημένο αντιδραστήριο Fenton.

Οι βασικότεροι παράγοντες, που επηρεάζουν την απόδοση του αντιδραστήριου Fenton για την επεξεργασία υπογείων υδάτων ή εδαφών, είναι:

- η προσρόφηση των υφιστάμενων ρύπων,
- η παρουσία φυσικών ορυκτών, που δρουν ως καταλύτες στη θέση του  $\text{Fe}^{2+}$ ,
- η ανταγωνιστική δέσμευση και καταστροφή των ριζών υδροξυλίου.

Όπως έχει αποδειχθεί η απαιτούμενη δόση  $\text{H}_2\text{O}_2$  αυξάνεται με την αύξηση του συντελεστή κατανομής οκτανόλης-νερού ( $K_{ow}$ ) των υφιστάμενων ρύπων.

Οι πλέον καθοριστικοί σχεδιαστικοί παράγοντες, που καθορίζουν την απόδοση του αντιδραστήριου Fenton, είναι οι εξής:

- Είδος σιδήρου (δισθενής – τρισθενής): για τις περισσότερες εφαρμογές δεν παίζει ρόλο αν χρησιμοποιούνται άλατα  $\text{Fe}^{2+}$  ή  $\text{Fe}^{3+}$  για την κατάλυση της αντίδρασης, καθώς ο καταλυτικός κύκλος ξεκινά γρήγορα αν το  $\text{H}_2\text{O}_2$  και η οργανική ύλη βρίσκονται σε αφθονία. Παρόλα αυτά, αν χρησιμοποιούνται μικρές δόσεις αντιδραστήριου Fenton (<10 – 25mg/L), είναι προτιμότερη η χρήση δισθενούς σιδήρου.

- Συγκέντρωση  $H_2O_2$ : λόγω του ότι οι ενεργές ρίζες του υδροξυλίου δεν κάνουν 'διακρίσεις' στην οξείδωση των οργανικών ενώσεων, είναι σημαντικό να γίνουν εργαστηριακές δοκιμές για να μελετηθούν οι πιθανές αντιδράσεις. Αν πραγματοποιούνται πολλές ενδιάμεσες αντιδράσεις με ανεπιθύμητα προϊόντα, είναι δυνατόν να χρειαστεί αρκετή ποσότητα  $H_2O_2$  μέχρι να φτάσει η συνολική αντίδραση στο επιθυμητό προϊόν. Καθώς αυξάνεται η δόση του  $H_2O_2$ , παρατηρείται μια σταθερή μείωση του COD και μια ελάχιστη μείωση της τοξικότητας, μέχρι η συγκέντρωσή του να φτάσει ένα όριο, πέρα από το οποίο η όποια προσθήκη  $H_2O_2$  επιφέρει σημαντική μείωση της τοξικότητας.
- Θερμοκρασία: ο ρυθμός της αντίδρασης αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και το φαινόμενο αυτό είναι πιο ισχυρό σε θερμοκρασίες μικρότερες από  $20^{\circ}C$ . Παρόλα αυτά, όταν η θερμοκρασία αυξηθεί πάνω από τους  $40$  έως  $50^{\circ}C$ , η απόδοση του  $H_2O_2$  μειώνεται. Αυτό οφείλεται στην επιταχυνόμενη αποσύνθεσή του σε οξυγόνο και νερό. Συγκεκριμένες εφαρμογές του αντιδραστήριου Fenton για προεπεξεργασία ισχυρών ρύπων είναι δυνατόν να απαιτήσουν ελεγχόμενη ή σταδιακή προσθήκη  $H_2O_2$  για να περιοριστεί η αύξηση της θερμοκρασίας, που προκαλείται, καθώς η αντίδραση προχωρά. Αυτό είναι αναμενόμενο όταν οι δόσεις του  $H_2O_2$  υπερβαίνουν τα  $10 - 20$  g/L. Ο περιορισμός της θερμοκρασίας είναι σημαντικός όχι μόνο για οικονομικούς λόγους, αλλά και για λόγους ασφάλειας.
- pH: το βέλτιστο pH για τη δράση του αντιδραστήριου Fenton κυμαίνεται από  $3$  έως  $6$ .
- Χρόνος παραμονής / δράσης: εξαρτάται από τους προαναφερόμενους παράγοντες και ιδιαίτερα από τη δόση του οξειδωτικού και την «ισχύ» των ρύπων. Για την οξείδωση φαινολών (σε συγκέντρωση  $<250$  mg/L) οι τυπικοί χρόνοι αντίδρασης κυμαίνονται από  $30$  έως  $60$  λεπτά. Για πιο πολύπλοκους ρύπους και μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, ο χρόνος παραμονής μπορεί να είναι και μερικές ώρες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, είναι πιο αποτελεσματικό και ασφαλές η αντίδραση να εκτελείται σε στάδια (ξεχωριστή προσθήκη σιδήρου και  $H_2O_2$ ).

### Όζον

Ός γνωστόν, το όζον είναι ένα ασταθές αέριο και για να χρησιμοποιηθεί σε διεργασίες οξείδωσης πρέπει να παραχθεί επιτόπου (in-situ). Χρησιμοποιείται, είτε μόνο του ή σε συνδυασμό με  $H_2O_2$  και UV και η παρουσία του σε υδατικά συστήματα εξαρτάται από το pH. Η διάσπασή του καταλύεται από ρίζες υδροξυλίου και ακολουθεί πολύπλοκη κινητική, διότι λαμβάνει χώρα μέσω της αλυσωτής αντίδρασης ελευθέρων ριζών.

Τα φυσικά νερά περιέχουν ενώσεις, που αντιδρούν με το όζον ή τα ενδιάμεσα προϊόντα διάσπασης, όπως τις ρίζες υδροξυλίου. Στα γλυκά νερά, οι ρίζες υδροξυλίου αντιδρούν με τα ανιόντα  $CO_3^{2-}$  και  $HCO_3^-$ .

Επιπλέον, το όζον αντιδρά απευθείας με διάφορες οργανικές ενώσεις ή με τις ρίζες

υδροξυλίου, που προέρχονται από τη διάσπασή του. Σε τιμές pH > 6 οι ρίζες υδροξυλίου αποτελούν το επικρατέστερο οξειδωτικό, που υπάρχει σε υδατικό διάλυμα όζοντος.

Η διάσπαση του όζοντος καταλύεται επίσης από το  $H_2O_2$ , την υπεριώδη UV ακτινοβολία και διάφορες οργανικές ενώσεις, όπως το μυρμιγκικό οξύ και ορισμένα χουμικά οξέα. Η χρήση  $H_2O_2$  και UV ακτινοβολίας για τη μετατροπή του όζοντος σε ρίζα υδροξυλίου είναι δυο διεργασίες των AOPs, οι οποίες χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία επικινδύνων αποβλήτων.

#### Όζον και υπεροξείδιο του υδρογόνου

Η αντίδραση  $H_2O_2$  με  $O_3$  καταλήγει στο σχηματισμό  $HO^\bullet$  και  $O_2$ .

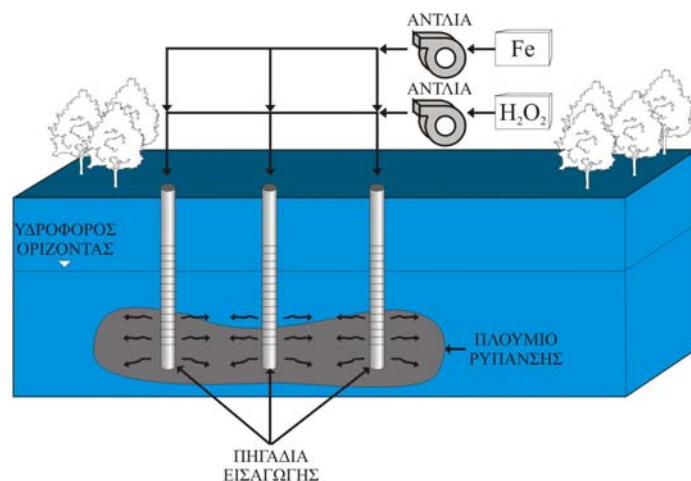
#### Όζον και υπεριώδης ακτινοβολία

Υδατικό διάλυμα όζοντος, που δέχεται υπεριώδη ακτινοβολία παράγει  $HO^\bullet$ .

#### Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Τα διαθέσιμα συστήματα εφαρμογής της τεχνολογίας των AOPs είναι ποικίλα και υπό συνεχή ανάπτυξη. Δεδομένου ότι η εν λόγω τεχνολογία εφαρμόζεται και in-situ και ex-situ, έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές πρακτικές εφαρμογής, οι οποίες απαιτούν την προμήθεια αντίστοιχα διαφορετικού εξοπλισμού.

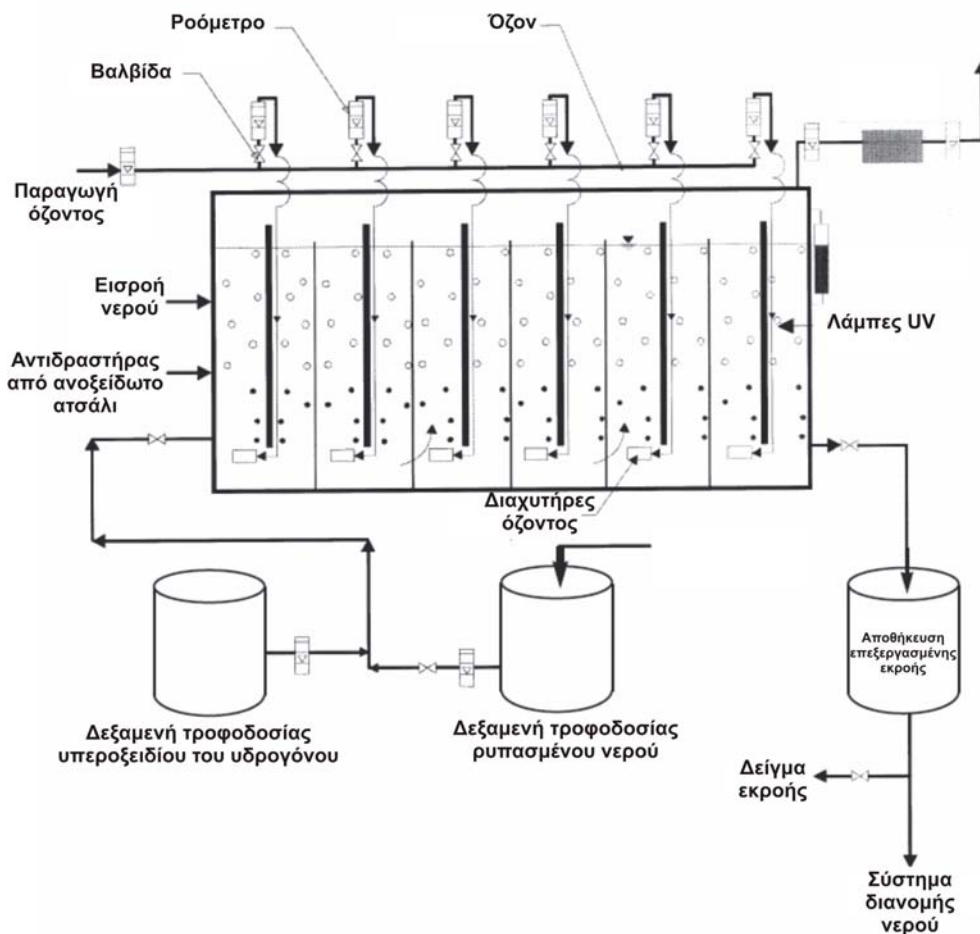
Όσον αφορά στην in-situ εφαρμογή των AOPs, αυτή πραγματοποιείται μέσω κατάλληλων γεωτρήσεων, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή των αναγκαίων οξειδωτικών μέσων στον υδροφόρο ορίζοντα και συγκεκριμένα στο υφιστάμενο πλούμιο ρύπανσης (Σχήμα 5-63).



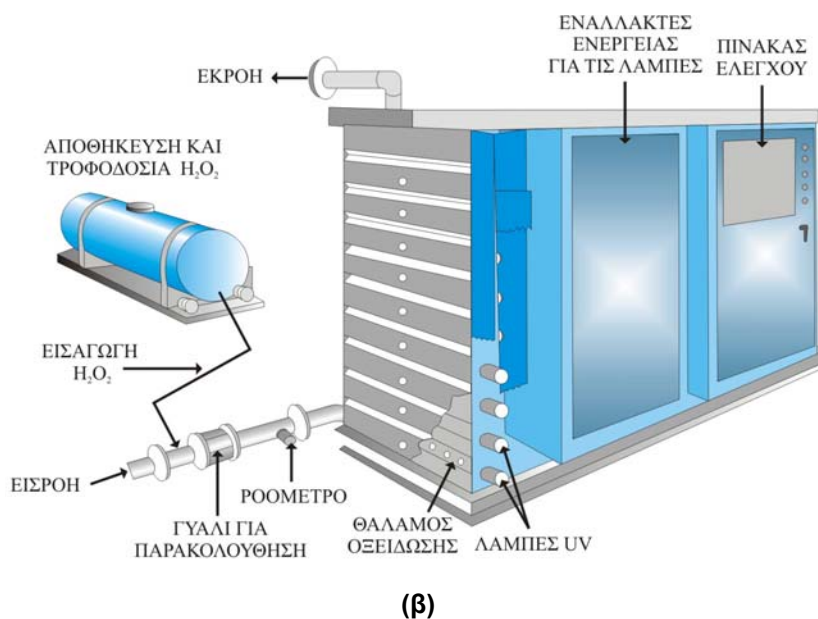
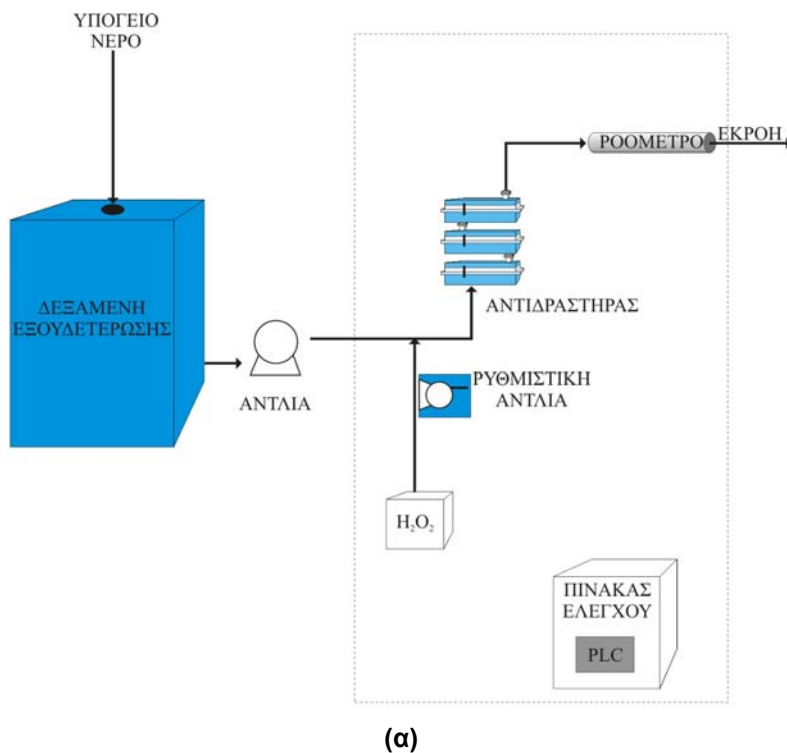
**Σχήμα 5-63:** In-Situ εφαρμογή των AOPs για την εξυγίανση υπογείων υδάτων με χρήση αντιδραστήριου Fenton (Ε. Γιδάρακος και Μ. Αίβαλιώτη, 2005).

Στις ex-situ εφαρμογές των AOPs, τα χρησιμοποιούμενα συστήματα είναι πιο «βιομηχανοποιημένα» και η όλη διεργασία οξειδωσης γίνεται υπό πλήρως ελεγχόμενες

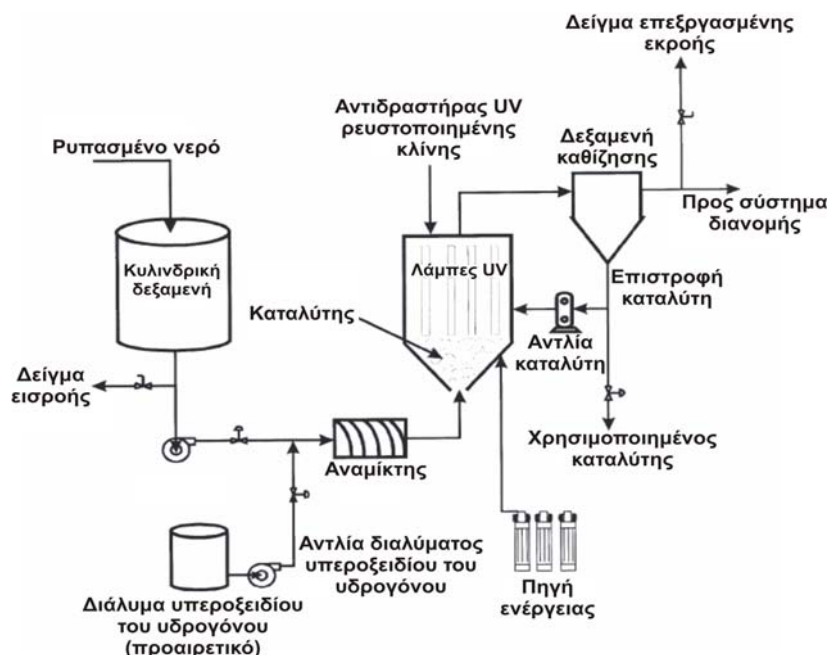
συνθήκες, χωρίς να απαιτείται παρακολούθηση ιδιαίτερων παραμέτρων, όπως αυτών που αφορούν στο υπέδαφος και τους υδροφορείς (π.χ. ταχύτητα και διεύθυνση ροής υπόγειου νερού, πιθανή εξάπλωση πλουμίου και χρησιμοποιούμενων οξειδωτικών ουσιών, κα.). Στα Σχήματα 5-64 έως 5-66 παρουσιάζονται ορισμένα τυπικά συστήματα ex-situ εφαρμογών των AOPs.



**Σχήμα 5-64:** Τυπικό σύστημα επεξεργασίας υπογείων υδάτων με χρήση  $H_2O_2$  /  $O_3$  / UV σε αντιδραστήρα διαλείποντος έργου (Kommineni S. et al., 2000).



**Σχήμα 5-65:** (α) Διάγραμμα ροής και (β) γραφική απεικόνιση τυπικού συστήματος επεξεργασίας υπογείων υδάτων με χρήση  $H_2O_2$  / UV σε αντιδραστήρα εμβολικής ροής (Rodriguez M., 2003).



**Σχήμα 5-66:** Τυπικό σύστημα επεξεργασίας υπογείων υδάτων με χρήση  $\text{TiO}_2$  / UV σε αντιδραστήρα ρευστοποιημένης κλίνης (fluidized bed reactor) (Kommineni S. et al., 2000).

#### Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Οι ρύποι υπογείων υδάτων, που μπορούν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς από τις διάφορες εφαρμογές της τεχνολογίας των AOPs, είναι πολλοί και περιλαμβάνουν κυρίως:

- BTEX,
- MTBE,
- TPH,
- χλωριωμένους διαλύτες,
- πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAH),
- πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB),
- χλωριωμένα βενζόλια (CB),
- φαινόλες,
- οργανικά φυτοφάρμακα, παρασιτοκτόνα και ζιζανιοκτόνα,
- εκρηκτικά (RDX, TNT, HMX, κα.).

Στον Πίνακα 5-60 παρουσιάζονται οι ρύποι υπογείων υδάτων, που είναι εύκολα ή καθόλου αντιμετωπίσιμοι από τις διάφορες εφαρμογές των AOPs.

#### Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

Όπως είναι λογικό, στην περίπτωση της in-situ εφαρμογής των AOPs για την εξυγίανση υπογείων υδάτων, τα κριτήρια αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητάς τους είναι πολύ περισσότερα και πιο πολύπλοκα από ότι στην περίπτωση της ex-situ εφαρμογής τους, έπειτα από άντληση αυτών, σε συνδυασμό με την τεχνολογία άντλησης και επεξεργασίας.

**Πίνακας 5-60:** Ρύποι, που μπορούν να αντιμετωπιστούν εύκολα ή μη, από τις διάφορες εφαρμογές των AOPs (ITRC, 2005).

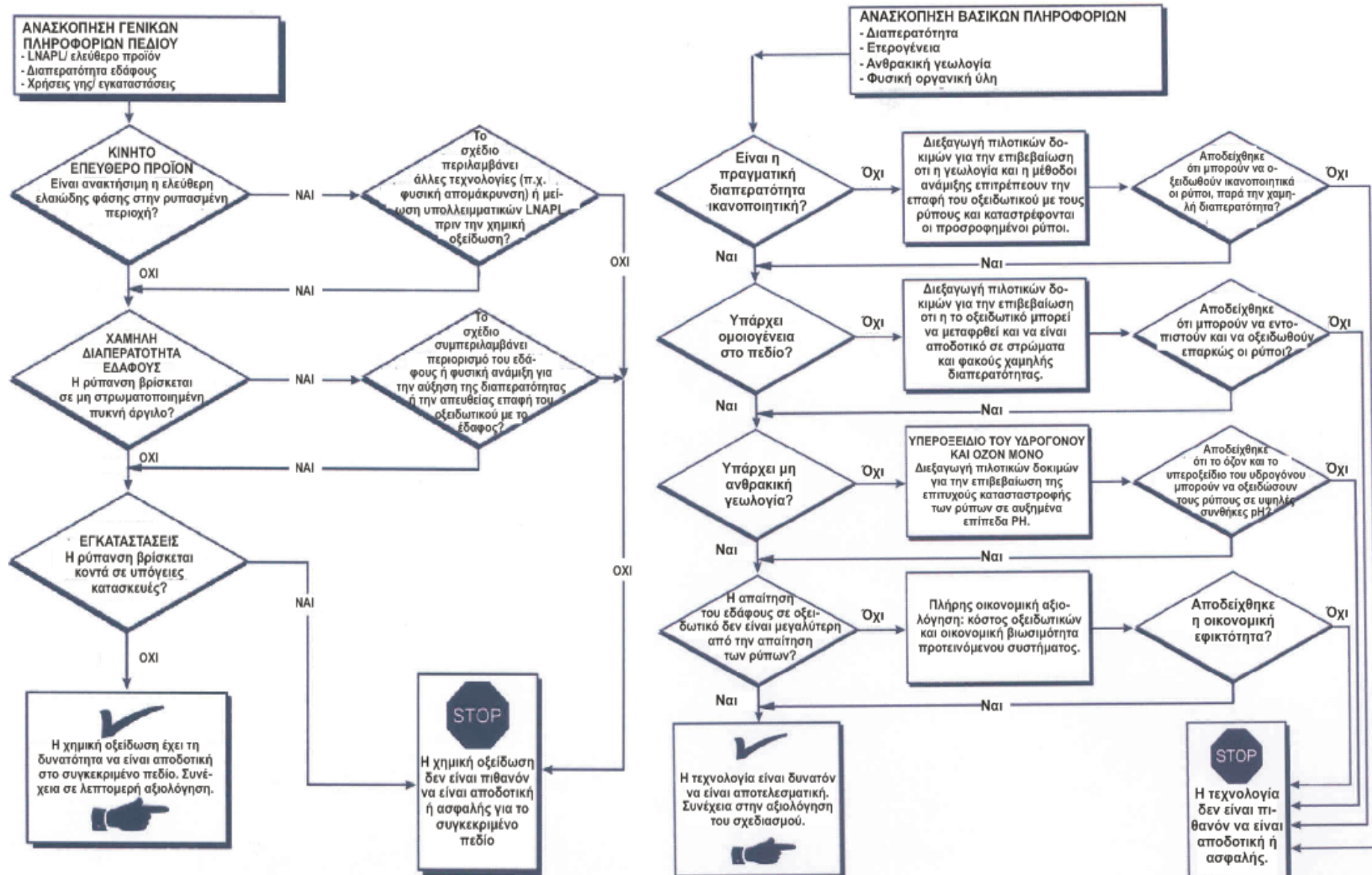
Οξειδωτικό	Αντιμετωπίσιμοι ρύποι	Μη αντιμετωπίσιμοι ρύποι	Δύσκολα αντιμετωπίσιμοι ρύποι
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> / Fe	TCA, PCE, TCE, DCE, VC, BTEX, CB, φαινόλες, MTBE, TBA, εκρηκτικά	DCA, CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , PAH, PCB, τετραχλωράν-θρακας	CHCl <sub>3</sub> , φυτοφάρμακα
O <sub>3</sub>	PCE, TCE, DCE, VC, BTEX, CB, φαινόλες, MTBE, TBA, εκρηκτικά	DCA, CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , PAH	TCA, τετραχλωράν-θρακας, CHCl <sub>3</sub> , PCB, φυτοφάρμακα
O <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	TCA, PCE, TCE, DCE, VC, BTEX, CB, φαινόλες, MTBE, TBA, εκρηκτικά	DCA, CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , PAH, PCB, τετραχλωράν-θρακας, PCB	CHCl <sub>3</sub> , φυτοφάρμακα
Υπερμαγγανικό (K/Na)	PCE, TCE, DCE, VC, BTEX, CB, φαινόλες, MTBE, TBA	PAH, εκρηκτικά, φυ-τοφάρμακα	TCA, τετραχλωράν-θρακας, CHCl <sub>3</sub> , PCB,

Για την πρώτη περίπτωση, η μεθοδολογία, η οποία ακολουθείται, παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-67.

Οι βασικές παράμετροι, που πρέπει να μελετηθούν και να προσδιοριστούν, κατά την αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας των AOPs in-situ, είναι οι ακόλουθες:

- Παράμετροι Πεδίου
  - απαιτούμενη ποσότητα οξειδωτικών ουσιών (λαμβάνοντας υπόψη την παρουσία διαφόρων ουσιών (π.χ. σιδήρου, αζώτου, φωσφόρου, άνθρακα, σκληρότητας) στο υπόγειο νερό, που μπορεί να υποβληθούν σε οξείδωση)
  - παράγοντες διασποράς και διάχυσης οξειδωτικών ουσιών (διαπερατότητα εδάφους, στρωματογραφία και δομή εδάφους, υδραυλική κλίση, κα.)
- Παράμετροι Ρύπων
  - δυνατότητα οξείδωσης
  - παράμετροι διαλυτότητας στο υπόγειο νερό (διαλυτότητα, συντελεστής κατανομής οργανικού άνθρακα K<sub>oc</sub>, κα.)

Εφόσον τα συλλεχθέντα στοιχεία είναι θετικά στην εφαρμογή της τεχνολογίας των AOPs, ακολουθεί ο σχεδιασμός του απαιτούμενου συστήματος, έπειτα από συλλογή όλων των αναγκαίων δεδομένων, που παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 5-61.



Σχήμα 5-67: Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης των AOPs σε ένα δεδομένο πεδίο – in-situ (EPA, 2004).

**Πίνακας 5-61:** Απαιτούμενα δεδομένα για το σχεδιασμό in-situ συστημάτων AOPs (EPA, 2004).

Παράγοντας σχεδιασμού	Πηγές πληροφοριών
<u>Στόχοι Εξυγίανσης</u>	
- Στοχευόμενα επίπεδα ρύπων (για έδαφος και υπογεία ύδατα)	Έλεγχος αποδεκτών, προ-σχεδιασμός έκθεσης ή ανάλυσης επικινδυνότητας (πιθανόν με χρήση αριθμητικών μοντέλων) ή νομοθετικές απαιτήσεις
- Χρόνοδιάγραμμα εξυγίανσης	
- Έλεγχος πλουμίου	
- Λοιπά	
<u>Γεωλογία</u>	
- Ομοιογένεια	Χαρακτηρισμός πεδίου, λήψη γεωλογικών καρτών, εγκατάσταση γεωτρήσεων, δειγματοληψία και ανάλυση και παρατηρήσεις στο πεδίο.
- Στρωματογραφία	Τοπικές γεωλογικές μελέτες.
- Γεωχημεία (οξυγόνο, νιτρικά, νιτρώδη, περιχόμενο σε άνθρακα, κα.)	
- Αδιαπέρατο στρώμα	
- Διαπερατότητα εδάφους	
<u>Υδρογεωλογία</u>	
- Βάθος υδροφορέα	Χαρακτηρισμός πεδίου, δοκιμές άντλησης υδροφορέα, ανάλυση στοιχείων και διεξαγωγή τοπικών γεωλογικών μελετών.
- Στάθμη και διακύμανση υδροφόρου ορίζοντα	
- Είδος υδροφορέα	
- Υδραυλικές παράμετροι (αγωγιμότητα, πορώδες, κα.)	
- Γεωχημεία (οξυγόνο, νιτρικά, νιτρώδη, περιχόμενο σε άνθρακα, κα.)	
- Μοντελοποίηση	
<u>Πετρελαϊκή Ρύπανση</u>	
- Υφιστάμενοι ρύποι	Δειγματοληψία και ανάλυση εδάφους, υπογείων υδάτων και άλλων μέσων, ανασκόπηση διαθέσιμων στοιχείων για τους υφιστάμενους ρύπους, επεξεργασία και ανάλυση.
- Συγκεντρώσεις ρύπων, που μπορούν να καταναλωθούν οξυγόνο	
- Εκτιμήσεις μαζών (προσροφημένων, διαλυμένων, υγρών και αέριων ρύπων)	
- Έκταση	
- Τύχη και μετακίνηση	
- Τάση ατμών και σταθερά του Henry	
- Μοντελοποίηση	

Τα χαρακτηριστικά του συστήματος και γενικότερα της όλης εφαρμογής της εν λόγω τεχνολογίας, που θα πρέπει να προκύψουν ως αποτέλεσμα της διαδικασίας του σχεδιασμού, είναι τα εξής:

- Σύστημα παροχής οξειδωτικών ουσιών
  - θεωρητική απαίτηση σε οξειδωτικές ουσίες
  - εκτίμηση της κατανάλωσης των οξειδωτικών ουσιών στο υπέδαφος, λόγω παρουσίας διαφόρων επιπλέον ενώσεων, πλην των ρύπων
  - ρυθμός παροχής οξειδωτικών ουσιών
  - θέση, αριθμός σημείων και βάθος εισαγωγής οξειδωτικών ουσιών
  - απαιτούμενος εξοπλισμός
- Αδειοδοτήσεις και οριακές τιμές
  - διάνοιξη και κατασκευή γεωτρήσεων
  - παραγόμενα απόβλητα (υγρά – αέρια) και έλεγχος αυτών
- Ανάπτυξη σχεδίου παρακολούθησης
  - κατανομή εισαγόμενων οξειδωτικών ουσιών

- μείωση των υφιστάμενων ρύπων (στη διαλυτή και στην προσροφημένη στα εδαφικά σωματίδια φάση)
- Προσδιορισμός κριτήριων ανάπτυξης εφεδρικού σχεδίου εξυγίανσης
  - ανεπαρκής κατανομή οξειδωτικών ουσιών
  - ανεπαρκής μείωση της συγκέντρωσης των υφιστάμενων ρύπων
  - αυξημένη εξάπλωση της υφιστάμενης ρύπανσης
  - παραγωγή ανεπιθύμητων παραπροϊόντων
  - έντονη παραγωγή αέριων παραπροϊόντων
  - εμφάνιση φαινομένων φραξίματος του υδροφορέα

Φυσικά, όλα τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά μπορούν να προκύψουν μόνο μέσω της διεξαγωγής εργαστηριακών και πιλοτικών δοκιμών.

Γενικά, οι in-situ εφαρμογές των τεχνολογιών των AOPs θεωρούνται ιδιαίτερα δύσκολες, παρόλο που επιτυγχάνουν ιδιαίτερα καλά αποτελέσματα εξυγίανσης σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (από μερικές εβδομάδες έως μερικούς μήνες). Επίσης, η διοχέτευση οξειδωτικών χημικών ουσιών στο υπέδαφος μπορεί να προκαλέσει σημαντική επικινδυνότητα στο πεδίο και για το λόγο αυτό η λήψη άδειας εφαρμογής in-situ οξείδωσης είναι ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία, δεδομένου ότι απαιτείται πολύ προσεκτικός και αυστηρός σχεδιασμός και έλεγχος των αντίστοιχων συστημάτων.

Όπως είναι λογικό, στην περίπτωση των ex-situ εφαρμογών των AOPs, τα πράγματα είναι ευκολότερα και απλούστερα, δεδομένου ότι:

- δεν λαμβάνονται υπόψη παράμετροι, που σχετίζονται με την υδρογεωλογία και τη γεωλογία του προς επεξεργασία πεδίου,
- δεν υπάρχει κίνδυνος διαφυγής / εξάπλωσης των υφιστάμενων ρύπων ή των χρησιμοποιούμενων οξειδωτικών μέσων,
- η όλη διεργασία λαμβάνει χώρα υπό πλήρως ελεγχόμενες συνθήκες.

Τα κύρια στάδια εφαρμογής των AOPs ex-situ περιλαμβάνουν τα εξής:

- πλήρης φυσικοχημικός χαρακτηρισμός του προς επεξεργασία νερού,
- προσδιορισμός του είδους και των συγκεντρώσεων των υφιστάμενων ρύπων,
- διεξαγωγή εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό των πιο αποδοτικών οξειδωτικών μέσων,
- διεξαγωγή εργαστηριακών και πιλοτικών δοκιμών για τον προσδιορισμό και το σχεδιασμό του αναγκαίου συστήματος,
- προσδιορισμός των απαιτούμενων ποσοτήτων και του ρυθμού τροφοδοσίας των αναγκαίων οξειδωτικών μέσων,
- προσδιορισμός πιθανών ανεπιθύμητων παραπροϊόντων,
- εντοπισμός πιθανής ανάγκης περαιτέρω επεξεργασίας παραγόμενων

παραπροϊόντων (υγρών και αερίων),

- προσδιορισμός των βέλτιστων λειτουργικών παραμέτρων (π.χ. χρόνος επαφής, θερμοκρασία, pH),
- σχεδιασμός, εγκατάσταση και λειτουργία αναγκαίου συστήματος,
- παρακολούθηση του συστήματος.

#### Χρόνος Εφαρμογής

Σε in-situ εφαρμογές των διαφόρων AOPs ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης είναι αρκετά μικρός, τουλάχιστον σε σχέση με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης, καθώς κυμαίνεται από μερικές εβδομάδες έως και μερικούς μήνες. Σε κάθε περίπτωση, ο απαιτούμενος αυτός χρόνος είναι συνάρτηση των ακόλουθων παραμέτρων:

- του όγκου και του βάθους του προς επεξεργασία υδροφορέα,
- του είδους του εδάφους και των επικρατούντων σε αυτό υδρογεωλογικών και γεωχημικών συνθηκών,
- της διεύθυνσης και της ταχύτητας ροής του υπόγειου νερού, κα..

Σε ex-situ εφαρμογές, ο απαιτούμενος χρόνος επεξεργασίας του αντλημένου υπόγειου νερού είναι συνήθως ακόμη μικρότερος (από μερικές ώρες έως ημέρες), δεδομένου ότι επικρατούν ελεγχόμενες συνθήκες και μπορεί να πραγματοποιηθεί πιο εύκολα η βελτιστοποίηση της διεργασίας της οξειδωσης, ακόμη και κάποια ενδεχομένως αναγκαία προεπεξεργασία του νερού.

#### Παρακολούθηση Συστημάτων

Η παρακολούθηση του υπεδάφους κατά την εφαρμογή των AOPs in-situ είναι επιβεβλημένη, προκειμένου να προσδιοριστούν οι ακόλουθες παράμετροι:

- η επιτυχής εφαρμογή τους,
- η απόδοσή τους,
- η επικράτηση ασφαλών συνθηκών,
- ο απαιτούμενος χρόνος εφαρμογής τους,
- η επανεμφάνιση των ρύπων μετά το τερματισμό της εφαρμογής τους,
- το τελικό κόστος εφαρμογής τους.

Ο Πίνακας 5-62 παρουσιάζει τις βασικότερες παραμέτρους πεδίου, που πρέπει να παρακολουθούνται και την απαιτούμενη συχνότητα, κατά την εφαρμογή των AOPs in-situ.

Κατά τις ex-situ εφαρμογές των τεχνολογιών των AOPs οι παράμετροι, που πρέπει να παρακολουθούνται, περιορίζονται στις βασικές λειτουργικές παραμέτρους των αντίστοιχων συστημάτων (π.χ. τροφοδοσία οξειδωτικών ουσιών, παροχή νερού, θερμοκρασία, pH, ποιότητα εκροής, κα) και στον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των ρύπων στην είσοδο

και στην έξοδο του συστήματος, στην παρουσία ορισμένων βασικών, πιθανά ανεπιθύμητων, παραπροϊόντων και στην ποιότητα του εισερχόμενου προς επεξεργασία νερού.

**Πίνακας 5-62:** Παράμετροι και συχνότητα παρακολούθησης αυτών κατά τη διάρκεια in-situ εφαρμογών AOPs (EPA, 2004).

Συχνότητα Δειγματοληψίας				
Αναλυτική παράμετρος	Φάση εκκίνησης (7-10 ημέρες)	Φάση εξυγίανσης/ Μετέπειτα παρακολούθησης		Στόχος
	Καθημερινά	Εβδομαδιαία ή μηνιαία	Τρεις έως μία φορά το έτος	
Υπόγεια Ύδατα				
Τα δείγματα θα πρέπει να λαμβάνονται από γεωτρήσεις παρακολούθησης εντός και γύρω από την προς εξυγίανση περιοχή. Δεν χρησιμοποιούνται γεωτρήσεις διοχέτευσης οξειδωτικών, καθώς θα δώσουν μη αντιπροσωπευτικό αποτέλεσμα.				
pH	X	X		Επιβεβαίωση σταθερών και κατάλληλων συνθηκών pH
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , Υπερμαγγανικό	X	X		Πληροφορίες σχετικά με την εξάπλωση των οξειδωτικών προτού αυτά αντιδράσουν
Πετρελαϊκά συστατικά			X	Δείχνει την πρόοδο της εξυγίανσης
Παραπροϊόντα από-δόμησης (π.χ. TBA)			X	Μπορούν να υποδείξουν ημιτελή οξείδωση
Διακυμάνσεις υδροφόρου ορίζοντα	X	X		Επιβεβαιώνει ότι οι υδραυλικές συνθήκες είναι ίδιες με εκείνες, που χρησιμοποιήθηκαν, στο σχεδιασμό ή αν η διαδικασία της εξυγίανσης τις επηρεάζει κατά κάποιο τρόπο.
Εδαφικός Αέρας				
Τα δείγματα θα πρέπει να λαμβάνονται από γεωτρήσεις παρακολούθησης εντός και γύρω από την προς εξυγίανση περιοχή. Δεν χρησιμοποιούνται γεωτρήσεις διοχέτευσης οξειδωτικών, καθώς θα δώσουν μη αντιπροσωπευτικό αποτέλεσμα.				
Διοξείδιο του άνθρακα	X	X		Παρέχει αποδείξεις για χημική οξείδωση
Οξυγόνο	X	X		Δείχνει ενδεχόμενες απώλειες του εισαγόμενου οξυγόνου μέσω της ακόρεστης ζώνης
Πτητικά οργανικά συστατικά	X	X		Υποδεικνύει υπολειμματικές πηγές ρύπανσης στο έδαφος ή εξάπλωση ρύπων μέσω της διαδικασίας εξυγίανσης
Όζον ή υπεροξείδιο του υδρογόνου	X	X		Καθορίζει απώλειες αντιδραστικών που εισέρχονται στο υπέδαφος
Έδαφος				
Τα δείγματα θα πρέπει να λαμβάνονται από γεωτρήσεις παρακολούθησης εντός και γύρω από την προς εξυγίανση περιοχή. Θα πρέπει να γίνεται δειγματοληψία από σταθερά σημεία, ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί σύγκριση.				
Πετρελαϊκά συστατικά			X	Αποτελεί μέτρο της διαδικασίας εξυγίανσης, της μείωσης της μάζας της των ρύπων και του βαθμού στον οποίο η χημική οξείδωση προσροφημένων συστατικών περιορίζεται.

Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Το κόστος επεξεργασίας υπογείων υδάτων με AOPs, όπως είναι λογικό, είναι δυνατόν να διαφέρει σημαντικά από περίπτωση σε περίπτωση, ανάλογα πάντα με:

- το είδος της εφαρμογής (in-situ ή ex-situ),
- τα χρησιμοποιούμενα οξειδωτικά μέσα (Πίνακας 5-63),
- τα χαρακτηριστικά και τον όγκο του προς επεξεργασία νερού,
- το είδος και την ποσότητα των υφιστάμενων ρύπων,
- την ανάγκη μετεπεξεργασίας, λόγω παραγωγής ανεπιθύμητων παραπροϊόντων,
- τον επιθυμητό βαθμό εξυγίανσης, κα.

**Πίνακας 5-63:** Ποιοτική σύγκριση κόστους εφαρμογής διαφόρων AOPs (ITRC, 2001).

Τεχνολογία	Κόστος Οξειδωτικών	Κόστος UV
O <sub>3</sub> /UV	Υψηλό	Μεσαίο
O <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Υψηλό	0
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV	Μεσαίο	Υψηλό
Φωτοκαταλυτική Οξείδωση	Πολύ Χαμηλό	Μεσαίο έως Υψηλό

Βάσει των παραπάνω, το αναμενόμενο κόστος μπορεί να κυμαίνεται από 0,02 έως 2€/L επεξεργαζόμενου νερού.

Στον Πίνακα 5-64 παρουσιάζεται το κόστος οξείδωσης ρυπασμένου νερού με MTBE ex-situ με χρήση H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV, ενώ στον Πίνακα 5-65 παρουσιάζεται το αντίστοιχο κόστος με χρήση H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>.

Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.Πλεονεκτήματα τεχνολογίας

- Προκαλεί την «καταστροφή» των υφιστάμενων ρύπων και όχι απλά τη δέσμευση ή την μεταφορά τους από ένα μέσο σε ένα άλλο.
- Μπορεί να εφαρμοστεί και in-situ και ex-situ, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες.
- Μπορεί να επεξεργαστεί μεγάλη ποικιλία ρύπων με αποδόσεις ιδιαίτερα υψηλές.
- Παρουσιάζει μικρούς χρόνους εξυγίανσης, σε σχέση με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης υπογείων υδάτων.
- Μπορεί να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης.

Μειονεκτήματα τεχνολογίας

- Οι in-situ εφαρμογές της είναι δύσκολες και ιδιαίτερα απαιτητικές σε έλεγχο, παρακολούθηση και αδειοδοτήσεις.
- Μπορεί να εμφανιστούν και πάλι υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων μετά το τέλος της εφαρμογής της σε ένα πεδίο.

- Μπορεί να προκληθεί παραγωγή ανεπιθύμητων παραπροϊόντων ή εμφάνιση επικινδύνων καταστάσεων, λόγω έκλυσης θερμότητας σε ορισμένες εφαρμογές.
- Το κόστος εφαρμογής της είναι γενικά υψηλό, λόγω της αναγκαιότητας λεπτομερούς παρακολούθησης (σε in-situ εφαρμογές) και κατανάλωσης ενέργειας, λόγω άντλησης και λειτουργίας των αναγκαίων συστημάτων (σε ex-situ εφαρμογές).
- Επηρεάζει τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία νερού, με αποτέλεσμα να απαιτείται προσεκτική διάθεση ή επαναχρησιμοποίηση αυτού.
- Ενδεχομένως να απαιτείται προεπεξεργασία του νερού, που πρόκειται να επεξεργαστεί, για την απομάκρυνση των παραγόντων, που μπορούν να επιβραδύνουν τη διεργασία της οξείδωσης των ανεπιθύμητων ρύπων.

**Πίνακας 5-64:** Κόστος οξείδωσης ρυπασμένου νερού με MTBE ex-situ με χρήση  $H_2O_2/UV$  (Naval Facilities Engineering Service Center, 2004).

Χαρακτηριστικά Εφαρμογής	Κόστος (€)
Παροχή νερού: 2.000 L/min	Εγκατάσταση: 243.000
Συγκέντρωση Εισροής : 700ppb	Εξοπλισμός: 71.700
Συγκέντρωση Εκροής: 35ppb	Λειτουργία και Συντήρηση: 107.500
	<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>
	<b>422.200</b>

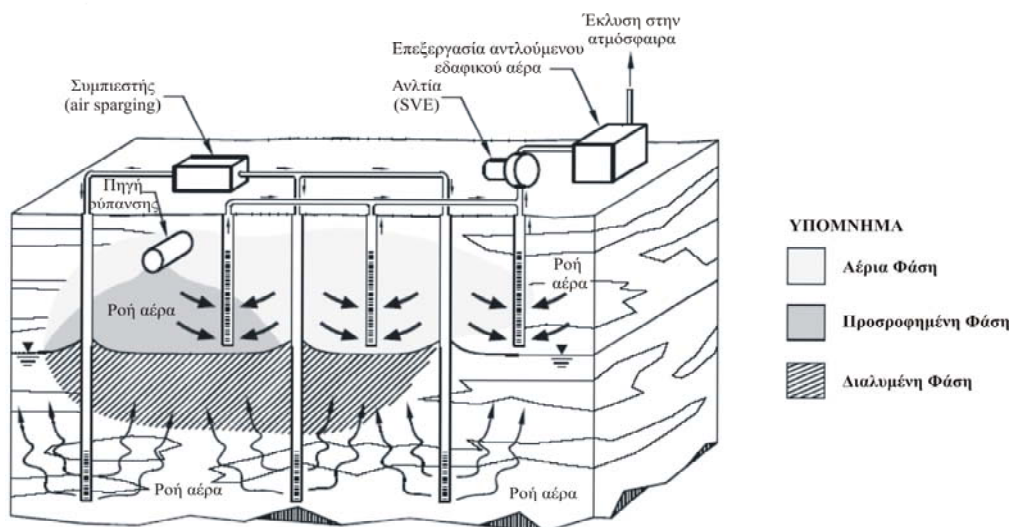
**Πίνακας 5-65:** Κόστος οξείδωσης ρυπασμένου νερού με MTBE ex-situ με χρήση  $H_2O_2/O_3$  (Commineni S. et al., 2000).

Χαρακτηριστικά Συστήματος	
Παροχή νερού: 2.000 L/min	
Συγκέντρωση Εισροής : 200ppb	Συγκέντρωση Εκροής: 20ppb
Εργασία / Εξοπλισμός	Κόστος (€)
Μονάδα οξείδωσης	537.600
Σωληνώσεις, βαλβίδες, ηλεκτρισμός (30%)	161.280
Εργασία πεδίου (10%)	53.760
Εργολαβία λειτουργίας και συντήρησης (15%)	112.896
Μηχανική (20%)	129.830
Απρόοπτα (20%)	199.073
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1.194.440</b>
Αναγωγή σε ετήσιο κόστος	96.259
Ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης	<u>92.963</u>
- Αντικαταστάσεις (1)	8.064
- Εργασία (724h)	41.517
- Αναλύσεις (208 δείγματα)	29.819
- Χημικές ουσίες	6.782
- Ενέργεια	6.782
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>189.222</b>
<b>ΚΟΣΤΟΣ/1.000L ΕΠΕΞΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ</b>	<b>2,28</b>

### 5.2.2.2. In-Situ

#### 5.2.2.2.1.. Air Sparging

Η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι σχετικά νέα και πολύ αποτελεσματική στην εξυγίανση υπογείων υδάτων. Σε γενικές γραμμές, αφορά στη διοχέτευση αέρα μέσα στην κορεσμένη ζώνη του υπεδάφους, με στόχο την εξάτμιση των υφιστάμενων ρύπων και την ενίσχυση της βιοαποικοδόμησής τους (Σχήμα 5-68). Λόγω της εισαγωγής αέρα στο υπέδαφος και της επιτυγχανόμενης εξάτμισης των ρύπων, στις περισσότερες εφαρμογές κρίνεται αναγκαία η απομάκρυνσή τους από την ακόρεστη ζώνη, με εφαρμογή της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα.



**Σχήμα 5-68:** Τυπικό σύστημα air sparging σε συνδυασμό με την τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα (EPA, 2004).

#### Βασική αρχή

Η βασική αρχή λειτουργίας ενός συστήματος air sparging έχει ως εξής: ο συμπιεσμένος αέρας ωθείται μέσα από μια κατάλληλα διαμορφωμένη γεώτρηση και ρέει ακτινικά προς τα έξω και προς τα πάνω, μέσα στην κορεσμένη ζώνη του εδάφους. Καθώς οι φυσαλίδες αέρα κινούνται μέσα στο υπέδαφος, τα πτητικά συστατικά που είναι διαλυμένα στο υπόγειο νερό ή προσροφημένα στην επιφάνεια των κόκκων του εδάφους, εξατμίζονται και παρασύρονται στην ακόρεστη ζώνη μαζί με τις φυσαλίδες του αέρα. Η εισαγωγή αέρα αυξάνει παράλληλα τις συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου στο υπέδαφος, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του ρυθμού βιο-οξειδωσης των βιοαποικοδομήσιμων ουσιών, σε διατάραξη των κόκκων του εδάφους, καθώς και σε αύξηση της πιθανότητας διάλυσης και εξάτμισης των DNAPL.

Τα κύρια φαινόμενα, που λαμβάνουν χώρα κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας air sparging, είναι τα ακόλουθα:

- Αυξημένη οξυγόνωση: ο διοχετευόμενος αέρας εμπλουτίζει την κορεσμένη, αλλά και την ακόρεστη ζώνη του εδάφους, ενισχύοντας τη βιοαποδόμηση των οργανικών ρύπων.
- Αυξημένη διάλυση: η διαταραχή που προκαλείται από την υπό πίεση διοχέτευση του αέρα στον υδροφορέα ευνοεί την εκρόφηση των προσροφημένων στα εδαφικά σωματίδια ρύπων και τη διάλυσή τους στο υπόγειο νερό. Με τον τρόπο αυτό γίνεται πιο εύκολη τόσο η εξάτμισή τους, όσο και η βιοαποικοδόμησή τους.
- Εξάτμιση: η παρουσία αέρα στο υπέδαφος ενισχύει την εξάτμιση των προσροφημένων οργανικών ρύπων, προωθώντας την απομάκρυνση της εναπομείνουσας ρύπανσης.
- Εκφύσηση (air stripping): η αυξημένη διοχέτευση αέρα μέσα στο κορεσμένο έδαφος ουσιαστικά προσομοιώνει τη διαδικασία της εκφύσησης, κατά την οποία πραγματοποιείται μεταφορά της μάζας ρύπων από την υγρή στην αέρια φάση.
- Φυσική μετατόπιση: σε υψηλές πιέσεις και παροχές ο εισαγόμενος αέρας είναι δυνατόν να προκαλέσει έντονη ανάμειξη και μετατόπιση του υπόγειου νερού, προκαλώντας τη μεταφορά και τη διασπορά των υφιστάμενων ρύπων.

Ο πρωτεύοντας στόχος της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι η εξάτμιση και δευτερεύοντας η βιοαποδόμηση των υφιστάμενων ρύπων. Επομένως, απευθύνεται κατά κύριο λόγο σε πτητικούς ρύπους. Αν γίνει αντιστροφή της προτεραιότητας αυτών των στόχων, τότε ουσιαστικά γίνεται λόγος για την τεχνολογία biosparging, η οποία να μεν έχει τα ίδια βασικά χαρακτηριστικά με την air sparging, αλλά η εισαγωγή του αέρα στο υπέδαφος γίνεται σε παροχή και πίεση, σχετικά μικρή, κατάλληλη για την ενίσχυση της βιοαποδόμησης των ρύπων και όχι την εξάτμισή τους. Επομένως, απευθύνεται κατά κύριο λόγο σε βιοαποικοδομήσιμους ρύπους. Οι ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των δυο τεχνολογιών είναι ελάχιστες, καθώς μόνο παράμετροι μεγέθους (π.χ. παροχή αέρα, άρα και μέγεθος αεροσυμπιεστή) είναι τα στοιχεία που κυρίως αλλάζουν στα αντίστοιχα συστήματά τους.

Επίσης, δεδομένου ότι η κύρια διεργασία απομάκρυνσης / καταστροφής των υφιστάμενων ρύπων είναι η βιοαποδόμηση, επιπλέον παράμετροι που σχετίζονται με τη δυνατότητα διεξαγωγής αυτής (π.χ. παρουσία κατάλληλων μικροοργανισμών, επικράτηση ευνοϊκών συνθηκών θερμοκρασίας και pH, παρουσία θρεπτικών συστατικών, κα) θα πρέπει να προσδιορίζονται και να λαμβάνονται υπόψη τόσο κατά την αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης της τεχνολογίας biosparging, όσο και κατά την εφαρμογή αυτής.

#### Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Ένα τυπικό σύστημα air sparging αποτελείται από τα ακόλουθα επιμέρους τμήματα:

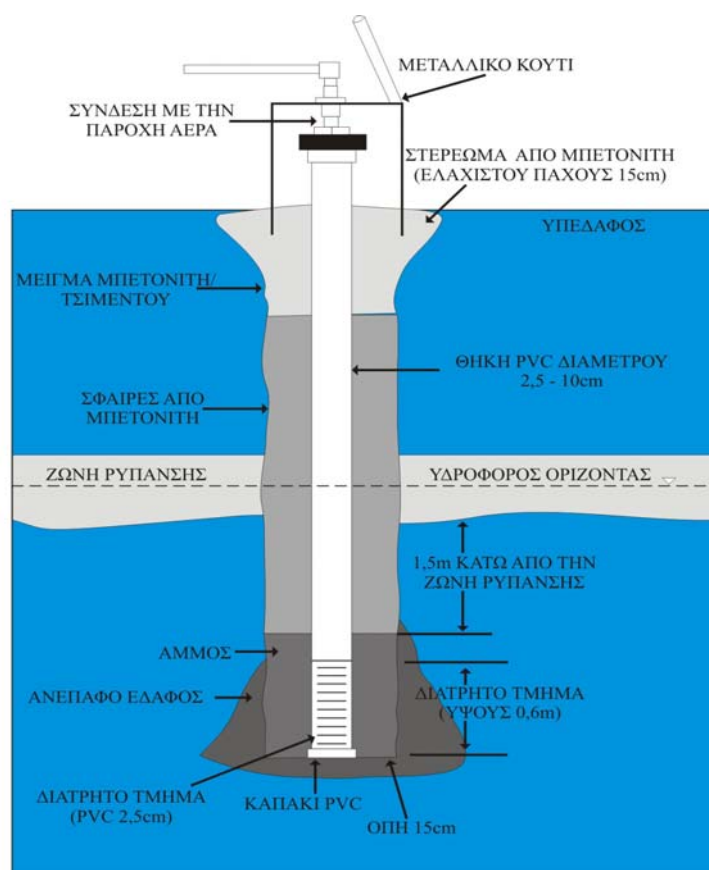
- γεωτρήσεις εισαγωγής αέρα,
- γεωτρήσεις παρακολούθησης υπεδάφους,
- αεροσυμπιεστής (air compressor),

- σωληνώσεις,
- λοιπά όργανα ελέγχου (π.χ. βαλβίδες, βάνες, ροόμετρα, μανόμετρα, κα..).

Αν απαιτείται η εφαρμογή της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα, τότε κρίνεται αναγκαία η προμήθεια όλου του σχετικού απαιτούμενου εξοπλισμού, όπως αυτός περιγράφηκε αναλυτικά στο άλλο υποκεφάλαιο.

### → Γεωτρήσεις

Οι γεωτρήσεις διοχέτευσης αέρα μπορεί να είναι είτε κάθετες (Σχήμα 5-69) είτε και οριζόντιες, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του εκάστοτε προς εξυγίανση πεδίου. Τα κυριότερα κριτήρια, που λαμβάνονται υπόψη, για την επιλογή οριζοντίων ή κάθετων γεωτρήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-66.



**Σχήμα 5-69:** Διατομή τυπικής κάθετης γεώτρησης air sparging (Naval Facilities Engineering Service Centre, 2001).

Η θέση και ο αριθμός των αναγκαίων γεωτρήσεων (διοχέτευσης αέρα, αλλά και παρακολούθησης ή άντλησης εδαφικού αέρα, εφόσον απαιτούνται) προσδιορίζονται με δύο βασικούς στόχους:

- τη βελτιστοποίηση της επίδρασης του συστήματος στο υφιστάμενο πλούμιο ρύπανσης,

- την λεπτομερή και αξιόπιστη παρακολούθηση των εξατμιζόμενων ρύπων, καθώς και τον έλεγχο αυτών, προκειμένου να μην διαφύγουν από την υπό επεξεργασία περιοχή.

**Πίνακας 5-66:** Κριτήρια επιλογής οριζοντίων ή κάθετων γεωτρήσεων air sparging σε ένα δεδομένο προς εξυγίανση πεδίο (EPA, 2004).

Είδος γεώτρησης	Συνθήκες Πεδίου
Κάθετη	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Σχετικά βαθιά ρύπανση (<math>&gt; 7,5\text{m}</math>)</li> <li>- Βάθος υδροφόρου ορίζοντα <math>&gt; 3\text{m}</math></li> <li>- Λιγότερες από 10 αναγκαίες γεωτρήσεις</li> </ul>
Οριζόντια	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ρηχή ρύπανση (<math>&lt; 7,5\text{m}</math>)</li> <li>- Ζώνη ρύπανσης εντός ενός συγκεκριμένου στρώματος του εδάφους.</li> <li>- Ύπαρξη ρύπανσης κάτω από κάποιο κτίριο ή άλλη κατασκευή</li> </ul>

Η θέση και ο αριθμός των αναγκαίων γεωτρήσεων μπορούν να προσδιοριστούν με τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν και για τα συστήματα άντλησης εδαφικού αέρα. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

- σε περιοχές με υψηλή ρύπανση απαιτείται κοντινή (πυκνή) τοποθέτηση των γεωτρήσεων διοχέτευσης αέρα, για την ενίσχυση της διανομής του αέρα και κατ'επέκταση του ρυθμού απομάκρυνσης των υφιστάμενων ρύπων,
- σε περίπτωση που υπάρχει ή χρησιμοποιείται εδαφικό κάλυμμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελαφριά μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ των γεωτρήσεων από τις προβλεπόμενες, βάσει του σχεδιασμού,
- αν η διαπερατότητα του εδάφους είναι σχετικά χαμηλή, τότε χρησιμοποιούνται μικρότερες αποστάσεις μεταξύ των γεωτρήσεων από τις προβλεπόμενες, βάσει του σχεδιασμού.

Το βάθος εισαγωγής του αέρα καθορίζεται άμεσα από την κατανομή των υφιστάμενων ρύπων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το βάθος αυτό βρίσκεται τουλάχιστον  $0,3 - 0,6\text{m}$  χαμηλότερα από το βαθύτερο γνωστό σημείο ρύπανσης του υδροφορέα. Παρόλα αυτά, στην πραγματικότητα, το βάθος διοχέτευσης του αέρα επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό και από την στρωματοποίηση του εδάφους, καθώς για παράδειγμα η εισαγωγή αέρα κάτω από ζώνες χαμηλής διαπερατότητας πρέπει να αποφεύγεται. Η πρόσφατη εμπειρία καθορίζει ότι το βάθος διοχέτευσης αέρα θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ  $9$  και  $18\text{m}$  κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα. Η συγκεκριμένη παράμετρος επηρεάζει την απαιτούμενη πίεση και παροχή του διοχετευόμενου αέρα. Όσο πιο βαθιά βρίσκεται το σημείο παροχής του αέρα, τόσο πιο πολύ θα επεκταθεί η ακτίνα επιρροής και επομένως θα απαιτηθεί μεγαλύτερη ποσότητα αέρα, προκειμένου να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό ποσοστό κορεσμού της ζώνης επιρροής σε αέρα.

Μια παραλλαγή αυτής της κλασικής τεχνολογίας air sparging αποτελεί η τεχνολογία in well air sparging, στη οποία χρησιμοποιούνται μεν μεμονωμένες γεωτρήσεις διοχέτευσης αέρα στην

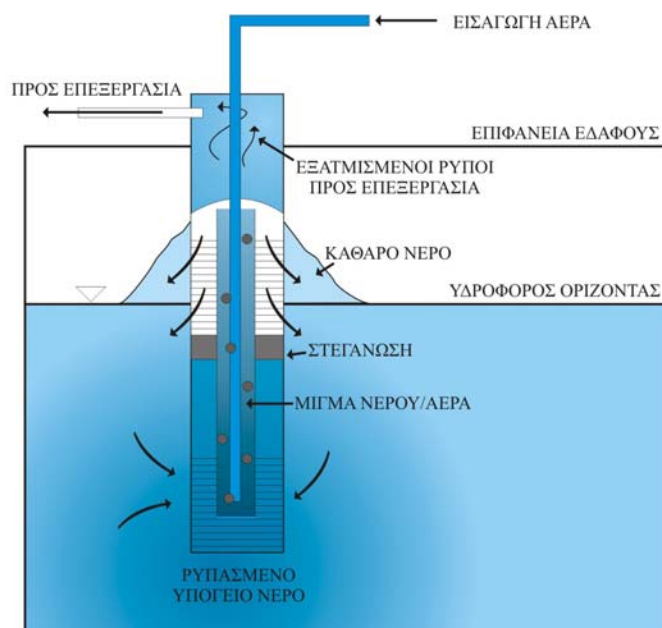
κορεσμένη ζώνη, με τη διαφορά όμως ότι ο παρεχόμενος αέρας δεν εξέρχεται από την γεώτρηση προς το έδαφος, αλλά παραμένει μέσα σε αυτήν (Σχήμα 5-70). Αυτή η τροποποιημένη τεχνολογία φαίνεται να είναι εξίσου αποτελεσματική με την τυπική τεχνολογία air sparging και ιδιαίτερα λειτουργική στην περίπτωση ύπαρξης μεγάλου βάθους υδροφορέα και εδάφους με χαμηλή διαπερατότητα.

#### → Αεροσυμπιεστής

Η επιλογή του τύπου και του μεγέθους του αναγκαίου αεροσυμπιεστή βασίζεται στην πίεση, που είναι αναγκαίο να αναπτυχθεί και στον απαιτούμενο ολικό ρυθμό διοχέτευσης αέρα. Ειδικά σε περιπτώσεις όπου υπάρχει κίνδυνος εκρήξεων (π.χ. εν λειτουργία διυλιστήρια) είναι αναγκαία η επιλογή αντιεκρηκτικού τύπου εξοπλισμού.

#### → Λοιπά όργανα ελέγχου

Μικρά όργανα, τα οποία απαιτούνται, για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της λειτουργίας ενός συστήματος air sparging, περιλαμβάνουν μανόμετρα, ροόμετρα, θύρες δειγματοληψίας, θερμομέτρα, βαλβίδες ελέγχου, κα..



**Σχήμα 5-70:** Γραφική απεικόνιση της τεχνολογίας in well air sparging (Suthersan S., 1997).

#### → Μονάδα επεξεργασίας αντλούμενου εδαφικού αέρα

Ένα από τα πλέον σημαντικά και ακριβά τμήματα ενός συστήματος air sparging είναι το σύστημα άντλησης και επεξεργασίας εδαφικού αέρα, εφόσον απαιτείται. Η επεξεργασία του αντλούμενου εδαφικού αέρα, λόγω των ρύπων που περιέχει, επιλέγεται βάσει αναλύσεων, που πραγματοποιούνται στο αρχικό στάδιο λειτουργίας του εκάστοτε συστήματος, οι οποίες καθορίζουν το είδος και τη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων, η οποία στη συνέχεια συγκρίνεται με τα όρια της εκάστοτε ισχύουσας νομοθεσίας.

Οι διαδεδομένες διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας του αντλούμενου εδαφικού αέρα έχουν ήδη παρουσιαστεί στο υποκεφάλαιο της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα.

#### Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Οι ρύποι που μπορούν να αντιμετωπιστούν με επιτυχία από την τεχνολογία air sparging είναι κυρίως πτητικά και ημι-πτητικά οργανικά συστατικά, τα οποία παρουσιάζουν τάση ατμών μεγαλύτερη από 0,5mm Hg (στους 20°C) ή σταθερά του Νόμου του Henry μεγαλύτερη από  $10^{-3}$  atm·m<sup>3</sup>/mole. Επίσης σημαντικό για την απόδοση της τεχνολογίας είναι οι προς απομάκρυνση ρύποι να παρουσιάζουν ελάχιστη διαλυτότητα στο νερό και αμελητέα τάση προσρόφησης στα εδαφικά σωματίδια, ώστε να είναι δυνατή και σχετικά εύκολη η μεταφορά τους στην αέρια φάση.

Η τεχνολογία air sparging μπορεί να αντιμετωπίσει επιτυχώς και αερόβια αποικοδομήσιμους οργανικούς ρύπους. Επίσης, είναι εφαρμόσιμη και αποτελεσματική και στην επεξεργασία λιγότερο πτητικών και/ ή δυνατά προσροφημένων ουσιών, οι οποίες δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν μόνο με τη χρήση της τεχνολογίας άντλησης εδαφικού αέρα.

Οι κύριοι ρύποι, που παρουσιάζουν τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά (υψηλή πτητικότητα ή τάση βιοαποδόμησης) είναι οι εξής:

- ελαφριά συστατικά βενζίνης (π.χ. BTEX),
- διάφορα καύσιμα, π.χ. βενζίνη, diesel, κτλ.,
- χλωριωμένοι διαλύτες (PCE, TCE, DCE, κτλ.),
- μη αλογωνομένα πτητικά και ημι-πτητικά συστατικά, κα..

Για την αύξηση της ποικιλίας των ρύπων, που μπορούν να απομακρυνθούν από τους υπόγειους υδροφορείς με εφαρμογή της τεχνολογίας air sparging, συχνά εφαρμόζονται παραλλαγές της μεθόδου, όπως:

- θέρμανση του εδάφους (για την ενίσχυση της εξάτμισης των λιγότερο πτητικών ρύπων),
- διοχέτευση ζεστού αέρα ή ατμού (για την ενίσχυση της εξάτμισης των λιγότερο πτητικών ρύπων),
- παροχή θρεπτικών (για την ενίσχυση της βιοαποδόμησης των μη πτητικών, αλλά βιοαποικοδομήσιμων ρύπων),
- διοχέτευση όζοντος (για την αντιμετώπιση «δύσκολων» ρύπων, όπως χλωριωμένων φαινολών, αλκοολών, κετόνων και άλλων βιομηχανικών διαλυτών).

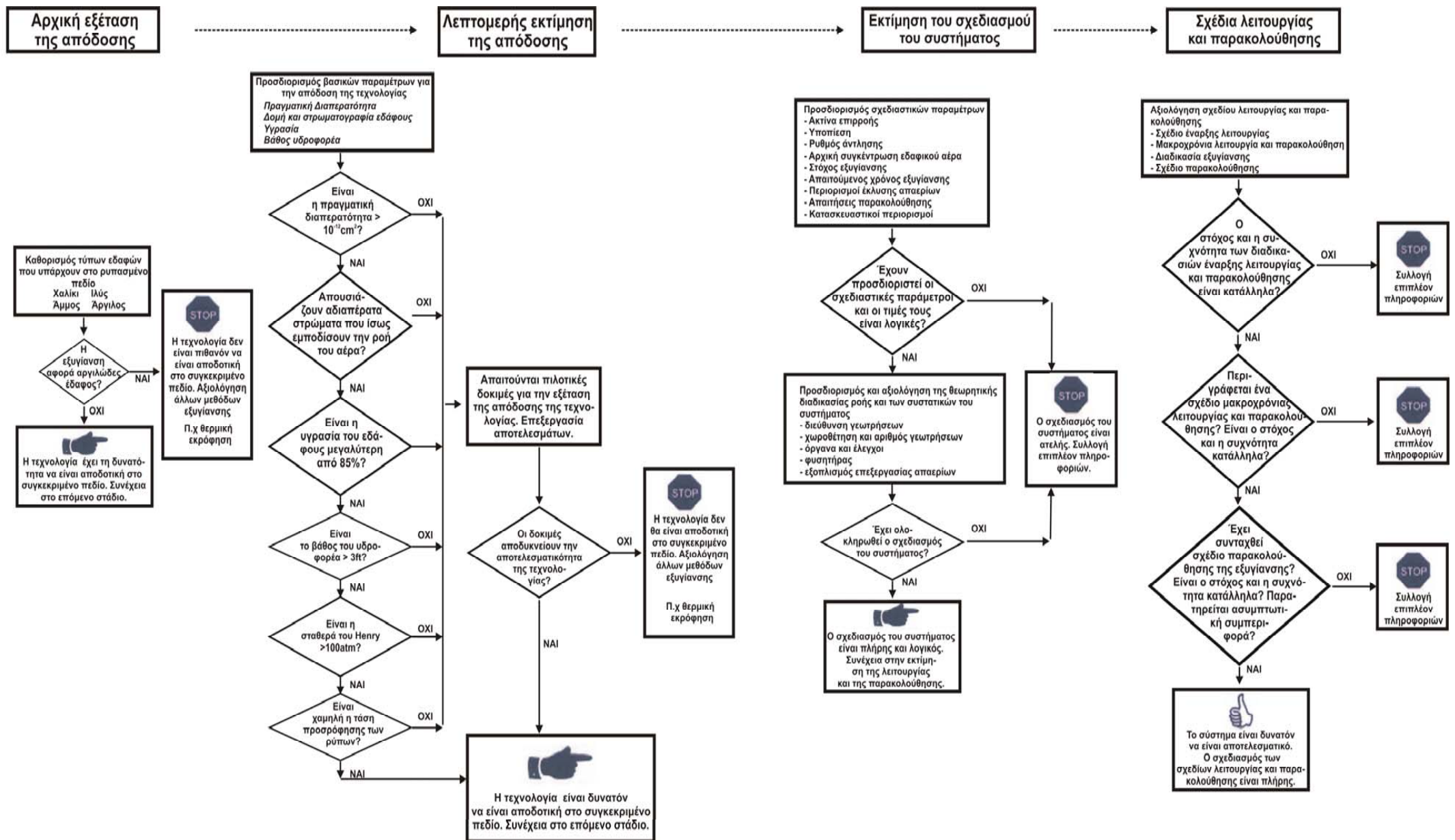
#### Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

Για την αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητας της τεχνολογίας air sparging σε ένα συγκεκριμένο ρυπασμένο πεδίο, έχει προταθεί και καθιερωθεί συγκεκριμένη μεθοδολογία (Σχήμα 5-71), η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα επιμέρους στάδια:

- αρχική εξέταση της απόδοσης της τεχνολογίας (initial screening of air sparging effectiveness),
- λεπτομερής εκτίμηση της απόδοσης της τεχνολογίας (detailed evaluation of air sparging effectiveness),
- εκτίμηση του σχεδιασμού του αναγκαίου συστήματος (evaluation of air sparging system design),
- εκτίμηση σχεδίων λειτουργίας και παρακολούθησης (evaluation of the operation & monitoring plans).

Η αρχική εξέταση της καταλληλότητας και της απόδοσης της συγκεκριμένης τεχνολογίας σε ένα δεδομένο ρυπασμένο πεδίο αρχικά επικεντρώνεται στον «αποκλεισμό» των ακόλουθων χαρακτηριστικών, τα οποία θα πρέπει να απουσιάζουν:

- ελεύθερη ελαιώδης φάση (για την αποφυγή της εξάπλωσής της),
- κοντινά υπόγεια κτίρια, υπόνομοι και άλλες περιορισμένου χώρου υπόγειες κατασκευές (για την αποφυγή συσσώρευσης των αέριων ρύπων στα σημεία αυτά),
- περιορισμένος υδροφορέας (για την αποφυγή της «παγίδευσης» των αέριων ρύπων στο υπέδαφος).



**Σχήμα 5-71:** Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης της τεχνολογίας air sparging σε ένα δεδομένο πεδίο (EPA, 2004).

Στη συνέχεια, εξετάζονται η διαπερατότητα του προς επεξεργασία εδάφους και η κατανομή της μάζας των υφιστάμενων ρύπων μεταξύ της αέριας και της διαλυμένης στο υπόγειο νερό φάσης. Γενικά, όσο πιο διαπερατό είναι το έδαφος και όσο πιο υψηλή πτητικότητα και χαμηλή διαλυτότητα παρουσιάζουν οι υφιστάμενοι ρύποι, τόσο πιο αποδοτική αναμένεται να είναι η συγκεκριμένη τεχνολογία.

Εφόσον η αρχική εξέταση δώσει θετικά αποτελέσματα, ακολουθεί η λεπτομερής εκτίμηση της απόδοσης της τεχνολογίας air sparging, μέσω πιο συγκεκριμένου προσδιορισμού της διαπερατότητας του εδάφους και της κατανομής της μάζας των υφιστάμενων ρύπων μεταξύ της αέριας και της διαλυμένης στο υπόγειο νερό φάσης. Οι παράμετροι, που εξετάζονται για τον σκοπό αυτό, είναι οι εξής:

- Διαπερατότητα Εδάφους
  - Πραγματική Διαπερατότητα (Intrinsic Permeability)
  - Δομή και Στρωματογραφία Εδάφους
  - Συγκέντρωση Διαλυμένου Σιδήρου στο Υπόγειο Νερό
- Κατανομή Μάζας Ρύπων
  - Τάση Ατμών
  - Σύσταση και Σημείο Βρασμού
  - Σταθερά του Νόμου του Henry
  - Διαλυτότητα (στο νερό)
  - Συγκέντρωση Ρύπων

Η πραγματική διαπερατότητα αποτελεί μέτρο της ικανότητας του εδάφους να επιτρέπει τη μετακίνηση ρευστών μέσα στον όγκο του και αποτελεί βασικό καθοριστικό παράγοντα της αποτελεσματικότητας της τεχνολογίας air sparging. Η τιμή της μπορεί να κυμανθεί από  $10^{-16}$  έως και  $10^{-3} \text{ cm}^2$ , με πλέον κοινό εύρος τιμών να είναι από  $10^{-13}$  έως και  $10^{-5} \text{ cm}^2$ . Στον Πίνακα 5-67 παρουσιάζονται οι τιμές που ευνοούν και μη την εφαρμογή και την απόδοση της τεχνολογίας air sparging.

**Πίνακας 5-67:** Πραγματική διαπερατότητα και απόδοση της τεχνολογίας air sparging (EPA, 2004).

Πραγματική Διαπερατότητα $k \text{ (cm}^2\text{)}$	Απόδοση τεχνολογίας
$k \geq 10^{-9}$	Γενικά καλή
$10^{-9} \geq k \geq 10^{-10}$	Απαιτείται επιπλέον διερεύνηση
$k \leq 10^{-10}$	Όχι καλή

Η πραγματική διαπερατότητα του εδάφους μπορεί να καθοριστεί είτε στο πεδίο, με διεξαγωγή τεστ διαπερατότητας ή πιλοτικών μελετών άντλησης εδαφικού αέρα, είτε στο εργαστήριο, με χρήση δείγματος στήλης από το πεδίο. Η υδραυλική αγωγιμότητα θα πρέπει να είναι  $> 10^{-5} \text{ cm/s}$ , αν ο λόγος οριζόντιας προς κάθετης υδραυλικής αγωγιμότητας κυμαίνεται  $< 2:1$ , ή  $> 10^{-4} \text{ cm/s}$ , αν ο λόγος οριζόντιας προς κάθετης υδραυλικής αγωγιμότητας είναι  $> 3:1$ .

Η δομή και η στρωματογραφία του εδάφους καθορίζει την ροή, την κατανομή και την πίεση του διοχετευόμενου αέρα, καθώς επίσης και τα «μονοπάτια» διαφυγής των εξατμιζόμενων ρύπων στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους. Γενικά, η παρουσία ετερογενειών στην προς επεξεργασία περιοχή είναι ανεπιθύμητη.

Η συγκέντρωση του διαλυμένου σιδήρου στο υπόγειο νερό μπορεί να ελαττώσει την απόδοση της τεχνολογίας air sparging, μέσω της μείωσης της διαπερατότητας του εδάφους. Ο διαλυμένος σίδηρος όταν έρθει σε επαφή με οξυγόνο οξειδώνεται σε αδιάλυτο σίδηρο, ο οποίος καθιζάνει και μπορεί να μειώσει το πορώδες και ως εκ τούτου τη διαπερατότητα του εδάφους. Στον Πίνακα 5-68 παρουσιάζονται ενδεικτικές τιμές της συγκέντρωσης διαλυμένου σιδήρου στο υπόγειο νερό, που ευνοούν ή μη την απόδοση της τεχνολογίας air sparging.

**Πίνακας 5-68:** Ευνοϊκές τιμές της συγκέντρωσης του διαλυμένου σιδήρου στο υπόγειο νερό για την εφαρμογή της τεχνολογίας air sparging (EPA, 2004).

Συγκέντρωση Διαλυμένου Σιδήρου (mg/L)	Απόδοση Τεχνολογίας
$\text{Fe}^{+2} < 10$	Γενικά καλή
$10 \leq \text{Fe}^{+2} \leq 20$	Απαιτείται περιοδικός έλεγχος των γεωτρήσεων και ενδεχομένως αντικατάσταση
$\text{Fe}^{+2} \geq 20$	Όχι καλή – δεν συνιστάται η τεχνολογία air sparging

Όσον αφορά στις παραμέτρους, που εκφράζουν την τάση των υφιστάμενων ρύπων να μεταφερθούν / παραμείνουν στην αέρια φάση, αυτές, όπως είναι αναμενόμενο, είναι επιθυμητό να είναι υψηλές, προκειμένου να ευνοείται η εξάτμισή τους. Ο Πίνακας 5-69 παρουσιάζει τις κατά γενικό κανόνα ευνοϊκές τιμές των προαναφερόμενων παραμέτρων.

**Πίνακας 5-69:** Ευνοϊκές τιμές παραμέτρων έκφρασης της πτητικότητας των υφιστάμενων ρύπων για την εφαρμογή της τεχνολογίας air sparging (EPA, 2004).

Παράμετρος	Ευνοϊκή Τιμή
Τάση Ατμών (mm Hg στους 20°C)	> 0,5
Σημείο Βρασμού (°C)	< 250 – 300
Σταθερά του N. Henry (atm)	100

Για τη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων δεν υπάρχει κάποιο ανώτατο όριο, πέρα του οποίου η απόδοση της τεχνολογίας μειώνεται. Κατ' αντιστοιχία, δεν υπάρχει κάποιο ελάχιστο όριο συγκέντρωσης, το οποίο μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή της τεχνολογίας air sparging. Παρόλα αυτά, η αρχική συγκέντρωση και ο στόχος εξυγίανσης θα πρέπει να προσδιορίζονται, προκειμένου να μπορέσει να γίνει ένας σωστός σχεδιασμός του μελλοντικού συστήματος. Στον Πίνακα 5-70 παρουσιάζονται ορισμένα ενδεικτικά στοιχεία διαφορετικών εφαρμογών της τεχνολογίας air sparging, σε συνδυασμό με άντληση του εδαφικού αέρα.

**Πίνακας 5-70:** Ενδεικτικά στοιχεία απόδοσης συστημάτων air sparging σε συνδυασμό με άντληση του εδαφικού αέρα (EPA, 2004).

Πεδίο	Τύπος Εδάφους	Βάθος Υ.Ο. (m)	Ρύπος	Χρόνος Εξυγίανσης (μήνες)	Συγκέντρωση στο Υπόγειο Νερό (mg/L)	
					Αρχική	Τελική
A	Άμμος, ιλύς και άργιλος	2-5	Βενζίνη	2	BTEX: 4-25	0,25-8
B	Πηλώδης άμμος με ενδιάμεσα στρώματα αργίλου	2	Βενζίνη	5	Benzene: 3-6	59% μείωση
Γ	-	-	Βενζίνη	10	Benzene: >30	<5
Δ	Άμμος, ιλύς	2-4	Βενζίνη	24	BTEX: 6-24	0,38-7,6
E	Λεπτόκοκκη άμμος και χαλίκι	5	Βενζίνη	2	BTEX: 21	<1

Τέλος, η διαλυτότητα των υφιστάμενων ρύπων, αν και δεν είναι τόσο καθοριστική για την απόδοση ενός συστήματος air sparging, όσο είναι η σταθερά του Νόμου του Henry και η τάση ατμών, δίνει κάποια σημαντικά στοιχεία για την τάση κατανομής τους. Σε γενικές γραμμές, η διαλυτότητα των ρύπων είναι επιθυμητό να είναι σχετικά χαμηλή (συνήθως <20.000 mg/L), χωρίς όμως να υπάρχει κάποια απόλυτη οριακή ή βέλτιστη τιμή. Παρόλα αυτά, συστατικά με σημαντική διαλυτότητα στο υπόγειο νερό είναι δυνατόν να απομακρυνθούν αποτελεσματικά, λόγω της εξίσου μεγάλης τιμής της σταθεράς του Νόμου του Henry (π.χ. βενζόλιο).

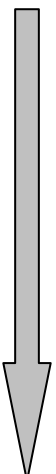
Στην περίπτωση, που βασικός στόχος είναι η βιοαποδόμηση των υφιστάμενων ρύπων, δηλαδή η εφαρμογή της τεχνολογίας bioremediation, η προαναφερόμενη μεθοδολογία και τα κριτήρια αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσής της, τροποποιούνται ελαφρώς, λαμβάνοντας ουσιαστικά υπόψη επιπλέον παραμέτρους, όπως είναι:

- η θερμοκρασία του υπόγειου νερού (η οποία θα πρέπει να είναι ευνοϊκή για την ανάπτυξη και τη δράση των μικροοργανισμών ~ 10-45°C),
- το pH του υπόγειου νερού (το οποίο επίσης θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 6 και 8, για να μην παρεμποδίζεται η μικροβιακή δράση και ανάπτυξη),
- ο πληθυσμός των μικροοργανισμών (συνήθως > 1.000CFU/gr ξηρού εδάφους),
- η συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών (π.χ. αζώτου και φωσφόρου).

Επίσης, για την επιτυχή εφαρμογή της τεχνολογίας bioremediation θα πρέπει οι υφιστάμενοι ρύποι να παρουσιάζουν σημαντική βιοαποικοδομησιμότητα (Πίνακας 5-71) και η συγκέντρωσή τους να κυμαίνεται σε συγκεκριμένα όρια (γενικά < 50.000ppm), προκειμένου να μην αποτελούν τοξικό παράγοντα για τη δράση, την ανάπτυξη ή γενικά την επιβίωση των δρώντων μικροοργανισμών. Επίσης, άλλοι τυχόν τοξικοί παράγοντες, όπως π.χ. η παρουσία βαρέων μετάλλων σε σημαντικές συγκεντρώσεις (>2.500ppm) θα πρέπει να απουσιάζουν.

Τέλος, πριν την εφαρμογή της τεχνολογίας bioremediation θα πρέπει να καθοριστεί ο επιθυμητός στόχος εξυγίανσης, δηλαδή η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων. Όπως έχει αποδειχθεί η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν μπορεί να πετύχει «εύκολα» συγκεντρώσεις < 0,1ppm ή συνολική μείωση των ρύπων (συνήθως TPH) σε ποσοστό > 95%.

**Πίνακας 5-71:** Βιοαποικοδομησιμότητα διαφόρων κοινών οργανικών ρύπων (EPA, 2004).

Βιοαποικοδομησιμότητα	Ενδεικτικά Συστατικά	Τυπικοί Ρύποι Όπου Απαντώνται
Σημαντική	n-βουτάνιο, i-πεντάνιο, n-οκτάνιο Εννιάνιο	→ Βενζίνη → Diesel καύσιμο
	Μεθυλοβουτάνιο, Διμεθυλοπεντάνιο, Μεθυλοοκτάνιο	→ Βενζίνη
	Βενζόλιο, τολουόλιο, Αιθυλοβενζόλιο, ξυλένιο Προπυλοβενζόλιο	→ Βενζίνη → Diesel, Κηροζίνη
	Δεκάνιο Δωδεκάνιο Δεκατριάνιο Δεκατεσεράνιο	→ Diesel → Κηροζίνη → Καύσιμο θέρμανσης → Λιπαντικά έλαια
	Ναφθαλένιο Φθοροανθένιο Πυρένιο Ακεναφθένιο	→ Diesel → Κηροζίνη → Καύσιμο θέρμανσης → Λιπαντικά έλαια
Μειωμένη		

Η διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών (τεστ) θεωρείται αναγκαία προκειμένου αφενός να εκτιμηθεί η απόδοση της τεχνολογίας στο προς επεξεργασία πεδίο και αφετέρου να προσδιοριστούν οι βέλτιστες τιμές βασικών λειτουργικών παραμέτρων, όπως π.χ. του ρυθμού διοχέτευσης αέρα, της ασκούμενης πίεσης, κα.. Η διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών περιλαμβάνει τη διοχέτευση αέρα σε μια και μόνο γεώτρηση και την εγκατάσταση σημείων παρακολούθησης του εδαφικού αέρα περιμετρικά αυτής, προκειμένου να μελετηθεί η σύσταση του εδαφικού αέρα και η μεταβολή αυτής κατά τη διοχέτευση αέρα, ο ρυθμός εξάτμισης των υφιστάμενων ρύπων και τελικά η ανάγκη εγκατάστασης ή μη συστήματος άντλησης και επεξεργασίας του εδαφικού αέρα στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους. Οι τιμές του ρυθμού και του βάθους διοχέτευσης αέρα, αλλά και της πίεσης μεταβάλλονται προκειμένου να προσδιοριστούν οι βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας. Παράλληλα, γίνεται μέτρηση της πίεσης σε διάφορες αποστάσεις περιμετρικά της γεώτρησης διοχέτευσης αέρα, προκειμένου να προσδιοριστεί η λεγόμενη «ακτίνα επιρροής» και της σύστασης του εδαφικού αέρα. Στον Πίνακα 5-72 παρουσιάζονται οι παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν κατά τη διεξαγωγή των πιλοτικών δοκιμών.

**Πίνακας 5-72:** Παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν κατά τη διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών για την εγκατάσταση συστήματος air sparging (EPA, 2004).

Παράμετρος	Μέσο Προσδιορισμού
Ακτίνα επιρροής	Μέτρηση πίεσης σε διάφορες αποστάσεις περιμετρικά της γεώτρησης διοχέτευσης αέρα
Ρυθμός διοχέτευσης / πίεση αέρα	Δοκιμή διαφορετικών παροχών / πιέσεων
Συγκέντρωση ρύπων στον εδαφικό αέρα	Δειγματοληψία και ανάλυση από κατάλληλες γεωτρήσεις παρακολούθησης της ακόρεστης ζώνης του εδάφους
Μεταβολή της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα	Συνεχής καταγραφή του βάθους του υδροφόρου ορίζοντα μέσω γεωτρήσεων
Συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα	Δειγματοληψία και ανάλυση ή χρήση ειδικών αισθητήρων σε κατάλληλες γεωτρήσεις
<b>Αν απαιτείται και σύστημα άντλησης εδαφικού αέρα</b>	
Ρυθμός εξάτμισης και συλλογής ρύπων	Δοκιμή διαφορετικών παροχών διοχέτευσης αέρα και άντλησης εδαφικού αέρα
Συγκέντρωση ρύπων στον εδαφικό αέρα	Δειγματοληψία και ανάλυση εδαφικού αέρα

Κατά το στάδιο σχεδιασμού του αναγκαίου συστήματος πρέπει να προσδιοριστούν οι εξής λειτουργικές παράμετροι:

- **Ακτίνα επιρροής:** η μεγαλύτερη απόσταση από τη γεώτρηση διοχέτευσης αέρα, στην οποία κατανέμεται ο διοχετευόμενος αέρας και ενισχύεται η εξάτμιση των υφιστάμενων ρύπων (ή βιοαποδόμηση αυτών). Η απόσταση αυτή είναι γενικά δύσκολο να προσδιοριστεί, δεδομένης της ασυμμετρίας και της μεταβαλλόμενης πυκνότητας των καναλιών κατανομής του αέρα στο υπέδαφος. Συνήθεις τιμές, που έχουν καταγραφεί, κυμαίνονται από 0,5 έως και πάνω από 12m. Η μορφή και η έκτασή της εξαρτώνται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του εδάφους (πορώδες, υδραυλική αγωγιμότητα, ομοιογένεια, κτλ.) και τις παραμέτρους διοχέτευσης του αέρα (παροχή και πίεση). Δεδομένης της έκτασης της προς επεξεργασία περιοχής, η ακτίνα επιρροής χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των συνολικά απαιτούμενων πηγαδιών, καθώς και της διάταξης αυτών.
- **Πίεση:** η απαιτούμενη πίεση που πρέπει να ασκηθεί για να επιτευχθεί ο επιθυμητός ρυθμός παροχής και η εξάπλωση του αέρα γύρω από τη γεώτρηση. Συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 10 και 15psig. Η διαδικασία προσδιορισμού της ουσιαστικά επικεντρώνεται στον εντοπισμό της ελάχιστης πίεσης που χρειάζεται για την εισαγωγή αέρα στο έδαφος και της μέγιστης πίεσης που επιτρέπεται να εφαρμοστεί στον υδροφόρα.
- **Ρυθμός παροχής αέρα:** θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ κάποιων λογικών ορίων, τα οποία δεν ορίζονται απόλυτα από συγκεκριμένες εξισώσεις, αλλά αντίθετα έχουν καθοριστεί από την υπάρχουσα εμπειρία. Όπως έχει αποδειχθεί από διάφορες εφαρμογές της τεχνολογίας air sparging, η παροχή του διοχετευόμενου αέρα θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αποκλείονται δυσάρεστα φαινόμενα, όπως:

- η κίνηση και η απελευθέρωση των παραγόμενων ατμών στην επιφάνεια του εδάφους και/ ή την συσσώρευσή τους σε κτίρια, χαντάκια, κτλ.,
- η πρόκληση ανάμιξης των υπογείων υδάτων (λόγω της μετακίνησης του νερού από τον αέρα που διοχετεύεται), η οποία μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την μετακίνηση ή την εξάπλωση της ζώνης ρύπανσης,
- η αυξημένη ανάμιξη (λόγω της μεγάλης παροχής αέρα) και κατ' επέκταση η αυξημένη μεταφορά μάζας των ρύπων στο υπόγειο νερό και την αέρια φάση.

Για την αποφυγή τέτοιων καταστάσεων, η επιλεχθείσα παροχή αέρα θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να επιτυγχάνεται ικανοποιητικός αερισμός του υδροφορέα (μεγάλες ζώνες επιρροής και υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου στο υπόγειο νερό) και αρκετά μικρή, ώστε να μην προκαλείται ανεπιθύμητη διαταραχή των συνθηκών που επικρατούν στο υπέδαφος. Η αντίληψη ότι όσο περισσότερος αέρας διοχετεύεται στον υδροφορέα, τόσο καλύτερα αποτελέσματα εξυγίανσης επιτυγχάνονται δεν είναι απόλυτα σωστή.

Εκτός από τον κίνδυνο φραξίματος του υδροφορέα, άλλοι παράγοντες που περιορίζουν την παροχή του αέρα σε μια γεώτρηση είναι:

- οι δυνατότητες του υπάρχοντος εξοπλισμού παροχής αέρα,
- οι δυνατότητες του συστήματος άντλησης των παραγόμενων ατμών (όπου υπάρχει),
- οι βιολογικοί περιορισμοί, που αφορούν στην ενίσχυση της βιοαποδόμησης (σε περίπτωση που αυτή αποτελεί στόχο της εφαρμογής της τεχνολογίας)
- η πιθανή δημιουργία ανεπιθύμητων διεξόδων/ καναλιών αέρα.

Οι παροχές που επιλέγονται στις περισσότερες εφαρμογές air sparging κυμαίνονται μεταξύ 40 και 1100L/min, ενώ ως κατάλληλη παροχή έναρξης της λειτουργίας ενός συστήματος προτείνεται η τιμή των 565L/min.

- Τρόπος λειτουργίας συστήματος: συνεχής ή περιοδική λειτουργία. Στην πρώτη περίπτωση η διοχέτευση του αέρα στον υδροφορέα λαμβάνει χώρα υπό σταθερές συνθήκες καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου, ενώ στη δεύτερη ο αέρας εισάγεται είτε ανά συγκεκριμένα τακτά χρονικά διαστήματα με σταθερή παροχή και πίεση, είτε συνεχώς με μεταβαλλόμενη πίεση και παροχή. Σύμφωνα με πολλές ερευνητικές μελέτες, η περιοδική λειτουργία συστημάτων air sparging είναι ικανή να εξαλείψει μια σειρά αρνητικών φαινομένων, τα οποία εμφανίζονται κατά τη διάρκεια εφαρμογής της τεχνολογίας, όπως:

- την αργή κινητική της διεργασίας μεταφοράς μάζας στη διεπιφάνεια νερού/ αέρα,
- το μειωμένο ρυθμό μεταφοράς μάζας του ρύπου από την υδατική φάση στη διεπιφάνεια νερού/ αέρα.
- την επιβράδυνση ή/ και την παρεμπόδιση της ροής του υπόγειου νερού εντός της ζώνης επιρροής, λόγω των μεταβολών του βαθμού κορεσμού και κατ' επέκταση της υδραυλικής διαπερατότητας, με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται εξάπλωση ή μεταφορά του υπάρχοντος ρύπου σε άλλες περιοχές.

Τα παραπάνω ανεπιθύμητα φαινόμενα είναι δυνατόν να αποφευχθούν εφαρμόζοντας περιοδική λειτουργία, η οποία συν τοις άλλοις προκαλεί σχετικά αυξημένη ανάμιξη του υπόγειου νερού, αυξάνοντας παράλληλα το ρυθμό διάχυσης του ρύπου από το υπόγειο νερό στην αέρια φάση.

- Αρχική συγκέντρωση ρύπων: χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του ρυθμού απομάκρυνσης των ρύπων, του αναγκαίου χρόνου εξυγίανσης και της ανάγκης εγκατάστασης και λειτουργίας συστήματος άντλησης και επεξεργασίας του εδαφικού αέρα.
- Επιθυμητή τελική συγκέντρωση ρύπων: ορίζεται είτε από την εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία, είτε από τα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες του προς επεξεργασία πεδίου, βάσει της υφιστάμενης επικινδυνότητας, του εκτιθέμενου πληθυσμού στην ρύπανση, τους μηχανισμούς μεταφοράς των ρύπων, κα.. Αυτή καθορίζει ποια τμήματα του υπό μελέτη πεδίου χρήζουν επεξεργασίας και πότε μπορεί να τερματιστεί η εφαρμογή της τεχνολογίας.
- Απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης: μπορεί να επηρεάσει τον σχεδιασμό των αναγκαίων συστημάτων, καθώς σε περίπτωση που είναι περιορισμένος και οριζόμενος από εξωγενείς παράγοντες (π.χ. κάποια αρμόδια αρχή ή τη νομοθεσία) ενδέχεται π.χ. να οδηγήσει στην μείωση της μεταξύ απόστασης και του συνολικού αριθμού των χρησιμοποιούμενων γεωτρήσεων διοχέτευσης αέρα.
- Προς επεξεργασία όγκος εδάφους
- Υπολογισμοί όγκου πόρων εδάφους (σε περίπτωση που εφαρμόζεται και η τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα): πραγματοποιούνται για την εκτίμηση του ρυθμού ανανέωσης του εδαφικού αέρα μέσα στους πόρους του εδάφους, ανάλογα με τον ρυθμό άντλησης αυτού.
- Περιορισμοί διάθεσης του αντλούμενου εδαφικού αέρα (σε περίπτωση που εφαρμόζεται και η τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα) και απαιτήσεις σε παρακολούθηση των συστημάτων: συνήθως καθορίζονται από την ισχύουσα νομοθεσία.
- Περιορισμοί πεδίου: όπως κτίρια, εγκαταστάσεις, εμπόδια, κα..

Βάσει όλων των προαναφερόμενων, ακολουθεί η ανάπτυξη σχεδίων λειτουργίας και παρακολούθησης των συστημάτων άντλησης εδαφικού αέρα και τελικά ξεκινάει η λειτουργία αυτών.

#### Χρόνος Εφαρμογής

Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας air sparging κυμαίνεται γενικά από 1 έως 3 χρόνια και εξαρτάται από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- τον στόχο εξυγίανσης,
- τον όγκο του προς επεξεργασία υδροφορέα,
- τη συγκέντρωση και την κατανομή των υφιστάμενων ρύπων,

- τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου (κυρίως τη διαπερατότητα και την ανισοτροπία του εδάφους),
- την πτητικότητα, τη διαλυτότητα και την τάση προσρόφησης των υφιστάμενων ρύπων.

Η στιγμή τερματισμού της λειτουργίας του συστήματος προσδιορίζεται βάσει των συγκεκριμένων κριτηρίων, μεταξύ των οποίων είναι: αν η μείωση της συγκέντρωσης των ρύπων έχει φτάσει σε ασυμπτωτικές συνθήκες, αν οι υφιστάμενοι ρύποι παρουσιάζουν συγκεντρώσεις μικρές, οι οποίες πλέον δεν αποτελούν απειλή για τα υπόγεια ύδατα και γενικότερα για το πεδίο, αν δεν παρατηρείται επανεμφάνιση υψηλών συγκεντρώσεων των ρύπων μετά από κλείσιμο του συστήματος για ένα μικρό χρονικό διάστημα, κα..

#### Παρακολούθηση Συστημάτων

Οι τυπικές παράμετροι ενός συστήματος air sparging, οι οποίες θα πρέπει να παρακολουθούνται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, είναι οι εξής:

- η πίεση (ή κενό),
- ο ρυθμός παροχής αέρα,
- η συγκέντρωση ρύπων στο υπόγειο νερό και στον εδαφικό αέρα,
- η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στα υπόγεια ύδατα,
- ο ρυθμός απομάκρυνσης ρύπων – απόδοση συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα, εφόσον υπάρχει.

Οι παράμετροι και η συχνότητα με την οποία πρέπει να παρακολουθούνται αυτές εξαρτάται από το στάδιο της λειτουργίας του συστήματος, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στον Πίνακα 5-73.

Η παρακολούθηση της απόδοσης του συστήματος πραγματοποιείται υπολογίζοντας τη μάζα των ρύπων, που απομακρύνεται από τον υδροφορέα, ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Στη συνέχεια, οι στιγμιαίες, αλλά και η αθροιστική ποσότητα ρύπων, που απομακρύνεται, προσδιορίζονται γραφικά συναρτήσει του χρόνου. Όταν η γραφική παράσταση, που προκύπτει, παρουσιάσει ασυμπτωτική συμπεριφορά, τότε θα πρέπει είτε να τερματιστεί η λειτουργία του συστήματος (αν έχουν επιτευχθεί οι στόχοι εξυγίανσης ή απομακρυνθεί πλήρως οι υφιστάμενοι ρύποι), είτε θα πρέπει να γίνει εκ νέου ρύθμιση των λειτουργικών παραμέτρων του συστήματος (π.χ. αύξηση του ρυθμού διοχέτευσης αέρα) για τη βελτίωση της απόδοσής του.

**Πίνακας 5-73:** Προτεινόμενη παρακολούθηση λειτουργικών παραμέτρων συστήματος air sparging (EPA, 2004).

Φάση Λειτουργίας	Συχνότητα Παρακολούθησης	Παράμετρος Παρακολούθησης	Σημείο Παρακολούθησης
Εκκίνηση λειτουργίας (7-10 ημέρες)	Τουλάχιστον καθημερινά	- Παροχή και Πίεση	- Γεωτρήσεις διοχέτευσης αέρα και άντλησης εδαφικού αέρα - Σωληνώσεις
		- Συγκέντρωση ρύπων και CO <sub>2</sub> στον εδαφικό αέρα	- Γεωτρήσεις άντλησης εδαφικού αέρα - Έξοδος αντλούμενου εδαφικού αέρα στην ατμόσφαιρα - Γεωτρήσεις παρακολούθησης υπεδάφους
Κανονική Λειτουργία	Ανά δύο εβδομάδες ή μηνιαία	- Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, pH, θρεπτικών στο υπόγειο νερό - Παροχή και πίεση	- Γεωτρήσεις παρακολούθησης υπογείων υδάτων - Γεωτρήσεις διοχέτευσης αέρα και άντλησης εδαφικού αέρα - Σωληνώσεις
		- Συγκέντρωση ρύπων και CO <sub>2</sub> στον εδαφικό αέρα	- Γεωτρήσεις άντλησης εδαφικού αέρα - Έξοδος αντλούμενου εδαφικού αέρα στην ατμόσφαιρα - Γεωτρήσεις παρακολούθησης υπεδάφους
		- Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, pH, θρεπτικών στο υπόγειο νερό	- Γεωτρήσεις παρακολούθησης υπογείων υδάτων
	Ανά τρεις μήνες ή ετησίως	- Συγκέντρωση υφιστάμενων ρύπων στο υπόγειο νερό	- Γεωτρήσεις παρακολούθησης υπογείων υδάτων

**Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας**

Το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας ενός συστήματος air sparging είναι δυνατόν να ποικίλει σημαντικά από περίπτωση σε περίπτωση, καθώς, όπως είναι προφανές, αυτό εξαρτάται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του πεδίου και της υφιστάμενης ρύπανσης.

Παράμετροι όπως:

- οι ιδιότητες του εδάφους (π.χ. διαπερατότητα),
- τα χαρακτηριστικά και η κατανομή των υφιστάμενων ρύπων,
- ο εκάστοτε στόχος εξυγίανσης,
- τα χαρακτηριστικά του απαιτούμενου αεροσυμπιεστή,
- ο αριθμός και το βάθος των αναγκαίων γεωτρήσεων,
- το μήκος των αναγκαίων σωληνώσεων,

- το είδος και το μέγεθος της ενδεχομένως αναγκαίας μονάδας επεξεργασίας του αντλούμενου εδαφικού αέρα,
- καθιστούν αδύνατη την εκτίμηση ενός standard κόστους εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Στον Πίνακα 5-74 παρουσιάζεται αναλυτικά το κόστος μιας πλήρους κλίμακας εφαρμογής της τεχνολογίας air sparging, σε περιοχή των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής.

#### Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.

##### *Πλεονεκτήματα τεχνολογίας*

- Απαιτεί ελάχιστο επιφανειακό χώρο για την εγκατάσταση του απαιτούμενου εξοπλισμού.
- Χρησιμοποιεί άμεσα παραδοτέο εξοπλισμό, με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του κόστους εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης (~ 15–35 €/ton κορεσμένου εδάφους) .
- Μπορεί να αξιοποιήσει ήδη υπάρχοντα πηγάδια παρακολούθησης, μειώνοντας το κόστος εφαρμογής της.
- Λόγω του χαμηλού κόστους λειτουργίας και συντήρησης των αναγκαίων συστημάτων, η εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι περισσότερο συμφέρουσα σε περιπτώσεις, όπου είναι αναγκαία η επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων υπόγειων υδάτων.
- Μπορεί να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες, όπως τη βιοαναρόφηση και την άντληση εδαφικού αέρα.
- Απομακρύνει πολύ αποτελεσματικά την υπολειμματική ρύπανση από την κορεσμένη ζώνη του εδάφους.
- Ξεπερνάει ένα βασικό περιορισμό που παρουσιάζουν τα συστήματα άντλησης και επεξεργασίας: τη μείωση των ποσοτήτων των ρύπων που απομακρύνονται με το χρόνο.
- Απαιτεί μικρούς χρόνους εξυγίανσης, συνήθως λιγότερο από 1-3 έτη, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες.
- Οι ρύποι απομακρύνονται ευκολότερα όταν βρίσκονται στην αέρια φάση από ότι όταν είναι διαλυμένοι στο υπόγειο νερό, φαινόμενο το οποίο εκμεταλλεύεται η τεχνολογία air sparging.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία ρύπων που βρίσκονται στην ζώνη επικράτησης των τριχοειδών φαινομένων και/ ή κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα.

**Πίνακας 5-74:** Κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης συστήματος air sparging στη ναυτική βάση Hueneme της Καλιφόρνια (www.denix.osd.mil).

Χαρακτηριστικά Πεδίου / Συστήματος		
Βάθος υδροφόρου ορίζοντα	3m	
Έκταση ρυπασμένης περιοχής	18 x 22m (~ 400m <sup>2</sup> )	
Αριθμός δειγμάτων (υπόγειου νερού, εδάφους, εδαφικού αέρα)	150	
Γεωτρήσεις παρακολούθησης βάθους έως 6m	14	
Γεωτρήσεις διοχέτευσης αέρα βάθους έως 6m	18	
Γεωτρήσεις άντλησης εδαφικού αέρα βάθους έως 3m	4	
Γεωτρήσεις παρακολούθησης εδαφικού αέρα βάθους έως 6m	6	
Χρόνος λειτουργίας συστήματος	18 μήνες	
Εργασία		Κόστος (€)
Χαρακτηρισμός πεδίου	- δειγματοληψία εδάφους	9.000
	- δειγματοληψία υπόγειου νερού	864
	- μεταφορές	864
Διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών / τεστ	- εξοπλισμός	1.267
	- εργασία	7.200
	- μεταφορές	2.160
Εξοπλισμός συστήματος	- αεροσυμπιεστής	14.580
	- διάνοιξη και κατασκευή 18 γεωτρήσεων	4.860
	- λοιπός εξοπλισμός (π.χ. ροόμετρα, μανόμετρα, κτλ)	4.702
	- εργασία	10.656
	- μεταφορές	3.600
Σύστημα άντλησης εδαφικού αέρα		4.464
Δοκιμαστική λειτουργία		7.920
Τελική δειγματοληψία εδάφους		9.000
Καθημερινή συντήρηση		9.072
Μηνιαίος καθαρισμός πεδίου		14.515
Λειτουργικά έξοδα		15.206
Δειγματοληψία υπογείων υδάτων ανά 3 μήνες		2.347
Υλικά και αναλώσιμα		2.808
Τελικός καθαρισμός πεδίου		11.628
Συνολικό κόστος		<b>136.714 €</b>
Κόστος / m <sup>3</sup> κορεσμένου εδάφους		<b>~ 120 € / m<sup>3</sup></b>

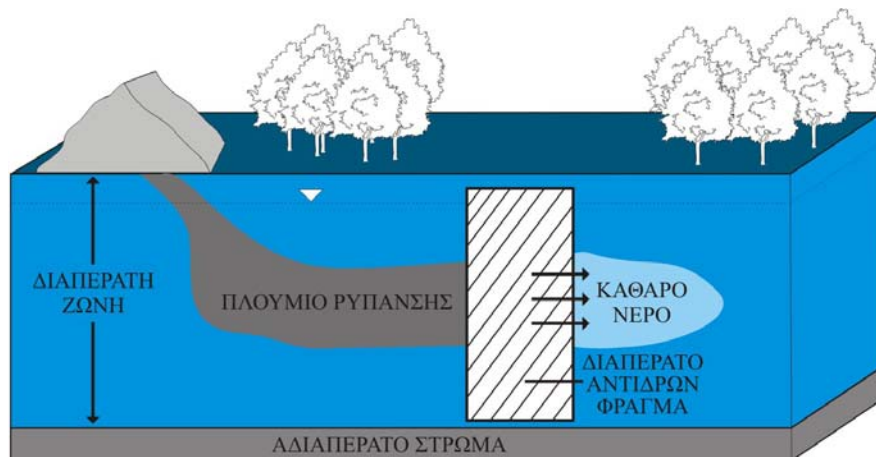
- Σε περίπτωση που εφαρμόζεται ως “biosparging”, μπορεί να επεξεργαστεί μεγαλύτερη ποικιλία ρύπων (βιοαποικοδομήσιμων και όχι μόνο πτητικών) και έχει ως αποτέλεσμα την μετατροπή των ρύπων σε αβλαβείς ουσίες (π.χ. CO<sub>2</sub>), όχι απλά τη μεταφορά τους από ένα περιβαλλοντικό μέσο σε ένα άλλο (από τα υπόγεια ύδατα στον εδαφικό αέρα).
- Υπό κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας παράγει σχετικά μικρούς όγκους αποβλήτων, τα οποία απαιτούν ελάχιστη ή και καθόλου επεξεργασία.

#### Μειονεκτήματα τεχνολογίας

- Δεν είναι αποτελεσματική στην περίπτωση που υπάρχουν ελαφρά μη υδατικής φάσης υγρά (LNAPL), τα οποία σχηματίζουν στρώμα ελαιώδους φάσης στον υδροφόρο ορίζοντα.
- Δεν μπορεί να αντιμετωπίσει πυκνά μη υδατικής φάσης υγρά (DNAPL), τα οποία υπάρχουν ως ξεχωριστή φάση στον «πυθμένα» του υπόγειου υδροφορέα.
- Η ύπαρξη ρύπων, που σχηματίζουν σύμπλοκα με τα εδαφικά συστατικά, μειώνουν την απόδοσή της.
- Η παρουσία και η λειτουργία γεωτρήσεων άντλησης εδαφικού αέρα είναι συνήθως αναγκαίες, προκειμένου να προστατευθεί το κοντινό περιβάλλον από τυχόν τοξικούς ή εκρηκτικούς ατμούς, αυξάνοντας σημαντικά το κόστος εφαρμογής της.
- Η ύπαρξη μικρού βάθους και πάχους υδροφορέα αυξάνει δραματικά τον αριθμό των απαιτούμενων γεωτρήσεων διοχέτευσης αέρα (προκειμένου να καλυφθεί όλη η προς επεξεργασία περιοχή) και κατ’ επέκταση αυξάνεται και το κόστος εφαρμογής της μεθόδου.
- Δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε περιορισμένους υδροφορείς, λόγω πιθανής μεταφοράς των πτητικών ρύπων σε περιοχές εκτός του πεδίου ρύπανσης.
- Αργιλώδη εδάφη και περιοχές με πολύπλοκη στρωματογραφία περιορίζουν την απόδοσή της, παρεμποδίζοντας την ομοιόμορφη κατανομή του διοχετευόμενου αέρα.
- Η παρουσία λεπτόκοκκων, χαμηλής διαπερατότητας εδαφών πάνω από τον υδροφορέα παρεμποδίζουν τη μεταφορά των εξατμιζόμενων ρύπων από το υπόγειο νερό προς την ακόρεστη ζώνη και κατ’ επέκταση την απόδοση των γεωτρήσεων άντλησης εδαφικού αέρα (όταν αυτά είναι αναγκαία).
- Η παρουσία ετερογενών εδαφών ίσως να προκαλέσει τη δημιουργία «καναλιών» (επικρατέστερων διαδρομών του αέρα μέσα από στρώματα μεγάλης αγωγιμότητας και μεταφορά αυτού μακριά από την περιοχή ρύπανσης) ή άλλων πολύπλοκων συνθηκών ροής του αέρα, που είναι δύσκολο να προβλεφθούν και/ ή να ελεγχθούν.
- Είναι απαραίτητη η κατασκευή και η λειτουργία μιας πιλοτικής μονάδας πριν την πλήρη εφαρμογή της (ειδικά στην περίπτωση που στόχο αποτελεί και η βιοαποδόμηση των υφιστάμενων ρύπων).

#### 5.2.2.2.. Διαπερατά Αντιδρώντα Φράγματα (Permeable Reactive Barriers)

Τα διαπερατά αντιδρώντα φράγματα (Permeable Reactive Barriers – PRB) αποτελούν μια πρόσφατη και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία in-situ επεξεργασίας υπογείων υδάτων. Πρόκειται για κάθετες τάφρους, οι οποίες τοποθετούνται κατάντη της πηγής ρύπανσης και γεμίζονται από διαπερατά αντιδρώντα υλικά, που επιτρέπουν τη διέλευση του νερού, αλλά ταυτόχρονα συγκρατούν, μετασχηματίζουν και γενικότερα «εξουδετερώνουν» τους υφιστάμενους ρύπους (Σχήμα 5-72). Ουσιαστικά λειτουργούν ως ένα είδος φίλτρου, το οποίο καθαρίζει το ρυπασμένο υπόγειο νερό, που περνάει μέσα από αυτό.



**Σχήμα 5-72:** Βασική ιδέα εξυγίανσης υπογείων υδάτων με χρήση διαπερατών αντιδρώντων φραγμάτων (PRB) (Simon G. et al., 2002).

Τα PRB χαρακτηρίζονται ως παθητική τεχνολογία εξυγίανσης υπογείων υδάτων, δεδομένου ότι αφενός δεν απαιτούν την άντληση αυτού και αφετέρου μετά την εγκατάστασή τους (η οποία μπορεί να μην είναι καν αντιληπτή από κάποιον κοινό πολίτη) η λειτουργία τους δεν απαιτεί την κατανάλωση ενέργειας ή τη διεξαγωγή οποιασδήποτε εργασίας, πέρα από την περιοδική παρακολούθηση της απόδοσής του.

#### Βασική αρχή

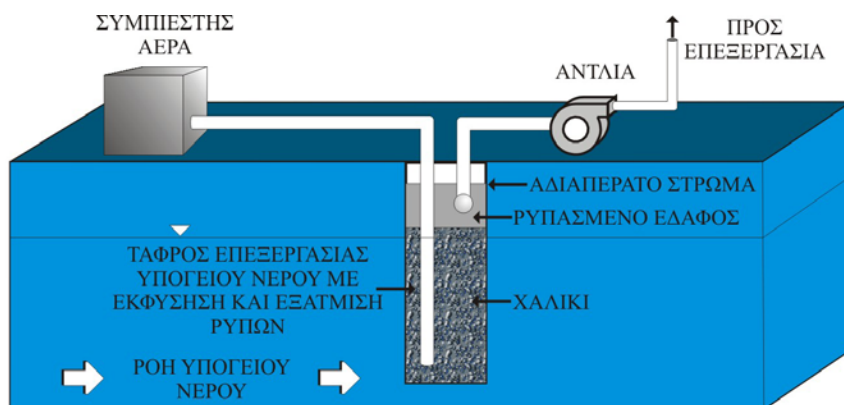
Η τεχνολογία PRB στοχεύει στην επεξεργασία του υπόγειου νερού in-situ, χωρίς καμία σημαντική επέμβαση (τις περισσότερες φορές) στη φυσική τους ροή ή ποσότητα. Ουσιαστικά δημιουργείται μια «ζώνη» επεξεργασίας εντός του εδάφους, όπου αναπτύσσονται συνθήκες, οι οποίες να ευνοούν την απομάκρυνση του εκάστοτε υφιστάμενου ρύπου.

Η διεργασία απομάκρυνσης των υφιστάμενων ρύπων, που θα επιλεγεί να εφαρμοστεί, εξαρτάται, όπως είναι φυσικό, από τις ιδιότητες αυτών (π.χ. πτητικότητα, βιοαποικοδομησιμότητα, τάση προσρόφησης, κτλ.) και τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου. Ορισμένες από τις πλέον διαδεδομένες διεργασίες, που εφαρμόζονται, είναι οι εξής:

- εκφύσηση – εξάτμιση,
- μικροβιακή αποδόμηση,
- χημική οξείδωση,

- προσρόφηση – ιονανταλλαγή.

Στην πρώτη περίπτωση, η διαπερατή τάφρος ή πύλη αποτελείται από αδρανές υλικό (π.χ. χαλίκια) και διαθέτει διάτρητους σωλήνες εισαγωγής αέρα, με στόχο την προσομοίωση της διεργασίας της εκφύσησης (Σχήμα 5-73). Ο εισαγόμενος αέρας περνάει μέσα από το ρυπασμένο νερό, προκαλώντας την εξάτμιση των πτητικών συστατικών, τα οποία στη συνέχεια αντλούνται και ενδεχομένως επεξεργάζονται κατάλληλα.

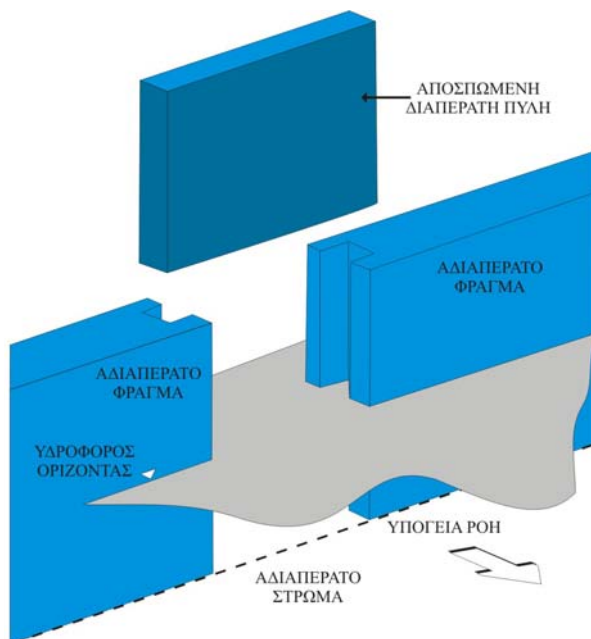


**Σχήμα 5-73:** Σύστημα διαπερατής τάφρου με στόχο την εξάτμιση των ρύπων του υπόγειου νερού (in-situ air stripping) (Suthersan S., 1997).

Για την ενίσχυση της μικροβιακής αποικοδόμησης προστίθενται θρεπτικά συστατικά μέσα στη διαπερατή τάφρο ή πύλη, ενώ παράλληλα είναι δυνατή και η διοχέτευση οξυγόνου με διάτρητους σωλήνες.

Για την οξείδωση των υφιστάμενων ρύπων ή γενικότερα για την πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων (π.χ. αφαλογόνωσης), χρησιμοποιούνται κατάλληλες χημικές ενώσεις. Παρουσία αυτών των ενώσεων, οι υφιστάμενοι ρύποι «εξουδετερώνονται», καθώς περνούν από τις διαπερατές τάφρους ή πύλες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων ουσιών είναι ο σίδηρος (μηδενικού σθένους), ο οποίος χρησιμοποιείται ευρέως για την επεξεργασία πολλών ρύπων.

Τέλος, για τη δέσμευση των ρύπων του υπόγειου νερού στη διαπερατή τάφρο ή πύλη χρησιμοποιούνται κατάλληλα προσροφητικά μέσα (π.χ. ενεργός άνθρακας) ή ιονανταλλακτικά υλικά (π.χ. ζεόλιθοι). Μάλιστα, επειδή η αντικατάσταση αυτών των υλικών κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους ενδέχεται να είναι αρκετά συχνή, έχει αναπτυχθεί μια πολύ έξυπνη τεχνολογία, η οποία περιλαμβάνει την τοποθέτηση εύκολα αντικαταστήσιμων «κασετών» στην πύλη των συστημάτων φραγμάτων και πυλών, οι οποίες περιέχουν το κατάλληλο προσροφητικό ή ιονανταλλακτικό υλικό (Σχήμα 5-74).

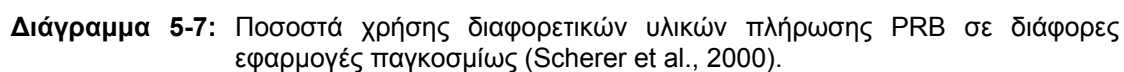


**Σχήμα 5-74:** Εύκολα αντικαταστήσιμη, πορώδης και αντιδρούσα «κασέτα» σε συστήματα φραγμάτων και πυλών (Suthersan S., 1997).

Όπως γίνεται κατανοητό, η διεργασία, που είναι επιθυμητό να λάβει χώρα εντός του PRB, καθορίζει την επιλογή του κατάλληλου υλικού πλήρωσης. Σε κάθε περίπτωση, τα πληρωτικά υλικά πρέπει να επιλέγονται και βάσει ορισμένων αντικειμενικών κριτηρίων και στόχων, που σε γενικές γραμμές περιλαμβάνουν τα εξής:

- μεγάλη ικανότητα μείωσης της συγκέντρωσης των υφιστάμενων ρύπων,
- γρήγορους ρυθμούς αντίδρασης,
- ικανοποιητική επιλεκτικότητα ,
- υψηλή υδραυλική αγωγιμότητα,
- χημική σταθερότητα και αντοχή για μεγάλο χρονικό διάστημα,
- συμβατότητα με το προς εξυγίανση πεδίο,
- μικρό κόστος.

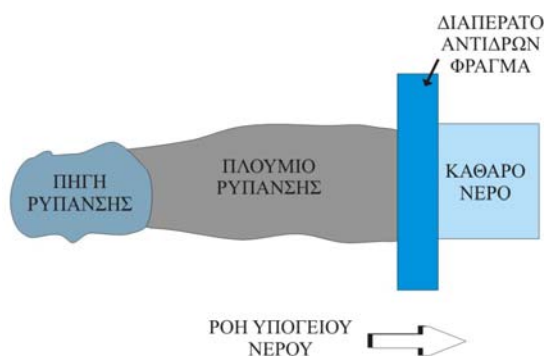
Το Διάγραμμα 5-7 παρουσιάζει τα ποσοστά χρήσης διαφόρων υλικών πλήρωσης PRB στις μέχρι στιγμής εφαρμογές αυτών παγκοσμίως.



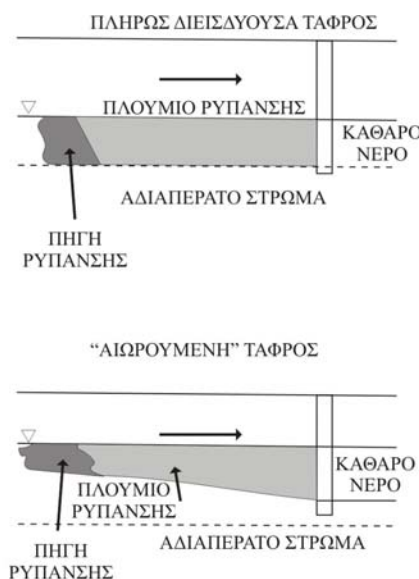
Τα υπάρχοντα συστήματα PRB μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο βασικές κατηγορίες:

- Τάφροι υψηλής διαπερατότητας (permeable reactive trench)

Ιδιαίτερα σημαντικός για την αποτελεσματική εφαρμογή των εν λόγω συστημάτων PRB είναι ο προσδιορισμός της θέσης και της έκτασης του υφιστάμενου πλουμίου ρύπανσης, καθώς και της κατάλληλης διαπερατότητας της τάφρου. Η κατασκευαζόμενη τάφρος θα πρέπει να έχει μήκος τουλάχιστον ίσο με το πλάτος του υπάρχοντος πλουμίου, έτσι ώστε να μην υπάρχει διαφυγή ρύπων γύρω από αυτήν και βάθος αρκετά μεγαλύτερο από το βάθος του πλουμίου, έτσι ώστε να μην υπάρχει δυνατότητα διαφυγής ρύπων κάτω από αυτήν (Σχήμα 5-76). Επιπλέον, η διαπερατότητά της θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή τουλάχιστον ίση με τη διαπερατότητα του υφιστάμενου εδάφους, έτσι ώστε η ροή του υπόγειου νερού μέσα από την τάφρο να ευνοείται.



**Σχήμα 5-75:** Τυπικό σύστημα τάφρων υψηλής διαπερατότητας (LaGrega M. et al., 2001).

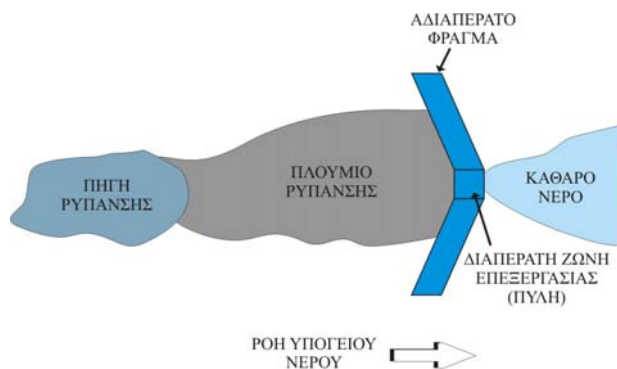


**Σχήμα 5-76:** Πιθανό βάθος διαπερατών τάφρων, ανάλογα με την έκταση του υφιστάμενου πλουμίου ρύπανσης (Suthersan S., 1997).

Ο χρόνος παραμονής του υπόγειου νερού μέσα στη διαπερατή τάφρο εξαρτάται άμεσα από τη διαπερατότητά της και την ταχύτητα της υπόγειας ροής. Συνήθως, ο χρόνος αυτός αντιστοιχεί σε μερικές ημέρες, αν όχι εβδομάδες, με αποτέλεσμα η επιτυγχανόμενη μεταφορά μάζας ή η «εξουδετέρωση» των υφιστάμενων ρύπων να είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική, σε σχέση με εκείνη που παρουσιάζουν *ex-situ* τεχνολογίες επεξεργασίας, όπου παρατηρούνται χρόνοι παραμονής ίσοι με μερικά λεπτά ή το πολύ ώρες.

#### → Φράγματα και πύλες (*funnel and gate*)

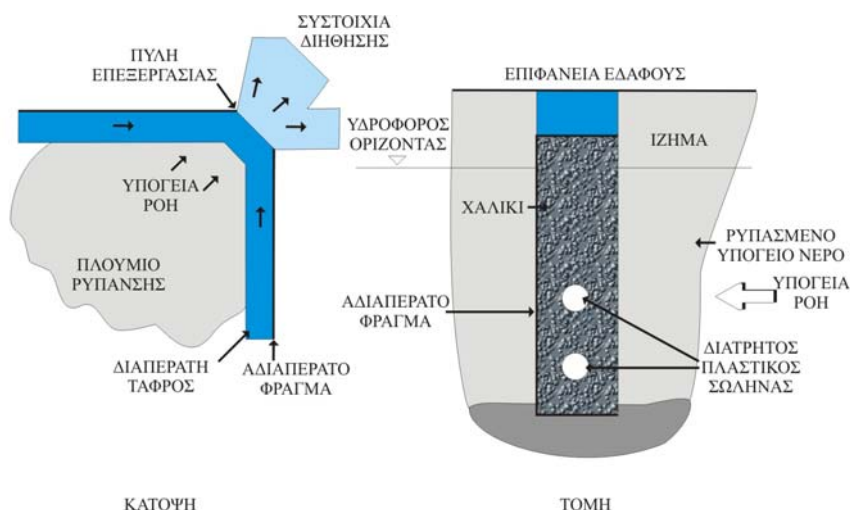
Αυτού του είδους τα συστήματα PRB στόχο έχουν, εκτός από την εξυγίανση των υπογείων υδάτων, τον έλεγχο και την αλλαγή της υπόγειας ροής. Αποτελούνται από δυο τάφρους, οι οποίες όμως συνίστανται από υλικό χαμηλής διαπερατότητας και ενώνονται με μια διαπερατή τάφρο, η οποία είναι κατασκευασμένη από κατάλληλο υλικό (Σχήμα 5-77).



**Σχήμα 5-77:** Τυπικό σύστημα φραγμάτων και πυλών (LaGrega M. et al., 2001).

Οι δυο αδιαπέρατες τάφροι υποχρεώνουν το υπόγειο νερό να περάσει μέσα από μια «ζώνη» υψηλής διαπερατότητας (πύλη), όπου επεξεργάζεται κατάλληλα. Με τον έλεγχο της υπόγειας ροής, αποτρέπεται η διαφυγή ρυπασμένου νερού περιφερειακά του συστήματος, καθώς επίσης μειώνεται και το απαιτούμενο μήκος της διαπερατής τάφρου με το αντιδρών υλικό.

Μια αρκετά διαδεδομένη παραλλαγή τυπικών συστημάτων φραγμάτων και πυλών αποτελούν τα συστήματα τάφρων και πυλών (trench and gate), τα οποία χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που ο προς επεξεργασία υδροφορέας παρουσιάζει χαμηλή υδραυλική αγωγιμότητα. Σύμφωνα με αυτά τα συστήματα, προσθέτονται τάφροι υψηλής υδραυλικής αγωγιμότητας κατά μήκος των αδιαπέρατων φραγμάτων (ανάντη) και μια συστοιχία επαναδιήθησης του υπόγειου νερού κατάντη της υπάρχουσας πύλης (Σχήμα 5-78).



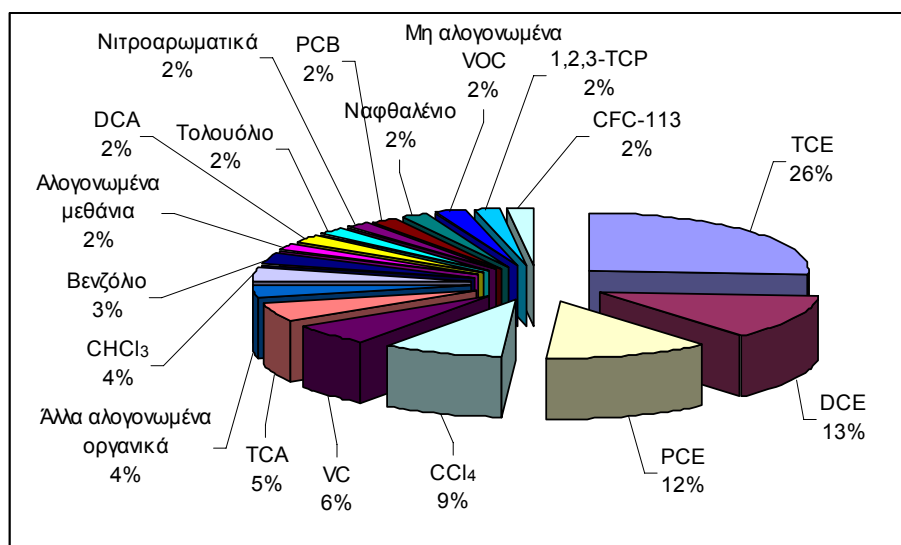
**Σχήμα 5-78:** Τυπικό σύστημα τάφρων και πυλών (Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., 2005).

Ανάλογα με το εκάστοτε σύστημα, που θα επιλεγεί και τη διεργασία, που είναι επιθυμητό να λάβει χώρα για την απομάκρυνση των υφιστάμενων ρύπων, καθορίζεται και ο αναγκαίος εξοπλισμός. Ενδεικτικά, αναφέρονται τα εξής:

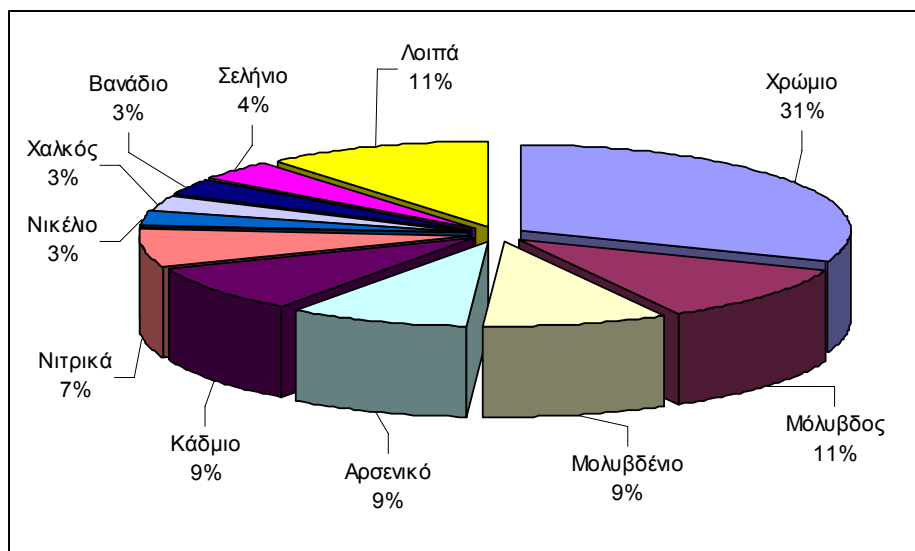
- για εκφύσηση απαιτούνται αεροσυμπιεστής, σωληνώσεις εισαγωγής αέρα, σωληνώσεις άντλησης παραγόμενων αερίων, μονάδα επεξεργασίας αντλούμενων αερίων, γεωτρήσεις παρακολούθησης υπογείων υδάτων ανάντη και κατάντη του PRB (γενικά εξοπλισμός όμοιος με εκείνον για air sparging),
- για βιοαποδόμηση απαιτούνται σωληνώσεις παροχής θρεπτικών συστατικών, μικροοργανισμών ή και οξυγόνου (ανάλογα με τις επικρατούσες στο πεδίο συνθήκες) και γεωτρήσεις παρακολούθησης υπογείων υδάτων ανάντη και κατάντη του PRB,
- για προσρόφηση απαιτούνται μόνο γεωτρήσεις παρακολούθησης υπογείων υδάτων ανάντη και κατάντη του PRB,
- για οξειδωση απαιτούνται σωληνώσεις εισαγωγής αντιδραστηρίων ή μόνο το πληρωτικό υλικό (π.χ. σίδηρος) και γεωτρήσεις παρακολούθησης υπογείων υδάτων ανάντη και κατάντη του PRB.

#### Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι

Δεδομένης της δυνατότητας εφαρμογής πολλών διαφορετικών διεργασιών απομάκρυνσης ρύπων από το υπόγειο νερό εντός ενός PRB, οι ρύποι, που μπορούν να απομακρυνθούν από τη συγκεκριμένη τεχνολογία εξυγίανσης, είναι εξίσου πολλοί και διαφορετικοί. Στα Διαγράμματα 5-8 και 5-9 παρουσιάζονται οι οργανικές και ανόργανες, αντίστοιχα, ενώσεις, που έχουν αντιμετωπιστεί επιτυχώς σε 124 εφαρμογές PRB ανά τον κόσμο.



**Διάγραμμα 5-8:** Οργανικοί ρύποι, που έχουν επιτυχώς απομακρυνθεί, με εφαρμογή PRB σε 124 διαφορετικά projects (Scherer et al., 2000).



**Διάγραμμα 5-9:** Ανόργανοι ρύποι, που έχουν επιτυχώς απομακρυνθεί, με εφαρμογή PRB σε 124 διαφορετικά projects (Scherer et al., 2000).

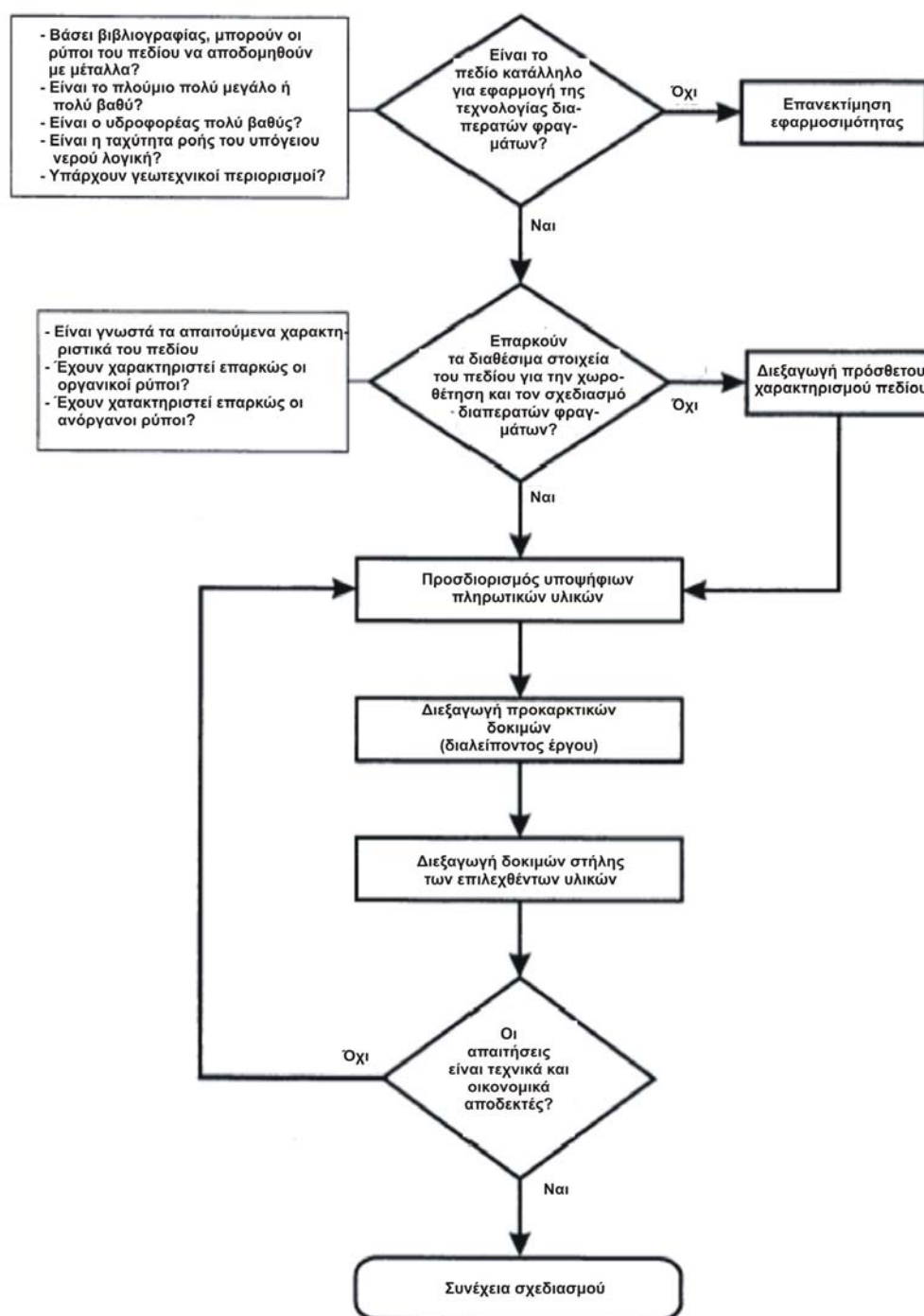
#### Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής

Για την εξέταση της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητας των διαπερατών αντιδρώντων φραγμάτων σε ένα συγκεκριμένο πεδίο, κρίνεται αναγκαία η διεξαγωγή των ακόλουθων επιμέρους βημάτων αξιολόγησης:

- προκαταρκτική εκτίμηση,
- χαρακτηρισμός του προς επεξεργασία πεδίου,
- επιλογή πληρωτικού υλικού,
- μοντελοποίηση και σχεδιασμός συστήματος,
- επιλογή κατάλληλων μεθόδων κατασκευής,
- προετοιμασία σχεδίων παρακολούθησης,
- οικονομική εκτίμηση.

Εξ αυτών, τα δύο πρώτα είναι τα κυριότερα για την επιλογή εφαρμογής και την αξιολόγηση της καταλληλότητας της τεχνολογίας των PRB, ενώ τα υπόλοιπα κατά κύριο λόγο αφορούν στο σχεδιασμό και στη βελτιστοποίηση της απόδοσης των αντίστοιχων συστημάτων.

Στο Σχήμα 5-79 παρουσιάζεται υπό μορφή διαγράμματος η πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας των PRB, ενώ στο Σχήμα 5-80 παρουσιάζονται τα αναγκαία βήματα σχεδιασμού των αντίστοιχων συστημάτων.

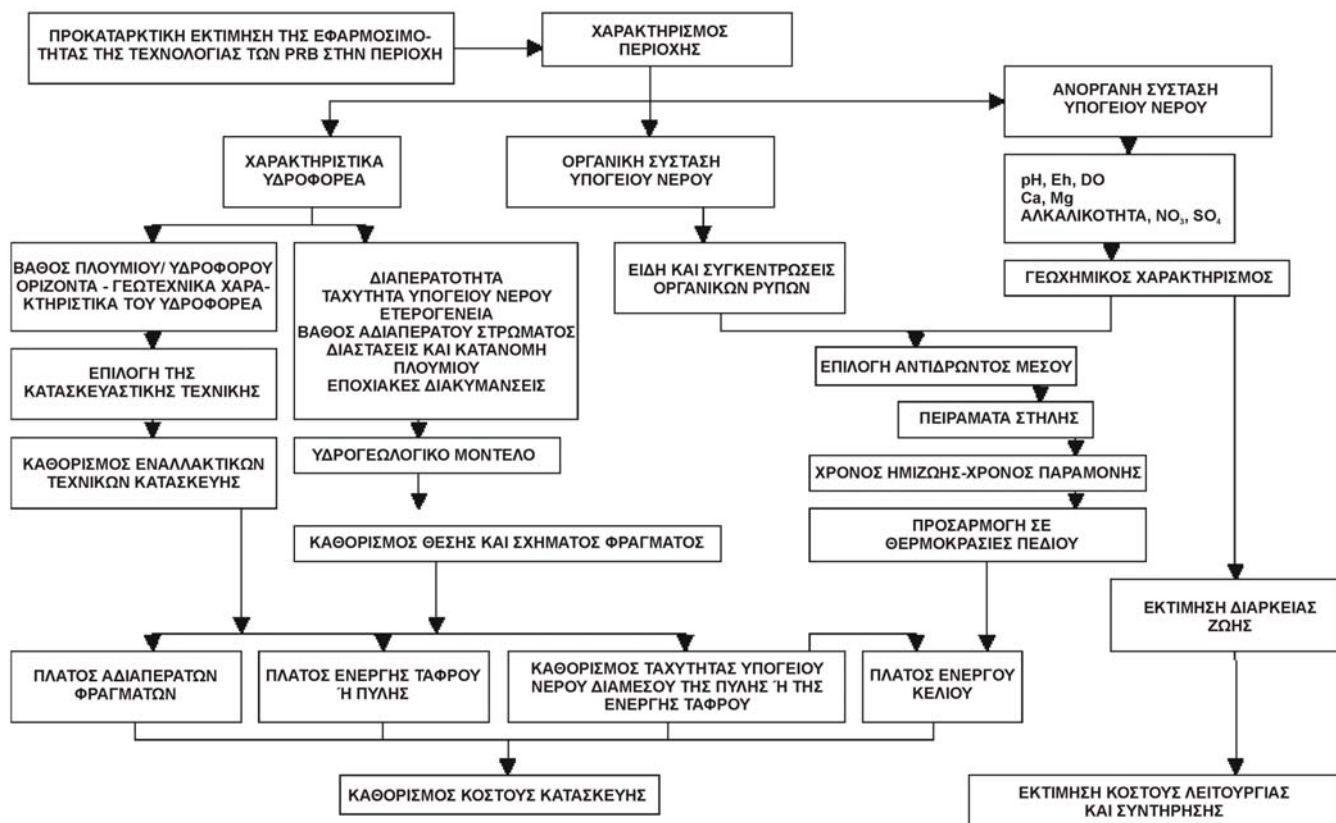


**Σχήμα 5-79: Τυπική μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας των PRB σε ένα δεδομένο πεδίο (US Army Corps of Engineers, 1997).**

Πιο αναλυτικά, κατά το στάδιο της προκαταρκτικής εκτίμησης, οι βασικές παράμετροι, που εξετάζονται, είναι οι εξής:

- Είδος ρύπων: ουσιαστικά καθορίζει τη διεργασία, που μπορεί να εφαρμοστεί για την εξυγίανση του υπόγειου νερού και θα πρέπει να επιτευχθεί εντός του PRB (π.χ. αν είναι βιοαποικοδομήσιμοι πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες μπορεί να εφαρμοστεί η βιοαποδόμηση, αν είναι βαρέα μέταλλα δεν μπορεί να εφαρμοστεί βιοαποδόμηση, αλλά καθίζηση, κοκ.). Ανάλογα με τη διεργασία, που κρίνεται ότι θα έχει τη

μεγαλύτερη απόδοση, καθορίζεται αν «συμφέρει» ή όχι η εφαρμογή των PRB, σε συνάρτηση πάντα με τα χαρακτηριστικά του πεδίου και του υφιστάμενου πλουμίου ρύπανσης.



**Σχήμα 5-80:** Αναγκαία βήματα σχεδιασμού συστημάτων διαπερατών αντιδρώντων φραγμάτων (PRB) ([www.estcp.org](http://www.estcp.org)).

- Μέγεθος και κατανομή πλούμιου ρύπανσης: αν το πλούμιο ρύπανσης είναι πολύ μεγάλο ή βαθύ (π.χ. >16m), η εφαρμογή της τεχνολογίας των PRB ενδέχεται να καταστεί αντισυμβατική.
- Βάθος υδροφορέα: αν είναι πολύ μεγάλο αφενός το κόστος εγκατάστασης ενός PRB αυξάνεται σημαντικά και αφετέρου οι διαθέσιμες μέθοδοι κατασκευής του ελαττώνονται.
- Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του πεδίου: στην περίπτωση, που επικρατεί σημαντική ανομοιογένεια, υπάρχουν πολύπλοκοι εδαφικοί σχηματισμοί ή ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (π.χ. ρήγματα), η εφαρμογή και ο σχεδιασμός συστημάτων PRB καθίστανται ιδιαίτερα δύσκολα έως και αδύνατα.
- Ιδιότητες υδροφορέα: αν ο υδροφορέας είναι πολύ λεπτός ή ασυνεχής ή συνυπάρχει μαζί με κάποιον βαθύτερο υδροφορέα, η εγκατάσταση ενός PRB είναι δύσκολη και μάλλον αναποτελεσματική.

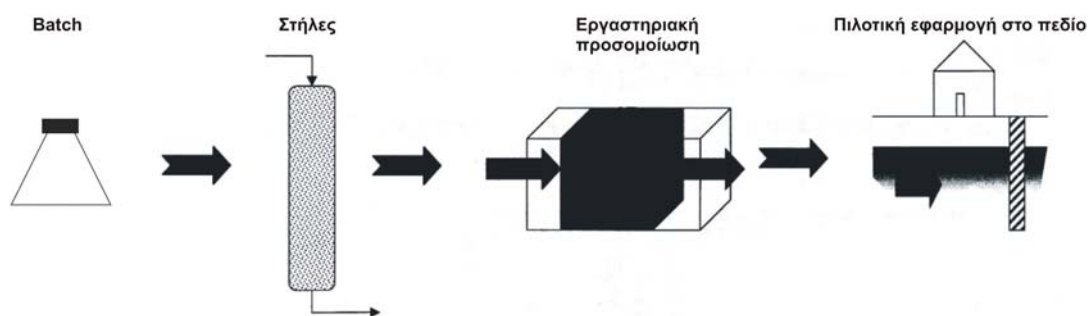
- Ταχύτητα ροής υπόγειου νερού: αν είναι πολύ μεγάλη (π.χ.  $> 1\text{m/day}$ ) τότε ο χρόνος παραμονής του ρυπασμένου νερού εντός του φράγματος μειώνεται, καθιστώντας ενδεχομένως την επεξεργασία του αναποτελεσματική.

Εάν τα αποτελέσματα της προκαταρκτικής αξιολόγησης είναι ενθαρρυντικά, τότε ακολουθεί ο χαρακτηρισμός του προς εξυγίανση πεδίου και πιο συγκεκριμένα η συλλογή των ακόλουθων βασικών πληροφοριών:

- Χαρακτηριστικά υπόγειου υδροφορέα: βάθος υδροφόρου ορίζοντα και βάθος αδιαπέρατου τελικού στρώματος (bedrock), πάχος και συνέχεια υδροφορέα, κάθετη και οριζόντια ταχύτητα ροής του υπόγειου νερού, στρωματογραφία και ετερογένεια, υδραυλική αγωγιμότητα, πορώδες, μέγεθος και έκταση υφιστάμενου πλούμιου, κα..
- Οργανική σύσταση υπόγειου νερού: παρουσία και συγκέντρωση οργανικών ρύπων / ενώσεων.
- Ανόργανη σύσταση υπόγειου νερού: παρουσία και συγκέντρωση βασικών στοιχείων (ασβέστιο, κάλιο, φώσφορος, νάτριο, χλώριο, σίδηρος, κα) και / ή ρύπων (π.χ. βαρέων μετάλλων), pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα, δυναμικό οξειδοαναγωγής, διαλυμένο οξυγόνο, κα..

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η επιλογή της διεργασίας, που αναμένεται να έχει τα καλύτερα αποτελέσματα στην απομάκρυνση των υφιστάμενων ρύπων και κατ' επέκταση ο προσδιορισμός των κατάλληλων πληρωτικών υλικών, βάσει των αντικειμενικών κριτηρίων, που έχουν ήδη αναφερθεί.

Προκειμένου να αξιολογηθεί το επιλεγθέν πληρωτικό υλικό και να προσδιοριστεί η αναμενόμενη απόδοση της διεργασίας του PRB, πρέπει να διεξαχθούν εργαστηριακές και πιλοτικές δοκιμές (Σχήμα 5-81). Με τις συγκεκριμένες δοκιμές προσδιορίζονται οι βέλτιστες λειτουργικές συνθήκες, ο «χρόνος ζωής» του πληρωτικού υλικού, ο ρυθμός εξυγίανσης του προς επεξεργασία υπόγειου νερού, ο αναγκαίος χρόνος «επαφής» πληρωτικού υλικού και υπόγειου νερού και άλλες σημαντικές παράμετροι, που είναι αναγκαίες για τον σχεδιασμό του τελικού συστήματος.



**Σχήμα 5-81:** Τυπική διαδικασία αξιολόγησης και σχεδιασμού ενός PRB.

Ιδιαίτερα σημαντικό βήμα στο σχεδιασμό συστημάτων PRB αποτελεί η μοντελοποίηση των συνθηκών του πεδίου, με χρήση των συλλεχθέντων στοιχείων και των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών και πιλοτικών δοκιμών, με στόχο τη βελτιστοποίηση και τον προσδιορισμό:

- της θέσης του PRB στο πεδίο (ανάλογα με τη θέση του πλουμίου, τις επικρατούσες υδρογεωλογικές συνθήκες και την παρουσία ή μη ιδιαίτερων χαρακτηριστικών, όπως π.χ. υπόγειες κατασκευές),
- του είδους του συστήματος PRB (διαπερατή τάφρος ή funnel and gate),
- των διαστάσεων του PRB,
- της υδραυλικής ζώνης σύλληψης του PRB (περιοχή της οποίας το υπόγειο νερό περνάει μέσα από το σύστημα επεξεργασίας),
- του χρόνου ζωής και τη μακροχρόνια συμπεριφορά του πληρωτικού υλικού,
- του αναγκαίου συστήματος παρακολούθησης.

Τα μοντέλα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, είναι πολλά και αφορούν τόσο στη μοντελοποίηση της υπόγειας ροής (π.χ. MODFLOW, ArgusONE, κα.), όσο και στη διεξαγωγή διαφόρων φυσικοχημικών διεργασιών (π.χ. NETPATH).

Αφού πραγματοποιηθούν όλα τα προαναφερόμενα βήματα, ο σχεδιασμός του αναγκαίου συστήματος έχει ολοκληρωθεί και μένει να επιλεγεί η διαδικασία εγκατάστασής του. Ανάλογα με τις διαστάσεις του και τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου, επιλέγεται η καταλληλότερη μέθοδος κατασκευής του, από ειδικό συνεργείο και με χρήση κατάλληλου εξοπλισμού (π.χ. γεωτρύπανα, εκσκαφείς, κτλ.).

Τέλος, ακολουθεί ο προσδιορισμός ενός κατάλληλου σχεδίου και συστήματος παρακολούθησης και φυσικά υπολογίζεται το συνολικό κόστος (προκαταρκτικών εργασιών, μελετών, εγκατάστασης και λειτουργίας).

#### Χρόνος εφαρμογής

Ο χρόνος εφαρμογής συστημάτων PRB καθορίζεται άμεσα από την έκταση του υφιστάμενου πλουμίου ρύπανσης. Δεδομένου ότι το υπόγειο νερό αποκαθίσταται σχεδόν «άμεσα», καθώς διέρχεται μέσα από την ζώνη επεξεργασίας του διαπερατού αντιδρώντος φράγματος, η λειτουργία αυτού καθορίζεται από τη συγκέντρωση των ρύπων στο υπόγειο νερό, που εισέρχεται σε αυτό (ανάντη). Όσο το υπόγειο νερό ανάντη του PRB παρουσιάζει συγκέντρωση ρύπων υψηλή, η οποία υπερβαίνει τα εκάστοτε νομοθετικά και περιβαλλοντικά όρια, καθιστώντας αναγκαία την επεξεργασία του, η λειτουργία του PRB συνεχίζεται.

#### Παρακολούθηση συστημάτων

Οι βασικοί στόχοι της παρακολούθησης συστημάτων PRB είναι οι εξής:

- η επιβεβαίωση ότι το υφιστάμενο πλούμιο ρύπανσης περνάει μέσα από την εγκατεστημένη ζώνη επεξεργασίας, όπου και «απομακρύνεται»,
- ο προσδιορισμός και ο αποκλεισμός φαινομένων επιβάρυνσης του υπόγειου νερού

από το πληρωτικό υλικό (π.χ. με μικροοργανισμούς ή με σίδηρο),

- ο συνεχής προσδιορισμός της απόδοσης του συστήματος,
- ο προσδιορισμός του χρόνου ζωής του πληρωτικού υλικού και της περιόδου / συχνότητας αλλαγής του.

Η παρακολούθηση των συστημάτων PRB γίνεται με χρήση κατάλληλων γεωτρήσεων, από τις οποίες πραγματοποιείται έλεγχος υδραυλικών παραμέτρων (π.χ. ταχύτητα ροής υπόγειου νερού, πίεση, στάθμη υδροφόρου ορίζοντα, κα.), καθώς επίσης και παραμέτρων της ποιότητας του υπόγειου νερού (π.χ. διαλυμένο οξυγόνο, pH, δυναμικό οξειδοαναγωγής, ηλεκτρική αγωγιμότητα, συγκέντρωση υφιστάμενων ρύπων ανάντη και κατάντη του PRB, παρουσία και συγκέντρωση ενδεικτικών παραπροϊόντων της διεργασίας, που λαμβάνει χώρα μέσα στο PRB, κα.).

Ο αριθμός και η θέση των αναγκαίων γεωτρήσεων προσδιορίζεται βάσει των διαστάσεων και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του PRB, με στόχο πάντα την περιμετρική παρακολούθηση αυτού, δηλαδή στα ανάντη, στα κατάντη και στα άκρα του.

#### Κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας

Όπως είναι αυτονόητο, το κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας των PRB είναι ιδιαίτερα μεταβλητό, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του επιλεχθέντος συστήματος (διαστάσεις, πληρωτικό υλικό, αναγκαίος εξοπλισμός, όπως αεροσυμπιεστές, μονάδα επεξεργασίας αερίων, κα), αλλά και του προς επεξεργασία πεδίου (βάθος υδροφόρου ορίζοντα, πάχος και βάθος υδροφορέα, κα.). Σε γενικές γραμμές, το κόστος αυτό αναλύεται ως εξής:

- κόστος προκαταρκτικών ερευνών / χαρακτηρισμού πεδίου / διεξαγωγής εργαστηριακών και πιλοτικών δοκιμών / μελετών / σχεδιασμού,
- κόστος κατασκευής (συμπεριλαμβανομένου του κόστους προμήθειας του πληρωτικού υλικού),
- κόστος παρακολούθησης συστήματος,
- κόστος συντήρησης,
- κόστος τελικής διάθεσης πληρωτικού υλικού και τελικής αποκατάστασης του πεδίου, μετά το τέλος εφαρμογής της τεχνολογίας.

Στον Πίνακα 5-75 παρουσιάζονται τα επιμέρους κόστη κατασκευής και λειτουργίας (συντήρησης και παρακολούθησης) μιας εφαρμογής PRB, καθώς και τα βασικότερα χαρακτηριστικά του εν λόγω συστήματος, στην Πολεμική Αεροπορική Βάση Dover στις ΗΠΑ.

Στον Πίνακα 5-76 παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία διαφορετικών εφαρμογών PRB, με ίδιο (σχεδόν για όλες τις περιπτώσεις) πληρωτικό υλικό (σίδηρο μηδενικού σθένους) για την απομάκρυνση επίσης παρόμοιων ρύπων. Το κόστος χαρακτηρισμού του πεδίου, το κόστος σχεδιασμού και το κόστος κατασκευής του κάθε ενός από τα συγκεκριμένα συστήματα PRB παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 5-10.

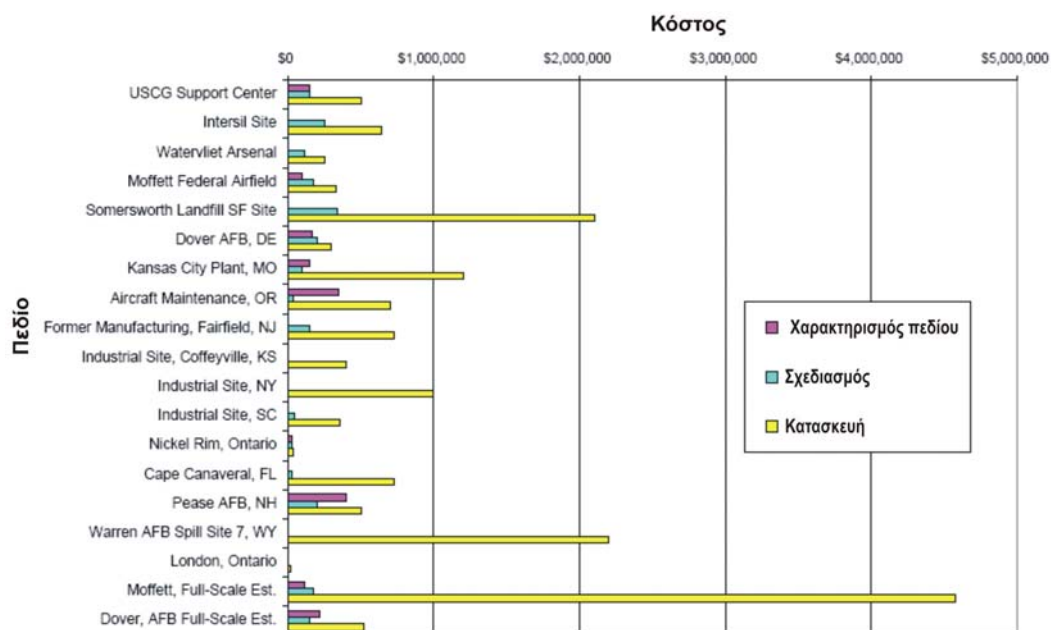
Όπως προκύπτει, ακόμη και για την χρήση ίδιου πληρωτικού υλικού και την απομάκρυνση ίδιων ρύπων, το κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας PRB ενδέχεται να ποικίλει σημαντικά, καθώς, όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του κόστους αυτού.

**Πίνακας 5-75:** Στοιχεία εγκατάστασης και κόστους πλήρους κλίμακας εφαρμογής της τεχνολογίας PRB σε πολεμική αεροπορική βάση των ΗΠΑ στο Dover (EPA, 2003a).

<b>Βασικά Χαρακτηριστικά Συστήματος</b>			
<b>Είδος :</b> Πύλης και Φράγματος (F&G) με δύο πύλες		<b>Βάθος Υ.Ο. :</b> 12 - 13,5m	
<b>Πάχος πύλης :</b> 1,2m		<b>Πλάτος πύλης :</b> 1,2m έκαστη	
<b>Ποσότητα πληρωτικού υλικού :</b> 54tn σίδηρος και 5tn πυρίτιης		<b>Μήκος φράγματος :</b> 18m	
Εργασία	Περιγραφή	Στοιχεία	Κόστος (€)
<b>Φάση I : Προκατασκευαστικές Ενέργειες</b>			
Προκαταρκτική εκτίμηση πεδίου	Αξιολόγηση υφιστάμενων ιστορικών στοιχείων	Συναντήσεις, συλλογή μελετών & στοιχείων	10.752
Χαρακτηρισμός πεδίου	Σχέδιο χαρακτηρισμού, εργασίες πεδίου, εργαστηριακές αναλύσεις	Δειγματοληψία, ανάλυση νερού, γεωτεχνικές αναλύσεις εδάφους, κατασκευή γεωλογικών χαρτών	143.360
Δοκιμές στηλών	2 δοκιμές	Σχεδιασμός και λειτουργία στηλών, εργαστηριακές αναλύσεις, σύνταξη αναφοράς	35.840
Σχεδιασμός συστήματος, αδειοδοτήσεις	Εκτίμηση στοιχείων, μοντελοποίηση, σχεδιασμός, έγκριση αδειών	Αξιολόγηση δεδομένων στηλών, υδρογεωλογική μοντελοποίηση, γεωχημική ανάλυση, μηχανικός σχεδιασμός, ετοιμασία φακέλου αδειοδότησης	71.680
<b>Υποσύνολο</b>			<b>261.632</b>
<b>Φάση II : Εργασίες Κατασκευής</b>			
Προετοιμασία πεδίου	Καθαρισμός	Συνεργασία με υπεύθυνες αρχές	7.168
Πληρωτικό υλικό	Σίδηρος, μεταφορά με πλοίο	108tn @ 258 €/tn - Μεταφορά : 6.450 €	34.310
Κατασκευή PRB	Εκσκαφές, διάνοιξη πύλης βάθ. 12m & διαμ. 2,5m, κατασκευή φραγμάτων μήκ. 36,5m, αποκατάσταση επιφ.	Εκσκαφές: 43.000 € - Πύλες: 190.660 € Γεωτρήσεις παρακολούθησης: 17.920 € Πύλη: 73.113 €	349.063
Κατασκευή συστήματος παρακολούθησης	Διάνοιξη 34 γεωτρήσεων με σωλήνες PVC	Αποκατάσταση επιφανείας: 24.370 € Διάνοιξη και κατασκευή γεώτρησης: 716 €	24.344
<b>Υποσύνολο</b>			<b>414.885</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>676.517</b>
<b>Ετήσιες Ενέργειες Παρακολούθησης</b>			
Δειγματοληψία υπόγειου νερού	Κάθε 3 μήνες, εργασία, υλικά, μεταφορές	40 γεωτρήσεις	57.344
Ανάλυση CVOC	Κάθε 4 μήνες, 40 γεωτρήσεις	86 €/δείγμα	14.336
Ανάλ. ανόργ. στοιχείων	Ετησίως, 20 γεωτρήσεις	143 €/δείγμα	2.867,2
Μελέτη στάθμης Υ.Ο.	Κάθε 3 μήνες, εργασία	40 γεωτρήσεις	2.867,2
Σύνταξη αναφορών	Κάθε 3 μήνες, εργασία	4 φορές / έτος	28.672
<b>Υποσύνολο</b>			<b>106.086,4</b>
<b>Εργασίες Συντήρησης (κάθε 10 έτη)</b>			
Προετοιμασία πεδίου	Καθαρισμοί	Εργασία	7.168
Πληρωτικό υλικό	Σίδηρος, μεταφορά με πλοίο	108tn @ 258 €/tn - Μεταφορά : 6.450 €	34.314
Απομάκρυνση /αντικατάσταση πυλών	Εκσκαφές, διάνοιξη πύλης βάθους 11,5m και διαμέτρου 2,5m, κατασκευή φραγμάτων μήκους 36,5m, αποκατάσταση επιφάνειας	Εκσκαφές: 27.230 € - Πύλες: 190.660 € Γεωτρήσεις παρακολούθησης: 17.920 € Πύλη: 73.113 € Αποκατάσταση επιφανείας: 24.370 €	333.293
<b>Υποσύνολο</b>			<b>374.775</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>480.861</b>

**Πίνακας 5-76:** Κύρια στοιχεία διαφορετικών εφαρμογών PRB (EPA, 2002).

Πεδίο	Είδος	Πληρωτικό Υλικό	(tn)	Ρύποι	Κλίμακα
USCG Support Center	Τάφρος	Fe(0)	450	TCE; Cr(VI); TCE; c-1,2-DCE; VC;	Πλήρης
Intersil Site	F&G	Fe(0)	220	Freon 113; PCE; TCE; cDCE;	Πλήρης
Watervliet Arsenal	Τάφρος	Fe(0)	166	tDCE; VC	Πιλοτική
Moffett Federal Airfield	F&G	Fe(0)	75	TCE; 1,2-DCE; PCE	Πιλοτική
Somersworth Landfill SF Site	Τάφρος	Fe(0)	3552	PCE; TCE; cDCE; VC	Πλήρης
Dover AFB, DE	F&G	Fe(0)	59	PCE; TCE; DCE	Πιλοτική
Kansas City Plant, MO	Τάφρος	Fe(0)	650	TCE; 1,2-DCE; VC	Πλήρης
Aircraft Maintenance, OR	F&G	Fe(0)	324	PCE, TCE	Πλήρης
Caldwell Trucking, NJ	Τάφρος	Fe(0)	250	TCE	Πλήρης
Former Manufacturing, Fairfield, NJ	Τάφρος	Fe(0)	720	1,1,1-TCA; PCE; TCE	Πλήρης
Industrial Site, Coffeyville, KS	F&G	Fe(0)	70	TCE; 1,1,1-TCA	Πλήρης
Industrial Site, NY	Τάφρος	Fe(0)	742	TCE; cDCE; VC	Πλήρης
Industrial Site, SC	Τάφρος	Fe(0)	400	TCE; cDCE; VC	Πλήρης
Nickel Rim, Ontario	Τάφρος	Organic Matter	425	Ni; Fe; SO <sub>4</sub>	Πλήρης
Cape Canaveral, FL	Τάφρος	Fe(0)	205	TCE; DCE; VC	Πιλοτική
MMR CS-10 Plume, MA	Τάφρος	Fe(0)	49	PCE; TCE	Πιλοτική
Pease AFB, NH	Τάφρος	Fe(0)	360	TCE; cis-1,2-DCE; VC	Πλήρης
Vancouver, Canada	Τάφρος	Organic Matter	0	Cu, Zn, Cd, Ni	Πιλοτική
Warren AFB Spill Site 7, WY	Τάφρος	Fe(0)	1750	TCE, DCE, VC	Πλήρης
London, Ontario	Τάφρος	Oxygen furnace slag	400	Phosphate	Πλήρης
Moffett, Full-Scale Est.	F&G	Fe(0)	2518	TCE; 1,2-DCE; PCE	Πλήρης
Dover, AFB Full-Scale Est.	F&G	Fe(0)	108	PCE; TCE; DCE	Πλήρης

**Διάγραμμα 5-10:** Ανάλυση κόστους εγκατάστασης διαφορετικών συστημάτων PRB (US Army Corps of Engineers, 1997).

### Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

#### *Πλεονεκτήματα τεχνολογίας*

- Αποτελούν in-situ τεχνολογία, η οποία δεν προϋποθέτει την άντληση του ρυπασμένου νερού και τη μεταφορά του σε ειδικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας, μειώνοντας σημαντικά το απαιτούμενο κόστος εφαρμογής.
- Έχει ελάχιστες απαιτήσεις σε συντήρηση και ιδιαίτερα χαμηλό λειτουργικό κόστος, το οποίο μακροπρόθεσμα αποσβένει το σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης.
- Σε γενικές γραμμές δεν απαιτεί κατανάλωση ενέργειας, αλλά μόνο περιοδική παρακολούθηση.
- Επιφέρει σχεδόν μηδενική επέμβαση στην επιφάνεια του εδάφους, επιτρέποντας την χρήση του προς εξυγίανση πεδίου.
- Δεν απαιτεί τον ακριβή προσδιορισμό της πηγής ρύπανσης.
- Μπορεί να αντιμετωπίσει μεγάλο εύρος ρύπων.

#### *Πλεονεκτήματα τεχνολογίας*

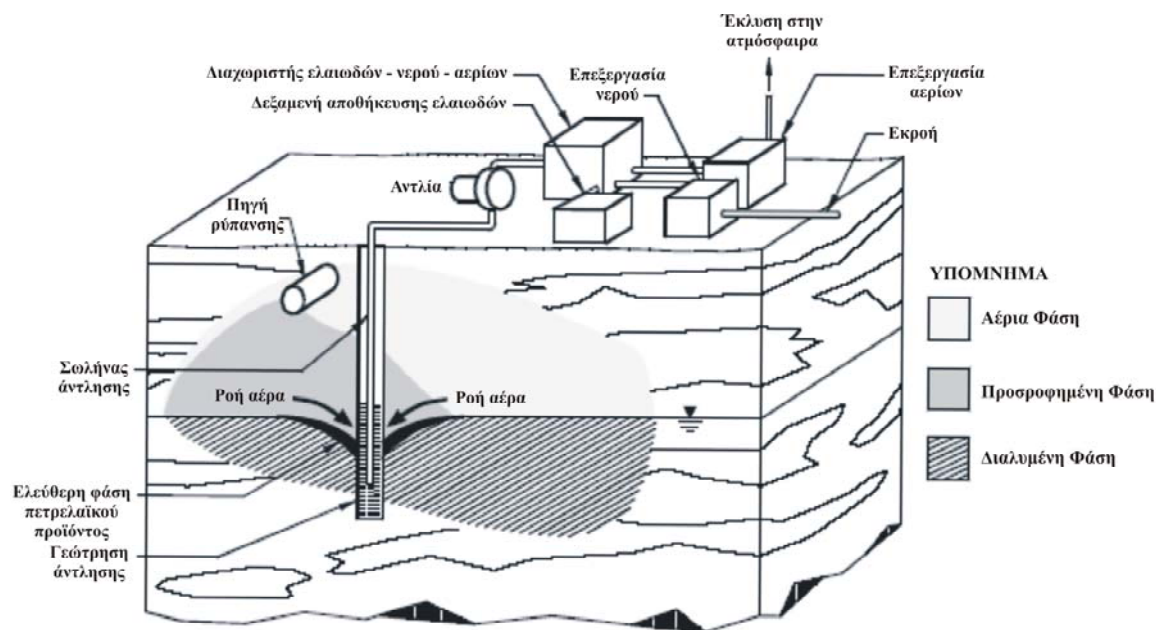
- Απαιτεί πολύ λεπτομερή και ακριβή χαρακτηρισμό του προς εξυγίανση υδροφορέα και των υφιστάμενων ρύπων.
- Μπορεί να αντιμετωπίσει επιτυχώς κυρίως ρηχά πλούμια ρύπανσης (σε βάθος < 16m).
- Δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές με υπάρχουσες επίγειες κατασκευές ή με πολύπλοκα γεωλογικά χαρακτηριστικά (π.χ. παρουσία ρηγμάτων, αδιαπέρατων φακών, κτλ).
- Δεν είναι αποτελεσματική όταν επικρατούν πολύ χαμηλές ή πολύ υψηλές ταχύτητες ροής του υπόγειου νερού.
- Παρουσιάζει σχετικά υψηλό κόστος κατασκευής και εγκατάστασης.
- Παρουσιάζει υπερβολικό κόστος εφαρμογής στην περίπτωση ύπαρξης μεγάλου πλουμίου ρύπανσης (πλάτους μεγαλύτερου από 300m) ή απαίτησης μεγάλων ποσοτήτων αντιδρώντος υλικού.
- Η μικροβιακή δραστηριότητα είναι δυνατόν να περιορίσει την απόδοσή της, λόγω φαινομένων «φραξίματος».

### 5.2.2.2.3.. Βιοαναρρόφηση (Bioslurping)

Η βιοαναρρόφηση αποτελεί μέλος μιας ευρείας κατηγορίας τεχνολογιών γνωστών ως «Απομάκρυνση Διπλής Φάσης» (Dual Phase Extraction) ή «Απομάκρυνση Πολλαπλής Φάσης» (Multi Phase Extraction - MPE) ή «Ενισχυμένη Απομάκρυνση Υπό Κενό» (Vacuum-Enhanced Extraction), η οποία επιτυγχάνει την ταυτόχρονη εξυγίανση δυο διαφορετικών μέσων, του εδάφους και των υπογείων υδάτων, καθώς συνδυάζει στοιχεία τριών διαφορετικών διεργασιών:

- της άντλησης ελεύθερης φάσης (LNAPL) υπό κενό,
- της άντλησης του εδαφικού αέρα (soil vapor extraction),
- του βιοαερισμού (bioventing).

Με τη διεργασία της άντλησης υπό κενό, επιτυγχάνεται η ανάκτηση των υφιστάμενων ποσοτήτων ελαιωδών που «επιπλέουν» στον υπόγειο υδροφόρο, με όσο το δυνατόν μικρότερη άντληση υπόγειου νερού (Σχήμα 5-82), ενώ με τις τεχνολογίες της άντλησης του εδαφικού αέρα και του βιοαερισμού της ακόρεστης ζώνης ενισχύεται η βιοαποδόμηση πτητικών οργανικών ρύπων.



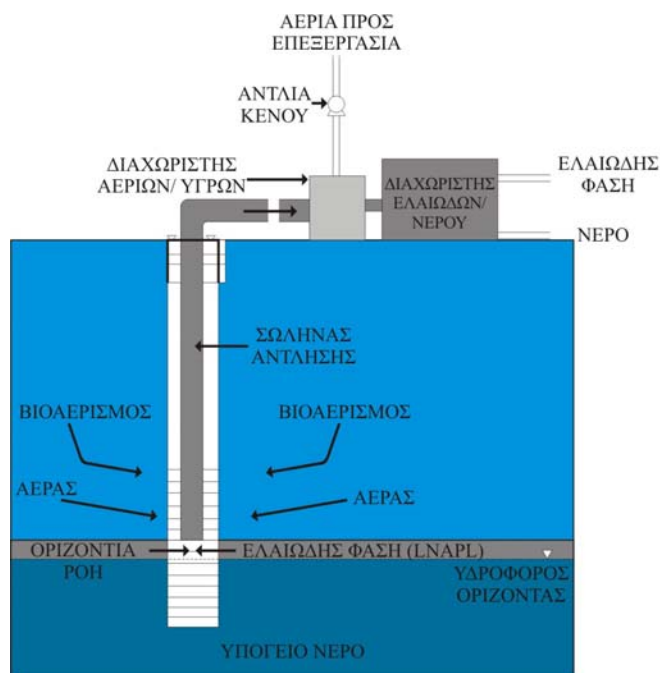
Σχήμα 5-82: Τυπικό σύστημα απομάκρυνσης διπλής φάσης (EPA, 2004).

#### Βασική αρχή

Η βασική ιδέα της τεχνολογίας της βιοαναρρόφησης είναι η απομάκρυνση ελαφριών πετρελαϊκών υδρογονανθράκων (LNAPL), οι οποίοι έχουν συσσωρευτεί στην επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα υπό τη μορφή ελεύθερης ελαιώδους φάσης, με όσο το δυνατόν μικρότερη άντληση υπογείων υδάτων. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ειδικές γεωτρήσεις (Σχήμα 5-83), οι οποίες διαθέτουν διάτρητο περίβλημα στο ύψος του υδροφόρου ορίζοντα, εκεί ακριβώς που συσσωρεύεται η ελεύθερη ελαιώδης φάση. Στο βάθος του

διάτρητου αυτού τμήματος τοποθετείται ένας σωλήνας, ο οποίος συνδέεται με μια αντλία κενού. Η ασκούμενη υποπίεση ( $0.3 - 0.6 \text{ KPa}$ ) έχει ως αποτέλεσμα την άντληση της υφιστάμενης ελεύθερης φάσης, μικρών ποσοτήτων υπόγειου νερού και εδαφικού αέρα από την ακόρεστη ζώνη.

Τα συστήματα της βιοαναρρόφησης λειτουργούν με εναλλασσόμενους «κύκλους» άντλησης της ελεύθερης φάσης και του εδαφικού αέρα, διατηρώντας σταθερή την στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα. Ενώ αρχικά πραγματοποιείται απομάκρυνση ελαιωδών και νερού, καθώς οι διαθέσιμες ποσότητες ελαιωδών μειώνονται, λαμβάνει χώρα άντληση του περιβάλλοντος εδαφικού αέρα. Η ασκούμενη υποπίεση επηρεάζει πλέον την ακόρεστη ζώνη του υπεδάφους, προκαλώντας τον εμπλουτισμό της με ατμοσφαιρικό αέρα, ο οποίος παρέχει επαρκείς ποσότητες οξυγόνου για την ενίσχυση της βιοαποδόμησης των πτητικών ρύπων. Μετά από κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, το πάχος της ελεύθερης ελαιώδους φάσης αυξάνεται ξανά, με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται άντληση αυτής και ορισμένων ποσοτήτων υπόγειου νερού, κοκ.



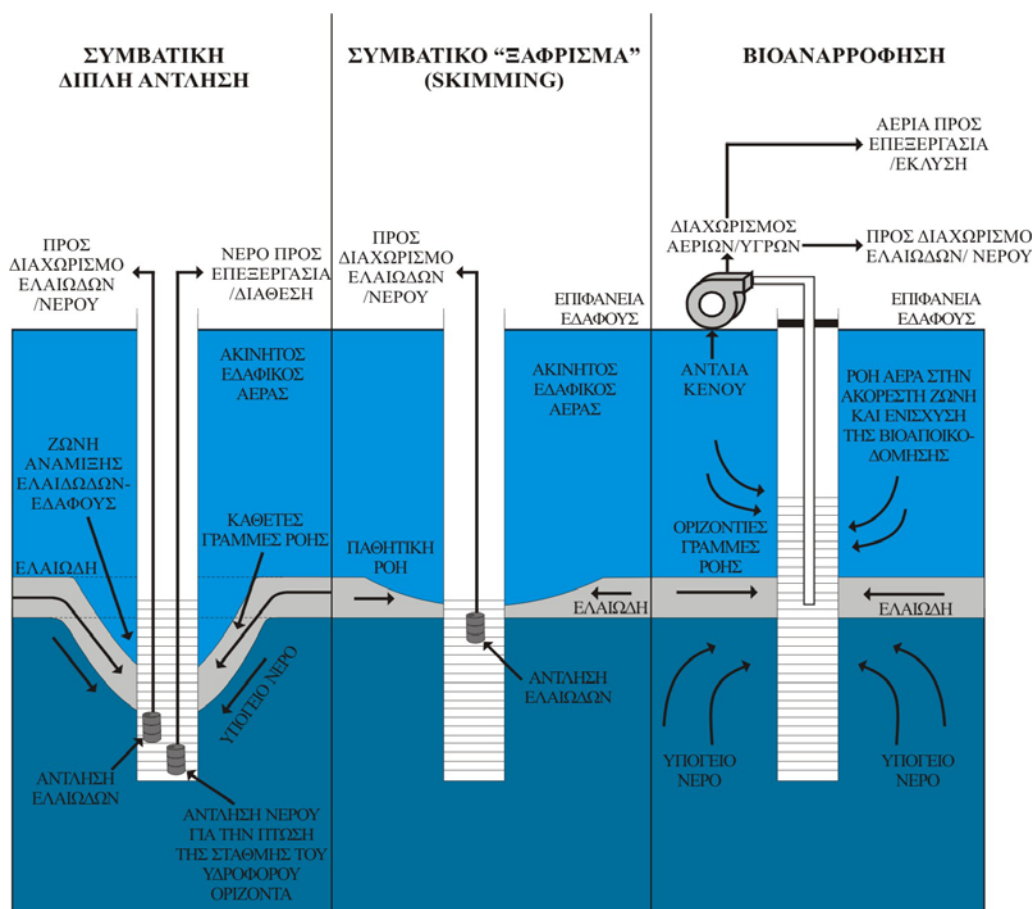
**Σχήμα 5-83:** Τυπικό σύστημα βιοαναρρόφησης (Gidarakos E., 1999).

Η ασκούμενη υποπίεση αναπτύσσει μεγαλύτερη δρώσα δύναμη για την άντληση των ελαιωδών, από ότι οι συνηθισμένες τεχνολογίες άντλησης χωρίς κενό. Ως αποτέλεσμα, η ελεύθερη φάση συσσωρεύεται γύρω από το πηγάδι βιοαναρρόφησης, εξασφαλίζοντας μέγιστη απόδοση ανάκτησης, ακόμη και από τη ζώνη των τριχοειδών φαινομένων. Η κίνηση των ελαιωδών πραγματοποιείται κυρίως οριζόντια, επιτυγχάνοντας μεγαλύτερους ρυθμούς άντλησης και αποτρέποντας την εμφάνιση προβλημάτων εξάπλωσής τους στο έδαφος.

Οι ιδιαιτερότητες, που παρουσιάζει η τεχνολογία της βιοαναρρόφησης και την καθιστούν πιο αποδοτική από άλλες μεθόδους άντλησης ελαιωδών είναι οι εξής:

- δεν προκαλεί πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα ή ανάπτυξη του λεγόμενου «κώνου» άντλησης, με αποτέλεσμα την αποφυγή οποιουδήποτε είδους ανάμιξης της ελεύθερης ελαιώδους φάσης με τα υπόγεια ύδατα,
- επιδρά και στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους, με άντληση εδαφικού αέρα και πρόκληση φυσικού αερισμού του εδάφους, ενισχύοντας τη διεργασία της βιοαποδόμησης.

Στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 5-84) πραγματοποιείται σύγκριση της τεχνολογίας της βιοαναρρόφησης με άλλες συμβατικές τεχνολογίες άντλησης ελαιωδών.



**Σχήμα 5-84:** Σύγκριση της τεχνολογίας της βιοαναρρόφησης με συμβατικές μεθόδους άντλησης ελαιωδών (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998).

Τελικά, από τη γεώτρηση βιοαναρρόφησης μεταφέρεται στην επιφάνεια ένα μίγμα εδαφικού αέρα, υπογείων υδάτων και ελαιώδους φάσης, το οποίο πρέπει στη συνέχεια να διαχωριστεί και να επεξεργαστεί κατάλληλα.

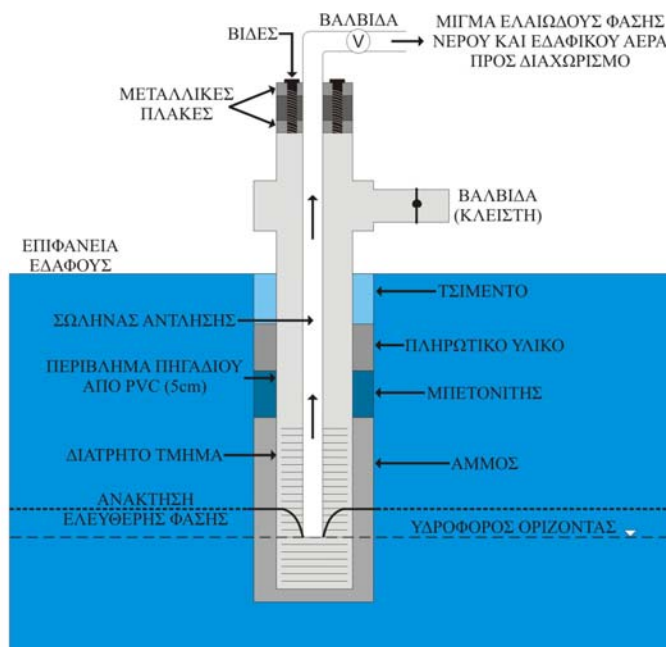
## Απαιτούμενος Εξοπλισμός – Περιγραφή Συστημάτων

Ένα τυπικό σύστημα άντλησης εδαφικού αέρα αποτελείται από τα ακόλουθα επιμέρους τμήματα:

- γεωτρήσεις άντλησης,
- σωληνώσεις,
- αντλία,
- διαχωριστής αερίων / υγρών,
- διαχωριστής ελαιωδών / νερού,
- μονάδα επεξεργασίας αντλούμενου εδαφικού αέρα (αν απαιτείται),
- μονάδα επεξεργασίας αντλούμενου νερού (αν απαιτείται),
- λοιπά όργανα ελέγχου (π.χ. βαλβίδες, βάνες, ροόμετρα, μανόμετρα, κα..).

### → Γεωτρήσεις

Οι γεωτρήσεις βιοαναρρόφησης είναι κάθετες (Σχήμα 5-85) και το βάθος τους καθορίζεται άμεσα από τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα.



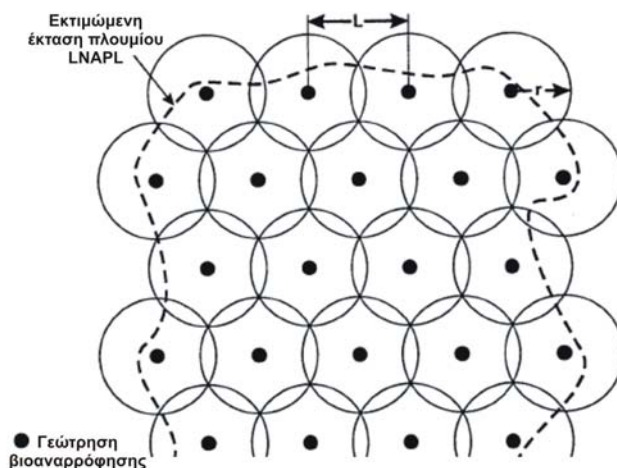
**Σχήμα 5-85:** Διατομή τυπικής γεώτρησης βιοαναρρόφησης (Gidakos E., 1999).

Η θέση και ο αριθμός των αναγκαίων γεωτρήσεων υπολογίζονται έχοντας ως δεδομένη την ακτίνα επιρροής της κάθε γεώτρησης στο εκάστοτε προς εξυγίανση πεδίο. Γενικά, έχει επικρατήσει η τοποθέτηση των γεωτρήσεων άντλησης σε σχήμα τριγώνου (Σχήμα 5-86), ενώ η μεταξύ τους απόσταση υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$d = 2 \cdot r \cdot \cos 30^\circ = 1,732 \cdot r$$

όπου:  $d$  = η απόσταση μεταξύ δυο γεωτρήσεων βιοαναρρόφησης

$r$  = η ακτίνα επιρροής κάθε γεώτρησης βιοαναρρόφησης



**Σχήμα 5-86:** Τυπική διάταξη γεωτρήσεων βιοαναρρόφησης (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998).

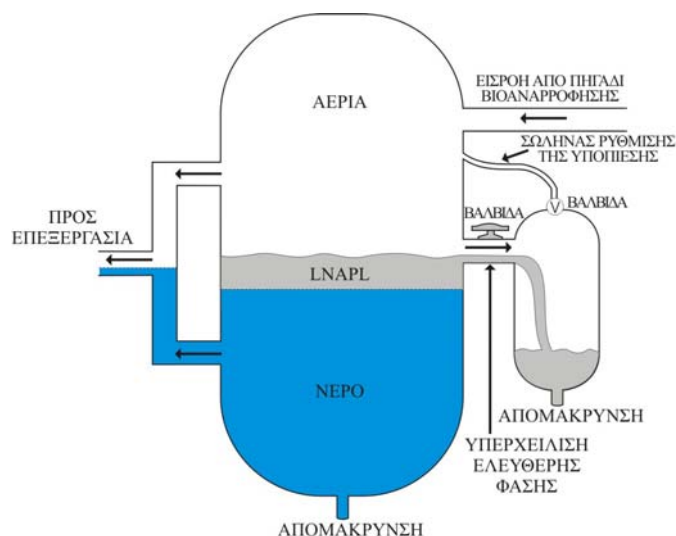
#### → Αντλία

Η επιλογή του τύπου και του μεγέθους της αντλίας βασίζεται στην υποπίεση, που είναι αναγκαίο να αναπτυχθεί και στον απαιτούμενο ολικό ρυθμό άντλησης. Ειδικά σε περιπτώσεις όπου υπάρχει κίνδυνος εκρήξεων (π.χ. εν λειτουργία διυλιστήρια) είναι αναγκαία η επιλογή αντλιοκρηκτικού τύπου εξοπλισμού.

#### → Διαχωριστής αερίων / υγρών

Ο διαχωριστής αερίων – υγρών (Σχήμα 5-87) ουσιαστικά αποτελεί μια απλή κλειστή δεξαμενή, όπου οδηγείται το αντλούμενο μίγμα εδαφικού αέρα, ελαιωδών και υπογείων υδάτων και διαχωρίζεται σε δυο επιμέρους «ρεύματα»:

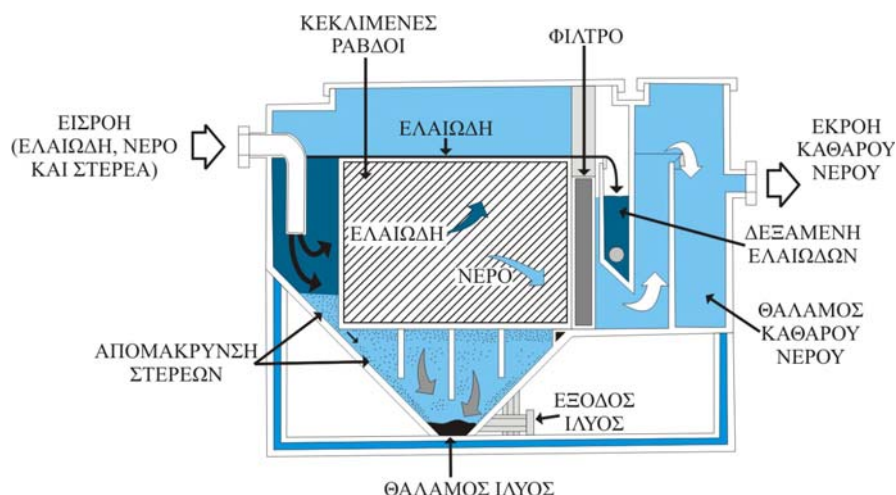
- την αέρια φάση, η οποία αποτελείται κυρίως από πτητικούς υδρογονάνθρακες και χρήζει επεξεργασίας πριν την έκλυσή της στην ατμόσφαιρα,
- την υγρή φάση, η οποία αποτελείται από νερό, ελαιώδη και ορισμένα στερεά σωματίδια και απαιτεί περαιτέρω διαχωρισμό.



**Σχήμα 5-87:** Διαχωριστής υγρών - αερίων (Place M. et al., 2003).

### → Διαχωριστής ελαιωδών / νερού

Ο διαχωριστής ελαιωδών / νερού (Σχήμα 5-88) είναι μια δεξαμενή, όπου το «ρεύμα» της υγρής φάσης από το διαχωριστή υγρών – αερίων διαχωρίζεται περαιτέρω υπό την επίδραση της βαρύτητας και βάσει της πυκνότητας των επιμέρους συστατικών. Το συλλεγόμενο νερό ίσως να χρειάζεται επεξεργασία, ενώ το ελαιώδες κλάσμα μπορεί να επανεισαχθεί στη διαδικασία διύλισης πετρελαίου (εάν πρόκειται για διαρροή διυλιστηρίου) ή γενικότερα να αξιοποιηθεί κατάλληλα.



Σχήμα 5-88: Διαχωριστής υγρών - αερίων (Place M. et al., 2003).

### → Μονάδα επεξεργασίας αντλούμενου εδαφικού αέρα

Ένα από τα πλέον σημαντικά και ακριβά τμήματα ενός συστήματος βιοαναρρόφησης αποτελεί η μονάδα επεξεργασίας του αντλούμενου εδαφικού αέρα (εφόσον απαιτείται). Η αναγκαιότητα αυτής κρίνεται βάσει αναλύσεων, που πραγματοποιούνται στο αρχικό στάδιο λειτουργίας του εκάστοτε συστήματος, οι οποίες καθορίζουν το είδος και τη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων, η οποία στη συνέχεια συγκρίνεται με τα όρια της εκάστοτε ισχύουσας νομοθεσίας. Οι πλέον διαδεδομένες διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας του αντλούμενου εδαφικού αέρα έχουν ήδη παρουσιαστεί αναλυτικά.

### → Μονάδα επεξεργασίας αντλούμενου νερού

Επίσης σημαντικό και ακριβό τμήμα ενός συστήματος βιοαναρρόφησης αποτελεί η μονάδα επεξεργασίας του αντλούμενου νερού (εφόσον απαιτείται). Και πάλι η αναγκαιότητα αυτής κρίνεται βάσει αναλύσεων, που πραγματοποιούνται στο αρχικό στάδιο λειτουργίας του εκάστοτε συστήματος, οι οποίες καθορίζουν το είδος και τη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων, η οποία στη συνέχεια συγκρίνεται με τα όρια της εκάστοτε ισχύουσας νομοθεσίας. Οι πλέον διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας του αντλούμενου νερού παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-77.

**Πίνακας 5-77:** Διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας αντλούμενων υπογείων υδάτων (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998).

Τεχνολογία	Εφαρμοσιμότητα	Περιορισμοί
Συσσωμάτωση / επίπλευση σε συνδυασμό με αερισμό	- Άριστη τεχνολογία για υψηλές συγκεντρώσεις γαλακτοποιημένων ελαίων, με απόδοση >99% για συγκεντρώσεις > 6.000ppm - Κατάλληλη και για την καθίζηση & απομάκρυνση βαρέων μετάλλων	- Υψηλό κόστος εγκατάστασης - Απαιτεί αυστηρή και συχνή παρακολούθηση και συντήρηση - Απαιτεί τη διεξαγωγή δοκιμών
Εκφύσηση με αέρα	- Κατάλληλη για πτητικούς διαλυμένους υδρογονανθράκες σε χαμηλές συγκεντρώσεις	- Απαιτεί επεξεργασία των παραγόμενων αερίων - Ακατάλληλη για μη πτητικούς ρύπους
Προσρόφηση σε άνθρακα	- Κατάλληλη για διαλυμένους υδρογονανθράκες σε χαμηλές συγκεντρώσεις	- Ίσως «βουλώσει» παρουσία ελεύθερης φάσης προϊόντων - Ίσως χρειαστεί συχνή αντικατάσταση του άνθρακα, υπό μη σωστή λειτουργία - Χρειάζεται επεξεργασία του χρησιμοποιημένου άνθρακα
Προσρόφηση σε υδρόφοβη άργιλο	- Κατάλληλη για γαλακτωποιημένους υδρογονάνθρακες σε χαμηλές συγκεντρώσεις (<100ppm) - Δεν επεξεργάζεται BTEX	- Παρουσιάζει προβλήματα διαχείρισης - Ίσως χρειαστεί συχνή αντικατάσταση του αργίλου, υπό μη σωστή λειτουργία - Χρειάζεται επεξεργασία του χρησιμοποιημένου αργίλου
Καθίζηση	- Παρέχει χρόνο για το διαχωρισμό των γαλακτοποιημένων ελαίων. - Κατάλληλη για διαχωρισμό μόνο ασταθών γαλακτωμάτων.	- Απαιτεί μεγάλο όγκο και χώρο - Ακατάλληλη για σταθερά γαλακτώματα. - Ίσως παρουσιάσει σημαντικά προβλήματα διαχείρισης

**→ Λοιπά όργανα ελέγχου**

Μικρά όργανα, τα οποία απαιτούνται, για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της λειτουργίας ενός συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα, περιλαμβάνουν ροόμετρα, μανόμετρα, βαλβίδες ελέγχου και εκτόνωσης, σύστημα συλλογής απαερίων, κα..

**Αντιμετωπίσιμες Ενώσεις / Ρύποι**

Οι ρύποι που μπορούν να αντιμετωπιστούν με επιτυχία από την τεχνολογία της βιοαναρρόφησης είναι τα ελαφριά μη υδατικής φάσης υγρά (LNAPL) (π.χ. diesel), τα οποία σχηματίζουν ελεύθερη ελαιώδη φάση στα όρια της κορεσμένης και της ακόρεστης ζώνης του εδάφους, λόγω της χαμηλότερης πυκνότητας, που παρουσιάζουν σε σχέση με το νερό. Σε δεύτερο επίπεδο, η συγκεκριμένη τεχνολογία μπορεί να επεξεργαστεί και πτητικά και/ή ημι-πτητικά και/ή βιοαποικοδομήσιμα οργανικά συστατικά, όπως ακριβώς οι τεχνολογίες της άντλησης εδαφικού αέρα και βιοαερισμού.

**Κριτήρια Επιλογής / Εφαρμογής**

Για την αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας και της καταλληλότητας των τεχνολογιών απομάκρυνσης διπλής φάσης (συμπεριλαμβανομένης και της βιοαναρρόφησης) σε ένα συγκεκριμένο ρυπασμένο πεδίο, έχει προταθεί και καθιερωθεί συγκεκριμένη μεθοδολογία (Σχήμα 5-89), η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα επιμέρους στάδια:

- αρχική εξέταση της απόδοσης της τεχνολογίας (initial screening of DPE effectiveness),

- λεπτομερής εκτίμηση της απόδοσης της τεχνολογίας (detailed evaluation of DPE effectiveness),
- εκτίμηση του σχεδιασμού του αναγκαίου συστήματος (evaluation of DPE system design),
- εκτίμηση σχεδίων λειτουργίας και παρακολούθησης του αναγκαίου συστήματος (evaluation of DPE system operation & monitoring plans).

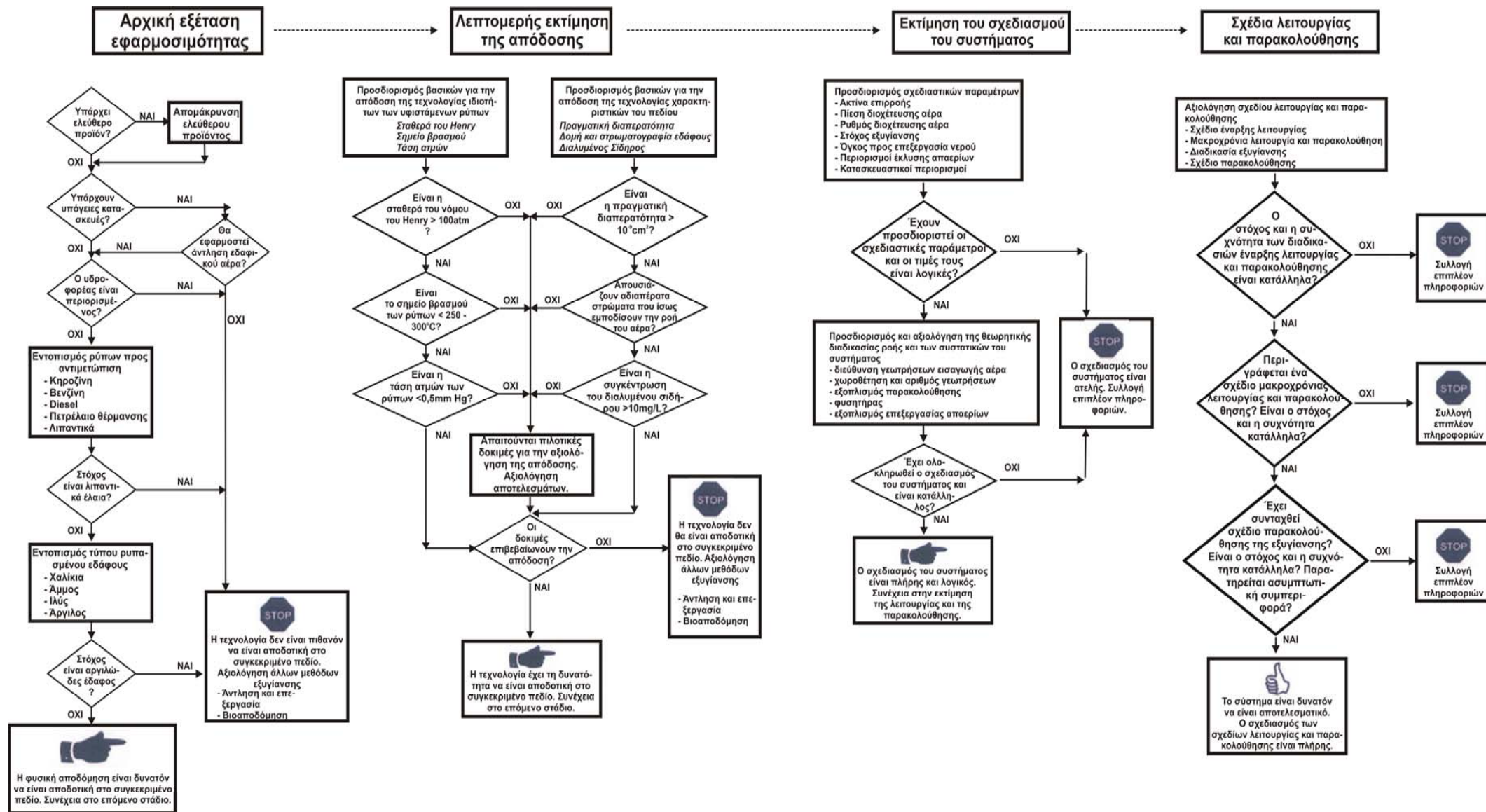
Η αρχική εξέταση της καταλληλότητας και της απόδοσης των συγκεκριμένων τεχνολογιών σε ένα δεδομένο ρυπασμένο πεδίο βασίζεται ουσιαστικά στη διαπερατότητα του προς επεξεργασία εδάφους και στη σύσταση των υφιστάμενων ρύπων. Γενικά, όσο πιο διαπερατό είναι το έδαφος τόσο πιο αποδοτικές αναμένεται να είναι οι συγκεκριμένες τεχνολογίες, ενώ όσο πιο υψηλή πτητικότητα ή όσο πιο χαμηλή πυκνότητα παρουσιάζουν οι υφιστάμενοι ρύποι, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η απομάκρυνσή τους από την ακόρεστη ζώνη του εδάφους και την επιφάνεια του υπόγειου υδροφορέα, αντίστοιχα.

Εφόσον η αρχική εξέταση δώσει θετικά αποτελέσματα, ακολουθεί η λεπτομερής εκτίμηση της απόδοσης των τεχνολογιών, μέσω πιο συγκεκριμένου προσδιορισμού των χαρακτηριστικών του πεδίου και των ιδιοτήτων των ρύπων. Οι παράμετροι, που εξετάζονται για τον σκοπό αυτό, είναι οι εξής:

- Χαρακτηριστικά Πεδίου
  - Πραγματική Διαπερατότητα (Intrinsic Permeability)
  - Δομή και Στρωματογραφία Εδάφους
  - Βάθος Υδροφόρου Ορίζοντα
  - Υγρασία Εδάφους στην Ακόρεστη Ζώνη
- Ιδιότητες Ρύπων
  - Πτητικότητα
  - Τάση Προσρόφησης

Η πραγματική διαπερατότητα αποτελεί μέτρο της ικανότητας του εδάφους να επιτρέπει τη μετακίνηση ρευστών μέσα στον όγκο του και αποτελεί τον βασικότερο καθοριστικό παράγοντα της αποτελεσματικότητας των τεχνολογιών απομάκρυνσης διπλής φάσης. Η τιμή της μπορεί να κυμανθεί από  $10^{-16}$  έως και  $10^{-3} \text{cm}^2$ , με πλέον κοινό εύρος τιμών να είναι από  $10^{-13}$  έως και  $10^{-5} \text{cm}^2$ . Οι τιμές που ευνοούν την εφαρμογή και την απόδοση των τεχνολογιών απομάκρυνσης διπλής φάσης κυμαίνονται από  $10^{-9}$  έως  $10^{-12} \text{cm}^2$ .

Η δομή και η στρωματογραφία του εδάφους επηρεάζει την πραγματική διαπερατότητα του εδάφους, συναρτήσει του βάθους, καθορίζοντας τη ροή των αντλούμενων μέσων (εδαφικού αέρα, ελεύθερης ελαιώδους φάσης και νερού). Ως εκ τούτου θα πρέπει να μελετάται (μέσω λήψης γεωλογικών καρótων και κατασκευής γεωλογικών τομών) και να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή τεχνολογιών απομάκρυνσης διπλής φάσης.



Σχήμα 5-89: Μεθοδολογία αξιολόγησης της εφαρμοσιμότητας και της απόδοσης των τεχνολογιών απομάκρυνσης διπλής φάσης σε ένα δεδομένο πεδίο (EPA, 2004).

Η υγρασία του εδάφους μειώνει τη διαπερατότητά του στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους και κατ' επέκταση την απόδοση των τεχνολογικών άντλησης διπλής φάσης, ως προς την απομάκρυνση των πτητικών υφιστάμενων ρύπων. Συγκεκριμένα, έχει βρεθεί ότι για τιμές υγρασίας μεγαλύτερες από 85% η ροή του αέρα παρεμποδίζεται πλήρως, καθώς η διαπερατότητα καθίσταται ουσιαστικά ίση με μηδέν.

Τέλος, το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα θα πρέπει να είναι σταθερό, ώστε ειδικά στην περίπτωση της εφαρμογής της βιοαναρρόφησης να είναι εφικτή η ελαχιστοποίηση της άντλησης υπόγειου νερού και η μεγιστοποίηση της άντλησης της ελεύθερης ελαιώδους φάσης. Επίσης, το βάθος θα πρέπει κατά γενικό κανόνα να είναι μεγαλύτερο των 90cm από την επιφάνεια του εδάφους, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται αποτελεσματική εξυγίανση της ακόρεστης ζώνης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ισχύουν και για την τεχνολογία άντλησης εδαφικού αέρα.

Όσον αφορά στις ιδιότητες των υφιστάμενων ρύπων, η πτητικότητα αποτελεί μια σημαντική εξ αυτών, η οποία ουσιαστικά καθορίζει τον πρωτεύοντα στόχο των τεχνολογιών απομάκρυνσης διπλής φάσης (πέρα από την απομάκρυνση της ελεύθερης ελαιώδους φάσης). Για παράδειγμα, αν οι υφιστάμενοι ρύποι παρουσιάζουν υψηλή πτητικότητα, τότε πρωτεύοντας στόχος θα πρέπει να είναι η άντληση αυτών από την ακόρεστη ζώνη, όπως ακριβώς στην περίπτωση άντλησης εδαφικού αέρα, ενώ αν είναι μη-πτητικοί και βιοαποικοδομήσιμοι, τότε πρωτεύοντας στόχος είναι η παροχή οξυγόνου για την ενίσχυση της βιοαποικοδόμησής τους, όπως ακριβώς στην περίπτωση της τεχνολογίας του βιοαερισμού. Η πτητικότητα των ρύπων εκφράζεται από την τάση ατμών του, την σταθερά του Νόμου του Henry και το σημείο βρασμού τους.

Η τάση προσρόφησης των υφιστάμενων ρύπων καθορίζει την ευκολία με την οποία αυτοί μπορούν να απομακρυνθούν από το υπέδαφος. Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η τάση προσρόφησης τους, τόσο δυσκολότερη είναι η απομάκρυνσή τους. Η τάση προσρόφησης των υφιστάμενων ρύπων εκφράζεται από τον συντελεστή γραμμικής προσρόφησης  $K_d$ , τον συντελεστή κατανομής οργανικού άνθρακα  $K_{oc}$  και το ποσοστό περιεκτικότητας του εδάφους σε άνθρακα  $f_{oc}$ .

Στον Πίνακα 5-78 παρουσιάζεται το εύρος τιμών σημαντικών παραμέτρων πεδίου και ιδιοτήτων ρύπων, που επιτρέπουν την εφαρμογή τεχνολογιών απομάκρυνσης διπλής φάσης.

**Πίνακας 5-78:** Επιτρεπτές για την εφαρμογή τεχνολογιών απομάκρυνσης διπλής φάσης τιμές επιλεγμένων σημαντικών παραμέτρων πεδίου και ιδιοτήτων ρύπων (EPA, 1999b).

Παράμετρος	Επιτρεπτές Τιμές
Υδραυλική αγωγιμότητα	Μέτρια έως χαμηλή ( $K = 10^{-3}$ έως $10^{-5}$ cm/s)
Μεταβασιμότητα (Transmissivity)	Χαμηλή ( $< 65L / day \cdot cm$ )
Γεωλογικό υλικό	Άμμος έως άργιλος
Διαπερατότητα στην ακόρεστη ζώνη	Μέτρια έως χαμηλή ( $k < 1$ darcy)
Χαρακτηριστικά εδαφικών σχηματισμών	Χαμηλή διαπερατότητα, μονωμένα (fractured) συστήματα Διαδοχικά στρώματα άμμου και αργίλου Περιορισμένος κορεσμός Σχετικά ρηχός υδροφόρος ορίζοντας Σημαντικό πάχος ζώνης τριχοειδών φαινομένων Παρουσία LNAPL
Ρυθμός άντλησης	Μειωμένη άντληση υπογείων υδάτων Αυξημένη ανάκτηση ελεύθερης ελαιώδους φάσης Αυξημένη απομάκρυνση / ανανέωση εδαφικού αέρα
Θέση ρύπανσης	Ακόρεστη ζώνη και ζώνη τριχοειδών φαινομένων
Ρύποι	Αλογονωμένα και αρωματικά VOCs Ολικοί πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες (TPH) Ελεύθερη ελαιώδης φάσης (LNAPL)
Τάση ατμών ρύπων	$> 1$ mm Hg στους $20^{\circ}C$

Για την επιλογή της καταλληλότερης τεχνολογίας απομάκρυνσης διπλής φάσης και το σχεδιασμό του αποδοτικότερου δυνατού συστήματος κρίνεται αναγκαία η διεξαγωγή πιλοτικών δοκιμών / τεστ (Πίνακας 5-79), εκ των οποίων βασικότερο θεωρείται το λεγόμενο “bail-down test”, εφόσον ο κύριος στόχος των συγκεκριμένων τεχνολογιών είναι η απομάκρυνση LNAPL (ελεύθερης ελαιώδους φάσης).

**Πίνακας 5-79:** Διαθέσιμα αναγκαία τεστ για την επιλογή και εφαρμογή τεχνολογιών απομάκρυνσης διπλής φάσης (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998).

Τεστ / Δοκιμή	Διάρκεια
Χαρακτηρισμός εδάφους	
- Παρακολούθηση διεπιφάνειας νερού / ελαιώδους φάσης	Ανάλογα με τον αριθμό των γεωτρήσεων
- Bail down test	1 ημέρα
- Μελέτη εδαφικού αέρα	1 ημέρα
Δοκιμή τεχνικής «ξαφρίσματος»	2 ημέρες
Δοκιμή βιοαναρρόφησης	4 ημέρες (τουλάχιστον)
Δοκιμή κλασικής τεχνολογίας άντλησης	2 ημέρες
Δοκιμή άντλησης εδαφικού αέρα	1 ημέρα

Η διεξαγωγή ενός bail down test περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

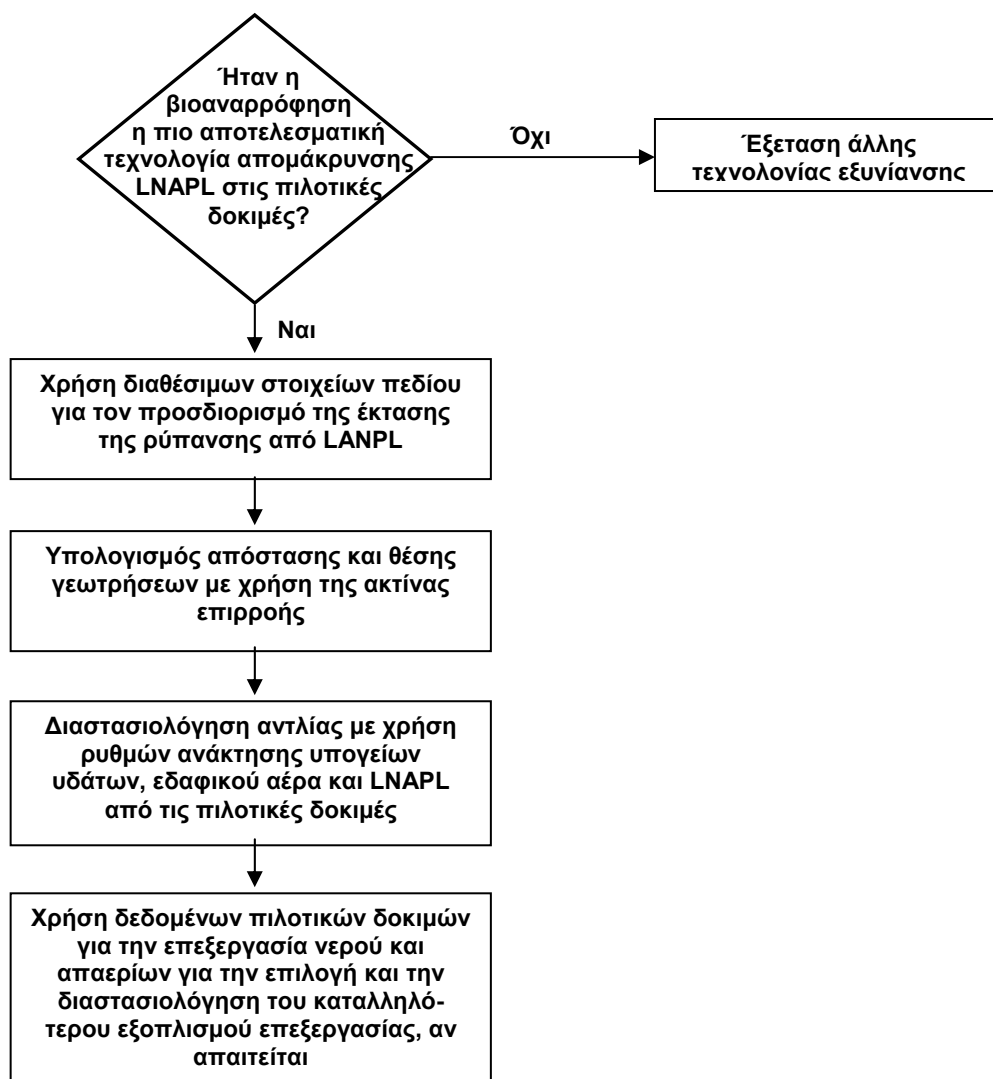
- καταγραφή του πάχους της ελεύθερης ελαιώδους φάσης σε μια συγκεκριμένη γεώτρηση,
- πλήρης άντληση των ελαιωδών,
- μέτρηση της τιμής του πάχους της ελαιώδους φάσης, που επανεμφανίζεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα (π.χ. μισής ή μιας ώρας).

Με τη βοήθεια των παραπάνω δεδομένων, μπορούν να κατασκευαστούν διαγράμματα του πάχους της ελαιώδους φάσης συναρτήσει του χρόνου, από όπου προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα για το ρυθμό επανεμφάνισης της ελαιώδους φάσης μετά από πλήρη άντληση. Προσδιορίζοντας τον ρυθμό αυτόν μπορεί να αποκτηθεί μια εικόνα σχετικά με τις ποσότητες της ελεύθερης ελαιώδους φάσης που υπάρχουν στο υπέδαφος (τελείως γενικευμένη και όχι ποσοτική) και την ικανότητα – τάση αυτών να μετακινούνται.

Βάσει των παραπάνω, επιλέγεται η τεχνολογία απομάκρυνσης διπλής φάσης, που αναμένεται να έχει τα καλύτερα αποτελέσματα εξυγίανσης στο υπό μελέτη πεδίο. Ειδικά για την τεχνολογία της βιοαναρρόφησης, το διάγραμμα ροής για την εφαρμογή της, που έχει αναπτυχθεί, παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-90.

Κατά το στάδιο σχεδιασμού του αναγκαίου συστήματος πρέπει να προσδιοριστούν οι εξής λειτουργικές παράμετροι:

- Ακτίνα επιρροής: η μεγαλύτερη απόσταση από τη γεώτρηση άντλησης, όπου η ασκούμενη υποπίεση και η παρατηρούμενη ροή ευνοούν τη μεταφορά των ρύπων. Εξαρτάται από την κάθετη και οριζόντια διαπερατότητα του εδάφους, το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα, την ετερογένεια του εδάφους, κα..
- Υποπίεση: η απαιτούμενη πίεση υπό κενό που πρέπει να ασκηθεί για να επιτευχθεί ο επιθυμητός ρυθμός ροής των ρύπων προς τη γεώτρηση άντλησης. Προσδιορίζεται μέσω δοκιμών.
- Ρυθμός άντλησης: ο ογκομετρικός ρυθμός άντλησης από τη γεώτρηση. Προσδιορίζεται και αυτός μέσω δοκιμών και εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα των διαθέσιμων ρύπων (π.χ. ελαιώδους φάσης).
- Αρχική συγκέντρωση/ποσότητα ρύπων στο υπέδαφος: χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του ρυθμού απομάκρυνσης των ρύπων και της ανάγκης εγκατάστασης και λειτουργίας ειδικής μονάδας επεξεργασίας αντλούμενου αέρα, πριν την έκλυσή του στην ατμόσφαιρα και/ή υπογείων υδάτων.
- Επιθυμητή τελική συγκέντρωση/ ποσότητα ρύπων στο υπέδαφος: ορίζεται είτε από την εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία, είτε από τα χαρακτηριστικά και τις ιδιαιτερότητες του προς επεξεργασία πεδίου, βάσει της υφιστάμενης επικινδυνότητας, του εκτιθέμενου πληθυσμού στην ρύπανση, τους μηχανισμούς μεταφοράς των ρύπων, κα..
- Απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης: μπορεί να επηρεάσει τον σχεδιασμό των αναγκαίων συστημάτων, καθώς σε περίπτωση που είναι περιορισμένος και οριζόμενος από εξωγενείς παράγοντες (π.χ. κάποια αρμόδια αρχή ή τη νομοθεσία) ενδέχεται π.χ. να οδηγήσει στην μείωση της μεταξύ απόστασης και του συνολικού αριθμού των χρησιμοποιούμενων γεωτρήσεων άντλησης.
- Προς επεξεργασία όγκος υπεδάφους



**Σχήμα 5-90:** Διάγραμμα ροής για την εφαρμογή της τεχνολογίας της βιοαναρρόφησης (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998).

- Περιορισμοί διάθεσης του αντλούμενου εδαφικού αέρα και υδάτων και απαιτήσεις σε παρακολούθηση των συστημάτων: συνήθως καθορίζονται από την ισχύουσα νομοθεσία.
- Περιορισμοί πεδίου: όπως παρουσία κτιρίων, εγκαταστάσεων, εμποδίων, κα..

Βάσει όλων των προαναφερόμενων, ακολουθεί η ανάπτυξη σχεδίων λειτουργίας και παρακολούθησης των συστημάτων bioslurping και τελικά ξεκινάει η λειτουργία αυτών.

#### Χρόνος Εφαρμογής

Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας της βιοαναρρόφησης κυμαίνεται γενικά από 6 μήνες έως 2 χρόνια και εξαρτάται από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- τον στόχο εξυγίανσης,
- τον όγκο του προς επεξεργασία εδάφους,
- την ποσότητα και την κατανομή των υφιστάμενων ρύπων,

- τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου (κυρίως τη διαπερατότητα και την ανισοτροπία του εδάφους),
- την πτητικότητα, τη διαλυτότητα και την τάση προσρόφησης των υφιστάμενων ρύπων.

Η στιγμή τερματισμού της λειτουργίας του συστήματος προσδιορίζεται βάσει του διαγράμματος που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5-91.

#### Παρακολούθηση Συστημάτων

Οι τυπικές παράμετροι ενός συστήματος βιοαναρρόφησης, οι οποίες θα πρέπει να παρακολουθούνται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, είναι οι εξής:

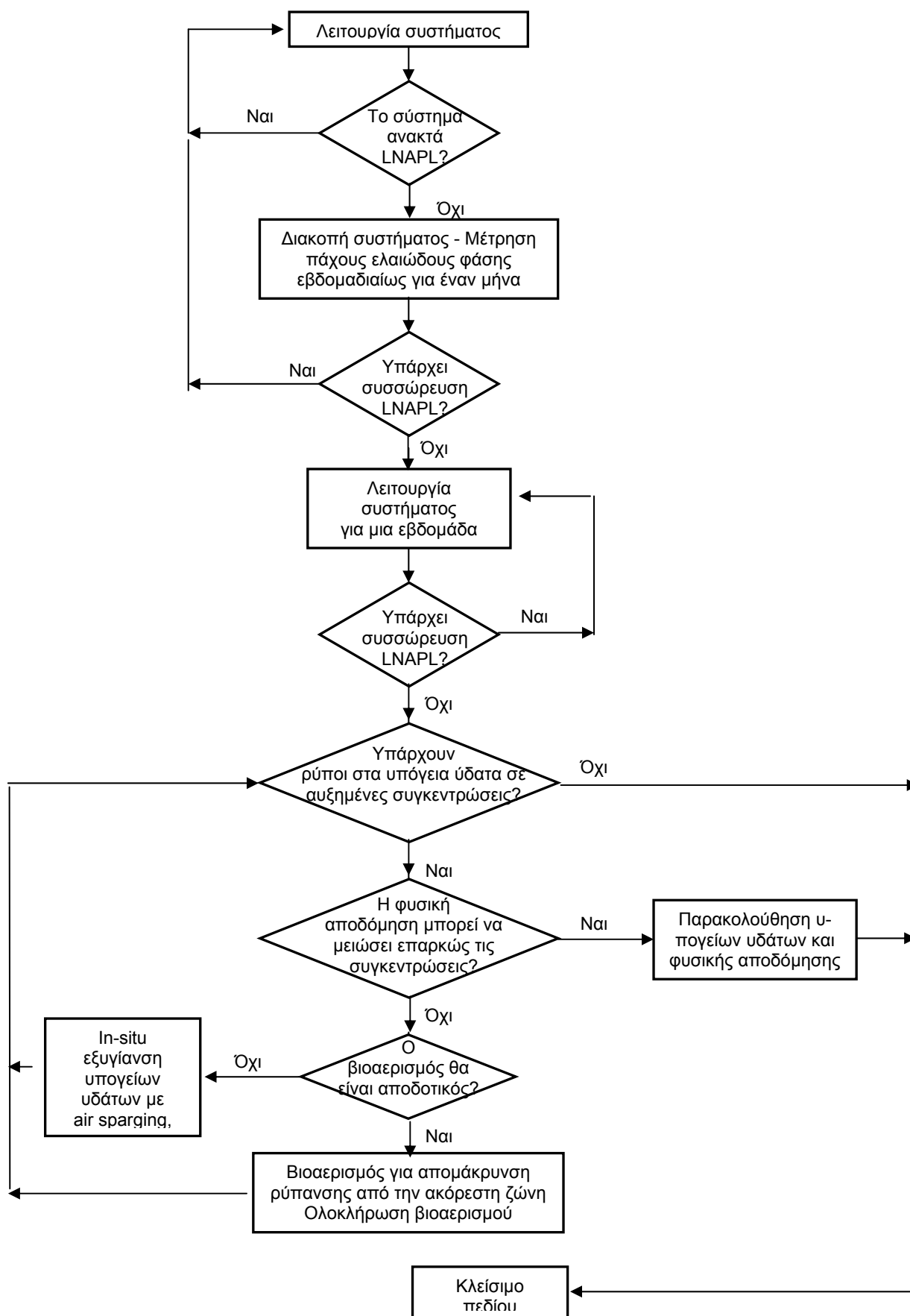
- η πίεση (ή κενό),
- ο ρυθμός άντλησης,
- το πάχος και η στάθμη της ελεύθερης ελαιώδους φάσης,
- ο όγκος και η σύσταση των αντλούμενων μέσων (ελαιώδους φάσης, εδαφικού αέρα και εν μέρη υπογείων υδάτων),
- η συγκέντρωση ρύπων στον εδαφικό αέρα και στα υπόγεια ύδατα,
- ο ρυθμός απομάκρυνσης ρύπων – απόδοση συστήματος.

Οι παράμετροι και η συχνότητα με την οποία πρέπει να παρακολουθούνται αυτές εξαρτάται από το στάδιο της λειτουργίας του συστήματος βιοαναρρόφησης, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στον Πίνακα 5-80.

Η παρακολούθηση της απόδοσης του συστήματος πραγματοποιείται υπολογίζοντας τη μάζα των ρύπων, που απομακρύνεται από το έδαφος, ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Στη συνέχεια, οι στιγμιαίες, αλλά και η αθροιστική ποσότητα ρύπων, που απομακρύνεται από το έδαφος, προσδιορίζονται γραφικά συναρτήσει του χρόνου. Όταν η γραφική παράσταση, που προκύπτει, παρουσιάζει ασυμπτωτική συμπεριφορά, τότε θα πρέπει είτε να τερματιστεί η λειτουργία του συστήματος (αν έχουν επιτευχθεί οι στόχοι εξυγίανσης ή απομακρυνθεί πλήρως οι υφιστάμενοι ρύποι), είτε θα πρέπει να γίνει εκ νέου ρύθμιση των λειτουργικών παραμέτρων του συστήματος (π.χ. αύξηση του ρυθμού άντλησης) για τη βελτίωση της απόδοσής του.

#### Κόστος Εγκατάστασης και Λειτουργίας

Το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας ενός συστήματος βιοαναρρόφησης είναι δυνατόν να ποικίλει σημαντικά από περίπτωση σε περίπτωση, καθώς όπως είναι προφανές αυτό εξαρτάται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του πεδίου και της υφιστάμενης ρύπανσης.



**Σχήμα 5-91:** Κριτήρια για τον τερματισμό της λειτουργίας ενός συστήματος βιοαναρρόφησης (Naval Facilities Engineering Service Center, 1998).

**Πίνακας 5-80:** Προτεινόμενη παρακολούθηση λειτουργικών παραμέτρων συστήματος βιοαναρρόφησης (EPA, 2004).

Φάση Λειτουργίας	Συχνότητα Παρακολούθησης	Παράμετρος Παρακολούθησης	Σημείο Παρακολούθησης
Εκκίνηση λειτουργίας (7-10 ημέρες)	Καθημερινά	- Παροχή και Υποπίεση	- Γεώτρηση άντλησης - Σωληνώσεις
Κανονική Λειτουργία	Καθημερινά	- Συγκέντρωση ρύπων, CO <sub>2</sub> και O <sub>2</sub> στον αντλούμενο εδαφικό αέρα	- Έξοδος αντλούμενου εδαφικού αέρα στην ατμόσφαιρα
		- Συγκέντρωση ρύπων στο αντλούμενο υπόγειο νερό	- Έξοδος αντλούμενου νερού
		- Παροχή και υποπίεση - Πάχος και στάθμη ελαιώδους φάσης - Όγκος αντλούμενων ποσοτήτων	- Γεώτρηση άντλησης - Σωληνώσεις
	Ανά δύο εβδομάδες ή μηνιαία	- Συγκέντρωση ρύπων, CO <sub>2</sub> και O <sub>2</sub> στον αντλούμενο εδαφικό αέρα - Συγκέντρωση ρύπων στο αντλούμενο υπόγειο νερό	- Έξοδος αντλούμενου εδαφικού αέρα στην ατμόσφαιρα - Έξοδος αντλούμενου νερού

Παράμετροι όπως:

- τα χαρακτηριστικά της απαιτούμενης αντλίας,
- ο αριθμός και το βάθος των αναγκαίων γεωτρήσεων,
- οι ιδιότητες του εδάφους (π.χ. διαπερατότητα),
- το μήκος των αναγκαίων σωληνώσεων,
- το είδος και το μέγεθος της ενδεχομένως αναγκαίας μονάδας επεξεργασίας του αντλούμενου εδαφικού αέρα και των υπογείων υδάτων,

καθιστούν αδύνατη την εκτίμηση ενός standard κόστους εφαρμογής της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Παρόλα αυτά, η μέχρι στιγμής ευρεία εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ενός σημαντικού εργαλείου (από το Ινστιτούτο Battelle των ΗΠΑ), το οποίο παρέχει μια μεθοδολογία εκτίμησης του κόστους για μια υποθετική νέα εφαρμογή.

Μια γενική εκτίμηση του κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας της βιοαναρρόφησης (με επεξεργασία αντλούμενου εδαφικού αέρα) ανέρχεται σε περίπου 10€/L αντλούμενης ελεύθερης ελαιώδους φάσης. Στον Πίνακα 5-81 παρουσιάζεται μια ενδεικτική ανάλυση κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας βιοαναρρόφησης, σύμφωνα με το Ινστιτούτο Battelle.

**Πίνακας 5-81:** Ενδεικτικό κόστος εγκατάστασης και 6μηνιας λειτουργίας και παρακολούθησης ενός συστήματος βιοαναρρόφησης (Air Force Centre for Environmental Excellence, 1997).

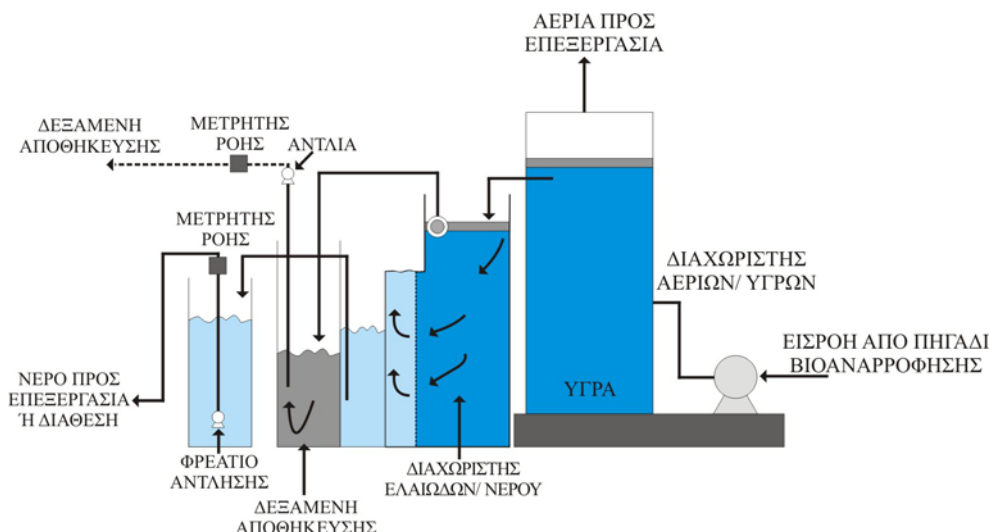
Εργασία / Είδος	Περιγραφή	Κόστος μονάδας	Κόστος
<b>Προετοιμασία Πεδίου</b>			
Ηλεκτρική σύνδεση	305m υπόγειου καλωδίου διαμέτρου 10cm	11,75 €/m	3.584 €
Διαμόρφωση εδάφους	140m <sup>2</sup> υπόβασης και τσιμέντου	46,74 €/m <sup>2</sup>	6.451 €
Κατασκευή γεωτρήσεων	9 γεωτρήσεις, με σωλήνα PVC διαμέτρου 5cm, βάθους 14m	158 €/m	12.974 €
<b>Εξοπλισμός</b>			
Αντλία	10hp	7.885 €	788 €
Σωληνώσεις	305m σωλήνας PVC διαμέτρου από 1,27 έως 5cm	23,75 /m	7.240 €
Σωληνώσεις άντλησης και επεξεργασίας εδαφικού αέρα	15m σωλήνας PVC διαμέτρου 10cm	43,97 €/m	670 €
Σωληνώσεις μεταφοράς υπογείων υδάτων	15m σωλήνας PVC διαμέτρου 10cm	23,75 €/m	7.240 €
Σωληνώσεις απομάκρυνσης υπογείων υδάτων	15m σωλήνας PVC διαμέτρου 10cm	32,68 €/m	996 €
Λοιπά όργανα	μανόμετρα και ροόμετρα	1.435 €	1.434 €
Διαχωριστής νερού / ελαιωδών	δεξαμενή 190L	7.170 €	7.168 €
Δεξαμενή LNAPL	δεξαμενή από πολυαιθυλένιο 1135L	395 €	394 €
Αντλία μεταφοράς LNAPL	1 φυγοκεντρική αντλία χωρητικότητας 19L	445 €	444 €
Δεξαμενή νερού	2 δεξαμενές από πολυαιθυλένιο 2840L έκαστη	788,5 €	1.577 €
Αντλία μεταφοράς νερού	1 φυγοκεντρική αντλία χωρητικότητας 95L	517 €	518 €
Φίλτρο νερού	1 σακκόφιλτρο χωρητικότητας 95L	336 €	337 €
<b>Μεταφορές Μηχανικοί</b>		3.585 €	3.584 €
			11.053 €
		<b>Σύνολο</b>	<b>66.452 €</b>
<b>Λειτουργία και Συντήρηση (648 ώρες / μήνα)</b>			
Ηλεκτρική ενέργεια	20kW	0,057 €/kW-hr	559 € / μήνα
Δοκιμές και παρακολούθηση	9 αναλύσεις υπογείων υδάτων ανά μήνα	575 € / δείγμα	5.734 € / μήνα
Διάθεση υδάτων	6200L/ημέρα	0,56 € / 1.000L	116 € / μήνα
Εργασία	20ώρες/ μήνα	35 € / ώρα	717 € / μήνα
Αναφορές	1 μηνιαία και 1 τελική αναφορά	1.720 €	1.720 € / μήνα
		<b>Μηνιαίο Λειτουργικό Κόστος</b>	<b>8.846 €</b>
		<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (6 μηνών)</b>	<b>119.528 €</b>

#### Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.

##### *Πλεονεκτήματα τεχνολογίας*

- Είναι ευρέως εφαρμοσμένη τεχνολογία και έχει παρουσιάσει αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητα.
- Επιτυγχάνει παράλληλη επεξεργασία της ακόρεστης και της κορεσμένης ζώνης του υπεδάφους.

- Επιτυγχάνει ιδιαίτερα αποτελεσματική ανάκτηση της υφιστάμενης ελεύθερης ελαιώδους φάσης, λόγω της ασκούμενης υποπίεσης, ακόμη και σε εδάφη με μικρή διαπερατότητα.
- Αποτρέπει τη διείδυση της ελεύθερης φάσης στον υδροφορέα και γενικότερα την πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, λόγω της οριζόντιας ροής της κατά τη διάρκεια της άντλησής της.
- Ενισχύει τη διεργασία της βιοαποδόμησης στην ακόρεστη ζώνη.
- Παρουσιάζει μεγάλη ακτίνα επιρροής με αποτέλεσμα ο αριθμός των αναγκαίων γεωτρήσεων να είναι σχετικά μικρός και να μειώνεται ως εκ τούτου το αναγκαίο κόστος εφαρμογής της.
- Ελαχιστοποιεί την ποσότητα του αντλούμενου υπόγειου νερού, μειώνοντας σημαντικά τον όγκο του προς επεξεργασία υγρού και το κόστος της όλης διεργασίας.
- Προκαλεί ελάχιστη διατάραξη του προς επεξεργασία πεδίου.
- Παρουσιάζει σχετικά μικρούς χρόνους εξυγίανσης (από 0,5 έως 2 έτη, υπό βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας), τουλάχιστον σε σχέση με άλλες κλασικές τεχνολογίες άντλησης.
- Μπορεί να συνδυαστεί με άλλες τεχνολογίες (π.χ. air sparging, κα.) επιτυγχάνοντας ολοκληρωμένη αποκατάσταση του υπεδάφους.
- Μπορεί να εφαρμοστεί με χρήση κινητών μονάδων (Σχήμα 5-92).
- Με κατάλληλη εφαρμογή (π.χ. με μικρούς ρυθμούς άντλησης του εδαφικού αέρα ή του υπόγειου νερού) είναι δυνατόν να μην απαιτείται μονάδα επεξεργασίας αερίων ή νερού.
- Με κατάλληλο σχεδιασμό μπορεί να ελέγξει την κίνηση της υπάρχουσας ελεύθερης ελαιώδους φάσης.



**Σχήμα 5-92:** Τυπική κινητή μονάδα βιοαναρρόφησης (AFCEE, 1995).

#### Μειονεκτήματα τεχνολογίας

- Εφαρμόζεται μόνο για την περίπτωση ρύπων που ανήκουν στην κατηγορία των LNAPL.
- Δεν είναι αποτελεσματική στην περίπτωση που ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο από 7,5m.
- Παρουσιάζει χαμηλή απόδοση σε εδάφη με ιδιαίτερα χαμηλή διαπερατότητα και χαμηλά ποσοστά υγρασίας, καθώς σε αυτήν την περίπτωση μειώνεται η αποτελεσματικότητα της διεργασίας του βιοαερισμού και της βιοαποδόμησης.
- Παρουσιάζει αυξημένο κόστος εφαρμογής σε σχέση με άλλες κλασικές μεθόδους άντλησης.
- Συνήθως είναι αναγκαία η επεξεργασία του αντλούμενου νερού και του εδαφικού αέρα, αυξάνοντας σημαντικά το κόστος εφαρμογής της.
- Απαιτεί στενή παρακολούθηση και συχνή συντήρηση των εγκατεστημένων συστημάτων, ιδιαίτερα στην αρχή της εφαρμογής της.
- Είναι δυνατόν να παρουσιαστούν προβλήματα «φραξίματος» στις χρησιμοποιούμενες γεωτρήσεις.
- Δεν μπορεί να αντιμετωπίσει τη λεγόμενη «υπολειμματική» ρύπανση (προσροφημένους ρύπους).

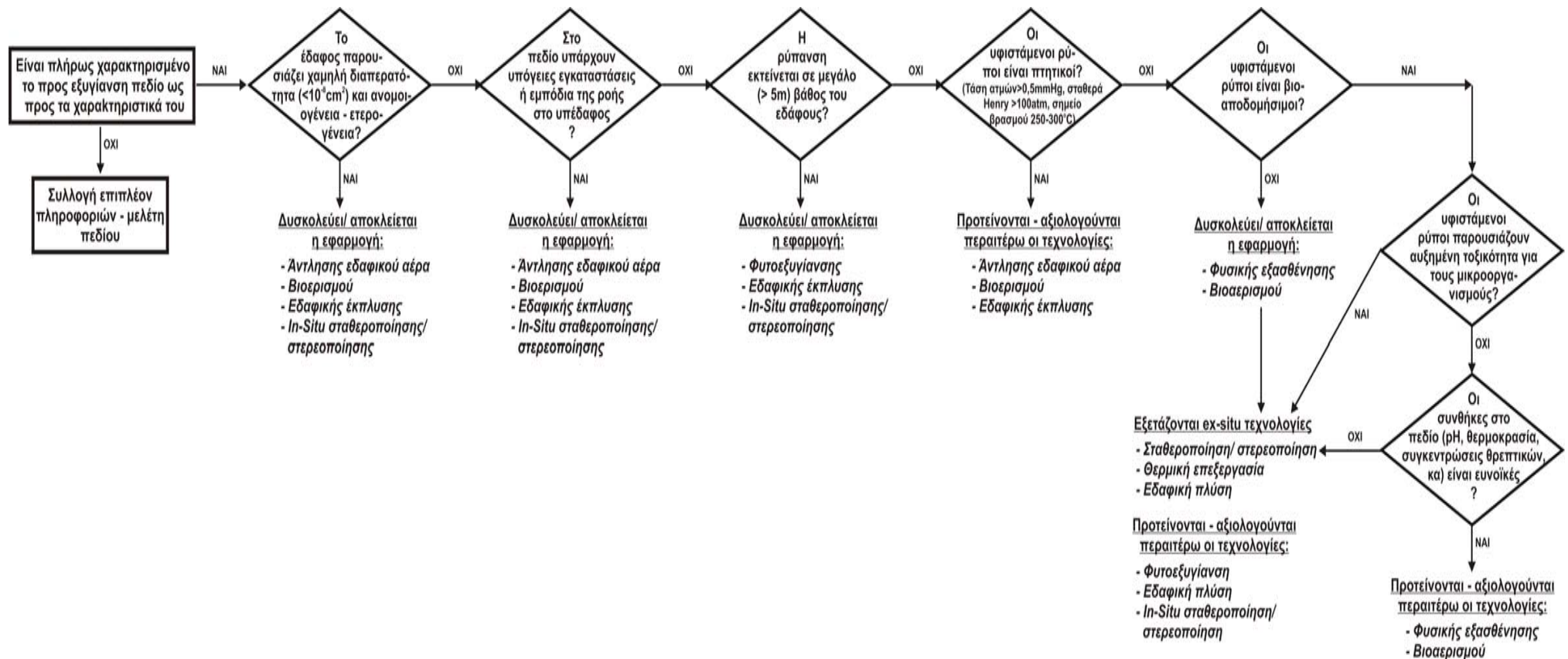
### 5.3. Συσχέτιση Μεθόδων Αποκατάστασης – Κατηγοριών Ρύπων

Όπως προκύπτει από τις παραπάνω αναλυτικές παρουσιάσεις των διαθέσιμων τεχνολογιών επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών, η εφαρμοσιμότητα αυτών καθορίζεται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου και τις ιδιότητες των υφιστάμενων ρύπων.

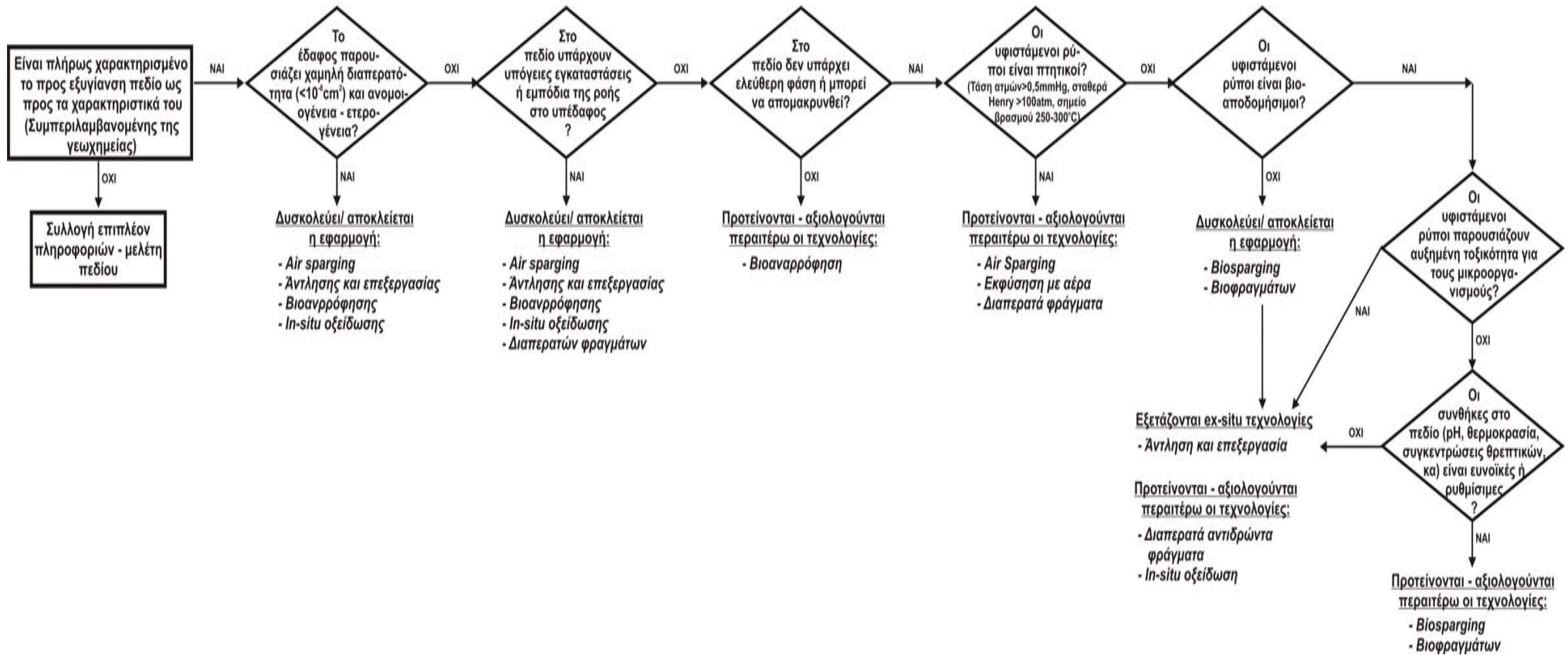
Κάθε τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να επεξεργαστεί πολλούς διαφορετικούς ρύπους, οι οποίοι όμως θα πρέπει να έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά, όπως π.χ. υψηλή πτητικότητα ή δυναμικό βιοαποδόμησης. Ως εκ τούτου, ο ενδιαφερόμενος θα πρέπει κάθε φορά να συλλέγει όσον το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του ρυπασμένου πεδίου (π.χ. γεωλογικά, υδρογεωλογικά, χρήσεις γης, κα.) και τις ιδιότητες των παρόντων ρύπων (π.χ. τοξικότητα, τάση ατμών, κα.).

Βάσει αυτών των στοιχείων μπορούν εξ' αρχής να αποκλειστούν κάποιες από τις διαθέσιμες τεχνολογίες επεξεργασίας, χωρίς να χρειαστεί ίσως καμία περαιτέρω αξιολόγηση αυτών. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι σε ένα πεδίο, το οποίο αποτελείται από αργιλώδες έδαφος και έχει ανομοιογένεια και αδιαπέρατους φακούς, δεν μπορούν να εφαρμοστούν τεχνολογίες, που περιλαμβάνουν τη διοχέτευση αέρα στο υπέδαφος (π.χ. βιοαερισμός ή air sparging), ακόμη και αν το είδος των υφιστάμενων ρύπων το επιτρέπει.

Σε μια προσπάθεια σύνοψης όλων των προαναφερόμενων κριτηρίων επιλογής κάθε τεχνολογίας επεξεργασίας ρυπασμένων εδαφών, ακόρεστων και κορεσμένων, παρατίθενται τα Σχήματα 5-93 και 5-94, αντίστοιχα, που παρουσιάζουν συγκεντρωτικά τις γενικές προϋποθέσεις εφαρμοσιμότητας των διαθέσιμων τεχνολογιών επεξεργασίας.



Σχήμα 5-93: Συνοπτική διαδικασία προεπιλογής τεχνολογιών επεξεργασίας ρυπασμένων ακόρεστων εδαφών.



Σχήμα 5-94: Συνοπτική διαδικασία προεπιλογής τεχνολογιών επεξεργασίας ρυπασμένων κορεσμένων εδαφών (υπογείων υδάτων).

#### 5.4. Μετέπειτα Φροντίδα Αποκατεστημένων Χώρων

Μετά την επίτευξη των εκάστοτε στόχων εξυγίανσης σε ένα ρυπασμένο πεδίο, μέσω της εφαρμογής της κατάλληλης τεχνολογίας αποκατάστασης, ακολουθεί η λεγόμενη μετέπειτα φροντίδα, η οποία περιλαμβάνει κυρίως:

1. την απομάκρυνση του εξοπλισμού ή των μηχανημάτων εξυγίανσης
2. την παρακολούθηση ορισμένων βασικών χαρακτηριστικών του πεδίου, για την επιβεβαίωση της διατήρησης των στόχων εξυγίανσης με την πάροδο του χρόνου
3. την αξιοποίηση του χώρου (εφόσον αυτό είναι εφικτό)

Μετά τον τερματισμό της λειτουργίας των συστημάτων εξυγίανσης, αυτά μπορούν είτε να απομακρυνθούν άμεσα είτε να παραμείνουν στον χώρο (εφόσον αυτός δεν θα αξιοποιηθεί άμεσα) για ένα μικρό χρονικό διάστημα ορισμένων εβδομάδων ή μηνών, προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι δεν είναι αναγκαία η άμεση επαναλειτουργία τους για την περαιτέρω αποκατάσταση του πεδίου, λόγω επανεμφάνισης ρύπων.

Προκειμένου να είναι εφικτή αυτή η επιβεβαίωση, ορισμένες βασικές παράμετροι του πεδίου θα πρέπει να συνεχίσουν να παρακολουθούνται και να ελέγχονται, δίνοντας διαρκή αντιπροσωπευτική εικόνα της υφιστάμενης κατάστασης ρύπανσης. Οι εν λόγω παράμετροι ποικίλουν από τεχνολογία σε τεχνολογία και ουσιαστικά αποτελούν μέρος των παραμέτρων παρακολούθησης που επιλέγονται και κατά τη λειτουργία των συστημάτων αποκατάστασης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στην περίπτωση της βιοαναρρόφησης πρέπει οπωσδήποτε να παρακολουθείται η παρουσία και το πάχος της ελεύθερης ελαιώδους φάσης στον υδροφόρα, μετά την εφαρμογή της τεχνολογίας, ενώ για την περίπτωση της στερεοποίησης / σταθεροποίησης θα πρέπει να ελέγχεται η σταθερότητα του τελικού προϊόντος και η ενδεχόμενη εκχύλιση ρύπων από αυτό, μέσω δειγματοληψίας και ανάλυσης εδάφους και υπογείων υδάτων, ως προς τους εξεταζόμενους ρύπους, εντός και πέριξ της αποκατεστημένης περιοχής.

Κατά την αναλυτική παρουσίαση των διαθέσιμων τεχνολογιών εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών έχουν εντοπιστεί όλες οι αναγκαίες παράμετροι παρακολούθησης κατά τη διάρκεια και μετά το πέρας της εφαρμογής αυτών.

## 5.5. Οικονομικά Εργαλεία Χρηματοδότησης

Άξονες για τη διασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος από τη βιομηχανική δραστηριότητα, αποτελούν: η περιβαλλοντική νομοθεσία, η οικονομική ενίσχυση δραστηριοτήτων που συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος και η ενθάρρυνση εθελοντικών δράσεων, προκαλούμενων συχνά και από δυνάμεις της αγοράς. Οι βασικές αρχές από τις οποίες προκύπτουν οι υποχρεώσεις των επιχειρήσεων και οι οποίες προωθούνται τα τελευταία χρόνια είναι η αρχή της «προληπτικής μέριμνας» και η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Το σημαντικό μέρος αυτής της νομοθεσίας είναι η υποχρέωση οποιασδήποτε εταιρείας να πάρει προληπτικά μέτρα για προστασία του περιβάλλοντος και σε περίπτωση οποιασδήποτε περιβαλλοντικής ζημιάς να αναλάβει την αποκατάσταση διαφορετικά οι ποινές είναι ιδιαίτερα αυστηρές, τόσο αυστηρές μάλιστα που ο νόμος συστήνει σε εταιρείες να έχουν ασφάλεια.

### 5.5.1. Περιβαλλοντική Νομοθεσία και Θεσμικό Πλαίσιο

Προκειμένου να διασφαλισθεί η συμμόρφωση των βιομηχανιών στις περιβαλλοντικές επιταγές, η περιβαλλοντική νομοθεσία λειτουργεί ως εργαλείο οριοθέτησης υποχρεωτικών κανόνων συμμόρφωσης και περιλαμβάνει σειρά νομοθετημάτων, που θέτουν άμεσα και έμμεσα, όρους και όρια συμμόρφωσης. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Η οδηγία για την Περιβαλλοντική Ευθύνη (Environmental Liability) έχει ως στόχο την πρόληψη και την αποκατάσταση της περιβαλλοντικής ζημιάς, και αποτελεί την πρώτη κοινοτική νομοθετική πράξη με βασικό στόχο μεταξύ άλλων την εφαρμογή της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει». Η περιβαλλοντική ζημία, κατά την Οδηγία, μπορεί να αφορά το υδάτινο περιβάλλον, τα προστατευόμενα είδη και φυσικά ενδιαίτηματα και το έδαφος. Η υπευθυνότητα σε περίπτωση περιβαλλοντικής ζημιάς (ακόμη και δυνητικής) συνεπάγεται την ανάληψη κόστους από την επιχείρηση για την κάλυψη δαπανών προληπτικών μέτρων ή μέτρων αποκατάστασης. Το ΥΠΕΧΩΔΕ επεξεργάζεται Σχέδιο Νόμου για την ενσωμάτωση της οδηγίας, ενώ μεγάλες ασφαλιστικές εταιρείες έχουν ήδη αρχίσει να προετοιμάζονται για μια νέα δυνητική αγορά, καθώς το «ζήτημα της ασφάλισης της περιβαλλοντικής ευθύνης αποτελεί τεχνικά πολύπλοκο αλλά και πολυδιάστατο ζήτημα για την ελληνική ασφαλιστική αγορά».
- Η Οδηγία IPPC, για τον ολοκληρωμένο έλεγχο και πρόληψη της ρύπανσης από τη βιομηχανία, η οποία θέτει όρους και διαδικασίες για την έκδοση περιβαλλοντικών αδειών ενώ απαιτεί και την εφαρμογή βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών για την πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης, εισάγοντας την παράμετρο του κόστους στον χαρακτηρισμό της βέλτιστης τεχνικής.
- Η Οδηγία SEVESO στοχεύει στην πρόληψη μεγάλων ατυχημάτων σχετιζομένων με επικίνδυνες ουσίες, και στον περιορισμό των συνεπειών τους επί του ανθρώπου και του περιβάλλοντος, προκειμένου να εξασφαλισθεί κατά συνεκτικό και αποτελεσματικό

τρόπο υψηλή διακοινοτική προστασία. Η υποβολή μελέτης ασφαλείας και η εφαρμογή συστήματος διαχείρισης ασφάλειας αποτελούν απαιτήσεις της Οδηγίας για εγκαταστάσεις που αποθηκεύουν συγκεκριμένες ουσίες σε ποσότητες μεγαλύτερες από καθορισμένα όρια.

Στα πλαίσια του 6<sup>ου</sup> Ευρωπαϊκού Προγράμματος Δράσης για το Περιβάλλον (2002-2012) έχουν αναπτυχθεί επιμέρους θεματικές στρατηγικές, στα πλαίσια της «καλύτερης νομοθεσίας» (better regulation). Η θεματική στρατηγική για την προστασία του εδάφους στην Ευρωπαϊκή Ένωση (2006) προτείνει μέτρα με στόχο την προστασία του εδάφους και τη διαφύλαξη της ικανότητάς του να επιτελεί τις οικολογικές, οικονομικές, κοινωνικές και πολιτιστικές λειτουργίες του. Η στρατηγική προβλέπει τη διαμόρφωση νομοθετικού πλαισίου για την προστασία και τη βιώσιμη αξιοποίηση του εδάφους, την ενσωμάτωση της προστασίας του εδάφους στις εθνικές και κοινοτικές πολιτικές, την ενίσχυση του αντίστοιχου γνωστικού υπόβαθρου, καθώς και τη μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση του κοινού. Η πρόταση οδηγίας αποτελεί μείζον στοιχείο της στρατηγικής και θα επιτρέψει στα κράτη μέλη να λάβουν τα δέοντα μέτρα ανάλογα με τις τοπικώς επικρατούσες συνθήκες. Προβλέπει μέτρα που αποσκοπούν στον εντοπισμό των προβλημάτων, στην πρόληψη της υποβάθμισης του εδάφους και στην αποκατάσταση των ήδη υποβαθμισμένων ή ρυπασμένων εκτάσεων. Μεταξύ άλλων απαιτείται από τα Κράτη Μέλη η ενσωμάτωση των εδαφικών μελημάτων στις αντίστοιχες θεματικές πολιτικές τους καθώς και η σύνταξη μητρώου περιοχών που έχουν υποστεί ρύπανση του εδάφους, για την πώληση των οποίων ο ιδιοκτήτης ή πιθανός αγοραστής οφείλει να παρέχει στην αρμόδια εθνική αρχή και στον εκάστοτε αντισυμβαλλόμενο έκθεση σχετικά με την κατάσταση του εδάφους.

### 5.5.2. Προτάσεις χρηματοδότησης

Η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω διαφόρων χρηματοδοτικών εργαλείων ευνοεί την ανάπτυξη φιλικών προς το περιβάλλον οικονομικών δραστηριοτήτων με απώτερο σκοπό να ενισχυθεί η ανταγωνιστικότητα επιχειρήσεων που ικανοποιούν τις προδιαγραφές περιβαλλοντικής προστασίας ή/και επιχειρήσεων που συμβάλλουν στη βελτίωση του περιβάλλοντος. Σε διεθνές επίπεδο οι πηγές χρηματοδότησης για έργα αποκατάστασης ρυπασμένων χώρων/ εγκαταστάσεων από βιομηχανικά και επικίνδυνα απόβλητα στηρίζονται σε ένα σύστημα, το οποίο μεταξύ άλλων περιλαμβάνει:

- **Κοινοτικά Προγράμματα:** Πρόκειται για μια αξιολογη πηγή χρηματοδότησης, εφόσον πληρούνται διάφορες προϋποθέσεις, όπως π.χ. ωρίμανση μιας σχετικής πρότασης, υποβολή και ένταξη σε ανάλογο πρόγραμμα. Δεδομένου δε και του ενδιαφέροντος ανάπτυξης συστήματος αποκατάστασης ρυπασμένων χώρων με επικίνδυνα απόβλητα από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η διερεύνηση χρηματοδοτικών πηγών, που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν κατά την εφαρμογή και την υλοποίηση προτεινόμενων λύσεων, πρέπει να αποτελεί πρωτεύοντα στόχο.

- **Παγκόσμιο Ταμείο για το Περιβάλλον:** Πρόκειται για έναν οικονομικό μηχανισμό που έχει σαν στόχο να προωθήσει τη διεθνή συνεργασία και να ενθαρρύνει τις πρωτοβουλίες για την προστασία του περιβάλλοντος παγκοσμίως. Οι επιχορηγήσεις και οι χρηματοδοτήσεις που παρέχονται από το Ταμείο με όρους εκχώρησης, έρχονται να συμπληρώσουν τις παραδοσιακές μορφές βοήθειας για την ανάπτυξη, καλύπτοντας τα συμπληρωματικά κόστη για ένα σχέδιο ανάπτυξης εθνικό, τοπικό ή παγκόσμιο, εφόσον αυτό στοχεύει ταυτόχρονα να πετύχει οικονομικούς στόχους σε παγκόσμια κλίμακα. Το Παγκόσμιο Ταμείο για το Περιβάλλον επικεντρώνεται σε τέσσερις τομείς παρέμβασης: βιολογική ποικιλία, κλιματικές αλλαγές, διεθνή ύδατα και εξασθένηση του στρώματος του όζοντος. Οι ενέργειες που έχουν ως αποτέλεσμα τη διάβρωση του εδάφους και πιο συγκεκριμένα την ερημοποίηση και την εκδάσωση, λαμβάνονται επίσης υπόψη στο μέτρο που συνδέονται με αυτούς τους τομείς. Τα σχέδια του Παγκόσμιου Ταμείου Περιβάλλοντος εφαρμόζονται από τρεις εκτελεστικούς παράγοντες: το Αναπτυξιακό πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών, το Περιβαλλοντικό πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών και την παγκόσμια Τράπεζα.
- **Κρατικές Επιχορηγήσεις:** Στη διάρκεια των τελευταίων ετών, οι περιβαλλοντικές αρχές των βιομηχανοποιημένων κρατών έχουν δώσει ιδιαίτερη έμφαση στη διαχείριση των αποβλήτων τους, καθώς έχουν συνειδητοποιήσει πως η περιβαλλοντική ζημιά που δύναται να προκληθεί σε ένα χώρο είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι αρχικά αναμενόταν, και το κόστος αποκατάστασης θα είναι αρκετά υψηλότερο από αυτό της αρχικής διαχείρισης. Στη χώρα μας υπάρχει η εμπειρία της Ψυττάλειας και του Κουρουπητού, με την επιβολή των σχετικών προστίμων. Σημαντικό ρόλο και ουσιαστική επένδυση πρέπει να αποτελεί η προσπάθεια να αποφευχθούν τυχόν διεθνείς κυρώσεις, στις οποίες το άμεσο κόστος είναι πολύ χαμηλότερο από το έμμεσο, που έχει να κάνει και με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος και κατά συνέπεια τη δυσφήμιση της χώρας.
- **Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ):** Οι ΣΔΙΤ είναι πολύ διαδεδομένες στη διεθνή εμπειρία, ιδιαίτερα σε μικρά και μεσαία επενδυτικά έργα διαχείρισης αποβλήτων. Οι μορφές σύμπραξης, που έχουν διαπιστωθεί, έχουν διαφορετικό χαρακτήρα και ταξινομούνται ανάλογα με το αντικείμενό τους.
- **Δανειοδότηση:** Μια διεθνώς συνηθισμένη πρακτική είναι η προσφυγή σε δανειοδοτήσεις και ιδιαίτερα για κόστη, που αφορούν την επένδυση. Η δανειοδότηση, όμως, απαιτεί ειδική προσοχή, κυρίως σε ότι αφορά στο ύψος των επιτοκίων και τη συνολική διαχείριση δανείων του φορέα.
- **Συμμετοχή της Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΤΑ):** Η συμμετοχή της ΤΑ στη χρηματοδότηση ανάλογων δράσεων πρέπει να θεωρείται δεδομένη και να βασίζεται κυρίως σε υπάρχοντα χρηματοδοτικά κονδύλια.
- **Ταμείο (Κρατών – Μελών)** για την αποκατάσταση ρυπασμένων χώρων: Όταν δεν μπορεί να εντοπιστεί ο υπεύθυνος ή σε αδυναμία κάλυψης του κόστους από τον υπεύθυνο, π.χ. λόγω πτώχευσης.

### 5.5.3. Πηγές χρηματοδότησης

Οι σημαντικότερες πηγές χρηματοδότησης είναι:

- Το **Πρόγραμμα LIFE +** που εγκρίθηκε πρόσφατα για την περίοδο 2007-2013. Στο σύνολό του το πρόγραμμα LIFE + έχει προϋπολογισμό 2.143 δις € και αποτελείται από τρία στοιχεία: α) Φύση και Βιοποικιλότητα (που θα απορροφήσει το 50% του ποσού που προορίζεται για επιδοτήσεις δράσης στο πλαίσιο έργων). β) Περιβαλλοντική Πολιτική και Διακυβέρνηση (για την εφαρμογή δράσεων προτεραιότητας του για τις κλιματικές αλλαγές, το περιβάλλον και την υγεία και ποιότητα ζωής, τους φυσικούς πόρους και τα απόβλητα κ.α. γ) Ενημέρωση και Επικοινωνία (με στόχο την αύξηση της ευαισθητοποίησης των πολιτών).
- **Διαρθρωτικά Ταμεία** ΕΤΠΑ (Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης) και Ταμείο Συνοχής για την περίοδο 2007-2013, στα πλαίσια των οποίων μία από τις κατηγορίες δαπανών προτεραιότητας αναφέρεται σε «βοήθεια προς τις μικρού και μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεις για την προώθηση περιβαλλοντικά φιλικών προϊόντων και διαδικασιών παραγωγής (εισαγωγή αποτελεσματικού συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης, υιοθέτηση και χρήση τεχνολογιών για την πρόληψη της ρύπανσης, ενσωμάτωση καθαρών τεχνολογιών στην παραγωγή της επιχείρησης)».
- Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ και ΑΕΙΦΟΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ**» του ΥΠΕΧΩΔΕ, για τη χρηματοδότηση έργων αποκατάστασης ρυπασμένων εδαφικών συστημάτων. (Εφαρμογή τεχνολογιών απορρύπανσης των εδαφών και των υδάτων (υπόγειων και επιφανειακών) που προέκυψαν από την ανεξέλεγκτη διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων, καθώς και άλλων δραστηριοτήτων από παρελθούσα βιομηχανική ή συναφή δραστηριότητα και αποτελούν μια διαχρονική απειλή για την δημόσια υγεία και το περιβάλλον).
- Η πρωτοβουλία **JEREMIE** (Κοινοί Πόροι για πολύ μικρές έως μεσαίες επιχειρήσεις), η οποία εισήλθε στην επιχειρησιακή της φάση το 2007, στα πλαίσια της οποίας οι περιβαλλοντικές επενδύσεις θεωρούνται ως ένας από τους κυριότερους τομείς που χρήζουν στηρίξεως. Στα πλαίσια αυτής τα κράτη μέλη θα μπορούν να χρησιμοποιούν τα διαρθρωτικά ταμεία για τη σύσταση (περιφερειακών) χρηματοδοτικών μέσων για τις μικρού και μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεις, συμπεριλαμβανομένης της παροχής συμβουλευτικών υπηρεσιών και τεχνικής συνδρομής, μετοχικού και επιχειρηματικού κεφαλαίου και εγγυήσεων.
- Η πρωτοβουλία **JASPERS** (Κοινή Βοήθεια για την υποστήριξη έργων σε ευρωπαϊκές περιφέρειες) είναι μια σύμπραξη της ευρωπαϊκής τράπεζας επενδύσεων, της ευρωπαϊκής τράπεζας ανασυγκρότησης και ανάπτυξης και της γενικής διεύθυνσης περιφερειακής ανάπτυξης της κομισιόν. Στα πλαίσια αυτής προσφέρει τεχνική βοήθεια σε κράτη-μέλη, όταν αυτά ετοιμάζουν αιτήσεις για αναπτυξιακά έργα, οι οποίες θα υποβληθούν στην κομισιόν για έγκριση.
- Το πρόγραμμα **MEDA** έχει ως στόχο να εφαρμόσει μέτρα συνεργασίας που προορίζονται να βοηθήσουν τις τρίτες μεσογειακές χώρες να προβούν σε

μεταρρυθμίσεις των οικονομικών και κοινωνικών δομών τους και να μειώσουν τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάπτυξης στο κοινωνικό και στο περιβαλλοντικό επίπεδο.

Ειδικά για τη χώρα μας, βασικό χρηματοδοτικό εργαλείο αποτελεί ο τροποποιημένος αναπτυξιακός νόμος στα πλαίσια του οποίου υπάρχει η δυνατότητα ένταξης και χρηματοδότησης (επιχορήγησης) ειδικών περιβαλλοντικών σχεδίων/έργων αλλά και επί μέρους ενεργειών ευρύτερων επενδύσεων σε όλους τους τομείς της οικονομίας (πρωτο- , δευτερο- και τριτογενής). Το ποσοστό της επιχορήγησης είναι συνάρτηση παραμέτρων όπως:

- Η κατηγορία στην οποία ανήκει η επένδυση βάσει αναπτυξιακού νόμου (πρώτη ή δεύτερη).
- Το μέγεθος του φορέα της επένδυσης (πολύ μικρή, μικρή, μεσαία και μεγάλη επιχείρηση).
- Η γεωγραφική ζώνη αλλά και η επιμέρους τοποθεσία υλοποίησης της επένδυσης.

Ενδεικτικά, οι ακόλουθες κατηγορίες επενδυτικών σχεδίων είναι επιλέξιμες:

1. **Δευτερογενής Τομέας:** Επενδυτικά σχέδια για τη μετεγκατάσταση βυρσοδεψείων από τους Νομούς Αττικής, Θεσσαλονίκης και Χανίων εντός Βιομηχανικών και Επιχειρηματικών Περιοχών (Β.Ε.ΠΕ.), στις οποίες υφίστανται οι κατάλληλες υποδομές και προβλέπεται η εγκατάστασή τους.
2. **Τομέας Τουρισμού:** Υπάρχει η δυνατότητα ένταξης ενεργειών που αφορούν στην προστασία του περιβάλλοντος για επενδύσεις επιχειρήσεων του συγκεκριμένου τομέα.
3. **Ειδικά επενδυτικά σχέδια** επιχειρήσεων με συγκεκριμένες δραστηριότητες στην οποία εμπίπτουν:
  - Τα επενδυτικά σχέδια προστασίας του περιβάλλοντος, περιορισμού της ρύπανσης του εδάφους, του υπεδάφους, των υδάτων και της ατμόσφαιρας, αποκατάστασης του φυσικού περιβάλλοντος και ανακύκλωσης του ύδατος και αφαλάτωσης θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού.
  - Τα επενδυτικά σχέδια που αφορούν στην εισαγωγή και προσαρμογή περιβαλλοντικά φιλικής τεχνολογίας στην παραγωγική διαδικασία.
  - Τα επενδυτικά σχέδια ίδρυσης ή επέκτασης βιομηχανικών ή βιοτεχνικών μονάδων για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων που έχουν αναλωθεί στην Ελλάδα, για παραγωγή πρώτων υλών και λοιπών υλικών από αυτά.

---

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ΑΚΟ	Ανάλυση Κόστους-Οφέλους
ΑΚΖ	Ανάλυση Κύκλου Ζωής
ΕΑ	Επικίνδυνα Απόβλητα
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΚ	Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο
ΕΚΑ	Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων
ΕΣΔΕΑ	Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης των Επικινδύνων Αποβλήτων
ΕΣΥΕ	Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος
ΚΚΚΑΒΑΔ	Κατάλογος Κύριων Κατηγοριών Βιομηχανικών – Αστικών Δραστηριοτήτων
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΜΜΕ	Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης
ΜΠΕ	Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΠΑ	Πολυκριτηριακή Ανάλυση
ΣΤΑΚΟΔ	Στατιστική Ταξινόμηση των Κλάδων Οικονομικής Δραστηριότητας
ΥΠΕΣΔΔΑ	Υπουργείο Εσωτερικών Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης
ΥΠΕΧΩΔΕ	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως
BTEX	Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylenes
CCME	Canadian Council of Ministers of the Environment
DESYRE	Decision Support sYstem for REhabilitation
EPA	Environmental Protection Agency
GIS	Geographical Information Systems
MTBE	Methyl Tertiary Butyl Ether
TAME	Tert Amyl Methyl Ether
UNEP	United Nations Environment Program

---

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Γενική

1. United Nations Environmental Programme (UNEP) ([www.unep.org/action/ap1.htm](http://www.unep.org/action/ap1.htm)).
2. United Nations, Department of Economics and Social Information and Policy Analysis (1997) *Glossary of Environment Statistics. Studies in Methods*. ST/ESA/STAT/SER.F/67. New York. USA.
3. ΚΥΑ 13588/725/2006 (ΦΕΚ Β383/28.03.2006) «Μέτρα όροι και περιορισμοί για την διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ «για τα επικίνδυνα απόβλητα» του Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 1991. Αντικατάσταση της υπ' αριθμ. 19396/1546/1997 κοινή υπουργική απόφαση «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων» (Β'604).
4. Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος (2008) *Στατιστική ταξινόμηση οικονομικών δραστηριοτήτων (ΣΤΑΚΟΔ 08) Δομή και τίτλοι*, Βασίζεται στη Στατιστική Ταξινόμηση των Οικονομικών Δραστηριοτήτων NACE Rev. 2 της Ευρωπαϊκής Ένωσης).
5. Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (ΕΚΑ) *Κατάλογος αποβλήτων σύμφωνα με το Παράρτημα της απόφασης 2000/532/ΕΚ, όπως έχει τροποποιηθεί με τις Αποφάσεις 2001/118/ΕΚ, 2001/119/ΕΚ και 2001/573/ΕΚ της Επιτροπής Ε.Κ.*
6. Environmental Protection Agency (EPA) (2002) *European Waste Catalogue and Hazardous Waste List*, Ireland.
7. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) ([www.epa.gov/waste/hazard/index.htm](http://www.epa.gov/waste/hazard/index.htm)).
8. UK Environment Agency (2008) *Appendix B: Wastes and Potential Hazards for Absolute and Mirror Entries in the European Waste Catalogue*, Hazardous waste: Interpretation of the definition and classification of hazardous waste (2<sup>nd</sup> ed. v2.2).
9. ΚΥΑ 11014/703/Φ104/2003 (ΦΕΚ Β332/20.03.2003) «*Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών όρων (Ε.Π.Ο.)*» σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν. 1650/1986 (Α' 160) όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του Ν. 3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ... και άλλες διατάξεις» (Α' 91)».
10. ΚΥΑ 24944/1159 (ΦΕΚ 791Β/30.06.2006) «*Έγκριση Γενικών Τεχνικών Προδιαγραφών για την διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων*» σύμφωνα με το άρθρο 5 (παρ. Β) της υπ' αριθμ. 13588/725 κοινή υπουργική απόφαση «Μέτρα όροι και περιορισμοί για την διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων κ.λπ.» (Β'383) και σε συμμόρφωση με τις διατάξεις του άρθρου 7 (παρ. 1) της οδηγίας 91/156/ΕΚ του Συμβουλίου της 18<sup>ης</sup> Μαρτίου 1991».
11. ΚΥΑ 15393/2332/2002 (ΦΕΚ 1022Β/5.08.2002) «*Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες σύμφωνα με το άρθρο 3 του Ν.1650/1986*» όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του Ν.3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν.1650/86 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ κ.ά.)».

- 
12. Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) (<http://glossary.el.eea.europa.eu/terminology>).
  13. Canadian Council of Ministers of the Environment (2008) National Classification System for Contaminated Sites, Guidance Document, PN 1403.
  14. ASTM E1689 - 95(2008) Standard Guide for Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites
  15. ASTM D5979 - 96(2008) Standard Guide for Conceptualization and Characterization of Ground-Water Systems
  16. ASTM E1527-05 (2005) "Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase I Environmental Site Assessment Process".
  17. ASTM E1912-98 (2004) "Standard Guide for Accelerated Site Characterization for Confirmed or Suspected Petroleum Releases".
  18. ASTM E2247-02 (2002) "Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase I Environmental Site Assessment Process for Forestland or Rural Property".
  19. ASTM E1903-97 (2002) "Standard Guide for Environmental Assessments: Phase II Environmental Site Assessment Process".
  20. ASTM D6169-98 (1998) "Standard Guide for Selection of Soil and Rock Sampling Devices Used With Drill Rings for Environmental Investigations".
  21. British Standards Institute (2001). BS 10175:2001, Investigation of potentially contaminated sites.
  22. Contaminated land: problems and solutions, T. Cairney and D.M. Hobson (Eds.), Blackie Academic and Professional, Glasgow, 1993
  23. Crumbling, D.M., C. Groenjes, B. Lesnick, K. Lynch, J. Shockley, J. van Ee, R. Howe, L. Keith, and J. McKenna, Managing uncertainty in environmental decisions: applying the concept of effective data at contaminated sites could reduce costs and improve cleanups, *Environmental Science and Technology*, 35(9), 404A–409A, 2001.
  24. Environmental Investigation Methodology for Contaminated Sites, Hafeez M. Chishti, Trafford Publishing, Canada, 2005.
  25. Guidance on preliminary site inspection of contaminated land, UK Department of the Environment, Contaminated Land Research Report, Prepared by Applied Environmental Research Ltd, CLR No. 2 (volume one of two), 1994.
  26. Guidance on preliminary site inspection of contaminated land, UK Department of the Environment, Contaminated Land Research Report, Prepared by Applied Environmental Research Ltd, CLR No. 2 (volume two of two), 1994.
  27. M R Harris, S M Herbert and M A Smith (1995), Remedial treatment for contaminated land Vol III: SP 103: Site investigation and assessment. Construction Industry Research and Information Association (CIRIA) publications, London, UK.
  28. Homsher, M.I., F. Haeberer, P.J. Marsden, R.K. Mitchum, D. Neptune, and J. Warren, Performance based criteria: a panel discussion, Environmental Laboratory, October/November, 1991.

- 
29. ISO 5667-1:2006 "Water Quality – Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques"
  30. ISO 10381-7:2005(E) "Soil Quality – Sampling – Part 7: Guidance on sampling of soil gas".
  31. ISO 15175:2004 "Soil Quality – Characterization of Soil Related to Groundwater Protection".
  32. ISO 10381-1:2002 "Soil Quality – Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes".
  33. ISO 5667-18:2001 "Water Quality – Sampling – Part 18: Guidance on sampling of groundwater at contaminated sites".
  34. ISO 5667-14:1998 "Water Quality – Sampling – Part 14: Guidance on quality assurance of environmental water sampling and handling".
  35. ISO 5667-11:1993 "Water Quality – Sampling – Part 11: Guidance on sampling U.S. Environmental Protection Agency (1991) "Guidance for Performing Preliminary Assessments Under CERCLA", Hazardous Site Evaluation Division, Office of Emergency and Remedial Response, EPA/540/G-91/013, Publication 9345.0-01A.
  36. Manual for management and handling of contaminated sites, 2nd edition, 2007, International Centre for Soil and Contaminated Sites (ed), Federal Environment Agency, Unit 'Soil Protection Measures' POB 1406 06813 Dessau-Roßlau, Germany.
  37. Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Groundwater Monitoring, 2nd edition, David M. Nielsen (ed), 2006, CRC Press, Boca Raton (FL), USA.
  38. Preliminary Endangerment Assessment Guidance Manual (a guidance manual for evaluating hazardous substance release sites), State of California, Environmental Protection Agency (EPA), Department of Toxic Substances Control, USA, 1999.
  39. Site investigation and analysis of soils, Published in February 2004 by the Ministry for the Environment PO Box 10-362, Wellington, New Zealand
  40. Site investigation and monitoring techniques for contaminated sites and potential waste disposal sites, C.M. Jewell, P.J. Hensley, D.A. Barry, I. Acworth, Geotechnical Management of Waste and Contamination, Fell, Philips & Gerrard (eds), Balkema, 1993, Rotterdam (Presented at: Geotechnical Management of Waste and Contamination, Sydney, New South Wales, Australia, 22-23 March 1993)
  41. Soil Protection Report: 1st edition (2002), German Federal Government, published by the Federal Ministry for the Environment, Nature Protection and Nuclear Safety, Arbeitsgruppe, Germany.
  42. U.S. EPA, Guidance on Systematic Planning Using the Data Quality Objectives Process (EPA QA/G-4), EPA/240/B-06/001, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Environmental Information, Washington, DC, 2006.

- 
43. U.S. Environmental Protection Agency (1992) "Guidance for Performing Site Inspections Under CERCLA", Hazardous Site Evaluation Division, Office of Solid Waste and Emergency Response, EPA/540/R-92/021, Publication PB92-936675.
  44. US. Environmental Protection Agency ([www.epa.gov](http://www.epa.gov)).
  45. Sampling Strategies for Contaminated Land, Department of the Environment, Contaminated Land Research Report, Prepared by Applied Environmental Research Ltd, CLR No. 4, 1994
  46. The use of Risk Assessment in Contaminated Site Assessment and Management, Department of Environment and Conservation, Contaminated Sites Management Series, Government of Western Australia, 2006.
  47. Annex A: Target values, Soil Remediation Intervention Values and Indicative Levels for Serious Contamination, Ministerie van Volkshuisvesting, The Netherlands, 2000.
  48. Ευάγγελος Γιδαράκος «Επικίνδυνα Απόβλητα – Διαχείριση, Επεξεργασία, Διάθεση», Εκδόσεις Ζυγός, 2006.
  49. Ευάγγελος Γιδαράκος, Μαρία Αϊβαλιώτη «Τεχνολογίες Αποκατάστασης Εδαφών και Υπογείων Υδάτων από Επικίνδυνους Ρύπους», Εκδόσεις Ζυγός. 2005.
  50. Αθανάσιος Βαλαβανίδης, «Οικοτοξικολογία και Περιβαλλοντική Τοξικολογία», Έκδοση Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
  51. Bardos R.P., Lewis A., Nortcliff S., Mariotti C., Marot F., Sullivan T. (2002) Review of Decision Support Tools for Contaminated Land Management, and their use in Europe, CLARINET, A report from the Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies
  52. Bardos R.P., Mariotti C., Marot F., Sullivan T. (2000) Framework for Decision Support used in Contaminated Land Management in Europe and North America, NATO/CCMS Pilot Study, EPA/542-R-01-002.
  53. Sullivan T., Moskowitz P., Gitten M., Schaffer S. (1997) Environmental Decision Support Software, Identification and Preliminary Review, BNL-64384., Brookhaven National Laboratory.
  54. Sullivan T., Armstrong A.Q., Dindal A.B., Jenkins R.A., Osleeb J., Koglin E.N. (1999) Environmental Technology Verification Report, Environmental Decision Support Software, Environmental Software, SitePro, EPA/600/R-99/093.
  55. Sullivan T., Armstrong A.Q., Dindal A.B., Jenkins R.A., Osleeb J., Koglin E.N. (1999) Environmental Technology Verification Report, Environmental Decision Support Software, ESRI, ArcView, EPA/600/R-99/093.
  56. Sullivan T., Armstrong A.Q., Dindal A.B., Jenkins R.A., Osleeb J., Koglin E.N. (1999) Environmental Technology Verification Report, Environmental Decision Support Software, Spatial Analysis and Decision Assistance (SADA), EPA/600/R-00/036.
  57. Behzadian M., Kazemzadeh R.B., Albadvi A., Aghdasi M. (2010) PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. European Journal of Operational Research, 200, 198-215.

- 
58. Department of Environment and Conservation (2006) The use of Risk Assessment in Contaminated Site Assessment and Management, Contaminated Sites Management Series, Guidance on the Overall Approach.
  59. Κ.Υ.Α. αριθμ. Η.Π. 13588/725 (2006) Μέτρα όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ «για τα επικίνδυνα απόβλητα» του Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 1991. Αντικατάσταση της υπ' αριθμ. 19396/1546/1997 κοινή υπουργική απόφαση «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων» (ΦΕΚ 383/Β/28-03-06).
  60. Critto A., Giove S., Nadal N., Samiolo M., Carlon C., Silvoni S., Foramiti S., Marcomini A. DESYRE – Decision Support sYstem for Rehabilitation of contaminated sites: objectives and structure.
  61. Giove S., Agostini P., Critto A., Semenzin E., Marcomini A. (2007) Decision support systems for the management of contaminated sites, Environmental Security in Harbors and Coastal Areas, 267-273.
  62. ASTM – American Society for Testing and Materials (1998) Standard Provisional Guide for Risk-Based Corrective Action, Final Report, PS 104-98, Philadelphia.
  63. Isaaks E.H., Srivastava R.M. (1989) An Introduction to Applied Geostatistics, Oxford University Press, New York.

### **Ειδική σε τεχνολογίες εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών**

#### **Ελληνική**

- Αϊβαλιώτη Μαρία (2005) “Πιλοτική εφαρμογή της μεθόδου air sparging για την εξυγίανση του υδροφορέα σε διυλιστήρια πετρελαίου”, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- Βουδριάς Ε. (2000) “Εξυγίανση εδαφών και υπογείων υδάτων από επικίνδυνα απόβλητα”, Εκδόσεις Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης.
- Βουδριάς Ε. (2001) “Διαχείριση Επικινδύνων Αποβλήτων”, Εκδόσεις Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης
- Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ. (2005) “Τεχνολογίες Αποκατάστασης Εδαφών και Υπογείων Υδάτων από Επικίνδυνους Ρύπους”, Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη.
- Τσακίρης Γ. (1995) «ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ: Ι. Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Συμμετρία.

#### **Ξενόγλωσση**

- AFCEE – Air Force Center for Environmental Excellence (1995) “Test Plan and Technical Protocol for a Field Treatability Test for Free Product Recovery – Evaluating the Feasibility of Traditional and Bioslurping Technologies”, Technology Transfer Division.
- Air Force Centre For Environmental Excellence (1996) “Bioventing Performance and Cost Results from Multiple Air Force Test Sites”, Technology Demonstration, Final Technical Memorandum.

- 
- Air Force Centre for Environmental Excellence (1997) "Engineering Evaluation and Cost Analysis for Bioslurper Initiative (A005)", Technology Transfer Division.
- Air Force Centre For Environmental Excellence (1999a) "Technical Protocol for Implementing Intrinsic Remediation with Long-Term Monitoring for Natural Attenuation of Fuel Contamination Dissolved in Groundwater – Volume I".
- Air Force Centre For Environmental Excellence (1999b) "Technical Protocol for Implementing Intrinsic Remediation with Long-Term Monitoring for Natural Attenuation of Fuel Contamination Dissolved in Groundwater – Volume II"
- Air Force Center for Environmental Excellence (1999c) "Natural Attenuation of Fuel Hydrocarbons Performance and Cost Results from Multiple Air Force Demonstration Sites", Technology Demonstration – Technical Summary Report.
- Air Force Center for Environmental Excellence (1999d) "Natural Attenuation of Chlorinated Solvents Performance and Cost Results from Multiple Air Force Demonstration Sites", Technology Demonstration – Technical Summary Report.
- Aivalioti M., Gidakos E. (2004) "Air Sparging Demonstration in a contaminated Petroleum Refinery Site", International Conference on Bioremediation of Soil and Groundwater, September, Cracow, Poland.
- Aivalioti M., Gidakos E. (2005) "Operation and Efficiency of an Air Sparging Pilot Unit at a Refinery", Eighth International Symposium on In-situ and On-site Bioremediation, June 6-9, Baltimore, Maryland.
- Aivalioti M., Gidakos E. (2008) "In-well air sparging efficiency in remediating the aquifer of a petroleum refinery site", Journal of Environmental Engineering and Science, 7(1), 71-82.
- Anderson W.C. (1995) "Innovative Site Remediation Technology", American Academy of Environmental Engineers.
- Ball, B.R. Edwards, M.D. (1992) "Air stripping VOCs from groundwater: Process design considerations", Environmental Progress, Vol. 11(1).
- Battelle Memorial Institute (1998) "Bioventing", Technology Overview Presentation
- Birke V. and Roehl E.K. (2001) "An introduction to permeable reactive barriers (PRB)", University of Applied Fachhochschule Nordostniedersachsen, University of Karlsruhe Applied Geosciences Karlsruhe
- Cement Association of Canada "Cost Effective Re-Use of Contaminated Material by Solidification/Stabilization" @ [www.cement.ca](http://www.cement.ca).
- CRA – Conestoga, Rovers and Associates (2000) "In Situ Thermal Treatment", Innovative Technology Group, Vol. 2, No 1.
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency (1993a) "Biogenesisism Soil Washing Technology", Innovative Technology Evaluation Report, EPA/540/R-93/510.
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency (2000b) "Introduction to Phytoremediation", Office of Research and Development, EPA/600/R-99/107.

- 
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency (2001c) “Introduction to Phytoremediation”, Solid Waste and Emergency Response, EPA 542-R-01-019.
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency (2001d) “A Citizen’s Guide to Phytoremediation”, EPA 542-F-01-002.
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency (2001e) “Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites“, Solid Waste and Emergency Response, EPA/540/S-01/500.
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency (2001f) “A Citizen’s Guide to Soil Washing“, Office of Solid Waste and Emergency Response, EPA 542-F-01-008.
- EPA - United States Environmental Protection Agency (1996) “Pump-and-Treat Ground-Water Remediation: A Guide for Decision Makers and Practitioners“, Office of Research and Development, EPA/625/R-95/005.
- EPA - United States Environmental Protection Agency (2001b) “Groundwater Pump and Treat Systems: Summary of Selected Cost and Performance Information at Superfund-financed Sites“, Solid Waste and Emergency Response, EPA/542-R-01-021b.
- EPA - United States Environmental Protection Agency (2001c) “A Citizen’s Guide to Pump and Treat“, Office of Research and Development, EPA 542-F-01-025.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (1996) “A Citizen’s Guide to In Situ Soil Flushing“, Solid Waste and Emergency Response, EPA 542-F-96-006.
- EPA - United States Environmental Protection Agency (1997) “Ground Water Issue Design Guidelines for Conventional Pump-and-Treat Systems“, Office of Research and Development, EPA/540/S-97/504.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (1997) “Thermal Desorption Implementation Issues“, Quick Reference Fact Sheet, EPA 540/F-95/031.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (1998) “Revised Guidance Document for the Remediation of Contaminated Soils“.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (1999a) “Monitored Natural Attenuation of Petroleum Hydrocarbons“, Office of Research and Development, EPA/600/F-98/021.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (1999b) “Multi-Phase Extraction: State-of-the-Practice“, Solid Waste and Emergency Response Office, EPA 542-R-99-004.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (1999b) “Multi-Phase Extraction: State-of-the-Practice“, Solid Waste and Emergency Response Office, EPA 542-R-99-004.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (1999c) “Monitored Natural Attenuation of Petroleum Hydrocarbons“, EPA/600/F-98/021.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (1999c) “Monitored Natural Attenuation of Petroleum Hydrocarbons“, EPA/600/F-98/021.

- 
- EPA – United States Environmental Protection Agency (1999d) “Use of Monitored Natural Attenuation at Superfund, RCRA Corrective Action and Underground Storage Tank Sites”, 9200.4-17P.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (2000a) “Solidification / Stabilization Use at Superfund Sites”, EPA 542-R-00-010.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (2001a) “A Citizen’s Guide to Solidification/Stabilization”, EPA 542-F-01-024.
- EPA - United States Environmental Protection Agency (2001a) “Cost Analyses for Selected Groundwater Cleanup Projects: Pump and Treat Systems and Permeable Reactive Barriers”, Solid Waste and Emergency Response, EPA/542-R-00-013.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (2001b) “A Citizen’s Guide to Monitored Natural Attenuation”, EPA 542-F-01-004.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (2001d) “A Citizen’s Guide to Air Stripping”, Office of Solid Waste and Emergency Response, EPA 542-F-01-016.
- EPA - United States Environmental Protection Agency (2001e) “A Citizen’s Guide to Chemical Oxidation”, Office of Solid Waste and Emergency Response, EPA 542-F-01-013.
- EPA – United States Environmental Protection Agency (2002) “Economic Analysis of the Implementation of Permeable Reactive Barriers for Remediation of Contaminated Ground Water”, EPA/600/R-02/034
- EPA – United States Environmental Protection Agency (2003a) “Capstone Report on the Application, Monitoring, and Performance of Permeable Reactive Barriers for Ground-Water Remediation: Volume 1 Performance Evaluations at Two Sites”, EPA/600/R-03/045a
- EPA – United States Environmental Protection Agency (2003b) “Capstone Report on the Application, Monitoring, and Performance of Permeable Reactive Barriers for Ground-Water Remediation: Volume 2 Long-Term Monitoring of PRBs: Soil and Ground Water Sampling”, EPA/600/R-03/045b
- EPA - United States Environmental Protection Agency (2004) “How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites: A Guide for Corrective Action Plan Reviewers”, Solid Waste and Emergency Response Office, EPA 510-R-04-002.
- EPA - United States Environmental Protection Agency (2006) “Off-Gas Treatment Technologies for Soil Vapor Extraction Systems: State of the Practice”, Solid Waste and Emergency Response Office, EPA-542-R-05-028.
- ESTCP (2003) “Evaluating the Longevity and Hydraulic Performance of Permeable Reactive Barriers at Department of Defence Sites”, Cost and Performance Report, U.S. Department of Defense (CU-9907)
- Fetter C.W. (1999) “Contaminant Hydrogeology”, 2nd Edition, Prentice Hall.
- Freeman M. Harry (1998) “Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal”, Second Edition, Mc Graw Hill.

- 
- Gavaskar A., Gupta N., Sass B., Janosy R., Hicks J. (2000) "Design Guidance for Application of Permeable Reactive Barriers for Groundwater Remediation", Battelle Institute
- Gidakos E. (1999) "Plan and Technical Protocol for Bioventing and Bioslurping", Battelle Report.
- Gidakos E., Aivalioti M. (2007) "Large Scale and Long-Term Application of Bioslurping: The Case of a Greek Petroleum Refinery Site", Journal of Hazardous Materials, Vol. 149(3), pp. 574-581.
- Gidakos E., Schachtebeck G. (1996) "In-situ Sanierung von mineralolschaeden durch bioventing, bioslurping und air-sparging", Terra Tech 5, Nr. 3/1996, S. 50-54.
- Gidakos E., Thomas J., Gaglias I., Lamprinoudis D. (2001) "Bioslurping Treatment for Subsurface Contamination", Petroleum Technology, Vol. 6, pp 43-49.
- ITRC - Interstate Technology & Regulatory Cooperation (1997a) "Technical And Regulatory Guidelines for Soil Washing".
- ITRC - Interstate Technology & Regulatory Council (1997b) "Emerging Technologies for the Remediation of Metals in Soils – In-Situ Stabilization / Inplace Inactivation" @ [www.itrcweb.org](http://www.itrcweb.org).
- ITRC - Interstate Technology & Regulatory Council (2003) "Technical and Regulatory Guidance for Surfactant/Cosolvent Flushing of DNAPL Source Zones", Technical/Regulatory Guidelines.
- ITRC – Interstate Technology Regulatory Council (2001) "Technical and Regulatory Guidance for In-Situ Chemical Oxidation for Contaminated Soil and Groundwater".
- ITRC – Interstate Technology Regulatory Council (2005) "In Situ Chemical Oxidation of Contaminated Soil and Groundwater", Second Edition.
- Javandel I. and Tsang C.F. (1986) "Capture Zone Type Curves: A tool for aquifer Clean – Up", Ground Water, 24(5), 616-625.
- Kommineni S., Zoeckler J., Stocking A., Liang S., Flores A., Kavanaugh M., Rodriguez R., Browne T., Roberts R., Brown A., Stocking A. (2000) "Treatment Technologies for Removal of Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) from Drinking Water", Center for Groundwater Restoration and Protection, National Water Research Institute.
- LaGrega D. Michael, Buckingham L. Phillip, Evans C. Jeffrey (2001) "Hazardous Waste Management", 2nd Edition, McGraw Hill
- Lasat M. Mitch (2000) "The Use of Plants for the Removal of Toxic Metals from Contaminated Soil", American Association for the Advancement of Science, Environmental Science and Engineering Fellow.
- Leeson A., Hinchee R., Alleman B., Downey D., Headington G., Kittel J., Kumar P., Miller R., Ong K., Sayles G., Smith L., Vogel C. (1996) "Principles and Practices of Bioventing – Volume 1: Bioventing Principles", Battelle Memorial Institute.
- Leeson A., Johnson C. P., Johnson L. R., Vogel M. C., Hiinchee E. R., Marley M., Peargin T., Bruce L. C., Amerson L. I., Coonfare T. C., Gillespie D. R. and McWhorter B. D. (2002) "Air sparging design paradigm", Battelle Institute.

- 
- McCray E. J., Falta W. R. (1996) "Defining the air sparging radius of influence for groundwater remediation", *Journal of Contaminant Hydrogeology*, vol 24, pp 25-52.
- Miller R., (1996) "Phytoremediation", *Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center, Technology Evaluation Report, TO-96-03*.
- Naval Facilities Engineering Service Center (2001) "Cost and Performance for Surfactant – Enhanced DNAPL Removal at Site 88, Marine Corps Base Camp Lejeune, North Carolina".
- Naval Facilities Engineering Service Center (1998) "Application Guide for Bioslurping – Volume I: Summary of the Principles and Practices of Bioslurping", *Technical Memorandum, TM-2301-ENV*.
- Naval Facilities Engineering Service Center (1998) "Application Guide for Bioslurping – Volume II: Principles and Practices of Bioslurping", *Technical Memorandum, TM-2301-ENV*.
- Naval Facilities Engineering Service Center (1998a) "Phytoremediation", *TechDaa Sheet, TDS-2046-ENV (Rev. 1)*.
- Naval Facilities Engineering Service Center (1998b) "Overview of Thermal Desorption Technology", *Contract Report, CR 98.008-ENV*.
- Naval Facilities Engineering Service Center (2001) "Final Air Sparging Guidance Document".
- Naval Facilities Engineering Service Center (2003) "Surfactant-Enhanced Aquifer Remediation", *Implementation Manual Technical Report, TR-2219-ENV*.
- Naval Facilities Engineering Service Center (2004) "Peroxide Advanced Oxidation Wastewater Treatment", *Joint Service Pollution Prevention Opportunity Handbook*.
- Norris, Hinchee, Brown, McCarty, Semprini, Wilson, Kampbell, Reinhard, Bouwer, Borden, Vogel, Thomas, Ward, Kerr R. (1994) "Handbook of Bioremediation", *Lewis Publishers*.
- Place Matthew, Hoeppe Ronald, Tanwir Chaundhry, McCall Sarah, Williamson Travis (2003) "Application Guide for Bioslurping Principles and Practices of Bioslurping Addendum: Use of Pre-Pump Separation for Improved Bioslurper System Operation".
- Protocol for Implementing Instinsic Remediation with Long-Term Monitoring for Natural Attenuation of Fuel Contamination Dissolved in Groundwater – Volume II".
- Rodriguez M. (2003) "Fenton and UV-vis based AOP in wastewater treatment".
- Roote D (1998) "In Situ Flushing", *Technology Status Report, Groundwater Remediation Technologies Analysis Center*.
- Roote D. (1997) "In-Situ Flushing", *Technology Overview Report, Groundwater Remediation Technologies Analysis Center*.
- Santanu P., Yuet P. (2006) "Solidification/Stabilization of Organic and Inorganic Contaminants using Portland Cement: A Literature Review", *Environmental Reviews*, Vol. 14, pp. 217 – 255.
- Scherer M, Richter S., Valentine R. and Alvarez P. (2000) "Chemistry and Microbiology of Permeable Reactive Barriers for In-Situ Groundwater Clean-Up", *Critical Reviews in Microbiology*, Vol. 26 (4), pp. 221-264

- 
- Schnoor J. (1997) "Phytoremediation", Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center, Technology Evaluation Report, TE-98-01.
- Simon F.G., Meggyes T., McDonald C (2002) "Advanced Groundwater Remediation" – Active and Passive Technologies", European Science Foundation, Thomas Telford Publications
- Stegmann R., Brunner G., Calmano W., Matz G. (2001) "Treatment of Contaminated Soil – Fundamentals, Analysis, Applications", Springer.
- Stocking A., Eylers H., Wooden M., Herson T., Kavanaugh M. (2000) "Treatment Technologies for Removal of Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) from Drinking Water", Center for Groundwater Restoration and Protection, National Water Research Institute.
- Suthersan S. Suthan (1996) "Remediation Engineering: Design Concepts" Lewis Publishers.
- U. S. Army Corps of Engineers (2001) "Engineering and Design: Air Stripping", Design Guide, DG-1110-1-3.
- U.S. Army Corps of Engineers (1997) "Engineering and Design – IN-SITU AIR SPARGING", Engineer Manual.
- UK Environment Agency (2004) "Guidance on the use of Stabilisation/Solidification for the Treatment of Contaminated Soil", Science Report: SC980003/SR1.
- US Army Corps of Engineers (1997) "Design Guidance for Application of Permeable Barriers to Remediate Dissolved Chlorinated Solvents", DG1110-345-117
- US Army Corps of Engineers (1999) "Draft Protocol for Evaluating, Selecting, and Implementing Monitored Natural Attenuation at Explosives-Contaminated Sites".
- US Army Corps of Engineers (2002) "Engineering and Design: Soil Vapor Extraction and Bioventing", EM 1110-1-4001.
- US Department of Defence (2006) "Design: In-Situ Therman Remediation", Unified Facilities Criteria, YFC 2-280-05.
- Watts J. Richard (1997) "HAZARDOUS WASTES: Sources – Pathways – Receptors", John Wiley & Sons Inc.
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency (1993b) «Solidification/ stabilization of organics and inorganics», Engineering Bulletin, EPA/ 940/5-92/015.

#### Διαδίκτυο

- <http://art-engineering.com> : ART Engineering, LLC
- <http://costperformance.org>: Federal Remediation Technologies Roundtable
- [www.denix.osd.mil](http://www.denix.osd.mil) : Defense Environmental Network & Information Exchange
- [www.ec.gc.ca](http://www.ec.gc.ca) : Canada Ministry of Environment
- [www.estcp.org](http://www.estcp.org) : Environmental Security Technology Certification Program
- [www.frtr.gov](http://www.frtr.gov) : Federal Remediation Technologies Roundtable
- [www.navfac.navy.mil](http://www.navfac.navy.mil) : Naval Facilities Engineering Command
- [www.nfesc.navy.mil](http://www.nfesc.navy.mil): Naval Facilities Engineering Service Centre

---

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ -  
ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΕΝ  
ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΩΝ / ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟ  
ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ**

---

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ - Κ.Κ.ΚΑ.Β.Α.Δ. ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΩΝ / ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΚΚΑΒΑΔ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΚΟΔ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΠΙΘΑΝΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΑΣΕΙ ΕΚΑ				
Κ.1.  Κ.1.01  Κ.1.01-1 Κ.1.01-2 Κ.1.01-3 Κ.1.01-4 Κ.1.01-5 Κ.1.01-6  Κ.1.02  Κ.1.02-1 Κ.1.02-2	Α	1	ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΑΣΟΚΟΜΙΑ				
			Φυτική και ζωική παραγωγή, θήρα και συναφείς δραστηριότητες				
		01.1	Καλλιέργεια μη πολυετών φυτών				
		01.2	Πολυετείς καλλιέργειες				
		01.3	Πολλαπλασιασμός των φυτών				
		01.4	Ζωική παραγωγή				
		01.5	Μικτές γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες				
		01.6	Υποστηρικτικές προς τη γεωργία δραστηριότητες και δραστηριότητες μετά τη συγκομιδή				
		2	Δασοκομία και υλοτομία				
		02.1	Δασοκομία και άλλες δασοκομικές δραστηριότητες				
		02.2	Υλοτομία				
Κ.2.  Κ.2.01  Κ.2.01-1 Κ.2.01-2  Κ.2.02  Κ.2.02-1 Κ.2.02-2  Κ.2.03  Κ.2.03-1 Κ.2.03-2  Κ.2.04  Κ.2.04-1 Κ.2.04-2	Β	5	ΟΡΥΧΕΙΑ ΚΑΙ ΛΑΤΟΜΕΙΑ				
			Εξόρυξη άνθρακα και λιγνίτη				
		05.1	Εξόρυξη λιθάνθρακα				
		05.2	Εξόρυξη λιγνίτη				
		6	Αντληση αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου				
		06.1	Αντληση αργού πετρελαίου				
		06.2	Αντληση φυσικού αερίου				
		7	Εξόρυξη μεταλλευμάτων				
		07.1	Εξόρυξη σιδηρομεταλλεύματος				
		07.2	Εξόρυξη μη σιδηρούγων μεταλλευμάτων				
		8	Λοιπά ορυχεία και λατομεία				
		08.1	Εξόρυξη λίθων, άμμου και αργίλου				
		08.9	Ορυχεία και λατομεία π.δ.κ.α.				
Κ.3.  Κ.3.01  Κ.3.01-1 Κ.3.01-2 Κ.3.01-3 Κ.3.01-4  Κ.3.02  Κ.3.02-1 Κ.3.02-2 Κ.3.02-3  Κ.3.03  Κ.3.03-1  Κ.3.03-2  Κ.3.04  Κ.3.04-1 Κ.3.04-2  Κ.3.05  Κ.3.05-1  Κ.3.06  Κ.3.06-1 Κ.3.06-2	Γ	13	ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗ				
			Παραγωγή κλωστοϋφαντουργικών υλών				
		13.1	Προπαρασκευή και νηματοποίηση υφαντικών ινών				
		13.2	Υφανση κλωστοϋφαντουργικών υλών				
		13.3	Γελοποίηση (φινίρισμα) υφαντουργικών προϊόντων				
		13.9	Κατασκευή άλλων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων				
		14	Κατασκευή ειδών ένδυσης				
		14.1	Κατασκευή ειδών ένδυσης, εκτός από γούνινα ενδύματα				
		14.2	Κατασκευή γούνινων ειδών				
		14.3	Κατασκευή πλεκτών ειδών και ειδών πλέξης κροσέ				
		15	Βιομηχανία δέρματος και δερμάτινων ειδών				
		15.1	Κατεργασία και δέψη δέρματος· κατασκευή ειδών ταξιδιού (αποσκευών), τσαντών, ειδών σελλοποιίας και σαγματοποιίας· κατεργασία και βαφή γουναρικών				
		15.2	Κατασκευή υποδημάτων				
		16	Βιομηχανία ξύλου και κατασκευή προϊόντων από ξύλο και φελλό, εκτός από έπιπλα, κατασκευή ειδών καλαθοποιίας και σπαρτοπλεκτικής				
		16.1	Πριόνισμα, πλάνισμα και εμποτισμός ξύλου				
		16.2	Κατασκευή προϊόντων από ξύλο και φελλό και ειδών καλαθοποιίας και σπαρτοπλεκτικής				
		18	Εκτυπώσεις και αναπαραγωγή προεγγεγραμμένων μέσων				
		18.1	Εκτυπωτικές και συναφείς δραστηριότητες				
		19	Παραγωγή οπτάνθρακα και προϊόντων διύλισης πετρελαίου				
		19.1	Παραγωγή προϊόντων οπτανθρακοποίησης (κωκοποίησης)				
		19.2	Παραγωγή προϊόντων διύλισης πετρελαίου				

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ - Κ.Κ.ΚΑ.Β.Α.Δ. ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΩΝ / ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΚΚΑΒΑΔ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΚΟΔ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΠΙΘΑΝΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΑΣΕΙ ΕΚΑ				
Κ.3.07	20	Παραγωγή χημικών ουσιών και προϊόντων					
	20.1	Παραγωγή βασικών χημικών προϊόντων, λιπασμάτων και αζωτούχων ενόσεων, πλαστικών και συνθετικών υλών σε πρωτογενείς μορφές	070101	070103	070104	070107	070108
			070109	070110	070111	060903	061002
	20.2	Παραγωγή παρασιτοκτόνων και άλλων αγροχημικών προϊόντων	070401	070403	070404	070407	070408
			070409	070410	070411	070413	061301
	20.3	Παραγωγή γρωμάτων, βερνικιών και παρόμοιων επιγυρισμάτων, μελανιών τυπογραφίας και μαστιγών	070301	070303	070304	070307	070308
			070309	070310	070311	080312	080314
			080316	080317	080319		
	20.4	Παραγωγή σαπουνιών και απορρυπαντικών, προϊόντων καθαρισμού και στίλβωσης, αρωμάτων και παρασκευασμάτων καλλωπισμού	070601	070603	070604	070607	070608
			070609	070610	070611		
	20.5	Παραγωγή άλλων χημικών προϊόντων	060101	060102	060103	060104	060105
			060106	060201	060203	060204	060205
			060311	060313	060315	060403	060404
			060405	060602	060701	060702	060703
			060704	060802	061301	061302	061304
			061305	070701	070703	070704	070707
			070708	070709	070710	070711	070708
			070709	070710	070711	060502	
	20.6	Παραγωγή συνθετικών ινών	070201	070203	070204	070207	070208
			070209	070210	070211	070214	070216
Κ.3.08	21	Παραγωγή βασικών φαρμακευτικών προϊόντων και φαρμακευτικών σκευασμάτων					
	21.1	Παραγωγή βασικών φαρμακευτικών προϊόντων	070501	070503	070504	070507	070508
			070509	070510	070511	070513	
Κ.3.08-2	21.2	Παραγωγή φαρμακευτικών σκευασμάτων	070501	070503	070504	070507	070508
			070509	070510	070511	070513	
Κ.3.09	22	Κατασκευή προϊόντων από ελαστικό (καουτσούκ) και πλαστικές ύλες					
	22.1	Κατασκευή προϊόντων από ελαστικό (καουτσούκ)	070201	070203	070204	070207	070208
			070209	070210	070211	070214	070216
Κ.3.09-2	22.2	Κατασκευή πλαστικών προϊόντων	070201	070203	070204	070207	070208
			070209	070210	070211	070214	070216
Κ.3.10	23	Παραγωγή άλλων μη μεταλλικών ορυκτών προϊόντων					
	23.1	Κατασκευή γυαλιού και προϊόντων από γυαλί	101109	101111	101113	101115	101117
			101119				
	23.2	Παραγωγή πυρίμαχων προϊόντων	101209	101211	161101	161103	161105
	23.3	Παραγωγή δομικών υλικών από άργιλο	101209	101211			
	23.4	Κατασκευή άλλων προϊόντων πορσελάνης και κεραμικής	101209	101211			
	23.5	Παραγωγή τσιμέντου, ασβέστη και γύψου	101309	101312			
	23.6	Κατασκευή προϊόντων από σκυρόδεμα, τσιμέντο και γύψο	101309	101312			
	23.7	Κοπή, μορφοποίηση και τελική επεξεργασία λίθων	010407				
	23.9	Παραγωγή λειαντικών προϊόντων και μη μεταλλικών ορυκτών προϊόντων π.δ.κ.α.	010407				
Κ.3.11	24	Παραγωγή βασικών μετάλλων					
	24.1	Παραγωγή βασικού σιδήρου και γάλβα και σιδηροκραμάτων	100207	100211	100213		
	24.2	Κατασκευή γαλβδίνων σωλήνων, αγωγών, κοίλων ειδών με καθορισμένη μορφή και συναφών εξαρτημάτων	100207	100211	100213		
	24.3	Κατασκευή άλλων προϊόντων πρωτογενούς επεξεργασίας γάλβα	100207	100211	100213		
	24.4	Παραγωγή βασικών πολύτιμων μετάλλων και άλλων μη σιδηρούχων μετάλλων	100808	100810	100812	100815	100817
			100819	100707			
			100304	100308	100309	100315	100317
			100319	100321	100323	100325	100327
			100329	100401	100402	100403	100404
			100405	100406	100407	100409	100503
Κ.3.11-5	24.5	Χύτευση μετάλλων	100505	100506	100508	100510	100603
			100606	100607	100609		100905
			100907	100909	100911	100913	100915
			101005	101007	101009	101011	101013
			101015				

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ - Κ.Κ.ΚΑ.Β.Α.Δ. ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΩΝ / ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΚΚΑΒΑΔ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΚΟΔ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΠΙΘΑΝΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΑΣΕΙ ΕΚΑ				
Κ.3.12	25	Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων, με εξαίρεση τα μηχανήματα και τα είδη εξοπλισμού	160401	160402	160403		
	Κ.3.12-1	25.4 Κατασκευή όπλων και πυρομαχικών	120106	120107	120108	120109	120110
	Κ.3.12-2	25.5 Σφρηγλάτηση, κοίλωση, ανισόπαχη τύπωση και μορφοποίηση μετάλλων με έλαση· κonioμεταλλουργία	120112	120114	120116	120118	120119
			120120				
	Κ.3.12-3	25.6 Κατεργασία και επικάλυψη μετάλλων· μεταλλοτεχνία	110105	110106	110107	110108	110109
			110111	110113	110115	110116	110198
			110202	110205	110207	110301	110302
			110503	110504			
	26	Κατασκευή ηλεκτρονικών υπολογιστών, ηλεκτρονικών και οπτικών προϊόντων					
	Κ.3.13-1	26.1 Κατασκευή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και πλακετών	120106	120107	120108	120109	120110
Κ.3.13			120112	120114	120116	120118	120119
			120120	160209	160210	160211	160213
			160215				
	Κ.3.13-2	26.2 Κατασκευή ηλεκτρονικών υπολογιστών και περιφερειακού εξοπλισμού	120106	120107	120108	120109	120110
			120112	120114	120116	120118	120119
			120120	160209	160210	160211	160213
			160215				
		26.3 Κατασκευή εξοπλισμού επικοινωνίας	120106	120107	120108	120109	120110
			120112	120114	120116	120118	120119
			120120	160209	160210	160211	160213
Κ.3.14			160215				
	Κ.3.13-3	26.6 Κατασκευή ακτινολογικών και ηλεκτρονικών μηχανημάτων ιατρικής και θεραπευτικής χρήσης	120106	120107	120108	120109	120110
			120112	120114	120116	120118	120119
			120120	160209	160210	160211	160213
			160215				
	Κ.3.14-1	27 Κατασκευή ηλεκτρολογικού εξοπλισμού	160303	160305			
	Κ.3.14-2	27.1 Κατασκευή ηλεκτρικών κινητήρων, ηλεκτρογεννητριών, ηλεκτρικών μετασχηματιστών και συσκευών διανομής και ελέγχου του ηλεκτρικού ρεύματος	160209	160210	160211	160213	160215
	Κ.3.14-3	27.2 Κατασκευή ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών	160601	160602	160603	160606	
		27.5 Κατασκευή οικιακών συσκευών	160209	160210	160211	160213	160215
	Κ.3.15	28 Κατασκευή μηχανημάτων και ειδών εξοπλισμού π.δ.κ.α.					
Κ.3.15	Κ.3.15-1	28.1 Κατασκευή μηχανημάτων γενικής χρήσης	110105	110106	110107	110108	110109
			110111	110113	110115	110116	110198
			110301	110302	110503	110504	120106
			120107	120108	120109	120110	120112
			120114	120116	120118	120119	120120
			130204	130205	130206	130207	130208
			110105	110106	110107	110108	110109
			110111	110113	110115	110116	110198
			110301	110302	110503	110504	120106
			120107	120108	120109	120110	120112
Κ.3.16			120114	120116	120118	120119	120120
			130204	130205	130206	130207	130208
	Κ.3.16-1	30 Κατασκευή λοιπού εξοπλισμού μεταφορών					
		30.1 Ναυπήγηση πλοίων και σκαφών	080111	080113	080115	080117	080119
			080121	080409	080411	080413	080415
			080417	130401	130402	130403	080409
			080411	080413	080415	080417	11 05
			11 01	11 02	11 03	12 01	12 03
	Κ.3.17	31 Κατασκευή επίπλων					
	Κ.3.17-1	31.0 Κατασκευή επίπλων	030201	030202	030203	030204	030205
			080111	080113	080115	080117	080119
			080121				

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ - Κ.Κ.ΚΑ.Β.Α.Δ. ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΩΝ / ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΚΚΑΒΑΔ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΚΟΔ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΠΙΘΑΝΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΑΣΕΙ ΕΚΑ				
Κ.3.18  Κ.3.18-1	33  05.4	Επισκευή και εγκατάσταση μηχανημάτων και εξοπλισμού	160104	160107	160108	160109	160110
		Επισκευή μεταλλικών προϊόντων, μηχανημάτων και ειδών εξοπλισμού	160111	160113	160114	160121	130101
			130104	130105	130109	130110	130111
			130112	130204	130205	130206	130207
			130208	130301	130306	130307	130308
			130309	130310			
Κ.4.  Κ.4.01  Κ.4.01-1   Κ.4.01-2	Δ  35  35.1   35.2	ΠΑΡΟΧΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ, ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ, ΑΤΜΟΥ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ					
		Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, φυσικού αερίου, ατμού και κλιματισμού					
		Παραγωγή, μετάδοση και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας	100104	100109	100113	100114	100116
			100118	100120	100122	160209	160210
			160211	160212	160213	160215	160802
			160805	160806	160807	130701	160708
			050701				
Κ.5.  Κ.5.01  Κ.5.01-1   Κ.5.02  Κ.5.02-1   Κ.5.02-2	ΣΤ  42  42.1   43  43.1   43.2	ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ					
		Έργα πολιτικού μηχανικού					
		Κατασκευή δρόμων και σιδηροδρομικών γραμμών	101309	101312	170301	170303	170301
			170303				
			170503	170505	170507	170601	170603
			170605	170801	170901	170902	170903
			170106	170204	170301	170303	170409
			170410				
			170409	170410			
Κ.6.  Κ.6.01  Κ.6.01-1 Κ.6.01-2	Π  86  86.1 86.2	ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΜΕΡΙΜΝΑ					
		Δραστηριότητες ανθρώπινης υγείας					
		Νοσοκομειακές δραστηριότητες	180103	180106	180108		
		Δραστηριότητες άσκησης ιατρικών και οδοντιατρικών επαγγελματιών	180110				
Κ.7.   Κ.7.01  Κ.7.01-1   Κ.7.02  Κ.7.02-1   Κ.7.02-2   Κ.7.02-3  Κ.7.03  Κ.7.03-1	Ε   37  37.0   38  38.1   38.2    38.3  39  39.0	ΠΑΡΟΧΗ ΝΕΡΟΥ, ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΕΞΥΓΙΑΝΣΗΣ					
		Επεξεργασία λυμάτων	060502	190806	190807	190808	190810
		Επεξεργασία λυμάτων	190811	190813			
		Συλλογή, επεξεργασία και διάθεση αποβλήτων, ανάκτηση υλικών					
		Συλλογή αποβλήτων	200113	200114	200115	200117	200119
			200121	200123	200126	200127	200129
			200131	200133	200135	200137	
			101401	190105	190106	190107	190110
			190111	190113	190115	190117	190204
			190205	190207	190208	190209	190211
			191206	191211	190304	190306	190402
			190403				
			191003	191005			
			190304	190306	190402	190403	190702
			191003	191005	191101	191102	191103
			191104	191105	191107	191301	191303
			191304	191305	191307		

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ - Κ.Κ.ΚΑ.Β.Α.Δ. ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΩΝ / ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΚΚΑΒΑΔ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΚΟΔ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΠΙΘΑΝΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΒΑΣΕΙ ΕΚΑ
<b>Κ.9.</b>  <b>Κ.8.01</b>  Κ.8.01-1	<b>Ζ</b>  45 45.2	<b>ΧΟΝΔΡΙΚΟ ΚΑΙ ΛΙΑΝΙΚΟ ΕΜΠΟΡΙΟ • ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΟΚΙΝΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΟΤΟΣΥΚΛΕΤΩΝ</b> <b>Χονδρικό και λιανικό εμπόριο - επισκευή μηχανοκίνητων οχημάτων και μοτοσυκλετών</b> <u>Συντήρηση και επισκευή μηχανοκίνητων οχημάτων</u>	<b>160104 160107 160108 160109 160110</b> <b>160111 160113 160114 160121 13 07</b> 13 02 12 01 12 03 11 01 11 02 11 03 11 05
<b>Κ.10.</b> <b>Κ.9.01</b> Κ.9.01-1 <b>Κ.9.02</b> Κ.9.02-1	<b>Η</b> 49 49.5 52 52.1	<b>ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ</b> <b>Χερσαίες μεταφορές και μεταφορές μέσω αγωγών</b> <u>Μεταφορές μέσω αγωγών</u> <b>Αποθήκευση και υποστηρικτικές προς τη μεταφορά δραστηριότητες</b> <u>Αποθήκευση</u>	  Εξαρτάται από την ουσία / υλικό που μεταφέρεται  Εξαρτάται από την ουσία / υλικό που μεταφέρεται
<b>Κ.10.01</b> Κ.10.01-1	74 74.2	<b>Άλλες επαγγελματικές, επιστημονικές και τεχνικές δραστηριότητες</b> <u>Φωτογραφικές δραστηριότητες</u>	<b>090101 090102 090103 090104 090105</b> <b>090106 090111 090113</b>
<b>Κ.11.01</b> Κ.11.01-1	75 75.0	<b>Κτηνιατρικές δραστηριότητες</b> <u>Κτηνιατρικές δραστηριότητες</u>	<b>180202 180205 180207</b>



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
03 02 05*	άλλα συντηρητικά ξύλου που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Τα περισσότερα συντηρητικά ξύλου κατατάσσονται σε μια από τις παραπάνω απόλυτες κατηγορίες. Τα συντηρητικά ξύλου, που περιέχουν αλογονομένους υδρογονάνθρακες, θα είναι κανονικά οργανοχλωριωμένα συστατικά και ως εκ τούτου θα εντάσσονται στην παραπάνω κατηγορία 03 02 02*. Παρόλα αυτά, ορισμένα σπάνια χρησιμοποιούμενα συντηρητικά ενδεχομένως να περιέχουν φθοράνθρακες και βρωμάνθρακες. Σχετικοί κίνδυνοι μπορεί να είναι H3B έως H7 και H12 έως H14.
04	Απόβλητα από τις βιομηχανίες δέρματος, γούνας και υφαντουργίας	
04 01	απόβλητα από τις βιομηχανίες δέρματος και γούνας	
04 01 03*	απόβλητα απολίπανσης που περιέχουν διαλύτες χωρίς υγρή φάση	Τα βυρσοδεψία τυπικά χρησιμοποιούν οργανικούς διαλύτες για την αφαίρεση του λίπους από συγκεκριμένα ακατέργαστα δέρματα πριν την επεξεργασία τους, ιδιαίτερα από δέρματα προβάτων και χοίρων. Απόβλητα χωρίς υδατική φάση ανάμενεται να παρουσιάζουν αρκετά χαμηλά επίπεδα διαλυτών, αλλά αν αυτοί είναι παρόντες σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από τις οριακές, μπορεί να παρουσιάζουν κινδύνους H3A, H4 έως H7 και H10.
04 02	απόβλητα από τη βιομηχανία υφαντουργίας	
04 02 14*	απόβλητα από φινίρισμα που περιέχουν οργανικούς διαλύτες	Η βιομηχανία υφαντουργίας χρησιμοποιεί μια μεγάλη ποικιλία προϊόντων κατά το φινίρισμα των υφασμάτων και την βαφή τους. Η έκπλυση (πλύσιμο) των υφασμάτων και νημάτων χρησιμοποιεί αλογονομένους διαλύτες (συνήθως υπερχλωροαιθυλένιο), καθώς επίσης και σαπούνια και λευκαντικά. Άλλες όμως διεργασίες μπορούν κάλλιστα να αφήσουν υπολείμματα, τα οποία θα καταλήξουν στο ρεύμα των αποβλήτων. Αυτά τα υπολείμματα περιλαμβάνουν οξέα και βάσεις για την ρύθμιση του pH και μια ποικιλία χημικών (συμπεριλαμβανομένων μεταλλικών συμπλόκων), που χρησιμοποιούνται για την απόδοση άκαυστων ή αντισκωρικών ιδιοτήτων και ανθεκτικότητας σε πίεση. Παρόλα αυτά, αν τα συγκεκριμένα απόβλητα δεν περιλαμβάνουν επίσης οργανικούς διαλύτες θα πρέπει να ταξινομούνται ως μη επικίνδυνα 04 02 15. Τα απόβλητα, που περιέχουν διαλύτες θα πρέπει να εξετάζονται ως προς τους κινδύνους H3B, H4 έως H7 και H10 και επιπλέον H8 και H11 αν ρύπανση από οξέα, βάσεις ή βαρέα μέταλλα είναι παρούσες. Χρωστικές ουσίες και βαφές και λάσπες από την εκροή της επεξεργασίας μπορεί να περιέχουν μια ποικιλία οργανικών και ανόργανων ουσιών, συμπεριλαμβανομένων βαρέων μετάλλων. Αυτά τα απόβλητα θα πρέπει να εξετάζονται ως προς H3B, H4 έως H8 και H10 έως H12.
04 02 16*	χρώματα και βαφές που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
04 02 19*	λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
05	Απόβλητα από τη διύλιση πετρελαίου, τον καθαρισμό φυσικού αερίου και την πυρολυτική επεξεργασία άνθρακα	
05 01	απόβλητα από τη διύλιση πετρελαίου	
05 01 02*	λάσπες από τον αφαλατωτή	Απόβλητα που περιέχουν πετρέλαιο και πίσσες θα πρέπει να διαχειρίζονται ως καρκινογενή (H7), καθώς και ως εύφλεκτα (π.χ. H3A πρώτη κατηγορία, H3B). Λάσπες που δεν περιέχουν πετρέλαιο μπορεί να είναι ισχυρά όξινης ή αλκαλικές, ανάλογα με την εκάστοτε διεργασία και για το λόγο αυτό συχνά διαβρωτικές (H8). Επίσης, μπορεί να περιέχουν κυανίδια, σουλφίδια και θειόλες.
05 01 03*	λάσπες του πυθμένα δεξαμενών	
05 01 04*	οξינוαλκυλικές λάσπες	
05 01 05*	πετρελαιοκηλίδες	Οι περισσότερες λάσπες θα εντάσσονται σε μια από τις προαναφερόμενες απόλυτες κατηγορίες. Πιθανοί ρύποι σε άλλες λάσπες ίσως να είναι φαινόλες, κυανίδια και ενώσεις που περιέχουν θείο σε ιγνοποσότητες. Οι πλέον πιθανοί ενδεχόμενοι κίνδυνοι είναι η τοξικότητα (H6) και η καρκινογένεση (H7), παρόλο που και άλλοι κίνδυνοι (συμπεριλαμβανομένου H3A (πρώτη κατηγορία), H4, H5, H8 και H14) ίσως να υπάρχουν επίσης.
05 01 06*	λάσπες περιέχουσες πετρέλαιο από λειτουργίες συντήρησης της μονάδας ή του εξοπλισμού	
05 01 07*	όξινες πίσσες	
05 01 08*	άλλες πίσσες	
05 01 11*	απόβλητα από τον καθαρισμό καυσίμου με βασικά υλικά	
05 01 15*	αργιλούχα υλικά από εξαντλημένα φίλτρα	
05 01 09*	λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
05 01 12*	πετρέλαιο που περιέχει οξέα	
05 06	απόβλητα από την πυρολυτική επεξεργασία άνθρακα	
05 06 01*	όξινες πίσσες	
05 06 03*	άλλες πίσσες	Απόβλητα που περιέχουν πετρέλαιο και πίσσες θα πρέπει να διαχειρίζονται ως καρκινογενή (H7), καθώς και ως εύφλεκτα ή ικανά για την πρόκληση άλλων κινδύνων. Οι όξινες πίσσες παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις σε θεικό οξύ και ως εκ τούτου θα πρέπει να διαχειρίζονται ως διαβρωτικές (H8), αν όξινες ενώσεις είναι παρούσες σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από την οριακή.
05 07	απόβλητα από τον καθαρισμό και τη μεταφορά φυσικού αερίου	
05 07 01*	απόβλητα που περιέχουν υδράργυρο	Η παρουσία υδράργυρου σημαίνει ότι τα απόβλητα θα πρέπει να εξετάζονται ως προς τους κινδύνους H4 έως H6, H8 και H14. Επιπλέον, αυτά τα απόβλητα είναι γενικά αδρανείς καταλύτες, που έχουν ρυπανθεί με ενώσεις του θείου, με πιθανό κίνδυνο παραγωγής οξέων (H13).

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
06	Απόβλητα από ανόργανες χημικές διεργασίες	
06 01	απόβλητα από την παραγωγή, διαμόρφωση, προμήθεια και χρήση (ΠΑΠΧ) οξέων	
06 01 01*	θειικό οξύ και θειώδες οξύ	Όλα αυτά τα οξέα ταξινομούνται ως C: R35 ή C: R34 (επικίνδυνα βάσει H4/ H8), με την εξαίρεση των 06 01 06*, τα οποία θα μπορούσαν είναι ερεθιστικά ή διαβρωτικά. Τα απόβλητα από την παραγωγή φωσφορικού οξέος (06 01 04*) μπορεί να περιλαμβάνουν ουράνιο και άλλα βαρέα μέταλλα από προσμίξεις της τροφοδοσίας, καθώς και ενώσεις θείου και φθορίου από την παραγωγική διαδικασία. Όλες οι άλλες διεργασίες θα παράγουν όξινα απόβλητα, που παρουσιάζουν κάποιους ή όλους από τους κινδύνους H2, H4 έως H6, H8 και H12.
06 01 02*	υδροχλωρικό οξύ	
06 01 03*	υδροφθορικό οξύ	
06 01 04*	φωσφορικό και φωσφορώδες οξύ	
06 01 05*	νιτρικό οξύ και νιτρώδες οξύ	
06 01 06*	άλλα οξέα	
06 02	απόβλητα από την ΠΑΠΧ βάσεων	
06 02 01*	υδροξείδιο του ασβεστίου	Όλα αυτά τα προϊόντα ταξινομούνται ως διαβρωτικά/ερεθιστικά και τα σχετιζόμενα απόβλητα είναι πιθανόν να είναι επίσης. Πιθανοί κίνδυνοι είναι H4 έως H6, H8, H12 και H13.
06 02 03*	υδροξείδιο του αμμωνίου	
06 02 04*	υδροξείδιο του νατρίου και του καλίου	
06 02 05*	άλλες βάσεις	
06 03	απόβλητα από την ΠΑΠΧ αλάτων και των διαλυμάτων τους, καθώς και μεταλλικών οξειδίων	
06 03 11*	στερεά άλατα και διαλύματα που περιέχουν κυανιούχες ουσίες	Όλες οι ενώσεις κυανιδίων είναι τοξικές και θα πρέπει να θεωρούνται ικανά για τους ακόλουθους κινδύνους, αν είναι παρούσες σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες της οριακής: H6, H12 και H14.
06 03 13*	στερεά άλατα και διαλύματα που περιέχουν βαρέα μέταλλα	Πιθανά επικίνδυνα μέταλλα, όπως νικέλιο, χαλκός, ψευδάργυρος, αρσενικό, κάδμιο, αντιμόνιο, τελλούριο, υδράργυρος, θόριο, μόλυβδος και ενώσεις αυτών θα πρέπει να θεωρούνται ικανά για τους ακόλουθους κινδύνους: H4 έως H8, H10, H11 ή H14.
06 03 15*	μεταλλικά οξείδια που περιέχουν βαρέα μέταλλα	
06 04	απόβλητα που περιέχουν μέταλλα εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 06 03	
06 04 03*	απόβλητα που περιέχουν αρσενικό	Το αρσενικό και ο υδράργυρος και οι ενώσεις αυτών θα πρέπει να θεωρούνται ικανά για τους κινδύνους H4 έως H8 και H14.
06 04 04*	απόβλητα που περιέχουν υδράργυρο	
06 04 05*	απόβλητα που περιέχουν άλλα βαρέα μέταλλα	
06 05	λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής	
06 05 02*	λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Ένα μεγάλο εύρος υλικών είναι πιθανόν να εντάσσονται σε αυτήν την κατηγορία: όλοι οι κίνδυνοι H1 έως H4 θα πρέπει να θεωρούνται υπαρκτοί. Αν τα χημικά συστατικά των αποβλήτων είναι άγνωστα, τότε θα πρέπει να διαχειρίζονται ως επικίνδυνα, εκτός αν εξεταστούν.
06 06	απόβλητα από την ΠΑΠΧ θειούχων χημικών ουσιών, χημικών διεργασιών θείου και διεργασιών αποθείωσης	
06 06 02*	απόβλητα που περιέχουν επικίνδυνες θειούχες ουσίες	Οι κύριοι κίνδυνοι αυτής της κατηγορίας είναι οι τοξικές (H6) και οι διαβρωτικές (H8) ιδιότητες των σουλφιδίων, υδροσουλφιδίων, δισουλφιδίων του άνθρακα και ανώσεων θείου - αλογόνου και θείου - φωσφόρου. Επιπλέον, τα μεταλλικά σουλφίδια μπορούν να είναι καρκινογόνα (H7) και οικοτοξικά (H14). Για τον λόγο αυτό, τα συγκεκριμένα απόβλητα θα πρέπει πρωτίστως να θεωρούνται ικανά για τους κινδύνους H4 έως H8 και H14, αλλά και H3A, H10, H12 και H13.
06 07	απόβλητα από την ΠΑΠΧ αλογόνων και από χημικές διεργασίες αλογόνων	
06 07 01*	απόβλητα που περιέχουν αμίαντο από ηλεκτρόλυση	Ο αμίαντος είναι ταξινομημένος ως τοξικός (H6) και καρκινογόνος (H7). Αν τα απόβλητα περιέχουν αμίαντο σε συγκέντρωση υψηλότερη από την οριακή για καρκινογένεση (H7), είναι επικίνδυνα. Τα απόβλητα μπορούν επίσης να είναι διαβρωτικά, λόγω της παρουσίας υδροξειδίου του νατρίου και τοξικά λόγω της παρουσίας προσμίξεων βαρέων μετάλλων.Οι κίνδυνοι H6 και H8 μπορούν τότε να εμφανιστούν, αν οι συγκεντρώσεις είναι υψηλότερες από τις οριακές.
06 07 03*	λάσπη θειικού βαρίου που περιέχει υδράργυρο	Η λάσπη θειικού βαρίου είναι γενικά μη επικίνδυνη, αλλά η παρουσία υδράργυρου ή ενώσεων αυτού σημαίνει ότι τα απόβλητα θα πρέπει να θεωρούνται ικανά για τους εξής κινδύνους: H4 έως H6, H8 και H14.
06 07 02*	ενεργός άνθρακας από την παραγωγή χλωρίου	Αυτά τα απόβλητα είναι διαβρωτικά, λόγω της παρουσίας είτε υδροχλωρικών ή θεικών οξέων. Οι εξής κίνδυνοι είναι πιθανοί: H4 έως H6, H8, H12 και H13.
06 07 04*	διαλύματα και οξέα, π.χ. θειικό οξύ	
06 08	απόβλητα από την ΠΑΠΧ πυριτίου και παραγώγων πυριτίου	
06 08 02*	απόβλητα που περιέχουν επικίνδυνα οργανοσιλοξάνια	Τα οργανοσιλοξάνια (συμπεριλαμβανομένων των οργανικών ενώσεων πυριτίου) είναι γενικά αδρανή, αλλά μπορεί να περυσιάσουν ερεθιστικές, τοξικές και εύφλεκτες ιδιότητες. Η παρουσία προσμίξεων από την παραγωγή τους θα μπορούσε, θεωρητικά, να σημαίνει ότι κατό από συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να εκλυθούν εύφλεκτα αέρια. Οι κίνδυνοι H3A (τρίτη κατηγορία), H3B, H4 έως H6 και H12 είναι πιθανοί.
06 09	απόβλητα από την ΠΑΠΧ φωσφορούχων χημικών ουσιών και από χημικές διεργασίες φωσφόρου	
06 09 03*	απόβλητα αντιδράσεων με βάση το ασβέστιο, που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες ή έχουν μολυνθεί από αυτές	Πρωτογενή απόβλητα αντιδράσεων με βάση το ασβέστιο ενδέχεται να περιέχουν στοιχειακό φώσφορο (αυτόματα εύφλεκτος στον αέρα, κίνδυνος H3A (δεύτερη και πέμπτη κατηγορία) και τοξικός) και ίχνη ουρανίου, θορίου και άλλων επικίνδυνων βαρέων μετάλλων. Δευτερογενή απόβλητα πιθανόν να παρουσιάζουν ρύπανση από άλλες ενώσεις του φωσφόρου, μερικές εκ των οποίων είναι αυτόματα εύφλεκτες. Επίσης είναι πιθανόν να συμπεριλαμβάνουν ένα μεγάλο εύρος προϊόντων που περέχουν φώσφορο και ενδιάμεσα (π.χ. παρασιτοκτόνα), τα οποία θα μπορούσαν να είναι τοξικά (H6).

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
<b>06 10</b> <b>06 10 02*</b>	<b>απόβλητα από την ΠΑΠΧ αζωτογούγων χημικών ουσιών, από χημικές διεργασίες αζώτου και την παραγωγή λιπασμάτων</b> απόβλητα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι από την παρουσία νιτρικού οξέος (H2 και H8), που χρησιμοποιείται ως τροφοδοσία στην παραγωγή πολλών χημικών, που περιέχουν άζωτο. Ενδέχεται να υπάρχουν ασταθείς ενώσεις αζώτου από την παραγωγή νιτρικών λιπασμάτων ή εκρηκτικών (H1) και άλλοι ρύποι (π.χ. ενώσεις φωσφόρου, 06 09 03) από την παραγωγή NPK λιπασμάτων μπορεί να είναι επίσης παρόντες. Ρύπανση από βαρέα μέταλλα ίσως να είναι παρούσα λόγω των χρησιμοποιημένων καταλυτών (H5 έως H7 και H14).
<b>06 13</b> <b>06 13 01*</b> <b>06 13 02*</b> <b>06 13 04*</b> <b>06 13 05*</b>	<b>απόβλητα από άλλες ανόργανες χημικές διεργασίες μη προδιαγραφόμενες άλλως</b> ανόργανα προϊόντα προστασίας φυτών, συντηρητικά υλικά ξύλου και άλλα βιοκτόνα εξαντλημένος ενεργός άνθρακας (εκτός 06 07 02) απόβλητα από τη βιομηχανία επεξεργασίας αμιάντου καπνιά	Τα ανόργανα βιοκτόνα μπορεί να περιέχουν ενώσεις βαρέων μετάλλων και θα πρέπει να θεωρούνται ικανά για την εμφάνιση των εξής κινδύνων: H4 έως H8, H10, H11 ή H14. Ο εξαντλημένος ενεργός άνθρακας μπορεί να έχει προσροφήσει μεγάλους όγκους εύφλεκτων ή άλλων επικίνδυνων ουσιών. Εκτός και αν οι ρύποι είναι γνωστοί, όλοι οι κίνδυνοι H1 έως H14 θεωρούνται πιθανοί. Ο αμιάντος είναι ταξινομημένος ως τοξικός (H6) και καρκινογόνος (H7). Αν τα απόβλητα περιέχουν αμιάντο σε συγκέντρωση υψηλότερη από την οριακή για καρκινογέννεση (H7), είναι επικίνδυνα. Η καπνιά μπορεί να έχει ρυπανθεί με πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, καθιστώντας την καρκινογόνο (H7) και μπορεί επίσης να περιέχει σημαντικά επίπεδα βαρέων μετάλλων. Σχετικοί κίνδυνοι είναι H3A (τρίτη κατηγορία), H4 έως H8, H10 έως H12 και H14.
<b>07</b>	<b>Απόβλητα από οργανικές χημικές διεργασίες</b>	
<b>07 01</b> <b>07 01 01*</b> <b>07 01 03*</b> <b>07 01 04*</b> <b>07 01 07*</b> <b>07 01 08*</b> <b>07 01 09*</b> <b>07 01 10*</b> <b>07 01 11*</b>	<b>απόβλητα από την παραγωγή, διαμόρφωση, προμήθεια και χρήση (ΠΑΠΧ) βασικών οργανικών χημικών ουσιών</b> υδατικά υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά οργανικοί αλογονούχοι διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά άλλοι οργανικοί διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά αλογονούχα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων άλλα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων αλογονούχες πλάκες φίλτρων, εξαντλημένα απορροφητικά υλικά άλλες πλάκες φίλτρων, εξαντλημένα απορροφητικά υλικά λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Πολλοί οργανικοί διαλύτες, τόσο αλογονομένοι, όσο και μη αλογονομένοι, ενδέχεται να είναι εύφλεκτοι (H3A πρώτη κατηγορία) και ιδιαίτερα οι δεύτεροι μπορεί να είναι τοξικοί και καρκινογόνοι (H4 έως H7). Ένα ευρύ φάσμα υλικών είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες. Όλοι οι κίνδυνοι H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί. Ένα ευρύ φάσμα υλικών είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Όλοι οι κίνδυνοι από H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί. Αν τα χημικά συστατικά των αποβλήτων είναι άγνωστα, τότε αυτά θα πρέπει να θεωρούνται επικίνδυνα, εκτός αν εξεταστούν.
<b>07 02</b> <b>07 02 01*</b> <b>07 02 03*</b> <b>07 02 04*</b> <b>07 02 07*</b> <b>07 02 08*</b> <b>07 02 09*</b> <b>07 02 10*</b> <b>07 02 11*</b> <b>07 02 14*</b> <b>07 02 16*</b>	<b>απόβλητα από την ΠΑΠΧ πλαστικών, συνθετικού καουτσούκ και τεχνητών ινών</b> υδατικά υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά οργανικοί αλογονούχοι διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά άλλοι οργανικοί διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά αλογονούχα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων άλλα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων αλογονούχες πλάκες φίλτρων και εξαντλημένα απορροφητικά υλικά άλλες πλάκες φίλτρων και εξαντλημένα απορροφητικά υλικά λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες απόβλητα από πρόσθετα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες απόβλητα που περιέχουν επικίνδυνα οργανοσιλοξάνια	Πολλοί οργανικοί διαλύτες, τόσο αλογονομένοι, όσο και μη αλογονομένοι, ενδέχεται να είναι εύφλεκτοι (H3A πρώτη κατηγορία) και ιδιαίτερα οι δεύτεροι μπορεί να είναι τοξικοί και καρκινογόνοι (H4 έως H7). Ένα ευρύ φάσμα υλικών είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες. Όλοι οι κίνδυνοι H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί. Ένα ευρύ φάσμα υλικών είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες. Όλοι οι κίνδυνοι από H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί. Αν τα χημικά συστατικά των αποβλήτων είναι άγνωστα, τότε αυτά θα πρέπει να θεωρούνται επικίνδυνα, εκτός αν εξεταστούν.
<b>07 03</b> <b>07 03 01*</b> <b>07 03 03*</b> <b>07 03 04*</b> <b>07 03 07*</b> <b>07 03 08*</b> <b>07 03 09*</b> <b>07 03 10*</b> <b>07 03 11*</b>	<b>απόβλητα από την ΠΑΠΧ οργανικών βαφών και χρωμάτων (εκτός 06 11)</b> υδατικά υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά οργανικοί αλογονούχοι διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά άλλοι οργανικοί διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά αλογονούχα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων άλλα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων αλογονούχες πλάκες φίλτρων και εξαντλημένα απορροφητικά υλικά άλλες πλάκες φίλτρων και εξαντλημένα απορροφητικά υλικά λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Πολλοί οργανικοί διαλύτες, τόσο αλογονομένοι, όσο και μη αλογονομένοι, ενδέχεται να είναι εύφλεκτοι (H3A πρώτη κατηγορία) και ιδιαίτερα οι δεύτεροι μπορεί να είναι τοξικοί και καρκινογόνοι (H4 έως H7). Ένα ευρύ φάσμα υλικών είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες. Όλοι οι κίνδυνοι H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί. Ένα ευρύ φάσμα υλικών είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Όλοι οι κίνδυνοι από H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί. Αν τα χημικά συστατικά των αποβλήτων είναι άγνωστα, τότε αυτά θα πρέπει να θεωρούνται επικίνδυνα, εκτός αν εξεταστούν.
<b>07 04</b> <b>07 04 01*</b> <b>07 04 03*</b> <b>07 04 04*</b> <b>07 04 07*</b> <b>07 04 08*</b> <b>07 04 09*</b> <b>07 04 10*</b>	<b>απόβλητα από την ΠΑΠΧ οργανικών προϊόντων προστασίας φυτών (εκτός από τα σημεία 02 01 08 και 02 01 09), συντηρητικών υλικών ξύλου (εκτός από το σημείο 03 02) και άλλων βιοκτόνων</b> υδατικά υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά οργανικοί αλογονούχοι διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά άλλοι οργανικοί διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά αλογονούχα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων άλλα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων αλογονούχες πλάκες φίλτρων και εξαντλημένα απορροφητικά υλικά άλλες πλάκες φίλτρων και εξαντλημένα απορροφητικά υλικά	Πολλοί οργανικοί διαλύτες, τόσο αλογονομένοι, όσο και μη αλογονομένοι, ενδέχεται να είναι εύφλεκτοι (H3A πρώτη κατηγορία) και ιδιαίτερα οι δεύτεροι μπορεί να είναι τοξικοί και καρκινογόνοι (H4 έως H7) και τα βιοκτόνα μπορεί να είναι οικοτοξικά (H14). Ένα ευρύ φάσμα υλικών είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες. Όλοι οι κίνδυνοι H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί.

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
<div>07 04 11*</div> <div>07 04 13*</div> <div>07 05</div> <div>07 05 01*</div> <div>07 05 03*</div> <div>07 05 04*</div> <div>07 05 07*</div> <div>07 05 08*</div> <div>07 05 09*</div> <div>07 05 10*</div> <div>07 05 11*</div> <div>07 05 13*</div> <div>07 06</div> <div>07 06 01*</div> <div>07 06 03*</div> <div>07 06 04*</div> <div>07 06 07*</div> <div>07 06 08*</div> <div>07 06 09*</div> <div>07 06 10*</div> <div>07 06 11*</div> <div>07 07</div> <div>07 07 01*</div> <div>07 07 03*</div> <div>07 07 04*</div> <div>07 07 07*</div> <div>07 07 08*</div> <div>07 07 09*</div> <div>07 07 10*</div> <div>07 07 11*</div>	<div>λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες</div> <div>στερεά απόβλητα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες</div> <div>απόβλητα από την ΠΑΠΧ φαρμακευτικών προϊόντων</div> <div>υδατικά υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά</div> <div>οργανικοί αλογονούχοι διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά</div> <div>άλλοι οργανικοί διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά</div> <div>αλογονούχα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων</div> <div>άλλα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων</div> <div>αλογονούχες πλάκες φίλτρων και εξαντλημένα απορροφητικά υλικά</div> <div>άλλες πλάκες φίλτρων και εξαντλημένα απορροφητικά υλικά</div> <div>λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες</div> <div>στερεά απόβλητα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες</div> <div>απόβλητα από την ΠΑΠΧ λιπών, λιπαντικών, σαπουνιών, απορρυπαντικών, απολυμαντικών και καλλυντικών</div> <div>υδατικά υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά</div> <div>οργανικοί αλογονούχοι διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά</div> <div>άλλοι οργανικοί διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά</div> <div>αλογονούχα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων</div> <div>άλλα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων</div> <div>αλογονούχες πλάκες και εξαντλημένα απορροφητικά υλικά</div> <div>άλλες πλάκες φίλτρων και εξαντλημένα απορροφητικά υλικά</div> <div>λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες</div> <div>απόβλητα από την ΠΑΠΧ ευγενών χημικών ουσιών και χημικών προϊόντων μη προδιαγραφόμενων άλλως</div> <div>υδατικά υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά</div> <div>οργανικοί αλογονούχοι διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά</div> <div>άλλοι οργανικοί διαλύτες, υγρά πλυσίματος και μητρικά υγρά</div> <div>αλογονούχα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων</div> <div>άλλα ιζήματα πυθμένα αποστακτήρα και κατάλοιπα αντιδράσεων</div> <div>αλογονούχες πλάκες φίλτρων και εξαντλημένα απορροφητικά υλικά</div> <div>άλλες πλάκες φίλτρων και εξαντλημένα απορροφητικά υλικά</div> <div>λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες</div>	<div>Τα συγκεκριμένα απόβλητα είναι πιθανόν να περιέχουν ίχνη διαλυτών και βιοκτόνων, τα οποία μπορεί να είναι επικίνδυνα, βάσει ενός ή περισσότερων κινδύνων H3, H4 έως H7 και H14. Παρόλα αυτά, ένα ευρύ φάσμα υλικών είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες. Όλοι οι κίνδυνοι H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί.</div> <div>Πολλοί οργανικοί διαλύτες, τόσο αλογονομένοι, όσο και μη αλογονομένοι, ενδέχεται να είναι εύφλεκτοι (H3A πρώτη κατηγορία) και ιδιαίτερα οι δευτεροί μπορεί να είναι τοξικοί και καρκινογόνοι (H6, H7). Ένα ευρύ φάσμα υλικών είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες. Όλοι οι κίνδυνοι H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί.</div> <div>Ένα ευρύ φάσμα υλικών είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες. Όλοι οι κίνδυνοι από H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί.</div> <div>Πολλοί οργανικοί διαλύτες, τόσο αλογονομένοι, όσο και μη αλογονομένοι, ενδέχεται να είναι εύφλεκτοι (H3A πρώτη κατηγορία) και ιδιαίτερα οι δευτεροί μπορεί να είναι τοξικοί (H6) και καρκινογόνοι (H7). Ένα ευρύ φάσμα υλικών είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες. Όλοι οι κίνδυνοι H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί.</div> <div>Ένα ευρύ φάσμα υλικών είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Όλοι οι κίνδυνοι από H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί.</div> <div>Πολλοί οργανικοί διαλύτες, τόσο αλογονομένοι, όσο και μη αλογονομένοι, ενδέχεται να είναι εύφλεκτοι (H3A πρώτη κατηγορία) και ιδιαίτερα οι δευτεροί μπορεί να είναι τοξικοί και καρκινογόνοι (H6, H7). Λόγω του ευρέους φάσματος υλικών που είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτές τις κατηγορίες, όλοι οι κίνδυνοι H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί.</div> <div>Ένα ευρύ φάσμα υλικών είναι πιθανόν να ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Όλοι οι κίνδυνοι από H1 έως H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί.</div>
08	Απόβλητα από οργανικές χημικές διεργασίες	
<div>08 01</div> <div>08 01 11*</div> <div>08 01 13*</div> <div>08 01 15*</div> <div>08 01 17*</div> <div>08 01 19*</div> <div>08 01 21*</div>	<div>απόβλητα από την ΠΑΠΧ καθώς και την αφαίρεση χρωμάτων και βερνικιών</div> <div>απόβλητα από χρώματα και βερνίκια που περιέχουν οργανικούς διαλύτες ή άλλες επικίνδυνες ουσίες</div> <div>λάσπες από χρώματα ή βερνίκια που περιέχουν οργανικούς διαλύτες ή άλλες επικίνδυνες ουσίες</div> <div>υδαρείς λάσπες που περιέχουν χρώματα ή βερνίκια με οργανικούς διαλύτες ή άλλες επικίνδυνες ουσίες</div> <div>απόβλητα από αφαίρεση χρωμάτων ή βερνικιών που περιέχουν οργανικούς διαλύτες ή άλλες επικίνδυνες ουσίες</div> <div>υδατικά αιωρήματα που περιέχουν χρώματα ή βερνίκια με οργανικούς διαλύτες ή άλλες επικίνδυνες ουσίες</div> <div>απόβλητα από υλικά αφαίρεσης χρωμάτων ή βερνικιών</div>	<div>Οι τύποι των χρωμάτων και των βερνικιών έχουν αλλάξει σημαντικά τα τελευταία χρόνια με την εξάλειψη/μείωση των βαρέων μετάλλων, που χρησιμοποιούνται και μια κίνηση προς την χρήση υδατικής βάσης χρωμάτων. Για τον λόγο αυτό, οι πιθανοί κίνδυνοι εξαρτώνται από την ηλικία του χρώματος ή του βερνικιού. Οι κύριοι κίνδυνοι, που προέρχονται από παλιές βαφές και βερνίκια, εντάσσονται σε δύο κύριες κατηγορίες: συγκεκριμένα την παρουσία i) οποιοδήποτε είδους εύφλεκτων ή/και επιβλαβών/τοξικών και καρκινογόνων οργανικών διαλυτών και ii) πιθανά επικίνδυνων μετάλλων στις χρωστικές ουσίες (συμπεριλαμβανομένων αντιμονίου, καδμίου, χρωμίου, μολύβδου, νικελίου, στρόντιου, ψευδάργυρου). Αν κάποια από αυτά είναι παρόντα σε συγκέντρωση ίση ή μεγαλύτερη της οριακής, οι κίνδυνοι H3A (πρώτη κατηγορία), H3B έως H8, H10, H11 και H14 είναι πιθανοί. Πολλά καινούρια χρώματα και βερνίκια μπορεί να μην παρουσιάζουν αυτούς τους κινδύνους, λόγω της αλλαγής της σύστασής τους και θα πρέπει να αξιολογούνται βάσει της πραγματικής τους σύστασης.</div> <div>Αυτά τα ρεύματα αποβλήτων συχνά περιέχουν διχλωρομεθάνιο, το οποίο ανήκει στην κατηγορία 3 καρκινογόνων (H7). Αυτά τα απόβλητα θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν πετρελαϊκό αιθέρα (διαλύτη Stoddard), που έχει τη δυνατότητα να είναι επικίνδυνος βάσει H3B, H5 και H14.</div>

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
<div>08 03</div> <div>08 03 12*</div> <div>08 03 14*</div> <div>08 03 17*</div>	<div>απόβλητα από την ΠΑΠΧ τυπογραφικών μελανών</div> <div>απόβλητα μελανών που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες</div> <div>λάσπες μελάνης που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες</div> <div>απόβλητα τόνερ εκτύπωσης που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες</div>	<div>Όπως και στην περίπτωση των χρωμάτων και βερνικιών, οι τύποι έχουν αλλάξει σημαντικά τα τελευταία χρόνια με την εξάλειψη/μείωση των βαρέων μετάλλων, που χρησιμοποιούνται. Για τον λόγο αυτό, οι πιθανοί κίνδυνοι εξαρτώνται από την ηλικία του εκάστοτε εξεταζόμενου μελανιού. Οι κύριοι κίνδυνοι, που προέρχονται από παλαιότερα μελάνια, εντάσσονται σε τρεις κύριες κατηγορίες: συγκεκριμένα 1) την παρουσία ενός εύρους εύλεκτων ή/και τοξικών οργανικών διαλυτών, 2) πιθανά επικίνδυνων μετάλλων στις χρωστικές ουσίες και 3) την ερεθιστική φύση ορισμένων αποβλήτων μελανιών. Αν κάποιο από αυτά είναι παρόντα σε συγκέντρωση ίση ή μεγαλύτερη της οριακής, τότε οι κίνδυνοι H3A, H3B έως H7, H10, H11 και H14 είναι πιθανοί. Πολλά σύγχρονα μελάνια χρησιμοποιούν χρωστικές ουσίες που είναι μη τοξικές. Παρόλα αυτά η σύσταση του μελανιού θα πρέπει να αξιολογείται και οι επικίνδυνες ιδιότητες μπορεί να περιορίζονται στους H3A, H3B έως H5.</div>
<div>08 03 16*</div> <div>08 03 19*</div>	<div>απόβλητα διαλυμάτων οξέων χαρακτηρισής</div> <div>έλαια διασποράς</div>	<div>Οι κύριοι κίνδυνοι αυτών των αποβλήτων είναι τα διαβρωτικά και εύλεκτα χαρακτηριστικά τους και η τοξική ή/και καρκινογενής επίδραση παρόντων ελαίων. Θα πρέπει να εξετάζονται πρωτίστως οι κίνδυνοι H3B έως H8 και H13.</div>
<div>08 04</div> <div>08 04 09*</div> <div>08 04 11*</div> <div>08 04 13*</div> <div>08 04 15*</div> <div>08 04 17*</div>	<div>απόβλητα από την ΠΑΠΧ κολλών και στεγανωτικών υλικών (περιλαμβάνονται και υδατοστεγανωτικά προϊόντα)</div> <div>απόβλητα κολλών και στεγανωτικών υλικών που περιέχουν οργανικούς διαλύτες ή άλλες επικίνδυνες ουσίες</div> <div>λάσπες κολλών και στεγανωτικών υλικών που περιέχουν οργανικούς διαλύτες ή άλλες επικίνδυνες ουσίες</div> <div>υδαρείς λάσπες που περιέχουν κόλλες ή στεγανωτικά υλικά με οργανικούς διαλύτες ή άλλες επικίνδυνες ουσίες</div> <div>υδατικά υγρά απόβλητα που περιέχουν κόλλες ή στεγανωτικά υλικά με οργανικούς διαλύτες ή άλλες επικίνδυνες ουσίες</div> <div>ρητινέλαια</div>	<div>Πολλοί οργανικοί διαλύτες, τόσο αλογονομένοι, όσο και μη αλογονομένοι, ενδέχεται να είναι εύλεκτοι και ιδιαίτερα οι τελευταίοι μπορεί να είναι τοξικοί και καρκινογόνοι. Οι κίνδυνοι H3A (τρίτη κατηγορία), H3B, H4 έως H7, H10, H11 και H14 πρέπει να θεωρούνται πιθανοί.</div>
<div>08 05</div> <div>08 05 01*</div>	<div>απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως στο κεφάλαιο 08</div> <div>απόβλητα ισοκυανικών ενόσεων</div>	<div>Ένα ευρύ φάσμα ισοκυανικών ενόσεων χρησιμοποιείται στην παραγωγή αφρού πολυουρεθάνης, θερμοπλαστικών ελαστομερών και βαφών πολυουρεθάνης. Οι πιθανοί κίνδυνοι είναι βλάβη/ τοξικότητα (H5/ H6), ερεθισμός/ διαβρωτικότητα (H4/H8), καρκινογένεση (H7) και οικοτοξικότητα (H14).</div>
09	Απόβλητα από τη φωτογραφική βιομηχανία	
<div>09 01</div> <div>09 01 01*</div> <div>09 01 02*</div> <div>09 01 03*</div> <div>09 01 04*</div> <div>09 01 05*</div> <div>09 01 13*</div> <div>09 01 06*</div>	<div>απόβλητα για τη φωτογραφική βιομηχανία</div> <div>διαλύματα εμφανιστηρίου και ενεργοποίησης με υδατική βάση</div> <div>διαλύματα πλάκας όφσσετ εμφανιστηρίου με υδατική βάση</div> <div>διαλύματα εμφανιστηρίου με βάση διαλύτες</div> <div>διαλύματα σταθεροποιητή</div> <div>διαλύματα ξεπλύματος και διαλύματα ξεπλύματος σταθεροποιητή</div> <div>υδατικά υγρά απόβλητα από την επιτόπου ανάκτηση αργύρου εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 09 01 06</div> <div>απόβλητα που περιέχουν άργυρο από επιτόπου επεξεργασία φωτογραφικών αποβλήτων</div>	<div>Υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι από την παρουσία νιτρικού αργύρου ή υδροξειδίου του αργύρου, τα οποία είναι και τα δύο οξειδωτικοί παράγοντες (το πρώτο είναι επίσης διαβρωτικό) και διαλυμάτων εμφάνισης και στερέωσης, τα οποία μπορεί να είναι επιβλαβή (H5), τοξικά (H6), διαβρωτικά (H8), οικοτοξικά (H14) και H12.</div>
<div>09 01 11*</div>	<div>κάμερες μιας χρήσης που περιέχουν μπαταρίες οι οποίες περιλαμβάνονται στα σημεία 16 06 01, 16 06 02 ή 16 06 03</div>	<div>Υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι από την παρουσία νιτρικού αργύρου ή υδροξειδίου του αργύρου, τα οποία είναι και τα δύο οξειδωτικοί παράγοντες (το πρώτο είναι επίσης διαβρωτικό) και πιθανά επικίνδυνων μετάλλων: μόλυβδου, νικελίου, καδμίου, υδραργύρου και των συστατικών τους σε επίπεδα ιχνών. Λόγω του ότι τα απόβλητα εξαρτώνται από την εκάστοτε διαδικασία ανάκτησης, που χρησιμοποιείται, θα πρέπει να εξετάζονται όλοι οι κίνδυνοι H1 έως H14.</div> <div>Αυτή η κατηγορία είναι απόλυτη γιατί οι μπαταρίες στις οποίες αναφέρεται είναι ταξινομημένες ως επικίνδυνες (υπάρχει μια αντιστοιχη μη επικίνδυνη κατηγορία για μιας χρήσεως φωτογραφικές μηχανές, που περιέχουν μη επικίνδυνες μπαταρίες, 09 02 12). Υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι από την παρουσία πιθανά επικίνδυνων μετάλλων: μόλυβδου, νικελίου, καδμίου και ενώσεών τους. Οι ακόλουθοι κίνδυνοι θα πρέπει να θεωρούνται πιθανοί: H5 έως H7, H10 έως H12 ή H14.</div>
10	Απόβλητα από θερμικές επεξεργασίες	
<div>10 01</div> <div>10 01 04*</div> <div>10 01 09*</div> <div>10 01 13*</div>	<div>απόβλητα από σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας ή άλλες μονάδες καύσης (εκτός από το κεφάλαιο 19)</div> <div>ιτάνμενη τέφρα και σκόνη λέβητα πετρελαίου</div> <div>θετικό οξύ</div> <div>ιτάνμενη τέφρα από γαλακτοποιημένους υδρογονάνθρακες που χρησιμοποιούνται ως καύσιμο</div>	<div>Τα απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργάζονται ως καρκινογενή, όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους. Το όξινο περιεχόμενο καθιστά τα απόβλητα διαβρωτικά. Επιπρόσθετα, η ιτάνμενη τέφρα μπορεί να περιέχει υψηλή συγκέντρωση από επικίνδυνα μέταλλα και ενώσεις τους (ιδιαίτερα νικέλιο, μόλυβδο και βανάδιο). Επομένως, αυτά τα απόβλητα είναι κυρίως επικίνδυνα για H3B, H4 έως H8, H10 και H12 έως H14.</div>
<div>10 01 14*</div> <div>10 01 16*</div> <div>10 01 18*</div> <div>10 01 20*</div> <div>10 01 22*</div>	<div>τέφρα κλιβάνου, σκωρία και σκόνη λέβητα από κοινή αποτέφρωση που περιέχει επικίνδυνες ουσίες</div> <div>ιτάνμενη τέφρα από κοινή αποτέφρωση που περιέχει επικίνδυνες ουσίες</div> <div>απόβλητα από τον καθαρισμό αερίων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες</div> <div>λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες</div> <div>υδαρείς λάσπες από τον καθαρισμό λέβητα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες</div>	<div>Λάσπες και απόβλητα καθαρισμού αερίων είναι συνήθως πολύ όξινα και επομένως είναι όξινα με βάση το περιεχόμενο τους. Οι ακόλουθοι κίνδυνοι θα πρέπει να εξετάζονται: H4, H5 ή/και H8. Πιθανοί κίνδυνοι από τα μέταλλα, όπως νικέλιο, χαλκός, ψευδάργυρος, αρσενικό, κάδμιο, αντιμόνιο, τελλούριο, υδράργυρος, θόριο, μόλυβδος και ενώσεις τους τους πρέπει να εξετάζονται: H5 έως H7, H10, H11, ή H14.</div>

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
10 02	<b>απόβλητα από τη βιομηχανία σιδήρου και γάλβα</b>	
10 02 07*	στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων ίσως είναι αλκαλικά και επομένως πιθανά ερεθιστικά/διαβρωτικά (H4/H8). Εάν τα συστατικά ελαίου δεν είναι σύμφωνα με τα όρια κατωφλίου, τα απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7), όπως επίσης και κάθε σχετική πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους. Το όξινο περιεχόμενο μερικών απο αυτά τα καθιστά διαβρωτικά. Η σκόνη από την καπνοδόχο περιέχει σωματίδια που απομακρύνθηκαν απο τα αέρια που εκλύθηκαν απο το φούρνο. Τα μέταλλα απο τη σκόνη της καπνοδόχου τείνουν να είναι άμεσα εκχυλίσιμα. Επομένως, υπάρχει πιθανός κίνδυνος τοξικότητας απο τη ρύπανση βαρέων μετάλλων. Αυτά τα απόβλητα είναι επικίνδυνα για H3B, H4 έως H8 και H10 έως H12, εάν οι επικίνδυνες ουσίες που παρευρίσκονται είναι πάνω απο τη συγκέντρωση κατωφλίου.
10 02 11*	απόβλητα από επεξεργασία νερού ψύξης που περιέχουν πετρέλαιο	
10 02 13*	λάσπες και πλάκες φίλτρων από την επεξεργασία αερίων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 03	<b>απόβλητα από τη θερμική μεταλλουργία αλουμινίου</b>	
10 03 04*	σκωρίες πρωτοβάθμιας επεξεργασία	Αυτά κυρίως περιέχουν νιτρίδια, καρβίδια, κυανίδια, φθοριούχα και χλωριούχα, και συχνά παράγονται τοξικά (αμμωνία) ή εύφλεκτα (μεθάνιο) αέρια όταν έρχονται σε επαφή με το νερό. Οι σκουριές αντιδρούν ισχυρά με το νερό εκπέμποντας εύφλεκτα αέρια (υδρογόνο). Σχετικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν H3A (πέμπτη κατηγορία), H5 έως H7, H12 και H13.
10 03 08*	αλατώδεις σκωρίες δευτεροβάθμιας παραγωγής μεταλλεύματος	
10 03 09*	μαύρες επιπλέουσες σκωρίες δευτεροβάθμιας παραγωγής μεταλλεύματος	
10 03 15*	εξαφρίσματα που είναι εύφλεκτα ή εκλύουν κατά την επαφή με το νερό εύφλεκτα αέρια σε επικίνδυνες ποσότητες	Αυτά περιέχουν κυανίδια, φθοριούχα και χλωριούχα. Οι σκουριές αντιδρούν ισχυρά με το νερό εκπέμποντας εύφλεκτα αέρια (υδρογόνο) (H3A (πέμπτη κατηγορία), H13). Οι πίσσες και τα λάδια είναι καρκινογενή (H7), και τα στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων ίσως είναι αλκαλικά και επομένως πιθανά διαβρωτικά. Εάν αυτές, ή άλλες επικίνδυνες ουσίες, βρίσκονται πάνω από συγκεντρώσεις κατωφλίου πρέπει να εξετάζονται οι κίνδυνοι H4 έως H8.
10 03 17*	απόβλητα που περιέχουν πίσσα από την παραγωγή θετικών ηλεκτροδίων	
10 03 19*	σκόνη καυσαερίων που περιέχει επικίνδυνες ουσίες	
10 03 21*	άλλα σωματίδια και σκόνη (συμπεριλαμβάνεται η σκόνη σφαιρόμυλου) που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 03 23*	στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 03 25*	λάσπες και πλάκες φίλτρων από την επεξεργασία αερίων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 03 27*	απόβλητα από την επεξεργασία νερού ψύξης που περιέχει πετρέλαιο	
10 03 29*	απόβλητα από την επεξεργασία αλατωδών σκωριών και μαύρων επιπλεουσών σκωριών που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 04	<b>απόβλητα από τη θερμική μεταλλουργία μολύβδου</b>	
10 04 01*	σκωρίες πρωτογενούς και δευτερογενούς παραγωγής	Οι κυριότεροι κίνδυνοι που σχετίζονται με αυτά τα απόβλητα είναι τα επίπεδα που βρίσκονται τα βαρέα μέταλλα, αν και οι σκουριές παρουσιάζουν ένα διαφορετικό κίνδυνο αυτανάφλεξης. Οι κίνδυνοι H3A (δύετερη κατηγορία), H4 έως H8 και H10 θεωρούνται πιθανοί.
10 04 02*	επιπλέουσες σκωρίες και εξαφρίσματα πρωτογενούς και δευτερογενούς παραγωγής	
10 04 03*	αρσενικό ασβέστιο	
10 04 04*	σκόνη καυσαερίων	Εάν έλαια βρίσκονται σε συγκεντρώσεις πάνω από τις τιμές κατωφλίου, τα απόβλητα πρέπει να θεωρούνται ως οι ακόλουθοι κίνδυνοι: H3B, H4 και H7. Επίσης, υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι από δυνητικά επικίνδυνα μέταλλα αρσενικό, κάδμιο, μολύβδος (H5, H6, H10 και H14).
10 04 05*	άλλα σωματίδια και σκόνη	
10 04 06*	στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων	
10 04 07*	λάσπες και πλάκες φίλτρων από την επεξεργασία αερίων	
10 04 09*	απόβλητα από την επεξεργασία νερού ψύξεως που περιέχουν πετρέλαιο	
10 05	<b>απόβλητα από τη θερμική μεταλλουργία ψευδαργύρου</b>	
10 05 03*	σκόνη καυσαερίων	Πιθανοί κίνδυνοι συνδέονται με την παρουσία μετάλλων ψευδαργύρου, καδμίου, μολύβδου και αρσενικού και των παραγών τους και πρέπει να θεωρούνται ως οι ακόλουθοι κίνδυνοι: H4 έως H7, H10 και H 14. Στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων ίσως είναι αλκαλικά και επομένως πιθανά διαβρωτικά και H8.
10 05 05*	στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων	
10 05 06*	λάσπες και πλάκες φίλτρων από την επεξεργασία αερίων	
10 05 08*	απόβλητα από την επεξεργασία νερού ψύξεως που περιέχουν πετρέλαιο	Οι κυριότεροι κίνδυνοι σε αυτές τις δύο κατηγορίες είναι στο 10 05 08: H3B και H7, το περιεχόμενο ελαίου προσδιορίζεται εάν το απόβλητο θεωρείται καρκινογενές. 10 05 10: H3A (πέμπτη κατηγορία).
10 05 10*	επιπλέουσες σκωρίες και εξαφρίσματα εύφλεκτα ή τα οποία εκπέμπουν, ερχόμενα σε επαφή με το νερό, εύφλεκτα αέρια σε επικίνδυνες ποσότητες	
10 06	<b>απόβλητα από τη θερμική μεταλλουργία χαλκού</b>	
10 06 03*	σκόνη καυσαερίων	Πιθανοί κίνδυνοι συνδέονται με την παρουσία μετάλλων χαλκού, βισμούθιου, μολύβδου, νικελίου και κασσιτέρου και των παραγών τους και πρέπει να θεωρούνται ως οι ακόλουθοι κίνδυνοι: H5 έως H7, H10, ή H 14. Στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων ίσως είναι αλκαλικά και επομένως πιθανά διαβρωτικά και H8.
10 06 06*	στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων	
10 06 07*	λάσπες και πλάκες φίλτρων από την επεξεργασία αερίων	
10 06 09*	απόβλητα από την επεξεργασία νερού ψύξεως που περιέχουν πετρέλαιο	Εάν τα συστατικά των ελαίων δεν αποτιμώνται πάνω από τα επίπεδα κατωφλίου, τα απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7), όπως επίσης σε κάθε σχετική πρόσθετη εφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους, π.χ. H3B.
10 07	<b>απόβλητα από τη θερμική μεταλλουργία αργύρου, χρυσού και λευκόχρυσου</b>	
10 07 07*	απόβλητα από την επεξεργασία νερού ψύξεως που περιέχουν πετρέλαιο	Εάν τα συστατικά των ελαίων δεν αποτιμώνται πάνω από τα επίπεδα κατωφλίου, τα απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7), όπως επίσης σε κάθε σχετικό με πρόσθετη εφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους σχετιζόμενη με τα περιεχόμενα βαρέα μέταλλα, π.χ. H3B, H5 έως H7, H10 και H14.

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
10 08	<b>απόβλητα από τη θερμική μεταλλουργία άλλων μη σιδηρούχων μετάλλων</b>	
10 08 08*	αλατόωδεις σκωρίες πρωτογενούς και δευτερογενούς παραγωγής	Οι περισσότερες σκουρίες αλάτων προέρχονται από την επεξεργασία αλουμινίου και βρίσκονται υπό 10 03 08, αλλά η ανακυκλοφορία μαγνησίου και των μειγμάτων του έχει επίσης παραγωγή σκουριών αλάτων. Αυτά κυρίως περιέχουν νιτρίδια, καρβίδια, κυανίδια, φθοριούχα και χλωριούχα, και συχνά παράγονται τοξικά (αμμονία) ή εύφλεκτα (μεθάνιο) αέρια όταν έρχονται σε επαφή με το νερό. Σχετικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν H3A (πέμπτη κατηγορία), H5 έως H7, H12 και H13.
10 08 10*	επιπλέοντες σκωρίες και εξαφίσματα εύφλεκτα ή τα οποία, ερχόμενα σε επαφή με το νερό, εκπέμπουν εύφλεκτα αέρια σε επικίνδυνες ποσότητες	Απόβλητα που περιέχουν έλαια και πίσσα πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα (H3). Πιθανοί κίνδυνοι από μέταλλα, όπως νικέλιο, χαλκός, ψευδάργυρος, αρσενικό, κάδμιο, αντιμόνιο, τελλούριο, υδράργυρος, θόριο, μόλυβδος και τα παραγωγά τους πρέπει να θεωρηθούν στους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10 έως H12 ή H14.
10 08 12*	απόβλητο που περιέχει πίσσα από την παραγωγή θετικών ηλεκτροδίων	
10 08 15*	σκόνη καυσαερίων που περιέχει επικίνδυνες ουσίες	
10 08 17*	λάσπες και πλάκες φίλτρων από την επεξεργασία καυσαερίων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 08 19*	απόβλητα από την επεξεργασία νερού ψύξης που περιέχουν πετρέλαιο	
10 09	<b>απόβλητα από τη χύτευση σιδηρούχων τεμαχίων</b>	
10 09 05*	χύτευση καλουπιών (εσωτερικών και εξωτερικών), τα οποία δεν έχουν υποστεί χύση μετάλλου και περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Αυτά τα απόβλητα θα είναι επικίνδυνα εάν το περιεχόμενο των επιβλαβών, τοξικών κ.α. ακαθαρσιών (κυρίως ανόργανα/μεταλλικά) είναι πάνω από τις συγκεντρώσεις κατωφλίου. Πιθανοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν H4 έως H7. Η κυριότερη ανησυχία σε σχέση με τη χύτευση της άμμου είναι η παρουσία φαινολών, αν και οι συγκεντρώσεις στη χυτευμένη άμμο είναι χαμηλή. Οι περισσότερες χυτευμένες άμμοι πιθανόν να περιέχουν PAHs ως αποτέλεσμα της ατελούς κάψης των οργανικών συστατικών. Οι συγκολλητές είναι γενικότερα επιβλαβείς/τοξικοί (H5/H6) ή/και ερεθιστικοί/διαβρωτικοί (H4/H8). Αντιδραστήρια διάβρωσης συνήθως περιέχουν διαλύτες και είναι εύφλεκτα (H3B) και επιβλαβή (H5).
10 09 07*	χύτευση καλουπιών (εσωτερικών και εξωτερικών), τα οποία έχουν υποστεί χύση μετάλλου και τα οποία περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 09 09*	σκόνη καυσαερίων που περιέχει επικίνδυνες ουσίες	
10 09 11*	άλλα σωματίδια που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 09 13*	απόβλητα δεσμευτικών παραγόντων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 09 15*	απόβλητα παραγόντων ανίχνευσης ρωγμών που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 10	<b>απόβλητα από τη χύτευση μη σιδηρούχων τεμαχίων</b>	
10 10 05*	χύτευση καλουπιών (εσωτερικών και εξωτερικών), που δεν έχουν υποστεί χύση μετάλλου και περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Αυτά τα απόβλητα θα είναι επικίνδυνα εάν το περιεχόμενο των επιβλαβών, τοξικών κ.α. ακαθαρσιών (κυρίως ανόργανα/μεταλλικά) είναι πάνω από τις συγκεντρώσεις κατωφλίου. Πιθανοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν H4 έως H7. Η κυριότερη ανησυχία σε σχέση με τη χύτευση της άμμου είναι η παρουσία φαινολών, αν και οι συγκεντρώσεις στη χυτευμένη άμμο είναι χαμηλή. Οι περισσότερες χυτευμένες άμμοι πιθανόν να περιέχουν PAHs ως αποτέλεσμα της ατελούς κάψης των οργανικών συστατικών. Οι συγκολλητές είναι γενικότερα επιβλαβείς/τοξικοί (H5/H6) ή/και ερεθιστικοί/διαβρωτικοί (H4/H8). Αντιδραστήρια διάβρωσης συνήθως περιέχουν διαλύτες και είναι εύφλεκτα (H3B) και επιβλαβή (H5).
10 10 07*	χύτευση καλουπιών (εσωτερικών και εξωτερικών), που έχουν υποστεί χύση μετάλλου και περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 10 09*	σκόνη καυσαερίων που περιέχει επικίνδυνες ουσίες	
10 10 11*	άλλα σωματίδια που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 10 13*	απόβλητα δεσμευτικών παραγόντων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 10 15*	απόβλητα παραγόντων ανίχνευσης ρωγμών που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 11	<b>απόβλητα από την παραγωγή ύαλου και υάλινων προϊόντων</b>	
10 11 09*	απόβλητο μείγμα προπαρασκευής πριν τη θερμική κατεργασία που περιέχει επικίνδυνες ουσίες	Πιθανοί κίνδυνοι από μέταλλα που χρησιμοποιούνται για τον χρωματισμό του γυαλιού π.χ. κάδμιο, χρώμιο, κοβάλτιο, και από τον υδράργυρο και άλλα βαρέα μέταλλα στις καθοδικές ακτινοτές λυχνίες πρέπει να θεωρηθούν στους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10, H11 ή H14.
10 11 11*	απόβλητα ύαλου σε μικρά σωματίδια και πούδρα ύαλου που περιέχει βαρέα μέταλλα(π.χ. από καθοδικούς σωλήνες)	
10 11 13*	λάσπες στύβωσης και λείανσης ύαλου που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Πιθανοί κίνδυνοι από ιχθυοστοχεία βαρέων μετάλλων πρέπει να εξεταστούν στους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10, H11 έως H14.
10 11 15*	στερεά απόβλητα από την επεξεργασία καυσαερίων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 11 17*	λάσπες και πλάκες φίλτρων από την επεξεργασία καυσαερίων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 11 19*	στερεά απόβλητα από την επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 12	<b>απόβλητα από την παραγωγή κεραμικών, τούβλων, κεραμιδιών και προϊόντων δομικών κατασκευών</b>	
10 12 09*	στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Πιθανοί κίνδυνοι από τα μέταλλα νικέλιο, χαλκός, ψευδάργυρος, χρώμιο, κοβάλτιο, αρσενικό, κάδμιο, αντιμόνιο, υδράργυρος, μόλυβδος και τα παραγωγά τους πρέπει να θεωρηθούν στους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10 έως H12 ή H14. Μερικά από τα περισσότερα επικίνδυνα μέταλλα (π.χ. ουράνιο, θόριο, αρσενικό, κάδμιο) είναι μόνο πιθανόν να βρεθούν σε παλιά απόβλητα γράσων, και θα συμπεριλαμβάνονται στο κεφάλαιο 17 01 06. Επιπρόσθετα, απόβλητα από την επεξεργασία αερίων είναι πιθανώς επιβλαβή ως H4 και H8 λόγω της αλκαλικότητάς τους.
10 12 11*	απόβλητα σμαλτοποίησης που περιέχουν βαρέα μέταλλα	
10 13	<b>απόβλητα από την παραγωγή τσιμέντου, ανύδρου άσβεστου και ασβεστο-κονιάματος, καθώς και αντικειμένων και προϊόντων που κατασκευάζονται από αυτά</b>	
10 13 09*	απόβλητα από την παραγωγή αμιαντοτσιμέντου που περιέχουν αμιάντο	Αποβλητα που περιέχουν αμιάντο είναι επικίνδυνα επειδή είναι καρκινογενή (H7) και τοξικά (H6) εάν βρίσκονται πάνω από τιμές κατωφλίου. Γύψινα απόβλητα και ασβεστόπλακες, και θειούχα υπολείμματα από καπνοδόχους αέρινης επεξεργασίας, μπορούν να αντιδράσουν με άλλα απόβλητα παράγοντας υδρόθειο και όξινα προϊόντα. Αυτά ίσως είναι επικίνδυνα επειδή είναι H13 εάν βρίσκονται πάνω απο τις συγκεντρώσεις κατωφλίου.
10 13 12*	στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
10 14	<b>απόβλητα από κλιβάνους αποτεφρώσεως απορριμμάτων</b>	
10 14 01*	απόβλητα από τον καθαρισμό αερίων που περιέχουν υδράργυρο	Πιθανοί κίνδυνοι από τον υδράργυρο και των παραγώγων του πρέπει να θεωρηθούν στους ακόλουθους κινδύνους: H5, H6, H8 και H14.
11	<b>Απόβλητα από τη χημική επιφανειακή επεξεργασία και την επικάλυψη μετάλλων και άλλων υλικών: υδρομεταλλουργία μη σιδηρούχων μετάλλων</b>	
11 01	<b>απόβλητα από τη χημική επιφανειακή επεξεργασία και την επικάλυψη μετάλλων και άλλων υλικών (π.χ. διεργασίες γαλβανισμού, διεργασίες επανεπαργύρωσης, διεργασίες καθαρισμού με οξύ, χρωαγής με οξύ, φωσφορικής επικάλυψης, αλκαλικής οξέα καθαρισμού</b>	
11 01 05*	οξέα καθαρισμού	Αυτά θα είναι κυρίως διαβρωτικά/ερεθιστικά (H8/H4) και ίσως να περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών βαρέων μετάλλων, τα οποία μπορούν να είναι επικίνδυνα επειδή είναι H5 έως H7. Το διάλυμα καθαρισμού με οξύ μπορεί να θεωρηθεί σε αυτές τις καταχωρήσεις.
11 01 06*	οξέα μη προδιαγραφόμενα άλλως	
11 01 07*	βασικά υλικά καθαρισμού	
11 01 08*	λάσπες από τη διαμόρφωση φωσφορικής επικάλυψης σε μέταλλο	
11 01 16*	κεκορεσμένες ή εξαντλημένες ρητίνες ανταλλαγής ιόντων	

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
11 01 09* 11 01 11* 11 01 13* 11 01 15* 11 01 98* 11 02 11 02 02*  11 02 05* 11 02 07*  11 03 11 03 01* 11 03 02*  11 05 11 05 03* 11 05 04*	λάσπες και πλάκες φίλτρων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες υδαρή υγρά ξηπλώματος που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες απόβλητα απολίπανσης που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες εκλούσματα και λάσπες από συστήματα μεμβρανών ή συστήματα ανταλλαγής ιόντων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες άλλα απόβλητα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες <b>απόβλητα από μη σιδηρούχες υδρομεταλλουργικές διεργασίες</b>	Πιθανοί κίνδυνοι από μέταλλα νικελίου, χαλκού, ψευδαργύρου, αρσενικού, καδμίου, μολύβδου και τα παραγωγά τους πρέπει να θεωρηθούν στους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10 έως H12 ή H14. Απόβλητα στα οποία έχει αφαιρεθεί το γράσσο ίσως περιέχουν ισχυρά αλκάλια (H8).
	λάσπες από υδρομεταλλουργία ψευδαργύρου (συμπεριλαμβάνονται ιαροσίτης, γκατίτης)	Λάσπες από την υδρομεταλλουργία ψευδαργύρου είναι όξινα απόβλητα με πιθανώς υψηλές συγκεντρώσεις δυνητικά επικίνδυνων βαρέων μετάλλων. Θα είναι επικίνδυνες σε έναν ή περισσότερες από τους κινδύνους H4 έως H8.
	απόβλητα από υδρομεταλλουργικές διεργασίες χαλκού που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες άλλα απόβλητα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Αυτά είναι όξινα απόβλητα με πιθανώς υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και πρέπει να θεωρηθούν στους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10, H11 ή H14.
	<b>λάσπες και στερεά από διεργασίες βαφής</b>	
	απόβλητα που περιέχουν κυανιούχα άλλα απόβλητα	Τα κυανίδια συνήθως κατατάσσονται ως επιβλαβή (H5), πολύ τοξικά (H6) και οικοτοξικά (H14).
	<b>απόβλητα από διεργασίες γαλβανισμού</b>	
	στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων εξαντλημένος ρευστοποιητής	Στερεά απόβλητα από διεργασίες γαλβανισμού ψευδαργύρου είναι πιθανώς όξινα με υψηλές συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών βαρέων μετάλλων, ενώ τα υπολείμματα καθαρισμού αερίων είναι πιθανώς αλκαλικά. Η ροή είναι συνήθως αμμωνιακό χλωρίδιο ψευδαργύρου. Μετά τη βύθιση του λιωμένου ψευδαργύρου, τα προϊόντα ψύχονται με διάλυμα διχρωμικού νατρίου. Αυτά τα απόβλητα θα είναι επικίνδυνα σε έναν ή περισσότερους από τους κινδύνους H4 έως H8.
	<b>Απόβλητα από τη μορφοποίηση και τη φυσική και μηχανική επιφανειακή επεξεργασία μετάλλων και πλαστικών</b>	
	<b>Απόβλητα από τη μορφοποίηση και τη φυσική και μηχανική επιφανειακή επεξεργασία μετάλλων και πλαστικών</b>	
	απόβλητα ελαίων μεταλλοτεχνίας που περιέχουν αλογόνα με βάση τα ορυκτά (εκτός γαλακτωδών και διαλυμάτων) απόβλητα ελαίων μεταλλοτεχνίας που δεν περιέχουν αλογόνα με βάση τα ορυκτά (εκτός γαλακτωδών και διαλυμάτων) γαλακτώματα και διαλύματα μεταλλοτεχνίας που περιέχουν αλογόνα γαλακτώματα και διαλύματα μεταλλοτεχνίας που δεν περιέχουν αλογόνα συνθετικά έλαια μεταλλοτεχνίας εξαντλημένοι κηροί και λίπη άμεσα βιοαποικοδομήσιμα έλαια μεταλλοτεχνίας λάσπες μεταλλοτεχνίας που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες απόβλητα υλικών αμμοβολής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες λάσπη μετάλλων (λάσπη από λίπανση, στίλβωση και λίπανση με αλοιφή) που περιέχει πετρέλαιο εξαντλημένα σώματα λίπανσης και υλικά λίπανσης που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Τα απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7), όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους. Ένας ή περισσότεροι από τους κινδύνους H3A (πρώτη ή τρίτη κατηγορία), H3B έως H8 και H12 έως H14 θεωρούνται πιθανοί.  Τα απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7), όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους. Πιθανοί κίνδυνοι είναι λόγω ρύπανσης με αυτά τα απόβλητα από υλικά που βρίσκονται στο έδαφος ή σχηματισμένα. Όσο αυτά μπορούν να προέλθουν από ένα εύρος υλικών πρέπει να καθοριστούν σε H2, H4 έως H8 και H10 έως H12, εάν επικίνδυνες ουσίες βρίσκονται πάνω από τις συγκεντρώσεις κατοφλίου.
	<b>απόβλητα από διεργασίες απολίπανσης με νερό και ατμό (εκτός από το κεφάλαιο 11)</b>	
	υδατικά υγρά πλυσίματος απόβλητα απολίπανσης με ατμό	Ρυπασμένα απόβλητα που περιέχουν έλαια από διεργασίες αφαίρεσης γράσσων πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα (H3) ή άλλους κινδύνους.
<b>13 Απόβλητα ελαίων και απόβλητα καυσίμων (εκτός βρωσίμων ελαίων και εκείνων που περιλαμβάνονται στα κεφάλαια 05, 12 και 19)</b>		
13 01  13 01 01* 13 01 04* 13 01 05* 13 01 09* 13 01 10* 13 01 11* 13 01 12*  13 02 13 02 04* 13 02 05* 13 02 06* 13 02 07* 13 02 08*  13 03 13 03 01* 13 03 06* 13 03 07* 13 03 08* 13 03 09* 13 03 10*	<b>απόβλητα υδραυλικών ελαίων</b>	
	υδραυλικά έλαια που περιέχουν PCBs χλωριωμένα γαλακτώματα μη χλωριωμένα γαλακτώματα χλωριωμένα υδραυλικά έλαια με βάση τα ορυκτά μη χλωριωμένα υδραυλικά έλαια με βάση τα ορυκτά συνθετικά υδραυλικά έλαια άμεσα βιοαποικοδομήσιμα υδραυλικά έλαια	Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους. Τα PCBs που κατατάσσονται ως R33, N: R50,53. R33 δεν θεωρούνται ως επικίνδυνα. Έως ή πάνω από μια συγκέντρωση του 0.25% του PCB ή PCT, το απόβλητο θα είναι οικοτοξικό H14.
	<b>απόβλητα έλαια μηχανής, κιβωτίου ταχυτήτων και λίπανσης</b>	
	χλωριωμένα έλαια μηχανής, κιβωτίου ταχυτήτων και λίπανσης με βάση τα ορυκτά μη χλωριωμένα έλαια μηχανής, κιβωτίου ταχυτήτων και λίπανσης με βάση τα ορυκτά συνθετικά έλαια μηχανής, κιβωτίου ταχυτήτων και λίπανσης άμεσα βιοαποικοδομήσιμα έλαια μηχανής, κιβωτίου ταχυτήτων και λίπανσης άλλα έλαια μηχανής, κιβωτίου ταχυτήτων και λίπανσης	Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους.
	<b>απόβλητα έλαια μόνωσης και μεταφοράς θερμότητας</b>	
	έλαια μόνωσης ή μεταφοράς θερμότητας που περιέχουν PCBs χλωριωμένα έλαια μόνωσης ή μεταφοράς θερμότητας με βάση τα ορυκτά εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 13 03 01 μη χλωριωμένα έλαια μόνωσης και μεταφοράς θερμότητας με βάση τα ορυκτά συνθετικά έλαια μόνωσης και μεταφοράς θερμότητας άμεσα βιοαποικοδομήσιμα έλαια μόνωσης και μεταφοράς θερμότητας άλλα έλαια μόνωσης και μεταφοράς θερμότητας	Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους. Τα PCBs που κατατάσσονται ως R33, N: R50,53. R33 δεν θεωρούνται ως επικίνδυνα. Έως ή πάνω από μια συγκέντρωση του 0.25% του PCB ή PCT, το απόβλητο θα είναι οικοτοξικό H14.

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
13 04	έλαια υδροσυλλεκτών πλοίων	
13 04 01*	έλαια υδροσυλλεκτών πλοίων εσωτερικής ναυσιπλοΐας	Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους.
13 04 02*	έλαια υδροσυλλεκτών πλοίων από αποχετεύσεις προκυμαίων	
13 04 03*	έλαια υδροσυλλεκτών πλοίων άλλης ναυσιπλοΐας	
13 05	περιεχόμενα διαχωριστή ελαίου/νερού	
13 05 01*	στερεά υλικά από θαλάμους υπολειμμάτων και στερεά υλικά διαχωριστή ελαίου/νερού	Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους.
13 05 02*	λάσπες διαχωριστή ελαίου/νερού	
13 05 03*	λάσπες υποδοχέα	
13 05 06*	έλαια από διαχωριστές ελαίου/νερού	
13 05 07*	ελαιώδη ύδατα από διαχωριστές ελαίου/νερού	
13 05 08*	μείγματα αποβλήτων από θαλάμους υπολειμμάτων και διαχωριστές ελαίου/νερού	
13 07	απόβλητα υγρών καυσίμων	
13 07 01*	καύσιμο πετρέλαιο και πετρέλαιο ντίζελ	Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους.
13 07 02*	βενζίνη	
13 07 03*	άλλα καύσιμα (περιλαμβανομένων μειγμάτων)	
13 08	απόβλητα ελαίων μη προδιαγραφόμενα άλλως	
13 08 01*	λάσπες ή γαλακτώματα αφαλάτωσης	Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους.
13 08 02*	άλλα γαλακτώματα	
13 08 99*	απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως	
14	Απόβλητα από οργανικούς διαλύτες, ψυκτικές ουσίες και προωθητικά (εκτός από τα κεφάλαια 07 και 08)	
14 06	απόβλητα από οργανικούς διαλύτες, ψυκτικές ουσίες και αφρώδη/αερολυματικά προωθητικά	
14 06 01*	χλωροφθοράνθρακες, HCFC, HFC	Αυτά τα απόβλητα είναι με διάφορους τρόπους πολύ εύφλεκτα ως H3A (πρώτη κατηγορία), εύφλεκτα (H3B), ερεθιστικά (H4), επιβλαβή (H5) και οικοτοξικά (H14).
14 06 02*	άλλοι αλογονωμένοι διαλύτες και μείγματα διαλυτών	
14 06 03*	άλλοι διαλύτες και μείγματα διαλυτών	
14 06 04*	λάσπες ή στερεά απόβλητα που περιέχουν αλογονωμένους διαλύτες	
14 06 05*	λάσπες ή στερεά απόβλητα που περιέχουν άλλους διαλύτες	
15	Απόβλητα από συσκευασίες: απορροφητικά υλικά, υφάσματα σκουπίσματος, υλικά φίλτρων και προστατευτικός ρουχισμός μη προδιαγραφόμενα άλλως	
15 01	συσκευασίες (περιλαμβανομένων ιδιαίτερος συλλεγντών δημοτικών αποβλήτων συσκευασίας)	
15 01 10*	συσκευασίες που περιέχουν κατάρυα επικινδύνων ουσιών ή έχουν μολυνθεί από αυτές	Αυτές οι κατηγορίες περιλαμβάνουν ένα τόσο μεγάλο εύρος πιθανά επικινδύνων αποβλήτων που πρέπει να θεωρηθούν σε όλους του πιθανούς κινδύνους H1 έως H14. Για τα απόβλητα από συσκευασίες πρέπει να θεωρηθούν στο 15 01 10*, η μέγιστη ποσότητα του υλικού πρέπει να απομακρυνθεί με φυσικά ή μηχανικά μέσα ώστε να μείνει ένα υπόλειμμα ή ρύπανση που δεν μπορεί να απομακρυνθεί με αυτά τα μέσα. Όταν θεωρούνται απόβλητα στο 15 01 10*, το βάρος των συσκευασιών πρέπει να ληφθεί υπόψη όταν θεωρείται ότι το απόβλητο ξεπερνά τα όρια κατωφλιού. Ωστόσο, ένας θετικός έλεγχος του σημείου καύσης θα καταδείξει αν το απόβλητο γίνεται επικίνδυνο όσον αφορά στα άλλα κατώφλια. Εάν οι συσκευασίες περιέχουν υλικά, τα οποία μπορούν να απομακρυνθούν με φυσικά ή μηχανικά μέσα, μπορεί να θεωρηθεί ως μια διεργασία αποβλήτου και η καταχώρησή από ένα κατάλληλο κεφάλαιο χρησιμοποιείται (π.χ. 08 01 11* απόβλητα από χρώματα και βερνίκια που περιέχουν οργανικούς διαλύτες και άλλες επικίνδυνες ουσίες). Σε αυτές τις περιπτώσεις, το βάρος της συσκευασίας δεν πρέπει να θεωρείται όταν εκτιμάται το απόβλητο απέναντι στα όρια κατωφλιού.
15 01 11*	μεταλλική συσκευασία που περιέχει επικίνδυνη μήτρα στερεού πορώδους υλικού (π.χ. αμιάντου), περιλαμβανομένων των κενών δοχείων υπό πίεση	
15 02	απορροφητικά υλικά, υλικά φίλτρων, υφάσματα σκουπίσματος και προστατευτικός ρουχισμός	
15 02 02*	απορροφητικά υλικά, υλικά φίλτρων (περιλαμβανομένων των φίλτρων ελαίου που δεν προδιαγράφονται άλλως), υφάσματα σκουπίσματος, προστατευτικός ρουχισμός που έχουν μολυνθεί από επικίνδυνες ουσίες	Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) εάν βρίσκονται πάνω από συγκεντρώσεις κατωφλιού, όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους. Επειδή αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει ένα τόσο μεγάλο εύρος πιθανά επικινδύνων αποβλήτων που πρέπει να θεωρηθεί σε όλους του πιθανούς κινδύνους H1 έως H14.
16	Απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως στον κατάλογο	
16 01	οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους από διάφορα μέσα μεταφοράς (περιλαμβανομένων μηχανημάτων παντός εδάφους) και απόβλητα από τη διάλυση οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους και από τη συντήρηση οχημάτων (εξαιρουμένων των	
16 01 04*	οχήματα στο τέλος του χρόνου ζωής τους	Αυτές οι κατηγορίες περιλαμβάνουν ένα τόσο μεγάλο εύρος πιθανά επικινδύνων αποβλήτων που πρέπει να θεωρηθούν σε όλους του πιθανούς κινδύνους H1 έως H14. Τα PCBs που κατατάσσονται ως R33, N: R50,53. R33 δεν θεωρούνται ως επικίνδυνα. Έως ή πάνω από μια συγκέντρωση του 0.25% του PCB ή PCT, το απόβλητο θα είναι οικοτοξικό H14.
16 01 08*	κατασκευαστικά στοιχεία που περιέχουν υδράργυρο	
16 01 09*	κατασκευαστικά στοιχεία που περιέχουν PCB	
16 01 10*	εκρηκτικά κατασκευαστικά στοιχεία (π.χ. αερόσαοι)	
16 01 11*	τακάκια φρένων που περιέχουν αμιάντο	
16 01 14*	αντιψυκτικά υγρά που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
16 01 21*	επικίνδυνα κατασκευαστικά στοιχεία εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στα σημεία 16 01 07 έως 16 01 11, στο σημείο 16 01 13 και στο σημείο 16	
16 01 07*	φίλτρα λαδιού	
16 01 13*	υγρά φρένων	
16 02	απόβλητα από ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό	Οι ελάχιστες καταχωρήσεις παραπάνω περιέχουν ειδικότερες και γενικότερες αναφορές σε επικίνδυνες ουσίες. Σε κάθε περίπτωση, η ουσία μόνη της εκτιμάται να προσδιορίσει εάν είναι επικίνδυνη όπως παρουσιάζεται για το 16 02 15 παρακάτω. Ο εξοπλισμός είναι επικίνδυνος εάν περιέχει μια ουσία που εκτιμήθηκε ότι είναι επικίνδυνη ουσία.
16 02 09*	μετασχηματιστές και πυκνωτές που περιέχουν PCBs	
16 02 10*	απορριπτόμενος εξοπλισμός που περιέχει PCBs ή έχει μολυνθεί από παρόμοιες ουσίες άλλος από τον αναφερόμενο στο σημείο 16 02 09	
16 02 11*	απορριπτόμενος εξοπλισμός που περιέχει χλωροφθοράνθρακες HCFC, HFC	
16 02 12*	απορριπτόμενος εξοπλισμός που περιέχει ελεύθερο αμιάντο	
16 02 13*	απορριπτόμενος εξοπλισμός που περιέχει επικίνδυνα συστατικά στοιχεία άλλος από τους αναφερόμενους στα σημεία 16 02 09 έως 16 02 12	

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
16 02 15*	επικίνδυνα συστατικά στοιχεία που έχουν αφαιρεθεί από απορριπτόμενο εξοπλισμό	Αυτή η καταχώρηση είναι μια απόλυτη καταχώρηση επειδή τα συστατικά που αναφέρονται ταξινομούνται ως επικίνδυνα (υπάρχει μία αντίστοιχη μη-επικίνδυνη καταχώρηση για μη-επικίνδυνα συστατικά, 16 02 15). Οι κυριότεροι κίνδυνοι σε αυτές τις κατηγορίες προέρχονται από την παρουσία αμιάντου και αλογονομένων υδρογονανθράκων. Αυτά είναι καρκινογενή (H7) και οικοτοξικά (H14), αντίστοιχα. Τα PCBs που κατατάσσονται ως R33, N: R50,53, R33 δεν θεωρούνται ως επικίνδυνα. Έως ή πάνω από μια συγκέντρωση του 0.25% του PCB ή PCT, το απόβλητο θα είναι οικοτοξικό H14. Επικίνδυνα συστατικά (ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές που περιλαμβάνουν συσσωρευτές και μπαταρίες αναφέρονται στο 16 01 και κατατάσσονται ως επικίνδυνα, διακόπτες υδραργύρου, γυαλιά απο καθοδικές λυχνίες, κ.α) είναι συστατικά, τα οποία περιέχουν επικίνδυνες ουσίες σε συγκεντρώσεις από και πάνω από τις συγκεντρώσεις κατοφλίου. Το συστατικό επιβάλλεται στην απομόνωση και οι συγκεντρώσεις των επικίνδυνων ουσιών θεωρούνται ως βάση για το βάρος του συστατικού. Επειδή ένα μεγάλο εύρος πιθανά επικίνδυνων αποβλήτων μπορεί να βρίσκεται σε επικίνδυνα συστατικά πρέπει να θεωρηθούν σε όλους του πιθανούς κινδύνους H1 έως H14.
16 03	διεργασίες εκτός προδιαγραφών και μη χρησιμοποιημένα προϊόντα	
16 03 03* 16 03 05*	ανόργανα απόβλητα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες οργανικά απόβλητα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Οι κυριότεροι κίνδυνοι από το 16 03 03 θα είναι η παρουσία επιβλαβών και τοξικών ουσιών, ενώ οι κίνδυνοι από το 16 03 05 θα συνδέονται κυρίως με την ευφλεκτότητα και τοξικότητα. Ωστόσο, επειδή ένα μεγάλο εύρος των υλικών είναι πιθανός σε αυτές τις κατηγορίες, όλοι οι κίνδυνοι από το H1 έως το H14 να πρέπει να θεωρηθούν. Ασφαλή Δελτία Δεδομένων πρέπει να είναι διαθέσιμα για να βοηθήσουν στην κατάταξη των αχρησιμοποίητων προϊόντων. Ωστόσο, εάν τα χημικά συστατικά του αποβλήτου είναι άγνωστα, πρέπει να επεξεργαστούν ως επικίνδυνα εκτός και αν εξεταστούν.
16 04	απόβλητα εκρηκτικών	
16 04 01* 16 04 02* 16 04 03*	απόβλητα πυρομαχικά απόβλητα πυροτεχνημάτων άλλα απόβλητα εκρηκτικά	Πολλά εκρηκτικά και απόβλητα εκρηκτικών δεν είναι επικίνδυνα απόβλητα εάν συγκριθούν με τον ορισμό των αποβλήτων που χρησιμοποιείται στο Explosives Act 1875 ("the Act"). Τα απόβλητα πρέπει πρώτα να εξακριβωθούν εάν υπόκεινται σε αυτόν τον ορισμό. Εάν όχι, το πρωταρχικό ρίσκο αυτών των χημικών είναι η τοξικότητα. Νιτρογλυκερίνη, νιτρογουανιδίνη και νιτροτολουόλιο είναι τα πιο τοξικά (αν και στην καθαρή τους μορφή βρίσκονται υπό το Act). Οργανικοί διαλύτες και ενώσεις τους πιθανώς παρουσιάζονται από ακατέργαστα υλικά ή απο διεργασίες καθαρισμού. Χλωριωμένοι διαλύτες δεν χρησιμοποιούνται στην παραγωγή αλλά στον καθαρισμό. Υψηλές συγκεντρώσεις υπολειμμάτων νιτρικού καιθεικού οξέος ίσως παρουσιάζονται. Οι κίνδυνοι που ίσως παρουσιάζονται περιλαμβάνουν H1, H3A (πρώτη με τρίτη κατηγορία), H4 έως H6, H8, H12 και H13. Ρυπασμένα εδάφη από τους χώρους κατασκευής εκρηκτικών θα κατατάσσονται στο 17 05 03.
16 05	αέρια σε δοχεία πίεσης και απορριπτόμενες χημικές ουσίες	
16 05 04*	αέρια σε δοχεία πίεσης (περιλαμβάνονται αλόνες) που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Τα απόβλητα σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνουν κυλίνδρους αερίων και συμπιεσμένα αερολύματα. Στην καταχώρηση πρέπει να θεωρούνται τόσο προωθητικά όσο και περιεχόμενα. Προωθητικά: γενικότερα μπορεί να είναι εύφλεκτα αλκάνια (H3A, πρώτη κατηγορία) ή, σε παλιότερα δοχεία, ουσίες όζοντος όπως CFCs και παράγωγα, συμπεριλαμβανομένου halons (H14). Περιεχόμενα: λόγω του μεγάλου εύρους των υλικών είναι πιθανός σε αυτές τις κατηγορίες, όλοι οι κίνδυνοι από το H1 έως το H14 να πρέπει να θεωρηθούν. Ο βαθμός του "αδιάσματος" ίσως είναι δύσκολα να εκτιμηθεί και το άνοιγμα του δοχείου να είναι παράλογο. Εκτός και αν είναι γνωστό ότι οι κύλινδροι αερίων είναι άδαιοι πρέπει να θεωρηθούν ότι περιέχουν επαρκής ποσότητες αερίων για την πλήρης εκτίμηση κινδύνου.
16 05 06* 16 05 07* 16 05 08*	εργαστηριακά χημικά υλικά που αποτελούνται από επικίνδυνες ουσίες ή τα οποία περιέχουν επικίνδυνες ουσίες, περιλαμβανομένων μειγμάτων απορριπτόμενα ανόργανα χημικά υλικά που αποτελούνται από επικίνδυνες ουσίες ή που τις περιέχουν απορριπτόμενα οργανικά χημικά υλικά που αποτελούνται από επικίνδυνες ουσίες ή που τις περιέχουν	Λόγω του μεγάλου εύρους των υλικών είναι πιθανός σε αυτές τις κατηγορίες, όλοι οι κίνδυνοι από το H1 έως το H14 να πρέπει να θεωρηθούν. Εάν τα χημικά συστατικά του αποβλήτου είναι άγνωστα, πρέπει να επεξεργαστούν ως επικίνδυνα εκτός και αν εξεταστούν. Η κατάταξη πρέπει να βασίζεται σε γνωστές δραστηριότητες από το εργαστήριο.
16 06	μπαταρίες και συσσωρευτές	
16 06 01* 16 06 02* 16 06 03* 16 06 06*	μπαταρίες μολύβδου μπαταρίες Ni-Cd μπαταρίες που περιέχουν υδράργυρο ιδιαίτερα συλλεγόντες ηλεκτρολύτες από μπαταρίες και συσσωρευτές	Πιθανοί κίνδυνοι από μέταλλα νικελίου, χαλκού, αρσενικού, καδμίου, υδραργύρου, μολύβδου και αντιμονίου, και τα παραγωγά τους πρέπει να θεωρηθούν στους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10 έως H12 ή H14. Ηλεκτρολύτες από μπαταρίες και συσσωρευτές είναι κανονικά ισχυρά διαβρωτικά (H8).
16 07	απόβλητα από τον καθαρισμό δεξαμενών μεταφοράς, αποθήκευσης καθώς και βαρελιών (εκτός από τα κεφάλαια 05 και 13)	
16 07 08* 16 07 09*	απόβλητα που περιέχουν πετρέλαιο απόβλητα που περιέχουν άλλες επικίνδυνες ουσίες	Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) εάν τα έλαια βρίσκονται πάνω από συγκεντρώσεις κατοφλίου. Η φύση του διαλύματος καθαρισμού μπορεί επίσης να καθορίσει τους σχετικούς κινδύνους. Το απόβλητο πρέπει επίσης να θεωρηθεί υπό κάθε σχετικούς πρόσθετους κινδύνους. Ωστόσο, λόγω του μεγάλου εύρους των υλικών είναι πιθανός σε αυτές τις κατηγορίες, όλοι οι κίνδυνοι από το H1 έως το H14 να πρέπει να θεωρηθούν. Εάν τα χημικά συστατικά του αποβλήτου είναι άγνωστα, πρέπει να επεξεργαστούν ως επικίνδυνα εκτός και αν εξεταστούν.

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
16 08	<b>εξαντλημένοι καταλύτες</b>	
16 08 02* 16 08 05* 16 08 07*	εξαντλημένοι καταλύτες που περιέχουν επικίνδυνα μεταβατικά μέταλλα ή επικίνδυνες ενώσεις μεταβατικών μετάλλων εξαντλημένοι καταλύτες που περιέχουν φωσφορικό οξύ εξαντλημένοι καταλύτες που έχουν μολυνθεί από επικίνδυνες ουσίες	Πιθανοί κίνδυνοι από μέταλλα μετάπτωσης, όπως επίσης και αρσενικό, αντιμόνιο, τελλούριο, θόριο και μόλυβδος και παραγωγή τους πρέπει να θεωρούνται υπό τους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10 έως H12 ή H14, μαζί με H3A (πέμπτη κατηγορία) εάν τα μέταλλα δεν διανέμονται λεπτομερώς.
16 08 06*	αχρηστευμένα υγρά που χρησιμοποιήθηκαν ως καταλύτες	Η καταχώρηση που εμφανίζεται σχεδιάστηκε για να συγκρατεί αντιδράσεις ρευστών που δεν είχαν προηγουμένως καταχωρηθεί (εάν είναι αληθινός καταλύτης στη φύση ή όχι). Λόγω του μεγάλου εύρους των υλικών που είναι πιθανώς σε αυτές τις κατηγορίες, όλοι οι κίνδυνοι από το H1 έως το H14 πρέπει να θεωρηθούν.
16 09	<b>οξειδωτικές ουσίες</b>	
16 09 01* 16 09 02* 16 09 03* 16 09 04*	υπερμαγγανικά, π.χ. υπερμαγγανικό κάλιο χρωμικά άλατα, π.χ. χρωμικό κάλιο, διχρωμικό κάλιο ή νάτριο υπεροξειδία, π.χ. υπεροξειδίο υδρογόνου οξειδωτικές ουσίες μη προδιαγραφόμενες άλλως	Ο σημαντικότερος κίνδυνος αυτών των αποβλήτων είναι οξειδωτικός (H2), αλλά H4 έως H8, H11, H12 και H14 ίσως εφαρμοστούν. Η κυριότερη μέθοδος επεξεργασίας αυτών των αποβλήτων είναι συνήθως έλεγχος της αντίδρασης για ολοκλήρωση: Ο κίνδυνος H2 τότε δεν θα παρουσιαστεί.
16 10	<b>υδαρή υγρά απόβλητα προοριζόμενα για επεξεργασία εκτός τόπου παραγωγής</b>	
16 10 01* 16 10 03*	υδαρή υγρά απόβλητα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες υδαρή συμπυκνώματα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Λόγω του μεγάλου εύρους των υλικών που είναι πιθανώς σε αυτές τις κατηγορίες, όλοι οι κίνδυνοι από το H1 έως το H14 πρέπει να θεωρηθούν.
16 11	<b>απόβλητα υλικά επένδυσης και εμαγέ για πυρίμαχες επιφάνειες</b>	
16 11 01* 16 11 03* 16 11 05*	υλικά επένδυσης και εμαγέ για πυρίμαχες επιφάνειες με βάση τον άνθρακα από μεταλλουργικές διεργασίες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες άλλα υλικά επένδυσης και εμαγέ για πυρίμαχες επιφάνειες από μεταλλουργικές διεργασίες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες υλικά επένδυσης και εμαγέ για πυρίμαχες επιφάνειες από μη μεταλλουργικές διεργασίες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Πιθανοί ρύποι περιλαμβάνουν οξειδία μετάλλων (συμπεριλαμβανομένου και αυτών που εναποθέτονται από καπνούς), οργανικές ενώσεις, και βενζόλιο και φαινόλες εάν χημικά δεσμευμένοι πυρίνες χρησιμοποιούνται. Οι κίνδυνοι που περιλαμβάνονται είναι H3A (τρίτη κατηγορία), H4 έως H7, H12 και H13.
17	<b>Απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις (περιλαμβάνεται χόμα εκσκαφής από ρυπασμένες τοποθεσίες)</b>	
17 01	<b>σκυρόδεμα, τούβλα, πλακίδια και κεραμικά</b>	
17 01 06*	μείγματα ή επιμέρους συστατικά από σκυρόδεμα, τούβλα, πλακίδια και κεραμικά που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Αυτά τα απόβλητα κανονικά δεν θεωρούνται επικίνδυνα, εκτός και αν υπάρχει ρύπανση από επικίνδυνες ουσίες (π.χ. αμιάντος) όλοι οι κίνδυνοι από το H1 έως το H14 πρέπει να θεωρηθούν.
17 02	<b>ξύλο, γυαλί και πλαστικό</b>	
17 02 04*	γυαλί, πλαστικό και ξύλο που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες ή έχουν μολυνθεί από αυτές	Αυτά τα απόβλητα κανονικά δεν θεωρούνται επικίνδυνα, εκτός και αν υπάρχει ρύπανση από επικίνδυνες ουσίες σε αρκετή συγκέντρωση (π.χ υψηλές συγκεντρώσεις από επεξεργασμένα ξύλα ή συντηρητικά προϊόντα μέσα στο επεξεργασμένο οικοδομικό υλικό, λαμβάνοντας υπόψη το βάρος του οικοδομικού υλικού) όλοι οι κίνδυνοι από το H1 έως το H14 πρέπει να θεωρηθούν.
17 03	<b>μείγματα ασφάλτου και ορυκτής πίσσας, λιθανθρακόπισσα και προϊόντα πίσσας</b>	
17 03 01*  17 03 03*	μείγματα ορυκτής ασφάλτου που περιέχουν λιθανθρακόπισσα  λιθανθρακόπισσα και προϊόντα πίσσας	Απόβλητα που περιέχουν λιθανθρακόπισσα πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7), και μπορούν να είναι υψηλά διαβρωτικά (H8) όπως επίσης εύφλεκτα εάν οι σχετικές ουσίες βρίσκονται πάνω από τις συγκεντρώσεις κατωφλιού. Οι κίνδυνοι H1 έως H8 και H10 έως H14 πρέπει να θεωρηθούν.  Απόβλητα που περιέχουν λιθανθρακόπισσα πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7), και μπορούν να είναι υψηλά διαβρωτικά όπως επίσης εύφλεκτα. Επιπρόσθετοι σχετικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν H3B έως H8, H12 έως H14.
17 04	<b>μέταλλα (περιλαμβανομένων και των κραμάτων τους)</b>	
17 04 09*  17 04 10*	απόβλητα μετάλλων μολυσμένα από επικίνδυνες ουσίες  καλώδια που περιέχουν πετρέλαιο, λιθανθρακόπισσα και άλλες επικίνδυνες ουσίες	Αυτή η καταχώρηση αναφέρεται σε μεταλλικά απόβλητα τα οποία είναι ρυπασμένα με επικίνδυνες ουσίες (π.χ. έλαια, επικίνδυνες επικαλύψεις, αμιάντος (αν και το 17 06 05 ίσως είναι πιο κατάλληλο)). Λόγω του μεγάλου εύρους των υλικών που είναι πιθανώς σε αυτές τις κατηγορίες, όλοι οι κίνδυνοι από το H1 έως το H14 πρέπει να θεωρηθούν.  Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους.
17 05	<b>χώματα (περιλαμβανομένων χωμάτων εκσκαφής από ρυπασμένες τοποθεσίες), πέτρες και μπάζα εκσκαφών</b>	
17 05 03* 17 05 05* 17 05 07*	χώματα και πέτρες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες μπάζα εκσκαφών που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες έρμα σιδηροτροχιών που περιέχει επικίνδυνες ουσίες	Αυτές οι κατηγορίες περιλαμβάνουν ένα τόσο μεγάλο εύρος πιθανά επικίνδυνων αποβλήτων που πρέπει να θεωρούνται σε όλους από το H1 έως H14. Εάν τα χημικά συστατικά του αποβλήτου είναι άγνωστα, πρέπει να επεξεργαστούν ως επικίνδυνα εκτός και αν εξεταστούν.
17 06	<b>μονωτικά υλικά και υλικά δομικών κατασκευών που περιέχουν αμιάντο</b>	
17 06 01* 17 06 03* 17 06 05*	μονωτικά υλικά που περιέχουν αμιάντο άλλα μονωτικά υλικά που αποτελούνται από επικίνδυνες ουσίες ή τις περιέχουν υλικά δομικών κατασκευών που περιέχουν αμιάντο	Ο αμιάντος είναι καρκινογενής (H7) και τοξικός (H6). Άλλα μονωτικά υλικά που μπορεί να παρουσιάζονται περιλαμβάνουν αερούς που περιέχουν CFCs, επικίνδυνα έως οικοτοξικά (H14). Κετοές οροφής και άλλα ασφαλώδη μονωτικά υλικά κατατάσσονται υπό 17 03.
17 08	<b>υλικά δομικών κατασκευών με βάση τον γύψο</b>	
17 08 01*	υλικά δομικών κατασκευών με βάση τον γύψο μολυσμένα από επικίνδυνες ουσίες	Εκτός από κάθε ιχνοστοχείο, π.χ βαρέα μέταλλα, απόβλητα με βάση τον γύψο μπορεί να βρεθούν σε συγκεντρώσεις άνω του κατωφλιού. Τα απόβλητα μπορεί να είναι επικίνδυνα ως H12 και H13.

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
17 09	<b>άλλα απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων</b>	
17 09 01*	απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων που περιέχουν υδράργυρο	Υπάρχουν πιθανοί ρύποι από την παρουσία υδραργύρου ή ενώσεών του: Εάν ο υδράργυρος βρίσκεται σε συγκεντρώσεις πάνω από τις τιμές κατωφλιού, πρέπει να θεωρηθεί επικίνδυνος ως H4 έως H6 και H14.
17 09 02*	απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων που περιέχουν PCB (π.χ. στεγανωτικά υλικά που περιέχουν PCB, δάπεδα με βάση ρητίνες που περιέχουν PCB, μονάδες στεγανοποιημένης υαλόφραξης που περιέχουν PCB, πυκνωτές που περιέχουν PCB)	Τα PCBs που κατατάσσονται ως R33, N: R50,53. R33 δεν θεωρούνται ως επικίνδυνα. Έως ή πάνω από μια συγκέντρωση του 0.25% του PCB ή PCT, το απόβλητο θα είναι οικοτοξικό H14.
17 09 03*	άλλα απόβλητα δομικών κατασκευών και κατεδαφίσεων (περιλαμβανομένων μειγμάτων αποβλήτων) που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Αυτές οι κατηγορίες περιλαμβάνουν ένα τόσο μεγάλο εύρος πιθανά επικίνδυνων αποβλήτων που πρέπει να θεωρούνται σε όλους τους πιθανούς κινδύνους από το H1 έως H14. Εάν τα χημικά συστατικά του αποβλήτου είναι άγνωστα, πρέπει να επεξεργαστούν ως επικίνδυνα εκτός και αν εξεταστούν.
18	<b>Απόβλητα από την υγιειονομική περίθαλψη ανθρώπων ή ζώων ή/και από σχετικές έρευνες (εξαιρούνται απόβλητα κουζίνας και εστιατορίων που δεν προκύπτουν άμεσα από το σύστημα υγείας)</b>	
18 01	<b>απόβλητα από την περιγεννητική φροντίδα, τη διάγνωση, τη θεραπεία ή την πρόληψη ασθενειών σε ανθρώπους</b>	
18 01 03*	απόβλητα των οποίων η συλλογή και διάθεση υπόκεινται σε ειδικές απαιτήσεις σε σχέση με την πρόληψη μόλυνσης	Τα απόβλητα σε αυτή την κατηγορία πρέπει να θεωρούνται ως H9.
18 01 06*	χημικές ουσίες που αποτελούνται από ή περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Εάν τα χημικά συστατικά του αποβλήτου είναι άγνωστα, πρέπει να επεξεργαστούν ως επικίνδυνα εκτός και αν εξεταστούν.
18 01 08*	κυτταροτοξικές και κυτταροστατικές φαρμακευτικές ουσίες	Κάθε ιατρικό προϊόν που κατέχει μία ή περισσότερες επικίνδυνες ιδιότητες τοξικό (H6), καρκινογόνο (H7), τοξικό για αναπαραγωγή (H10), ή μεταλλαξιογόνο (H11), κατατάσσεται ως "κυτταρο-τοξικό και κυτταρο-στατικό". Αυτό περιλαμβάνει ναρκωτικά από ένα αριθμό ιατρικών κλάσεων όπως για παράδειγμα αντισεπτικά, αντιδραστικά, αντιβιοτικά, ορμονικά και άλλα.
18 01 10*	αμάλγαμα οδοντιατρικής	Τα απόβλητα αμαλγάματος είναι επικίνδυνα λόγω υδραργύρου, και σε μικρότερο βαθμό από άλλα συστατικά του αμαλγάματος (π.χ. άργυρος και κασσιτερος). Ο κίνδυνος H13 εφαρμόζεται σε χημικές και θερμικές διεργασίες περιλαμβάνοντας ανακύκλωση, αποτέφρωση ή άλλες επεξεργασίες απελευθερώνουν υδράργυρο από το αμάλγαμα. Οι κίνδυνοι H6 και H14 εφαρμόζονται με την απελευθέρωση υδραργύρου.
18 02	<b>απόβλητα από την έρευνα, διάγνωση, θεραπεία ή πρόληψη των ασθενειών που εμφανίζονται σε ζώα</b>	
18 02 02*	απόβλητα των οποίων η συλλογή και διάθεση υπόκεινται σε ειδικές απαιτήσεις σε σχέση με την πρόληψη μόλυνσης	Τα απόβλητα σε αυτή την κατηγορία πρέπει να θεωρούνται ως H9.
18 02 05*	χημικές ουσίες που αποτελούνται από ή περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Εάν τα χημικά συστατικά του αποβλήτου είναι άγνωστα, πρέπει να επεξεργαστούν ως επικίνδυνα εκτός και αν εξεταστούν.
18 02 07*	κυτταροτοξικές και κυτταροστατικές φαρμακευτικές ουσίες	Κάθε ιατρικό προϊόν που κατέχει μία ή περισσότερες επικίνδυνες ιδιότητες τοξικό (H6), καρκινογόνο (H7), τοξικό για αναπαραγωγή (H10), ή μεταλλαξιογόνο (H11), κατατάσσεται ως "κυτταρο-τοξικό και κυτταρο-στατικό". Αυτό περιλαμβάνει ναρκωτικά από ένα αριθμό ιατρικών κλάσεων όπως για παράδειγμα αντισεπτικά, αντιδραστικά, αντιβιοτικά, ορμονικά και άλλα.
19	<b>Απόβλητα από τις μονάδες διαχείρισης απολήτων, εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων εκτός σημείου παραγωγής και την προετοιμασία ύδατος</b>	
19 01	<b>απόβλητα από την καύση ή πυρόλυση αποβλήτων</b>	
19 01 05*	πίττα φίλτρου από την επεξεργασία αερίων	Πιθανοί κίνδυνοι από μέταλλα, όπως νικέλιο, χαλκός, ψευδάργυρος, αρσενικό, κάδμιο, αντιμόνιο, τελλούριο, θόριο και μόλυβδος και παραγωγή τους πρέπει να θεωρούνται στους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10 έως H12 ή H14.
19 01 06*	υδαρή υγρά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων και άλλα υδαρή υγρά απόβλητα	
19 01 07*	στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων	
19 01 10*	εξαντλημένος ενεργός άνθρακας από επεξεργασία καυσαερίων	
19 01 11*	τέφρα και σκωρία κλιβάνου που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Πιθανοί κίνδυνοι από μέταλλα, όπως νικέλιο, χαλκός, ψευδάργυρος, αρσενικό, κάδμιο, αντιμόνιο, τελλούριο, θόριο και μόλυβδος και παραγωγή τους πρέπει να θεωρούνται στους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10 έως H12 ή H14. Στερεά απόβλητα από την επεξεργασία αερίων ίσως είναι αλκαλικά και επομένως δυνητικά διαβρωτικά (H8).
19 01 13*	πηκτική τέφρα που περιέχει επικίνδυνες ουσίες	
19 01 15*	σκόνη λεβήτων που περιέχει επικίνδυνες ουσίες	
19 01 17*	απόβλητα πυρόλυσης που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
19 02	<b>απόβλητα από φυσικοχημικές επεξεργασίες αποβλήτων (περιλαμβάνονται αποχρωμίωση, αποκύνωση, εξουδετέρωση)</b>	
19 02 04*		Προαναμεμιγμένα απόβλητα παράγονται από την μίξη (δεν περιλαμβάνεται χημική αντίδραση) διαφορετικών τύπων αποβλήτων κατά τη διάρκεια επεξεργασίας αποβλήτων. Αναμειγνώντας ώστε να διευκολυνθεί η μεταχείριση των αποβλήτων μειώνεται η συγκέντρωση των επικίνδυνων ουσιών κάτω από τα όρια κατωφλιού. Ωστόσο, εάν κάποιο από τα απόβλητα ήταν επικίνδυνο, το επακόλουθο "προαναμεμιγμένο" απόβλητο θα κάλυπτεται από αυτή την απόλυτη καταχώρηση, παρόλες τις συγκεντρώσεις των επικίνδυνων ουσιών μέσα στο απόβλητο.
19 02 07*	πετρέλαιο και συμπυκνώματα από διαχωρισμό	Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους.
19 02 05*	λάσπες από φυσικοχημικές επεξεργασίες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Αυτές οι κατηγορίες περιλαμβάνουν ένα τόσο μεγάλο εύρος πιθανά επικίνδυνων αποβλήτων που πρέπει να θεωρούνται σε όλους τους πιθανούς κινδύνους από το H1 έως H14. Εάν τα χημικά συστατικά του αποβλήτου είναι άγνωστα, πρέπει να επεξεργαστούν ως επικίνδυνα εκτός και αν εξεταστούν.
19 02 08*	απόβλητα υγρών καυσίμων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
19 02 09*	απόβλητα στερεών καυσίμων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	
19 02 11*	άλλα απόβλητα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
19 03	<b>σταθεροποιημένα/στερεοποιημένα απόβλητα</b>	
19 03 04* 19 03 06*	απόβλητα που σημειώνονται με αστερίσκο ως επικίνδυνα και τα οποία είναι μερικός σταθεροποιημένα απόβλητα που σημειώνονται με αστερίσκο ως επικίνδυνα και τα οποία είναι στερεοποιημένα	Αυτές οι κατηγορίες περιλαμβάνουν ένα τόσο μεγάλο εύρος πιθανά επικίνδυνων αποβλήτων που πρέπει να θεωρούνται σε όλους τους πιθανούς κινδύνους από το H1 έως H14. Εάν τα χημικά συστατικά του αποβλήτου είναι άγνωστα, πρέπει να επεξεργαστούν ως επικίνδυνα εκτός και αν εξεταστούν. (Οι αντίστοιχες μη-επικίνδυνες καταχωρήσεις για σταθεροποιημένα/στερεοποιημένα απόβλητα απο τα οποία οι κίνδυνοι έχουν απομακρυνθεί ή τα οποία δεν είχαν ποτέ καταχωρηθεί ως επικίνδυνα είναι 19 03 05 και 19 03 07.)
19 04	<b>υαλοποιημένα απόβλητα και απόβλητα από διεργασίες υαλοποίησης</b>	
19 04 02* 19 04 03*	πηκτική τέφρα και απόβλητα επεξεργασίας καυσαερίων μη υαλοποιημένη στερεά φάση	Πιθανοί κίνδυνοι από μέταλλα, όπως νικέλιο, χαλκός, ψευδάργυρος, αρσενικό, κάδμιο, αντιμόνιο, τελλούριο, θόριο και μόλυβδος και παραγωγή τους πρέπει να θεωρούνται στους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10 έως H12 ή H14.
19 07	<b>στραγγίσματα χώρου υγειονομικής ταφής</b>	
19 07 02*	στραγγίσματα χώρου υγειονομικής ταφής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Πιθανοί κίνδυνοι που πρέπει να θεωρηθούν είναι H4 έως H7, H10 έως H13 και H14 λόγω υψηλής συγκέντρωσης αμμωνίας, βαρέων μετάλλων και φυτοφαρμάκων. Εάν κάποιο από αυτές τις ουσίες είναι αρκετά υψηλό, το στράγγισμα πρέπει να καταχωρηθεί ως επικίνδυνο.
19 08	<b>απόβλητα από εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων μη προδιαγραφόμενα άλλως</b>	
19 08 06* 19 08 07*	κεκορεσμένες ή εξαντλημένες ιοντοανταλλακτικές ρητίνες διαλύματα και λάσπες από την αναγέννηση ιοντοανταλλακτών	Αυτά τα απόβλητα ίσως περιέχουν μια ποικιλία ρύπων που εξαρτάται από την πηγή του ακάθαρτου νερού, π.χ. βιομηχανικές πηγές σε σχέση με οικιακές. Θα πρέπει να θεωρούνται σε όλους τους κινδύνους H1 έως H14.
19 08 08*	απόβλητα συστημάτων μεμβράνης που περιέχουν βαρέα μέταλλα	Πιθανοί κίνδυνοι από μέταλλα, όπως νικέλιο, χαλκός, ψευδάργυρος, αρσενικό, κάδμιο, αντιμόνιο, τελλούριο, θόριο και μόλυβδος και παραγωγή τους πρέπει να θεωρούνται υπό τους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10 έως H12 ή H14.
19 08 10* 19 08 11* 19 08 13*	μείγματα λυτών και ελαίων από το διαχωρισμό ελαίου/ύδατος εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 19 08 09 λάσπες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες από τη βιολογική κατεργασία αποβλήτων βιομηχανικών υδάτων λάσπες που περιέχουν ουσίες από άλλη κατεργασία αποβλήτων βιομηχανικών υδάτων	Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή (H7) εάν τα έλαια παρουσιάζονται πάνω από τις τιμές κατωφλιού, όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους. Λάσπες από τη βιολογική επεξεργασία πρέπει να καταταχθούν ως H9. (Υπάρχει η αντίστοιχη μη-επικίνδυνη καταχώρηση για 19 08 10, όπου τα γράσα και τα έλαια αποτελούν τα εδόδιμα έλαια και λίπη μόνο, 19 08 09).
19 10	<b>απόβλητα από κατατεμαχισμό αποβλήτων που περιέχουν μέταλλα</b>	
19 10 03* 19 10 05*	ελαφρό κλάσμα κατατεμαχισμού και σκόνη που περιέχει επικίνδυνες ουσίες άλλα κλάσματα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Πιθανοί κίνδυνοι από μέταλλα, όπως νικέλιο, χαλκός, ψευδάργυρος, αρσενικό, κάδμιο, αντιμόνιο, τελλούριο, θόριο και μόλυβδος και παραγωγή τους, επίπλεον PCBs και αμιάντος, πρέπει να θεωρούνται υπό τους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10 έως H12 ή H14.
19 11	<b>απόβλητα από την αναγέννηση πετρελαίου</b>	
19 11 01* 19 11 02* 19 11 03* 19 11 04* 19 11 07* 19 11 05*	εξαντλημένα φίλτρα αργίλων όξινες πίτσες υδαρή υγρά απόβλητα απόβλητα από τον καθαρισμό καυσίμων με βασικά υλικά απόβλητα από τον καθαρισμό καυσαερίων λάσπες από την επιτόπου επεξεργασία λυμάτων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή εάν τα έλαια παρουσιάζονται πάνω από τις τιμές κατωφλιού, όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους. Οι κλινδυνοι H3B έως H8 και H12 έως H14 ίσως εφαρμοστούν.  Απόβλητα που περιέχουν έλαια πρέπει να επεξεργαστούν ως καρκινογενή εάν τα έλαια παρουσιάζονται πάνω από τις τιμές κατωφλιού, όπως επίσης και κάθε σχετικό με πρόσθετη ευφλεκτότητα ή άλλους κινδύνους. Οι κλινδυνοι H3B έως H8 και H12 έως H14 ίσως εφαρμοστούν.
19 12	<b>απόβλητα από τη μηχανική επεξεργασία αποβλήτων (π.χ. διαλογή, σύνθλιψη, συμπαγοποίηση, κοκκοποίηση) μη προδιαγραφόμενα άλλως</b>	
19 12 06* 19 12 11*	ξύλο που περιέχει επικίνδυνες ουσίες άλλα απόβλητα (περιλαμβανομένων μειγμάτων υλικών) από τη μηχανική κατεργασία αποβλήτων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Αυτές οι κατηγορίες περιλαμβάνουν ένα τόσο μεγάλο εύρος από πιθανά επικίνδυνα απόβλητα που πρέπει να θεωρηθούν σε όλους τους κινδύνους H1 έως το H14. Εάν τα χημικά συστατικά του αποβλήτου είναι άγνωστα, πρέπει να επεξεργαστούν ως επικίνδυνα εκτός και αν εξεταστούν.
19 13	<b>απόβλητα από την εξυγίανση χωμάτων και υπογείων υδάτων</b>	
19 13 01* 19 13 03* 19 13 05* 19 13 05*	στερεά απόβλητα από την εξυγίανση χωμάτων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες λάσπες από την εξυγίανση χωμάτων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες λάσπες από την εξυγίανση υπογείων υδάτων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες υδαρή υγρά απόβλητα και υδαρή συμπυκνώματα από την εξυγίανση υπογείων υδάτων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες	Αυτές οι κατηγορίες περιλαμβάνουν ένα τόσο μεγάλο εύρος από πιθανά επικίνδυνα απόβλητα που πρέπει να θεωρηθούν σε όλους τους κινδύνους H1 έως το H14. Εάν τα χημικά συστατικά του αποβλήτου είναι άγνωστα, πρέπει να επεξεργαστούν ως επικίνδυνα εκτός και αν εξεταστούν.
20	<b>Δημοτικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια απόβλητα από εμπορικές δραστηριότητες, βιομηχανικές και ιδρύματα), περιλαμβανομένων μερών χωριστά συλλεγέντων</b>	
20 01	<b>χωριστά συλλεγέντα μέρη (εκτός από το σημείο 15 01)</b>	
20 01 13* 20 01 14* 20 01 15* 20 01 17* 20 01 19* 20 01 21* 20 01 31*	διαλύτες οξέα αλκαλικά απόβλητα φωτογραφικά χημικά ζιζανιοκτόνα σωλήνες φθορισμού και άλλα απόβλητα περιέχοντα υδράργυρο κυτταροτοξικές και κυτταροστατικές φαρμακευτικές ουσίες	Υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι λόγω ιδιοτήτων ευφλεκτότητας (H3), οικοτοξικότητας (H14), καρκινογένεσης (H7) και τερατογένεσης (H10), επιπλέον ιχνοστοιχεία από επικίνδυνα μέταλλα νικελίου, χαλκού, ψευδαργύρου, χρωμίου, κοβαλτίου, αρσενικού, καδμίου, αντιμονίου, υδραργύρου, θορίου και μόλυβδος και παραγώγων τους. Οι πιθανοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν H3A (πρώτη κατηγορία), H3B, H4 έως H8, H12 και H14. Κάθε ιατρικό προϊόν που κατέχει μία ή περισσότερες επικίνδυνες ιδιότητες τοξικό (H6), καρκινογόνο (H7), τοξικό για αναπαραγωγή (H10), ή μεταλλαξιογόνο (H11), κατατάσσεται ως "κυτταρο-τοξικό και κυτταρο-στατικό". Αυτό περιλαμβάνει ναρκωτικά από ένα αριθμό ιατρικών κλάσεων, όπως για παράδειγμα αντινεοπλαστικά αντιδραστήρια, αντιυικά, ορμονικά και άλλα.

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΠΙΘΑΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ
<b>20 01 23*</b> <b>20 01 26*</b> <b>20 01 27*</b> <b>20 01 29*</b> <b>20 01 33*</b> <b>20 01 35*</b> <b>20 01 37*</b>	απορριπτόμενος εξοπλισμός που περιέχει χλωροφθοράνθρακες έλαια και λίπη <i>άλλα από τα αναφερόμενα στο σημείο 20 01 25</i> χρώματα, μελάνες, κόλλες και ρητίνες που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες απορρυπαντικά που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες μπαταρίες και συσσωρευτές που περιλαμβάνονται στα σημεία 16 06 01, 16 06 02 ή 16 06 03 και μεικτές μπαταρίες και συσσωρευτές που περιέχουν απορριπτόμενος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός άλλος από τον αναφερόμενο στα σημεία 20 01 21 και 20 01 23 που περιέχει επικίνδυνα ξύλο που περιέχει επικίνδυνες ουσίες	Πιθανοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν: - ευφλεκτότητα (H3) και οξυτοξικότητα (H14) στα 20 01 23, 20 01 26, 20 01 27. - ιγνοστοιχεία μετάλλων νικελίου, χαλκού, ψευδαργύρου, χρωμίου, κοβαλτίου, αρσενικού, καδμίου, αντιμονίου, υδραργύρου, θορίου και μολύβδου και παραγώγων τους ίσως συμβαίνουν στα 20 01 27, 20 01 33, 20 01 35, 20 01 37, και πρέπει να θεωρηθούν στους ακόλουθους κινδύνους: H5 έως H7, H10, H11, ή H14. - ερεθιστική (H4) φύση μερικών αποβλήτων μελανών στο 20 01 27. - καρκινογενητικές (H7) και τερατογενητικές (H10) ιδιότητες ίσως βρίσκονται στα 20 01 27, 20 01 33, 20 01 35, 20 01 37. Υπάρχει μια αντίστοιχη μη-επικίνδυνη καταχώρηση για: - 20 01 26, όπου έλαια αποτελούν τα εδάδια έλαια και λίπη μόνο, 20 01 25. - 20 01 33, όπου τα απόβλητα περιέχουν μη-επικίνδυνες μπαταρίες, 20 01 34. Τα συστατικά στις ηλεκτρικές συσκευές επιβάλλονται σε απομόνωση ώστε να προσδιοριστεί εάν είναι επικίνδυνα απόβλητα. Οι συσκευές είναι επικίνδυνες, 20 01 23, 20 01 35, όπου περιέχουν επικίνδυνα συστατικά.

---

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II**

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ – ΕΝΤΥΠΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΕΝ  
ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΟΓΟΝΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ -  
ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ – ΟΔΗΓΟΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗΣ**

---

## **Οδηγός Συμπλήρωσης Ερωτηματολογίων Παραρτήματος II**

Το παρόν τεύχος παρέχει οδηγίες για τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων του Παραρτήματος II του Κεφαλαίου 2 της μελέτης «Διερεύνηση, Αξιολόγηση & Αποκατάσταση Ανεξέλεγκτων Ρυπασμένων Χώρων / Εγκαταστάσεων από Βιομηχανικά και Επικίνδυνα Απόβλητα στην Ελλάδα», τα οποία συνδέονται άμεσα με το Παράρτημα I του ίδιου κεφαλαίου.

Το Παράρτημα I αποτελεί έναν κατάλογο δραστηριοτήτων, οι οποίες μπορούν να αποτελέσουν εν δυνάμει ρυπαντές εδαφών και/ή υπογείων υδάτων από επικίνδυνα απόβλητα και επικίνδυνες ουσίες. Ο συγκεκριμένος κατάλογος χρησιμοποιείται ως οδηγός για:

1. την κατάταξη του εκάστοτε υπό μελέτη χώρου σε μια από τις αναφερόμενες σε αυτόν δραστηριότητες,
2. τον προσδιορισμό των πιθανών επικίνδυνων αποβλήτων/ ουσιών, που συνοδεύουν τη συγκεκριμένη δραστηριότητα,
3. τον εντοπισμό των πιθανών κινδύνων, που προέρχονται από την παρουσία των παραπάνω επικίνδυνων αποβλήτων/ ουσιών.

Βάσει τούτων, η εκάστοτε μελετώμενη περίπτωση εντάσσεται σε μια από τις ρυπογόνες δραστηριότητες του προαναφερόμενου καταλόγου (Παράρτημα I) και αυτομάτως πραγματοποιείται μια πρώτη αναγνώριση αυτής, ως προς τα πιθανά επικίνδυνα απόβλητα/ ουσίες που δύναται να διαθέτει, καθώς και τους κινδύνους που αυτά παρουσιάζουν.

Εν συνεχεία, για την λεπτομερή καταγραφή της μελετώμενης περίπτωσης, συμπληρώνονται τα ερωτηματολόγια του Παραρτήματος II, το οποίο στόχο έχει την καταγραφή βασικών χαρακτηριστικών της, που σχετίζονται με πληροφορίες που προέκυψαν από το Παράρτημα I, καθώς και άλλες πιο γενικές, όπως στοιχεία θέσης και ιδιοκτησίας, ιστορικά και περιβαλλοντικά στοιχεία, κα..

Το ερωτηματολόγιο Α του Παραρτήματος II αφορά σε συγκεκριμένη υφιστάμενη εν δυνάμει ρυπογόνο δραστηριότητα, ενώ το ερωτηματολόγιο Β σε κάποιο χώρο/ πεδίο άνευ υφιστάμενης ρυπογόνου δραστηριότητας. Οι παρακάτω οδηγίες συμπλήρωσης είναι κοινές και για τα δύο ερωτηματολόγια.

1. Αρχικά παρέχονται όλα τα δεδομένα ταυτοποίησης της εξεταζόμενης δραστηριότητας / χώρου, όπως όνομα, θέση, έκταση, ιδιοκτησιακό καθεστώς και στοιχεία ιδιοκτήτη.
2. Καταγράφεται το είδος της εν δυνάμει ρυπογόνου δραστηριότητας, που υφίσταται τώρα ή υφίσταντο στο παρελθόν, χρησιμοποιώντας τους αντίστοιχους κωδικούς ΣΤΑΚΟΔ και ΚΚΚΑΒΑΔ, οι οποίοι προκύπτουν από την κατάταξη της εξεταζόμενης δραστηριότητας στον κατάλογο του Παραρτήματος I.
3. Καταγράφεται το χρονικό διάστημα λειτουργίας της εν δυνάμει ρυπογόνου δραστηριότητας, τυχόν μεταβολές, που έχουν πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια

αυτού, ενδεχόμενα ατυχήματα, καθώς επίσης και οι περιβαλλοντικές εγκρίσεις και/ ή πιστοποιήσεις που αυτή διαθέτει.

4. Με τη βοήθεια των δεδομένων που συλλέχτηκαν κατά την κατάταξη της μελετώμενης εν δυνάμει ρυπογόνου δραστηριότητας στον κατάλογο του Παραρτήματος Ι, αλλά και άλλων γνωστών δεδομένων, που ενδεχομένως να είναι διαθέσιμα, γίνεται καταγραφή των υφιστάμενων επικίνδυνων αποβλήτων/ ουσιών, παρέχοντας τους αντίστοιχους κωδικούς βάσει ΕΚΑ, τις παρούσες ή εκτιμώμενες ποσότητες αυτών, την κατάστασή τους και τον τρόπο διαχείρισης αυτών.
5. Παρέχονται στοιχεία σχετικά με τυχόν παλαιότερα ατυχήματα διαφυγής επικίνδυνων ρύπων και/ ή φαινόμενα ρύπανσης, καθώς των μέτρων που ενδεχομένως έχουν ληφθεί από τότε για την αντιμετώπισή τους.
6. Πραγματοποιείται μια γενική καταγραφή της κατάστασης του περιβάλλοντος, με καταγραφή γενικών πληροφοριών σχετικά με τις υφιστάμενες χρήσεις γης, την παρουσία ευαίσθητων αποδεκτών, την υφιστάμενη παρακολούθηση της ποιότητάς του, κα..
7. Παρέχοντα τα στοιχεία της ομάδας και του χρόνου συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου.

Το συμπληρωμένο πλέον ερωτηματολόγιο μπορεί να αποτελέσει την ταυτότητα της εκάστοτε μελετώμενης περίπτωσης στην επιθυμητή βάση όλων των υφιστάμενων βιομηχανικών και όχι μόνο δραστηριοτήτων, που υφίστανται στον Ελλαδικό χώρο και αποτελούν εν δυνάμει ρυπαντές εδαφών και υπογείων υδάτων.

<b>Όνομα επιχείρησης / μονάδας / δραστηριότητας – Διεύθυνση - Στοιχεία Επικοινωνίας</b>	..... ..... ..... .....		
<b>Θέση εγκατάστασης</b>	<b>Τοπωνύμιο</b> ..... .....	<b>Γεωγραφικό μήκος και πλάτος</b> ..... .....	<b>Έκταση</b> ..... .....
	<i>Επισυνάπτεται δορυφορική εικόνα / αεροφωτογραφία εγκατάστασης / χώρου</i> <i>ΝΑΙ</i> <input type="checkbox"/> <i>ΟΧΙ</i> <input type="checkbox"/>		
	<b>Δήμος</b> ..... .....	<b>Νομός</b> ..... .....	<b>Περιφέρεια</b> ..... .....
<b>Πλήρη στοιχεία ιδιοκτήτη εξεταζόμενου χώρου</b>	..... .....		
<b>Πλήρη στοιχεία ιδιοκτήτη των εγκαταστάσεων</b> <i>(εάν είναι διαφορετικός από τον ιδιοκτήτη του χώρου)</i>	..... ..... .....		



	<p>- Υπάρχουν υποχρεώσεις περιβαλλοντικού ελέγχου; NAI <input type="checkbox"/> OXI <input type="checkbox"/></p> <p><i>Αν ναι, προσδιορίστε:</i> .....</p> <p>.....</p> <p>- Υπάρχει άδεια λειτουργίας; NAI <input type="checkbox"/> OXI <input type="checkbox"/></p> <p><i>Επισυνάπτεται</i> NAI <input type="checkbox"/> OXI <input type="checkbox"/></p>
<b>Πιστοποιήσεις</b>	<p>Προσδιορίστε:</p> <p>Είδος ..... Φορέας ..... Διάστημα Ισχύος .....</p> <p>Είδος ..... Φορέας ..... Διάστημα Ισχύος .....</p> <p>Είδος ..... Φορέας ..... Διάστημα Ισχύος .....</p>
<b>Έχουν υπάρξει μεταβολές στις δραστηριότητες του εξεταζόμενου χώρου μετά την ημερομηνία απόφασης έγκρισης των περιβαλλοντικών όρων;</b>	<p>NAI <input type="checkbox"/> OXI <input type="checkbox"/></p> <p><i>Αν ναι, προσδιορίστε:</i> .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p><i>Αν ναι, έχουν εκδοθεί ως προς αυτές νέοι περιβαλλοντικοί όροι;</i> NAI <input type="checkbox"/> OXI <input type="checkbox"/></p> <p><i>Αν ναι, προσδιορίστε:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Φορέας και ημερομηνία έκδοσης.....</li> <li>- Διάστημα ισχύος.....</li> <li>- Επισυνάπτεται αντίγραφο εγκεκριμένων περιβαλλοντικών όρων NAI <input type="checkbox"/> OXI <input type="checkbox"/></li> </ul>

<b>Βαθμός όχλησης, βάσει ΚΥΑ 13727/724/2003</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <span>Υψηλή <input type="checkbox"/></span> <span>Μεσαία <input type="checkbox"/></span> <span>Χαμηλή <input type="checkbox"/></span> </div>																						
<b>Παραγωγή – Παρουσία Αποβλήτων</b>	<p>Είδος αποβλήτων, βάσει ΕΚΑ:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p><u>Μη επικίνδυνα</u></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>Κωδικός .....</td><td>Ποσότητα ...../ έτος</td></tr> <tr><td>Κωδικός .....</td><td>Ποσότητα ...../ έτος</td></tr> <tr><td>Κωδικός .....</td><td>Ποσότητα ...../ έτος</td></tr> <tr><td>Κωδικός .....</td><td>Ποσότητα ...../ έτος</td></tr> <tr><td>Κωδικός .....</td><td>Ποσότητα ...../ έτος</td></tr> </table> </div> <div style="width: 48%;"> <p><u>Επικίνδυνα</u></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr><td>Κωδικός .....</td><td>Ποσότητα ...../ έτος</td></tr> <tr><td>Κωδικός .....</td><td>Ποσότητα ...../ έτος</td></tr> <tr><td>Κωδικός .....</td><td>Ποσότητα ...../ έτος</td></tr> <tr><td>Κωδικός .....</td><td>Ποσότητα ...../ έτος</td></tr> <tr><td>Κωδικός .....</td><td>Ποσότητα ...../ έτος</td></tr> </table> </div> </div> <p>Άλλα: .....</p> <p>.....</p>			Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος
Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος																						
Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος																						
Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος																						
Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος																						
Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος																						
Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος																						
Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος																						
Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος																						
Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος																						
Κωδικός .....	Ποσότητα ...../ έτος																						
<b>Διαχείριση Αποβλήτων</b>	<p>Είδος διαχείρισης ανά προαναφερόμενη κατηγορία αποβλήτων:</p> <p><u>Μη επικίνδυνα</u></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Κωδικός .....</td> <td>Διαχείριση .....</td> <td>Ποσότητα ...../ έτος</td> </tr> <tr> <td>Κωδικός .....</td> <td>Διαχείριση .....</td> <td>Ποσότητα ...../ έτος</td> </tr> <tr> <td>Κωδικός .....</td> <td>Διαχείριση .....</td> <td>Ποσότητα ...../ έτος</td> </tr> <tr> <td>Κωδικός .....</td> <td>Διαχείριση .....</td> <td>Ποσότητα ...../ έτος</td> </tr> <tr> <td>Κωδικός .....</td> <td>Διαχείριση .....</td> <td>Ποσότητα ...../ έτος</td> </tr> <tr> <td>Κωδικός .....</td> <td>Διαχείριση .....</td> <td>Ποσότητα ...../ έτος</td> </tr> </table>			Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος	Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος		
Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος																					
Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος																					
Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος																					
Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος																					
Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος																					
Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος																					

Επικίνδυνα

Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος
Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος
Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος
Κωδικός .....	Διαχείριση .....	Ποσότητα ...../ έτος

Επισυνάπτονται σχετικά πιστοποιητικά / έγγραφα

ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

Πραγματοποιείται αποθήκευση επικίνδυνων αποβλήτων στις εγκαταστάσεις; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

Προσδιορίστε είδος επικίνδυνων αποβλήτων / μέγιστο χρονικό διάστημα / συνθήκες αποθήκευσης:

.....  
.....  
.....

Προσδιορίστε συνοπτικά τις μεθόδους διαχείρισης των παραγόμενων επικινδύνων αποβλήτων:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### Διαφυγή Αποβλήτων - Ατύχημα

- Έχει πραγματοποιηθεί ποτέ ατύχημα με διαρροή αποβλήτων; NAI ☐ OXI ☐

Αν ναι, προσδιορίστε:

- Είδος ατυχήματος .....
- Ημερομηνία ατυχήματος .....
- Εκκλύμενοι ρύποι / διαφυγόντα απόβλητα .....

- Προσβαλλόμενο περιβαλλοντικό μέσο: ΑΕΡΑΣ ☐ ΕΛΑΦΟΣ ☐ ΥΔΑΤΑ ☐

- Έκταση ατυχήματος / προσβαλλόμενης περιοχής .....

- Πραγματοποιήθηκαν εργασίες απορρύπανσης / αποκατάστασης; NAI ☐ OXI ☐

Αν ναι, προσδιορίστε:

- ➔ Είδος εργασιών .....
- ➔ Χρονικό διάστημα.....
- ➔ Φορέα υλοποίησης.....
- ➔ Επιτευχθέν αποτέλεσμα.....

Επισυνάπτονται σχετικά έγγραφα / δικαιολογητικά NAI ☐ OXI ☐

- Έχουν παρατηρηθεί ενδείξεις ρύπανσης / διαφυγής ρύπων σε κοντινές περιοχές; NAI ☐ OXI ☐

Αν ναι, προσδιορίστε:

- ➔ Είδος ενδείξεων .....
- ➔ Χώρος ενδείξεων.....
- ➔ Χρονικό διάστημα .....
- ➔ Μέτρα αντιμετώπισης.....

- Έχουν εκφραστεί παράπονα από κοντινούς κατοίκους για την επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τη συγκεκριμένη δραστηριότητα; NAI ☐ OXI ☐

*Αν ναι, προσδιορίστε:*

➔ *Είδος παραπόνων* .....

➔ *Χρονικό διάστημα* .....

➔ *Μέτρα αντιμετώπισης* .....

- Έχουν δημοσιευτεί άρθρα ή πραγματοποιηθεί ρεπορτάζ αρνητικά για την επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τη συγκεκριμένη δραστηριότητα; NAI ☐ OXI ☐

*Αν ναι, προσδιορίστε:*

➔ *Είδος και πηγή παραπόνων* .....

➔ *Χρονικό διάστημα* .....

➔ *Μέτρα αντιμετώπισης* .....

*Επισυνάπτονται σχετικά αποδεικτικά / στοιχεία* NAI ☐ OXI ☐

- Έχει πραγματοποιηθεί στο παρελθόν διαρροή ή διάθεση ή ταφή αποβλήτων στον συγκεκριμένο χώρο; NAI ☐ OXI ☐

*Αν ναι, προσδιορίστε:*

➔ *Είδος και ποσότητα αποβλήτων* .....

➔ *Προέλευση* .....

➔ *Εμφανής επιπτώσεις* .....

### Καταγραφή περιβάλλοντος

- Προσδιορίστε τις παρούσες χρήσεις γης περιμετρικά των εγκαταστάσεων σε απόσταση έως 1,5km

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

*Επισυνάπτεται σχετικό γράφημα / χάρτης*

*NAI* ☐ *OXI* ☐

- Προσδιορίστε τις προβλεπόμενες / μελλοντικές χρήσεις γης περιμετρικά των εγκαταστάσεων σε απόσταση έως 1,5km

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

*Επισυνάπτεται σχετικό γράφημα / χάρτης*

*NAI* ☐ *OXI* ☐

- Προσδιορίστε την προηγούμενη χρήση γης της εγκατάστασης

.....

.....

- Προσδιορίστε την απόσταση της εγκατάστασης από το πλησιέστερο/η/α:

→ Επιφανειακά ύδατα:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Σημείο υδροληψίας:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Προστατευτέα περιοχή:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Πόλη / οικισμό:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Σχολείο – Παιδικό Σταθμό:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Νοσοκομείο:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Καλλιέργειες:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Δασική περιοχή:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Ακτή:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....

Επισυνάπτεται σχετικό γράφημα / χάρτης

NAI ☐ OXI ☐

- Έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει αρνητική επίδραση των παραπάνω αποδεκτών:

από την εξεταζόμενη δραστηριότητα ☐

από άλλη δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής ☐

από την προηγούμενη δραστηριότητα του χώρου της εγκατάστασης ☐

OXI ☐

Αν ναι, προσδιορίστε:

→ Είδος επίδρασης .....

.....

.....

→ Χρονικό διάστημα .....

→ Μέτρα αντιμετώπισης .....

- Πραγματοποιείται ποιοτικός έλεγχος του περιβάλλοντος χώρου των εγκαταστάσεων:

- |                      |                              |                              |
|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. Υπόγεια Ύδατα     | ΝΑΙ <input type="checkbox"/> | ΟΧΙ <input type="checkbox"/> |
| 2. Έδαφος            | ΝΑΙ <input type="checkbox"/> | ΟΧΙ <input type="checkbox"/> |
| 3. Επιφανειακά Ύδατα | ΝΑΙ <input type="checkbox"/> | ΟΧΙ <input type="checkbox"/> |
| 4. Αέρας             | ΝΑΙ <input type="checkbox"/> | ΟΧΙ <input type="checkbox"/> |
| 5. Χλωρίδα – Πανίδα  | ΝΑΙ <input type="checkbox"/> | ΟΧΙ <input type="checkbox"/> |

*Αν ναι, προσδιορίστε:*

- ➔ *Είδος και συχνότητα ελέγχου*.....  
.....
- ➔ *Χρονικό διάστημα* .....
- ➔ *Αποτελέσματα*.....
- ➔ *Μέτρα αντιμετώπισης*.....

*Επισυνάπτονται σχετικά έγγραφα* ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

- Έχει παρατηρηθεί οποιοδήποτε αρνητικό φαινόμενο ή σημαντική μεταβολή της ποιότητας των παραπάνω μέσων τα τελευταία έτη; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

*Αν ναι, προσδιορίστε:*

- ➔ *Φαινόμενο / Μεταβολή*.....  
.....
- ➔ *Χρονικό διάστημα* .....
- ➔ *Μέτρα αντιμετώπισης*.....

	<p>- Έχει εκφραστεί ποτέ οποιαδήποτε υπόνοια / άποψη ότι υπάρχει αρνητική επίδραση των παραπάνω αποδεκτών:</p> <p>από την εξεταζόμενη δραστηριότητα <input type="checkbox"/></p> <p>από άλλη δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής <input type="checkbox"/></p> <p>από την προηγούμενη δραστηριότητα του χώρου της εγκατάστασης <input type="checkbox"/></p> <p style="text-align: right;">OXI <input type="checkbox"/></p> <p><i>Αν ναι, προσδιορίστε:</i></p> <p>➔ <i>Είδος και πηγή υπονοιών / απόψεων</i> .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>➔ <i>Χρονικό διάστημα</i> .....</p> <p>➔ <i>Μέτρα αντιμετώπισης</i> .....</p> <p><i>Επισυνάπτονται σχετικά έγγραφα</i> <span style="float: right;">NAI <input type="checkbox"/> OXI <input type="checkbox"/></span></p>
<p><b>Όνομα και ιδιότητα μελών ομάδας σύνταξης</b></p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p><b>Ημερομηνία</b> .....</p>	<p style="text-align: center;"><b>Υπογραφές</b></p> <p>.....</p>

<b>Θέση χώρου</b>	Τοπωνύμιο ..... .....	Γεωγραφικό μήκος και πλάτος ..... .....	Έκταση ..... .....
	Επισυνάπτεται δορυφορική εικόνα / αεροφωτογραφία εγκατάστασης / χώρου      ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/>		
	Δήμος ..... .....	Νομός ..... .....	Περιφέρεια ..... .....
<b>Πλήρη στοιχεία ιδιοκτήτη εξεταζόμενου χώρου</b>	..... .....		
<b>Είδος παρούσας χρήσης του χώρου</b>	..... .....		
<b>Πλήρη στοιχεία πρώην χρήστη του χώρου</b> (εάν είναι διαφορετικός από τον ιδιοκτήτη του χώρου)	..... .....		
<b>Είδος προϋφιστάμενης δραστηριότητας</b> (βάσει ΣΤΑΚΟΔ 08 - ΚΚΚΑΒΑΔ)	.....		
	Κωδικός ΣΤΑΚΟΔ 08 .....	Κωδικός ΚΚΚΑΒΑΔ .....	

<p><b>Διάστημα λειτουργίας</b></p> <p><i>Αναφέρατε τους λόγους (π.χ. ατύχημα, μη τήρηση περιβαλλοντικών όρων, οικονομικοί λόγοι, κτλ)</i></p>	<p>..... έως .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>																				
<p><b>Παρουσία Αποβλήτων</b></p>	<p>Είδος παρόντων αποβλήτων, βάσει ΕΚΑ:</p> <table border="0"> <tr> <td colspan="2"><u>Μη επικίνδυνα</u></td> <td colspan="2"><u>Επικίνδυνα</u></td> </tr> <tr> <td>Κωδικός .....</td> <td>Ποσότητα .....</td> <td>Κωδικός .....</td> <td>Ποσότητα .....</td> </tr> <tr> <td>Κωδικός .....</td> <td>Ποσότητα .....</td> <td>Κωδικός .....</td> <td>Ποσότητα .....</td> </tr> <tr> <td>Κωδικός .....</td> <td>Ποσότητα .....</td> <td>Κωδικός .....</td> <td>Ποσότητα .....</td> </tr> <tr> <td>Κωδικός .....</td> <td>Ποσότητα .....</td> <td>Κωδικός .....</td> <td>Ποσότητα .....</td> </tr> </table> <p>Άλλα: .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Χρόνος παρουσίας αποβλήτων</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Κατάσταση αποβλήτων (π.χ. εκτεθειμένα, σε κλειστά κτίρια, σε γερά ή διαβρωμένα δοχεία, κτλ.)</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<u>Μη επικίνδυνα</u>		<u>Επικίνδυνα</u>		Κωδικός .....	Ποσότητα .....	Κωδικός .....	Ποσότητα .....	Κωδικός .....	Ποσότητα .....	Κωδικός .....	Ποσότητα .....	Κωδικός .....	Ποσότητα .....	Κωδικός .....	Ποσότητα .....	Κωδικός .....	Ποσότητα .....	Κωδικός .....	Ποσότητα .....
<u>Μη επικίνδυνα</u>		<u>Επικίνδυνα</u>																			
Κωδικός .....	Ποσότητα .....	Κωδικός .....	Ποσότητα .....																		
Κωδικός .....	Ποσότητα .....	Κωδικός .....	Ποσότητα .....																		
Κωδικός .....	Ποσότητα .....	Κωδικός .....	Ποσότητα .....																		
Κωδικός .....	Ποσότητα .....	Κωδικός .....	Ποσότητα .....																		

### Διαφυγή Αποβλήτων - Ατύχημα

- Έχει πραγματοποιηθεί ποτέ ατύχημα με διαρροή αποβλήτων; NAI ☐ OXI ☐

Αν ναι, προσδιορίστε:

- Είδος ατυχήματος .....
- Ημερομηνία ατυχήματος .....
- Εκκλύμενοι ρύποι / διαφυγόντα απόβλητα .....

- Προσβαλλόμενο περιβαλλοντικό μέσο: ΑΕΡΑΣ ☐ ΕΛΑΦΟΣ ☐ ΥΔΑΤΑ ☐

- Έκταση ατυχήματος / προσβαλλόμενης περιοχής .....

- Πραγματοποιήθηκαν εργασίες απορρύπανσης / αποκατάστασης; NAI ☐ OXI ☐

Αν ναι, προσδιορίστε:

- ➔ Είδος εργασιών .....
- ➔ Χρονικό διάστημα.....
- ➔ Φορέα υλοποίησης.....
- ➔ Επιτευχθέν αποτέλεσμα.....

Επισυνάπτονται σχετικά έγγραφα / δικαιολογητικά NAI ☐ OXI ☐

- Έχουν παρατηρηθεί ενδείξεις ρύπανσης / διαφυγής ρύπων σε κοντινές περιοχές; NAI ☐ OXI ☐

Αν ναι, προσδιορίστε:

- ➔ Είδος ενδείξεων .....
- ➔ Χώρος ενδείξεων.....
- ➔ Χρονικό διάστημα .....
- ➔ Μέτρα αντιμετώπισης.....

- Έχουν εκφραστεί παράπονα από κοντινούς κατοίκους για την επιβάρυνση του περιβάλλοντος από το συγκεκριμένο χώρο; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

*Αν ναι, προσδιορίστε:*

- ➔ *Είδος παραπόνων* .....
- ➔ *Χρονικό διάστημα* .....
- ➔ *Μέτρα αντιμετώπισης*.....

- Έχουν δημοσιευτεί άρθρα ή πραγματοποιηθεί ρεπορτάζ αρνητικά για την επιβάρυνση του περιβάλλοντος από το συγκεκριμένο χώρο; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

*Αν ναι, προσδιορίστε:*

- ➔ *Είδος και πηγή παραπόνων* .....
- ➔ *Χρονικό διάστημα* .....
- ➔ *Μέτρα αντιμετώπισης*.....

*Επισυνάπτονται σχετικά αποδεικτικά / στοιχεία* *ΝΑΙ* ☐ *ΟΧΙ* ☐

- Έχει πραγματοποιηθεί στο παρελθόν διαρροή ή διάθεση ή ταφή αποβλήτων στον συγκεκριμένο χώρο; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

*Αν ναι, προσδιορίστε:*

- ➔ *Είδος και ποσότητα αποβλήτων*.....
- ➔ *Προέλευση*.....
- ➔ *Εμφανής επιπτώσεις*.....

## Καταγραφή περιβάλλοντος

- Προσδιορίστε τις παρούσες χρήσεις γης περιμετρικά των εγκαταστάσεων σε απόσταση έως 1,5km

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Επισυνάπτεται σχετικό γράφημα / χάρτης

ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

- Προσδιορίστε τις προβλεπόμενες / μελλοντικές χρήσεις γης περιμετρικά των εγκαταστάσεων σε απόσταση έως 1,5km

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Χρήση ..... Απόσταση ..... Κατεύθυνση .....

Επισυνάπτεται σχετικό γράφημα / χάρτης

ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

- Προσδιορίστε την προηγούμενη χρήση γης της εγκατάστασης

.....

.....

- Υπάρχει δυνατότητα πρόσβασης πολιτών στον χώρο;

ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

- Προσδιορίστε την απόσταση της εγκατάστασης από το πλησιέστερο/η/α:

→ Επιφανειακά ύδατα:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Σημείο υδροληψίας:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Προστατευτέα περιοχή:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Πόλη / οικισμό:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Σχολείο – Παιδικό Σταθμό:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Νοσοκομείο:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Καλλιέργειες:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Δασική περιοχή:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....
→ Ακτή:	Απόσταση .....	Κατεύθυνση .....

Επισυνάπτεται σχετικό γράφημα / χάρτης

ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

- Έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει αρνητική επίδραση των παραπάνω αποδεκτών:

από τον εξεταζόμενο χώρο ☐

από άλλη δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής ☐

ΟΧΙ ☐

Αν ναι, προσδιορίστε:

→ Είδος επίδρασης .....

→ Χρονικό διάστημα .....

→ Μέτρα αντιμετώπισης .....

- Πραγματοποιείται ποιοτικός έλεγχος του περιβάλλοντος χώρου;

- |                      |                              |                              |
|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. Υπόγεια Ύδατα     | ΝΑΙ <input type="checkbox"/> | ΟΧΙ <input type="checkbox"/> |
| 2. Έδαφος            | ΝΑΙ <input type="checkbox"/> | ΟΧΙ <input type="checkbox"/> |
| 3. Επιφανειακά Ύδατα | ΝΑΙ <input type="checkbox"/> | ΟΧΙ <input type="checkbox"/> |
| 4. Αέρας             | ΝΑΙ <input type="checkbox"/> | ΟΧΙ <input type="checkbox"/> |
| 5. Χλωρίδα – Πανίδα  | ΝΑΙ <input type="checkbox"/> | ΟΧΙ <input type="checkbox"/> |

*Αν ναι, προσδιορίστε:*

- ➔ *Είδος και συχνότητα ελέγχου* .....
- ➔ *Χρονικό διάστημα* .....
- ➔ *Αποτελέσματα* .....
- ➔ *Μέτρα αντιμετώπισης* .....

*Επισυνάπτονται σχετικά έγγραφα*

*ΝΑΙ* ☐ *ΟΧΙ* ☐

- Έχει παρατηρηθεί οποιοδήποτε αρνητικό φαινόμενο ή σημαντική μεταβολή της ποιότητας των παραπάνω μέσων τα τελευταία έτη;

*ΝΑΙ* ☐ *ΟΧΙ* ☐

*Αν ναι, προσδιορίστε:*

- ➔ *Φαινόμενο / Μεταβολή* .....
- .....
- ➔ *Χρονικό διάστημα* .....
- ➔ *Μέτρα αντιμετώπισης* .....

	<p>- Έχει εκφραστεί ποτέ οποιαδήποτε υπόνοια / άποψη ότι υπάρχει αρνητική επίδραση των παραπάνω αποδεκτών;  από τον εξεταζόμενο χώρο <input type="checkbox"/>  από άλλη δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής <input type="checkbox"/></p> <p style="text-align: right;">ΟΧΙ <input type="checkbox"/></p> <p><i>Αν ναι, προσδιορίστε:</i></p> <p>→ <i>Είδος και πηγή υπονοιών / απόψεων</i> .....  .....  .....  .....</p> <p>→ <i>Χρονικό διάστημα</i> .....  → <i>Μέτρα αντιμετώπισης</i>.....</p> <p><i>Επισυνάπτονται σχετικά έγγραφα</i> <span style="float: right;">ΝΑΙ <input type="checkbox"/>      ΟΧΙ <input type="checkbox"/></span></p>
<b>Όνομα και ιδιότητα μελών ομάδας σύνταξης</b>	<p>.....  .....</p>
<b>Ημερομηνία</b> .....	<p style="text-align: center;"><b>Υπογραφές</b></p> <p>.....</p>

---

### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ**

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ – ΥΠΟΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ  
ΠΡΩΤΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΕΝΟΣ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ  
ΡΥΠΑΣΜΕΝΟΥ ΧΩΡΟΥ**

---

I. ΡΥΠΟΣ					
1. Είδος και Δυναμικότητα Βιομηχανικής / Εμπορικής Δραστηριότητας					
	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Κωδικός ΣΤΑΚΟΔ	Κωδικός ΚΚΚΑΒΑΔ	Παρατηρήσεις
Ομάδα 4					
Συστήματα Υποδομών					
Υποκατηγορία 1	16		E37, E38, E39	Κ.7.01, Κ.7.02, Κ.7.03	
Υποκατηγορία 2	12				
Υποκατηγορία 3	8				
Υποκατηγορία 4	4				
Ομάδα 5					
Εξορυκτικές και συναφείς δραστηριότητες					
Υποκατηγορία 1	16		B5, B6, B7, B8	Κ.2.01, Κ.2.02, Κ.2.03, Κ.2.04	
Υποκατηγορία 2	12				
Υποκατηγορία 3	8				
Υποκατηγορία 4	4				
Ομάδα 7					
Κτηνοτροφικές και πτηνοτροφικές εγκαταστάσεις					
Υποκατηγορία 1	16		A1	Κ.1.01	
Υποκατηγορία 2	12				
Υποκατηγορία 3	8				
Υποκατηγορία 4	4				

<b>Ομάδα 9</b>					
Παραγωγή κλωστοϋφαντουργικών υλών και προϊόντων					
Υποκατηγορία 1	16				
Υποκατηγορία 2	12		Γ13	K.3.01	
Υποκατηγορία 3	8				
Υποκατηγορία 4	4				
Βιομηχανία δέρματος και δερμάτινων ειδών					
Υποκατηγορία 1	16				
Υποκατηγορία 2	12		Γ15	K.3.03	
Υποκατηγορία 3	8				
Υποκατηγορία 4	4				
Βιομηχανία ξύλου και προϊόντων ξύλου					
Υποκατηγορία 1	16				
Υποκατηγορία 2	12				
Υποκατηγορία 3	8		Γ16	K3.04	
Υποκατηγορία 4	4				
Εκδοτικές & εκτυπωτικές δραστηριότητες					
Υποκατηγορία 1	16				
Υποκατηγορία 2	12				
Υποκατηγορία 3	8		Γ18	K..3.05	
Υποκατηγορία 4	4				

Παραγωγή οπτάνθρακα, προϊόντων διύλισης πετρελαίου και πυρηνικών καυσίμων Υποκατηγορία 1 Υποκατηγορία 2 Υποκατηγορία 3 Υποκατηγορία 4	16 12 8 4		Γ19	K.3.06	
Παραγωγή χημικών ουσιών & προϊόντων Υποκατηγορία 1 Υποκατηγορία 2 Υποκατηγορία 3 Υποκατηγορία 4	16 12 8 4		Γ20, Γ21	K.3.07, K.3.08	
Παραγωγή προϊόντων από ελαστικό και πλαστικές ύλες Υποκατηγορία 1 Υποκατηγορία 2 Υποκατηγορία 3 Υποκατηγορία 4	16 12 8 4		Γ22	K.3.09	
Κατασκευή προϊόντων από μη μεταλλικά ορυκτά Υποκατηγορία 1 Υποκατηγορία 2 Υποκατηγορία 3 Υποκατηγορία 4	16 12 8 4		Γ23	K.3.10	

Παραγωγή βασικών μετάλλων					
Υποκατηγορία 1	16				
Υποκατηγορία 2	12				
Υποκατηγορία 3	8		Γ24	K.3.11	
Υποκατηγορία 4	4				
Κατασκευή μεταλλικών προϊόντων (πλην μηχανημάτων και ειδών εξοπλισμού)					
Υποκατηγορία 1	16				
Υποκατηγορία 2	12		Γ25	K.3.12	
Υποκατηγορία 3	8				
Υποκατηγορία 4	4				
Κατασκευή μηχανημάτων και ειδών εξοπλισμού					
Υποκατηγορία 1	16				
Υποκατηγορία 2	12				
Υποκατηγορία 3	8		Γ28	K.3.15	
Υποκατηγορία 4	4				
Κατασκευή ηλεκτρικού εξοπλισμού και οπτικών συσκευών					
Υποκατηγορία 1	16				
Υποκατηγορία 2	12				
Υποκατηγορία 3	8		Γ26, Γ27	K.3.13, K.3.14	
Υποκατηγορία 4	4				

Κατασκευή εξοπλισμού μεταφορών					
Υποκατηγορία 1	16				
Υποκατηγορία 2	12				
Υποκατηγορία 3	8		Γ30	K.3.16	
Υποκατηγορία 4	4				
Εγκαταστάσεις αποθήκευσης καυσίμων και χημικών ουσιών και προϊόντων					
Υποκατηγορία 1	16				
Υποκατηγορία 2	12		H52	K.9.02	
Υποκατηγορία 3	8				
Υποκατηγορία 4	4				
Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας					
Υποκατηγορία 1	16				
Υποκατηγορία 2	12				
Υποκατηγορία 3	8		Δ35	K.4.01	
Υποκατηγορία 4	4				
Λοιπές βιομηχανίες					
Υποκατηγορία 1	16				
Υποκατηγορία 2	12				
Υποκατηγορία 3	8				
Υποκατηγορία 4	4		Γ14, Γ31	K.3.02, K.3.17	

<b>Ομάδα 10</b>					
Ειδικά έργα					
Υποκατηγορία 1	16				
Υποκατηγορία 2	12				
Υποκατηγορία 3	8		ΣΤ42, ΣΤ43	Κ.5.01, Κ.5.02	
Υποκατηγορία 4	4				
<b>2. Είδος Παραγόμενων Αποβλήτων</b>					
	<b>Βαθμολογία</b>	<b>Μέθοδος Υπολογισμού</b>		<b>Παρατηρήσεις</b>	
Ανάλογα με το είδος των παραγόμενων αποβλήτων, κατατάζτε τις υφιστάμενες δραστηριότητες, που λαμβάνουν χώρα στον εν δυνάμει ρυπασμένο χώρο, σε δραστηριότητες μη επικίνδυνες, «απόλυτης» (absolute) και «σχετικής» (mirror) επικινδυνότητας για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον		Η ταξινόμηση των υφιστάμενων δραστηριοτήτων πραγματοποιείται βάσει των κωδικών των πιθανά παραγόμενων επικίνδυνων αποβλήτων του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων			
Μη επικίνδυνες	4				
Μεσαίας επικινδυνότητας	12				
Υψηλής επικινδυνότητας	17				

## II . ΜΟΝΟΠΑΤΙ ΔΙΑΧΥΣΗΣ

### 1. Περιβαλλοντικό Μέσο

Σε ποιο ή ποια από τα παρακάτω περιβαλλοντικά μέσα υπάρχει υποψία ή απόδειξη ρύπανσης

Επιλογή	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Παρατηρήσεις
A. Έδαφος Ναι Όχι Άγνωστο	1 0 0,5	Η βαθμολόγηση προκύπτει από τις απαντήσεις του ερωτηματολογίου καταγραφής εν δυνάμει ρυπογόνων δραστηριοτήτων. Η συνολική βαθμολογία είναι το άθροισμα των επιμέρους τιμών για κάθε περιβαλλοντικό μέσο.	Όσο αυξάνεται ο αριθμός των περιβαλλοντικών με- σων, στα οποία υπάρχει υποψία ρύπανσης, τόσο αυξάνεται η επικινδυνότητα, λόγω του αυξημένου αριθμού διαδρομών έκθεσης των αποδεκτών σε κίνδυνο.
B. Υπόγεια ύδατα Ναι Όχι Άγνωστο	1 0 0,5		
Γ. Επιφανειακά ύδατα Ναι Όχι Άγνωστο	1 0 0,5		
Δ. Ίζημα Ναι Όχι Άγνωστο	1 0 0,5		

Υπάρχουν / υπήρχαν υλικά / ουσίες στον χώρο, τα οποία θα μπορούσαν δυνητικά να προξενήσουν βλάβες στις υποδομές και στις υπηρεσίες του χώρου;

Επιλογή	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Παρατηρήσεις
Ναι	1		Κάποιες ουσίες και υλικά μπορούν να αντιδράσουν ή να απορροφηθούν από τις κτιριακές υποδομές. Για παράδειγμα, οι οργανικοί διαλύτες μπορούν να αλλοιώσουν τις πλαστικές ύλες και τα άλατα των βαρέων μετάλλων να διαβρώσουν μεταλλικές δομές.
Όχι	0		
Άγνωστο	0,5		

## 2. Μετακίνηση ρύπων στα υπόγεια ύδατα

Επιλογή	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Παρατηρήσεις
- Υπάρχει εγκατεστημένο υπόγειο σύστημα περιορισμού της κίνησης των ρύπων; Όχι	1		
Μερική εγκατάσταση	0,5		
Πλήρης εγκατάσταση	0		
Άγνωστο	0,5		
- Ποιο είναι το μέσο πάχος του περιοριστικού υποστρώματος πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα στον χώρο; < 3m	1		Ο όρος «περιοριστικό υπόστρωμα» αναφέρεται σε γεωλογικό υλικό με πολύ χαμηλή ή μηδενική διαπερατότητα ή υδραυλική αγωγιμότητα. Το νερό δεν μπορεί να διαπεράσει αυτό το υπόστρωμα και ο ρυθμός μετακίνησης των ρύπων είναι πολύ αργός.
3 – 10m	0,5		
> 10m	0		
Άγνωστο	0,5		

Επιλογή	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Παρατηρήσεις
<p>- Ποια είναι η μέση υδραυλική αγωγιμότητα του υδροφόρου ορίζοντα;</p> <p>&gt; <math>10^{-2}</math> cm/s</p> <p><math>10^{-2} - 10^{-4}</math> cm/s</p> <p>&lt; <math>10^{-4}</math> cm/s</p> <p>Άγνωστο</p>	<p>1</p> <p>0,5</p> <p>0</p> <p>0,5</p>		<p>Για την εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας, πρέπει να είναι γνωστή η σύσταση του γεωλογικού υποστρώματος.</p>
<p>- Ποιος είναι ο ρυθμός διήθησης του νερού από βροχοπτώσεις στον ρυπασμένο χώρο (ετήσια βροχόπτωση σε mm, επί σχετική διαπερατότητα του εδάφους);</p> <p>Υψηλός</p> <p>Μέτριος</p> <p>Χαμηλός</p> <p>Πολύ Χαμηλός</p> <p>Μηδενικός</p> <p>Άγνωστο</p>	<p>1</p> <p>0,6</p> <p>0,4</p> <p>0,2</p> <p>0</p> <p>0,4</p>	<p>(i) Η ετήσια βροχόπτωση υπολογίζεται μέσω αρχείων βροχοπτώσεων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας για τη περιοχή ενδιαφέροντος. Η ετήσια βροχόπτωση διαιρείται με 1000 και στρογγυλοποιείται στη πλησιέστερη δεκάδα π.χ. 515 mm = 0.5.</p> <p>(ii) Για τη διαπερατότητα του εδάφους δίνεται για αμμοχάλικο η τιμή 1, για αμμώδες έδαφος 0.6, για εύφορο αργιλώδες έδαφος 0.3 και για ασφαλτοστρωμένο 0.</p> <p>Ο ρυθμός διήθησης του νερού από τις βροχοπτώσεις προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των τιμών από το (i) και (ii)</p>	

### 3. Μετακίνηση ρύπων στα επιφανειακά ύδατα

A. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων προς τα επιφανειακά ύδατα;

Επιλογή	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Παρατηρήσεις
<p>- Υπάρχει εγκατεστημένο επίγειο σύστημα περιορισμού της κίνησης των ρύπων;</p> <p>Όχι</p> <p>Μερική εγκατάσταση</p> <p>Πλήρης εγκατάσταση</p> <p>Άγνωστο</p>	<p>1</p> <p>0,5</p> <p>0</p> <p>0,5</p>		<p>Ως «μερική εγκατάσταση» θεωρείται και η ύπαρξη κτισμάτων, που εμποδίζουν εν μέρει την επιφανειακή κίνηση των ρύπων, αλλά δεν έχουν κατασκευαστεί για αυτό το σκοπό.</p> <p>Ως «πλήρης εγκατάσταση» θεωρείται η εφαρμογή τεχνολογίας που περιορίζει το σύνολο των ρύπων.</p>
<p>- Ποια είναι η απόσταση των δραστηριοτήτων, που χρησιμοποιούν/ παράγουν / απορρίπτουν ρυπογόνες ουσίες / υλικά από το πλησιέστερο όγκο επιφανειακού ύδατος;</p> <p>0 – 100 m</p> <p>100 – 300 m</p> <p>&gt; 300 m</p> <p>Άγνωστο</p>	<p>1</p> <p>0,5</p> <p>0,2</p> <p>0,5</p>	<p>Η απόσταση αυτή υπολογίζεται από την καταγραφή των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται ή έχουν πραγματοποιηθεί στο χώρο, σε συνδυασμό με αεροφωτογραφίες και άλλους χάρτες του εξεταζόμενου χώρου. Επίσης, υπολογίζεται από την επί τόπου εξέταση του χώρου.</p>	

Επιλογή	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Παρατηρήσεις
- Τοπογραφία Έδαφος με μεγάλη κλίση Υπέδαφος με μεγάλη κλίση Έδαφος με μέτρια κλίση Υπέδαφος με μέτρια κλίση Έδαφος χωρίς κλίση Υπέδαφος χωρίς κλίση Άγνωστο	1 0,8 0,6 0,4 0,2 0 0,4	Μεγάλη κλίση = >50% Μέτρια κλίση = 5 – 50 % Επίπεδο έδαφος, κλίση <5%	
- Πιθανότητα επιφανειακής απορροής της βροχόπτωσης Υψηλή (συντελεστής απορροής > 0,6) Μέτρια (συντελεστής απορροής 0,4 - 0,6) Χαμηλή (συντελεστής απορροής 0,2 – 0,4) Πολύ Χαμηλή (συντελεστής απορροής 0,01–0,2) Καμία (συντελεστής απορροής 0) Άγνωστο	1 0,6 0,4 0,2 0 0,4	(i) Η ετήσια βροχόπτωση υπολογίζεται από στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας. Η ετήσια βροχόπτωση διαιρείται με 1000 και στρογγυλοποιείται στη πλησιέστερη δεκάδα π.χ. 515 mm = 0.5. (ii) Διαπερατότητα του εδάφους: για αμμοχάλικο 1, για αμμώδες έδαφος 0.6, για εύφορο αργιλώδες έδαφος 0.3 και για ασφαλτοστρωμένο 0. Ο συντελεστής απορροής από τις βροχοπτώσεις προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των τιμών από το (i) και (ii)	

4. Μετακίνηση ρύπων στο έδαφος (πιθανότητα για έκθεση μέσω επαφής, εισπνοής και κατάποσης)			
Α. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων στο έδαφος;			
Επιλογή	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Παρατηρήσεις
- Είναι το έδαφος καλυμμένο; Εντελώς εκτεθειμένα Με επιφανειακή βλάστηση Δενδροφυτευμένα Ασφαλτοστρωμένα Άγνωστο	4 2 1 0 2		
5. Μετακίνηση ρύπων στον εδαφικό αέρα			
Α. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων στον εδαφικό αέρα;			
- Ποιο είναι το μέσο μέγεθος κόκκων του εδάφους;  Λεπτόκοκκο Χονδρόκοκκο Άγνωστο	2 4 3	<p>Το μέσο μέγεθος κόκκων του εδάφους υπολογίζεται από τις αναλύσεις διαπερατότητας του εδάφους. Λεπτόκοκκο υλικό είναι αυτό όπου περισσότερο από το 50% των σωματιδίων του εδάφους έχουν μέγεθος μικρότερο από 75 μm. Χονδρόκοκκο υλικό είναι αυτό όπου περισσότερο από το 50% των σωματιδίων του εδάφους έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από 75 μm.</p> <p>Χονδρόκοκκο εδαφικό υλικό σημαίνει ευκολότερη μετακίνηση των αερίων και κατ' επέκταση και των ρύπων.</p>	

6. Μετακίνηση ρύπων σε ιζήματα			
Α. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων μέσω των ιζημάτων;			
Επιλογή	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Παρατηρήσεις
- Ποιο είναι το βάθος του ιζήματος; 1 – 10m 10 – 50m > 50m Άγνωστο	4 2 1 2		Ιζήματα σε μικρό βάθος είναι πιθανότερο να επηρεαστούν από δυσμενείς καιρικές συνθήκες που να συντελέσουν στη μετακίνηση των ρύπων.
7. Απόρριψη Υγρών Αποβλήτων στην Αποχέτευση			
Γίνεται στον εξεταζόμενο χώρο απόρριψη υγρών αποβλήτων στην αποχέτευση; Εάν ναι, προσδιορίστε: Μη επικίνδυνα Μεσαίας επικινδυνότητας Υψηλής επικινδυνότητας	0 2 4	Η βαθμολόγηση των υγρών αποβλήτων πραγματοποιείται βάσει των κωδικών των πιθανά παραγόμενων επικινδυνων αποβλήτων του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων	Απόρριψη υγρών αποβλήτων στο δίκτυο αποχέτευσης μπορεί δυνητικά να προκαλέσει ή να αυξήσει τη ρύπανση του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα μέσω διαρροών.
8. Ταφή Υλικών / Ουσιών			
Έχουν ταφεί υλικά / ουσίες οποιασδήποτε μορφής ή φύσης στον εξεταζόμενο χώρο; Εάν ναι, προσδιορίστε: Μη επικίνδυνα Μεσαίας επικινδυνότητας Υψηλής επικινδυνότητας	0 2 4	Η βαθμολόγηση των υγρών αποβλήτων πραγματοποιείται βάσει των κωδικών των πιθανά παραγόμενων επικινδυνων αποβλήτων του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων	Μεγάλο εύρος ενταφιασμένων υλικών/ουσιών παραμένουν ενεργές και μπορούν δυνητικά να προκαλέσουν ρύπανση του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα.

### III . ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

#### 1. Δημόσια υγεία

A. Καταγεγραμμένη έκθεση της δημόσιας υγείας σε κίνδυνο;

Επιλογή	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Παρατηρήσεις
- Έχει τεκμηριωθεί ότι η ρύπανση του χώρου εκθέτει ή έχει εκθέσει σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία είτε άμεσα είτε έμμεσα μέσω της τροφικής αλυσίδας	9	Όταν υπάρχουν αποδείξεις ότι η ρύπανση του χώρου εκθέτει ή έχει εκθέσει σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία τότε αυτομάτως ο χώρος κατατάσσεται στην Κατηγορία 1: Ρυπασμένοι χώροι που απαιτούν άμεση δράση. Η βαθμολογία (18) παρέχεται για τις περιπτώσεις που η βαθμολόγηση εξακολουθεί να είναι επιθυμητή (π.χ. σύγκριση με άλλους ρυπασμένους χώρους της Κατηγορίας 1).	
- Πιθανολογείται ότι η ρύπανση του χώρου θα μπορούσε να εκθέσει σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία είτε άμεσα είτε έμμεσα, αλλά δεν έχει τεκμηριωθεί.	5		
- Με τα παρόντα δεδομένα δεν μπορεί να τεκμηριωθεί ο κίνδυνος στη δημόσια υγεία από άμεση ή έμμεση έκθεση στη ρύπανση του χώρου	0	Η τεκμηρίωση ή μη της έκθεσης σε κίνδυνο βασίζεται στις δράσεις μιας Αξιολόγησης Επικινδυνότητας, που πρέπει να πραγματοποιηθεί στον χώρο. Συνήθεις αποδείξεις για έκθεση σε κίνδυνο της δημόσιας υγείας αποτελούν: υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων σε αίμα ανθρώπων, σε πόσιμα ύδατα και σε βλάστηση ή άλλη πηγή τροφής.	

B. Πιθανή έκθεση της δημόσιας υγείας σε κίνδυνο;			
Επιλογή	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Παρατηρήσεις
- Υφιστάμενη ή μελλοντική χρήση της γης Αγροτική Οικιστική Εμπορική Βιομηχανική Άγνωστο	1 0,7 0,5 0,2 0,5		Όσο πιο ευαίσθητη είναι η χρήση της γης, τόσο πιο πιθανή είναι η έκθεση της δημόσιας υγείας σε κίνδυνο.
- Ανθρώπινη προσβασιμότητα στις ρυπασμένες περιοχές του χώρου Απεριόριστη πρόσβαση Απεριόριστη πρόσβαση σε μικρό αριθμό ρυπασμένων περιοχών Περιορισμένη πρόσβαση στις περισσότερες ρυπασμένες περιοχές Ελάχιστη πρόσβαση σε ρυπασμένες περιοχές Καμία πρόσβαση Άγνωστο	1 0,7 0,5 0,2 0 0,5		
- Πιθανότητα για λήψη ρυπασμένου εδάφους, νερού, ιζήματος ή τροφής μέσω των διαδρομών που αναφέρθηκαν στην ενότητα II (ικανότητα μετακίνησης των πιθανών ρύπων)		Η πιθανότητα αυτή μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια μόνο μέσω της αξιολόγησης επικινδυνότητας της δημόσιας υγείας (human health risk assessment).	

<p>i. Απευθείας επαφή</p> <p>Είναι πιθανή η δερματική επαφή με ρυπασμένα εδάφη, νερά ή ιζήματα;</p> <p>Ναι</p> <p>Όχι</p> <p>Άγνωστο</p>	<p>1</p> <p>0</p> <p>0,5</p>		<p>Η έκθεση σε κίνδυνο μέσω δερματικής επαφής με τους ρύπους θεωρείται μειωμένης βαρύτητας. Η επαφή του δέρματος με ρύπους μπορεί να προκύψει π.χ. από κολύμβηση σε ρυπασμένα νε-ρά ή εργασίες με γυμνά χέρια.</p>
<p>ii. Εισπνοή</p> <p>Είναι πιθανή η εισπνοή ρυπασμένης σκόνης ή εδαφικών αερίων;</p> <p>Ναι</p> <p>Όχι</p> <p>Άγνωστο</p> <p>Εάν υπάρχει ρυπασμένο επιφανειακό έδαφος, το χώμα είναι λεπτόκοκκο ή χονδρόκοκκο;</p> <p>Λεπτόκοκκο</p> <p>Χονδρόκοκκο</p> <p>Δεν υπάρχει</p> <p>Άγνωστο</p>	<p>1</p> <p>0</p> <p>0,5</p> <p>1</p> <p>0,5</p> <p>0</p> <p>0,5</p>		<p>Η έκθεση σε κίνδυνο μέσω της εισπνοής αποτελεί πολύ σημαντική διαδρομή έκθεσης. Αυτή μπορεί να προκύψει είτε μέσω της εισπνοής σκόνης ή της εισπνοής εδαφικών αερίων.</p>
<p>iii. Κατάποση [κατάποση τροφής, νερού και εδάφους (στη περίπτωση παιδιών), συμπεριλαμβανομένων φυσικών τροφών]</p> <p>Ναι</p> <p>Όχι</p> <p>Άγνωστο</p>	<p>1</p> <p>0</p> <p>0,5</p>		

Επιλογή	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Παρατηρήσεις
<p>- Πόσιμο νερό: Ποια είναι η απόσταση της πιθανής ρυπογόνου δραστηριότητας από τη κοντινότερη πηγή πόσιμου νερού;</p> <p>0 – 100 μέτρα</p> <p>100 – 300 μέτρα</p> <p>300 – 1000 μέτρα</p> <p>1000 – 5000 μέτρα</p> <p>Δεν υπάρχει πηγή πόσιμου νερού στο χώρο</p> <p>Άγνωστο</p>	<p>1</p> <p>0,9</p> <p>0,7</p> <p>0,5</p> <p>0</p> <p>0,7</p>	<p>Σε περίπτωση που δεδομένα δειγματοληψιών και αναλύσεων δείξουν ρύπανση μιας ή περισσότερων πηγών πόσιμου νερού, τότε απαιτείται άμεση δράση για τη μείωση της έκθεσης σε κίνδυνο της δημόσιας υγείας και της πανίδας της περιοχής.</p>	<p>Λόγω της ευρείας χρήσης του, το πόσιμο νερό αποτελεί μια εξαιρετικά ση-μαντική διαδρομή έκθεσης σε κίνδυνο. Εάν δεν υπάρχουν πηγές πόσιμου νερού εντός του ρυπασμένου χώρου, τότε αυτή η διαδρομή έκθεσης θεωρείται ανενεργή.</p>
<p>- Υπάρχει εναλλακτικός τρόπος παροχής πόσιμου νερού;</p> <p>Ναι</p> <p>Όχι</p> <p>Άγνωστο</p>	<p>0</p> <p>1</p> <p>0,5</p>		
<p>- Είναι πιθανή η κατάποση ρυπασμένου εδάφους;</p> <p>Ναι</p> <p>Όχι</p> <p>Άγνωστο</p>	<p>1</p> <p>0</p> <p>0,5</p>	<p>Εάν υπάρχει ρύπανση στο έδαφος σε βάθος έως 1.5 m, τότε είναι η πιθανή κατάποση εδάφους, έστω και πολύ μικρών ποσοτήτων, από τον άνθρωπο. Ρύπανση που βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 1.5 m είναι λιγότερο πιθανό να επηρεάσει να εκθέσει σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία.</p>	

- Υπάρχει πιθανότητα να έχουν ή να είχαν καταναλωθεί τροφές ζωικής ή φυτικής προέλευσης που να προέρχονται από το πιθανά ρυπασμένο χώρο; Ναι Όχι Άγνωστο	1 0 0,5		
- Υπάρχει ισχυρή εξάρτηση του τοπικού πληθυσμού στους φυσικούς πόρους (τροφή, νερό, στέγη); Ναι Όχι Άγνωστο	1 0 0,5		

## 2. Περιβάλλον (χλωρίδα και πανίδα)

A. Καταγεγραμμένη έκθεση της χλωρίδας και πανίδας σε κίνδυνο;

### Χερσαία Οικοσυστήματα

Επιλογή	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Παρατηρήσεις
- Έχει τεκμηριωθεί ότι η ρύπανση του χώρου εκθέτει ή έχει εκθέσει σε κίνδυνο τη χλωρίδα και τη πανίδα.	6	Σε περίπτωση που υπάρχουν αποδείξεις ότι η ρύπανση του χώρου εκθέτει ή έχει εκθέσει σε κίνδυνο τη χλωρίδα και τη πανίδα της περιοχής τότε αυτομάτως ο χώρος κατατάσσεται στην	
- Πιθανολογείται ότι η ρύπανση του χώρου θα μπορούσε να εκθέσει σε κίνδυνο το περιβάλλον είτε άμεσα είτε έμμεσα, αλλά δεν έχει τεκμηριωθεί.	3	Κατηγορία 1: Ρυπασμένοι χώροι που απαιτούν άμεση δράση. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου μικρή αρνητική επίδραση στη χλωρίδα και τη πανίδα είναι αποδεκτή, ειδικά εάν πρόκειται για βιομηχανικές ή εμπορικές δραστηριότητες.	

- Με τα παρόντα δεδομένα δεν μπορεί να τεκμηριωθεί ο κίνδυνος στη χλωρίδα και τη πανίδα από άμεση ή έμμεση έκθεση στη ρύπανση του χώρου.	0	<p>Η βαθμολογία (6) παρέχεται για τις περιπτώσεις εκείνες που η βαθμολόγηση εξακολουθεί να είναι επιθυμητή (π.χ. σύγκριση με άλλους ρυπασμένους χώρους της Κατηγορίας 1).</p> <p>Η τεκμηρίωση ή μη της έκθεσης σε κίνδυνο βασίζεται στις δράσεις μιας Αξιολόγησης Επικινδυνότητας (risk assessment) που πρέπει να πραγματοποιηθεί στο χώρο. Συνήθεις αποδείξεις για έκθεση σε κίνδυνο της χλωρίδας και της πανίδας αποτελούν, οι υψηλές συγκεντρώσεις των ρύπων σε δείγματα αίματος ζώων και η υποβάθμιση των δέντρων και φυτών της περιοχής.</p>	
B. Πιθανή έκθεση της χλωρίδας και της πανίδας σε κίνδυνο;			
Επιλογή	Βαθμολογία	Μέθοδος Υπολογισμού	Παρατηρήσεις
- Υφιστάμενη ή μελλοντική χρήση της γης Αγροτική Οικιστική Εμπορική Βιομηχανική Άγνωστο	1 0,5 0,4 0,2 0,5		Όσο πιο ευαίσθητη είναι η χρήση της γης, τόσο πιο πιθανή είναι η έκθεση της χλωρίδας και της πανίδας σε κίνδυνο.

<p>i. Απευθείας επαφή</p> <p>- Είναι πιθανή η έκθεση δέντρων και φυτών σε ρυπασμένα εδάφη, νερά ή ιζήματα του εξεταζόμενου χώρου;</p> <p>Ναι</p> <p>Όχι</p> <p>Άγνωστο</p>	<p>1</p> <p>0</p> <p>0,5</p>	<p>Εάν υπάρχει ρύπανση στο έδαφος σε βάθος έως 1.5 m, τότε είναι πιθανή η έκθεση των δέντρων και φυτών σε αυτή. Ρύπανση που βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 1.5 m είναι πιθανό να επηρεάσει μόνο δέντρα.</p>	
<p>ii. Κατάποση</p> <p>(κατάποση τροφής, νερού και εδάφους από την πανίδα της περιοχής)</p> <p>- Είναι πιθανή η κατάποση τροφής, νερού ή εδάφους από την πανίδα της περιοχής;</p> <p>Ναι</p> <p>Όχι</p> <p>Άγνωστο</p> <p>- Ποια είναι η απόσταση της ρύπανσης από την πλησιέστερη περιοχή με ανεπτυγμένη χλωρίδα και πανίδα;</p> <p>0 – 300 m</p> <p>300 – 1000m</p> <p>1000 – 5000 m</p> <p>&gt; 5000 m</p> <p>Άγνωστο</p>	<p>1</p> <p>0</p> <p>0,5</p> <p>1</p> <p>0,7</p> <p>0,5</p> <p>0,2</p> <p>0,5</p>	<p>Εάν υπάρχουν ρυπασμένα επιφανειακά ύδατα στον χώρο, τότε πρέπει να θεωρείται δεδομένη η κατάποση τους από τη πανίδα της περιοχής. Επίσης, εάν υπάρχουν ρυπασμένα εδάφη τότε είναι πιθανή η κατάποση μικρών ποσοτήτων αυτών μέσω της λήψης τροφής από την πανίδα της περιοχής.</p> <p>Σε γενικές γραμμές, εάν η ρύπανση απέχει λιγότερο από 300 m από μια ευαίσθητη οικολογικά περιοχή, τότε θεωρείται πιθανή η επαφή της χλωρίδας και της πανίδας με τη ρύπανση.</p>	

<u>Υδάτινα Οικοσυστήματα</u>			
- Κατηγορία υδάτινων οικοσυστημάτων			Ως «ευαίσθητα υδάτινα οικοσυστήματα» θεωρούνται εκείνα όπου υπάρχει έντονη αλιεία ψαριών, τα θαλάσσια πάρκα, οι περιοχές που βρίσκονται στην πορεία των μεταναστευτικών ψαριών ή εκείνες όπου ζουν προστατευόμενα είδη ή είδη υπό εξαφάνιση.
Ευαίσθητο	1		
Φυσιολογικό	0,5		
Δεν υπάρχει υδάτινο οικοσύστημα στο χώρο	0		
Άγνωστο	0,5		
- Ποια είναι η απόσταση της ρύπανσης από τη πλησιέστερη περιοχή με ανεπτυγμένη υδάτινη χλωρίδα και πανίδα;			Σε γενικές γραμμές, εάν η ρύπανση απέχει λιγότερο από 300 m από ένα υδάτινο οικοσύστημα, τότε θεωρείται πιθανή η επαφή της του οικοσυστήματος με τους ρύπους.
0 – 300 m	1		
300 – 1000 m	0,7		
1000 – 5000 m	0,5		
> 5000 m	0,3		
Άγνωστο	0,5		
- Έχει παρατηρηθεί κάποια δυσάρεστη οσμή, γεύση ή ασυνήθιστο χρώμα, στην υδάτινη πανίδα και χλωρίδα;			Δυσάρεστες οσμές, γεύσεις ή ασυνήθιστα χρώματα στην υδάτινη πανίδα και χλωρίδα πιθανόν να προέρχονται από τις υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων.
Ναι	1		
Όχι	0		
Άγνωστο	0,5		
- Έχει παρατηρηθεί αυξημένη ανάπτυξη της υδάτινης χλωρίδας στο ρυπασμένο χώρο;			Η αυξημένη ανάπτυξη πιθανόν να προέρχεται από το φαινόμενο του ευτροφισμού, δηλαδή την αυξημένη συγκέντρωση αζώτου και φωσφόρου στο υδάτινο οικοσύστημα. Τα στοιχεία αυτά πιθανόν να προέρχονται από απόρριψη φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων και άλλων αζωτούχων και φωσφορικών σκευασμάτων.
Ναι	1		
Όχι	0		
Άγνωστο	0,5		

**Βαθμολογία κριτηρίων κατάταξης ρυπασμένων χώρων μετά τον 1<sup>ο</sup> χαρακτηρισμό**

I. Ρύπος	Βαθμολογία	II. Μονοπάτι διάχυσης	Βαθμολογία	III. Επιπτώσεις ρύπανσης	Βαθμολογία
1. Είδος και δυναμικότητα βιομηχανικής/ εμπορικής δραστηριότητας	... από 16	1. Περιβαλλοντικό μέσο	... από 5	1. Δημόσια υγεία	... από 20
2. Είδος παραγόμενων αποβλήτων	... από 17	2. Μετακίνηση ρύπων στα υπόγεια ύδατα	... από 4	2. Περιβάλλον (χλωρίδα & πανίδα)	... από 14
		3. Μετακίνηση ρύπων στα επιφανειακά ύδατα	... από 4		
		4. Μετακίνηση ρύπων στο έδαφος	... από 4		
		5. Μετακίνηση ρύπων στα εδαφικά αέρια	... από 4		
		6. Μετακίνηση ρύπων στα ιζήματα	... από 4		
		7. Απόρριψη υγρών αποβλήτων στην αποχέτευση	... από 4		
		8. Ταφή υλικών/ουσιών	... από 4		
ΣΥΝΟΛΟ	... από 33		... από 33		... από 34

**ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ... από 100**

Κατηγορίες ρυπασμένων χώρων:

Κατηγορία 1: Ρυπασμένος χώρος υψηλής προτεραιότητας (Βαθμολογία 100-76)

Κατηγορία 2: Ρυπασμένος χώρος μεσαίας προτεραιότητας (Βαθμολογία 75-51)

Κατηγορία 3: Ρυπασμένος χώρος χαμηλής προτεραιότητας (Βαθμολογία 50-25)

Κατηγορία 4: Προσωρινά μη ρυπασμένος χώρος ή ρυπασμένος χώρος που δεν απειλεί την δημόσια υγεία και το περιβάλλον (Βαθμολογία <25)

Κατηγορία 5: Πιθανά ρυπασμένος χώρος - Ανεπαρκή στοιχεία

---

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV**

### **ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΩΤΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΕΝ ΔΥΝΑΜΕΙ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ**

- ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ –
  - ΧΩΡΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ Ε.Α. –
  - ΧΩΡΟΣ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ -
-

## Περίπτωση Μελέτης #1:

Διυλιστήριο αργού πετρελαίου έκτασης περίπου 1.000 στρεμμάτων, εγκατεστημένο πλησίον παράκτιας περιοχής και λίμνης και εν λειτουργία τα τελευταία 25 έτη. Βρίσκεται σε μια χαρακτηρισμένη βιομηχανική περιοχή. Το υπέδαφος της περιοχής αποτελείται κατά κύριο λόγο από ασβεστόλιθο και δολομίτη, ενώ το βάθος του υποκείμενου υδροφόρου ορίζοντα κυμαίνεται από 2,5 έως 25m. Έχει παρουσιάσει στο παρελθόν διαρροή πετρελαϊκών ρύπων προς την ακτή και την λίμνη.

---

Κωδικός ΚΚΚΑΒΑΔ:

K.3.06-2

→

Παραγωγή Προϊόντων Διύλισης Πετρελαίου

### Παραγόμενα απόβλητα βάσει ΕΚΑ:

050102	λάσπες από τον αφαλατωτή
050103	λάσπες του πυθμένα δεξαμενών
050104	οξινοαλκυλικές λάσπες
050105	πετρελαιοκηλίδες
050106	λάσπες περιέχουσες πετρέλαιο από λειτουργίες συντήρησης της μονάδας ή του εξοπλισμού
050107	όξινες πίσσες
050108	άλλες πίσσες
050111	απόβλητα από τον καθαρισμό καυσίμου με βασικά υλικά
050115	αργιλούχα υλικά από εξαντλημένα φίλτρα
050109	λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
050112	πετρέλαιο που περιέχει οξέα

### Παράλληλες δραστηριότητες:

K.9.02-1

→

Αποθήκευση

## I. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

### 1. Είδος και Δυναμικότητα Βιομηχανικής / Εμπορικής Δραστηριότητας

Κατηγορία	Βαθμολογία	ΣΤΑΚΟΔ - ΚΚΚΑΒΑΔ	Σχόλια – Παρατηρήσεις
Παραγωγή οπτάνθρακα, προϊόντων διύλισης πετρελαίου και πυρηνικών καυσίμων Υποκατηγορία 1	16	Γ19.2 – Κ.3.06-2	Εάν η εξεταζόμενη δραστηριότητα εντάσσεται σε περισσότερες από μια κατηγορίες, που υπάρχουν στο ερωτηματολόγιο, τότε επιλέγεται η πιο δυσμενής (υψηλή) βαθμολογία.
Εγκαταστάσεις αποθήκευσης καυσίμων και χημικών ουσιών και προϊόντων Υποκατηγορία 1			

### 2. Είδος Παραγόμενων Αποβλήτων

Ανάλογα με το είδος των παραγόμενων αποβλήτων, κατατάξτε τις υφιστάμενες δραστηριότητες, που λαμβάνουν χώρα στον εν δυνάμει ρυπασμένο χώρο, σε δραστηριότητες μη επικίνδυνες, μεσαίας και υψηλής επικινδυνότητας για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον

Υψηλής επικινδυνότητας	17	Βάσει παραγόμενων αποβλήτων (μη επικίνδυνα ή επικίνδυνα – absolute ή mirror entries)
------------------------	----	--------------------------------------------------------------------------------------

ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ I

33

## II . ΜΟΝΟΠΑΤΙ ΔΙΑΧΥΣΗΣ

### 1. Περιβαλλοντικό Μέσο

Σε ποιο ή ποια από τα παρακάτω περιβαλλοντικά μέσα υπάρχει υποψία ρύπανσης

Επιλογή	Βαθμολογία	Σχόλια – Παρατηρήσεις
A. Έδαφος Ναι	1	Δειγματοληψίες και αναλύσεις υπογείων και επιφανειακών υδάτων και εδάφους, που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν έχουν δώσει τιμές συγκεντρώσεων σημαντικών ρύπων, όπως TPH, BTEX, MTBE και PAH ενίοτε υψηλότερες από τα εθνικά & ευρωπαϊκά όρια.
B. Υπόγεια ύδατα Ναι	1	
Γ. Επιφανειακά ύδατα Ναι	1	
Δ. Ίζημα Ναι	1	Δειγματοληψία και αναλύσεις ιζήματος από την παρακείμενη λίμνη και παράκτια ζώνη, δεν έχουν πραγματοποιηθεί
Υπάρχουν / υπήρχαν υλικά / ουσίες στον χώρο, τα οποία θα μπορούσαν δυνητικά να προξενήσουν βλάβες στις υποδομές και στις υπηρεσίες του χώρου; Ναι	1	Τα υλικά και οι ουσίες στον υπό εξέταση χώρο, είναι υψηλής επικινδυνότητας, καθώς συγκεντρώνουν πολλές ιδιότητες επικίνδυνων ρύπων, όπως ευφλεξιμότητα, τοξικότητα, κα.

## 2. Μετακίνηση ρύπων στα υπόγεια ύδατα

- Υπάρχει εγκατεστημένο υπόγειο σύστημα περιορισμού της κίνησης των ρύπων;

Μερική εγκατάσταση

0,5

*Στις εγκαταστάσεις υπάρχουν γεωτρήσεις παρακολούθησης των υπογείων υδάτων και άντλησης ελαιωδών, που επιπλέουν στον υδροφόρο.*

- Ποιο είναι το μέσο πάχος του περιοριστικού υποστρώματος πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα στον χώρο;

< 3m

1

*Στην πράξη δεν υπάρχει περιοριστικό υπόστρωμα πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα.*

- Ποια είναι η μέση υδραυλική αγωγιμότητα του υδροφόρου ορίζοντα;

$10^{-2} - 10^{-4}$  cm/s

1

- Ποιος είναι ο ρυθμός διήθησης του νερού από βροχοπτώσεις στον ρυπασμένο χώρο (ετήσια βροχόπτωση σε mm, επί σχετική διαπερατότητα του εδάφους);

Άγνωστο

0,4

### 3. Μετακίνηση ρύπων στα επιφανειακά ύδατα

Α. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων προς τα επιφανειακά ύδατα;

Επιλογή	Βαθμολογία	Σχόλια – Παρατηρήσεις
- Υπάρχει εγκατεστημένο επίγειο σύστημα περιορισμού της κίνησης των ρύπων; Μερική εγκατάσταση	0,5	Στην παρακείμενη λίμνη και παράκτια ζώνη έχουν τοποθετηθεί ορισμένα πλωτά φράγματα, για την συλλογή των υφιστάμενων ελαιωδών.
- Ποια είναι η απόσταση των δραστηριοτήτων, που χρησιμοποιούν/ παράγουν / απορρίπτουν ρυπογόνες ουσίες / υλικά από το πλησιέστερο όγκο επιφανειακού ύδατος; 100 – 300 m	0,5	
- Τοπογραφία Οι ρύποι βρίσκονται σε έδαφος χωρίς κλίση	0,2	Οι ρύποι βρίσκονται σε έδαφος και υπέδαφος χωρίς κλίση – επιλέγεται η δυσμενέστερη (μεγαλύτερη) βαθμολογία.
- Πιθανότητα επιφανειακής απορροής της βροχόπτωσης Άγνωστο	0,4	

#### 4. Μετακίνηση ρύπων στο έδαφος (πιθανότητα για έκθεση μέσω επαφής , εισπνοής και κατάποσης)

A. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων στο έδαφος;

Επιλογή	Βαθμολογία	Σχόλια – Παρατηρήσεις
- Είναι το έδαφος καλυμμένο; Εντελώς εκτεθειμένα	4	Αν και υπάρχει σε ορισμένα σημεία ασφαλτόστρωση, επιλέγεται η δυσμενέστερη (υψηλότερη) βαθμολογία, η οποία αφορά σε εντελώς εκτεθειμένα εδάφη, λόγω και της ύπαρξης υπόγειων αγωγών.

#### 5. Μετακίνηση ρύπων στον εδαφικό αέρα

A. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων στον εδαφικό αέρα;

- Ποιο είναι το μέσο μέγεθος κόκκων του εδάφους;

Χονδρόκοκκο 4

#### 6. Μετακίνηση ρύπων σε ιζήματα

A. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων μέσω των ιζημάτων;

- Ποιο είναι το βάθος του ιζήματος;

Άγνωστο 2

Δεν έχουν πραγματοποιηθεί σχετικές μελέτες.

#### 7. Απόρριψη Υγρών Αποβλήτων στην Αποχέτευση

Γίνεται στον εξεταζόμενο χώρο απόρριψη υγρών αποβλήτων στην αποχέτευση; Εάν ναι, προσδιορίστε.

2

Δεν έχουν πραγματοποιηθεί σχετικές μελέτες.

## 8. Ταφή Υλικών / Ουσιών

Έχουν ταφεί υλικά / ουσίες οποιασδήποτε μορφής ή φύσης στον εξεταζόμενο χώρο; Εάν ναι, προσδιορίστε.

2

*Στο παρελθόν στον ίδιο χώρο υπήρχε χώρος διάθεσης αστικών απορριμμάτων χωρίς να υπάρχουν όμως στοιχεία για το είδος, τις ποσότητες και τα χαρακτηριστικά των εισερχόμενων απορριμμάτων.*

**ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ III**

**23,5**

### III. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

#### 1. Δημόσια υγεία

A. Καταγεγραμμένη έκθεση της δημόσιας υγείας σε κίνδυνο;

##### Επιλογή

##### Βαθμολογία

##### Σχόλια – Παρατηρήσεις

- Πιθανολογείται ότι η ρύπανση του χώρου θα μπορούσε να εκθέσει σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία είτε άμεσα είτε έμμεσα, αλλά δεν έχει τεκμηριωθεί.

5

*Αν και πρόκειται για βιομηχανική περιοχή, στην οποία δεν έχουν άμεση πρόσβαση οι πολίτες, η διαπιστωμένη ρύπανση του εδάφους και των υπογείων υδάτων από μόνη της εγκυμονεί κίνδυνο έκθεσης σε κίνδυνο της δημόσιας υγείας.*

B. Πιθανή έκθεση της δημόσιας υγείας σε κίνδυνο;

- Υφιστάμενη ή μελλοντική χρήση της γης

Βιομηχανική

0,2

- Ανθρώπινη προσβασιμότητα στις ρυπασμένες περιοχές του χώρου

Απεριόριστη πρόσβαση σε μικρό αριθμό ρυπασμένων περιοχών

0,7

- Πιθανότητα για λήψη ρυπασμένου εδάφους, νερού, ιζήματος ή τροφής μέσω των διαδρομών που αναφέρθηκαν στην ενότητα II (ικανότητα μετακίνησης των πιθανών ρύπων)

i. Απευθείας επαφή

Είναι πιθανή η δερματική επαφή με ρυπασμένα εδάφη, νερά ή ιζήματα; Ναι

3

ii. Εισπνοή

Είναι πιθανή η εισπνοή ρυπασμένης σκόνης ή εδαφικών αερίων;

Όχι **0**

Εάν υπάρχει ρυπασμένο επιφανειακό έδαφος, το χώμα είναι λεπτόκοκκο ή χονδρόκοκκο;

Χονδρόκοκκο **0,5**

iii. Κατάποση [κατάποση τροφής, νερού και εδάφους (στη περίπτωση παιδιών), συμπεριλαμβανομένων φυσικών τροφών]

Άγνωστο **0,5**

- Πόσιμο νερό: Ποια είναι η απόσταση της ρύπανσης από τη κοντινότερη πηγή πόσιμου νερού;

Άγνωστο **0,7**

- Υπάρχει εναλλακτικός τρόπος παροχής πόσιμου νερού;

Άγνωστο **0,5**

- Είναι πιθανή η κατάποση ρυπασμένου εδάφους;

Όχι **0**

- Υπάρχει πιθανότητα να έχουν ή να είχαν καταναλωθεί τροφές ζωικής ή φυτικής προέλευσης που να προέρχονται από το πιθανά ρυπασμένο χώρο;

Άγνωστο

- Υπάρχει ισχυρή εξάρτηση του τοπικού πληθυσμού στους φυσικούς πόρους (τροφή, νερό, στέγη);

Όχι

0

## 2. Περιβάλλον (χλωρίδα και πανίδα)

A. Καταγεγραμμένη έκθεση της χλωρίδας και πανίδας σε κίνδυνο;

### Χερσαία Οικοσυστήματα

- Πιθανολογείται ότι η ρύπανση του χώρου θα μπορούσε να εκθέσει σε κίνδυνο το περιβάλλον είτε άμεσα είτε έμμεσα, αλλά δεν έχει τεκμηριωθεί.

3

B. Πιθανή έκθεση της χλωρίδας και της πανίδας σε κίνδυνο;

- Υφιστάμενη ή μελλοντική χρήση της γης

Βιομηχανική

0,2

i. Απευθείας επαφή

- Είναι πιθανή η έκθεση δέντρων και φυτών σε ρυπασμένα εδάφη, νερά ή ιζήματα του εξεταζόμενου χώρου;

Ναι

1

ii. Κατάποση

(κατάποση τροφής, νερού και εδάφους από την πανίδα της περιοχής)

- Είναι πιθανή η κατάποση τροφής, νερού ή εδάφους από την πανίδα της περιοχής;

Ναι

1

- Ποια είναι η απόσταση της ρύπανσης από την πλησιέστερη περιοχή με ανεπτυγμένη χλωρίδα και πανίδα;

0 – 300 m

1

#### Υδάτινα Οικοσυστήματα

- Κατηγορία υδάτινων οικοσυστημάτων

Ευαίσθητο

1

- Ποια είναι η απόσταση της ρύπανσης από τη πλησιέστερη περιοχή με ανεπτυγμένη υδάτινη χλωρίδα και πανίδα;

0 – 300 m

1

- Είναι πιθανή η συσσώρευση ρύπων σε ζωντανούς ιστούς της υδάτινης πανίδας και χλωρίδας από την επαφή με τους ρύπους;

Ναι

1

- Έχει παρατηρηθεί κάποια δυσάρεστη οσμή, γεύση ή ασυνήθιστο χρώμα, στην υδάτινη πανίδα και χλωρίδα;

Άγνωστο

0.5

- Έχει παρατηρηθεί αυξημένη ανάπτυξη της υδάτινης χλωρίδας στο ρυπασμένο χώρο;

Όχι

0

#### **ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ III**

**20,8**

### Τελική Βαθμολογία

I. Ρύπος	Βαθμολογία	II. Μονοπάτι διάχυσης	Βαθμολογία	III. Επιπτώσεις ρύπανσης	Βαθμολογία
1. Είδος και δυναμικότητα βιομηχανικής/ εμπορικής δραστηριότητας	16 από 16	1. Περιβαλλοντικό μέσο	5 από 5	1. Δημόσια υγεία	11,1 από 20
2. Είδος παραγόμενων αποβλήτων	17 από 17	2. Μετακίνηση ρύπων στα υπόγεια ύδατα	2,9 από 4	2. Περιβάλλον (χλωρίδα & πανίδα)	9,7 από 14
		3. Μετακίνηση ρύπων στα επιφανειακά ύδατα	1,6 από 4		
		4. Μετακίνηση ρύπων στο έδαφος	4 από 4		
		5. Μετακίνηση ρύπων στα εδαφικά αέρια	4 από 4		
		6. Μετακίνηση ρύπων στα ιζήματα	2 από 4		
		7. Απόρριψη υγρών αποβλήτων στην αποχέτευση	2 από 4		
		8.Ταφή υλικών/ουσιών	... από 4		
ΣΥΝΟΛΟ	33 από 33		23,5 από 33		20,8 από 34

ΠΡΟΑΣΑΥΞΗΣΗ 15%



ΝΑΙ

λόγω μικρού πάχους ακόρεστης ζώνης με υψηλή διαπερατότητα (χονδρόκοκκο έδαφος) και παρουσίας ευαίσθητων/ προστατευόμενων οικολογικών συστημάτων (λίμνης)

**ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ**

**77,5\*1,15 = 89,125 από 100**

Κατηγορίες ρυπασμένων χώρων:

Κατηγορία 1: Ρυπασμένος χώρος υψηλής προτεραιότητας (Βαθμολογία 115-76)

Κατηγορία 2: Ρυπασμένος χώρος μεσαίας προτεραιότητας (Βαθμολογία 75-51)

Κατηγορία 3: Ρυπασμένος χώρος χαμηλής προτεραιότητας (Βαθμολογία 50-25)

Κατηγορία 4: Προσωρινά μη ρυπασμένος χώρος ή ρυπασμένος χώρος που δεν απειλεί την δημόσια υγεία και το περιβάλλον (Βαθμολογία <25)

Κατηγορία 5: Πιθανά ρυπασμένος χώρος - Ανεπαρκή στοιχεία

## Περίπτωση Μελέτης #2:

Χώρος αποθήκευσης επικινδύνων αποβλήτων έκτασης 250 στρεμμάτων βρίσκεται σε περιοχή, της οποίας το υπέδαφος αποτελείται κατά κύριο λόγο από ασβεστόλιθο, ενώ το βάθος του υποκείμενου υδροφόρου ορίζοντα υπερβαίνει τα 300m. Τα εισερχόμενα απόβλητα περιλαμβάνουν κατά κύριο λόγο:

- Απόβλητα από βιομηχανίες δέρματος και υφαντουργίας
- Απόβλητα από ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό
- Εργαστηριακά απόβλητα από πανεπιστήμια / ερευνητικά κέντρα
- Απόβλητα ελαίων και καυσίμων

---

Κωδικός ΚΚΚΑΒΑΔ:

K.9.02-1

→

Αποθήκευση

### Παραγόμενα απόβλητα βάσει ΕΚΑ:

04 01 03*	απόβλητα απολίπανσης που περιέχουν διαλύτες χωρίς υγρή φάση
04 02 14*	απόβλητα από φινίρισμα που περιέχουν οργανικούς διαλύτες
04 02 16*	χρώματα και βαφές που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
04 02 19*	λάσπες από επιτόπου επεξεργασία υγρών εκροής που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
16 02 09*	μετασχηματιστές και πυκνωτές που περιέχουν PCBs
16 02 10*	απορριπτόμενος εξοπλισμός που περιέχει PCBs ή έχει μολυνθεί από παρόμοιες ουσίες άλλος από τον αναφερόμενο στο σημείο 16 02 09
16 02 11*	απορριπτόμενος εξοπλισμός που περιέχει χλωροφθοράνθρακες HCFC, HFC
16 02 12*	απορριπτόμενος εξοπλισμός που περιέχει ελεύθερο αμίαντο
16 02 13*	απορριπτόμενος εξοπλισμός που περιέχει επικίνδυνα συστατικά στοιχεία άλλος από τους αναφερόμενους στα σημεία 16 02 09 έως 16 02 12
16 02 15*	επικίνδυνα συστατικά στοιχεία που έχουν αφαιρεθεί από απορριπτόμενο εξοπλισμό
6	Απόβλητα από ανόργανες χημικές διεργασίες
7	Απόβλητα από οργανικές χημικές διεργασίες
13	Απόβλητα ελαίων και καυσίμων

Στην συγκεκριμένη περίπτωση απαιτείται πλήρης λίστα των αποδεκτών αποβλήτων, έτσι ώστε να μπορέσει να γίνει συγκεκριμένος προσδιορισμός αυτών μέσα από την ευρεία κατηγορία, που ενδέχεται να περιλαμβάνουν.

## **I. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ**

### **1. Είδος και Δυναμικότητα Βιομηχανικής / Εμπορικής Δραστηριότητας**

Κατηγορία	Βαθμολογία	ΣΤΑΚΟΔ - ΚΚΚΑΒΑΔ	Σχόλια – Παρατηρήσεις
Εγκαταστάσεις αποθήκευσης καυσίμων και χημικών ουσιών και προϊόντων	16	H52 – K.9.02	Επιλέγεται η πλησιέστερη σε είδος δραστηριότητα. Παρόλα αυτά, λόγω του ότι γίνεται αποθήκευση επικίνδυνων αποβλήτων, επιλέγεται η δυσμενέστερη βαθμολογία, ανεξάρτητα δυναμικότητας.

### **2. Είδος Παραγόμενων Αποβλήτων**

Ανάλογα με το είδος των παραγόμενων αποβλήτων, κατατάξε τις υφιστάμενες δραστηριότητες, που λαμβάνουν χώρα στον εν δυνάμει ρυπασμένο χώρο, σε δραστηριότητες μη επικίνδυνες, μεσαίας και υψηλής επικινδυνότητας για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον

Υψηλής επικινδυνότητας	17		Βάσει παραγόμενων αποβλήτων (μη επικίνδυνα ή επικίνδυνα – absolute ή mirror entries)
------------------------	----	--	--------------------------------------------------------------------------------------

**ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ I**

**33**

## II . ΜΟΝΟΠΑΤΙ ΔΙΑΧΥΣΗΣ

### 1. Περιβαλλοντικό Μέσο

Σε ποιο ή ποια από τα παρακάτω περιβαλλοντικά μέσα υπάρχει υποψία ρύπανσης

Επιλογή	Βαθμολογία	Σχόλια – Παρατηρήσεις
A. Έδαφος Όχι	0	Δειγματοληψίες και αναλύσεις εδάφους και υπογείων που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν δεν έχουν δείξει ρύπανση αυτών.
B. Υπόγεια ύδατα Όχι	0	Επιφανειακά ύδατα δεν είναι παρόντα σε αρκετή απόσταση από την εγκατάσταση (>2km).
Γ. Επιφανειακά ύδατα Όχι	0	
Δ. Ίζημα Όχι	0	
Υπάρχουν / υπήρχαν υλικά / ουσίες στον χώρο, τα οποία θα μπορούσαν δυνητικά να προξενήσουν βλάβες στις υποδομές και στις υπηρεσίες του χώρου; Ναι	1	Τα υλικά και οι ουσίες στον υπό εξέταση χώρο, είναι υψηλής επικινδυνότητας, καθώς συγκεντρώνουν πολλές ιδιότητες επικίνδυνων ρύπων, όπως ευφλεξιμότητα, τοξικότητα, κα.

## 2. Μετακίνηση ρύπων στα υπόγεια ύδατα

- Υπάρχει εγκατεστημένο υπόγειο σύστημα περιορισμού της κίνησης των ρύπων;

*Δεν έχει προκύψει τέτοια ανάγκη.*

Όχι

1

- Ποιο είναι το μέσο πάχος του περιοριστικού υποστρώματος πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα στον χώρο;

< 10m

0

*Στην πράξη δεν υπάρχει υδροφόρος ορίζοντας σε βάθος μικρότερο των 300m..*

- Ποια είναι η μέση υδραυλική αγωγιμότητα του υδροφόρου ορίζοντα;

$10^{-2} - 10^{-4}$  cm/s

0,5

- Ποιος είναι ο ρυθμός διήθησης του νερού από βροχοπτώσεις στον ρυπασμένο χώρο (ετήσια βροχόπτωση σε mm, επί σχετική διαπερατότητα του εδάφους);

Άγνωστο

0,4

### 3. Μετακίνηση ρύπων στα επιφανειακά ύδατα

Α. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων προς τα επιφανειακά ύδατα;

Επιλογή	Βαθμολογία	Σχόλια – Παρατηρήσεις
- Υπάρχει εγκατεστημένο επίγειο σύστημα περιορισμού της κίνησης των ρύπων; Όχι	1	Δεν έχει προκύψει τέτοια ανάγκη.
- Ποια είναι η απόσταση των δραστηριοτήτων, που χρησιμοποιούν/ παράγουν / απορρίπτουν ρυπογόνες ουσίες / υλικά από το πλησιέστερο όγκο επιφανειακού ύδατος; > 300 m	0,2	
- Τοπογραφία Έδαφος με μεγάλη κλίση	1	
- Πιθανότητα επιφανειακής απορροής της βροχόπτωσης Άγνωστο	0,4	

#### 4. Μετακίνηση ρύπων στο έδαφος (πιθανότητα για έκθεση μέσω επαφής , εισπνοής και κατάποσης)

A. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων στο έδαφος;

Επιλογή	Βαθμολογία	Σχόλια – Παρατηρήσεις
- Είναι το έδαφος καλυμμένο; Ασφαλτοστρωμένα	0	Πέρα από την χρήση ειδικών δοχείων, η χρήση κλειστών χώρων για την αποθήκευση των αποβλήτων με μονωμένο πυθμένα, καθιστούν ανέφικτη την διαρροή ρύπων προς το έδαφος.

#### 5. Μετακίνηση ρύπων στον εδαφικό αέρα

A. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων στον εδαφικό αέρα;

- Ποιο είναι το μέσο μέγεθος κόκκων του εδάφους;

Χονδρόκοκκο

4

#### 6. Μετακίνηση ρύπων σε ιζήματα

A. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων μέσω των ιζημάτων;

- Ποιο είναι το βάθος του ιζήματος;

-

-

Δεν υφίσταται τέτοιο θέμα.

#### 7. Απόρριψη Υγρών Αποβλήτων στην Αποχέτευση

Γίνεται στον εξεταζόμενο χώρο απόρριψη υγρών αποβλήτων στην αποχέτευση; Εάν ναι, προσδιορίστε.

-

Δεν πραγματοποιείται απόρριψη υγρών αποβλήτων στην αποχέτευση.

#### 8. Ταφή Υλικών / Ουσιών

Έχουν ταφεί υλικά / ουσίες οποιασδήποτε μορφής ή φύσης στον εξεταζόμενο χώρο; Εάν ναι, προσδιορίστε.

-

Όχι

**ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ III**

**9,5**

### III. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

#### 1. Δημόσια υγεία

A. Καταγεγραμμένη έκθεση της δημόσιας υγείας σε κίνδυνο;

##### Επιλογή

##### Βαθμολογία

##### Σχόλια – Παρατηρήσεις

- Με τα παρόντα δεδομένα δεν μπορεί να τεκμηριωθεί κίνδυνος στη δημόσια υγεία από άμεση ή έμμεση έκθεση στη ρύπανση.

0

*Παρά την επικίνδυνη φύση των αποβλήτων της εγκατάστασης τα λαμβανόμενα μέτρα προστασίας και οι διαθέσιμες αναλύσεις περιβαλλοντικών δειγμάτων δεν επιτρέπουν την τήρηση αμφιβολιών σχετικά με την ασφάλεια της δημόσιας υγείας.*

B. Πιθανή έκθεση της δημόσιας υγείας σε κίνδυνο;

- Υφιστάμενη ή μελλοντική χρήση της γης

Άγνωστο

0,5

- Ανθρώπινη προσβασιμότητα στις ρυπασμένες περιοχές του χώρου

Καμία πρόσβαση

0

- Πιθανότητα για λήψη ρυπασμένου εδάφους, νερού, ιζήματος ή τροφής μέσω των διαδρομών που αναφέρθηκαν στην ενότητα II (ικανότητα μετακίνησης των πιθανών ρύπων)

i. Απευθείας επαφή

Είναι πιθανή η δερματική επαφή με ρυπασμένα εδάφη, νερά ή ιζήματα; Όχι

0

ii. Εισπνοή

Είναι πιθανή η εισπνοή ρυπασμένης σκόνης ή εδαφικών αερίων;

Όχι 0

Εάν υπάρχει ρυπασμένο επιφανειακό έδαφος, το χώμα είναι λεπτόκοκκο ή χονδρόκοκκο;

-

iii. Κατάποση [κατάποση τροφής, νερού και εδάφους (στη περίπτωση παιδιών), συμπεριλαμβανομένων φυσικών τροφών]

Όχι 0

- Πόσιμο νερό: Ποια είναι η απόσταση της ρύπανσης από τη κοντινότερη πηγή πόσιμου νερού;

Άγνωστο 0,7

- Υπάρχει εναλλακτικός τρόπος παροχής πόσιμου νερού;

Άγνωστο 0,5

- Είναι πιθανή η κατάποση ρυπασμένου εδάφους;

Όχι 0

- Υπάρχει πιθανότητα να έχουν ή να είχαν καταναλωθεί τροφές ζωικής ή φυτικής προέλευσης που να προέρχονται από το πιθανά ρυπασμένο χώρο;

Όχι 0

- Υπάρχει ισχυρή εξάρτηση του τοπικού πληθυσμού στους φυσικούς πόρους (τροφή, νερό, στέγη);

Άγνωστο

0,5

## 2. Περιβάλλον (χλωρίδα και πανίδα)

A. Καταγεγραμμένη έκθεση της χλωρίδας και πανίδας σε κίνδυνο;

### Χερσαία Οικοσυστήματα

- Με τα παρόντα δεδομένα δεν μπορεί να τεκμηριωθεί ο κίνδυνος στην χλωρίδα και την πανίδα από άμεση ή έμμεση έκθεση στην ρύπανση του χώρου.

0

B. Πιθανή έκθεση της χλωρίδας και της πανίδας σε κίνδυνο;

- Υφιστάμενη ή μελλοντική χρήση της γης

Άγνωστο

0,5

i. Απευθείας επαφή

- Είναι πιθανή η έκθεση δέντρων και φυτών σε ρυπασμένα εδάφη, νερά ή ιζήματα του εξεταζόμενου χώρου;

Όχι

0

ii. Κατάποση

(κατάποση τροφής, νερού και εδάφους από την πανίδα της περιοχής)

- Είναι πιθανή η κατάποση τροφής, νερού ή εδάφους από την πανίδα της περιοχής;

Όχι

0

- Ποια είναι η απόσταση της ρύπανσης από την πλησιέστερη περιοχή με ανεπτυγμένη χλωρίδα και πανίδα;  
300 – 1000 m **0,7**

#### Υδάτινα Οικοσυστήματα

- Κατηγορία υδάτινων οικοσυστημάτων  
Δεν υπάρχει **0**

- Ποια είναι η απόσταση της ρύπανσης από τη πλησιέστερη περιοχή με ανεπτυγμένη υδάτινη χλωρίδα και πανίδα;  
>5000 m **0,3**

- Έχει παρατηρηθεί κάποια δυσάρεστη οσμή, γεύση ή ασυνήθιστο χρώμα, στην υδάτινη πανίδα και χλωρίδα;  
Όχι **0**

- Έχει παρατηρηθεί αυξημένη ανάπτυξη της υδάτινης χλωρίδας στο ρυπασμένο χώρο;  
Όχι **0**

#### **ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ III**

**3,7**

### Τελική Βαθμολογία

I. Ρύπος	Βαθμολογία	II. Μονοπάτι διάχυσης	Βαθμολογία	III. Επιπτώσεις ρύπανσης	Βαθμολογία
1. Είδος και δυναμικότητα βιομηχανικής/ εμπορικής δραστηριότητας	16 από 16	1. Περιβαλλοντικό μέσο	1 από 5	1. Δημόσια υγεία	2,2 από 20
2. Είδος παραγόμενων αποβλήτων	17 από 17	2. Μετακίνηση ρύπων στα υπόγεια ύδατα	1,9 από 4	2. Περιβάλλον (χλωρίδα & πανίδα)	1,5 από 14
		3. Μετακίνηση ρύπων στα επιφανειακά ύδατα	2,6 από 4		
		4. Μετακίνηση ρύπων στο έδαφος	0 από 4		
		5. Μετακίνηση ρύπων στα εδαφικά αέρια	4 από 4		
		6. Μετακίνηση ρύπων στα ιζήματα	0 από 4		
		7. Απόρριψη υγρών αποβλήτων στην αποχέτευση	0 από 4		
		8.Ταφή υλικών/ουσιών	0 από 4		
ΣΥΝΟΛΟ		33 από 33		9,5 από 34	

ΠΡΟΑΣΑΥΞΗΣΗ 15%

☐

ΝΑΙ

☒

ΟΧΙ

**ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ**

**46,2 από 100**

Κατηγορίες ρυπασμένων χώρων:

Κατηγορία 1: Ρυπασμένος χώρος υψηλής προτεραιότητας (Βαθμολογία 115-76)

Κατηγορία 2: Ρυπασμένος χώρος μεσαίας προτεραιότητας (Βαθμολογία 75-51)

**Κατηγορία 3: Ρυπασμένος χώρος χαμηλής προτεραιότητας(Βαθμολογία 50-25)**

Κατηγορία 4: Προσωρινά μη ρυπασμένος χώρος ή ρυπασμένος χώρος που δεν απειλεί την δημόσια υγεία και το περιβάλλον (Βαθμολογία <25)

Κατηγορία 5: Πιθανά ρυπασμένος χώρος - Ανεπαρκή στοιχεία

### Περίπτωση Μελέτης #3:

Χώρος ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων έκτασης 250 στρεμμάτων βρίσκεται σε απομονωμένη ορεινή περιοχή, που συνορεύει με την θάλασσα. Το υπέδαφος της περιοχής αποτελείται κατά κύριο λόγο από ασβεστόλιθο, ενώ το βάθος του υποκείμενου υδροφόρου ορίζοντα κυμαίνεται μεταξύ 100-10m. Τα εισερχόμενα απόβλητα περιλαμβάνουν κατά κύριο λόγο αγνώστου σύστασης αστικά και εν μέρει βιομηχανικά απόβλητα.

---

**Κωδικός ΚΚΚΑΒΑΔ:** Σε αυτήν την περίπτωση δεν υπάρχει κάποιος κατάλληλος κωδικός ΚΚΚΑΒΑΔ, δεδομένου ότι πρόκειται για μια δραστηριότητα παράνομη (ανεξέλεγκτη διάθεση αποβλήτων). Ο πιο κοντινός κωδικός είναι εκείνος που αφορά σε «επεξεργασία και διάθεση αποβλήτων» Κ.7.02-2.

### Παραγόμενα απόβλητα βάσει ΕΚΑ:

Σε αυτήν την περίπτωση η λίστα των πιθανών αποβλήτων στον υπό εξέταση χώρο είναι πολύ μεγάλη και πιθανότατα αδύνατο να προσδιοριστεί, δεδομένου ότι είναι σχεδόν σίγουρο, ότι εφόσον πρόκειται για χώρο ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων δεν υπάρχουν αρχεία καταγραφής των εισερχόμενων αποβλήτων. Ως εκ τούτου η παρουσία όλων των πιθανών αποβλήτων βάσει ΕΚΑ είναι δυνατή.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση προτείνεται η αποδοχή της δυσμενέστερης δυνατής βαθμολογίας σε κάθε κριτήριο, το οποίο σχετίζεται με την επικινδυνότητα και τις ιδιότητες των υφιστάμενων ρύπων, προκειμένου να εξεταστεί το χειρίστο δυνατό σενάριο (worst case scenario).

## **I. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ**

### **1. Είδος και Δυναμικότητα Βιομηχανικής / Εμπορικής Δραστηριότητας**

Κατηγορία	Βαθμολογία	ΣΤΑΚΟΔ - ΚΚΚΑΒΑΔ	Σχόλια – Παρατηρήσεις
-	16		Επιλέγεται η χείριστη δυνατή βαθμολογία δεδομένου ότι πρόκειται για μια δραστηριότητα παράνομη, ανεξέλεγκτη και σίγουρα άκρως επιβαρυντική για το περιβάλλον, η οποία δεν μπορεί να ενταχθεί σε καμία από τις υφιστάμενες κατηγορίες.

### **2. Είδος Παραγόμενων Αποβλήτων**

Ανάλογα με το είδος των παραγόμενων αποβλήτων, κατατάξτε τις υφιστάμενες δραστηριότητες, που λαμβάνουν χώρα στον εν δυνάμει ρυπασμένο χώρο, σε δραστηριότητες μη επικίνδυνες, μεσαίας και υψηλής επικινδυνότητας για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον

Υψηλής επικινδυνότητας	17		Λαμβάνεται υπόψη η χείριστη δυνατή περίπτωση
------------------------	----	--	----------------------------------------------

**ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ Ι**

**33**

## II . ΜΟΝΟΠΑΤΙ ΔΙΑΧΥΣΗΣ

### 1. Περιβαλλοντικό Μέσο

Σε ποιο ή ποια από τα παρακάτω περιβαλλοντικά μέσα υπάρχει υποψία ρύπανσης

Επιλογή	Βαθμολογία	Σχόλια – Παρατηρήσεις
A. Έδαφος Ναι	1	Αν και δεν έχουν πραγματοποιηθεί δειγματοληψίες και αναλύσεις, η απευθείας εναπόθεση αποβλήτων στο έδαφος καθιστά αναπόφευκτη την ρύπανση του εδάφους, του υποκείμενου υδροφορέα, καθώς και της παράκτιας ζώνης.
B. Υπόγεια ύδατα Ναι	1	
Γ. Επιφανειακά ύδατα Ναι	1	
Δ. Ίζημα Ναι	1	Αν και δεν υπάρχει τυπική υποδομή και εγκαταστάσεις, η επικινδυνότητα δημιουργίας ανεξέλεγκτων καταστάσεων (π.χ. πυρκαγιάς ή έκρηξης) είναι πιθανή, θέτοντας σε κίνδυνο το ευρύτερο περιβάλλον.
Υπάρχουν / υπήρχαν υλικά / ουσίες στον χώρο, τα οποία θα μπορούσαν δυνητικά να προξενήσουν βλάβες στις υποδομές και στις υπηρεσίες του χώρου; Ναι	1	

## 2. Μετακίνηση ρύπων στα υπόγεια ύδατα

- Υπάρχει εγκατεστημένο υπόγειο σύστημα περιορισμού της κίνησης των ρύπων;

Όχι

1

*Δεν έχει ληφθεί τέτοιο μέτρο.*

- Ποιο είναι το μέσο πάχος του περιοριστικού υποστρώματος πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα στον χώρο;

3 - 10m

0,5

*Λαμβάνεται υπόψη η δυσμενέστερη επιλογή.*

- Ποια είναι η μέση υδραυλική αγωγιμότητα του υδροφόρου ορίζοντα;

$10^{-2} - 10^{-4}$  cm/s

0,5

- Ποιος είναι ο ρυθμός διήθησης του νερού από βροχοπτώσεις στον ρυπασμένο χώρο (ετήσια βροχόπτωση σε mm, επί σχετική διαπερατότητα του εδάφους);

Άγνωστο

0,4

### 3. Μετακίνηση ρύπων στα επιφανειακά ύδατα

Α. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων προς τα επιφανειακά ύδατα;

Επιλογή	Βαθμολογία	Σχόλια – Παρατηρήσεις
- Υπάρχει εγκατεστημένο επίγειο σύστημα περιορισμού της κίνησης των ρύπων; Όχι	1	Δεν έχει ληφθεί τέτοιο μέτρο.
- Ποια είναι η απόσταση των δραστηριοτήτων, που χρησιμοποιούν/ παράγουν / απορρίπτουν ρυπογόνες ουσίες / υλικά από το πλησιέστερο όγκο επιφανειακού ύδατος; 0 -100 m	1	
- Τοπογραφία Έδαφος με μεγάλη κλίση	1	
- Πιθανότητα επιφανειακής απορροής της βροχόπτωσης Άγνωστο	0,4	

#### 4. Μετακίνηση ρύπων στο έδαφος (πιθανότητα για έκθεση μέσω επαφής , εισπνοής και κατάποσης)

A. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων στο έδαφος;

Επιλογή	Βαθμολογία	Σχόλια – Παρατηρήσεις
- Είναι το έδαφος καλυμμένο; Εντελώς εκτεθειμένο	4	Δεν υπάρχει καμία μόνωση του εδάφους του χώρου, ούτε και χρήση κατάλληλων δοχείων εναπόθεσης των αποβλήτων.

#### 5. Μετακίνηση ρύπων στον εδαφικό αέρα

A. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων στον εδαφικό αέρα;

- Ποιο είναι το μέσο μέγεθος κόκκων του εδάφους;

Χονδρόκοκκο

4

#### 6. Μετακίνηση ρύπων σε ιζήματα

A. Ποια είναι η πιθανότητα για μετακίνηση των ρύπων μέσω των ιζημάτων;

- Ποιο είναι το βάθος του ιζήματος;

1-10m

4

Λαμβάνεται υπόψη η δυσμενέστερη περίπτωση, εφόσον πρόκειται για παράκτια περιοχή

#### 7. Απόρριψη Υγρών Αποβλήτων στην Αποχέτευση

Γίνεται στον εξεταζόμενο χώρο απόρριψη υγρών αποβλήτων στην αποχέτευση; Εάν ναι, προσδιορίστε.

-

Δεν πραγματοποιείται απόρριψη υγρών αποβλήτων στην αποχέτευση.

## 8. Ταφή Υλικών / Ουσιών

Έχουν ταφεί υλικά / ουσίες οποιασδήποτε μορφής ή φύσης στον εξεταζόμενο χώρο; Εάν ναι, προσδιορίστε.

4

Υψηλής επικινδυνότητας

**ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ III**

**26,8**

### III. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

#### 1. Δημόσια υγεία

A. Καταγεγραμμένη έκθεση της δημόσιας υγείας σε κίνδυνο;

Επιλογή	Βαθμολογία	Σχόλια – Παρατηρήσεις
- Πιθανολογείται ότι η ρύπανση του χώρου θα μπορούσε να εκθέσει σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία είτε άμεσα είτε έμμεσα, αλλά δεν έχει τεκμηριωθεί.	5	

B. Πιθανή έκθεση της δημόσιας υγείας σε κίνδυνο;

- Υφιστάμενη ή μελλοντική χρήση της γης

Άγνωστο

0,5

- Ανθρώπινη προσβασιμότητα στις ρυπασμένες περιοχές του χώρου

Απεριόριστη πρόσβαση

1

- Πιθανότητα για λήψη ρυπασμένου εδάφους, νερού, ιζήματος ή τροφής μέσω των διαδρομών που αναφέρθηκαν στην ενότητα II (ικανότητα μετακίνησης των πιθανών ρύπων)

i. Απευθείας επαφή

Είναι πιθανή η δερματική επαφή με ρυπασμένα εδάφη, νερά ή ιζήματα;

Ναι

1

ii. Εισπνοή

Είναι πιθανή η εισπνοή ρυπασμένης σκόνης ή εδαφικών αερίων;

Άγνωστο

0,5

Εάν υπάρχει ρυπασμένο επιφανειακό έδαφος, το χώμα είναι λεπτόκοκκο ή χονδρόκοκκο;

0,5

Χονδρόκοκκο

iii. Κατάποση [κατάποση τροφής, νερού και εδάφους (στη περίπτωση παιδιών), συμπεριλαμβανομένων φυσικών τροφών]

0,5

Άγνωστο

*Ενδεχομένως να υπάρξει έκθεση μέσω της τροφικής αλυσίδας*

- Πόσιμο νερό: Ποια είναι η απόσταση της ρύπανσης από τη κοντινότερη πηγή πόσιμου νερού;

0

Δεν υπάρχει

- Υπάρχει εναλλακτικός τρόπος παροχής πόσιμου νερού;

-

- Είναι πιθανή η κατάποση ρυπασμένου εδάφους;

0

Όχι

- Υπάρχει πιθανότητα να έχουν ή να είχαν καταναλωθεί τροφές ζωικής ή φυτικής προέλευσης που να προέρχονται από το πιθανά ρυπασμένο χώρο;

1

Ναι

*Η πρόσβαση σε ζώα της περιοχής είναι απεριορίστη.*

- Υπάρχει ισχυρή εξάρτηση του τοπικού πληθυσμού στους φυσικούς πόρους (τροφή, νερό, στέγη);

Όχι

0

## 2. Περιβάλλον (χλωρίδα και πανίδα)

A. Καταγεγραμμένη έκθεση της χλωρίδας και πανίδας σε κίνδυνο;

### Χερσαία Οικοσυστήματα

- Πιθανολογείται ότι η ρύπανση του χώρου θα μπορούσε να εκθέσει σε κίνδυνο το περιβάλλον είτε άμεσα είτε έμμεσα, αλλά δεν έχει τεκμηριωθεί.

3

B. Πιθανή έκθεση της χλωρίδας και της πανίδας σε κίνδυνο;

- Υφιστάμενη ή μελλοντική χρήση της γης

Άγνωστο

0,5

i. Απευθείας επαφή

- Είναι πιθανή η έκθεση δέντρων και φυτών σε ρυπασμένα εδάφη, νερά ή ιζήματα του εξεταζόμενου χώρου;

Ναι

1

ii. Κατάποση (κατάποση τροφής, νερού και εδάφους από την πανίδα της περιοχής)

- Είναι πιθανή η κατάποση τροφής, νερού ή εδάφους από την πανίδα της περιοχής;

Ναι

1

- Ποια είναι η απόσταση της ρύπανσης από την πλησιέστερη περιοχή με ανεπτυγμένη χλωρίδα και πανίδα;

0 - 300 m

1

#### Υδάτινα Οικοσυστήματα

- Κατηγορία υδάτινων οικοσυστημάτων

Φυσιολογικό

0,5

- Ποια είναι η απόσταση της ρύπανσης από τη πλησιέστερη περιοχή με ανεπτυγμένη υδάτινη χλωρίδα και πανίδα;

0-300 m

1

- Έχει παρατηρηθεί κάποια δυσάρεστη οσμή, γεύση ή ασυνήθιστο χρώμα, στην υδάτινη πανίδα και χλωρίδα;

Ναι

1

- Έχει παρατηρηθεί αυξημένη ανάπτυξη της υδάτινης χλωρίδας στο ρυπασμένο χώρο;

Όχι

0

#### **ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ III**

19

### Τελική Βαθμολογία

I. Ρύπος	Βαθμολογία	II. Μονοπάτι διάχυσης	Βαθμολογία	III. Επιπτώσεις ρύπανσης	Βαθμολογία
1. Είδος και δυναμικότητα βιομηχανικής/ εμπορικής δραστηριότητας	16 από 16	1. Περιβαλλοντικό μέσο	5 από 5	1. Δημόσια υγεία	10 από 20
2. Είδος παραγόμενων αποβλήτων	17 από 17	2. Μετακίνηση ρύπων στα υπόγεια ύδατα	2,4 από 4	2. Περιβάλλον (χλωρίδα & πανίδα)	9 από 14
		3. Μετακίνηση ρύπων στα επιφανειακά ύδατα	3,4 από 4		
		4. Μετακίνηση ρύπων στο έδαφος	4 από 4		
		5. Μετακίνηση ρύπων στα εδαφικά αέρια	4 από 4		
		6. Μετακίνηση ρύπων στα ιζήματα	4 από 4		
		7. Απόρριψη υγρών αποβλήτων στην αποχέτευση	0 από 4 4 από 4		
		8.Ταφή υλικών/ουσιών			
ΣΥΝΟΛΟ	33 από 33	33	26,8 από		19 από 34

ΠΡΟΑΣΑΥΞΗΣΗ 15%



ΝΑΙ λόγω παρουσίας χλωρίδας / πανίδας, που σχετίζεται με την τροφική αλυσίδα

**ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ**

**78,8\*1,15 = 90,62 από 100**

Κατηγορίες ρυπασμένων χώρων:

Κατηγορία 1: Ρυπασμένος χώρος υψηλής προτεραιότητας (Βαθμολογία 115-76)

Κατηγορία 2: Ρυπασμένος χώρος μεσαίας προτεραιότητας (Βαθμολογία 75-51)

Κατηγορία 3: Ρυπασμένος χώρος χαμηλής προτεραιότητας(Βαθμολογία 50-25)

Κατηγορία 4: Προσωρινά μη ρυπασμένος χώρος ή ρυπασμένος χώρος που δεν απειλεί την δημόσια υγεία και το περιβάλλον (Βαθμολογία <25)

Κατηγορία 5: Πιθανά ρυπασμένος χώρος - Ανεπαρκή στοιχεία

---

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V**

**«Οδηγός Ασφάλειας και Υγείας Εργασίας σε  
Δραστηριότητες Πεδίου με Επικίνδυνα Απόβλητα»**

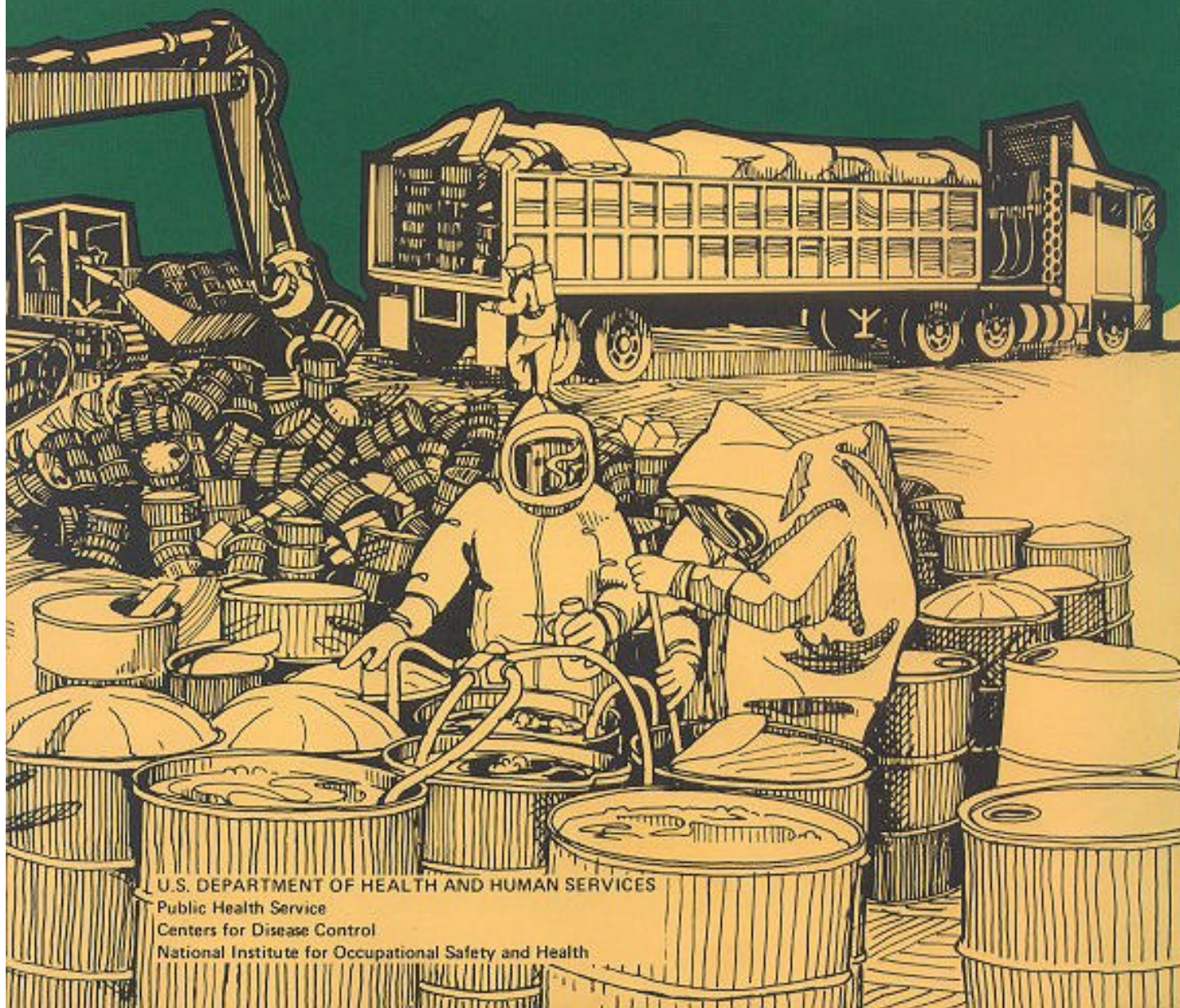
**(Occupational Safety and Health Guidance Manual for  
Hazardous Waste Site Activities)**

---

**NIOSH/OSHA/USCG/EPA**

---

# **Occupational Safety and Health Guidance Manual for Hazardous Waste Site Activities**



U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES  
Public Health Service  
Centers for Disease Control  
National Institute for Occupational Safety and Health

---

# **Occupational Safety and Health Guidance Manual for Hazardous Waste Site Activities**

Prepared by:

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

U.S. Coast Guard (USCG)

U.S. Environmental Protection Agency (EPA)

U.S. Department of Health and Human Services  
Public Health Service  
Centers for Disease Control  
National Institute for Occupational Safety and Health

---

October 1985

# Acknowledgments

The *Occupational Safety and Health Guidance Manual for Hazardous Waste Site Activities* is a result of the collaborative efforts of individuals representing the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), the lead agency, and the Occupational Safety and Health Administration (OSHA), the U.S. Coast Guard (USCG), and the U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Agency representatives on the steering committee for this project were:

Gail Kleiner (OSHA)  
Sheldon Rabinovitz (NIOSH)  
David Weitzman (EPA)  
Glenn Wiltshire (USCG)

Jan Connery of Eastern Research Group, Arlington, Massachusetts, edited and coordinated production of the manual. Over 100 individuals and organizations also contributed substantially to the development of this manual by providing technical information and review. Although they are too numerous to name individually, the steering committee gratefully acknowledges their valuable contributions.

## Notice

No warranty, guarantee, or representation, expressed or implied, is made by or on behalf of the U.S. Government as to the absolute correctness or sufficiency of any representation contained in this document. The U.S. Government assumes no responsibility in connection therewith, nor can it be assumed that all acceptable safety measures are contained in this or associated documents, or that other or additional measures may not be required under particular or exceptional conditions or circumstances.

The mention of a brand name product or company does not constitute endorsement by the National Institute for Occupational Safety and Health, the Occupational Safety and Health Administration, the U.S. Coast Guard, or the U.S. Environmental Protection Agency.

## 1. Introduction

In the past decade, industry, government, and the general public have become increasingly aware of the need to respond to the hazardous waste problem, which has grown steadily over the past 40 years. In 1980, Congress passed the Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (CERCLA) -- the Superfund law-to provide for "liability, compensation, cleanup, and emergency response for hazardous substances released into the environment and the cleanup of inactive waste disposal sites."

This manual is a guidance document for managers responsible for occupational safety and health programs at inactive hazardous waste sites. It assumes a basic knowledge of science and experience in occupational safety and health. It is the product of a four-agency committee (the National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH], the Occupational Safety and Health Administration [OSHA], the U.S. Coast Guard [USCG], and the U.S. Environmental Protection Agency [EPA]) mandated by CERCLA section 301(f) to study the problem of protecting the safety and health of workers at hazardous waste sites, and by CERCLA section 111(c)(6) to develop a program to protect the health and safety of employees involved in response to hazardous substance releases, removals, or remedial actions.

This manual is intended for federal, state, and local officials and their contractors. It may be used:

- As a planning tool by government or private individuals.
- As a management tool by upper level or field managers.
- As an educational tool to provide a comprehensive overview of all aspects of safety and health protection at hazardous waste sites.
- As a reference document for site personnel who need to review important aspects of health and safety.

This document is *not* a detailed industrial hygiene textbook or a comprehensive source book on occupational safety and health. It provides general guidance and should be used as a preliminary basis for developing a specific health and safety program. The appropriateness of the information presented should always be evaluated in light of site-specific conditions. Other sources and experienced individuals should be consulted as necessary for the detail needed to design and implement occupational safety and health programs at specific hazardous waste sites.

Although this manual cites federal regulations, it is not a definitive legal document and should not be taken as such. While it represents a cooperative effort of the four agencies to develop a document that blends their widely differing mandates, policies, and procedures in specific areas, the manual may not include elements of each agency's policies that should be considered when developing occupational safety and health programs for hazardous waste sites. Individuals who are responsible for the health and safety of workers at hazardous waste sites should obtain and comply with the most recent federal, state, and local regulations relevant to these sites, and are urged to consult with OSHA, EPA, and other appropriate federal, state, and local agencies.

This manual will be updated regularly. Please send comments and suggested revisions to any of these four organizations:

NIOSH  
Hazardous Waste Program (C-17)  
4676 Columbia Parkway  
Cincinnati, OH 45226

OSHA  
Directorate of Technical Support  
200 Constitution Avenue, NW  
Washington, DC 20210

USCG

Environmental Response Division (G-WER-2)  
2100 Second Street, SW  
Washington, DC 20593

EPA

Occupational Health and Safety Staff (PM-273)  
401 M Street, SW  
Washington, DC 20460

A separate manual that specifically addresses response to hazardous substances emergencies will be published at a later date. In the meantime, much of the information in this manual can be used in planning for response to emergencies involving hazardous substances.

## 2. Hazards

### Contents

Introduction	2-1
Chemical Exposure	2-2
Explosion and Fire	2-3
Oxygen Deficiency	2-4
Ionizing Radiation	2-4
Biological Hazards	2-4
Safety Hazards	2-5
Electrical Hazards	2-5
Heat Stress	2-5
Cold Exposure	2-6
Noise	2-6

### Introduction

Hazardous waste sites pose a multitude of health and safety concerns, any one of which could result in serious injury or death. These hazards are a function of the nature of the site as well as a consequence of the work being performed. They include:

- Chemical exposure.
- Fire and explosion.
- Oxygen deficiency.
- Ionizing radiation.
- Biologic hazards.
- Safety hazards.
- Electrical hazards.
- Heat stress.
- Cold exposure.
- Noise.

Several factors distinguish the hazardous waste site environment from other occupational situations involving hazardous substances. One important factor is the uncontrolled condition of the site. Even extremely hazardous substances do not endanger human health or safety if they are properly handled. However, improper control of these substances can result in a severe threat to site workers and to the general public.

Another factor is the large variety and number of substances that may be present at a site. Any individual location may contain hundreds or even thousands of chemicals. Frequently, an accurate assessment of all chemical hazards is impossible due to the large number of substances and the potential interactions among the substances. In addition, the identity of the substances on site is frequently unknown, particularly in the initial stages of an investigation. The Project Team Leader (see Chapter 3, *Planning and Organization*) will often be forced to select protective measures based on little or no information. Finally, workers are subject not only to the hazards of direct exposure, but also to dangers posed by the disorderly physical environment of hazardous waste sites and the stress of working in protective clothing.

The combination of all these conditions results in a working environment that is characterized by numerous and varied hazards which:

- May pose an immediate danger to life or health.
- May not be immediately obvious or identifiable.
- May vary according to the location on site and the task being performed.
- May change as site activities progress.

General categories of hazards that may be present at a site are described in this chapter. In approaching a site, it is prudent to assume that all these hazards are present until site characterization has shown otherwise. A site health and safety program, as described in the subsequent chapters of this manual, must provide comprehensive protection against all potential hazards and specific protection against individual known hazards. It should be continuously adapted to new information and changing site conditions.

## Chemical Exposure

Preventing exposure to toxic chemicals is a primary concern at hazardous waste sites. Most sites contain a variety of chemical substances in gaseous, liquid, or solid form. These substances can enter the unprotected body by inhalation, skin absorption, ingestion, or through a puncture wound (injection). A contaminant can cause damage at the point of contact or can act systemically, causing a toxic effect at a part of the body distant from the point of initial contact.

Chemical exposures are generally divided into two categories: acute and chronic. Symptoms resulting from acute exposures usually occur during or shortly after exposure to a sufficiently high concentration of a contaminant. The concentration required to produce such effects varies widely from chemical to chemical. The term "chronic exposure" generally refers to exposures to "low" concentrations of a contaminant over a long period of time. The "low" concentrations required to produce symptoms of chronic exposure depend upon the chemical, the duration of each exposure, and the number of exposures. For a given contaminant, the symptoms of an acute exposure may be completely different from those resulting from chronic exposure.

For either chronic or acute exposure, the toxic effect may be temporary and reversible, or may be permanent (disability or death). Some chemicals may cause obvious symptoms such as burning, coughing, nausea, tearing eyes, or rashes. Other chemicals may cause health damage without any such warning signs (this is a particular concern for chronic exposures to low concentrations). Health effects such as cancer or respiratory disease may not become manifest for several years or decades after exposure. In addition, some toxic chemicals may be colorless and/or odorless, may dull the sense of smell, or may not produce any immediate or obvious physiological sensations. Thus, a worker's senses or feelings cannot be relied upon in all cases to warn of potential toxic exposure.

The effects of exposure not only depend on the chemical, its concentration, route of entry, and duration of exposure, but may also be influenced by personal factors such as the individual's smoking habits, alcohol consumption, medication use, nutrition, age, and sex (see Chapter 5, *Medical Program*).

An important exposure route of concern at a hazardous waste site is inhalation. The lungs are extremely vulnerable to chemical agents. Even substances that do not directly affect the lungs may pass through lung tissue into the bloodstream, where they are transported to other vulnerable areas of the body. Some toxic chemicals present in the atmosphere may not be detected by human senses, i.e., they may be colorless, odorless, and their toxic effects may not produce any immediate symptoms. Respiratory protection is therefore extremely important if

there is a possibility that the work-site atmosphere may contain such hazardous substances. Chemicals can also enter the respiratory tract through punctured eardrums. Where this is a hazard, individuals with punctured eardrums should be medically evaluated specifically to determine if such a condition would place them at unacceptable risk and preclude their working at the task in question.

Direct contact of the skin and eyes by hazardous substances is another important route of exposure. Some chemicals directly injure the skin. Some pass through the skin into the bloodstream where they are transported to vulnerable organs. Skin absorption is enhanced by abrasions, cuts, heat, and moisture. The eye is particularly vulnerable because airborne chemicals can dissolve in its moist surface and be carried to the rest of the body through the bloodstream (capillaries are very close to the surface of the eye). Wearing protective equipment, not using contact lenses in contaminated atmospheres (since they may trap chemicals against the eye surface), keeping hands away from the face, and minimizing contact with liquid and solid chemicals can help protect against skin and eye contact.

Although ingestion should be the least significant route of exposure at a site, it is important to be aware of how this type of exposure can occur. Deliberate ingestion of chemicals is unlikely, however, personal habits such as chewing gum or tobacco, drinking, eating, smoking cigarettes, and applying cosmetics on site may provide a route of entry for chemicals.

The last primary route of chemical exposure is injection, whereby chemicals are introduced into the body through puncture wounds (for example, by stepping or tripping and failing onto contaminated sharp objects). Wearing safety shoes, avoiding physical hazards, and taking common sense precautions are important protective measures against injection.

## Explosion and Fire

There are many potential causes of explosions and fires at hazardous waste sites:

- Chemical reactions that produce explosion, fire, or heat.
- Ignition of explosive or flammable chemicals.
- Ignition of materials due to oxygen enrichment.
- Agitation of shock- or friction-sensitive compounds.
- Sudden release of materials under pressure.

Explosions and fires may arise spontaneously. However, more commonly, they result from site activities, such as moving drums, accidentally mixing incompatible chemicals, or introducing an ignition source (such as a spark from equipment) into an explosive or flammable environment. At hazardous waste sites, explosions and fires not only pose the obvious hazards of intense heat, open flame, smoke inhalation, and flying objects, but may also cause the release of toxic chemicals into the environment. Such releases can threaten both personnel on site and members of the general public living or working nearby. To protect against the hazard: have qualified personnel field monitor for explosive atmospheres and flammable vapors; keep all potential ignition sources away from an explosive or flammable environment; use non-sparking, explosion-proof equipment; and follow safe practices when performing any task that might result in the agitation or release of chemicals.

## Oxygen Deficiency

The oxygen content of normal air at sea level is approximately 21 percent. Physiological effects of oxygen deficiency in humans are readily apparent when the oxygen concentration in the air decreases to 16 percent. These effects include impaired attention, judgment and coordination, and increased breathing and heart rate. Oxygen concentrations lower than 16 percent can result in nausea and vomiting, brain damage, heart damage, unconsciousness, and death. To take into account individual physiological responses and errors in measurement, concentrations of 19.5 percent oxygen or lower are considered to be indicative of oxygen deficiency.

Oxygen deficiency may result from the displacement of oxygen by another gas, or the consumption of oxygen by a chemical reaction. Confined spaces or low-lying areas are particularly vulnerable to oxygen deficiency and should always be monitored prior to entry. Qualified field personnel should always monitor oxygen levels and should use atmosphere-supplying respiratory equipment (see Chapter 8, *Personal Protective Equipment*) when oxygen concentrations drop below 19.5 percent by volume.

## Ionizing Radiation

Radioactive materials emit one or more of three types of harmful radiation: alpha, beta, and gamma. Alpha radiation has limited penetration ability and is usually stopped by clothing and the outer layers of the skin. Alpha radiation poses little threat outside the body, but can be hazardous if materials that emit alpha radiation are inhaled or ingested. Beta radiation can cause harmful "beta burns" to the skin and damage the subsurface blood system. Beta radiation is also hazardous if materials that emit beta radiation are inhaled or ingested. Use of protective clothing, coupled with scrupulous personal hygiene and decontamination, affords good protection against alpha and beta radiation.

Gamma radiation easily passes through clothing and human tissue and can also cause serious permanent damage to the body. Chemical-protective clothing affords no protection against gamma radiation itself; however, use of respiratory and other protective equipment can help keep radiation-emitting materials from entering the body by inhalation, ingestion, injection, or skin absorption.

If levels of radiation above natural background are discovered (see Table 6-2 in Chapter 6), consult a health physicist. At levels greater than 2 mrem/hr, all site activities should cease until the site has been assessed by health physicists.

## Biologic Hazards

Wastes from hospitals and research facilities may contain disease-causing organisms that could infect site personnel. Like chemical hazards, etiologic agents may be dispersed in the environment via water and wind. Other biologic hazards that may be present at a hazardous waste site include poisonous plants, insects, animals, and indigenous pathogens. Protective clothing and respiratory equipment can help reduce the chances of exposure. Thorough washing of any exposed body parts and equipment will help protect against infection.

## Safety Hazards

Hazardous waste sites may contain numerous safety hazards such as:

- Holes or ditches.
- Precariously positioned objects, such as drums or boards that may fall.
- Sharp objects, such as nails, metal shards, and broken glass.
- Slippery surfaces.
- Steep grades.
- Uneven terrain.
- Unstable surfaces, such as walls that may cave in or flooring that may give way.

Some safety hazards are a function of the work itself. For example, heavy equipment creates an additional hazard for workers in the vicinity of the operating equipment. Protective equipment can impair a worker's agility, hearing, and vision, which can result in an increased risk of an accident.

Accidents involving physical hazards can directly injure workers and can create additional hazards, for example, increased chemical exposure due to damaged protective equipment, or danger of explosion caused by the mixing of chemicals. Site personnel should constantly look out for potential safety hazards, and should immediately inform their supervisors of any new hazards so that mitigative action can be taken.

## Electrical Hazards

Overhead power lines, downed electrical wires, and buried cables all pose a danger of shock or electrocution if workers contact or sever them during site operations. Electrical equipment used on site may also pose a hazard to workers. To help minimize this hazard, low-voltage equipment with ground-fault interrupters and water-tight, corrosion-resistant connecting cables should be used on site. In addition, lightning is a hazard during outdoor operations, particularly for workers handling metal containers or equipment. To eliminate this hazard, weather conditions should be monitored and work should be suspended during electrical storms. An additional electrical hazard involves capacitors that may retain a charge. All such items should be properly grounded before handling. OSHA's standard 29 CFR Part 1910.137 describes clothing and equipment for protection against electrical hazards.

## Heat Stress

Heat stress is a major hazard, especially for workers wearing protective clothing. The same protective materials that shield the body from chemical exposure also limit the dissipation of body heat and moisture. Personal protective clothing can therefore create a hazardous condition. Depending on the ambient conditions and the work being performed, heat stress can occur very rapidly --within as little as 15 minutes. It can pose as great a danger to worker health as chemical exposure. In its early stages, heat stress can cause rashes, cramps, discomfort and drowsiness, resulting in impaired functional ability that threatens the safety of both the individual and coworkers. Continued heat stress can lead to heat stroke and death. Avoiding overprotection, careful training and frequent monitoring of personnel who wear protective clothing, judicious

scheduling of work and rest periods, and frequent replacement of fluids can protect against this hazard. For further information on heat stress, see Chapter 8, *Personal Protective Equipment*.

## Cold Exposure

Cold injury (frostbite and hypothermia) and impaired ability to work are dangers at low temperatures and when the wind-chill factor is low. To guard against them: wear appropriate clothing; have warm shelter readily available; carefully schedule work and rest periods, and monitor workers' physical conditions.

## Noise

Work around large equipment often creates excessive noise. The effects of noise can include:

- Workers being startled, annoyed, or distracted.
- Physical damage to the ear, pain, and temporary and/ or permanent hearing loss.
- Communication interference that may increase potential hazards due to the inability to warn of danger and the proper safety precautions to be taken.

If employees are subjected to noise exceeding an 8-hour, time-weighted average sound level of 90 dBA (decibels on the A-weighted scale), feasible administrative or engineering controls must be utilized. In addition, whenever employee noise exposures equal or exceed an 8-hour, time-weighted average sound level of 85 dBA, employers must administer a continuing, effective hearing conservation program as described in OSHA regulation 29 CFR Part 1910.95.

### 3. Planning and Organization

#### Contents

Introduction	3-1
Organizational Structure	3-1
Work Plan	3-7
Site Safety Plan	3-8
Safety Management and Inspections	3-10
References	3-10

#### Introduction

Adequate planning is the first and the most critical element of hazardous waste site activities. By anticipating and taking steps to prevent potential hazards to health and safety, work at a waste site can proceed with minimum risk to workers and the public.

Three aspects of planning are discussed in this chapter: developing an overall organizational structure for site operations; establishing a comprehensive Work Plan that considers each specific phase of the operation; and developing and implementing a Site Safety and Health Plan (hereinafter referred to as Site Safety Plan in accordance with common usage). The organizational structure should identify the personnel needed for the overall operation, establish the chain-of-command, and specify the overall responsibilities of each employee. The Work Plan should establish the objectives of site operations and the logistics and resources required to achieve the goals. The Site Safety Plan should determine the health and safety concerns for each phase of the operation and define the requirements and procedures for worker and public protection.

A fourth important aspect of planning is coordinating with the existing response community. A national response organization was established by a Congressionally mandated National Contingency Plan to implement procedures for coordinating response to releases of hazardous substances into the environment. This National Contingency Plan establishes response teams composed of representatives of federal agencies and state and local governments [1]. A particularly important contact for hazardous waste site activities is the EPA-designated official responsible for coordinating federal activities related to site cleanup.

Planning should be viewed as an ongoing process: the cleanup activities and Site Safety Plan must be continuously adapted to new site conditions and new information. Thus, this chapter is intended to serve as a starting point for planning the response activities at hazardous waste sites.

#### Organizational Structure

An organizational structure that supports the overall objectives of the project should be developed in the first stage of planning. This structure should:

- Identify a leader who has the authority to direct all activities.
- Identify the other personnel needed for the project, and assign their general functions and responsibilities.

- Show lines of authority, responsibility, and communication.
- Identify the interface with the response community.

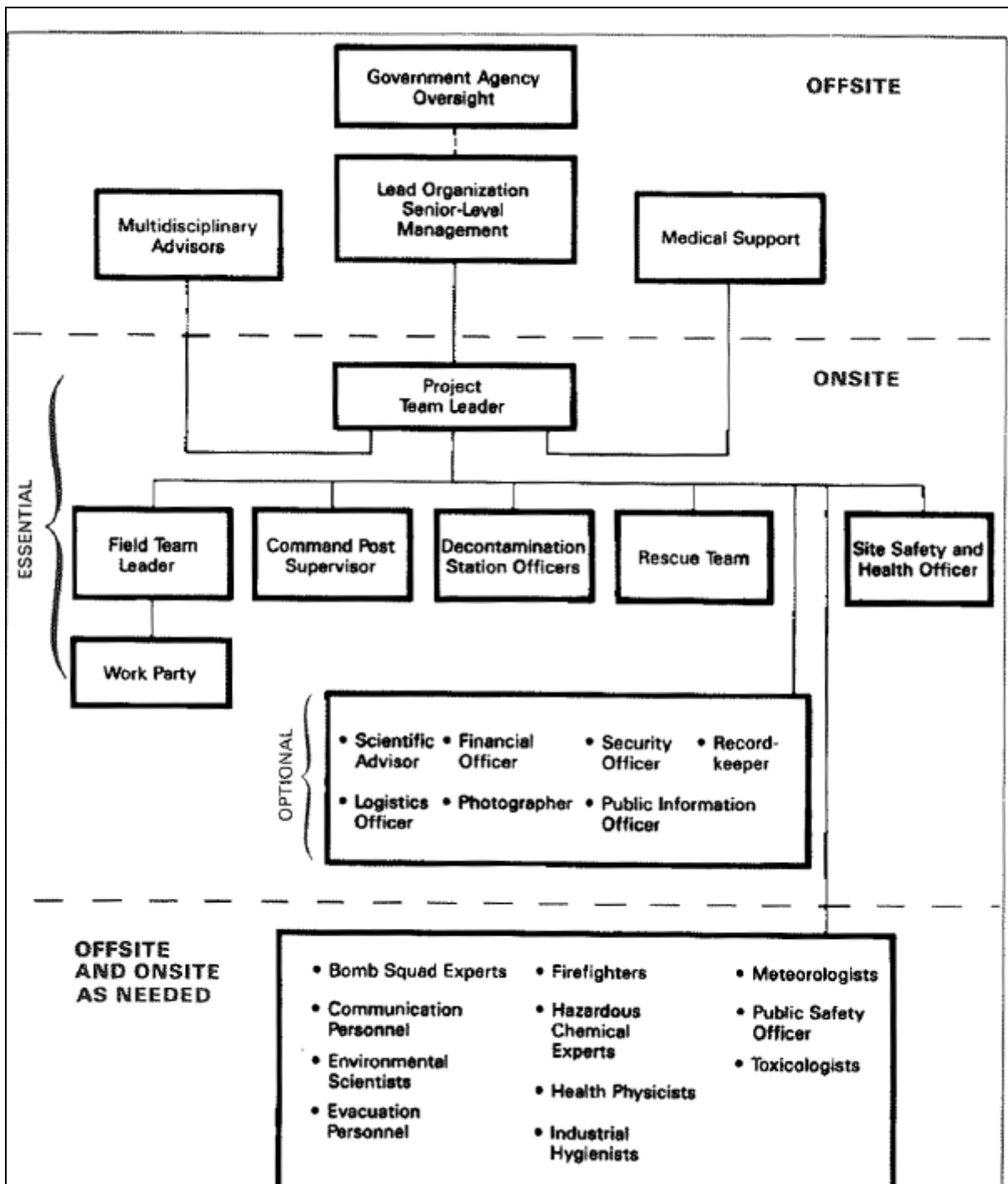
As the project progresses, it may be necessary to modify some organizational aspects of the project, such as personnel responsibilities and authorities, so that individual tasks can be performed as efficiently and safely as possible. Any changes to the overall organizational structure must be recorded in the appropriate parts of the Work or Site Safety Plans that are developed for individual phases or tasks and must be communicated to all parties involved.

Figure 3-1 presents one example of an organizational framework for a hazardous waste site response team. It shows the lines of authority for 24 categories of offsite and onsite personnel. The responsibilities and functions of each category are described in Tables 3-1 through 3-4. The onsite categories are divided into personnel that are essential for a safe and efficient response, and optional personnel that may be desirable in a large operation where responsibilities can be delegated to a greater number of people. As-needed personnel are specialists that are called upon for specific tasks, either off-site or on site.

This example is intended to illustrate the scope of responsibilities and functions that must be covered. The personnel categories described can be used as a starting point for designing an organizational structure appropriate to a particular situation. For smaller investigative and response efforts, single individuals may perform several of the functions described.

Regardless of the size of the effort, all response teams should include a Site Safety and Health Officer (hereinafter referred to as Site Safety Officer in accordance with common usage) responsible for implementing health and safety requirements. The Site Safety Officer should have ready access to other occupational health and safety professionals, particularly an industrial hygienist. Once an organizational system has been developed, all individuals responsible for establishing and enforcing health and safety requirements should be identified and their respective authorities clearly explained to all members of the response team.

One of the most critical elements in worker safety is the attitude of all levels of project management. A strong and visible commitment to worker safety must be present from the beginning of a project. This initial attitude sets the tone for the entire operation. The Site Safety Officer and the Project Team Leader must have the clear support of senior-level management for establishing, implementing, and enforcing safety programs from the outset of the project. The importance of management's attitude toward safety throughout the project cannot be overemphasized; site personnel are more likely to cooperate with safety programs if they sense a genuine concern on the part of management.



**Figure 3-1.** Generalized Approach to Personnel Organization for Site Investigation and Response.

Several organizational factors are indicators of successful worker safety programs. These factors include:

- Strong management commitment to safety, as defined by various actions reflecting management's support and involvement in safety activities.
- Close contact and interaction among workers, supervisors, and management enabling open communication on safety as well as other job-related matters.

- A high level of housekeeping, orderly workplace conditions, and effective environmental quality control.
- Well-developed selection, job placement, and advancement procedures plus other employee support services.
- Training practices emphasizing early indoctrination and follow-up instruction in job safety procedures.
- Added features or variations in conventional safety practices that enhance the effectiveness of those practices.
- Effective disciplinary plan to encourage employees to adhere to safety practices.

**Table 3-1 Offsite Personnel**

TITLE	GENERAL DESCRIPTION	SPECIFIC RESPONSIBILITIES
<b>Senior-Level Management</b>	Responsible for defining project objectives, allocating resources, determining the chain-of-command, and evaluating program outcome.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provide the necessary facilities, equipment, and money.</li> <li>• Provide adequate personnel and time resources to conduct activities safely.</li> <li>• Support the efforts of onsite management.</li> <li>• Provide appropriate disciplinary action when unsafe acts or practices occur.</li> </ul>
<b>Multi-Disciplinary Advisors</b>	Includes representatives from upper-management, a field team member, and experts in such fields as: Chemistry      Law Engineering      Medicine Industrial hygiene      Pharmacology Information/public relations      Physiology Radiation health physics Toxicology	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provide advice on the design of the Work Plan and the Site Safety Plan.</li> </ul>
<b>Medical Support</b>	Consulting physicians. Medical personnel at local hospitals and clinics. Ambulance personnel.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Become familiar with the types of materials on site, the potential for worker exposures, and recommend the medical program for the site.</li> <li>• Provide emergency treatment and decontamination procedures for the specific type of exposures that may occur at the site. Obtain special drugs, equipment, or supplies necessary to treat such exposures.</li> <li>• Provide emergency treatment procedures appropriate to the hazards on site.</li> </ul>

**Table 3-2. Onsite Essential Personnel**

TITLE	GENERAL DESCRIPTION	SPECIFIC RESPONSIBILITIES
<b>Project Team Leader</b>	Reports to upper-level management. Has authority to direct response operations. Assumes total control over site activities.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prepares and organizes the background review of the situation, the Work Plan, the Site Safety Plan, and the field team.</li> <li>• Obtains permission for site access and coordinates activities with appropriate officials.</li> <li>• Ensures that the Work Plan is completed and on schedule.</li> <li>• Briefs the field teams on their specific assignments.</li> <li>• Uses the Site Safety and Health Officer to ensure that safety and health requirements are met.</li> <li>• Prepares the final report and support files on the response activities.</li> <li>• Serves as the liaison with public officials.</li> </ul>
<b>Site Safety and Health Officer</b> (hereinafter referred to as Site Safety Officer in accordance with common usage)	Advises the Project Team Leader on all aspects of health and safety on site. Recommends stopping work if any operation threatens worker or public health or safety.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selects protective clothing and equipment.</li> <li>• Periodically inspects protective clothing and equipment.</li> <li>• Ensures that protective clothing and equipment are properly stored and maintained.</li> <li>• Controls entry and exit at the Access Control Points.</li> <li>• Coordinates safety and health program activities with the Scientific Advisor.</li> <li>• Confirms each team member's suitability for work based on a physician's recommendation.</li> <li>• Monitors the work parties for signs of stress, such as cold exposure, heat stress, and fatigue.</li> <li>• Monitors onsite hazards and conditions.</li> <li>• Participates in the preparation of and implements the Site Safety Plan.</li> <li>• Conducts periodic inspections to determine if the Site Safety Plan is being followed.</li> <li>• Enforces the "buddy" system.</li> <li>• Knows emergency procedures, evacuation routes, and the telephone numbers of the ambulance, local hospital, poison control center, fire department, and police department.</li> <li>• Notifies, when necessary, local public emergency officials.</li> <li>• Coordinates emergency medical care.</li> </ul>
<b>Field Team Leader</b>	May be the same person as the Project Team Leader and may be a member of the work party. Responsible for field team operations and safety.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manages field operations.</li> <li>• Executes the Work Plan and schedule.</li> <li>• Enforces safety procedures.</li> <li>• Coordinates with the Site Safety Officer in determining protection level.</li> <li>• Enforces site control.</li> <li>• Documents field activities and sample collection.</li> <li>• Serves as a liaison with public officials.</li> </ul>

TITLE	GENERAL DESCRIPTION	SPECIFIC RESPONSIBILITIES
<b>Command Post Supervisor</b>	May be the same person as the Field Team Leader. Responsible for communications and emergency assistance.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Notifies emergency response personnel by telephone or radio in the event of an emergency.</li> <li>• Assists the Site Safety Officer in rescue, if necessary.</li> <li>• Maintains a log of communication and site activities.</li> <li>• Assists other field team members in the clean areas, as needed.</li> <li>• Maintains line-of-sight and communication contact with the work parties via walkie-talkies, signal horns, or other means.</li> </ul>
<b>Decontamination Station Officer(s)</b>	Responsible for decontamination procedures, equipment, and supplies.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sets up decontamination lines and the decontamination solutions appropriate for the type of chemical contamination on site.</li> <li>• Controls the decontamination of all equipment, personnel, and samples from the contaminated areas.</li> <li>• Assists in the disposal of contaminated clothing and materials.</li> <li>• Ensures that all required equipment is available.</li> <li>• Advises medical personnel of potential exposures and consequences.</li> </ul>
<b>Rescue Team</b>	Used primarily on large sites with multiple work parties in the contaminated area.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stands by, partially dressed in protective gear, near hazardous work areas.</li> <li>• Rescues any worker whose health or safety is endangered.</li> </ul>
<b>Work Party</b>	Depending on the size of the field team, any or all of the field team may be in the Work Party, but the Work Party should consist of at least two people.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Safely completes the onsite tasks required to fulfill the Work Plan.</li> <li>• Complies with Site Safety Plan.</li> <li>• Notifies Site Safety Officer or supervisor of unsafe conditions.</li> </ul>

Overall, the most effective industrial safety programs are successful in dealing with "people" variables. Open communication among workers, supervisors, and management concerning worksite safety is essential.

The effective management of response actions at hazardous waste sites requires a commitment to the health and safety of the general public as well as to the onsite personnel. Prevention and containment of contaminant release into the surrounding community should be addressed in the planning stages of a project. Not only must the public be protected, they must also be made aware of the health and safety program and have confidence in it. To accomplish these goals, the Project Team Leader, or Public Information Officer under the supervision of the Project Team Leader, should establish community liaison well before any response action is begun, and should be in continuous contact with community leaders.

**Table 3-3. Onsite Optional Personnel**

TITLE	GENERAL DESCRIPTION	SPECIFIC RESPONSIBILITIES
<b>Scientific Advisor</b>	Guides the Project Team Leader in scientific matters.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Provides advice for:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Field monitoring      Scientific studies</li> <li>Sample collection      Data interpretation</li> <li>Sample analysis      Remedial plans</li> </ul> </li> </ul>
<b>Logistics Officer</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plans and mobilizes the facilities, materials, and personnel required for the response.</li> </ul>
<b>Photographer</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Photographs site conditions.</li> <li>• Archives photographs.</li> </ul>
<b>Financial/Contracting Officer</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provides financial and contractual support.</li> </ul>
<b>Public Information Officer</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Releases information to the news media and the public concerning site activities.</li> </ul>
<b>Security Officer</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manages site security.</li> </ul>
<b>Recordkeeper</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintains the official records of site activities.</li> </ul>

## Work Plan

To ensure a safe response, a Work Plan describing anticipated cleanup activities must be developed before beginning onsite response actions. The Work Plan should be periodically reexamined and updated as new information about site conditions is obtained.

The following steps should be taken in formulating a comprehensive Work Plan:

- Review available information, including:
  - Site records
  - Waste inventories
  - Generator and transporter manifests
  - Previous sampling and monitoring data
  - Site photos
  - State and local environmental and health agency records
- Define work objectives.
- Determine methods for accomplishing the objectives, e.g., sampling plan, inventory, disposal techniques.
- Determine personnel requirements.
- Determine the need for additional training of personnel. Evaluate their current knowledge/skill level against the tasks they will perform and situations they may encounter (see Chapter 4, *Training*).
- Determine equipment requirements. Evaluate the need for special equipment or services, such as drilling equipment or heavy equipment and operators.

Preparation of the Work Plan requires a multidisciplinary approach, and may therefore require input from all levels of onsite and offsite management. Consultants may also be useful in developing sections of the Work Plan; for example, chemists, occupational health and safety professionals, and statisticians may be needed to develop the sampling plan.

## Site Safety Plan

A Site Safety Plan, which establishes policies and procedures to protect workers and the public from the potential hazards posed by a hazardous waste site, must be developed before site activities proceed. The Site Safety Plan must provide measures to minimize accidents and injuries that may occur during normal daily activities or during adverse conditions such as hot or cold weather. This section describes the planning process for health and safety during normal site operations, i.e., non-emergency situations. Chapter 12 describes planning and response to site emergencies.

Development of a written Site Safety Plan helps ensure that all safety aspects of site operations are thoroughly examined prior to commencing field work. The Site Safety Plan should be modified as needed for every stage of site activity.

Because planning requires information, planning and site characterization should be coordinated. An initial Site Safety Plan should be developed so that the preliminary site assessment can proceed in a safe manner. The information from this assessment can then be used to refine the Site Safety Plan so that further site activities can proceed safely. Plans should be revised whenever new information about site hazards is obtained.

Development of a Site Safety Plan should involve both the offsite and onsite management and be reviewed by occupational and industrial health and safety experts, physicians, chemists, or other appropriate personnel.

At a minimum, the plan should:

- Name key personnel and alternates responsible for site safety (see Tables 3-1 through 3-4).
- Describe the risks associated with each operation conducted (see Chapter 6, *Site Characterization*).
- Confirm that personnel are adequately trained to perform their job responsibilities and to handle the specific hazardous situations they may encounter (see Chapter 4, *Training*).
- Describe the protective clothing and equipment to be worn by personnel during various site operations (see Chapter 8, *Personal Protective Equipment*).
- Describe any site-specific medical surveillance requirements (see Chapter 5, *Medical Program*).
- Describe the program for periodic air monitoring, personnel monitoring, and environmental sampling, if needed (see Chapter 6, *Site Characterization*, and Chapter 11, *Handling Drums and Other Containers*).
- Describe the actions to be taken to mitigate existing hazards (e.g., containment of contaminated materials) to make the work environment less hazardous.
- Define site control measures and include a site map (see Chapter 9, *Site Control*).
- Establish decontamination procedures for personnel and equipment (see Chapter 10, *Decontamination*).
- Set forth the site's Standard Operating Procedures (SOPs). SOPs are those activities that can be standardized (such as decontamination and respirator fit testing), and where a checklist can be used. These procedures should be:
  - Prepared in advance.
  - Based on the best available information, operational principles, and technical guidance.
  - Field-tested by qualified health and safety professionals, and revised as appropriate.

- Appropriate to the types of risk at that site. Formulated to be easy to understand and practice.
- Provided in writing to all site personnel, who should be briefed on their use. Included in training programs for site personnel.
- Set forth a Contingency Plan for safe and effective response to emergencies.

Appendix B provides a generic Site Safety Plan that can be adapted for hazardous waste site cleanup operations. The generic plan should be used as a guide, *not a standard*, for designing a Site Safety Plan.

**Table 3-4. As-Needed Personnel**

TITLE	GENERAL DESCRIPTION	SPECIFIC RESPONSIBILITIES
<b>Bomb Squad Explosion Experts</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advise on methods of handling explosive materials.</li> <li>• Assist in safely detonating or disposing of explosive materials.</li> </ul>
<b>Communication Personnel</b>	Civil Defense organizations; local radio and television stations. Local emergency service networks.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provide communication to the public in the event of an emergency.</li> <li>• Provide communication links for mutual aid.</li> </ul>
<b>Environmental Scientists</b>	Consultants from industry, government, universities, or other groups.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Predict the movement of released hazardous materials through the atmosphere, geologic, and hydrologic environment.</li> <li>• Assess the effect of this movement on air, groundwater, and surface water quality.</li> <li>• Predict the exposure of people and the ecosystem to the materials.</li> </ul>
<b>Evacuation Personnel</b>	Federal, state, and local public safety organizations.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Help plan for public evacuation.</li> <li>• Mobilize transit equipment.</li> <li>• Assist in public evacuation.</li> </ul>
<b>Firefighters</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respond to fires that occur on site.</li> <li>• Stand by for response to potential fires.</li> <li>• Perform rescue.</li> </ul>
<b>Hazardous Chemical Experts</b>	Consultants from industry, government, universities, or other groups.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advise on the properties of the materials on site</li> <li>• Advise on contaminant control methods.</li> <li>• Advise on the dangers of chemical mixtures that may result from site activities.</li> <li>• Provide immediate advice to those at the scene of a chemical-related emergency.</li> </ul>
<b>Health Physicists</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluate radiation health hazards and recommend appropriate action.</li> </ul>
<b>Industrial Hygienists</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conduct health hazard assessments.</li> <li>• Advise on adequate health protection.</li> <li>• Conduct monitoring tests to determine worker exposures to hazardous substances.</li> </ul>
<b>Meteorologists</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provide meteorological information.</li> </ul>
<b>Public Safety Personnel</b>	The County Sheriff, industrial security forces, National Guard, police, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control access to the site.</li> </ul>
<b>Toxicologists</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advise on toxicological properties and health effects of substances on site.</li> <li>• Provide recommendations on protection of worker health.</li> </ul>

## Safety Meetings and Inspections

To ensure that the Site Safety Plan is being followed, the Site Safety Officer should conduct a safety meeting prior to initiating any site activity and before and after each work day. The purpose of these safety meetings is to:

- Describe the assigned tasks and their potential hazards.
- Coordinate activities.
- Identify methods and precautions to prevent injuries.
- Plan for emergencies.
- Describe any changes in the Site Safety Plan.
- Get worker feedback on conditions affecting safety and health.
- Get worker feedback on how well the Site Safety Plan is working.

The Site Safety Officer should also conduct frequent inspections of site conditions, facilities, equipment, and activities to determine whether the Site Safety Plan is adequate and being followed.

At a hazardous waste site, risks to workers can change quickly and dramatically when there are changes in:

- Work and other site activities.
- State of degradation of containers and containment structures.
- State of equipment maintenance.
- Weather conditions.

In order to make safety inspections effective, the following guidelines should be observed:

- Develop a checklist for each site, listing the items that should be inspected.
- Review the results of these inspections with supervisors and workers.
- Reinspect any identified problems to ensure that they have been corrected.
- Document all inspections and subsequent follow-up actions. Retain these records until site activities are completed and as long as required by regulatory agencies.

The minimum frequency at which inspections should occur varies with the characteristics of the site and the equipment used on site. Factors that need to be considered are:

- The severity of risk on site.
- Regulatory requirements.
- Operation and maintenance requirements.
- The expected effective lifetime of clothing, equipment, vehicles, and other items.
- Recommendations based on professional judgment, laboratory test results, and field experience.

## References

1. National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan, 40 CFR Part 300.

## 4. Training

### Contents

Introduction	4-1
Training Programs	4-2
Record of Training	4-4

### Introduction

Anyone who enters a hazardous waste site must recognize and understand the potential hazards to health and safety associated with the cleanup of that site. Personnel actively involved in cleanup must be thoroughly familiar with programs and procedures contained in the Site Safety Plan (see Chapter 3, *Planning and Organization*) and must be trained to work safely in contaminated areas. Visitors to a site must receive adequate training on hazard recognition and on the site's Standard Operating Procedures to enable them to conduct their visit safely.

The objectives of training programs for employees involved in hazardous waste site activities are:

- To make workers aware of the potential hazards they may encounter.
- To provide the knowledge and skills necessary to perform the work with minimal risk to worker health and safety.
- To make workers aware of the purpose and limitations of safety equipment.
- To ensure that workers can safely avoid or escape from emergencies.

The level of training provided should be consistent with the worker's job function and responsibilities. The training program should involve both classroom instruction in a wide range of health and safety topics and "hands-on" practice. Hands-on instruction should consist of drills in the field that simulate site activities and conditions. Any training program for work around hazardous substances should also incorporate onsite experience under the direct supervision of trained, experienced personnel.

All training information should be presented in clear, concise language. Particularly important information, such as the Standard Operating Procedures, should be provided in writing. A variety of teaching aids (i.e., films, tapes, slides, etc.) should be used, and lecture sessions should be interspersed with class participation and hands-on training. All employees should also complete



The training program should involve field drills that simulate emergency situations. Here workers wearing Level A personal protective equipment repair a leaking pipe as part of a training exercise.

refresher training, at least annually, to reemphasize the initial training and to update workers on any new policies or procedures.

## Training Programs

Employees should not engage in field activities until they have been trained to a level commensurate with their job function and responsibilities and with the degree of anticipated hazards. Specific recommendations for the areas to be covered in training sessions are given in Table 4-1.

*General site workers*, such as equipment operators, general laborers, technicians, and other supervised personnel, should attend training sessions that apply to their individual jobs and responsibilities, as well as training sessions that provide an overview of the site hazards and the means of controlling those hazards. Their training should include classroom instruction in the following subject areas, depending on their individual jobs:

- Site Safety Plan.
- Safe work practices.
- Nature of anticipated hazards.
- Handling emergencies and self-rescue.
- Rules and regulations for vehicle
- Safe use of field equipment.
- Handling, storage, and transportation of hazardous materials.
- Employee rights and responsibilities.
- Use, care, and limitations of personal protective clothing and equipment (see *Training* section of Chapter 8).
- Safe sampling techniques.

In addition to classroom instruction, general site workers should engage in actual field activities under the direct supervision of a trained, experienced supervisor.

Some general site workers who may be exposed to unique hazards or who may occasionally supervise others should receive additional training in the following subject areas:

- Site surveillance.
- Site Safety Plan development.
- Use and decontamination of fully encapsulating personal protective clothing and equipment.
- Use of instruments to measure explosivity, radioactivity, etc.
- Safe use of specialized equipment.
- Topics specific to identified site activities.

*Onsite management and supervisors*, such as Project Team Leaders, who are responsible for directing others, should receive the same training as the general site workers for whom they are responsible, as well as additional training to enhance their ability to provide guidance and make informed decisions. This additional training should include:

- Management of hazardous waste site cleanup operations.
- Management of the site work zones (see Chapter 9, *Site Control*).

- How to communicate with the press and local community.

*Health and safety staff* with specific responsibilities for health and safety guidance on site should be familiar with the training provided to general site workers and their supervisors, and should receive advanced training in health and safety issues, policies, and techniques.

*Visitors* to the site (including elected and appointed officials, reporters, senior-level management, and other interested parties) must also receive a briefing on safety. These visitors should not be permitted in the Exclusion Zone (see Chapter 9, *Site Control* unless they have been trained, fit-tested, and medically approved for respirator use. All other visitors should not enter the Exclusion Zone; rather, they should observe site conditions from the clean area, e.g., using binoculars.

**Table 4-1. Recommended Training by Job Category<sup>a</sup>**

TRAINING TOPIC	EMPHASIS OF TRAINING	GENERAL SITE WORKER	ONSITE MANAGEMENT AND SUPERVISORS	HEALTH AND SAFETY STAFF	VISITORS
<b>Biology, Chemistry, and Physics of Hazardous Materials</b>	Chemical and physical properties; chemical reactions; chemical compatibilities.	R	R	R	
<b>Toxicology</b>	Dosage, routes of exposure, toxic effects, immediately dangerous to life or health (IDLH) values, permissible exposure limits (PELs), recommended exposure limits (RELs), threshold limit values (TLVs).	R	R	R	
<b>Industrial Hygiene</b>	Selection and monitoring of personal protective clothing and equipment.		R	R	
	Calculation of doses and exposure levels; evaluation of hazards; selection of worker health and safety protective measures.		R	R	
<b>Rights and Responsibilities of Workers Under OSHA</b>	Applicable provisions of Title 29 of the Code of Federal Regulations (the OSH Act).	R	R	R	
<b>Monitoring Equipment</b>	Functions, capabilities, selection, use, limitations, and maintenance.	R	R	R	
<b>Hazard Evaluation</b>	Techniques of sampling and assessment.		R	R	
	Evaluation of field and lab results.		R	R	
	Risk assessment.		O	R	
<b>Site Safety Plan</b>	Safe practices, safety briefings and meetings, Standard Operating Procedures, site safety map.	R	R	R	R
<b>Standard Operating Procedures (SOPs)</b>	Hands on practice.	R	R	R	
	Development and compliance.				

TRAINING TOPIC	EMPHASIS OF TRAINING	GENERAL SITE WORKER	ONSITE MANAGEMENT AND SUPERVISORS	HEALTH AND SAFETY STAFF	VISITORS
<b>Engineering Controls</b>	The use of barriers, isolation, and distance to minimize hazards.	R	R	R	
<b>Personal Protective Clothing and Equipment (PPE)</b>	Assignment, sizing, fit-testing, maintenance, use, limitations, and hands-on training.	R	R	R	R
	Selection of PPE.		O	R	
	Ergonomics.			R	
<b>Medical Program</b>	Medical monitoring, first aid, stress recognition.	R	R	R	
	Advanced first aid, cardiopulmonary resuscitation (CPR); emergency drills.	O	R	R	
	Design, planning, and implementation.			R	
<b>Decontamination</b>	Hands-on training using simulated field conditions.	R	R	R	
	Design and maintenance.	R	R	R	
<b>Legal and Regulatory Aspects</b>	Applicable safety and health regulations (OSHA, EPA, etc.)	O	R	R	
<b>Emergencies</b>	Emergency help and self-rescue; emergency drills.	R	R	R	
	Response to emergencies; follow-up investigation and documentation.		R	R	

<sup>a</sup>R = Recommended.

O = Optional.

## Record of Training

A record of training should be maintained in each employees personnel file to confirm that every person assigned to a task has had adequate training for that task, and that every employee's training is up-to-date.

## 5. Medical Program

### Contents

Introduction	5-1
Developing a Program	5-2
Pre-Employment Screening	5-8
Determination of Fitness for Duty	5-9
Baseline Data for Future Exposures	5-9
Sample Pre-Employment Examination	5-10
Periodic Medical Examinations	5-12
Periodic Screening	5-12
Sample Periodic Medical Examination	5-13
Termination Examination	5-13
Emergency Treatment	5-13
Non-Emergency Treatment	5-15
Medical Records	5-15
Program Review	5-16
References	5-16

### Introduction

Workers handling hazardous wastes can experience high levels of stress. Their daily tasks may expose them to toxic chemicals, safety hazards, biologic hazards, and radiation. They may develop heat stress while wearing protective equipment or working under temperature extremes, or face life-threatening emergencies such as explosions and fires. Therefore, a medical program is essential to assess and monitor workers' health and fitness both prior to employment and during the course of work; to provide emergency and other treatment as needed; and to keep accurate records for future reference. In addition, OSHA recommends a medical evaluation for employees required to wear a respirator (29 CFR Part 1910.134[b][10]), and certain OSHA standards include specific medical requirements (e.g., 29 CFR Part 1910.95 and 29 CFR Parts 1910.1001 through 1910.1045). Information from a site medical program may also be used to conduct future epidemiological studies; to adjudicate claims; to provide evidence in litigation; and to report workers' medical conditions to federal, state, and local agencies, as required by law.

This chapter presents general guidelines for designing a medical program for personnel at hazardous waste sites. It includes information and sample protocols for pre-employment screening and periodic medical examinations, guidelines for emergency and non-emergency treatment, and recommendations for program record-keeping and review. In addition, it supplies a table of some common chemical toxicants found at hazardous waste sites with recommended medical monitoring procedures.

The recommendations in this chapter assume that workers will have adequate protection from exposures through administrative and engineering controls, and appropriate personal protective equipment and decontamination procedures, as described elsewhere in this manual. Medical surveillance should be used to complement other controls.

## Developing a Program

A medical program should be developed for each site based on the specific needs, location, and potential exposures of employees at the site. The program should be designed by an experienced occupational health physician or other qualified occupational health consultant in conjunction with the Site Safety Officer. The director of a site medical program should be a physician who is board-certified in occupational medicine or a medical doctor who has had extensive experience managing occupational health services. A director and/or examining physician with such qualifications may be difficult to find, due to the shortage of doctors trained in occupational medicine in remote geographic areas where many hazardous waste sites are located. If an occupational health physician is not available, the site medical program may be managed, and relevant examinations performed, by a local physician with assistance from an occupational medicine consultant. These functions may also be performed by a qualified Registered Nurse, preferably an Occupational Health Nurse, under the direction of a suitably qualified physician who has responsibility for the program.<sup>1</sup>

All medical test analyses should be performed by a laboratory that has demonstrated satisfactory performance in an established inter-laboratory testing program [1]. The clinical or diagnostic laboratory to which samples are sent should meet either (1) minimum requirements under the Clinical Laboratories Improvement Act of 1967 (42 CFR Part 74 Subpart M Section 263[a]), or (2) the conditions for coverage under Medicare. These programs are administered by the Health Care Financing Administration (HCFA), U.S. Department of Health and Human Services (DHHS).

A site medical program should provide the following components:

- Surveillance:
  - Pre-employment screening.
  - Periodic medical examinations (and follow-up examinations when appropriate).
  - Termination examination.
- Treatment:
  - Emergency
  - Non-emergency (on a case-by-case basis)
- Record-keeping.
- Program review.

Table 5-1 outlines a recommended medical program; screening and examination protocols are described in the following sections. These recommendations are based on known health risks for hazardous waste workers, a review of available data on their exposures, and an assessment of several established medical programs. Because conditions and hazards vary considerably at each site, only general guidelines are given.

The effectiveness of a medical program depends on active worker involvement. In addition, management should have a firm commitment to worker health and safety, and is encouraged to express this commitment not only by medical surveillance and treatment, but also through management directives and informal encouragement of employees to maintain good health through exercise, proper diet, and avoidance of tobacco, alcohol abuse and drug abuse. In particular, management should:

- Urge prospective employees to provide a complete and detailed occupational and medical history.

---

<sup>1</sup> Certified, state-licensed (where required) Physician's Assistants may also perform these examinations if a physician is available on the premises.

- Assure employees of confidentiality.
- Require workers to report any suspected exposures, regardless of degree.
- Require workers to bring any unusual physical or psychological conditions to the physician's attention. Employee training should emphasize that vague disturbances or apparently minor complaints (such as skin irritation or headaches) may be important.

When developing an individual program, site conditions must be considered and the monitoring needs of each worker should be determined based on the worker's medical and occupational history, as well as current and potential exposures on site. The routine job tasks of each worker should be considered. For instance, a heavy equipment operator exposed to significant noise levels would require a different monitoring protocol from a field sample collector with minimal noise exposure. Likewise, an administrator may only need a pre-employment screening for ability to wear personal protective equipment-if this is an occasional requirement-rather than a more comprehensive program.

The potential exposures that may occur at a site must also be considered. While it is often impossible to identify every toxic substance that exists at each hazardous waste site, certain types of hazardous substances or chemicals are more likely to be present than others. Some of these are:

- Aromatic hydrocarbons.
- Asbestos (or asbestiform particles).
- Dioxin.
- Halogenated aliphatic hydrocarbons.
- Heavy metals.
- Herbicides.
- Organochlorine insecticides.
- Organophosphate and carbamate insecticides.
- Polychlorinated biphenyls (PCBs).

Table 5-2 lists these groups, with representative compounds, uses, health effects, and available medical monitoring procedures.

In compiling a testing protocol, bear in mind that standard occupational medical tests were developed in factories and other enclosed industrial environments, and were based on the presence of specific identifiable toxic chemicals and the possibility of a significant degree of exposure. Some of these tests may not be totally appropriate for hazardous waste sites, since available data suggest that site workers have low-level exposures to many chemicals concurrently, plus brief high-level exposure to some chemicals [2]. In addition, most testing recommendations, even those for specific toxic substances, have not been critically evaluated for efficacy.

Another important factor to consider is that risk can vary, not only with the type, amount and duration of exposure, but also with individual factors such as age, sex, weight, stress, diet, susceptibility to allergic-type reactions, medications taken, and offsite exposures (e.g., in hobbies such as furniture refinishing and automotive body work).

**Table 5-1. Recommended Medical Program**

COMPONENT	RECOMMENDED	OPTIONAL
<b>Pre-Employment Screening</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medical history.</li> <li>• Occupational history.</li> <li>• Physical examination.</li> <li>• Determination of fitness to work wearing protective equipment.</li> <li>• Baseline monitoring for specific exposures.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Freezing pre-employment serum specimen for later testing (limited to specific situations, see Baseline Date for Future Exposures in this chapter).</li> </ul>
<b>Periodic Medical Examinations</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yearly update of medical and occupational history; yearly physical examination; testing based on (1) examination results, (2) exposures, and (3) job class and task.</li> <li>• More frequent testing based on specific exposures.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yearly testing with routine medical tests.</li> </ul>
<b>Emergency Treatment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provide emergency first aid on site.</li> <li>• Develop liaison with local hospital and medical specialists.</li> <li>• Arrange for decontamination of victims.</li> <li>• Arrange in advance for transport of victims.</li> <li>• Transfer medical records; give details of incident and medical history to next care provider.</li> </ul>	
<b>Non-emergency Treatment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Development mechanism for non-emergency health care.</li> </ul>	
<b>Recordkeeping and Review</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintain and provide access to medical records in accordance with OSHA and state regulations.</li> <li>• Report and record occupational injuries and illnesses.</li> <li>• Review Site Safety Plan regularly to determine if additional testing is needed.</li> <li>• Review program periodically. Focus on current site hazards, exposures, and industrial hygiene standards.</li> </ul>	

**Table 5-2. Common Chemical Toxicants Found at Hazardous Waste Sites, Their Health Effects and Medical Monitoring**

HAZARDOUS SUBSTANCE OR CHEMICAL GROUP	COMPOUNDS	USES	TARGET ORGANS	POTENTIAL HEALTH EFFECTS	MEDICAL MONITORING
<b>Aromatic Hydrocarbons</b>	Benzene Ethyl benzene Toluene Xylene	Commercial solvents and intermediates for synthesis in the chemical and pharmaceutical industries.	Blood Bone marrow CNS <sup>a</sup> Eyes Respiratory system Skin Liver Kidney	All cause: CNS <sup>a</sup> depression: decreased alertness, headache, sleepiness, loss of consciousness. Defatting dermatitis. Benzene suppresses bone-marrow function, causing blood changes. Chronic exposure can cause leukemia. Note: Because other aromatic hydrocarbons may be contaminated with benzene during distillation, benzene-related health effects should be considered when exposure to any of these agents is suspected.	Occupational/ general medical history emphasizing prior exposure to these or other toxic agents. Medical examination with focus on liver, kidney, nervous system, and skin. Laboratory testing: CBC <sup>b</sup> Platelet count  Measurement of kidney and liver function.
<b>Asbestos (or asbestiform particles)</b>		A variety of industrial uses, including: Building Construction Cement work Insulation Fireproofing Pipes and ducts for water, air, and chemicals Automobile brake pads and linings	Lungs Gastrointestinal system	Chronic effects: Lung cancer Mesothelioma Asbestosis Gastrointestinal malignancies Asbestos exposure coupled with cigarette smoking has been shown to have a synergistic effect in the development of lung cancer.	History and physical examination should focus on the lungs and gastrointestinal system. Laboratory tests should include a stool test for occult blood evaluation as a check for possible hidden gastrointestinal malignancy. A high quality chest X-ray and pulmonary function test may help to identify long-term changes associated with asbestos diseases; however, early identification of low-dose exposure is unlikely.
<b>Dioxin (see Herbicides)</b>					

HAZARDOUS SUBSTANCE OR CHEMICAL GROUP	COMPOUNDS	USES	TARGET ORGANS	POTENTIAL HEALTH EFFECTS	MEDICAL MONITORING
<b>Halogenated Aliphatic Hydrocarbons</b>	Carbon tetrachloride Chloroform Ethyl bromide Ethyl chloride Ethylene dibromide Ethylene dichloride Methyl chloride Methyl chloroform Methylene chloride Tetrachloro- ethane Tetrachloro- ethylene (perchloro- ethylene) Trichloro- ethylene Vinyl chloride	Commercial solvents and intermediates in organic synthesis.	CNS <sup>a</sup> Kidney Liver Skin	All cause: CNS <sup>a</sup> depression: decreased alertness, headaches, sleepiness, loss of consciousness. Kidney changes: decreased urine flow, swelling (especially around the eyes), anemia Liver changes: fatigue, malaise, dark urine, liver enlarge-ment, jaundice. Vinyl chloride is a known carcinogen; several others in this group are potential carcinogens.	Occupational/general medical history emphasizing prior exposure to these or other toxic agents. Medical examination with focus on liver, kidney, nervous system, and skin. Laboratory testing for liver and kidney function; carboxy- hemoglobin where relevant.
<b>Heavy Metals</b>	Arsenic Beryllium Cadmium Chromium Lead Mercury	Wide variety of industrial and commercial users.	Multiple organs and systems including: Blood Cardiopul- monary Gastrointe- s-tinal Kidney Liver Lung CNS <sup>a</sup> Skin	All are toxic to the kidneys. Each heavy metal has its own characteristic symptom cluster. For example, lead causes decreased mental ability, weakness (especially hands), headache, abdominal cramps, diarrhea, and anemia. Lead can also affect the bloodforming mechanism, kidneys, and the peripheral nervous system. Long-term effects <sup>c</sup> also vary. Lead toxicity can cause permanent kidney and brain damage; cadmium can cause kidney or lung disease. Chromium, beryllium, arsenic, and cadmium have been implicated as human carcinogens.	History-taking and physical exam: search for symptom clusters associated with specific metal exposures, e.g., for lead look for neuro- logical deficit, anemia, and gastro- intestinal symptoms. Laboratory testing: Measurement of metallic content in blood, urine, and tissues (e.g., blood lead level; urine screen for arsenic, mercury, chrom- ium, and cadmium). CBC <sup>b</sup>  Measurement of kidney function, and liver function where relevant.  Chest X-ray or pulmonary function testing where relevant.

HAZARDOUS SUBSTANCE OR CHEMICAL GROUP	COMPOUNDS	USES	TARGET ORGANS	POTENTIAL HEALTH EFFECTS	MEDICAL MONITORING
<b>Herbicides</b>	Chlorophenoxy compounds: 2,4-dichloro-phenoxyacetic acid (2,4-D) 2,4,5-trichloro-phenoxyacetic acid (2,4,5-T) Dioxin (tetrachloro-dibenzo-p-dioxin, TCDD), which occurs at a trace contaminant in these compounds, poses the most serious health risk.	Vegetation control.	Kidney Liver CNS <sup>a</sup> Skin	Chlorophenoxy compounds can cause chloracne, weakness or numbness of the arms and legs, and may result in long-term nerve damage. Dioxin causes chloracne and may aggravate pre-existing liver and kidney diseases.	History and physical exam should focus on the skin and nervous system.  Laboratory tests include: Measurement of liver and kidney function, where relevant. Urinalysis.
<b>Organochlorine Insecticides</b>	Chlorinated ethanes: DDT Cyclodienes: Aldrin Chlordane Dieldrin Endrin Chlorocyclohexanes: Lindane	Pest control.	Kidney Liver CNS <sup>a</sup>	All cause acute symptoms of apprehension, irritability, dizziness, disturbed equilibrium, tremor, and convulsions. Cyclodienes may cause convulsions without any other initial symptoms. Chlorocyclohexanes can cause anemia. Cyclodienes and chlorocyclohexanes cause liver toxicity and can cause permanent kidney damage.	History and physical exam should focus on the nervous system.  Laboratory tests include: Measurement of kidney and liver function. CBC <sup>b</sup> for exposure to chlorocyclohexanes.

HAZARDOUS SUBSTANCE OR CHEMICAL GROUP	COMPOUNDS	USES	TARGET ORGANS	POTENTIAL HEALTH EFFECTS	MEDICAL MONITORING
<b>Organo-phosphate and Carbamate Insecticides</b>	Organophosphate:	Pest control.	CNS <sup>a</sup> Liver Kidney	All cause a chain of internal reactions leading to neuromuscular blockage. Depending on the extent of poisoning, acute symptoms range from headaches, fatigue, dizziness, increased salivation and crying, profuse sweating, nausea, vomiting, cramps, and diarrhea to tightness in the chest, muscle twitching, and slowing of the heartbeat. Severe cases may result in rapid onset of unconsciousness and seizures. A delayed effect may be weakness and numbness in the feet and hands. Long-term, permanent nerve damage is possible.	Physical exam should focus on the nervous system.  Laboratory tests should include: RBC <sup>d</sup> cholinesterase levels for recent exposure (plasma cholinesterase for acute exposures).  Measurement of delayed neurotoxicity and other effects.
	Diazinon Dichlorovos Dimethoate Trichlorfon Malathion Methyl parathion Parathion Carbamate: Aldicarb Baygon Zectran				
<b>Polychlorinated Biphenyls (PCBs)</b>		Wide variety of industrial uses.	Liver CNS <sup>a</sup> (speculative) Respiratory system (speculative) Skin	Various skin ailments, including chloracne; may cause liver toxicity; carcinogenic to animals.	Physical exam should focus on the skin and liver.  Laboratory tests include:  Serum PCB levels.  Triglycerides and cholesterol.  Measurement of liver function.

<sup>a</sup>CNS = Central nervous system

<sup>b</sup>CBC = Complete blood count.

<sup>c</sup>Long-term effects generally manifest in 10 to 30 years.

<sup>d</sup>RBC=Red blood count.

## Pre-employment Screening

Pre-employment screening has two major functions: (1) determination of an individual's fitness for duty, including the ability to work while wearing protective equipment, and (2) provision of baseline data for comparison with future medical data. These functions are discussed below. In addition, a sample pre-employment examination is described.

## **Determination of Fitness for Duty**

Workers at hazardous waste sites are often required to perform strenuous tasks (e.g., moving 55-gallon drums) and wear personal protective equipment, such as respirators and protective clothing, that may cause heat stress and other problems (see Chapter 8 for details). To ensure that prospective employees are able to meet work requirements, the pre-employment screening should focus on the following areas:

### **Occupational and Medical History**

- Make sure the worker fills out an occupational and medical history questionnaire. Review the questionnaire before seeing the worker. In the examining room, discuss the questionnaire with the worker, paying special attention to prior occupational exposures to chemical and physical hazards.
- Review past illnesses and chronic diseases, particularly atopic diseases such as eczema and asthma, lung diseases, and cardiovascular disease.
- Review symptoms, especially shortness of breath or labored breathing on exertion, other chronic respiratory symptoms, chest pain, high blood pressure, and heat intolerance.
- Identify individuals who are vulnerable to particular substances (e.g., someone with a history of severe asthmatic reaction to a specific chemical).
- Record relevant lifestyle habits (e.g., cigarette smoking, alcohol and drug use) and hobbies.

### **Physical Examination**

- Conduct a comprehensive physical examination of all body organs, focussing on the pulmonary, cardiovascular, and musculoskeletal systems.
- Note conditions that could increase susceptibility to heat stroke, such as obesity and lack of physical exercise.
- Note conditions that could affect respirator use, such as missing or arthritic fingers, facial scars, dentures, poor eyesight, or perforated ear drums.

### **Ability to Work While Wearing Protective Equipment [3]**

- Disqualify individuals who are clearly unable to perform based on the medical history and physical exam (e.g., those with severe lung disease, heart disease, or back or orthopedic problems).
- Note limitations concerning the worker's ability to use protective equipment (e.g., individuals who must wear contact lenses cannot wear full-face piece respirators).
- Provide additional testing (e.g., chest X-ray, pulmonary function testing, electrocardiogram) for ability to wear protective equipment where necessary.
- Base the determination on the individual worker's profile (e.g., medical history and physical exam, age, previous exposures and testing).
- Make a written assessment of the worker's capacity to perform while wearing a respirator, if wearing a respirator is a job requirement. Note that the Occupational Safety and Health Administration (OSHA) respirator standard (29 CFR Part 1910.134) states that no employee should be assigned to a task that requires the use of a respirator unless it has been determined that the person is physically able to perform under such conditions.

## **Baseline Data for Future Exposures**

Pre-employment screening can be used to establish baseline data to subsequently verify the efficacy of protective assures and to later determine if exposures have adversely affected the worker. Baseline testing may include both medical screening tests and biologic monitoring tests. The latter (e.g., blood lead level) may be useful for ascertaining pre-exposure levels of specific substances to which the worker may be exposed and for which reliable tests are available. Given the problem in predicting significant

exposures for these workers, there are no clear guidelines for prescribing specific tests. The following approach identifies the types of tests that may indicated:

- A battery of tests based on the worker's past occupational and medical history and an assessment of significant potential exposures. See Table 5-3 for examples of tests frequently performed by occupational physicians.
- Standard established testing for specific toxicants in situations where workers may receive significant exposures to these agents. For example, long-term exposure during cleanup of a polychlorinated biphenyls (PCB) waste facility can be monitored with pre-employment and periodic serum PCB testing [4]. Standard procedures are available for determining levels of other substances, e.g., lead, cadmium, arsenic, and organophosphate pesticides.
- Where applicable, pre-employment blood specimens and serum frozen for later testing. (PCBs and some pesticides are examples of agents amenable to such monitoring.)

**Table 5-3. Tests Frequently Performed by Occupational Physicians**

FUNCTION	TEST	EXAMPLE
<b>Liver:</b>		
<b>General</b>	Blood tests	Total protein, albumin, globulin, total bilirubin (direct bilirubin if total is elevated).
<b>Obstruction</b>	Enzyme test	
<b>Cell injury</b>	Enzyme tests	Alkaline phosphatase. Gamma glutamyl transpeptidase (GGTP), lactic dehydrogenase (LDH), serum glutamic-Oxaloacetic transaminase (SGOT), serum glutamic-pyruvic transaminase (SGPT).
<b>Kidney:</b>		
<b>General</b>	Blood tests	Blood urea nitrogen (BUN), creatinine, uric acid.
<b>Multiple Systems and Organs</b>	Urinalysis	Including color; appearance; specific gravity; pH; qualitative glucose, protein, bile, and acetone; occult blood; microscopic examination of centrifuged sediment.
<b>Blood-Forming Function</b>	Blood tests	Complete blood count (CBC) with differential and platelet evaluation, including white cell count (WBC), red blood count (RBC), hemoglobin (HGB), hematocrit or packed cell volume (HCT), and desired erythrocyte indices. Reticulocyte count may be appropriate if there is a likelihood of exposure to hemolytic chemicals.

## Sample Pre-Employment Examination

### Occupational and Medical History

- Do a complete medical history emphasizing these systems: nervous, skin, lung, blood-forming, cardiovascular, gastrointestinal, genitourinary, reproductive, ear, nose, and throat.

### Physical Examination

Include at least the following:

- Height, weight, temperature, pulse, respiration, and blood pressure.
- Head, nose, and throat.
- Eyes. Include vision tests that measure refraction, depth perception, and color vision. These tests should be administered by a qualified technician or physician. Vision quality is essential to safety, the accurate reading of instruments and labels, the avoidance of physical hazards, and for appropriate response to color-coded labels and signals.
- Ears. Include audiometric tests, performed at 500, 1,000, 2,000, 3,000, 4,000, and 6,000 hertz (Hz) pure tone in an approved booth (see requirements listed in 29 CFR Part 1910.95, Appendix D). Tests should be administered by a qualified technician, and results read by a certified audiologist or a physician familiar with audiometric evaluation. The integrity of the eardrum should be established since perforated eardrums can provide a route of entry for chemicals into the body. The physician evaluating employees with perforated eardrums should consider the environmental conditions of the job and discuss possible specific safety controls with the Site Safety Officer, industrial hygienist, and/or other health professionals before deciding whether such individuals can safely work on site.
- Chest (heart and lungs).
- Peripheral vascular system.
- Abdomen and rectum (including hernia exam).
- Spine and other components of the musculoskeletal system.
- Genitourinary system.
- Skin.
- Nervous system.

#### Tests:

- Blood.
- Urine.
- A 14 x 17-inch posterior/anterior view chest X-ray, with lateral or oblique views only if indicated or if mandated by state regulations. The X-ray should be taken by a certified radiology technician and interpreted by a board-certified or board-eligible radiologist. Chest X-rays taken in the last 12-month period, as well as the oldest chest X-ray available, should be obtained and used for comparison. Chest X-rays should not be repeated more than once a year, unless otherwise determined by the examining physician.

#### Ability to Perform While Wearing Protective Equipment

To determine a worker's capacity to perform while wearing protective equipment, additional tests may be necessary, for example:

- **Pulmonary function testing.** Measurement should include forced expiratory volume in 1 second (FEV<sub>1</sub>), forced vital capacity (FVC), and FEV<sub>1</sub>-to-FVC ratio, with interpretation and comparison to, normal predicted values corrected for age, height, race, and sex. Other factors such as FEF, MEFR, MVV, FRC, RV, and TLC<sup>1</sup> may be included for additional information. A permanent record of flow curves should be placed in the worker's medical records. The tests should be conducted by a certified technician and the results interpreted by a physician.

---

<sup>1</sup> FEF = forced expiratory flow; MEFR = maximal expiratory flow rate; MVV = maximal voluntary ventilation; FRC = functional residual capacity; RV = residual volume; TLC = total lung capacity.

- **Electrocardiogram (EKG).** At least one standard, 12-lead resting EKG should be performed at the discretion of the physician. A "stress test" (graded exercise) may be administered at the discretion of the examining physician, particularly where heat stress may occur.

### Baseline Monitoring

If there is likelihood of potential onsite exposure to a particular toxicant, specific baseline monitoring should be performed to establish data relating to that toxicant.

## Periodic Medical Examinations

### Periodic Screening

Periodic medical examinations should be developed and used in conjunction with pre-employment screening examinations. Comparison of sequential medical reports with baseline data is essential to determine biologic trends that may mark early signs of adverse health effects, and thereby facilitate appropriate protective measures.

The frequency and content of examinations will vary, depending on the nature of the work and exposures. Generally, medical examinations have been recommended at least yearly. More frequent examinations may be necessary, depending on the extent of potential or actual exposure, the type of chemicals involved, the duration of the work assignment, and the individual worker's profile. For example, workers participating in the cleanup of a PCB-contaminated building were initially examined monthly for serum PCB levels. Review of the data from the first few months revealed no appreciable evidence of PCB exposure. The frequency of PCB testing was then reduced [4]. Periodic screening exams can include:

- Interval medical history, focusing on changes in health status, illnesses, and possible work-related symptoms. The examining physician should have information about the worker's interval exposure history, including exposure monitoring at the job site, supplemented by worker-reported exposure history and general information on possible exposures at previously worked sites.
- Physical examination.
- Additional medical testing, depending on available exposure information, medical history, and examination results. Testing should be specific for the possible medical effects of the worker's exposure. Multiple testing for a large range of potential exposures is not always useful; it may involve invasive procedures (e.g., tissue biopsy), be expensive, and may produce false-positive results.
  - *Pulmonary function tests* should be administered if the individual uses a respirator, has been or may be exposed to irritating or toxic substances, or if the individual has breathing difficulties, especially when wearing a respirator.
  - *Audiometric tests.* Annual retests are required for personnel subject to high noise exposures (an 8-hour, time-weighted average of 85 dBA<sup>2</sup> or more), those required to wear hearing protection, or as otherwise indicated.
  - *Vision tests.* Annual retests are recommended to check for vision degradation.
  - *Blood and urine tests* when indicated.

---

<sup>2</sup> dBA = decibels on A-weighted scale (29 CFR Part 1910.95).

## Sample Periodic Medical Examination

The basic periodic medical examination is the same as the pre-employment screening (see previous section, *Sample Pre-Employment Examination*), modified according to current conditions, such as changes in the worker's symptoms, site hazards, or exposures.

### Termination Examination

At the end of employment at a hazardous waste site, all personnel should have a medical examination as described in the previous sections (see *Sample Pre-Employment Examination*). This examination may be limited to obtaining an interval medical history of the period since the last full examination (consisting of medical history, physical examination, and laboratory tests) if all three following conditions are met:

- The last full medical examination was within the last 6 months.
- No exposure occurred since the last examination.
- No symptoms associated with exposure occurred since the last examination.

If any of these criteria are not met, a full examination is medically necessary at the termination of employment.

### Emergency Treatment

Provisions for emergency treatment and acute non-emergency treatment should be made at each site. Preplanning is vital.

When developing plans, procedures, and equipment lists, the range of actual and potential hazards specific to the site should be considered, including chemical, physical (such as heat and/or cold stress, falls and trips), and biologic hazards (animal bites and plant poisoning as well as hazardous biological wastes). Not only site workers, but also contractors, visitors, and other personnel (particularly firefighters) may require emergency treatment.

Emergency medical treatment should be integrated with the overall site emergency response program (see Chapter 12). The following are recommended guidelines for establishing an emergency treatment program.

- Train a team of site personnel in emergency first aid. This should include a Red Cross or equivalent certified course in cardiopulmonary resuscitation (CPR), and first-aid training that emphasizes treatment for explosion and burn injuries, heat stress, and acute chemical toxicity. In addition, this team should include an emergency medical technician (EMT) if possible. Table 5-4 lists signs and symptoms of exposure and heat stress that indicate potential medical emergencies.
- Train personnel in emergency decontamination procedures in coordination with the Emergency Response Plan (see Chapter 12 for details).
- Pre-designate roles and responsibilities to be assumed by personnel in an emergency.
- Establish an emergency/first-aid station on site, capable of providing (1) stabilization for patients requiring offsite treatment, and (2) general first aid (e.g., minor cuts, sprains, abrasions).
  - Locate the station in the clean area adjacent to the decontamination area to facilitate emergency decontamination.
  - Provide a standard first-aid kit or equivalent supplies, plus additional items such as emergency/deluge showers, stretchers, portable water, ice, emergency eyewash, decontamination solutions, and fire-extinguishing blankets.
  - Restock supplies and equipment immediately after each use and check them regularly.

- Arrange for a physician who can be paged on a 24-hour basis.
- Set up an on-call team of medical specialists for emergency consultations, e.g., a toxicologist, dermatologist, hematologist, allergist, ophthalmologist, cardiologist, and neurologist.
- Establish a protocol for monitoring heat stress (see Monitoring section of Chapter 8).
- Make plans in advance for emergency transportation to, treatment at, and contamination control procedures for a nearby medical facility.
  - Educate local emergency transport and hospital personnel about possible medical problems on site; types of hazards and their consequences; potential for exposure; scope and function of the site medical program.
  - Assist the hospital in developing procedures for site-related emergencies. This will help to protect hospital personnel and patients, and to minimize delays due to concerns about hospital safety or contamination.
  - For specific illnesses or injuries, provide details of the incident and the worker's past medical history to the appropriate hospital staff. This is especially crucial when specific medical treatment is required, e.g., for exposure to cyanide or organophosphate pesticides.

Depending on the site's location and potential hazards, it may be important to identify additional medical facilities capable of sophisticated response to chemical or other exposures.

- Post conspicuously (with duplicates near the telephones) the names, phone numbers, addresses, and procedures for contacting:
  - On-call physicians.
  - Medical specialists.
  - Ambulance services.
  - Medical facility(ies).
  - Emergency, fire, and police services.
  - Poison control hotline.
- Provide maps and directions.
- Make sure at least all managers and all individuals involved in medical response know the way to the nearest emergency medical facility.
- Establish a radio communication system for emergency use.
- Review emergency procedures daily with all site personnel at safety meetings before beginning the work shift.

**Table 5-4. Signs and Symptoms of Chemical Exposure and Heat Stress that Indicate Potential Medical Emergencies**

TYPE OF HAZARD	SIGNS AND SYMPTOMS
<b>Chemical Hazard</b>	Behavioral changes Breathing difficulties Changes in complexion or skin color Coordination difficulties Coughing Dizziness Drooling Diarrhea Fatigue and/or weakness Irritability Irritation of eyes, nose, respiratory tract, skin, or throat

TYPE OF HAZARD	SIGNS AND SYMPTOMS
<b>Chemical Hazard (cont.)</b>	Headache Light-headedness Nausea Sneezing Sweating Tearing Tightness in the chest
<b>Heat Exhaustion</b>	Clammy skin Confusion Dizziness Fainting Fatigue Heat rash Light-headedness Nausea Profuse sweating Slurred speech Weak pulse
<b>Heat Stroke</b> (may be fatal)	Confusion Convulsions Hot skin, high temperature (yet may feel chilled) Incoherent speech Convulsions Staggering gait Sweating stops (yet residual sweat may be present) Unconsciousness

## Non-Emergency Treatment

- Arrangements should be made for non-emergency medical care for hazardous waste site workers who are experiencing health effects resulting from an exposure to hazardous substances. In conjunction with the medical surveillance program, offsite medical care should ensure that any potential job-related symptoms or illnesses are evaluated in the context of the worker's exposure. Offsite medical personnel should also investigate and treat non-job-related illnesses that may put the worker at risk because of task requirements (e.g., a bad cold or flu that might interfere with respirator use). A copy of the worker's medical records should be kept at the site (with provisions for security and confidentiality) and, when appropriate, at a nearby hospital. Treating physicians should have access to these records.

## Medical Records

Proper record-keeping is essential at hazardous waste sites because of the nature of the work and risks: employees may work at a large number of geographically separate sites during their careers, and adverse effects of long-term exposure may not become apparent for many years. Records enable subsequent medical care providers to be informed about workers' previous and current exposures.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) regulations mandate that, unless a specific occupational safety and health standard provides a different time period, the employer must:

- Maintain and preserve medical records on exposed workers for 30 years after they leave employment (29 CFR Part 1910.20).
- Make available to workers, their authorized representatives, and authorized OSHA representatives the results of medical testing and full medical records and analyses (29 CFR Part 1910.20).
- Maintain records of occupational injuries and illnesses and post a yearly summary report (29 CFR Part 1904).

## Program Review

Regular evaluation of the medical program is important to ensure its effectiveness. Maintenance and review of medical records and test results aid medical personnel, site officers, and the parent company and/or agency managers in assessing the effectiveness of the health and safety program. The Site Safety Officer, medical consultant, and/or management representative should, at least annually:

- Ascertain that each accident or illness was promptly investigated to determine the cause and make necessary changes in health and safety procedures.
- Evaluate the efficacy of specific medical testing in the context of potential site exposures.
- Add or delete medical tests as suggested by current industrial hygiene and environmental data.
- Review potential exposures and Site Safety Plans at all sites to determine if additional testing is required.
- Review emergency treatment procedures and update lists of emergency contacts.

## References

1. Proficiency Testing Programs:  
Division of Technology Evaluation and  
Assistance Laboratory Program Office  
Center for Disease Control, Atlanta, GA 30333  
College of American Pathologists  
7400 N. Skokie Blvd., Skokie, IL 60077  
American Association for Bioanalysts  
205 W. Levee Street, Brownsville, TX 78520
2. Costello, R.J. 1983. U.S. Environmental Protection Agency Triangle Chemical Site, Bridge City, Texas. NIOSH Health Hazard Evaluations Determination Report, HETA 83-417-1357.
3. ANSI. 1984. American National Standard for Respiratory Protection. ANSI Z88.64984. American National Standards Institute, 1430 Broadway, New York, NY 10018.
4. Gleit, A.; Cohen, A.G.; Chase, K.H.; and J. Toth. 1985. Summary Report of the Medical Surveillance Program for the Binghamton State Office Building Decontamination Project. Prepared for Versar New York, Inc.

## 6. Site Characterization

### Contents

Introduction	6-1
Offsite Characterization	6-2
Interview/Records Research	6-2
Perimeter Reconnaissance	6-3
Protection of Entry Personnel	6-4
Onsite Survey	6-4
Information Documentation	6-7
Hazard Assessment	6-9
Threshold Limit Value (TLV)	6-9
Permissible Exposure Limit (PEL)	6-9
Recommended Exposure Limit (REL)	6-10
IDLH Concentrations	6-11
Potential Skin Absorption and Irritation	6-12
Potential Eye Irritation	6-12
Explosion and Flammability Ranges	6-12
Hazardous Substance Information Form	6-13
Monitoring	6-13
References	6-13

### Introduction

Site characterization provides the information needed to identify site hazards and to select worker protection methods. The more accurate, detailed, and comprehensive the information available about a site, the more the protective measures can be tailored to the actual hazards that workers may encounter.

The person with primary responsibility for site characterization and assessment is the Project Team Leader. In addition, outside experts, such as chemists, health physicists, industrial hygienists, and toxicologists, may be needed to accurately and fully interpret all the available information on site conditions.

Site characterization generally proceeds in three phases:

- Prior to site entry, conduct offsite characterization: gather information away from the site and conduct reconnaissance from the site perimeter.
- Next, conduct onsite surveys. During this phase, restrict site entry to reconnaissance personnel.
- Once the site has been determined safe for commencement of other activities, perform ongoing monitoring to provide a continuous source of information about site conditions.

It is important to recognize that site characterization is a continuous process. At each phase of site characterization, information should be obtained and evaluated to define the hazards that the site may pose. This assessment can then be used to develop a safety and health plan for the next phase of work. In addition to the formal information gathering that takes place during the phases of site characterization described here, all site personnel should be constantly alert for new information about site conditions.

The sections below detail the three phases of site characterization and provide a general guide which should be adapted to meet the specific situation. Within each phase of information gathering, the most appropriate sequence of steps should be determined, particularly if there are time or budget considerations that limit the scope of the work. Wherever possible, all information sources should be pursued.

## Offsite Characterization

As much information as possible should be obtained *before* site entry so that the hazards can be evaluated and preliminary controls instituted to protect initial entry personnel. Initial information-gathering missions should focus on identifying all potential or suspected conditions that may pose inhalation hazards that are immediately dangerous to life or health (IDLH)<sup>1</sup> or other conditions that may cause death or serious harm (see Table 6-1).

Offsite information can be obtained by two methods: interview/records research and perimeter reconnaissance.

**Table 6-1. Visible Indicators of Potential IDLH and Other Dangerous Conditions**

- Large containers or tanks that must be entered.
- Enclosed spaces such as buildings or trenches that must be entered.
- Potentially explosive or flammable situations (indicated by bulging drums, effervescence, gas generation, or instrument readings).
- Extremely hazardous materials (such as cyanide, phosgene, or radiation sources).
- Visible vapor clouds.
- Areas where biological indicators (such as dead animals or vegetation) are located.

## Interview/Records Research

As much data as possible should be collected before any personnel go on site. Where possible, the following information should be obtained:

- Exact location of the site
- Detailed description of the activity that occurred at the site.
- Duration of the activity.
- Meteorologic data, e.g., current weather and forecast, prevailing wind direction, precipitation levels, temperature profiles.
- Terrain, e.g., historical and current site maps, site photographs, aerial photographs, U.S. Geological Survey topographic quadrangle maps, land use maps, and land cover maps.
- Geologic and hydrologic data.
- Habitation-population centers, population at risk.
- Accessibility by air and roads.
- Pathways of dispersion.
- Present status of response and who has responded.
- Hazardous substances involved and their chemical and physical properties. Information sources Include:

---

<sup>1</sup> IDLH conditions refer to inhalation hazards (see section on *IDLH Concentrations* later in this chapter).

- Company records, receipts, logbooks, or ledgers.
- Records from state and federal pollution control regulatory and enforcement agencies, state Attorney General's office, state occupational safety and health agencies, state Fire Marshal's office.
- Waste storage inventories and manifests or shipping papers.
- Interviews with personnel and their families (all interview information should be verified). Generator and transporter records.
- Water department and sewage district records. Interviews with nearby residents (note possible site-related medical problems and verify all information from interviews).
- Local fire and police department records. Court records.
- Utility company records.
- Media reports (verify all information from the media).
- Previous surveying (including soil, ground-penetrating radar, and magnetometer surveys), sampling, and monitoring data.

## Perimeter Reconnaissance

At a site in which the hazards are largely unknown or there is no need to go on site immediately, visual observations should be made, atmospheric concentrations of airborne pollutants at the site perimeter should be monitored (see Chapter 7, *Air Monitoring*), and samples should be collected near the site. While these data are not definitive indicators of onsite conditions, they can assist in the preliminary evaluation. Perimeter reconnaissance of a site should involve the following actions:

- Develop a preliminary site map, with the locations of buildings, containers, impoundments, pits, ponds, and tanks.
- Review historical and current aerial photographs. Note:
  - Disappearance of natural depressions, quarries, or pits.
  - Variation in reforestation of disturbed areas.
  - Mounding or uplift in disturbed areas or paved surfaces, or modifications in grade.
  - Changes in vegetation around buildings.
  - Changes in traffic patterns at the site.
- Note any labels, markings, or placards on containers or vehicles.
- Note the amount of deterioration or damage of containers or vehicles.
- Note any biologic indicators, such as dead animals or plants.
- Note any unusual conditions, such as clouds, discolored liquids, oil slicks, vapors, or other suspicious substances.
- Monitor the ambient air at the site perimeter (see Chapter 7, *Air Monitoring*) for:
  - Toxic substances.
  - Combustible and flammable gases or vapors.
  - Oxygen deficiency.
  - Ionizing radiation.
  - Specific materials, if known.
- Note any unusual odors.
- Collect and analyze offsite samples (see reference III for methods) including:
  - Soil.
  - Drinking water.
  - Ground water.
  - Site run-off.
  - Surface water.

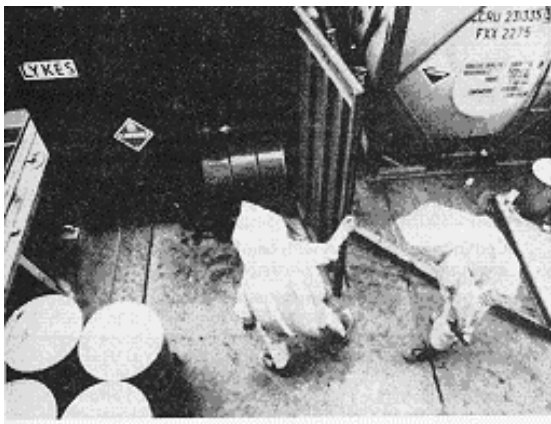
## Protection of Entry Personnel

The information from interview/records research and perimeter reconnaissance is used as the basis for selecting the protective equipment for the initial site survey. In addition, the proposed work to be accomplished must be considered. For example, if the purpose of the survey is to inspect onsite conditions, count containers, measure the ambient air for "hot spots" (i.e., areas with high concentrations of toxic chemicals), and generally become familiar with the site, the level of protection may be less stringent than if containers are to be opened and samples taken. (Chapter 8, *Personal Protective Equipment*, provides more detail on the selection of protective items.)

The ensemble of clothing and equipment referred to as Level B protection is generally the minimum level recommended for an initial entry until the site hazards have been further identified and the most appropriate protective clothing and equipment chosen. Level B equipment is described in Table 8-7, Chapter 8.

### Onsite Survey

The purpose of an onsite survey is to verify and supplement information from the offsite characterization. Prior to going on site, the offsite characterization should be used to develop a Site Safety Plan for site entry that addresses the work to be accomplished and prescribes the procedures to protect the health and safety of the entry team. Priorities should be established for hazard assessment and site activities after careful evaluation of probable conditions. Because team members may be entering a largely unknown environment, caution and conservative actions are appropriate. The composition of the entry team depends on the site characteristics but should always consist of at least four persons: two workers who will enter the site and two outside support persons, suited in personal protective equipment and prepared to enter the site in case of emergency. Upon entering the site, entry personnel should:



As part of site characterization, workers suited in Level A protective ensembles work in pairs when investigating confined spaces.

- Monitor the air for IDLH and other conditions that may cause death or serious harm (combustible or explosive atmospheres, oxygen deficiency, toxic substances). Chapter 7 provides detailed information on air monitoring.
- Monitor for ionizing radiation. Survey for gamma and beta radiation with a Geiger-Mueller detection tube or a gamma scintillation tube; if alpha radiation is expected, use a proportional counter.
- Visually observe for signs of actual or potential IDLH or other dangerous conditions (see Table 6-1).

Any indication of IDLH hazards or other dangerous conditions should be regarded as a sign to proceed with care and deliberation. Extreme caution should be exercised in continuing the site survey when such hazards are indicated. Table 6-2 provides some basic guidelines for decision-

making. If IDLH or other dangerous conditions are not present, or if proper precautions can be taken, continue the survey:

- Conduct further air monitoring as necessary (see Chapter 7).
- Note the types of containers, impoundments, or other storage systems:
  - Paper or wood packages.
  - Metal or plastic barrels or drums.
  - Underground tanks.
  - Aboveground tanks.
  - Compressed gas cylinders.
  - Pits, ponds, or lagoons.
  - Other.
- Note the condition of waste containers and storage systems:
  - Sound (undamaged).
  - Visibly rusted or corroded.
  - Leaking.
  - Bulging.
  - Types and quantities of material in containers.
  - Labels on containers indicating corrosive explosive, flammable, radioactive or toxic materials.
- Note the physical condition of the materials:
  - Gas, liquid, or solid.
  - Color and turbidity.
  - Behavior, e.g., corroding, foaming or vaporizing.
  - Conditions conducive to splash or contact.
- Identify natural wind barriers:
  - Buildings.
  - Hills.
  - Tanks.
- Determine the potential pathways of dispersion:
  - Air.
  - Biologic routes, such as animals and food chains.
  - Ground water.
  - Land surface.
  - Surface water.
- If necessary, use one or more of the following remote sensing or subsurface investigative methods to locate buried wastes or contaminant plumes:
  - Electromagnetic resistivity.
  - Seismic refraction.
  - Magnetometry.
  - Metal detection.
  - Ground-penetrating radar.
- Note any indicators of potential exposure to hazardous substances:
  - Dead fish, animals or vegetation.

- Dust or spray in the air.
- Fissures or cracks in solid surfaces that expose deep waste layers.
- Pools of liquid.
- Foams or oils on liquid surfaces.
- Gas generation or effervescence.
- Deteriorating containers.
- Cleared land areas or possible landfilled areas.
- Note any safety hazards. Consider:
  - Conditions of site structures.
  - Obstacles to entry and exit.
  - Terrain homogeneity.
  - Terrain stability.
  - Stability of stacked material.
- Identify any reactive, incompatible, flammable, or highly corrosive wastes.
- Note land features.
- Note the presence of any potential naturally occurring skin irritants or dermatitis-inducing agents, for example:
  - Poison ivy.
  - Poison oak.
  - Poison sumac.
- Note any tags, labels, markings, or other identifying indicators.
- Collect samples [1]:
  - Air (see Chapter 7, *Air Monitoring*).
  - Drainage ditches.
  - Soil (surface and subsurface).
  - Standing pools of liquids.
  - Storage containers.
  - Streams and ponds.
  - Ground water (upgradient, beneath site, downgradient).
- Sample for or otherwise identify:
  - Biologic or pathologic hazards.
  - Radiologic hazards.

**Table 6-2. Guidelines for Some Atmospheric Hazards<sup>a</sup>**

HAZARD <sup>b</sup>	MONITORING EQUIPMENT <sup>c</sup>	MEASURED LEVEL	ACTION
<b>Explosive atmosphere</b>	Combustible gas indicator	<10% LEL <sup>d</sup> 10%-25% LEL >25% LEL	Continue investigation. Continue onsite monitoring with extreme caution as higher levels are encountered. Explosion hazard. Withdraw from area immediately.
<b>Oxygen</b>	Oxygen concentration meter	<19.5% 19.5%-25% >25%	Monitor wearing self-contained breathing apparatus. NOTE: Combustible gas readings are not valid in atmospheres with <19.5% oxygen. Continue investigation with caution. Deviation

HAZARD <sup>b</sup>	MONITORING EQUIPMENT <sup>c</sup>	MEASURED LEVEL	ACTION
<b>Oxygen (cont.)</b>			from normal level may be due to the presence of other substances. Fire hazard potential. Discontinue investigation. Consult a fire safety specialist.
<b>Radiation</b>	Radiation survey equipment	≤2 mrem/hr <sup>e,f</sup> >2 mrem/hr	Radiation above background levels (normally 0.01-0.02 mrem/hr) <sup>g</sup> signifies the possible presence of radiation sources. Continue investigation with caution. Perform thorough monitoring. Consult with a health physicist. Potential radiation hazard. Evacuate site. Continue investigation only upon the advice of a health physicist.
<b>Inorganic and organic gases and vapors</b>	Colorimetric tubes Chemical-specific instruments, including halide meter, hydrogen sulfide detector, carbon monoxide monitor, and mercury meter	Depends on chemical	Consult standard reference manuals for air concentration/toxicity data. Action level depends on PEL/REL/TLV. <sup>h</sup>
<b>Organic gases and vapors</b>	Portable photoionizer Organic vapor analyzer (1) Operated in gas chromatography (GC) mode (2) Operated in survey mode	Depends on chemical	Consult standard reference manuals for air concentration/toxicity data. Action level depends on PEL/REL/TLV. <sup>h</sup>

<sup>a</sup>Based on *Standard Operating Guides*. U.S. EPA. December, 1984.

<sup>b</sup>These are general classes of hazards. Not all components of these classes can be measured.

<sup>c</sup>Consult manufacturers' literature for use limitations associated with the specific equipment and for the specific substances the equipment can detect. See Tables 7-1 and 7-2 for more complete descriptions.

<sup>d</sup>LEL = lower explosive limit.

<sup>e</sup>mrem/hr = milliroentgen equivalent in man per hour

<sup>f</sup>Source: U.S. Nuclear Regulatory Commission Rules and Regulations, 10 CFR Chapter 1, Part 20.105.

<sup>g</sup>Source: Sax, I.N. 1979. *Dangerous Properties of Industrial Materials*. Fifth Edition. p. 167. Van Nostrand Reinhold Company, New York.

<sup>h</sup> PEL = OSHA permissible exposure limit.

REL = NIOSH recommended exposure limit.

TLV = threshold limit value.

See Table 6-4.

## Information Documentation

Proper documentation and document control are important for ensuring accurate communication; ensuring the quality of the data collected; providing the rationale for safety decisions; and substantiating possible legal actions. Documentation can be accomplished by recording information pertinent to field activities, sample analysis, and site conditions in one of several ways, including:

- Logbooks.
- Field data records.
- Graphs.
- Photographs.
- Sample labels.
- Chain-of-custody forms.

- Analytical records.

These documents should be controlled to ensure that they are all accounted for when the project is completed. The task of document control should be assigned to one individual on the project team and should include the following responsibilities:

- Numbering each document (including sample labels) with a unique number.
- Listing each document in a document inventory.
- Recording the whereabouts of each document in a separate document register so that any document can be readily located. In particular, the name and location of site personnel that have documents in their possession should be recorded.
- Collecting all documents at the end of each work period.
- Making sure that all document entries are made in waterproof ink.
- Filing all documents in a central file at the completion of the site response.

Field personnel should record all onsite activities and observations in a field logbook—a bound book with consecutively numbered pages. Entries should be made during or just after completing a task to ensure thoroughness and accuracy. Table 6-3 shows the level of detail that should be recorded during sampling.

Photographs can be an accurate, objective addition to a field worker's written observations. For each photograph taken, the following information should be recorded in the field logbook:

- Date, time, and name of site.
- Name of the photographer.
- Location of the subject within the site.
- General compass direction of the orientation of the photograph.
- General description of the subject.
- Sequential number of the photograph and the film roll number.
- Camera, lens, and film type used for photography.

**Table 6-3. Example of Field Logbook Entries to Describe Sampling**

- Date and time of entry.
- Purpose of sampling.
- Name, address, and affiliation of personnel performing sampling.
- Name and address of the material's producer, if known.
- Type of material, e.g., sludge or wastewater.
- Description of material container.
- Description of sample.
- Chemical components and concentrations, if known.
- Number and size of samples taken.
- Description and location of the sampling point.
- Date and time of sample collection.
- Difficulties experienced in obtaining sample (e.g., is it representative of the bulk material?).
- Visual references, such as maps or photographs of the sampling site.
- Field observations, such as weather conditions during sampling periods.
- Field measurements of the materials, e.g., explosiveness, flammability, or Ph.
- Whether chain-of-custody forms have been filled out for the samples.

Serially numbered sample labels or tags should be assigned to sampling team personnel and recorded in the field logbook. Lost, voided, or damaged labels should be noted in the logbook. Labels should be firmly affixed to the sample containers using either gummed labels or tags attached by string or wire. Information should be recorded on the tag in waterproof ink and should include items such as:

- The unique sample log number.
- Date and time that the sample was collected.
- Source of the sample, e.g., name, location, and type of sample.
- Preservative used.
- Analysis required.
- Name of collector.
- Pertinent field data.

In addition to supporting litigation, written records of sample collection, transfer, storage, analysis, and destruction help ensure the proper interpretation of analytical test results. Information describing the chain of custody should be recorded on a form that accompanies the sample from collection to destruction.



Sample jars are labeled prior to sampling as part of site documentation procedures.

## Hazard Assessment

Once the presence and concentrations of specific chemicals or classes of chemicals have been established, the hazards associated with these chemicals must be determined. This is done by referring to standard reference sources for data and guidelines on permissible levels of exposure, flammability, etc. Some key guidelines are listed in Table 6-4 and are described below.

### Threshold Limit Value (TLV)<sup>®</sup>

TLVs can be used as a guideline for determining the appropriate level of worker protection. These values have been derived for many substances and can be found in *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents*, which is published annually by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) 121. The ACGIH defines three categories of TLVs: time-weighted average (TWA); short-term exposure limit (STEL); and ceiling (C). All three categories may be useful in selecting levels of protection at a hazardous waste site. Refer to the *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents* [2] for additional details.

### Permissible Exposure Limit (PEL)

Permissible exposure limits are enforceable standards promulgated by OSHA. In many cases they are derived from TLVs published in 1968. The PEL for a substance is the 8-hour time-weighted average or ceiling concentration above which workers may not be exposed. Although

personal protective equipment may not be required for exposures below the PEL, its use may be advisable where there is a potential for overexposure. See the tables and substance-specific standards in 29 CFR Part 1910, Subpart Z, for additional details.

## Recommended Exposure Limit (REL)

A NIOSH recommended exposure limit (REL) is the workplace exposure concentration recommended by NIOSH for promulgation by OSHA as a PEL, but is not enforceable as is the OSHA PEL. In some cases, NIOSH has described time-weighted average concentrations in terms of 10-hour, rather than 8-hour, averages.

**Table 6-4. Guidelines for Assessing Chemical and Physical Hazards**

HAZARD	GUIDELINE		EXPLANATION	SOURCES FOR VALUES <sup>a</sup>
<b>Inhalation of airborne contaminants</b>	TLV	Threshold Limit Value	One of three categories of chemical exposure levels, defined as follows:	
	TLV-TWA	Threshold Limit Value-Time-Weighted Average	The time-weighted average concentration for a normal 8-hour workday and a 40-hour work week, to which nearly all workers may be repeatedly exposed without adverse effect. Should be used as an exposure guide rather than an absolute threshold.	ACGIH
	TLV-STEL	Threshold Limit Value-Short-Term Exposure Limit	A 15-minute time-weighted average exposure that should not be exceeded at any time during the work day.	ACGIH
	TLV-C	Threshold Limit Value-Ceiling	The concentration that should not be exceeded even instantaneously.	ACGIH
	PEL	Permissible Exposure Limit	Time-weighted average and ceiling concentrations similar to (and in many cases derived from) the threshold limit values published in 1968.	OSHA
	REL	Recommended Exposure Limit	Time-weighted averages and ceiling concentrations based on NIOSH evaluations.	NIOSH
	IDLH	Immediately Dangerous to Life or Health	The maximum level from which a worker could escape without any escape-impairing symptoms or any irreversible health effects.	NIOSH
<b>Dermal absorption of chemicals through airborne or direct contact</b> <b>Dermal irritation</b>	Designation "skin"		The designation "skin" in the ACGIH, OSHA, and NIOSH references <sup>a</sup> indicates that a substance may be readily absorbed through the intact skin; however, it is not a threshold for safe exposure. Direct contact with a substance designated "skin" should be avoided. Many substances irritate skin. Consult standard references	ACGIH/ OSHA/ NIOSH
<b>Carcinogens</b>	TLV	Threshold Limit Value	Some carcinogens have an assigned TLV.	ACGIH
	PEL	Permissible Exposure Limit	OSHA has individual standards for some specific carcinogens.	OSHA
	REL	Recommended Exposure Limit	NIOSH makes recommendations regarding exposures to carcinogens.	NIOSH

HAZARD	GUIDELINE	EXPLANATION	SOURCES FOR VALUES <sup>a</sup>
<b>Noise</b>	TLV	Threshold Limit Value	ACGIH
	PEL	Permissible Exposure Limit	OSHA
	REL	Recommended Exposure Limit	NIOSH
<b>Ionizing Radiation</b>	Maximum permissible body burden and maximum permissible concentrations of radionuclides in air and in water.		NCRP
	PEL	Permissible Exposure Limit	OSHA
<b>Explosion</b>	LEL	Lower Explosive Limit	NFPA
	UEL	Upper Explosive Limit	NFPA
<b>Fire</b>	Flash Point	The lowest temperature at which the vapor of a combustible liquid can be made to ignite momentarily in air.	NFPA

<sup>a</sup>Sources:

ACGIH. 1984-85. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workplace Environment and Biological Exposure Indices with Intended Changes for 1985-86. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio.

NIOSH. Centers for Disease Control. 1983. NIOSH Recommendations for Occupational Health Standards. Morbidity and Mortality Weekly Report Supplement. Vol. 32, No. 1S, October 7, 1983.

NIOSH. 1985. Pocket Guide to Chemical Hazards. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio.

NCRP. Basic Radiation Protection Criteria. NCRP Report No. 39. National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, D.C.

NCRP. Maximum Permissible Body Burdens and Maximum Permissible Concentrations of Radionuclides in Air and Water for Occupational Exposure. NCRP Report No. 22. National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, D.C.

NFPA. 1985. Fire Protection Guide on Hazardous Materials. Eighth Edition. National Fire Protection Association, Boston, Massachusetts.

OSHA. 29 CFR Part 1910. (OSHA standards are legally binding.)

<sup>b</sup>Other sources have slightly different definitions of IDLH (see IDLH Concentrations in this chapter).

## IDLH Concentrations

IDLH exposure concentrations have been established by the NIOSH/OSHA Standards Completion Program (SCP) as a guideline for selecting respirators for some chemicals. The definition of IDLH varies depending on the source. For example, the Mine Safety and Health Administration Standard (30 CFR Part 11.3(t)) defines IDLH conditions as those that pose an immediate threat to life or health or that pose an immediate threat of severe exposure to contaminants such as radioactive materials that are likely to have adverse cumulative or delayed effects on health. The NIOSH *Pocket Guide to Chemical Hazards* [3] defines IDLH concentration as the "... maximum level from which one could escape within 30 minutes without any escape-impairing symptoms or any irreversible health effects....." The American National Standards Institute, Inc. (ANSI) defines IDLH as "....any atmosphere that poses an immediate hazard to life

or produces immediate irreversible debilitating effects on health ..." [4]. Regardless of their exact definition, all IDLH values indicate those concentrations of toxic substances from which escape is possible without irreversible harm should a worker's respiratory protective equipment fail. At hazardous waste sites, IDLH concentrations should be assumed to represent concentrations above which only workers wearing respirators that provide the maximum protection (i.e., a positive-pressure, full-facepiece, self-contained breathing apparatus [SCBA] or a combination positive-pressure, full-facepiece, supplied-air respirator with positive-pressure SCBA [see Chapter 8) are permitted. Specific IDLH values for many substances can be found in the NIOSH *Pocket Guide to Chemical Hazards* [3].

## **Potential Skin Absorption and Irritation**

Information on skin absorption is provided in the ACGIH publication, *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents* [2] and in OSHA standard 29 CFR Part 1910.1000 and other standard references. These documents identify substances that can be readily absorbed through the skin, mucous membranes, and/or eyes by either airborne exposure or direct contact with a liquid. This information, like most available information on skin absorption is qualitative. It indicates whether, but not to what extent, a substance may pose a dermal hazard. Thus decisions made concerning skin hazards are necessarily judgmental.

In addition, many chemicals, although not absorbed through the skin, may cause skin irritation at the point of contact. Signs of skin irritation range from redness, swelling, or itching to burns that destroy skin tissue. Standard references can be used to determine whether a chemical may act as an irritant.

## **Potential Eye Irritation**

Quantitative data on eye irritation are not always available. Where a review of the literature indicates that a substance causes eye irritation, but no threshold is specified, have a competent health professional evaluate the data to determine the level of personal protection needed for onsite workers.

## **Explosion and Flammability Ranges**

The lower explosive limit (LEL) or lower flammable limit (LFL) of a substance is the minimum concentration of gas or vapor in air below which the substance will not burn when exposed to a source of ignition. This concentration is usually expressed in percent by volume. Below this concentration, the mixture is too "lean" to burn or explode.

The upper explosive limit (UEL) or upper flammable limit (UFL) of a substance is the maximum concentration of gas or vapor above which the substance will not burn when exposed to a source of ignition. Above this concentration, the mixture is too "rich" to burn or explode.

The flammable range is the range of concentrations between the LFL and UFL where the gas-air mixture will support combustion'.

The flashpoint of a substance is the minimum temperature at which it gives off sufficient vapor to form an ignitable mixture with the air just above the surface of the substance. Ignition of a substance at the flashpoint is not continuous.

The ignition temperature or autoignition temperature is the minimum temperature required to initiate or cause self-sustained combustion without an ignition source.

When evaluating the fire or explosion potential at a hazardous waste site, all equipment used should be intrinsically safe or explosion-proof. Where flammable or explosive atmospheres are detected, ventilation may dilute the mixture to below the LEL/LFL. However, ventilation is generally not recommended if concentrations exceed the UFL/UEL, since the mixture will pass through the flammable/explosive range as it is diluted. Note that combustible gas indicator readings may not be accurate when oxygen concentrations are less than 19.5 percent.

## Hazardous Substance Information Form

Information on the chemical, physical, and toxicologic properties of each compound known or expected to occur on site should be recorded on a Hazardous Substance Information Form (see Appendix C). Response personnel will then have the necessary health and safety information in one place, and new personnel can be quickly briefed. As many reference sources as possible should be used to fill out the sheets because the information may vary from one source to another. Material Safety Data Sheets provided by chemical manufacturers are one source for this information.

## Monitoring

Because site activities and weather conditions change, an ongoing air monitoring program should be implemented after characterization has determined that the site is safe for the commencement of operations.

The ongoing monitoring of atmospheric chemical hazards should be conducted using a combination of stationary sampling equipment, personnel monitoring devices, and periodic area monitoring with direct-reading instruments (see Chapter 7, *Air Monitoring*).

Data obtained during offsite and onsite surveys can be used to develop a plan that details the procedures to be used for monitoring ambient conditions during cleanup operations. Where necessary, routes of exposure other than inhalation should be monitored. For example, skin swipe tests may be used to determine the effectiveness of personal protective clothing (see Chapter 10, *Decontamination*). Depending on the physical properties and toxicity of the onsite materials, community exposures resulting from hazardous waste site operations may need to be assessed [5].

Monitoring also includes continual evaluation of any changes in site conditions or work activities that could affect worker safety. When a significant change occurs, the hazards should be reassessed. Some indicators of the need for reassessment are:

- Commencement of a new work phase, such as the start of drum sampling.
- Change in job tasks during a work phase.
- Change of season.
- Change in weather.
- Change in ambient levels of contaminants.

## References

1. U.S. EPA. 1984. Characterization of Hazardous Waste Sites-A Methods Manual: Volume II. Available Sampling Methods. Second edition. EPA 600/4-84-076.

2. ACGIH. 1984-85. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workplace Environment and Biological Exposure Indices with Intended Changes for 1985-86. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH.
3. NIOSH. 1985. Pocket Guide to Chemical Hazards. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH.
4. ANSI. 1980. Practices for Respiratory Protection. ANSI Z88.2-1980. American National Standards Institute, 1430 Broadway, New York, NY 10018.
5. U.S. Department of Health and Human Services. 1984. A System for Prevention, Assessment and Control of Exposures and Health Effects from Hazardous Sites (S.P.A.C.E. for Health), U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Center for Disease Control, Atlanta, GA.

## 7. Air Monitoring

### Contents

Introduction	7-1
Measuring Instruments	7-1
Direct-Reading Instruments	7-2
Laboratory Analysis	7-7
Site Monitoring	7-7
Monitoring for IDLH and Other Dangerous Conditions	7-8
General Onsite Monitoring	7-9
Perimeter Monitoring	7-9
Periodic Monitoring	7-9
Personal Monitoring	7-9
Variables of Hazardous Waste Site Exposure	7-10
References	7-11

### Introduction

Airborne contaminants can present a significant threat to worker health and safety. Thus, identification and quantification of these contaminants through air monitoring is an essential component of a health and safety program at a hazardous waste site. Reliable measurements of airborne contaminants are useful for:

- Selecting personal protective equipment.
- Delineating areas where protection is needed.
- Assessing the potential health effects of exposure
- Determining the need for specific medical monitoring. This chapter delineates the factors to consider when conducting air monitoring at a hazardous waste site. It presents strategies for assessing airborne contamination at hazardous waste sites and describes instruments and methods for measuring exposures.

### Measuring Instruments

The purpose of air monitoring is to identify and quantify airborne contaminants in order to determine the level of worker protection needed. Initial screening for identification is often qualitative, i.e., the contaminant, or the class to which it belongs, is demonstrated to be present but the determination of its concentration (quantification) must await subsequent testing. Two principal approaches are available for identifying and/or quantifying airborne contaminants:

- The onsite use of direct-reading instruments.
- Laboratory analysis of air samples obtained by gas sampling bag, filter, sorbent, or wet-contaminant collection methods.

## Direct-Reading Instruments

Direct-reading instruments were developed as early warning devices for use in industrial settings, where a leak or an accident could release a high concentration of a known chemical into the ambient atmosphere. Today, some direct-reading instruments can detect contaminants in concentrations down to one part contaminant per million parts of air (ppm), although quantitative data are difficult to obtain when multiple contaminants are present. Unlike air sampling devices, which are used to collect samples for subsequent analysis in a laboratory, direct reading instruments provide information at the time of sampling, enabling rapid decision-making.

Direct-reading instruments may be used to rapidly detect flammable or explosive atmospheres, oxygen deficiency, certain gases and vapors, and ionizing radiation. They are the primary tools of initial site characterization. The information provided by direct-reading instruments can be used to institute appropriate protective measures (e.g., personal protective equipment, evacuation), to determine the most appropriate equipment for further monitoring, and to develop optimum sampling and analytical protocols.

All direct-reading instruments have inherent constraints in their ability to detect hazards:

- They usually detect and/or measure only specific classes of chemicals.
- Generally, they are not designed to measure and/or detect airborne concentrations below 1 ppm.
- Many of the direct-reading instruments that have been designed to detect one particular substance also detect other substances (interference) and, consequently, may give false readings.

It is imperative that direct-reading instruments be operated, and their data interpreted, by qualified individuals who are thoroughly familiar with the particular device's operating principles and limitations and who have obtained the device's latest operating instructions and calibration curves. At hazardous waste sites, where unknown and multiple contaminants are the rule rather than the exception, instrument readings should be interpreted conservatively. The following guidelines may facilitate accurate recording and interpretation:

- Calibrate instruments according to the manufacturer's instructions before and after every use.
- Develop chemical response curves if these are not provided by the instrument manufacturer.
- Remember that the instrument's readings have limited value where contaminants are unknown. When recording readings of unknown contaminants, report them as "needle deflection" or "positive instrument response" rather than specific concentrations (i.e., ppm). Conduct additional monitoring at any location where a positive response occurs.
- A reading of zero should be reported as "no instrument response" rather than "clean" because quantities of chemicals may be present that are not detectable by the instrument.
- The survey should be repeated with several detection systems to maximize the number of chemicals detected.

Tables 7-1 and 7-2 list several direct-reading instruments and the conditions and/or substances they measure. The flame ionization detector (FID) and the photoionization detector (PID) (see Table 7-1) are commonly used at hazardous waste sites. However, some of these devices may not detect some particularly toxic agents, including hydrogen cyanide and hydrogen sulfide. Thus, these devices must be supplemented with other methods of detection.

**Table 7-1. Some Direct-Reading Instruments for General Survey**

INSTRUMENT	HAZARD MONITORED	APPLICATION	DETECTION METHOD	LIMITATIONS	EASE OF OPERATION	GENERAL CARE AND MAINTENANCE	TYPICAL OPERATING TIMES
<b>Combustible Gas Indicator (CGI)</b>	Combustible gases and vapors.	Measures the concentration of a combustible gas or vapor.	A filament, usually made of platinum, is heated by burning the combustible gas or vapor. The increase in heat is measured.	<p>Accuracy depends, in part, on the difference between the calibration and sampling temperatures.</p> <p>Sensitivity is a function of the differences in the chemical and physical properties between the calibration gas and the gas being sampled.</p> <p>The filament can be damaged by certain compounds such as silicones, halides, tetraethyl lead, and oxygen-enriched atmospheres.</p> <p>Does not provide a valid reading under oxygen-deficient conditions.</p>	Effective use requires that operator understand the operating principles and procedures.	<p>Recharge or replace battery.</p> <p>Calibrate immediately before use.</p>	Can be used for as long as the battery lasts, or for the recommended interval between calibrations, whichever is less.
<b>Flame Ionization Detector (FID) with Gas Chromatography Option</b>	Many organic gases and vapors.	In survey mode, detects the total concentration of many organic gases and vapors. In gas chromatography (GC) mode, identifies and measures specific compounds.	Gases and vapors are ionized in a flame. A current is produced in proportion to the number of carbon atoms present.	<p>Does not detect inorganic gases and vapors, or some synthetics. Sensitivity depends on the compound.</p> <p>Should not be used at temperatures less than 40°F (4°C).</p> <p>Difficult to absolutely</p>	<p>Requires experience to interpret data correctly, especially in the GC mode.</p> <p>Specific identification requires calibration with the specific analyte of interest.</p>	<p>Recharge or replace battery.</p> <p>Monitor fuel and/or combustion air supply gauges.</p> <p>Perform routine maintenance as described in the manual.</p>	8 hours; 3 hours with strip chart recorder.

INSTRUMENT	HAZARD MONITORED	APPLICATION	DETECTION METHOD	LIMITATIONS	EASE OF OPERATION	GENERAL CARE AND MAINTENANCE	TYPICAL OPERATING TIMES
		In survey mode, all the organic compounds are ionized and detected at the same time. In GC mode, volatile species are separated.		<p>identify compounds.</p> <p>High concentrations of contaminants of oxygen-deficient atmospheres require system modification.</p> <p>In survey mode, readings can be only reported relative to the calibration standard used.</p>		Check for leaks.	
<b>Gamma Radiation Survey Instrument</b>	Gamma radiation	Environmental radiation monitor.	Scintillation detector.	Does not measure alpha or beta radiation.	Extremely easy to operate, but requires experience to interpret data. Rugged, good in field use.	Must be calibrated annually at a specialized facility	Can be used for as long as the battery lasts, or for the recommended interval between calibrations whichever is less.
<b>Portable Infrared (IR) Spectrophotometer</b>	Many gases and vapors.	<p>Measures concentration of many gases and vapors in air.</p> <p>Designed to quantify one- or two-component mixtures.</p>	Passes different frequencies of IR through the sample. The frequencies adsorbed and specific for each compound.	<p>In the field, must make repeated passes to achieve reliable results.</p> <p>Requires 115-volt AC power.</p> <p>Not approved for use in a potentially flammable or explosive atmosphere.</p> <p>Interference by water vapor and carbon</p>	Requires personnel with extensive experience in IR spectrophotometry.	As specified by manufacturer.	

INSTRUMENT	HAZARD MONITORED	APPLICATION	DETECTION METHOD	LIMITATIONS	EASE OF OPERATION	GENERAL CARE AND MAINTENANCE	TYPICAL OPERATING TIMES
				dioxide.  Certain vapors and high moisture may attach the instruments optics, which must then be replaced.			
<b>Ultraviolet (UV) Photoionization Detector (PID)</b>	Many organic and some inorganic gases and vapors.	Detects total concentrations of many organic and some inorganic gases and vapors. Some identification of compounds is possible if more than one probe is used.	Ionizes molecules using UV radiation; produces a current that is proportional to the number of ions.	Does not detect methane.  Does not detect a compound if the probe used has a lower energy level than the compound's ionization potential.  Response may change when gases are mixed.  Other voltage sources may interfere with measurements.  Readings can only be reported relative to the calibration standard used.  Response is affected by high humidity.	Effective use requires that the operator understand the operating principles and procedures, and be competent in calibrating, reading, and interpreting the instrument.	Recharge or replace battery.  Regularly clean lamp window.  Regularly clean and maintain the instrument and accessories.	10 hours; 5 hours with strip chart recorder.

**Table 7-2. Some Direct-Reading Instruments for Specific Survey**

INSTRUMENT	HAZARD MONITORED	APPLICATION	DETECTION METHOD	LIMITATIONS	EASE OF OPERATION	GENERAL CARE AND MAINTENANCE	TYPICAL OPERATING TIMES
<b>Direct-Reading Colorimetric Indicator Tubes</b>	Specific gases and vapors.	Measures concentrations of specific gases and vapors.	The compound reacts with the indicator chemical in the tube, producing a stain whose length or color change is proportional to the compound's concentration.	<p>The measured concentration of the same compound may vary among different manufacturers' tubes. Many similar chemicals interfere.</p> <p>Greatest sources of error are (1) how the operator judges stain's end-point, and (2) the tube's limited accuracy.</p> <p>Affected by humidity.</p>	Minimal operator training and expertise required.	Do not use a previously opened tube even if the indicator chemical is not stained.	
<b>Oxygen Meter</b>	Oxygen (O <sub>2</sub> )	Measures the percentage of O <sub>2</sub> in air.	Uses an electrochemical sensor to measure the partial pressure of O <sub>2</sub> in the air and converts that reading to O <sub>2</sub> concentration.	<p>Must be calibrated prior to use to compensate for altitude and barometric pressure.</p> <p>Certain gases, especially oxidants such as ozone, can affect readings. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) poisons the detector cell.</p>	Effective use requires that the operator understand the operating principles and procedures.	<p>Replace detector cell according to manufacturer's recommendations.</p> <p>Recharge or replace batteries prior to expiration of the specified interval.</p> <p>If the ambient air is more than 0.5% CO<sub>2</sub>, replace the O<sub>2</sub> detector cell frequently.</p>	8 to 12 hours.

## Laboratory Analysis

Direct-reading personal monitors are available for only a few specific substances and are rarely sensitive enough to measure the minute (i.e., parts of contaminant per billion parts of air) quantities of contaminants which may, nevertheless induce health changes. Thus to detect relatively low-level concentrations of contaminants, long-term or "full-shift" personal air samples must be analyzed in a laboratory. Full-shift air samples for some chemicals may be collected with passive dosimeters, or by means of a pump which draws air through a filter or sorbent. Table 7-3 lists some sampling and analytical techniques used at hazardous waste sites.

Selection of the appropriate sampling media largely depends on the physical state of the contaminants. For example, chemicals such as PCBs (polychlorinated biphenyls) and PNAs (polynuclear aromatic hydrocarbons) occur as both vapors and particulate-bound contaminants. A dual-media system is needed to measure both forms of these substances. The volatile component is collected on a solid adsorbent and the nonvolatile component is collected on a filter. More than two dozen dual-media sampling techniques have been evaluated by NIOSH [1,2].

A major disadvantage of long-term air monitoring is the time required to obtain data. The time lag between sampling and obtaining the analysis results may be a matter of hours, if an onsite laboratory is available, or days, weeks, even months, if a remote laboratory is involved. This can be significant problem if the situation requires immediate decisions concerning worker safety.

Also, by the time samples are returned from a remote laboratory, the hazardous waste site cleanup may have progressed to a different stage or to a location at which different contaminants or different concentrations may exist. Careful planning and/or the use of a mobile laboratory on site may alleviate these problems.

Mobile laboratories may be brought on site to classify hazardous wastes for disposal. A mobile laboratory is generally a trailer truck that houses analytical instruments capable of rapidly classifying contaminants by a variety of techniques. Typical instruments include gas chromatographs, spectrofluorometers, and infrared spectrophotometers. When not in use in the mobile laboratory, these devices can be relocated to fixed-base facilities. Onsite laboratory facilities and practices should meet standards of good laboratory safety.

Usually, a few of the field samples collected are analyzed on site to provide rapid estimates of the concentration of airborne contaminants. These data can be used to determine the initial level of worker personal protection necessary to modify field sampling procedures and to guide the fixed-base laboratory analysis. If necessary, samples screened in the mobile laboratory can be subsequently reanalyzed in sophisticated fixed-base laboratories. The mobile laboratory also provides storage space, countertop staging areas for industrial hygiene equipment, and facilities for recharging self-contained breathing apparatus.

## Site Monitoring

Priorities for air monitoring should be based on the information gathered during initial site characterization (see Chapter 6). This information serves as the basis for selecting the appropriate monitoring equipment and personal protective equipment (PPE) to use when conducting site monitoring. Depending on site conditions and project goals, four categories of site monitoring may be necessary: monitoring for IDLH and other dangerous conditions, general onsite monitoring, perimeter monitoring, and periodic monitoring.

**Table 7-3. Some Sample Collection and Analytical Methods**

SUBSTANCE	COLLECTION DEVICE <sup>a</sup>	ANALYTICAL METHOD <sup>b</sup>	TYPICAL DETECTION LIMIT OF ANALYTIC INSTRUMENT (λg)
<b>Anions:</b>	Prewashed silica gel tube	Ion chromatography	
<b>Bromide</b>			10
<b>Chloride</b>			5
<b>Fluoride</b>			5
<b>Nitrate</b>			10
<b>Phosphate</b>			20
<b>Sulfate</b>			10
<b>Aliphatic Amines</b>	Silica gel	GC/NPD	10
<b>Asbestos</b>	MCEF	PCM	100 <sup>c</sup>
<b>Metals</b>	MCEF	ICP-AES	0.5
<b>Organics</b>	Charcoal tube	GC/MS	10
<b>Nitrosamines</b>	Thermosorb/N	GC/TEA	0.01
<b>Particulates</b>	MCEF	Gravimetric	
<b>PCBs</b>	GF filter and florisil tube	GC-ECD	0.001
<b>Pesticides</b>	13-mm GF filter and chromosorb 102 Tube	GC/MS	0.05

<sup>a</sup> MCEF = mixed cellulose ester filter.

GF = glass fiber filler

<sup>b</sup> GC/NPD = gas chromatography and nitrogen/phosphorus detector; PCM = phase contrast microscopy; ICP-AES = inductively coupled plasma atomic emission spectrometry; GM/MS = gas chromatography and mass spectrometry; GC/TEA = gas chromatography using a thermal energy analyzer; GC-ECD = gas chromatography using an electrical conductivity detector.

<sup>c</sup> Units in fibers per mm<sup>2</sup> of filter (Method No. 7400 from the NIOSH Manual of Analytical Methods, 3rd edition).

## Monitoring for IDLH and Other Dangerous Conditions

As a first step, air monitoring should be conducted to identify any IDLH and other dangerous conditions, such as flammable or explosive atmospheres, oxygen-deficient environments, and highly toxic levels of airborne contaminants. Direct-reading monitoring instruments will normally include combustible gas indicators, oxygen meters, colorimetric indicator tubes, and organic vapor monitors. Other monitoring instruments may be necessary based on the initial site characterization. When time permits, air samples should be collected for laboratory analysis. Extreme caution should be exercised in continuing a site survey when atmospheric hazards are indicated. Monitoring personnel should be aware that conditions can suddenly change from nonhazardous to hazardous.

Acutely hazardous concentrations of chemicals may persist in confined and low-lying spaces for long periods of time. Look for any natural or artificial barriers, such as hills, tall buildings, or tanks, behind which air might be still, allowing concentrations to build up. Examine any confined spaces such as cargo holds, mine shafts, silos, storage tanks, box cars, buildings, bulk tanks, and sumps where chemical exposures capable of causing acute health effects are likely to accumulate. Low-lying areas, such as hollows and trenches, are also suspect. Monitor these spaces for IDLH and other dangerous conditions. Also consider whether the suspected contaminants are lighter or heavier than air. Then, based on the type of contaminants present, consider sampling on hilltops, under any cover or canopy where workers might work or congregate, and in trenches and low-lying areas.

In open spaces, toxic materials tend to be emitted into the atmosphere, transported away from the source, and dispersed. Thus acutely hazardous conditions are not likely to persist in open spaces for extended periods of time unless there is a very large (and hence, readily identifiable) source, such as an overturned tankcar. Open spaces are therefore generally given a lower monitoring priority.

## **General Onsite Monitoring**

Air sampling should be conducted using a variety of media to identify the major classes of airborne contaminants and their concentrations. The following sampling pattern can be used as a guideline. First, after visually identifying the sources of possible generation, collect air samples downwind from the designated source along the axis of the wind direction. Work upwind, until reaching or getting as close as possible to the source. Level B protection (see Table 8-6 in Chapter 8) should be worn during this initial sampling. Levels of protection for subsequent sampling should be based upon the results obtained and the potential for an unexpected release of chemicals.

After reaching the source, or finding the highest concentration, sample cross-axis of the wind direction to determine the degree of dispersion. Smoke plumes, or plumes of instrument-detectable airborne substances, may be released as an aid in this assessment. To ensure that there is no background interference and that the detected substance(s) are originating at the identified source, also collect air samples upwind of the source.

## **Perimeter Monitoring**

Fixed-location monitoring at the "fenceline" or perimeter, where personal protective equipment is no longer required, measures contaminant migration away from the site and enables the Site Safety Officer to evaluate the integrity of the site's clean areas. Since the fixed-location samples may reflect exposures either upwind or downwind from the site, wind speed and direction data are needed to interpret the sample results.

## **Periodic Monitoring**

Site conditions and thus atmospheric chemical conditions may change following the initial characterization. For this reason, monitoring should be repeated periodically, especially when:

- Work begins on a different portion of the site.
- Different contaminants are being handled.
- A markedly different type of operation is initiated (e.g., barrel opening as opposed to exploratory well drilling).
- Workers are handling leaking drums or working in areas with obvious liquid contamination (e.g., a spill or lagoon).

## **Personal Monitoring**

The selective monitoring of high-risk workers, i.e., those who are closest to the source of contaminant generation, is highly recommended. This approach is based on the rationale that the probability of significant exposure varies directly with distance from the source. If workers closest to the source are not significantly exposed, then all other workers are, presumably, also not significantly exposed and probably do not need to be monitored.

Since occupational exposures are linked closely with active material handling, personal air sampling should not be necessary until site mitigation has begun. Personal monitoring samples should be collected in the breathing zone and, if workers are wearing respiratory protective equipment, outside the facepiece. These samples represent the actual inhalation exposure of workers who are not wearing respiratory protection and the potential exposure of workers who are wearing respirators. It is best to use pumps that automatically maintain a constant flow rate to collect samples, since it is difficult to observe and adjust pumps while wearing gloves, respirators, and other personal protective equipment. Pumps should be protected with disposable coverings, such as small plastic bags, to make decontamination procedures easier.

Personal monitoring may require the use of a variety of sampling media. Unfortunately, single workers cannot carry multiple sampling media because of the added strain and because it is not usually possible to draw air through different sampling media using a single portable, battery-operated pump. Consequently, several days may be required to measure the exposure of a specific individual using each of the media [3, 4]. Alternatively, if workers are in teams, a different monitoring device can be assigned to each team member. Another method is to place multiple sampling devices on pieces of heavy equipment. While these are not personal samples, they can be collected very close to the breathing zone of the heavy equipment operator and thus would be reasonably representative of personal exposure. These multimedia samples can yield as much information as several personal samples [5].

When considering employee monitoring, procedures and protocols found in OSHA's Industrial Hygiene Technical Manual may be useful [6].

## Variables of Hazardous Waste Site Exposure

Complex, multi-substance environments such as those associated with hazardous waste sites pose significant challenges to accurately and safely assessing airborne contaminants. Several independent and uncontrollable variables, most notably temperature and weather conditions, can affect airborne concentrations. These factors must be considered when developing an air monitoring program and when analyzing data. Some demonstrated variables include:

- Temperature. An increase in temperature increases the vapor pressure of most chemicals.
- Windspeed. An increase in wind speed can affect vapor concentrations near a free-standing liquid surface. Dusts and particulate-bound contaminants are also affected.
- Rainfall. Water from rainfall can essentially cap or plug vapor emission routes from open or closed containers, saturated soil, or lagoons, thereby reducing airborne emissions of certain substances.
- Moisture. Dusts, including finely divided hazardous solids, are highly sensitive to moisture content. This moisture content can vary significantly with respect to location and time and can also affect the accuracy of many sampling results.
- Vapor emissions. The physical displacement of saturated vapors can produce short-term, relatively high vapor concentrations. Continuing evaporation and/or diffusion may produce long-term low vapor concentrations and may involve large areas.
- Work activities. Work activities often require the mechanical disturbance of contaminated materials, which may change the concentration and composition of airborne contaminants.

## References

1. Hill, R.H. and J.E. Arnold. 1979. A personal air sampler for pesticides. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 8: 621-28.
2. NIOSH. 1984. Manual of Analytical Methods, 4th ed. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH.
3. Costello, R.J. 1983. U.S. Environmental Protection Agency Triangle Chemical Site, Bridge City, Texas. NIOSH Health Hazard Evaluations Determination Report HETA 83-417-1357. pp. 6-7.
4. Costello, R.J. and J. Melius. 1981. Technical Assistance Determination Report, Chemical Control, Elizabeth, New Jersey, TA 80-77. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH. pp. 20-22.
5. Costello, R.J.; B. Froenberg; and J. Melius. 1981. Health Hazard Evaluation Determination Report, Rollins Environmental Services, Baton Rouge, Louisiana, HE 81-37. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH.
6. OSHA. March 30, 1984. Industrial Hygiene Technical Manual. OSHA Instruction CPL 2-2.20A.

## 8. Personal Protective Equipment (PPE)

### Contents

Introduction	8-1
Developing a PPE Program	8-2
Program Review and Evaluation	8-2
Selection of Respiratory Equipment	8-3
Protection Factor	8-7
Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)	8-8
Supplied-Air Respirators (SARs)	8-10
Combination SCBA/SAR	8-11
Air-Purifying Respirators	8-11
Selection of Protective Clothing and Accessories	8-13
Selection of Chemical-Protective Clothing (CPC)	8-21
Permeation and Degradation	8-21
Heat Transfer Characteristics	8-22
Other Considerations	8-22
Special Conditions	8-23
Selection of Ensembles	8-23
Level of Protection	8-23
PPE Use	8-24
Training	8-24
Work Mission Duration	8-28
Personal Use Factors	8-29
Donning an Ensemble	8-30
Respirator Fit Testing	8-30
In-Use Monitoring	8-31
Doffing an Ensemble	8-32
Clothing Reuse	8-32
Inspection	8-33
Storage	8-36
Maintenance	8-36
Heat Stress and Other Physiological Factors	8-36
Monitoring	8-37
Prevention	8-38
Other Factors	8-39
References	8-41

### Introduction

Anyone entering a hazardous waste site must be protected against potential hazards. The purpose of personal protective clothing and equipment (PPE)<sup>1</sup> is to shield or isolate individuals from the chemical, physical, and biologic hazards that may be encountered at a hazardous waste site. Careful selection and use of adequate PPE should protect the respiratory system, skin, eyes, face, hands, feet, head, body, and hearing. This chapter describes the various types of PPE that are appropriate for use at hazardous waste sites, and provides guidance in their

---

<sup>1</sup> The term PPE is used in this manual to refer to both personal protective clothing and equipment.

selection and use. The final section discusses heat stress and other key physiological factors that must be considered in connection with PPE use.

Use of PPE is required by Occupational Safety and Health Administration (OSHA) regulations in 29 CFR Part 1910 (see Table 8-1) and reinforced by U.S. Environmental Protection Agency (EPA) regulations in 40 CFR Part 300 which include requirements for all private contractors working on Superfund sites to conform to applicable OSHA provisions and any other federal or state safety requirements deemed necessary by the lead agency overseeing the activities.

No single combination of protective equipment and clothing is capable of protecting against all hazards. Thus PPE should be used in conjunction with other protective methods. The use of PPE can itself create significant worker hazards, such as heat stress, physical and psychological stress, and impaired vision, mobility, and communication. In general, the greater the level of PPE protection, the greater are the associated risks. For any given situation, equipment and clothing should be selected that provide an adequate level of protection. Over-protection as well as under-protection can be hazardous and should be avoided.

## **Developing a PPE Program**

A written PPE program should be established for work at all hazardous waste sites. (OSHA requires a written program for selection and use of respirators 29 CFR Part 1910.1341). Some of the relevant regulations, listed in Table 8-1, are cited throughout the text. The word "shall" is used only when the procedure is mandated by law.

The two basic objectives of any PPE program should be to protect the wearer from safety and health hazards, and to prevent injury to the wearer from incorrect use and/or malfunction of the PPE. To accomplish these goals, a comprehensive PPE program should include hazard identification; medical monitoring; environmental surveillance; selection, use, maintenance, and decontamination of PPE; and training. These subjects are discussed in this chapter and in Chapters 2, 4, 5, 6, 7, and 10.

The written PPE program should include policy statements, procedures, and guidelines. Copies should be made available to all employees, and a reference copy should be available at each work site. Technical data on equipment, maintenance manuals, relevant regulations, and other essential information should also be made available.

## **Program Review and Evaluation**

The PPE program should be reviewed at least annually. Elements which should be considered in the review include:

- A survey of each site to ensure compliance with regulations applicable to the specific site involved.
- The number of person-hours that workers wear various protective ensembles.
- Accident and illness experience.
- Levels of exposure.
- Adequacy of equipment selection.
- Adequacy of the operational guidelines.
- Adequacy of decontamination, cleaning, inspection, maintenance, and storage programs.
- Adequacy and effectiveness of training and fitting programs.
- Coordination with overall safety and health program elements.
- The degree of fulfillment of program objectives.

- The adequacy of program records.
- Recommendations for program improvement and modification.
- Program costs.

The results of the program evaluation should be made available to employees and presented to top management so that program adaptations may be implemented.

**Table 8-1. OSHA Standards for Use of PPE**

TYPE OF PROTECTION	REGULATION	SOURCE
General	29 CFR Part 1910.132	41 CFR Part 50-204.7 General Requirements for Personal Protective Equipment
	29 CFR Part 1910.1000	41 CFR Part 50-204.50, except for Table Z-2, the source of which is American National Standards Institute, Z37 series <sup>a</sup>
	29 CFR Part 1910.1001-1045	OSHA Rulemaking
Eye and Face	29 CFR Part 1910.133(a)	ANSI Z87.1-1968 <sup>a</sup> Eye and Face Protection
Noise Exposure	29 CFR Part 1910.95	41 CFR Part 50-204.10 and OSHA Rulemaking
Respiratory	29 CFR Part 1910.134	ANSI Z88.2-1969 <sup>a</sup> Standard Practice for Respiratory Protection
Head	29 CFR Part 1910.135	ANSI Z88.2-1969 <sup>a</sup> Standard Practice for Industrial Head Protection
Foot	29 CFR Part 1910.136	ANSI Z41.1-1967 <sup>a</sup> Men's Safety Toe Footwear
Electrical Protective Devices	29 CFR Part 1910.137	ANSI Z9.4-1968. Ventilation and Safe Practices of Abrasive Blasting Operations

<sup>a</sup>American National Standards Institute (ANSI), 1430 Broadway, New York, NY 10018. ANSI regularly updates its standards. The ANSI standards in this table are those that OSHA adopted in 1971. Since the ANSI standards which were then adopted had been set in 1967-1969, those standards, now required under OSHA, may be less stringent than the most recent ANSI standards.

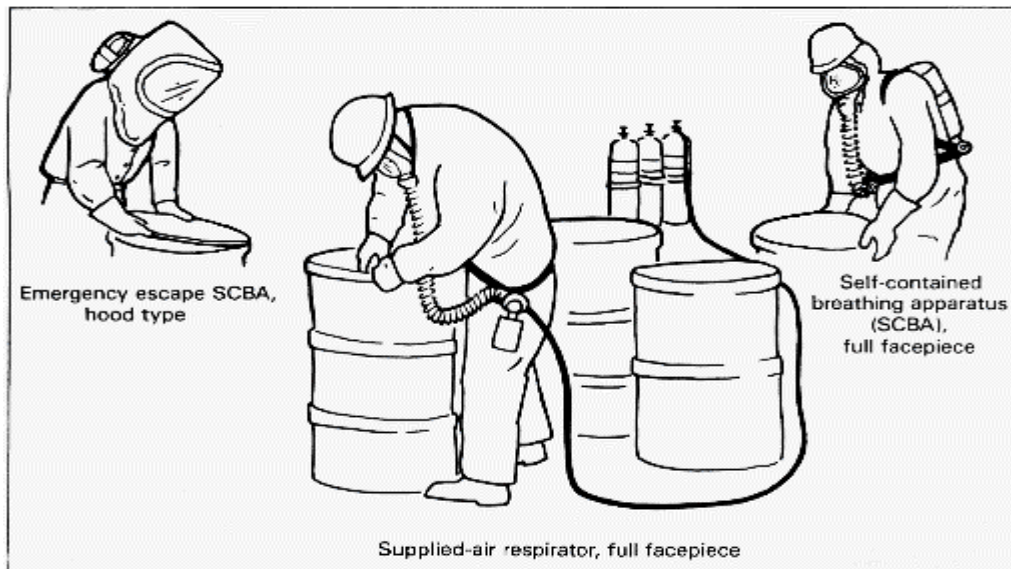
## Selection of Respiratory Equipment

Respiratory protection is of primary importance since inhalation is one of the major routes of exposure to chemical toxicants. Respiratory protective devices (respirators) consist of a facepiece connected to either an air source or an air-purifying device. Respirators with an air source are called atmosphere-supplying respirators (Figure 8-1) and consist of two types:

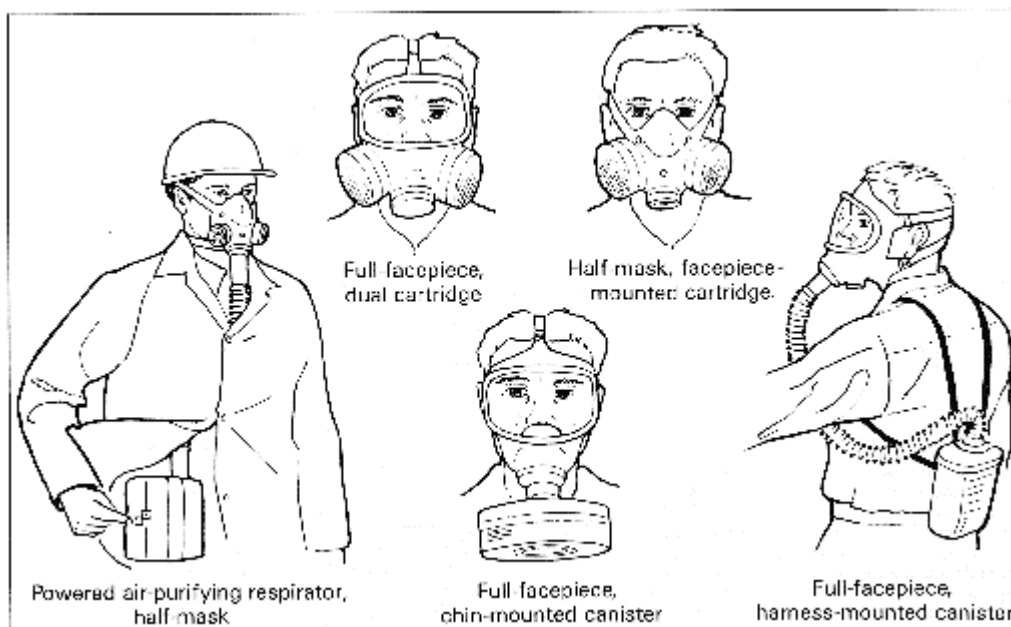
- Self-contained breathing apparatus (SCBAs) which supply air from a source carried by the user.

- Supplied-air respirators (SARs) which supply air from a source located some distance away and connected to the user by an air-line hose. Supplied-air respirators are sometimes referred to as air-line respirators.

*Air-purifying respirators* (Figure 8-2), on the other hand, do not have a separate air source. Instead, they utilize ambient air which is "purified" through a filtering element prior to inhalation.



**Figure 8-1.** Types of Atmosphere-Supplying Respirators.



**Figure 8-2.** Types of Air-Purifying Respirators.

SCBAs, SARs, and air-purifying respirators are further differentiated by the type of air flow supplied to the facepiece:

- *Positive-pressure respirators* maintain a positive pressure in the facepiece during both inhalation and exhalation. The two main types of positive-pressure respirators are pressure-demand and continuous flow. In pressure-demand respirators, a pressure regulator and an exhalation valve on the mask maintain the mask's positive pressure except during high breathing rates. If a leak develops in a pressure-demand respirator, the regulator sends a continuous flow of clean air into the facepiece, preventing penetration by contaminated ambient air. Continuous-flow respirators (including some SARs and all powered air purifying respirators [PAPRs]) send a continuous stream of air into the facepiece at all times. With SARs, the continuous flow of air prevents infiltration by ambient air, but uses the air supply much more rapidly than with pressure-demand respirators. Powered air-purifying respirators (PAPRs) are operated in a positive-pressure continuous-flow mode utilizing filtered ambient air. (However, at maximal breathing rates, a negative pressure may be created in the facepiece of a PAPR.)
- *Negative-pressure respirators* draw air into the facepiece via the negative pressure created by user inhalation. The main disadvantage of negative pressure respirators is that if any leaks develop in the system (i.e., a crack in the hose or an ill-fitting mask or facepiece), the user draws contaminated air into the facepiece during inhalation.

When atmosphere-supplying respirators are used, only those operated in the positive-pressure mode are recommended for work at hazardous waste sites. Table 8-2 lists the relative advantages and disadvantages of SCBAs, SARs, and air-purifying respirators.

Different types of facepieces are available for use with the various types of respirators. The types generally used at hazardous waste sites are full facepieces and half masks.

- *Full-facepiece masks* cover the face from the hairline to below the chin. They provide eye protection.
- *Half masks* cover the face from below the chin to over the nose and do not provide eye protection.

Federal regulations require the use of respirators that have been tested and approved by the Mine Safety and Health Administration (MSHA) and NIOSH. Testing procedures are described in 30 CFR Part 11. Approval numbers are clearly written on all approved respiratory equipment; however, not all respiratory equipment that is marketed is approved. Periodically, NIOSH publishes a list, entitled *NIOSH Certified Equipment List* of all approved respirators and respiratory components [1].

**Table 8-2. Relative Advantages and Disadvantages of Respiratory Protective Equipment**

TYPE OF RESPIRATOR	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
<b>ATMOSPHERE-SUPPLYING</b>		
<b>Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provides the highest available level of protection against airborne contaminants and oxygen deficiency</li> <li>• Provides the highest available level of protection under strenuous work conditions.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bulky, heavy (up to 35 pounds).</li> <li>• Finite air supply limits work duration.</li> <li>• May impair movement in confined spaces.</li> </ul>
<b>Positive-Pressure Supplied-Air Respirator (SAR) (also called air-line respirator)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enables longer work periods than an SCBA</li> <li>• Less bulky and heavy than a SCBA. SAR equipment weighs less than 5 pounds (or around 15 pounds if escape SCBA protection is included).</li> <li>• Protects against most airborne contaminants.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Not approved for use in atmospheres immediately dangerous to life or health (IDLH) or in oxygen-deficient atmospheres unless equipped with an emergency egress unit such as an escape-only SCBA that can provide immediate emergency respiratory protection in case of air-line failure.</li> <li>• Impairs mobility</li> <li>• MSHA/NIOSH certification limits hose length to 300 feet (90meters).</li> <li>• As the length of the hose is increased, the minimum approved air flow may not be delivered at the facepiece.</li> <li>• Air line is vulnerable to damage, chemical contamination, and degradation. Decontamination of hoses may be difficult.</li> <li>• Worker must retrace steps to leave work area.</li> <li>• Requires supervision/monitoring of the air supply line.</li> </ul>

**Table 8-2. (cont)**

TYPE OF RESPIRATOR	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
<b>AIR-PURIFYING</b>		
<b>Air-Purifying Respirator (including powered air-purifying respirators [PAPRs])</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enhanced mobility</li> <li>• Lighter in weight than an SCBA. Generally weights 2 pounds (1 kg) or less (except for PAPRs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cannot be used in IDLH or oxygen-deficient atmospheres (less than 19.5 percent oxygen at sea level).</li> <li>• Limited duration of protection. May be hard to gauge safe operating time in field conditions.</li> <li>• Only protects against specific chemicals and up to specific concentrations.</li> <li>• Use requires monitoring of contaminant and oxygen levels.</li> <li>• Can only be used (1) against gas and vapor contaminants with adequate warning properties, or (2) for specific gases or vapors provided that the service is known and a safety factor is applied or if the unit has an ESLI (end-of-service-life indicator).</li> </ul>

## Protection Factor

The level of protection that can be provided by a respirator is indicated by the respirator's protection factor. This number, which is determined experimentally by measuring facepiece seal and exhalation valve leakage, indicates the relative difference in concentrations of substances outside and inside the facepiece that can be maintained by the respirator. For example, the protection factor for full-facepiece air-purifying respirators is 50. This means, theoretically, that workers wearing these respirators should be protected in atmospheres containing chemicals at concentrations that are up to 50 times higher than the appropriate limits. One source of protection factors for various types of atmosphere-supplying (SCBA and SAR) and air-purifying respirators can be found in American National Standards Institute (ANSI) standard ANSI Z88.2-1980.

At sites where the identity and concentration of chemicals in air are known, a respirator should be selected with a protection factor that is sufficiently high to ensure that the wearer will not be exposed to the chemicals above the applicable limits. These limits include the American Conference of Governmental Industrial Hygienists' Threshold Limit Values (TLVs), OSHA's Permissible Exposure Limits (PELs), and the NIOSH Recommended Exposure Limits (RELs) (see Table 6-4 in Chapter 6). These limits are designed to protect most workers who may be

exposed to chemicals day after day throughout their working life. The OSHA PELs are legally enforceable exposure limits, and are the minimum limits of protection that must be met.

It should be remembered that the protection provided by a respirator can be compromised in several situations, most notably, (1) if a worker has a high breathing rate, (2) if the ambient temperature is high or low, or (3) if the worker has a poor facepiece-to-face seal. At high breathing rates, positive-pressure SCBAs and SARs may not maintain positive pressure for brief periods during peak inhalation. Also, at high work rates, exhalation valves may leak. Consequently, positive-pressure respirators working at high flow rates may offer less protection than when working at normal rates.

A similar reduction in protection may result from high or low ambient temperatures. For example, at high temperatures excessive sweat may cause a break in the face-to-facepiece seal. At very low temperatures, the exhalation valve and regulator may become ice-clogged due to moisture in the breath and air. Likewise, a poor facepiece seal -due to such factors as facial hair, missing teeth, scars, lack of or improper fit testing, etc. -can result in the penetration of air contaminants.

## **Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)**

A self-contained breathing apparatus (SCBA) usually consists of a facepiece connected by a hose and a regulator to an air source (compressed air, compressed oxygen, or an oxygen-generating chemical) carried by the wearer (see Figure 8-1). Only positive-pressure SCBAs are recommended for entry into atmospheres that are immediately dangerous to life and health (IDLH). SCBAs offer protection against most types and levels of airborne contaminants. However, the duration of the air supply is an important planning factor in SCBA use (see PPE Use later in this chapter). This is limited by the amount of air carried and its rate of consumption. Also, SCBAs are bulky and heavy, thus they increase the likelihood of heat stress and may impair movement in confined spaces. Generally, only workers handling hazardous materials or operating in contaminated zones require SCBAs. Under MSHA regulations in 30 CFR Part 11.70(a), SCBAs may be approved (1) for escape only, or (2) for both entry into and escape from a hazardous atmosphere. The types of SCBAs and their relative advantages and disadvantages are described in Table 8-3.

Escape-only SCBAs are frequently continuous-flow devices with hoods that can be donned to provide immediate emergency protection. Employers should provide and ensure that employees carry an escape SCBA where such emergency protection may be necessary.

Entry-and-escape SCBA respirators give workers untethered access to nearly all portions of the worksite, but decrease worker mobility, particularly in confined areas, due to both the bulk and weight of the units. Their use is particularly advisable when dealing with unidentified and unquantified airborne contaminants. There are two types of entry-and-escape SCBAs: (1) open-circuit and (2) closed-circuit. In an open-circuit SCBA, air is exhaled directly into the ambient atmosphere. In a closed-circuit SCBA, exhaled air is recycled by removing the carbon dioxide with an alkaline scrubber and by replenishing the consumed oxygen with oxygen from a solid, liquid, or gaseous source

As required by MSHA/NIOSH 30 CFR Part 11.80, all compressed breathing gas cylinders must meet minimum U.S. Department of Transportation requirements for interstate shipment. (For further information, see 49 CFR Parts 173 and 178.) All compressed air, compressed oxygen, liquid air, and liquid oxygen used for respiration shall be of high purity and must meet all requirements of OSHA 29 CFR Part 1910.134(d). In addition, breathing air must meet or exceed the requirements of Grade D breathing air as specified in the Compressed Gas Association pamphlet G-7.1 and ANSI Z86.1-1973.

**Table 8-3. Types of Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)**

TYPE	DESCRIPTION	ADVANTAGES	DISADVANTAGES	COMMENTS
<b>ENTRY-AND-ESCAPE SCBA</b>				
<b>Open-Circuit SCBA</b>	Supplies clean air to the wearer from a cylinder. Wearer exhales air directly to the atmosphere.	Operated in a positive-pressure mode, open-circuit SCBAs provide the highest respiratory protection currently available. A warning alarm signals when only 20 to 25 percent of the air supply remains.	Shorter operating time (30 to 60 minutes) and heavier weight (up to 35 lbs [13.6 kg]) than a closed-circuit SCBA.	The 30- to 60-minute operating time may vary depending on the size of the air tank and the work rate of the individual.
<b>Closed-Circuit SCBA (Rebreather)</b>	These devices recycle exhaled gases (CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , and nitrogen) by removing CO <sub>2</sub> with an alkaline scrubber and replenishing the consumed oxygen with oxygen from a liquid or gaseous source.	<p>Longer operating time (up to 4 hours), and lighter weight (21 to 30 lbs [9.5 to 13.6 kg]) than open-circuit apparatus.</p> <p>A warning alarm signals when only 20 to 25 percent of the oxygen supply remains.</p> <p>Oxygen supply is depleted before the CO<sub>2</sub> sorbent scrubber supply, thereby protecting the wearer from CO<sub>2</sub> breakthrough.</p>	<p>At very cold temperatures, scrubber efficiency may be reduced and CO<sub>2</sub> breakthrough may occur.</p> <p>Units retain the heat normally exchanged in exhalation and generate heat in the CO<sub>2</sub> scrubbing operations, adding to the danger of heat stress. Auxiliary cooling devices may be required.</p> <p>When worn outside an encapsulating suit, the breathing bag may be permeated by chemicals, contaminating the breathing apparatus and the respirable air.</p> <p>Decontamination of the breathing bag may be difficult.</p>	Positive-pressure closed-circuit SCBAs offer substantially more protection than negative-pressure units, which are not recommended on hazardous waste sites. While these devices may be certified as closed-circuit SCBAs, NIOSH cannot certify closed-circuit SCBAs as positive-pressure devices due to limitations in certification procedures currently defined in 30 CFR Part 11.
<b>ESCAPE-ONLY SCBA</b>	Supplies clean air to the wearer from either an air cylinder or from an oxygen-generating chemical. Approved for escape purposes only.	Lightweight (10 pounds [4.5 kg] or less) low bulk, easy to carry. Available in pressure-demand and continuous-flow-modes.	Cannot be used for entry.	Provides only 5 to 15 minutes of respiratory protection, depending on the model and wearer breathing rate.

Key questions to ask when considering whether an SCBA is appropriate are:

- Is the atmosphere IDLH or is it likely to become IDLH? If yes, a positive-pressure SCBA should be used. A positive-pressure SAR with an escape SCBA can also be used.
- Is the duration of air supply sufficient for accomplishing the necessary tasks? If no, a larger cylinder should be used, a different respirator should be chosen, and/or the Work Plan should be modified.
- Will the bulk and weight of the SCBA interfere with task performance or cause unnecessary stress? If yes, use of an SAR may be more appropriate if conditions permit.
- Will temperature effects compromise respirator effectiveness or cause added stress in the worker? If yes, the work period should be shortened or the mission postponed until the temperature changes.

## **Supplied-Air Respirators (SARs)**

Supplied-air respirators (also known as air-line respirators) supply air, never oxygen, to a facepiece via a supply line from a stationary source (see Figure 8-1). SARs are available in positive-pressure and negative-pressure modes. Pressure-demand SARs with escape provisions provide the highest level of protection (among SARs) and are the only SARs recommended for use at hazardous waste sites. SARs are not recommended for entry into IDLH atmospheres (MSHA/NIOSH 30 CFR Part 11) unless the apparatus is equipped with an escape SCBA.

The air source for supplied-air respirators may be compressed air cylinders or a compressor that purifies and delivers ambient air to the facepiece. SARs suitable for use with compressed air are classified as "Type C" supplied-air respirators as defined in MSHA/NIOSH 30 CFR Part 11. All SAR couplings must be incompatible with the outlets of other gas systems used on site to prevent a worker from connecting to an inappropriate compressed gas source (OSHA 29 CFR 1910.134(d)).

SARs enable longer work periods than do SCBAs and are less bulky. However, the air line impairs worker mobility and requires workers to retrace their steps when leaving the area. Also, the air line is vulnerable to puncture from rough or sharp surfaces, chemical permeation, damage from contact with heavy equipment, and obstruction from falling drums, etc. To the extent possible, all such hazards should be removed prior to use. When in use, air lines should be kept as short as possible (300 feet [91 meters] is the longest approved hose length for SARs), and other workers and vehicles should be kept away from the air line.

The use of air compressors as the air source for an SAR at a hazardous waste site is severely limited by the same concern that requires workers to wear respirators: that is, the questionable quality of the ambient air. Onsite compressor use is limited by OSHA standards (29 CFR Part 1910.134[d]).

Key questions to ask when considering SAR use are:

- Is the atmosphere IDLH or likely to become IDLH? If yes, an SAR/SCBA combination or SCBA should be used.
- Will the hose significantly impair worker mobility? If yes, the work task should be modified or other respiratory protection should be used.
- Is there a danger of the air line being damaged or obstructed (e.g., by heavy equipment, falling drums, rough terrain, or sharp objects) or permeated and/or degraded by chemicals (e.g., by pools of chemicals)? If yes, either the hazard should be removed or another form of respiratory protection should be used.
- If a compressor is the air source, is it possible for airborne contaminants to enter the air system? If yes, have the contaminants been identified and are efficient filters and/or

sorbents available that are capable of removing those contaminants? If no, either cylinders should be used as the air source or another form of respiratory protection should be used.

- Can other workers and vehicles that might interfere with the air line be kept away from the area? If no, another form of respiratory protection should be used.

## Combination SCBA/SAR

A relatively new type of respiratory protection is available that uses a regulator to combine the features of an SCBA with an SAR. The user can operate the respirator in the SCBA or SAR mode, through either the manual or automatic switching of air sources. This type of respirator allows entry into and exit from an area using the self contained air supply, as well as extended work periods within a contaminated area while connected to the air line. It is particularly appropriate for sites where workers must travel an extended distance to a work area within a hot zone and remain within that area for relatively long work periods (e.g., drum sampling). In such situations, workers would enter the site using the SCBA mode, connect to the air line during the work period, and shift back to the SCBA mode to leave the site.

The combination SCBA/SAR should not be confused with an SAR with escape provisions. The primary difference is the length of air time provided by the SCBA; the combination system provides up to 60 minutes of self-contained air, whereas the escape SCBA contains much less air, generally enough for only 5 minutes. NIOSH certification of the combination unit allows up to 20 percent of the available air time to be used during entry, while the SAR with escape provision is certified for escape only.

## Air-Purifying Respirators

Air-purifying respirators consist of a facepiece and an air-purifying device, which is either a removable component of the facepiece or an air-purifying apparatus worn on a body harness and attached to the facepiece by a corrugated breathing hose (see Figure 8-2). Air-purifying respirators selectively remove specific airborne contaminants (particulates, gases, vapors, fumes) from ambient air by filtration, absorption, adsorption, or chemical reactions. They are approved for use in atmospheres containing specific chemicals up to designated concentrations, *and not for IDLH atmospheres*. Air-purifying respirators have limited use at hazardous waste sites and can be used only when the ambient atmosphere contains sufficient oxygen (19.5 percent) (30 CFR Part 11.90[a]). Table 8-4 lists conditions that may exclude the use of air-purifying respirators.

Air-purifying respirators usually operate only in the negative-pressure mode except for powered air-purifying respirators (PAPRs) which maintain a positive facepiece pressure (except at maximal breathing rates). There are three types of air-purifying devices: (1) particulate filters; (2) cartridges and canisters, which contain sorbents for specific gases and vapors; and (3) combination devices. Their efficiencies vary considerably even for closely related materials [2].

Cartridges usually attach directly to the respirator facepiece. The larger-volume canisters attach to the chin of the facepiece or are carried with a harness and attached to the facepiece by a breathing tube. Combination canisters and cartridges contain layers of different sorbent materials and remove multiple chemicals or multiple classes of chemicals from the ambient air. Though approved against more than one substance, these canisters and cartridges are tested

**Table 8-4. Conditions that Exclude or May Exclude Use of Air-Purifying Respirators**

- Oxygen deficiency.
- IDLH concentrations of specific substances.
- Entry into an unventilated or confined area where the exposure conditions have not been characterized.
- Presence or potential presence of unidentified contaminants.
- Contaminant concentrations are unknown or exceed designated maximum use concentration(s).
- Identified gases or vapors have inadequate warning properties *and* the sorbent service life is not known *and* the unit has no end-of-service-life (ESLI) indicator.
- High relative humidity (may reduce the protection offered by the sorbent).

or more substances has not been demonstrated. Filters may also be combined with cartridges to provide additional protection against particulates. A number of standard cartridges and canisters are commercially available. They are color-coded to indicate the general chemicals or classes of chemicals against which they are effective (29 CFR Part 1910.134[g]).

MSHA and NIOSH have granted approvals for manufacturers' specific assemblies of air-purifying respirators for a limited number of specific chemicals. Respirators should be used only for those substances for which they have been approved. Use of a sorbent shall not be allowed when there is reason to suspect that it does not provide adequate sorption efficiency against a specific contaminant. In addition, it should be noted that approval testing is performed at a given temperature and over a narrow range of flow rates and relative humidities [3]; thus protection may be compromised in nonstandard conditions. The assembly that has been approved by MSHA and NIOSH to protect against organic vapors is tested against only a single challenge substance, carbon tetrachloride; its effectiveness for protecting against other vapors has not been demonstrated.

Most chemical sorbent canisters are imprinted with an expiration date. They may be used up to that date as long as they were not opened previously. Once opened, they begin to absorb humidity and air contaminants whether or not they are in use. Their efficiency and service life decreases and therefore they should be used immediately. Cartridges should be discarded after use but should not be used for longer than one shift or when breakthrough occurs, whichever comes first.

Where a canister or cartridge is being used against gases or vapors, the appropriate device shall be used only if the chemical(s) have "adequate warning properties" (30 CFR Part 11.150). NIOSH considers a substance to have adequate warning properties when its odor, taste, or irritant effects are detectable and persistent at concentrations below the recommended exposure limit (REL) (see Chapter 6). A substance is considered to have poor warning properties when its odor or irritation threshold is above the applicable exposure limit. Warning properties are essential to safe use of air-purifying respirators since they allow detection of contaminant breakthrough, should it occur. While warning properties are not foolproof, because they rely on human senses which vary widely among individuals and in the same individual under varying conditions (e.g., olfactory fatigue), they do provide some indication of possible sorbent exhaustion, poor facepiece fit, or other malfunctions. OSHA permits the use of air-purifying respirators for protection against specific chemicals with poor warning properties provided that (1) the service life of the sorbent is known and a safety factor has been applied or (2) the respirator has an approved end-of-service-life indicator.

## Selection of Protective Clothing and Accessories

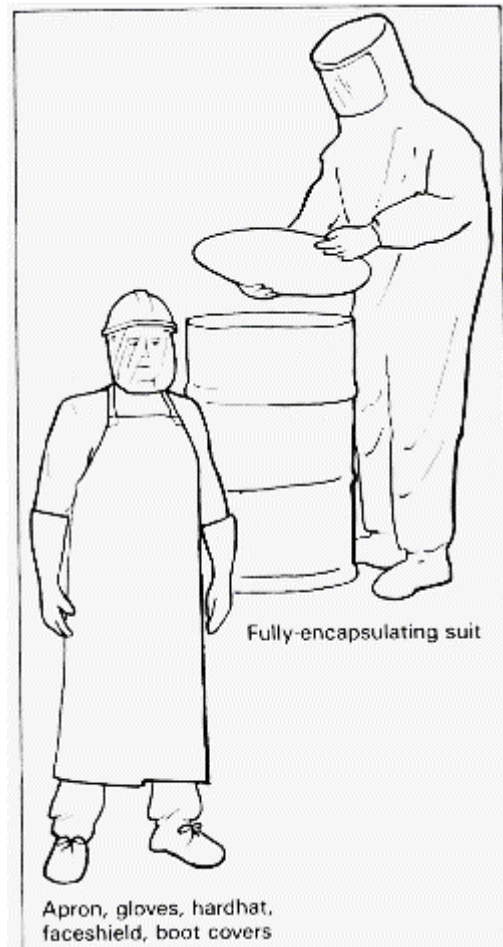
In this manual, personal protective clothing is considered to be any article offering skin and/or body protection. It includes:

- Fully-encapsulating suits.
- Non-encapsulating suits.
- Aprons, leggings, and sleeve protectors.
- Gloves.
- Firefighters' protective clothing.
- Proximity, or approach, garments.
- Blast and fragmentation suits.
- Cooling garments.
- Radiation-protective suits.

Each type of protective clothing has a specific purpose; many, but not all, are designed to protect against chemical exposure. Examples of protective clothing are shown in Figure 8-3.

Table 8-5 describes various types of protective clothing available, details the type of protection they offer, and lists the factors to consider in their selection and use. This table also describes a number of accessories that might be used in conjunction with a PPE ensemble, namely:

- Knife.
- Flashlight or lantern.
- Personal locator beacon.
- Personal dosimeters.
- Two-way radio.
- Safety belts and lines.



**Figure 8-3.** Examples of Protective Clothing.

**Table 8-5. Protective Clothing and Accessories**

BODY PART PROTECTED	TYPE OF CLOTHING OR ACCESSORY	DESCRIPTION	TYPE OF PROTECTION	USE CONSIDERATIONS
<b>Full Body</b>	Fully-encapsulating suit	One-piece garment. Boots and gloves may be integral, attached and replaceable, or separate.	Protects against splashes, dust, gases, and vapors.	Does not allow body heat to escape. May contribute to heat stress in wearer, particularly if worn in conjunction with a closed-circuit SCBA; a cooling garment may be needed. Impairs worker mobility, vision, and communication.
	Non-encapsulating suit	Jacket, hood, pants, or bib overalls, and one-piece coveralls.	Protects against splashes, dust, and other materials but not against gases and vapors. Does not protect parts of head or neck.	Do not use where gas-tight or pervasive splashing protection is required. May contribute to heat stress in wearer. Tape-seal connections between pant cuffs and boots and between gloves and sleeves.
	Aprons, leggings, and sleeve protectors	Fully sleeved and gloved apron. Separate coverings for arms and legs. Commonly worn over non-encapsulating suit.	Provides additional splash protection of chest, forearms, and legs.	Whenever possible, should be used over a non-encapsulating suite (instead of using a fully-encapsulating suite) to minimize potential for heat stress. Useful for sampling, labeling, and analysis operations. Should be used only when there is a low probability of total body contact with contaminants.

**Table 8-5. (cont.)**

BODY PART PROTECTED	TYPE OF CLOTHING OR ACCESSORY	DESCRIPTION	TYPE OF PROTECTION	USE CONSIDERATIONS
<b>Full Body</b> (cont.)	Firefighters' protective clothing	Gloves, helmet, running or bunker coat, running or bunker pants (NFPA No. 1971, 1972, 1973), and boots.	Protects against heat, hot water, and some particles. Does not protect against gases and vapors, or chemical permeation or degradation. NFPA Standard No. 1971 specified that a garment consist of an outer shell, an inner liner, and a vapor barrier with a minimum water penetration of 25 lbs/in <sup>2</sup> (1.8 kg/cm <sup>2</sup> ) to prevent the passage of hot water.	Decontamination is difficult. Should not be worn in areas where protection against gases, vapors, chemical splashes, or permeation is required.
	Proximity garment (approach suit)	One- or two-piece overgarment with boot covers, gloves and hood of aluminized nylon or cotton fabric. Normally worn over other protective clothing, such as chemical-protective clothing, firefighters' bunker gear, or flame-retardant coveralls.	Protects against brief exposure to radiant heat. Does not protect against chemical permeation or degradation. Can be custom-manufactured to protect against some chemical contaminants.	Auxiliary cooling and an SCBA should be used if the wearer may be exposed to a toxic atmosphere or needs more than 2 or 3 minutes of protection.
	Blast and fragmentation suit	Blast and fragmentation vests and clothing, bomb blankets, and bomb carriers.	Provides some protection against very small detonations. Bomb blankets and baskets can help redirect a blast.	Does not provide hearing protection.

**Table 8-5. (cont.)**

BODY PART PROTECTED	TYPE OF CLOTHING OR ACCESSORY	DESCRIPTION	TYPE OF PROTECTION	USE CONSIDERATIONS
<b>Full Body</b> (cont.)	Radiation-contamination protective suit	Various types of protective clothing designed to prevent contamination of the body by radioactive particles.	Protects against alpha and beta particles. <i>Does NOT protect against gamma radiation.</i>	Designed to prevent skin contamination. If radiation is detected on site, consult an experienced radiation expert and evacuate personnel until the radiation hazard has been evaluated.
	Flame/fire retardant coveralls	Normally worn as an undergarment.	Provides protection from flash fires.	Adds bulk and may exacerbate heat stress problems and impair mobility.
	Flotation gear	Life jackets or work vests. (Commonly worn underneath chemical protective clothing to prevent flotation gear degradation by chemicals.)	Adds 15.5 to 25 lbs (7 to 11.3 kg) of buoyancy to personnel working in or around water	Adds bulk and restricts mobility. Must meet USCG standards (46 CFR Part 160).
	Cooling Garment	One of three methods: (1) A pump circulates cool dry air throughout the suit or portions of it via an air line. Cooling may be enhanced by use of a vortex cooler, refrigeration coils, or a heat exchanger. (2) A jacket or vest having pockets into which packets of ice are inserted. (3) A pump circulates chilled water from a water/ice reservoir and through circulating tubes, which cover part of the body (generally the upper torso only).	Removes excess heat generated by worker activity, the equipment, or the environment.	(1) Pumps circulating cool air require 10 to 20 ft <sup>3</sup> (0.3 to 0.6 m <sup>3</sup> ) of respirable air per minute, so they are often uneconomical for use at a waste site. (2) Jackets or vests pose ice storage and recharge problems. (3) Pumps circulating chilled water pose ice storage problems. The pump and battery add bulk and weight.

**Table 8-5. (cont.)**

BODY PART PROTECTED	TYPE OF CLOTHING OR ACCESSORY	DESCRIPTION	TYPE OF PROTECTION	USE CONSIDERATIONS
<b>Head</b>	Safety helmet (hard hat)	For example, a hard plastic or rubber helmet.	Protects the head from blows.	Helmet shall meet OSHA standard 29 CFR part 1910.135.
	Helmet liner		Insulates against cold. Does not protect against chemical splashes.	
	Hood	Commonly worn with a helmet.	Protects against chemical splashes, particulates, and rain.	
	Protective hair covering		Protects against chemical contamination of hair. Prevents the entanglement of hair in machinery or equipment. Prevents hair from interfering with vision and with the functioning of respiratory protective devices.	Particularly important for workers with long hair.
<b>Eyes and Face<sup>a</sup></b>	Face shield	Full-face coverage, eight-inch minimum.	Protects against chemical splashes. Does not protect adequately against projectiles.	Face shields and splash hoods must be suitably supported to prevent them from shifting and exposing portions of the face or obscuring vision. Provides limited eye protection.
	Splash hood		Protects against chemical splashes. Does not protect adequately against projectiles.	
	Safety glasses		Protect eyes against large particles and projectiles.	If lasers are used to survey a site, workers should wear special protective lenses.

**Table 8-5. (cont.)**

BODY PART PROTECTED	TYPE OF CLOTHING OR ACCESSORY	DESCRIPTION	TYPE OF PROTECTION	USE CONSIDERATIONS
<b>Eye and Face</b> (cont.)	Goggles		Depending on their construction, goggles can protect against vaporized chemicals, splashes, large particles, and projectiles (if constructed with impact-resistant lenses).	
	Sweat bands		Prevents sweat-induced eye irritation and vision impairment.	
<b>Ears</b>	Ear plugs and muffs		Protect against physiological damage and psychological disturbance.	Must comply with OSHA regulation 29 CFR Part 1910.95. Can interfere with communication. Use of ear plugs should be carefully reviewed by a health and safety professional because chemical contaminants could be introduced into the ear.
	Headphones	Radio headset with throat microphone.	Provide some hearing protection while enabling communication.	Highly desirable, particularly if emergency conditions arise.
<b>Hands and Arms</b>	Gloves and sleeves	May be integral, attached, or separate from other protective clothing.	Protect hands and arms from chemical contact.	Wear jacket cuffs over glove cuffs to prevent liquid from entering the glove. Tape-seal gloves to sleeves to provide additional protection.
		Overgloves.	Provide supplemental protection to the wearer and protect more expensive undergarments from abrasions, tears, and contamination.	

**Table 8-5. (cont.)**

BODY PART PROTECTED	TYPE OF CLOTHING OR ACCESSORY	DESCRIPTION	TYPE OF PROTECTION	USE CONSIDERATIONS
<b>Hands and Arms</b> (cont.)		Disposable gloves.	Should be used whenever possible to reduce decontamination needs.	
<b>Foot</b>	Safety boots	Boots constructed of chemical-resistant material.	Protect feet from contact with chemicals.	
		Boots constructed with some steel materials (e.g., toes, shanks, insoles).	Protect feet from compression, crushing, or puncture by falling, moving, or sharp objects.	All boots must at least meet the specifications required under OSHA 29 CFR Part 1910.136 and should provide good traction.
		Boots constructed from nonconductive, spark-resistant materials or coatings.	Protect the wearer against electrical hazards and prevent ignition of combustible gases or vapors.	
	Disposable shoe or boot covers	Made of a variety of materials. Slip over the shoe or boot.	Protect safety boots from contamination. Protect feet from contact with chemicals.	Covers may be disposed of after use, facilitating decontamination.
<b>General</b>	Knife		Allows a person in a fully-encapsulating suit to cut his or her way out of the suit in the event of an emergency or equipment failure.	Should be carried and used with caution to avoid puncturing the suit.

**Table 8-5. (cont.)**

BODY PART PROTECTED	TYPE OF CLOTHING OR ACCESSORY	DESCRIPTION	TYPE OF PROTECTION	USE CONSIDERATIONS
<b>General</b> (cont.)	Flashlight or lantern		Enhances visibility in buildings, enclosed spaces, and the dark.	Must be intrinsically safe or explosion-proof for use in combustible atmospheres. Sealing the flashlight in a plastic bag facilitates decontamination. Only electrical equipment approved as intrinsically safe, or approved for the class and group of hazard as defined in Article 500 of the National Electrical Code, may be used.
	Personal dosimeter		Measures worker exposure to ionizing radiation and to certain chemicals.	To estimate actual body exposure, the dosimeter should be placed inside the fully-encapsulating suit.
	Personal locator beacon	Operated by sound, radio, or light	Enables emergency personnel to locate victim.	
	Two-way radio		Enables field workers to communicate with personnel in the Support Zone.	
	Safety belts, harnesses, and lifeline		Enable personnel to work in elevated areas or enter confined areas and prevent falls. Belts may be used to carry tools and equipment.	Must be constructed of spark-free hardware and chemical-resistant materials to provide proper protection. Must meet OSHA standards in 29 CFR Part 1926.104.

## **Selection of Chemical-Protective Clothing (CPC)**

Chemical-protective clothing (CPC) is available in a variety of materials that offer a range of protection against different chemicals. The most appropriate clothing material will depend on the chemicals present and the task to be accomplished. Ideally, the chosen material resists permeation, degradation, and penetration. Permeation is the process by which a chemical dissolves in and/or moves through a protective clothing material on a molecular level. Degradation is the loss of or change in the fabric's chemical resistance or physical properties due to exposure to chemicals, use, or ambient conditions (e.g., sunlight). Penetration is the movement of chemicals through zippers, stitched seams or imperfections (e.g., pinholes) in a protective clothing material.

Selection of chemical-protective clothing is a complex task and should be performed by personnel with training and experience. Under all conditions, clothing is selected by evaluating the performance characteristics of the clothing against the requirements and limitations of the site- and task-specific conditions. If possible, representative garments should be inspected before purchase and their use and performance discussed with someone who has experience with the clothing under consideration. In all cases, the employer is responsible for ensuring that the personal protective clothing (and all PPE) necessary to protect employees from injury or illness that may result from exposure to hazards at the work site is adequate and of safe design and construction for the work to be performed (see OSHA standard 29 CFR Part 1910.132, 1910.137).

### **Permeation and Degradation**

The selection of chemical-protective clothing depends greatly upon the type and physical state of the contaminants. This information is determined during site characterization (Chapter 6). Once the chemicals have been identified, available information sources should be consulted to identify materials that are resistant to permeation and degradation by the known chemicals. One excellent reference, *Guidelines for the Selection of Chemical-Protective Clothing* [4], provides a matrix of clothing material recommendations for approximately 300 chemicals based on an evaluation of permeation and degradation data from independent tests, vendor literature, and raw material suppliers. Charts indicating the resistance of various clothing materials to permeation and degradation are also available from manufacturers and other sources. It is important to note, however, that no material protects against all chemicals and combinations of chemicals, and that no currently available material is an effective barrier to any prolonged chemical exposure.

In reviewing vendor literature, it is important to be aware that the data provided are of limited value. For example, the quality of vendor test methods is inconsistent; vendors often rely on the raw material manufacturers for data rather than conducting their own tests; and the data may not be updated. In addition, vendor data cannot address the wide variety of uses and challenges to which CPC may be subjected. Most vendors strongly emphasize this point in the descriptive text that accompanies their data.

Another factor to bear in mind when selecting CPC is that the rate of permeation is a function of several factors, including clothing material type and thickness, manufacturing method, the concentration(s) of the hazardous substance(s), temperature, pressure, humidity, the solubility of the chemical in the clothing material, and the diffusion coefficient of the permeating chemical in the clothing material. Thus permeation rates and breakthrough time (the time from initial exposure until hazardous material is detectable on the inside of the CPC) may vary depending on these conditions.

Most hazardous wastes are mixtures, for which specific data with which to make a good CPC selection are not available. Due to a lack of testing, only limited permeation data for multi-component liquids are currently available.

Mixtures of chemicals can be significantly more aggressive towards CPC materials than can any single component alone. Even small amounts of a rapidly permeating chemical may provide a pathway that accelerates the permeation of other chemicals [4]. Formal research is being conducted on these effects. NIOSH is currently developing methods for evaluating CPC materials against mixtures of chemicals and unknowns in the field. For hazardous waste site operations, CPC should be selected that offers the widest range of protection against the chemicals expected on site. Vendors are now providing CPC material composed of two or even three different materials laminated together that is capable of providing the best features of each material.

## **Heat Transfer Characteristics**

The heat transfer characteristics of CPC may be an important factor in selection. Since most chemical-protective clothing is virtually impermeable to moisture, evaporative cooling is limited. The "clo" value (thermal insulation value) of chemical-protective clothing is a measure of the capacity of CPC to dissipate heat loss through means other than evaporation. The larger the clo value, the greater the insulating properties of the garment and, consequently, the lower the heat transfer [5]. Given other equivalent protective properties, clothing with the lowest clo value should be selected in hot environments or for high work rates. Unfortunately, clo values for clothing are rarely available at present.

## **Other Considerations**

In addition to permeation, degradation, penetration, and heat transfer, several other factors must be considered during clothing selection. These affect not only chemical resistance, but also the worker's ability to perform the required task. The following checklist summarizes these considerations.

- Durability:
  - Does the material have sufficient strength to withstand the physical stress of the task(s) at hand?
  - Will the material resist tears, punctures, and abrasions?
  - Will the material withstand repeated use after contamination/decontamination?
- Flexibility:
  - Will the CPC interfere with the workers' ability to perform their assigned tasks (this is particularly important to consider for gloves)?
- Temperature effects:
  - Will the material maintain its protective integrity and flexibility under hot and cold extremes?
- Ease of decontamination:
  - Are decontamination procedures available on site?
  - Will the material pose any decontamination problems?
  - Should disposable clothing be used?
- Compatibility with other equipment:
  - Does the clothing preclude the use of another, necessary piece of protective equipment (e.g., suits that preclude hardhat use in hardhat area)?
- Duration of use:

- Can the required task be accomplished before contaminant breakthrough occurs, or degradation of the CPC becomes significant?

## Special Conditions

Fire, explosion, heat, and radiation are considered special conditions that require special-protective equipment. Unique problems are associated with radiation and it is beyond the scope of this manual to discuss them properly. A qualified health physicist should be consulted if a radiation hazard exists. Special-protective equipment is described in Table 8-5 (see Full Body section of the table). When using special-protective equipment, it is important to also provide protection against chemicals, since the specialized equipment may provide little or no protection against chemicals which may also be present.

## Selection of Ensembles

### Level of Protection

The individual components of clothing and equipment must be assembled into a full protective ensemble that both protects the worker from the site-specific hazards and minimizes the hazards and drawbacks of the PPE ensemble itself.

Table 8-6 lists ensemble components based on the widely used EPA Levels of Protection: Levels A, B, C, and D. These lists can be used as a starting point for ensemble creation; however, each ensemble must be tailored to the specific situation in order to provide the most appropriate level of protection. For example, if work is being conducted at a highly contaminated site or if the potential for contamination is high, it may be advisable to wear a disposable covering, such as Tyvek coveralls or PVC splash suits, over the protective ensemble. It may be necessary to slit the back of these disposable suits to fit around the bulge of an encapsulating suit and SCBA [6].

The type of equipment used and the overall level of protection should be reevaluated periodically as the amount of information about the site increases, and as workers are required to perform different tasks. Personnel should be able to upgrade or downgrade their level of protection with concurrence of the Site Safety Officer and approval of the Field Team Leader.

Reasons to upgrade:

- Known or suspected presence of dermal hazards.
- Occurrence or likely occurrence of gas or vapor emission.
- Change in work task that will increase contact or potential contact with hazardous materials.
- Request of the individual performing the task.

Reasons to downgrade:

- New information indicating that the situation is less hazardous than was originally thought.
- Change in site conditions that decreases the hazard.
- Change in work task that will reduce contact with hazardous materials.

## PPE Use

PPE can offer a high degree of protection only if it is used properly. This section covers the following aspects of PPE use:

- Training.
- Work mission duration.
- Personal use factors.
- Fit testing.
- Donning.
- In-use monitoring.
- Doffing.
- Inspection.
- Storage.
- Maintenance.

Decontamination is covered in Chapter 10. Inadequate attention to any of these areas could compromise the protection provided by the PPE.

### Training

Training in PPE use is recommended and, for respirators, required by federal regulation in the OSHA standards in 29 CFR Part 1910 Subparts I and Z. This training:

- Allows the user to become familiar with the equipment in a nonhazardous situation.
- Instills confidence of the user in his/her equipment.
- Makes the user aware of the limitations and capabilities of the equipment.
- Increases the efficiency of operations performed by workers wearing PPE.
- May increase the protective efficiency of PPE use.
- Reduces the expense of PPE maintenance.

Training should be completed prior to actual PPE use in a hazardous environment and should be repeated at least annually. At a minimum, the training portion of the PPE program should delineate the user's responsibilities and explain the following, utilizing both classroom and field training when necessary:

- OSHA requirements as delineated in 29 CFR Part 1910 Subparts I and Z.
- The proper use and maintenance of the selected PPE, including capabilities and limitations.
- The nature of the hazards and the consequences of not using the PPE.
- The human factors influencing PPE performance.
- Instruction in inspecting, donning, checking, fitting, and using PPE.
- Individualized respirator fit testing to ensure proper fit.
- Use of PPE in normal air for a long familiarity period and, finally, wearing PPE in a test atmosphere to evaluate its effectiveness.

**Table 8-6. Sample Protective Ensembles<sup>a</sup>**

LEVEL OF PROTECTION	EQUIPMENT	PROTECTION PROVIDED	SHOULD BE USED WHEN:	LIMITING CRITERIA
<b>A</b>	<p><b>RECOMMENDED:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressure-demand, full-facepiece SCBA or pressure-demand supplied air respirator with escape SCBA.</li> <li>• Fully-encapsulating, chemical-resistant suit.</li> <li>• Inner chemical-resistant gloves.</li> <li>• Chemical-resistant safety boots/shoes.</li> <li>• Two-way radio communications.</li> </ul> <p><b>OPTIONAL:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cooling unit.</li> <li>• Coveralls.</li> <li>• Long Cotton underwear.</li> <li>• Hard hat.</li> <li>• Disposable gloves and boot covers.</li> </ul>	The highest available level of respiratory, skin and eye protection.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The chemical substance has been identified and requires the highest level of protection for skin, eyes, and the respiratory system based on either: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Measured (or potential for) high concentration of atmospheric vapors, gases, or particulates</li> <li>or</li> <li>- site operations and work functions involving a high potential for splash, immersion, or exposure to unexpected vapors, gases, or particulates of materials that are harmful to skin or capable of being absorbed through the intact skin.</li> </ul> </li> <li>• Substances with a high degree of hazard to the skin are known or suspected to be present, and skin contact is possible.</li> <li>• Operations must be conducted in confined, poorly ventilated areas until the absence of conditions requiring Level A protection is determined.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fully-encapsulating suit material must be compatible with the substances involved.</li> </ul>
<b>B</b>	<p><b>RECOMMENDED:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressure-demand, full-facepiece SCBA or pressure-demand supplied-air respirator with escape SCBA.</li> <li>• Chemical-resistant clothing (coveralls and long-sleeved jacket; hooded, one- or two-piece chemical splash suit; disposable chemical-resistant one-piece suit).</li> </ul>	The same level of respiratory protection but less skin protection than Level A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The type and atmospheric concentration of substances have been identified and require a high level of respiratory protection, but less skin protection. This involves atmospheres: <ul style="list-style-type: none"> <li>- with IDLH concentrations of specific substances that do not represent a severe skin hazard;</li> <li>or</li> <li>- that do not meet the criteria for use of air-purifying respirators.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Use only when the vapor or gases present are not suspected of containing high concentrations of chemicals that are harmful to skin or capable of being absorbed through the intact skin.</li> <li>• Use only when it is highly unlikely that the work being done will generate either high concentrations of vapors, gases, or particulates, or splashes of material that will affect exposed skin.</li> </ul>

**Table 8-6. (cont.)**

LEVEL OF PROTECTION	EQUIPMENT	PROTECTION PROVIDED	SHOULD BE USED WHEN:	LIMITING CRITERIA
<b>B (cont.)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inner and outer chemical-resistant gloves.</li> <li>• Chemical-resistant safety boots/shoes..</li> <li>• Hard hat.</li> <li>• Two-way radio communications.</li> </ul> <p>OPTIONAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coveralls.</li> <li>• Disposable boot covers.</li> <li>• Face shield.</li> <li>• Long cotton underwear.</li> </ul>	It is the minimum level recommended for initial site entries until the hazards have been further identified.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmosphere contains less than 19.5 percent oxygen.</li> <li>• Presence of incompletely identified vapors or gases is indicated by direct-reading organic vapor detection instrument, but vapors and gases are not suspected of containing high levels of chemicals harmful to skin or capable of being absorbed through the intact skin.</li> </ul>	
<b>C</b>	<p>RECOMMENDED:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Full-facepiece, air-purifying, canister-equipped respirator.</li> <li>• Chemical-resistant clothing (coveralls and long-sleeved jacket; hooded, one- or two-piece chemical splash suit; disposable chemical-resistant one-piece suit).</li> <li>• Inner and outer chemical-resistant gloves.</li> <li>• Chemical-resistant safety boots/shoes..</li> <li>• Hard hat.</li> <li>• Two-way radio communications.</li> </ul> <p>OPTIONAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coveralls.</li> <li>• Disposable boot covers.</li> <li>• Face shield.</li> <li>• Escape mask.</li> <li>• Long cotton underwear.</li> </ul>	The same level of skin protection as level B, but a lower level of respiratory protection.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The atmospheric contaminants, liquid splashes, or other direct contact will not adversely affect any exposed skin.</li> <li>• The types of air contaminants have been identified, concentrations measured, and a canister is available that can remove the contaminant.</li> <li>• All criteria for the use of air-purifying respirators are met.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmospheric concentration of chemicals must not exceed IDLH levels.</li> <li>• The atmosphere must contain at least 19.5 percent oxygen.</li> </ul>

**Table 8-6. (cont.)**

LEVEL OF PROTECTION	EQUIPMENT	PROTECTION PROVIDED	SHOULD BE USED WHEN:	LIMITING CRITERIA
<b>D</b>	<p>RECOMMENDED:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coveralls.</li> <li>• Safety boots/shoes.</li> <li>• Safety glasses or chemical splash goggles.</li> <li>• Hard hat.</li> </ul> <p>OPTIONAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gloves.</li> <li>• Escape mask.</li> <li>• Face shield.</li> </ul>	<p>No respiratory protection.</p> <p>Minimal skin protection.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The atmosphere contains no known hazard.</li> <li>• Work functions preclude splashes, immersion, or the potential for unexpected inhalation of or contact with hazardous levels of any chemicals.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• This level should not be worn in the Exclusion Zone.</li> <li>• The atmosphere must contain at least 19.5 percent oxygen.</li> </ul>

<sup>a</sup>Based on EPA protective ensembles.

- The user's responsibility (if any) for decontamination, cleaning, maintenance, and repair of PPE.
- Emergency procedures and self-rescue in the event of PPE failure.
- The buddy system (see Chapter 9, *Site Control*).
- The Site Safety Plan and the individual's responsibilities and duties in an emergency.

The discomfort and inconvenience of wearing PPE can create a resistance to the conscientious use of PPE. One essential aspect of training is to make the user aware of the need for PPE and to instill motivation for the proper use and maintenance of PPE.

## **Work Mission Duration**

Before the workers actually begin work in their PPE ensembles, the anticipated duration of the work mission should be established. Several factors limit mission length. These include:

- Air supply consumption.
- Suit/ensemble permeation and penetration by chemical contaminants.
- Ambient temperature.
- Coolant supply.

### **Air Supply Consumption**

The duration of the air supply must be considered before planning any SCBA-assisted work activity. The anticipated operating time of an SCBA is clearly indicated on the breathing apparatus. This designated operating time is based on a moderate work rate, e.g., some lifting, carrying, and/or heavy equipment operation.

In actual operation, however, several factors can reduce the rated operating time when planning an SCBA-assisted work mission, the following variables should be considered and work actions and operating time adjusted accordingly:

- Work rate. The actual in-use duration of SCBAs may be reduced by one-third to one-half during strenuous work, e.g., drum handling, major lifting, or any task requiring repetitive speed of motion [7].
- Fitness. Well-conditioned individuals generally utilize oxygen more efficiently and can extract more oxygen from a given volume of air (particularly when performing strenuous tasks) than unfit individuals, thereby slightly increasing the SCBA operating time [8].
- Body size. Larger individuals generally consume air at a higher rate than smaller individuals [8], thereby decreasing the SCBA operating time.
- Breathing patterns. Quick, shallow or irregular breaths use air more rapidly than deep, regularly spaced breaths. Heat-induced anxiety and lack of acclimatization (see Heat Stress and Other Physiological Factors in this chapter) may induce hyperventilation, resulting in decreased SCBA operating time [8].

### **Suit/Ensemble Permeation and Penetration**

The possibility of chemical permeation or penetration of CPC ensembles during the work mission is always a matter of concern and may limit mission duration. Possible causes of ensemble penetration are:

- Suit valve leakage, particularly under excessively hot or cold temperatures.
- Suit fastener leakage if the suit is not properly maintained or if the fasteners become brittle at cold temperatures.

- Exhalation valve leakage at excessively hot or cold temperatures.

Also, when considering mission duration, it should be remembered that no single clothing material is an effective barrier to all chemicals or all combinations of chemicals, and no material is an effective barrier to prolonged chemical exposure.

### **Ambient Temperature**

The ambient temperature has a major influence on work mission duration as it affects both the worker and the protective integrity of the ensemble. Heat stress, which can occur even in relatively moderate temperatures, is the greatest immediate danger to an ensemble-encapsulated worker. Methods to monitor for and prevent heat stress are discussed in the final section of this chapter, *Heat Stress and Other Physiological Factors*. Hot and cold ambient temperatures also affect:

- Valve operation on suits and/or respirators.
- The durability and flexibility of suit materials.
- The integrity of suit fasteners.
- The breakthrough time and permeation rates of chemicals.
- The concentration of airborne contaminants.

All these factors may decrease the duration of protection provided by a given piece of clothing or respiratory equipment.

### **Coolant Supply**

Under warm or strenuous work conditions, adequate coolant (ice or chilled air, see Table 8-5) should be provided to keep the wearer's body at a comfortable temperature and to reduce the potential for heat stress (see *Heat Stress and Other Physiological Factors* at the end of this chapter). If coolant is necessary, the duration of the coolant supply will directly affect mission duration.

### **Personal Use Factors**

As described below, certain personal features of workers may jeopardize safety during equipment use. Prohibitive or precautionary measures should be taken as necessary.

Facial hair and long hair interfere with respirator fit and wearer vision. Any facial hair that passes between the face and the sealing surface of the respirator should be prohibited. Even a few days' growth of facial hair will allow excessive contaminant penetration. Long hair must be effectively contained within protective hair coverings. Eyeglasses with conventional temple pieces (earpiece bars) will interfere with the respirator-to-face seal of a full facepiece. A spectacle kit should be installed in the face masks of workers requiring vision correction.

When a worker must wear corrective lenses as part of the facepiece, the lenses shall be fitted by qualified individuals to provide good vision, comfort, and a gastight seal. Contact lenses may trap contaminants and/or particulates between the lens and the eye, causing irritation, damage, absorption, and an urge to remove the respirator. Wearing contact lenses with a respirator in a contaminated atmosphere is prohibited (29 CFR Part 1910.134[e][51][ii]).

Gum and tobacco chewing should be prohibited during respirator use since they may cause ingestion of contaminants and may compromise the respirator fit.

## Donning an Ensemble

A routine should be established and practiced periodically for donning a fully-encapsulating suit/SCBA ensemble. Assistance should be provided for donning and doffing since these operations are difficult to perform alone, and solo efforts may increase the possibility of suit damage.

Table 8-7 lists sample procedures for donning a fully encapsulating suit/SCBA ensemble. These procedures should be modified depending on the particular type of suit and/or when extra gloves and/or boots are used. These procedures assume that the wearer has previous training in SCBA use and decontamination procedures.

Once the equipment has been donned, its fit should be evaluated. If the clothing is too small, it will restrict movement, thereby increasing the likelihood of tearing the suit material and accelerating worker fatigue. If the clothing is too large, the possibility of snagging the material is increased, and the dexterity and coordination of the worker may be compromised. In either case, the worker should be recalled and better fitting clothing provided.



As part of donning operations, assistant tape seals boots to protective clothing to eliminate routes of entry for chemicals.

## Respirator Fit Testing

The "fit" or integrity of the facepiece-to-face seal of a respirator affects its performance. A secure fit is important with positive-pressure equipment, and is essential to the safe functioning of negative-pressure equipment, such as most air-purifying respirators. Most facepieces fit only a certain percentage of the population; thus each facepiece must be tested on the potential wearer in order to ensure a tight seal. Facial features such as scars, hollow temples, very prominent cheekbones, deep skin creases, dentures or missing teeth, and the chewing of gum and tobacco may interfere with the respirator-to-face seal. A respirator shall not be worn when such conditions prevent a good seal. The workers' diligence in observing these factors shall be evaluated by periodic checks.

For a qualitative respirator fit testing protocol, see Appendix D of the OSHA lead standard (29 CFR Part 1910.1025). For quantitative fit testing, see the NIOSH publication *A Guide to Industrial Respiratory Protection* [10]. For specific quantitative testing protocols, literature supplied by manufacturers of quantitative fit test equipment should be consulted. Note that certain OSHA standards require quantitative fit testing under specific circumstances (e.g., 29 CFR Parts 1910.1018[h][3][iii], 1910.1025[f][3][ii], and 1910.1045[h][3][iii][B]).

**Table 8-7. Sample Donning Procedures<sup>a,b,c</sup>**

1. Inspect the clothing and respiratory equipment before donning (see *Inspection*).
2. Adjust hard hat or headpiece if worn, to fit user's head.
3. Open back closure used to change air tank (if suit has one) before donning suit.
4. Standing or sitting, step into the legs of the suit; ensure proper placement of the feet within the suit; then gather the suit around the waist.
5. Put on chemical-resistant safety boots over the feet of the suit. Tape the leg cuff over the tops of the boots.
  - If additional chemical-resistant boots are required, put these on now.
  - Some one-piece suits have heavy-soled protective feet. With these suits, wear short, chemical-resistant safety boots inside the suit.
6. Put on air tanks and harness assembly of the SCBA. Don the facepiece and adjust it to be secure, but comfortable. Do *not* connect the breathing hose. Open valve on air tank.
7. Perform negative and positive respirator facepiece seal test procedures.
  - To conduct a negative-pressure test, close the inlet part with the palm of the hand or squeeze the breathing tube so it does not pass air, and gently inhale for about 10 seconds. Any inward rushing of air indicates a poor fit. Note that a leaking facepiece may be drawn tightly to the face to form a good seal, giving a false indication of adequate fit.
  - To conduct a positive-pressure test, gently exhale while covering the exhalation valve to ensure that a positive pressure can be built up. Failure to build a positive pressure indicates a poor fit.
8. Depending on type of suit:
  - Put on long-sleeved inner gloves (similar to surgical gloves).
  - Secure gloves to sleeves, for suits with detachable gloves (if not done prior to entering the suit).
  - Additional overgloves, worn over attached suit gloves, may be donned later.
9. Put sleeves of suit over arms as assistant pulls suit up and over the SCBA. Have assistant adjust suit around SCBA and shoulders to ensure unrestricted motion.
10. Put on hard hat, if needed.
11. Raise hood over head carefully so as not to disrupt face seal of SCBA mask. Adjust hood to give satisfactory comfort.
12. Begin to secure the suit by closing all fasteners on opening until there is only adequate room to connect the breathing hose. Secure all belts and/or adjustable leg, head, and waistbands.
13. Connect the breathing hose while opening the main valve.
14. Have assistant first ensure that wearer is breathing properly and then make final closure of the suit.
15. Have assistant check all closures.
16. Have assistant observe the wearer for a period of time to ensure that the wearer is comfortable, psychologically stable, and that the equipment is functioning properly.

<sup>a</sup>Source: Based on reference [9].

<sup>b</sup>Perform the procedures in the order indicated.

<sup>c</sup>When donning a suit, use a moderate amount of a powder to prevent chafing and to increase comfort. Powder will also reduce rubber binding.

## In-Use Monitoring

The wearer must understand all aspects of the clothing operation and its limitations; this is especially important for fully-encapsulating ensembles where misuse could potentially result in suffocation.

During equipment use, workers should be encouraged to report any perceived problems or difficulties to their supervisors). These malfunctions include, but are not limited to:

- Degradation of the protective ensemble.
- Perception of odors.
- Skin irritation.
- Unusual residues on PPE.
- Discomfort.
- Resistance to breathing.
- Fatigue due to respirator use.
- Interference with vision or communication.
- Restriction of movement.
- Personal responses such as rapid pulse, nausea, and chest pain.

If a supplied-air respirator is being used, all hazards that might endanger the integrity of the air line should be removed from the working area prior to use. During use, air lines should be kept as short as possible and other workers and vehicles should be excluded from the area.

## **Doffing an Ensemble**

Exact procedures for removing fully-encapsulating suit/SCBA ensembles must be established and followed in order to prevent contaminant migration from the work area and transfer of contaminants to the wearer's body, the doffing assistant, and others.

Sample doffing procedures are provided in Table 8-8. These procedures should be performed only after decontamination of the suited worker (see Chapter 10, *Decontamination*). They require a suitably attired assistant. Throughout the procedures, both worker and assistant should avoid any direct contact with the outside surface of the suit.

## **Clothing Reuse**

Chemicals that have begun to permeate clothing during use may not be removed during decontamination and may continue to diffuse through the material towards the inside surface, presenting the hazard of direct skin contact to the next person who uses the clothing.

Where such potential hazards may develop, clothing should be checked inside and out for discoloration or other evidence of contamination (see next section, *Inspection*). This is particularly important for fully encapsulating suits, which are generally subject to reuse due to their cost. Note, however, that negative (i.e., no chemical found) test results do not necessarily preclude the possibility that some absorbed chemical will reach the suit's interior.

At present, little documentation exists regarding clothing reuse. Reuse decisions must consider the known factors of permeation rates as well as the toxicity of the contaminant(s). In fact, unless extreme care is taken to ensure that clothing is properly decontaminated and that the decontamination does not degrade the material, the reuse of chemical protective clothing that has been contaminated with toxic chemicals is not advisable [4].

**Table 8-8. Sample Doffing Procedures<sup>a</sup>**

**If sufficient air supply is available to allow appropriate decontamination before removal:**

1. Remove any extraneous or disposable clothing, boot covers, outer gloves, and tape.
2. Have assistant loosen and remove the wearer's safety shoes or boots.
3. Have assistant open the suit completely and lift the hood over the head of the wearer and rest it on top of the SCBA tank.
4. Remove arms, one at a time, from suit. Once arms are free, have assistant lift the suit up and away from the SCBA backpack—avoiding any contact between the outside surface of the suit and the wearer's body—and lay the suit out flat behind the wearer. Leave internal gloves on, if any.
5. Sitting, if possible, remove both legs from the suit.
6. Follow procedure for doffing SCBA.
7. After suit is removed, remove internal gloves by rolling them off the hand, inside out.
8. Remove internal clothing and thoroughly cleanse the body.

**If the low-pressure warning alarm has sounded, signifying that approximately 5 minutes of air remain:**

1. Remove disposable clothing.
2. Quickly scrub and hose off, especially around the entrance/exit zipper.
3. Open the zipper enough to allow access to the regulator and breathing hose.
4. Immediately attach an appropriate canister to the breathing hose (the type and fittings should be predetermined). Although this provides some protection against any contamination still present, it voids the certification of the unit.

Follow Steps 1 through 8 of the regular doffing procedure above. Take extra care to avoid contaminating the assistant and wearer.

<sup>a</sup>Source = Based on reference [9].

## **Inspection**

An effective PPE inspection program will probably feature five different inspections:

- Inspection and operational testing of equipment received from the factory or distributor.
- Inspection of equipment as it is issued to workers.
- Inspection after use or training and prior to maintenance.
- Periodic inspection of stored equipment.
- Periodic inspection when a question arises concerning the appropriateness of the selected equipment, or when problems with similar equipment arise.

Each inspection will cover somewhat different areas in varying degrees of depth. Detailed inspection procedures, where appropriate, are usually available from the manufacturer. The inspection checklists provided in Table 8-9 may also be an aid.

Records must be kept of all inspection procedures. Individual identification numbers should be assigned to all reusable pieces of equipment (respirators may already have ID numbers) and records should be maintained by that number. At a minimum, each inspection should record the ID number, date, inspector, and any unusual conditions or findings. Periodic review of these records may indicate an item or type of item with excessive maintenance costs or a particularly high level of "down-time."

**Table 8-9. Sample PPE Inspection Checklists**

**CLOTHING**

**Before use:**

- Determine that the clothing material is correct for the specified task at hand.
- Visually inspect for:
  - Imperfect seams
  - non-uniform coatings
  - tears
  - malfunctioning closures
- Hold up to light and check for pinholes.
- Flex product:
  - observe for cracks
  - observe for other signs of shelf deterioration
- If the product has been used previously, inspect inside and out for signs of chemical attack:
  - discoloration
  - swelling
  - stiffness

**During the work task, periodically inspect for:**

- Evidence of chemical attack such as discoloration, swelling, stiffening, and softening. Keep in mind, however, that chemical permeation can occur without any visible effects.
- Closure failure.
- Tears.
- Puncture.
- Seam discontinuities.

**GLOVES**

- **BEFORE USE**, pressurize glove to check for pinholds. Either blow into glove, then roll gauntlet towards fingers or inflate glove and hold under water. In either case, no air should escape.

**FULLY-ENCAPSULATING SUITS**

**Before use:**

- Check the operation of pressure relief valves.
- Inspect the fitting of wrists, ankles, and neck
- Check faceshield, if so equipped, for:
  - cracks
  - crazing
  - fogginess

## RESPIRATORS

### SCBA

- Inspect SCBAs:
  - before and after each use
  - at least monthly when in storage
  - every time they are cleaned
- Check all connections for tightness.
- Check material conditions for:
  - signs of pliability
  - signs of deterioration
  - signs of distortion
- Check for proper setting and operation of regulators and valves (according to manufacturers' recommendations).
- Check operation of alarm(s).
- Check faceshields and lenses for:
  - cracks
  - crazing
  - fogginess

### Supplied-Air Respirators

- Inspect SARs:
  - daily when in use
  - at least monthly when in storage
  - every time they are cleaned
- Inspect air lines prior to each use for cracks, kinks, cuts, frays, and weak areas.
- Check for proper setting and operation of regulators and valves (according to manufacturers' recommendations).
- Check all connections for tightness.
- Check material conditions for:
  - signs of pliability
  - signs of deterioration
  - signs of distortion
- Check faceshields and lenses for:
  - cracks
  - crazing
  - fogginess

### Air-Purifying Respirators

- Inspect air-purifying respirators:
  - before each use to be sure they have been adequately cleaned
  - after each use
  - during cleaning
  - monthly if in storage for emergency use
- Check material conditions for:
  - signs of pliability
  - signs of deterioration
  - signs of distortion
- Examine cartridges or canisters to ensure that:
  - they are the proper type for the intended use
  - the expiration date has not been passed
  - they have not been opened or used previously
- Check faceshields and lenses for:
  - cracks
  - crazing and fogginess

## Storage

Clothing and respirators must be stored properly to prevent damage or malfunction due to exposure to dust, moisture, sunlight, damaging chemicals, extreme temperatures, and impact. Procedures must be specified for both pre-issuance warehousing and, more importantly, postissuance (in-use) storage. Many equipment failures can be directly attributed to improper storage.

### **Clothing:**

- Potentially contaminated clothing should be stored in an area separate from street clothing.
- Potentially contaminated clothing should be stored in a well-ventilated area, with good air flow around each item, if possible.
- Different types and materials of clothing and gloves should be stored separately to prevent issuing the wrong material by mistake.
- Protective clothing should be folded or hung in accordance with manufacturers' recommendations.

### **Respirators:**

- SCBAs, supplied-air respirators, and air-purifying respirators should be dismantled, washed, and disinfected after each use.
- SCBAs should be stored in storage chests supplied by the manufacturer. Air-purifying respirators should be stored individually in their original cartons or carrying cases, or in heat-sealed or resealable plastic bags.

## Maintenance

The technical depth of maintenance procedures vary. Manufacturers frequently restrict the sale of certain PPE parts to individuals or groups who are specially trained, equipped, and "authorized" by the manufacturer to purchase them.

Explicit procedures should be adopted to ensure that the appropriate level of maintenance is performed only by individuals having this specialized training and equipment. The following classification scheme is often used to divide maintenance into three levels:

- Level 1: User or wearer maintenance, requiring a few common tools or no tools at all.
- Level 2: Shop maintenance that can be performed by the employer's maintenance shop.
- Level 3: Specialized maintenance that can be performed only by the factory or an authorized repair person.

## Heat Stress and Other Physiological Factors

Wearing PPE puts a hazardous waste worker at considerable risk of developing heat stress. This can result in health effects ranging from transient heat fatigue to serious illness or death. Heat stress is caused by a number of interacting factors, including environmental conditions, clothing, workload, and the individual characteristics of the worker. Because heat stress is probably one of the most common (and potentially serious) illnesses at hazardous waste sites, regular monitoring and other preventive precautions are vital.

Individuals vary in their susceptibility to heat stress. Factors that may predispose someone to heat stress include:

- Lack of physical fitness.
- Lack of acclimatization.
- Age.
- Dehydration.
- Obesity.
- Alcohol and drug use.
- Infection.
- Sunburn.
- Diarrhea.
- Chronic disease.

Reduced work tolerance and the increased risk of excessive heat stress is directly influenced by the amount and type of PPE worn. PPE adds weight and bulk, severely reduces the body's access to normal heat exchange mechanisms (evaporation, convection, and radiation), and increases energy expenditure. Therefore, when selecting PPE, each item's benefit should be carefully evaluated in relation to its potential for increasing the risk of heat stress. Once PPE is selected, the safe duration of work/rest periods should be determined based on the:

- Anticipated work rate.
- Ambient temperature and other environmental factors.
- Type of protective ensemble.
- Individual worker characteristics and fitness.

## Monitoring

Because the incidence of heat stress depends on a variety of factors, all workers, even those not wearing protective equipment, should be monitored.

- For workers wearing permeable clothing (e.g., standard cotton or synthetic work clothes), follow recommendations for monitoring requirements and suggested work/rest schedules in the current American Conference of Governmental Industrial Hygienists' (ACGIH) Threshold Limit Values for Heat Stress [11]. If the actual clothing worn differs from the ACGIH standard ensemble in insulation value and/or wind and vapor permeability, change the monitoring requirements and work/rest schedules accordingly [12].
- For workers wearing semi-permeable or impermeable<sup>1</sup> encapsulating ensembles, the ACGIH standard cannot be used. For these situations, workers should be monitored when the temperature in the work area is above 70°F (21°C) [6].

To monitor the worker, measure:

- Heart rate. Count the radial pulse during a 30-second period as early as possible in the rest period.
  - If the heart rate exceeds 110 beats per minute at the beginning of the rest period, shorten the next work cycle by one-third and keep the rest period the same.
  - If the heart rate still exceeds 110 beats per minute at the next rest period, shorten the following work cycle by one-third [12].
- Oral temperature. Use a clinical thermometer (3 minutes under the tongue) or similar device to measure the oral temperature at the end of the work period (before drinking).

---

<sup>1</sup> Although no protective ensemble is "completely" impermeable, for practical purposes an outfit may be considered impermeable when calculating heat stress risk

- If oral temperature exceeds 99.6°F (37.6°C), shorten the next work cycle by one-third without changing the rest period.
- If oral temperature still exceeds 99.6°F (37.6°C) at the beginning of the next rest period, shorten the following work cycle by one-third [12].
- Do *not* permit a worker to wear a semi-permeable or impermeable garment when his/her oral temperature exceeds 100.6 °F (38.1 °C)[12].
- Body water loss, if possible. Measure weight on a scale accurate to ±0.25 lb at the beginning and end of each work day to see if enough fluids are being taken to prevent dehydration. Weights should be taken while the employee wears similar clothing or, ideally, is nude. The body water loss should not exceed 1.5 percent total body weight loss in a work day [12].

Initially, the frequency of physiological monitoring depends on the air temperature adjusted for solar radiation and the level of physical work (see Table 8-10). The length of the work cycle will be governed by the frequency of the required physiological monitoring.

**Table 8-10. Suggested Frequency of Physiological Monitoring for Fit and Acclimatized Workers<sup>a</sup>**

ADJUSTED TEMPERATURE <sup>b</sup>	NORMAL WORK ENSEMBLE <sup>c</sup>	IMPERMEABLE ENSEMBLE
90°F (32.2°C) or above	After each 45 minutes of work	After each 15 minutes of work
87.5°-90°F (30.8°-32.2°C)	After each 60 minutes of work	After each 30 minutes of work
82.5°-87.5°F (28.1°-30.8°C)	After each 90 minutes of work	After each 60 minutes of work
77.5°-82.5°F (25.3°-28.1°C)	After each 120 minutes of work	After each 90 minutes of work
72.5°-77.5°F (22.5°-25.3°)	After each 150 minutes of work	After each 120 minutes of work

Source: Reference [13].

<sup>a</sup>For work levels of 250 kilocalories/hour.

<sup>b</sup>Calculate the adjusted air temperature (ta adj) by using this equation:  $ta\ adj\ ^\circ F = ta\ ^\circ F + (13 \times \% \text{ sunshine})$ . Measure the air temperature (ta) with a standard mercury-in-glass thermometer, with the bulb shielded from radiant heat. Estimate the percent sunshine by judging what percent time the sun is not covered by clouds that are thick enough to produce a shadow. (100 percent sunshine = no cloud cover and a sharp, distinct shadow; 0 percent sunshine = no shadows.)

<sup>c</sup>A normal work ensemble consists of cotton coveralls or other cotton clothing with long sleeves and pants.

## Prevention

Proper training and preventive measures will help avert serious illness and loss of work productivity. Preventing heat stress is particularly important because once someone suffers from heat stroke or heat exhaustion, that person may be predisposed to additional heat injuries. To avoid heat stress, management should take the following steps:

- Adjust work schedules:
  - Modify work/rest schedules according to monitoring requirements.
  - Mandate work slowdowns as needed.

- Rotate personnel: alternate job functions to minimize overstress or overexertion at one task.
- Add additional personnel to work teams.
- Perform work during cooler hours of the day if possible or at night if adequate lighting can be provided.
- Provide shelter (air-conditioned, if possible) or shaded areas to protect personnel during rest periods.
- Maintain workers' body fluids at normal levels. This is necessary to ensure that the cardiovascular system functions adequately. Daily fluid intake must approximately equal the amount of water lost in sweat, i.e., 8 fluid ounces (0.23 liters) of water must be ingested for approximately every 8 ounces (0.23 kg) of weight lost. The normal thirst mechanism is not sensitive enough to ensure that enough water will be drunk to replace lost sweat [141]. When heavy sweating occurs, encourage the worker to drink more. The following strategies may be useful:
  - Maintain water temperature at 50° to 60 °F (10° to 15.6°C).
  - Provide small disposable cups that hold about 4 ounces (0.1 liter).
  - Have workers drink 16 ounces (0.5 liters) of fluid (preferably water or dilute drinks) before beginning work.
  - Urge workers to drink a cup or two every 15 to 20 minutes, or at each monitoring break. A total of 1 to 1.6 gallons (4 to 6 liters) of fluid per day are recommended, but more may be necessary to maintain body weight.
  - Weigh workers before and after work to determine if fluid replacement is adequate.
- Encourage workers to maintain an optimal level of physical fitness:
  - Where indicated, acclimatize workers to site work conditions: temperature, protective clothing, and workload (see Level of Acclimatization at the end of this chapter).
  - Urge workers to maintain normal weight levels.
- Provide cooling devices to aid natural body heat exchange during prolonged work or severe heat exposure. Cooling devices include:
  - Field showers or hose-down areas to reduce body temperature and/or to cool off protective clothing.
  - Cooling jackets, vests, or suits (see Table 8-5 for details).
- Train workers to recognize and treat heat stress. As part of training, identify the signs and symptoms of heat stress (see Table 8-11).

## Other Factors

PPE decreases worker performance as compared to an unequipped individual. The magnitude of this effect varies considerably, depending on both the individual and the PPE ensemble used. This section discusses the demonstrated physiological responses to PPE, the individual human characteristics that play a factor in these responses, and some of the precautionary and training measures that need to be taken to avoid PPE-induced injury.

The physiological factors may affect worker ability to function using PPE include:

- Physical condition.
- Level of acclimatization.
- Age.
- Gender.
- Weight.

**Table 8-11. Signs and Symptoms of Heat Stress<sup>a</sup>**

- **Heat rash** may result from continuous exposure to heat or humid air.
- **Heat cramps** are caused by heavy sweating with inadequate electrolyte replacement. Signs and symptoms include:
  - Muscle spasms
  - pain in the hands, feet, and abdomen
- **Heat exhaustion** occurs from increased stress on various body organs including inadequate blood circulation due to cardiovascular insufficiency or dehydration. Signs and symptoms include:
  - Pale, cool, moist skin
  - Heavy sweating
  - Dizziness
  - Nausea
  - Fainting
- **Heat stroke** is the most serious form of heat stress. Temperature regulation fails and the body temperature rises to critical levels. Immediate action must be taken to cool the body before serious injury and death occur. Competent medical help must be obtained. Signs and symptoms are:
  - Red, hot, usually dry skin
  - Lack of or reduced perspiration
  - Nausea, dizziness and confusion
  - Strong, rapid pulse, and coma

<sup>a</sup>Source: Reference [6].

### **Physical Condition**

Physical fitness is a major factor influencing a person's ability to perform work under heat stress. The more fit someone is, the more work they can safely perform. At a given level of work, a fit person, relative to an unfit person, will have [5,8,15,16]:

- Less physiological strain.
- A lower heart rate.
- A lower body temperature, which indicates less retained body heat (a rise in internal temperature precipitates heat injury).
- A more efficient sweating mechanism.
- Slightly lower oxygen consumption.
- Slightly lower carbon dioxide production.

### **Level of Acclimatization**

The degree to which a worker's body has physiologically adjusted or acclimatized to working under hot conditions affects his or her ability to do work. Acclimatized individuals generally have lower heart rates and body temperatures than unacclimatized individuals [17], and sweat sooner and more profusely. This enables them to maintain lower skin and body temperatures at a given level of environmental heat and work loads than unacclimatized workers [18]. Sweat composition also becomes more dilute with acclimatization, which reduces salt loss [8].

Acclimatization can occur after just a few days of exposure to a hot environment [15,16]. NIOSH recommends a progressive 6-day acclimatization period for the unacclimatized worker before allowing him/her to do full work on a hot job [16]. Under this regimen, the first day of work on site

is begun using only 50 percent of the anticipated workload and exposure time, and 10 percent is added each day through day 6 [16]. With fit or trained individuals, the acclimatization period may be shortened 2 or 3 days. However, workers can lose acclimatization in a matter of days, and work regimens should be adjusted to account for this.

When enclosed in an impermeable suit, fit acclimatized individuals sweat more profusely than unfit or unacclimatized individuals and may therefore actually face a greater danger of heat exhaustion due to rapid dehydration. This can be prevented by consuming adequate quantities of water. See previous section on *Prevention* for additional information.

## **Age**

Generally, maximum work capacity declines with increasing age, but this is not always the case. Active, well-conditioned seniors often have performance capabilities equal to or greater than young sedentary individuals. However, there is some evidence, indicated by lower sweat rates and higher body core temperatures, that older individuals are less effective in compensating for a given level of environmental heat and work loads [19]. At moderate thermal loads, however, the physiological responses of "young" and "old" are similar and performance is not affected [19].

Age should not be the sole criterion for judging whether or not an individual should be subjected to moderate heat stress. Fitness level is a more important factor.

## **Gender**

The literature indicates that females tolerate heat stress at least as well as their male counterparts [20]. Generally, a female's work capacity averages 10 to 30 percent less than that of a male [8]. The primary reasons for this are the greater oxygen-carrying capacity and the stronger heart in the male [15]. However, a similar situation exists as with aging: not all males have greater work capacities than all females.

## **Weight**

The ability of a body to dissipate heat depends on the ratio of its surface area to its mass (surface area/weight). Heat loss (dissipation) is a function of surface area and heat production is dependent on mass. Therefore, heat balance is described by the ratio of the two.

Since overweight individuals (those with a low ratio) produce more heat per unit of surface area than thin individuals (those with a high ratio), overweight individuals should be given special consideration in heat stress situations. However, when wearing impermeable clothing, the weight of an individual is not a critical factor in determining the ability to dissipate excess heat.

## **References**

1. NIOSH. 1985. Certified Equipment List as of October 1, 1984. DHHS (NIOSH) No. 85-101. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH. Updated annually.
2. Moyer, E.S. 1983. Review of influential factors affecting the performance of organic vapor airpurifying respirator cartridges. J. Am. Ind. Hyg. Assoc. 44:46-51.
3. MSHA/NIOSH. Canister bench tests; minimum requirements. 30 CFR Part 11.102-5.

4. Schwope, A.D.; Costas, P.R; Jackson, J.O.; and D.J. Weitzman. 1985. Guidelines for the Selection of Chemical-Protective Clothing, Second Edition. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc. 6500 Lynnway Avenue, Building D-7, Cincinnati, OH 45211.
5. Goldman, R.F. 1970. Tactical Implications of the Physiological Stress Imposed by Chemical Protective Clothing Systems. Army Science Conference, Natick, MA.
6. U.S. EPA. 1984. Standard Operating Safety Guides. Office of Emergency and Remedial Response, Hazardous Response Support Division, Edison, NJ. November, 1984.
7. Home Office. 1974. Breathing Apparatus and Resuscitation. Book IV of Manual of Firemanship. London, England.
8. McArdle, W.D.; Katch, F.I.; and V.L. Katch. 1981. Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance. Lea and Febiger, Philadelphia, PA.
9. U.S. EPA, Office of Emergency and Remedial Response, Hazardous Response Support Division. 1985. Field Standard Operating Procedures for Site Entry, FSOP #4.
10. NIOSH. 1976. A Guide to Industrial Respiratory Protection. NIOSH (DHEW) 76-189. Cincinnati, OH.
11. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 1985. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workplace Environment and Biological Exposure Indices with Intended Changes for 1985-86. Cincinnati, OH.
12. NIOSH. 1981. Chemical Control Corporation, Elizabeth New Jersey. Hazard Evaluation Report. TA-80-77-853.
13. Henschel, A. 1985. Memorandum to Sheldon Rabinovitz from Austin Henschel, NIOSH, Cincinnati, OH. June 20, 1985.
14. Goldman, R.F. 1983. Heat Stress in Industrial Protective Encapsulating Garments. Contract deliverable to U.S. Department of Health and Human Services, Order No. 83-211.
15. Dukes-Dubos, F.N. and A. Henschel, eds. 1980. Proceedings of a NIOSH Workshop on Recommended Heat Stress Standards. U.S. Department of Health and Human Services, Cincinnati, OH. p. 153.
16. Ramsey, J.D. 1976. NIOSH, Standards Advisory Committee on Heat Stress-Recommended Standard for Work in Hot Environments. Appendix C in Standards for Occupational Exposure to Hot Environments, proceedings of symposium, Cincinnati, OH.
17. Astrand, I.; Axelson, O.; Eriksson, U.; and L. Olander. 1975. Heat stress in occupational work. *Ambio* 4:37-42.
18. Eichna, L.W.; Park, C.R.; Nelson, N.; Horvath, S.M.; and E.D. Palmes. 1950. Thermal regulation during acclimatization in a hot, dry (desert type) environment. *Am. J. Physiol.* 163:585-597.
19. Lind, A.R.; Humphreys, P.W.; Collins, K.J.; Foster, K.; and K.F. Sweetland. 1970. Influence of age and daily duration of exposure on responses of men to work in heat. *J. Appl. Physiol.* 28:50-56.
20. Shapiro, Y.; Pandolf, K.B.; Avellini, B.A.; Pimental, N.A.; and R.F. Goldman. 1981. Heat balance and heat transfer in men and women exercising in hot-dry and hot-wet conditions. *Ergonomics* 24:375-386.

## 9. Site Control

### Contents

Introduction	9-1
Site Map	9-2
Site Preparation	9-2
Site Work Zones	9-2
Exclusion Zone	9-3
Contamination Reduction Zone	9-4
Support Zone	9-6
The Buddy System	9-8
Site Security	9-8
Communication Systems	9-9
Safe Work Practices	9-10
References	9-12

### Introduction

The purpose of site control is to minimize potential contamination of workers, protect the public from the site's hazards, and prevent vandalism. Site control is especially important in emergency situations. This chapter describes the basic components of a program to control the activities and movements of people and equipment at a hazardous waste site.

Several site control procedures can be implemented to reduce worker and public exposure to chemical, physical, biologic, and safety hazards:

- Compile a site map.
- Prepare the site for subsequent activities.
- Establish work zones.
- Use the buddy system when necessary.
- Establish and strictly enforce decontamination procedures for both personnel and equipment (see Chapter 10, *Decontamination*).
- Establish site security measures.
- Set up communication networks.
- Enforce safe work practices.

This chapter, based on EPA's *Standard Operating Safety Guides* [1], discusses general aspects of these eight control measures.

The degree of site control necessary depends on site characteristics, site size, and the surrounding community. The site control program should be established in the planning stages of a project and modified based on new information and site assessments (see Chapter 6, *Site Characterization*). The appropriate sequence for implementing these measures should be determined on a site specific basis. In many cases, it will be necessary to implement several measures simultaneously.

## Site Map

A site map showing topographic features, prevailing wind direction, drainage, and the location of buildings, containers, impoundments, pits, ponds, and tanks is helpful in:

- Planning activities.
- Assigning personnel.
- Identifying access routes, evacuation routes, and problem areas.
- Identifying areas of the site that require use of personal protective equipment.
- Supplementing the daily safety and health briefings of the field teams.

The map should be prepared prior to site entry and updated throughout the course of site operations to reflect:

- Accidents.
- Changes in site activities.
- Emergencies.
- Hazards not previously identified.
- New materials introduced on site.
- Vandalism.
- Weather conditions.

Overlays can be used to help portray information without cluttering the map.

## Site Preparation

Time and effort must be spent in preparing a site for the cleanup activity to ensure that response operations go smoothly and that worker safety is protected. Site preparation can be as hazardous as site cleanup. Therefore, safety measures should be afforded the same level of care at this stage as during actual cleanup. Table 9-1 presents the major steps in site preparation prior to any cleanup activities.

## Site Work Zones

To reduce the accidental spread of hazardous substances by workers from the contaminated area to the clean area, zones should be delineated on the site where different types of operations will occur, and the flow of personnel among the zones should be controlled. The establishment of work zones will help ensure that: personnel are properly protected against the hazards present where they are working, work activities and contamination are confined to the appropriate areas, and personnel can be located and evacuated in an emergency.

Hazardous waste sites should be divided into as many different zones as needed to meet operational and safety objectives. For illustration, this manual describes three frequently used zones:

- *Exclusion Zone*, the contaminated area.
- *Contamination Reduction Zone (CRZ)*, the area where decontamination takes place.
- *Support Zone*, the uncontaminated area where workers should not be exposed to hazardous conditions.

Delineation of these three zones should be based on sampling and monitoring results and on an evaluation of potential routes and amount of contaminant dispersion in the event of a release. Movement

of personnel and equipment among these zones should be minimized and restricted to specific Access Control Points to prevent cross-contamination from contaminated areas to clean areas. A schematic representation of the layout of work zones is given in Figure 9-1.

**Table 9-1. Site Preparation**

- Construct roadways to provide ease of access and a sound roadbed for heavy equipment and vehicles.
- Arrange traffic flow patterns to ensure safe and efficient operations.
- Eliminate physical hazards from the work area as much as possible, including:
  - ignition sources in flammable hazard areas.
  - exposed or ungrounded electrical wiring, and low overhead wiring that may entangle equipment.
  - sharp or protruding edges, such as glass, nails, and torn metal, which can puncture protective clothing and equipment and inflict puncture wounds.
  - debris, holes, loose steps or flooring, protruding objects, slippery surfaces, or unsecured railings, which can cause falls, slips, and trips.
  - unsecured objects, such as bricks and gas cylinders, near the edges of elevated surfaces, such as catwalks, roof tops, and scaffolding, which may dislodge and fall on workers.
  - debris and weeds that obstruct visibility.
- Install skid-resistant strips and other anti-skid devices on slippery surfaces.
- Construct operation pads for mobile facilities and temporary structures.
- Construct loading docks, processing and staging areas, and decontamination pads.
- Provide adequate illumination for work activities. Equip temporary lights with guards to prevent accidental contact.
- Install all wiring and electrical equipment in accordance with the National Electric Code.

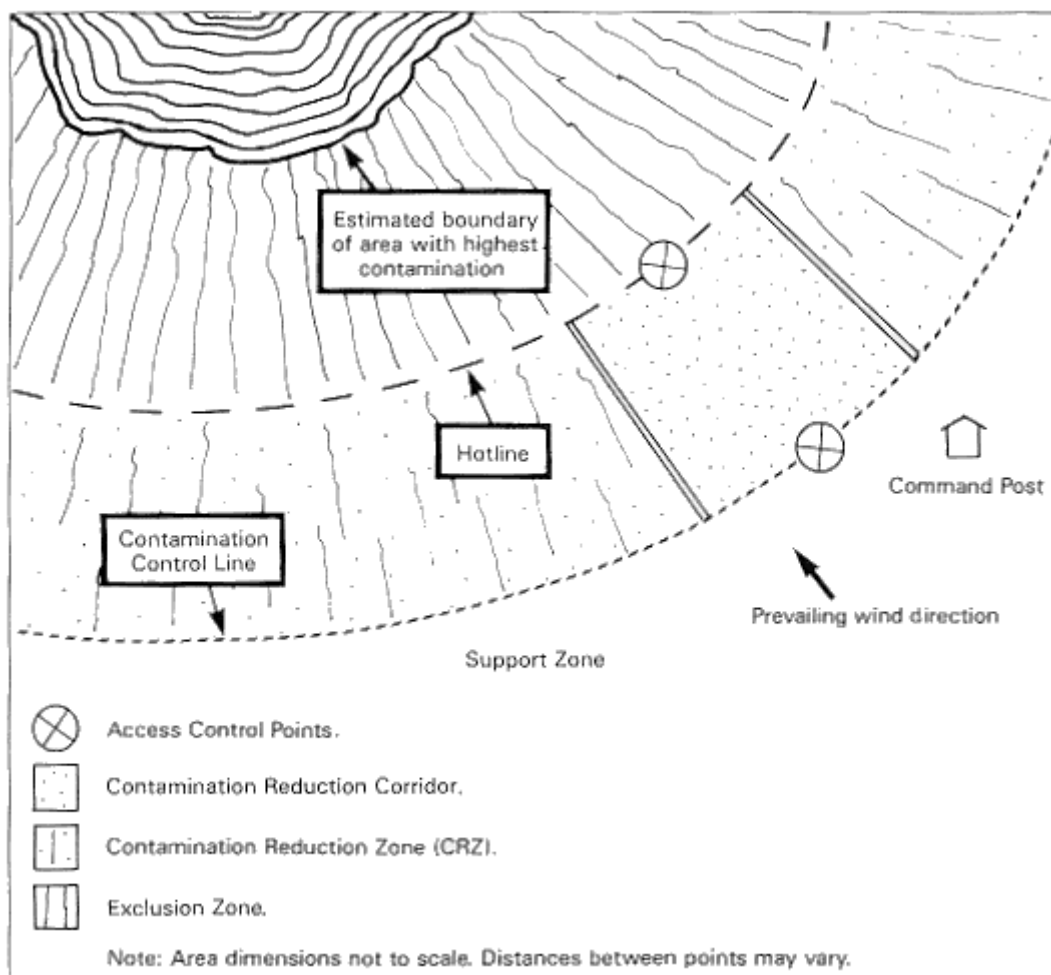
## **Exclusion Zone**

The Exclusion Zone is the area where contamination does or could occur. The primary activities performed in the Exclusion Zone are:

- Site characterization, such as mapping, photographing, and sampling.
  - Installation of wells for groundwater monitoring.
- Cleanup work, such as drum movement, drum staging, and materials bulking.

The outer boundary of the Exclusion Zone, called the Hotline, should be established according to the criteria listed in Table 9-2. It should be clearly marked by lines, placards, hazard tape and/or signs; or enclosed by physical barriers, such as chains, fences, or ropes. Access Control Points should be established at the periphery of the Exclusion Zone to regulate the flow of personnel and equipment into and out of the zone and to help verify that proper procedures for entering and exiting are followed. If feasible, separate entrances and exits should be established to separate personnel and equipment movement into and out of the Exclusion Zone.

The Exclusion Zone can be subdivided into different areas of contamination based on the known or expected type and degree of hazard or on the incompatibility of waste streams. This allows more flexibility in safety requirements, operations, decontamination procedures, and use of resources.



**Figure 9-1.** Site Work Zones. (Note that decontamination facilities are located in the Contamination Reduction Zone.)

The personnel working in the Exclusion Zone may include the Field Team Leader, the work parties, and specialized personnel such as heavy equipment operators. All personnel within the Exclusion Zone should wear the level of protection required by the Site Safety Plan. Within the zone, different levels of protection may be justified based on the degree of hazard presented. The level of personal protection required in each subarea (see Chapter 8, *Personal Protective Equipment*) should be specified and marked.

The required level of protection in the Exclusion Zone varies according to job assignment. For example, a worker who collects samples from open containers might require Level B protection, while one that performs walk-through ambient air monitoring might only need Level C protection. When appropriate, different levels of protection within the Exclusion Zone should be assigned to promote a more flexible, effective, and less costly operation, while still maintaining a high degree of safety.

## Contamination Reduction Zone

The Contamination Reduction Zone (CRZ) is the transition area between the contaminated area and the clean area. This zone is designed to reduce the probability that the clean Support Zone will become contaminated or affected by other site hazards. The distance between the Exclusion and Support Zones provided by the CRZ, together with decontamination of workers and equipment, limits the physical

transfer of hazardous substances into clean areas. The boundary between the CRZ and the Exclusion Zone is called the Hotline. The degree of contamination in the CRZ decreases as one moves from the Hotline to the Support Zone, due both to the distance and the decontamination procedures.

Decontamination procedures take place in a designated area within the CRZ called the Contamination Reduction Corridor (CRC). They begin at the Hotline. At least two lines of decontamination stations should be set up within the CRC: one for personnel and one for heavy equipment. A large operation may require more than two lines. Access into and out of the CRZ from the Exclusion Zone is through Access Control Points: one each for personnel and equipment entrance, one each for personnel and equipment exit, if feasible.

**Table 9-2. Establishing the Hotline**

- Visually survey the immediate site environs.
- Determine the locations of:
  - hazardous substances
  - drainage, leachate, and spilled material
  - visible discolorations
- Evaluate data from the initial site survey indicating the presence of:
  - combustible gases
  - organic and inorganic gases, particulates, or vapors
  - ionizing radiation
- Evaluate the results of soil and water sampling.
- Consider the distances needed to prevent an explosion or fire from affecting personnel outside the Exclusion Zone.
- Consider the physical area necessary for site operations.
- Consider meteorological conditions and the potential for contaminants to be blown from the area.
- Secure or mark the Hotline.
- Modify its location, if necessary, as more information becomes available.

The boundary between the Support Zone and the CRZ, called the Contamination Control Line, separates the possibly low contamination area from the clean Support Zone. Access to the CRZ from the Support Zone is through two Access Control Points if feasible: one each for personnel and equipment. Personnel entering the CRZ should be required to wear the personal protective clothing and equipment prescribed for working in the CRZ. To reenter the Support Zone, workers should remove any protective clothing and equipment worn in the CRZ, and leave through the personnel exit Access Control Point.

The personnel stationed in the CRZ are usually the Site Safety Officer, a Personnel Decontamination Station (PDS) Operator, and the emergency response personnel. Additional personnel may assist the PDS Operator by conducting abbreviated decontamination procedures for sample containers.

The CRZ must be well designed to facilitate:

- Decontamination of equipment, PDS operators, personnel, and samples.
- Emergency response: transport for injured personnel (safety harness, stretcher), first-aid equipment (such as bandages, blankets, eye wash, splints, and water), containment equipment (absorbent, fire extinguisher).
- Equipment resupply: air tank changes, personal protective clothing and equipment (such as booties and gloves), sampling equipment (such as bottles and glass rods), and tools.
- Sample packaging and preparation for onsite or offsite laboratories.
- Worker temporary rest area: toilet facilities, bench, chair, liquids, and shade. Water and other potable liquids should be clearly marked and stored properly to ensure that all glasses and cups

are clean. Wash facilities should be located near drinking facilities to allow employees to wash before drinking. Drinking, washing, and toilet facilities should be located in a safe area where protective clothing can be removed. Facilities should be cleaned and inspected regularly. Appropriate protective measures should be taken by maintenance workers.

- Drainage of water and other liquids that are used during decontamination.

Personnel within the CRZ should be required to maintain internal communications, line-of-sight contact with work parties, work party monitoring (e.g., for air time left, fatigue, heat stress, hypothermia), and site security.

## **Support Zone**

The Support Zone is the location of the administrative and other support functions needed to keep the operations in the Exclusion and Contamination Reduction Zones running smoothly. Any function that need not or cannot be performed in a hazardous or potentially hazardous area is performed here. The Command Post Supervisor should be present in the Support Zone. Other personnel present will depend on the functions being performed, and may include the Project Team Leader and field team members who are preparing to enter or who have returned from the Exclusion Zone.

Personnel may wear normal work clothes within this zone. Any potentially contaminated clothing, equipment, and samples must remain in the CRZ until decontaminated.

Support Zone personnel are responsible for alerting the proper agency in the event of an emergency. All emergency telephone numbers, change for the telephone (if necessary), evacuation route maps, and vehicle keys should be kept in the Support Zone.

Support facilities, listed in Table 9-3, are located in the Support Zone. To place these facilities, consider factors such as:

- Accessibility. Topography, open space available, locations of highways and railroad tracks, ease of access for emergency vehicles.
- Resources. Adequate roads, power lines, telephones, shelter, and water.
- Visibility. Line-of-sight to all activities in the Exclusion Zone.
- Wind direction. Upwind of the Exclusion Zone, if possible.
- Distance. As far from the Exclusion Zone as practicable.

**Table 9-3. Support Zone Activities**

FACILITY	FUNCTION
<b>Command Post</b>	<p>Supervision of all field operations and field teams.</p> <p>Maintenance of communications, including emergency lines of communication.</p> <p>Recordkeeping, including:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- accident reports</li> <li>- chain-of-custody records</li> <li>- daily logbooks</li> <li>- manifest directories and orders</li> <li>- medical records</li> <li>- personnel training records</li> <li>- site inventories</li> <li>- site safety map</li> <li>- up-to-date Site Safety Plans</li> </ul> <p>Providing access to up-to-date safety and health manuals and other reference materials.</p> <p>Interfacing with the public: government agencies, local politicians, medical personnel, the media, and other interested parties.</p> <p>Monitoring work schedules and weather changes.</p> <p>Maintaining site security.</p> <p>Sanitary facilities.</p>
<b>Medical Station</b>	<p>First-aid administration.</p> <p>Medical emergency response.</p> <p>Medical monitoring activities.</p> <p>Sanitary facilities.</p>
<b>Equipment and Supply Centers</b>	<p>Supply, maintenance, and repair of communications, respiratory, and sampling equipment.</p> <p>Maintenance and repair of vehicles.</p> <p>Replacement of expendable supplies.</p> <p>Storage of monitoring equipment and supplies. Storage may be here or in an onsite field laboratory.</p>
<b>Administration</b>	<p>Sample shipment..</p> <p>Interface with home office.</p> <p>Maintenance of emergency telephone numbers, evacuation route maps, and vehicle keys.</p> <p>Coordination with transporters, disposal sites, and appropriate federal, state, and local regulatory agencies.</p>
<b>Field Laboratory</b>	<p>Coordination and processing of environmental and hazardous waste samples. Copies of the sampling plans and procedures should be available for quick reference in the laboratory.</p> <p>Packaging of materials for analysis following the decontamination of the outsides of the sample containers which should be done in the CRZ. This packaging can also be done in ad designated location in the CRZ. Shipping papers and chain-of-custody files should be kept in the Command Post..</p> <p>Maintenance and storage of laboratory notebooks in designated locations in the laboratory while in use, and in the Command Post when not in use.</p>

## The Buddy System

Most activities in contaminated or otherwise hazardous areas should be conducted with a buddy who is able to:

- Provide his or her partner with assistance.
- Observe his or her partner for signs of chemical or heat exposure.
- Periodically check the integrity of his or her partner's protective clothing.
- Notify the Command Post Supervisor or others if emergency help is needed.

The Access Control Point for personnel entrance to the Exclusion Zone is a convenient location for enforcing the buddy system for two reasons: enforcement is the responsibility of the Project Team Leader, who is stationed in the CRZ, and all personnel who enter the contaminated area must pass through the control point.

The buddy system alone may not be sufficient to ensure that help will be provided in an emergency. At all times, workers in the Exclusion Zone should be in line-of-sight contact or communications contact with the Command Post Supervisor or backup person in the Support Zone.

## Site Security

Site security is necessary to:

- Prevent the exposure of unauthorized, unprotected people to site hazards.
- Avoid the increased hazards from vandals or persons seeking to abandon other wastes on the site.
- Prevent theft.
- Avoid interference with safe working procedures.

To maintain site security during working hours:

- Maintain security in the Support Zone and at Access Control Points.
- Establish an identification system to identify authorized persons and limitations to their approved activities.
- Assign responsibility for enforcing authority for entry and exit requirements.
- Erect a fence or other physical barrier around the site.
- If the site is not fenced, post signs around the perimeter and use guards to patrol the perimeter. Guards must be fully apprised of the hazards involved and trained in emergency procedures.



Warning signs and fences help to prevent exposure of unauthorized and unprotected people to site hazards.

Have the Project Team Leader approve all visitors to the site. Make sure they have a valid purpose for entering the site. Have trained site personnel accompany visitors at all times and provide them with the appropriate protective equipment. To maintain site security during off-duty hours:

- If possible, assign trained, in-house technicians for site surveillance. They will be familiar with the site, the nature of the work, the site's hazards, and respiratory protection techniques.

- If necessary, use security guards to patrol the site boundary. Such personnel may be less expensive than trained technicians, but will be more difficult to train in safety procedures and will be less confident in reacting to problems around hazardous substances.
- Enlist public enforcement agencies, such as the local police department, if the site presents a significant risk to local health and safety.
- Secure the equipment.

## Communication Systems

Two sets of communication systems should be established: internal communication among personnel on site, and external communication between onsite and offsite personnel.

Internal communication is used to:

- Alert team members to emergencies.
- Pass along safety information, such as the amount of air time left before the next rest period, air change, heat stress check, etc.
- Communicate changes in the work to be accomplished.
- Maintain site control.

Verbal communication at a site can be impeded by onsite background noise and the use of personal protective equipment. For example, speech transmission through a respirator can be poor, and hearing can be impaired by protective hoods and respirator air flow. For effective communication, commands must be pre-arranged. In addition, audio or visual cues can help convey the message. The most important thing is that signals are agreed to in advance.

Table 9-4 lists common internal communication devices. Both a primary and backup system are necessary. A set of signals should be established for use only during emergencies (see Table 12-4 in Chapter 12 for examples).

Effective internal communication also requires the identification of individual workers so that commands can be addressed to the right worker. The worker's name should be marked on the suit and, for long-distance identification, color coding, numbers, or symbols can be added. Flags may be used to help locate personnel in areas where visibility is poor due to obstructions such as accumulated drums, equipment, and waste piles.

All communication devices used in a potentially explosive atmosphere must be intrinsically safe (see footnote in Table 9-4) and not capable of sparking, and should be checked daily to ensure that they are operating.

An external communication system between onsite and offsite personnel is necessary to:

- Coordinate emergency response.
- Report to management.
- Maintain contact with essential offsite personnel.

The primary means of external communication are telephone and radio. If telephone lines are not installed at a site, all team members should know the location of the nearest telephone, and the correct change and necessary telephone numbers should be readily available in the Support Zone.

**Table 9-4. Internal Communication Devices**

Radio<sup>a</sup>.

- Citizen's band
- FM

Noisemakers, including:

- Bell
- Compressed air horn
- Megaphone
- Siren
- Whistle

Visual signals, including:

- Flag
- Flares or smoke<sup>b</sup>
- Hand signals
- Lights
- Signal board
- Whole body movements

<sup>a</sup>All radios used in the Exclusion and Contamination Reduction Zones must be certified as intrinsically safe for the situation of intended use [2,3].

<sup>b</sup>Only from the Support Zone.

## Safe Work Practices

To maintain a strong safety awareness and enforce safe procedures at a site, a list of standing orders should be developed which state the practices that must always be followed and those that must never occur in the contaminated areas on site. Separate standing orders should be developed for the Contamination Reduction Zone and the Exclusion Zone if the hazards are sufficiently different. Sample standing orders are given in Table 9-5. To ensure that everyone who enters the site is aware of these orders and that a high degree of familiarity with their content is maintained, the list should be:

- Distributed to everyone who enters the site.
- Posted conspicuously at the Command Post.
- Posted conspicuously at the entrance Access Control Points into the Contamination Reduction Zone and/or the Exclusion Zone.
- Reviewed by the Field Team Leader or Project Team Leader with the field crew at the beginning of each workday. In this way, personnel are immediately informed of any new standing orders resulting from a change in site conditions or work activities.

In addition to the standing orders, a hazardous substance information form that lists the names and properties of chemicals present on site should be prepared and posted conspicuously. Employees should be briefed on the chemical information at the beginning of the project or whenever they first join the work team. Daily safety meetings should be held for all employees.

**Table 9-5. Sample Standing Orders**

**For Personnel Entering the Contamination Reduction Zone:**

- No smoking, eating, drinking, or application of cosmetics in this zone.
- No matches or lighters in this zone.
- Check in at the entrance Access Control Point before you enter this zone.
- Check out at the exit Access Control Point before you enter this zone.

**For Personnel Entering the Exclusion Zone:**

- No smoking, eating, drinking, or application of cosmetics in this zone.
- No matches or lighters in this zone.
- Check in at the entrance Access Control Point before you enter this zone.
- Check out at the exit Access Control Point before you enter this zone.
- Always have your buddy with you in this zone.
- Wear an SCBA in this zone.
- If you discover any signs of radioactivity, explosivity, or unusual conditions such as dead animals at the site, exit immediately and report this finding to your supervisor.

Working with tools and heavy equipment is a major hazard at sites. Injuries can result from equipment hitting or running over personnel, impacts from flying objects, burns from hot objects, and damage to protective equipment such as supplied-air respirator systems (see Chapter 8). The following precautions will help preclude injuries due to such hazards:

- Train personnel in proper operating procedures.
- Install adequate onsite roads, signs, lights, and devices.
- Install appropriate equipment guards and engineering controls on tools and equipment. These include rollover protective structures, seat belts, emergency shutoff in case of rollover, and backup warning lights and signals.
- Provide equipment such as cranes, derricks, and power shovels with signs saying "Unlawful to operate this equipment within 10 feet of all power lines."
- Use equipment and tools that are intrinsically safe (see footnote in Table 9-4) and not capable of sparking, and pneumatically and hydraulically driven equipment.
- Where portable electric tools and appliances can be used, (i.e., where there is no potential for flammable or explosive conditions), use three-wire grounded extension cords to prevent electric shocks.
- In hydraulic power tools, use fire-resistant fluid that is capable of retaining its operating characteristics at the most extreme temperatures.
- At the start of each workday, inspect brakes, hydraulic lines, light signals, fire extinguishers, fluid levels, steering, and splash protection.
- Keep all non-essential people out of the work area.
- Prohibit loose-fitting clothing or loose long hair around moving machinery.
- Keep cabs free of all non-essential items and secure all loose items.
- Do *not* exceed the rated load capacity of a vehicle.
- Instruct equipment operators to report to their supervisor(s) any abnormalities such as equipment failure, oozing liquids, unusual odors, etc.
- When an equipment operator must negotiate in tight quarters, provide a second person to ensure adequate clearance.
- Have a signalman direct backing as necessary.

- All onsite internal combustion engines should have spark arrestors that meet requirements for hazardous atmospheres. Refuel in safe areas. Do *not* fuel engines while vehicle is running. Prohibit ignition sources near a fuel area.
- Lower all blades and buckets to the ground and set parking brakes before shutting off the vehicle.
- Implement an ongoing maintenance program for all tools and equipment. Inspect all tools and moving equipment regularly to ensure that parts are secured and intact with no evidence of cracks or areas of weakness, that the equipment turns smoothly with no evidence of wobble, and that it is operating according to manufacturer's specifications. Promptly repair or replace any defective items. Keep maintenance and repair logs.
- Store tools in clean, secure areas so that they will not be damaged, lost, or stolen.
- Keep all heavy equipment that is used in the Exclusion Zone in that zone until the job is done. Completely decontaminate such equipment before moving it into the clean zone.

## References

1. U.S. EPA. 1984. Standard Operating Safety Guides. EPA Office of Emergency and Remedial Response, Hazardous Response Support Division, Edison, NJ.
2. National Fire Protection Association. National Electrical Code, Chapter 5. Articles 500-503. National Fire Codes, NFPA 70.
3. National Fire Protection Association. Manual for Classification of Gases, Vapors, and Dusts for Electrical Equipment in Hazardous Classified Locations. National Fire Codes, NFPA 497M.

## 10. Decontamination

### Contents

Introduction	10-1
Decontamination Plan	10-1
Prevention of Contamination	10-2
Types of Contamination	10-3
Decontamination Methods	10-3
Physical Removal	10-3
Chemical Removal	10-4
Testing for the Effectiveness of Decontamination	10-6
Visual Observation	10-6
Wipe Sampling	10-7
Cleaning Solution Analysis	10-7
Testing for Permeation	10-7
Health and Safety Hazards	10-7
Decontamination Facility Design	10-8
Decontamination Equipment Selection	10-9
Disposal Methods	10-11
Personal Protection	10-11
Emergency Decontamination	10-12
References	10-12

### Introduction

Decontamination - the process of removing or neutralizing contaminants that have accumulated on personnel and equipment - is critical to health and safety at hazardous waste sites.

Decontamination protects workers from hazardous substances that may contaminate and eventually permeate the protective clothing, respiratory equipment, tools, vehicles, and other equipment used on site; it protects all site personnel by minimizing the transfer of harmful materials into clean areas; it helps prevent mixing of incompatible chemicals; and it protects the community by preventing uncontrolled transportation of contaminants from the site.

This chapter describes the types of contamination that workers may encounter at a waste site, the factors that influence the extent of contamination, and methods for preventing or reducing contamination. In addition, this chapter provides general guidelines for designing and selecting decontamination procedures at a site, and it presents a decision aid for evaluating the health and safety aspects of decontamination methods. The chapter does not cover decontamination of radioactively contaminated personnel or equipment. A health physicist should be consulted if this situation arises.

### Decontamination Plan

A decontamination plan should be developed (as part of the Site Safety Plan) and set up before any personnel or equipment may enter areas where the potential for exposure to hazardous substances exists. The decontamination plan should:

- Determine the number and layout of decontamination stations.

- Determine the decontamination equipment needed.
- Determine appropriate decontamination methods.
- Establish procedures to prevent contamination of clean areas.
- Establish methods and procedures to minimize worker contact with contaminants during removal of personal protective clothing and equipment (PPE).
- Establish methods for disposing of clothing and equipment that are not completely decontaminated.

The plan should be revised whenever the type of personal protective clothing or equipment changes, the site conditions change, or the site hazards are reassessed based on new information.

## Prevention of Contamination

The first step in decontamination is to establish Standard Operating Procedures that minimize contact with waste and thus the potential for contamination. For example:

- Stress work practices that minimize contact with hazardous substances (e.g., do not walk through areas of obvious contamination, do not directly touch potentially hazardous substances).
- Use remote sampling, handling, and container opening techniques (e.g., drum grapplers, pneumatic impact wrenches).
- Protect monitoring and sampling instruments by bagging. Make openings in the bags for sample ports and sensors that must contact site materials.
- Wear disposable outer garments and use disposable equipment where appropriate.
- Cover equipment and tools with a strippable coating which can be removed during decontamination.
- Encase the source of contaminants, e.g., with plastic sheeting or overpacks.

In addition, Standard Operating Procedures should be established that maximize worker protection. For example, proper procedures for dressing prior to entering the Exclusion Zone will minimize the potential for contaminants to bypass the protective clothing and escape decontamination. In general, all fasteners should be used (i.e., zippers fully closed, all buttons used, all snaps closed, etc.). Gloves and boots should be tucked under the sleeves and legs of outer clothing, and hoods (if not attached) should be worn outside the collar. Another pair of tough outer gloves is often worn over the sleeves. All junctures should be taped to prevent contaminants from running inside the gloves, boots, and jackets (or suits, if one-piece construction).

Prior to each use, the personal protective equipment (PPE) should be checked to ensure that it contains no cuts or punctures that could expose workers to wastes. Similarly, any injuries to the skin surface, such as cuts and scratches, may enhance the potential for chemicals or infectious agents that directly contact the worker's skin to penetrate into the body. Particular care should be taken to protect these areas. Workers with large areas of damaged skin should be kept from working on site until the skin heals.

All personnel should be trained in the Standard Operating Procedures for minimizing contact and maximizing worker protection, and these procedures should be enforced throughout site operations.

## Types of Contamination

Contaminants can be located either on the surface of personal protective equipment or permeated into the PPE material. Surface contaminants may be easy to detect and remove; however, contaminants that have permeated a material are difficult or impossible to detect and remove. If contaminants that have permeated a material are not removed by decontamination, they may continue to permeate to either surface of the material where they can cause an unexpected exposure.

Five major factors affect the extent of permeation:

- **Contact time.** The longer a contaminant is in contact with an object, the greater the probability and extent of permeation. For this reason, minimizing contact time is one of the most important objectives of a decontamination program.
- **Concentration.** Molecules flow from areas of high concentration to areas of low concentration. As concentrations of wastes increase, the potential for permeation of personal protective clothing increases.
- **Temperature.** An increase in temperature generally increases the permeation rate of contaminants.
- **Size of contaminant molecules and pore space.** Permeation increases as the contaminant molecule becomes smaller, and as the pore space of the material to be permeated increases.
- **Physical state of wastes.** As a rule, gases, vapors, and low-viscosity liquids tend to permeate more readily than high-viscosity liquids or solids.

## Decontamination Methods

All personnel, clothing, equipment, and samples leaving the contaminated area of a site (generally referred to as the Exclusion Zone) must be decontaminated to remove any harmful chemicals or infectious organisms that may have adhered to them.

Decontamination methods either (1) physically remove contaminants, (2) inactivate contaminants by chemical detoxification or disinfection/sterilization, or (3) remove contaminants by a combination of both physical and chemical means. Various decontamination methods are listed in Table 10-1.

### Physical Removal

In many cases, gross contamination can be removed by physical means involving dislodging/displacement, rinsing, wiping off, and evaporation. Physical methods involving high pressure and/or heat should be used only as necessary and with caution since they can spread contamination and cause burns. Contaminants that can be removed by physical means can be categorized as follows:

- **Loose contaminants.** Dusts and vapors that cling to equipment and workers or become trapped in small openings, such as the weave of the clothing fabrics, can be removed with water or a liquid rinse (see photograph). Removal of electrostatically attached materials can be enhanced by coating the clothing or equipment with anti-static solutions. These are available commercially as wash additives or anti-static sprays.
- **Adhering contaminants.** Some contaminants adhere by forces other than electrostatic attraction. Adhesive qualities vary greatly with the specific contaminants and the temperature. For example, contaminants such as glues, cements, resins, and muds

have much greater adhesive properties than elemental mercury and, consequently, are difficult to remove by physical means. Physical removal methods for gross contaminants include scraping, brushing, and wiping. Removal of adhesive contaminants can be enhanced through certain methods such as solidifying, freezing (e.g., using dry ice or ice water), adsorption or absorption (e.g., with powdered lime or kitty litter), or melting.

- Volatile liquids. Volatile liquid contaminants can be removed from protective clothing or equipment by evaporation followed by a water rinse. Evaporation of volatile liquids can be enhanced by using steam jets. With any evaporation or vaporization process, care must be taken to prevent worker inhalation of the vaporized chemicals.

**Table 10-1. Some Decontamination Methods**

**REMOVAL:**

- **Contaminant Removal**
  - Water rinse, using pressurized or gravity flow.
  - Chemical leaching and extraction.
  - Evaporation/vaporization.
  - Pressurized air jets.
  - Scrubbing/scraping. Commonly done using brushes, scrapers, or sponges and water-compatible solvent cleaning solutions.
  - Steam jets.
- **Removal of Contaminated Surfaces**
  - Disposal of deeply permeated materials, e.g., clothing, floor mats, and seats.
  - Disposal of protective coverings/coatings.

**INACTIVATION**

- **Chemical Detoxification**
  - Halogen stripping.
  - Neutralization.
  - Oxidation/reduction.
  - Thermal degradation.
- **Disinfection/Sterilization**
  - Chemical disinfection.
  - Dry heat sterilization.
  - Gas/vapor sterilization.
  - Irradiation.
  - Steam sterilization.

## Chemical Removal

Physical removal of gross contamination should be followed by a wash/rinse process using cleaning solutions. These cleaning solutions normally utilize one or more of the following methods:

- Dissolving contaminants. Chemical removal of surface contaminants can be accomplished by dissolving them in a solvent. The solvent must be chemically compatible with the equipment being cleaned. This is particularly important when decontaminating personal protective clothing constructed of organic materials that could be damaged or dissolved by organic solvents. In addition, care must be taken in selecting, using, and disposing of any organic solvents that may be flammable or potentially toxic. Organic solvents include alcohols, ethers, ketones, aromatics, straight-chain alkanes, and common petroleum products.

- Halogenated solvents generally are incompatible with personal protective equipment and are toxic. They should only be used for decontamination in extreme cases where other cleaning agents will not remove the contaminant.
- Table 10-2 provides a general guide to the solubility of several contaminant categories in four types of solvents: water, dilute acids, dilute bases, and organic solvents. Because of the potential hazards, decontamination using chemicals should be done only if recommended by an industrial hygienist or other qualified health professional.
- Surfactants. Surfactants augment physical cleaning methods by reducing adhesion forces between contaminants and the surface being cleaned, and by preventing redeposit of the contaminants. Household detergents are among the most common surfactants. Some detergents can be used with organic solvents to improve the dissolving and dispersal of contaminants into the solvent [1].
- Solidification. Solidifying liquid or gel contaminants can enhance their physical removal. The mechanisms of solidification are: (1) moisture removal through the use of absorbents such as grounded clay or powdered lime; (2) chemical reactions via polymerization catalysts and chemical reagents; and (3) freezing using ice water.
- Rinsing. Rinsing removes contaminants through dilution, physical attraction, and solubilization. Multiple rinses with clean solutions remove more contaminants than a single rinse with the same volume of solution. Continuous rinsing with large volumes will remove even more contaminants than multiple rinsings with a lesser total volume.
- Disinfection/Sterilization. Chemical disinfectants are a practical means of inactivating infectious agents. Unfortunately, standard sterilization techniques are generally impractical for large equipment and for personal protective clothing and equipment. For this reason, disposable PPE is recommended for use with infectious agents.



Gross contaminants can be removed with water or a liquid rinse. Here, a member of the decontamination team rinses and scrubs the boots of a worker with a soft-bristled brush. Both individuals are wearing Level C personal protective equipment.

Many factors, such as cost, availability, and ease of implementation, influence the selection of a decontamination method. From a health and safety standpoint, two key questions must be addressed:

- Is the decontamination method effective for the specific substances present?
- Does the method itself pose any health or safety hazards?

**Table 10-2. General Guide to Solubility of Contaminants in Four Solvent Types**

SOLVENT	SOLUBLE CONTAMINANTS
<b>Water</b>	Low-chain hydrocarbons. Inorganic compounds. Salts. Some organic acids and other polar compounds.
<b>Dilute Acids</b>	Basic (caustic) compounds. Amines. Hydrazines.
<b>Dilute Bases</b> For example - detergent - soap	Acidic compounds. Phenols. Thiols. Some nitro and sulfonic compounds.
<b>Organic Solvents<sup>a</sup></b> For example: - alcohols - ethers - ketones - aromatics - straight-chain alkalines (e.g., hexane) - common petroleum products (e.g., fuel oil, kerosene)	Nonpolar compounds (e.g., some organic compounds).

<sup>a</sup>WARNING: Some organic solvents can permeate and/or degrade the protective clothing.

## Testing for the Effectiveness of Decontamination

Decontamination methods vary in their effectiveness for removing different substances. The effectiveness of any decontamination method should be assessed at the beginning of a program and periodically throughout the lifetime of the program. If contaminated materials are not being removed or are penetrating protective clothing, the decontamination program must be revised. The following methods may be useful in assessing the effectiveness of decontamination.

### Visual Observation

There is no reliable test to immediately determine how effective decontamination is. In some cases, effectiveness can be estimated by visual observation.

- Natural light. Discolorations, stains, corrosive effects, visible dirt, or alterations in clothing fabric may indicate that contaminants have not been removed. However, not all contaminants leave visible traces; many contaminants can permeate clothing and are not easily observed.

- Ultraviolet light. Certain contaminants, such as polycyclic aromatic hydrocarbons, which are common in many refined oils and solvent wastes, fluoresce and can be visually detected when exposed to ultraviolet light. Ultraviolet light can be used to observe contamination of skin, clothing, and equipment; however, certain areas of the skin may fluoresce naturally, thereby introducing an uncertainty into the test [2,3,4]. In addition, use of ultraviolet light can increase the risk of skin cancer and eye damage; therefore, a qualified health professional should assess the benefits and risks associated with ultraviolet light prior to its use at a waste site.

## Wipe Sampling

Wipe testing provides after-the-fact information on the effectiveness of decontamination. In this procedure, a dry or wet cloth, glass fiber filter paper, or swab is wiped over the surface of the potentially contaminated object and then analyzed in a laboratory. Both the inner and outer surfaces of protective clothing should be tested. Skin may also be tested using wipe samples.

## Cleaning Solution Analysis

Another way to test the effectiveness of decontamination procedures is to analyze for contaminants left in the cleaning solutions. Elevated levels of contaminants in the final rinse solution may suggest that additional cleaning and rinsing are needed.

## Testing for Permeation

Testing for the presence of permeated chemical contaminants requires that pieces of the protective garments be sent to a laboratory for analysis.

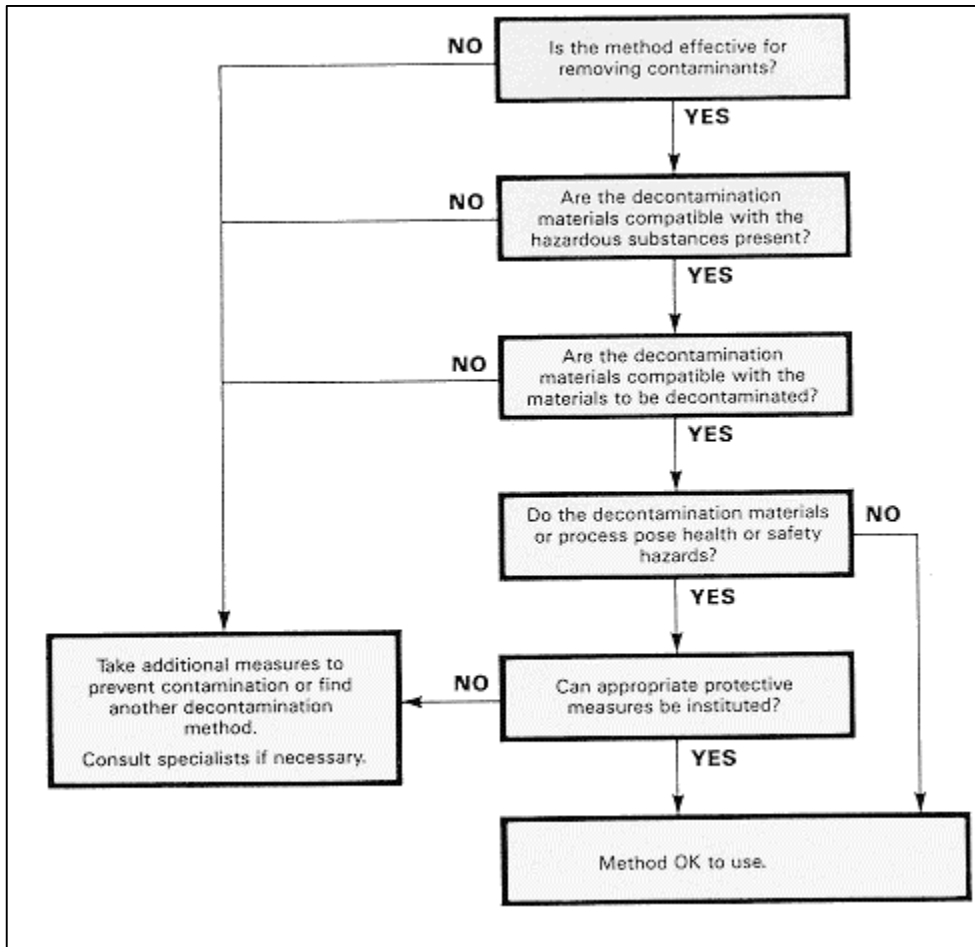
## Health and Safety Hazards

While decontamination is performed to protect health and safety, it can pose hazards under certain circumstances. Decontamination methods may:

- Be incompatible with the hazardous substances being removed (i.e., a decontamination method may react with contaminants to produce an explosion, heat, or toxic products).
- Be incompatible with the clothing or equipment being decontaminated (e.g., some organic solvents can permeate and/or degrade protective clothing).
- Pose a direct health hazard to workers (e.g., vapors from chemical decontamination solutions may be hazardous if inhaled, or they may be flammable).

The chemical and physical compatibility of the decontamination solutions or other decontamination materials must be determined before they are used. Any decontamination method that permeates, degrades, damages, or otherwise impairs the safe functioning of the PPE is incompatible with such PPE and should not be used. If a decontamination method does pose a direct health hazard, measures must be taken to protect both decontamination personnel and the workers being decontaminated. Figure 10-1 presents a decision aid for evaluating the health and safety aspects of decontamination methods.

**Figure 10-1.** Decision Aid for Evaluating Health and Safety Aspects of Decontamination Methods.



## Decontamination Facility Design

At a hazardous waste site, decontamination facilities should be located in the Contamination Reduction Zone (CRZ), i.e., the area between the Exclusion Zone (the contaminated area) and the Support Zone (the clean area) as shown in Figure 9-1 in Chapter 9.

The level and types of decontamination procedures required depend on several site-specific factors including:

- The chemical, physical, and toxicological properties of the wastes.
- The pathogenicity of infectious wastes.
- The amount, location, and containment of contaminants.
- The potential for, and location of, exposure based on assigned worker duties, activities, and functions.
- The potential for wastes to permeate, degrade, or penetrate materials used for personal protective clothing and equipment, vehicles, tools, buildings, and structures.
- The proximity of incompatible wastes.
- The movement of personnel and/or equipment among different zones.
- Emergencies.
- The methods available for protecting workers during decontamination.
- The impact of the decontamination process and compounds on worker safety and health.

Decontamination procedures must provide an organized process by which levels of contamination are reduced. The decontamination process should consist of a series of procedures performed in a specific sequence. For example, outer, more heavily contaminated items (e.g., outer boots and gloves) should be decontaminated and removed first, followed by decontamination and removal of inner, less contaminated items (e.g., jackets and pants). Each procedure should be performed at a separate station in order to prevent cross contamination. The sequence of stations is called the decontamination line.

Stations should be separated physically to prevent cross contamination and should be arranged in order of decreasing contamination, preferably in a straight line. Separate flow patterns and stations should be provided to isolate workers from different contamination zones containing incompatible wastes. Entry and exit points should be conspicuously marked, and the entry to the Contamination Reduction Zone (CRZ) from the Exclusion Zone should be separate from the entry to the Exclusion Zone from the CRZ. Dressing stations for entry to the CRZ should be separate from redressing areas for exit from the CRZ. Personnel who wish to enter clean areas of the decontamination facility, such as locker rooms, should be completely decontaminated.

Examples of decontamination lines and procedures for personnel wearing various levels of protection are provided in Appendix D.



A member of the decontamination team suited in Level B personal protective equipment stands by to scrub down a worker after an initial rinse down in the decontamination shower

## Decontamination Equipment Selection

Table 10-3 lists recommended equipment for decontamination of personnel, personal protective clothing, and equipment. In selecting decontamination equipment, consider whether the equipment itself can be decontaminated for reuse or can be easily disposed of. Table 10-4 lists recommended equipment for decontamination of large equipment and vehicles. Note that other types of equipment Table 10-3. Note that other types of equipment not listed in Tables 10-3 and 10-4 may be appropriate in certain situations.

**Table 10-3. Some Recommended Equipment for Decontamination of Personnel and Personal Protective Clothing and Equipment**

- Drop cloths of plastic or other suitable materials on which heavily contaminated equipment and outer protective clothing may be deposited.
- Collection containers, such as drums or suitably lined trash cans, for storing disposable clothing and heavily contaminated personal protective clothing or equipment that must be discarded.
- Lined box with absorbents for wiping or rinsing off gross contaminants and liquid contaminants.
- Large galvanized tubs, stock tanks, or children's wading pools to hold wash and rinse solutions. These should be at least large enough for a worker to place a booted foot in, and should have either no drain or a drain connected to a collection tank or appropriate treatment system.
- Wash solutions selected to wash off and reduce the hazards associated with the contaminants.
- Rinse solutions selected to remove contaminants and contaminated wash solutions.
- Long-handled, soft-bristled brushes to help wash and rinse off contaminants.
- Paper or cloth towels for drying protective clothing and equipment.
- Lockers and cabinets for storage of decontaminated clothing and equipment.
- Metal or plastic cans or drums for contaminated wash and rinse solutions.
- Plastic sheeting, sealed pads with drains, or other appropriate methods for containing and collecting contaminated wash and rinse solutions spilled during decontamination.
- Shower facilities for full body wash or, at a minimum, personal wash sinks (with drains connected to a collection tank or appropriate treatment system).
- Soap or wash solution, wash cloths, and towels for personnel.
- Lockers or closets for clean clothing and personal item storage.

**Table 10-4. Some Recommended Equipment for Heavy Equipment and Vehicle Decontamination**

- Storage tanks of appropriate treatment systems for temporary storage and/or treatment of contaminated wash and rinse solutions.
- Drains or pumps for collection of contaminated wash and rinse solutions.
- Long-handled brushes for general exterior cleaning.
- Wash solutions selected to remove and reduce the hazards associated with the contamination.
- Rinse solutions selected to remove contaminants and contaminated wash solutions.
- Pressurized sprayers for washing and rinsing, particularly hard-to-reach areas.
- Curtains, enclosures, or spray booths to contain splashes from pressurized sprays.
- Long-handled brushes, rods, and shovels for dislodging contaminants and contaminated soil caught in tires and the undersides of vehicles and equipment.
- Containers to hold contaminants and contaminated soil removed from tires and the undersides of vehicles and equipment.
- Wash and rinse buckets for use in the decontamination of operator areas inside vehicles and equipment.
- Brooms and brushes for cleaning operator areas inside vehicles and equipment.
- Containers for storage and disposal of contaminated wash and rinse solutions, damaged or heavily contaminated parts, and equipment to be discarded.

### **Disposal Methods**

All equipment used for decontamination must be decontaminated and/or disposed of properly. Buckets, brushes, clothing, tools, and other contaminated equipment should be collected, placed in containers, and labeled. Also, all spent solutions and wash water should be collected and disposed of properly. Clothing that is not completely decontaminated should be placed in plastic bags, pending further decontamination and/or disposal.

### **Personal Protection**

Decontamination workers who initially come in contact with personnel and equipment leaving the Exclusion Zone will require more protection from contaminants than decontamination workers who are assigned to the last station in the decontamination line. In some cases, decontamination personnel should wear the same levels of PPE as workers in the Exclusion Zone. In other cases, decontamination personnel may be sufficiently protected by wearing one level lower protection (e.g., wearing Level C protection while decontaminating workers who are wearing Level B).

The level of protection required will vary with the type of decontamination equipment used. For example, workers using a steam jet may need a different type of respiratory protection than other decontamination personnel because of the high moisture levels produced by steam jets. In some situations, the cleaning solutions used and wastes removed during decontamination may generate harmful vapors. Appropriate equipment and clothing for protecting decontamination personnel should be selected by a qualified health and safety expert.

All decontamination workers are in a contaminated area and must themselves be decontaminated before entering the clean Support Zone. The extent of their decontamination should be determined by the types of contaminants they may have contacted and the type of work they performed.

## Emergency Decontamination

In addition to routine decontamination procedures, emergency decontamination procedures must be established. In an emergency, the primary concern is to prevent the loss of life or severe injury to site personnel. If immediate medical treatment is required to save a life, decontamination should be delayed until the victim is stabilized. If decontamination can be performed without interfering with essential life-saving techniques or first aid, or if a worker has been contaminated with an extremely toxic or corrosive material that could cause severe injury or loss of life, decontamination must be performed immediately. If an emergency due to a heat-related illness develops, protective clothing should be removed from the victim as soon as possible to reduce the heat stress. During an emergency, provisions must also be made for protecting medical personnel and disposing of contaminated clothing and equipment. See Chapter 12 for further information on decontamination during emergencies.

## References

1. Rosen, M.J. 1978. Surfactants and Interfacial Phenomena. Wiley-Interscience Publication, NY. 304 pp.
2. Vo-Dinh, T. 1983. Surface detection of contamination: Principles, applications, and recent developments. J. Environ. Sci. January/February 1983, pp. 40-43.
3. Vo-Dinh, T. and R.B. Gammage. 1981. The Use of a Fiberoptics Skin Contamination Monitor in the Workplace. Chemical Hazards in the Workplace, American Chemical Society. pp 269-281.
4. Vo-Dinh, T. and R.B. Gammage. 1981. The lightpipe luminoscope for monitoring occupational skin contamination. J. Am. Ind. Hyg. Assoc. 42:112-120.

## 11. Handling Drums and Other Containers

### Contents

Introduction	11-1
Inspection	11-3
Planning	11-3
Handling	11-4
Drums Containing Radioactive Waste	11-5
Drums that May Contain Explosive or Shock-Sensitive Wastes	11-5
Bulging Drums	11-6
Drums Containing Packaged Laboratory Wastes (Lab Packs)	11-6
Leaking, Open, and Deteriorated Drums	11-6
Buried Drums	11-6
Opening	11-8
Sampling	11-10
Characterization	11-10
Staging	11-11
Bulking	11-13
Shipment	11-14
Special Case Problems	11-14
Tanks and Vaults	11-14
Vacuum Trucks	11-15
Elevated Tanks	11-15
Compressed Gas Cylinders	11-15
Ponds and Lagoons	11-15
References	11-16

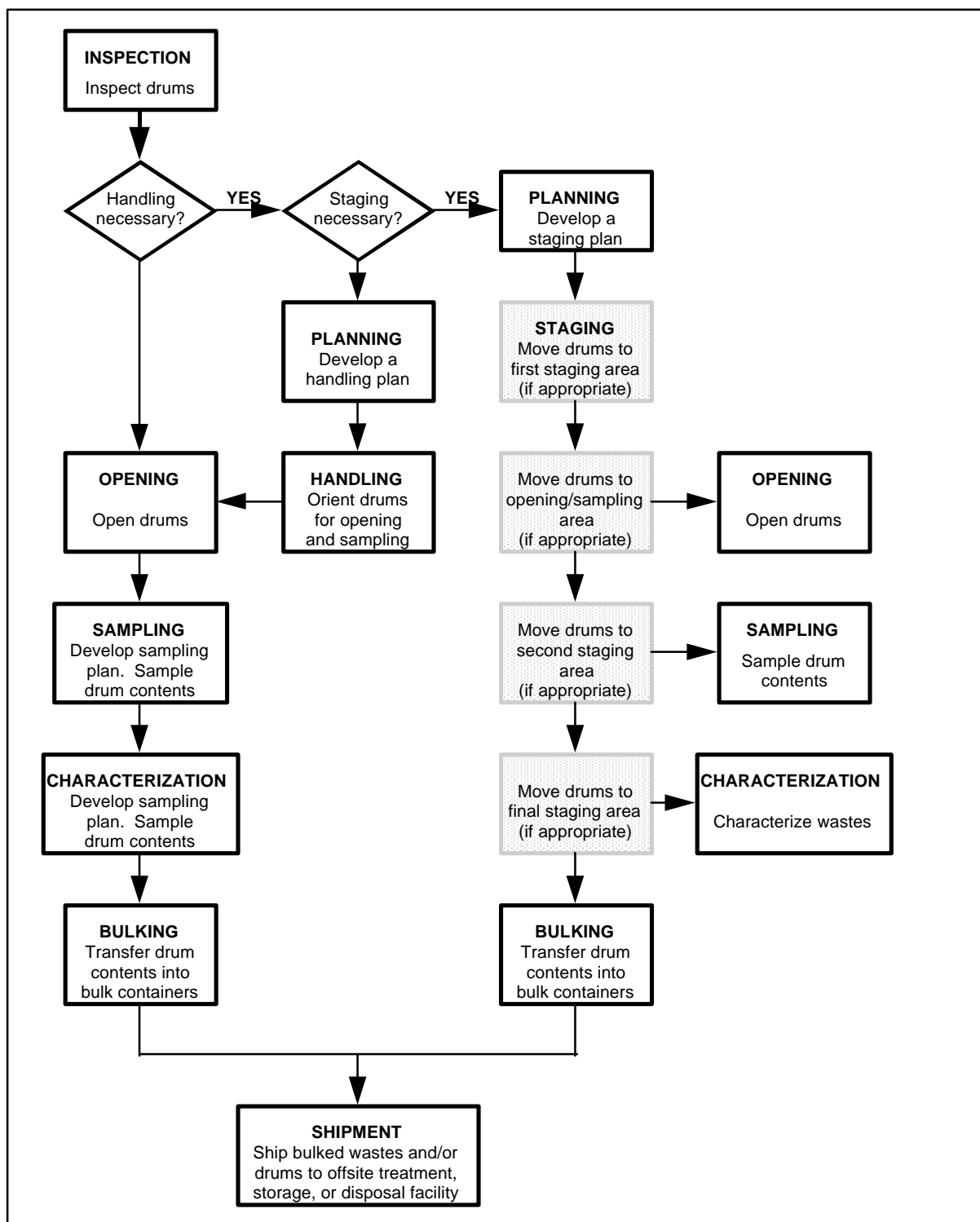
### Introduction

Accidents may occur during handling of drums and other hazardous waste containers. Hazards include detonations, fires, explosions, vapor generation, and physical injury resulting from moving heavy containers by hand and working around stacked drums, heavy equipment, and deteriorated drums. While these hazards are always present, proper work practices-such as minimizing handling and using equipment and procedures that isolate workers from hazardous substances-can minimize the risks to site personnel.

This chapter defines practices and procedures for safe handling of drums and other hazardous waste containers. It is intended to aid the Project Team Leader in setting up a waste container handling program. In addition to reading this chapter, the Project Team Leader should also be aware of all pertinent regulations. OSHA regulations (29 CFR Parts 1910 and 1926) include general requirements and standards for storing, containing, and handling chemicals and containers, and for maintaining equipment used for handling materials. EPA regulations (40 CFR Part 265) stipulate requirements for types of containers, maintenance of containers and containment structures, and design and maintenance of storage areas. DOT regulations (49 CFR Parts 171 through 178) also stipulate requirements for containers and procedures for shipment of hazardous wastes.

Containers are handled during characterization and removal of their contents and during other operations. A flow chart showing one set of possible procedures for drum handling is given in Figure 11-1. Guidance

for safely performing the procedures shown in Figure 11-1 is provided in the following sections of this chapter. The final section, *Special Case Problems*, describes the handling of tanks, vaults, vacuum trucks, elevated tanks, and compressed gas cylinders.



**Figure 11-1.** Flow Chart for Drum Handling. (Dashed boxes indicate optional steps. Number of staging areas necessary is site specific.)

## Inspection

The appropriate procedures for handling drums depend on the drum contents. Thus, prior to any handling, drums should be visually inspected to gain as much information as possible about their contents. The inspection crew should look for:

- Symbols, words, or other marks on the drum indicating that its contents are hazardous, e.g., radioactive, explosive, corrosive, toxic, flammable.
- Symbols, words, or other marks on a drum indicating that it contains discarded laboratory chemicals, reagents, or other potentially dangerous materials in small-volume individual containers (see Table 11-1).
- Signs of deterioration such as corrosion, rust, and leaks.
- Signs that the drum is under pressure such as swelling and bulging.
- Drum type (see Table 11-1).
- Configuration of the drumhead (see Table 11-2).

Conditions in the immediate vicinity of the drums may provide information about drum contents and their associated hazards. Monitoring should be conducted around the drums using instruments such as a gamma radiation survey instrument, organic vapor monitors, and a combustible gas meter.

The results of this survey can be used to classify the drums into preliminary hazard categories, for example:

- Radioactive.
- Leaking/deteriorated.
- Bulging.
- Explosive/shock-sensitive.
- Contains small-volume individual containers of laboratory wastes or other dangerous materials.

As a precautionary measure, personnel should assume that unlabelled drums contain hazardous materials until their contents are characterized. Also, they should bear in mind that drums are frequently mislabeled-particularly drums that are reused. Thus, a drum's label may not accurately describe its contents.

If buried drums are suspected, ground-penetrating systems, such as electromagnetic wave, electrical resistivity, ground-penetrating radar, magnetometry, and metal detection, can be used to estimate the location and depth of the drums. Table 11-1. Special Drum Types and Their Associated Hazards

## Planning

Since drum handling is fraught with danger, every step of the operation should be carefully planned, based on all the information available at the time. The results of the preliminary inspection can be used to determine (1) if any hazards are present and the appropriate response, and (2) which drums need to be moved in order to be opened and sampled. A preliminary plan should be developed which specifies the extent of handling necessary, the personnel selected for the job, and the most appropriate procedures based on the hazards associated with the probable drum contents as determined by visual inspection. This plan should be revised as new information is obtained during drum handling.

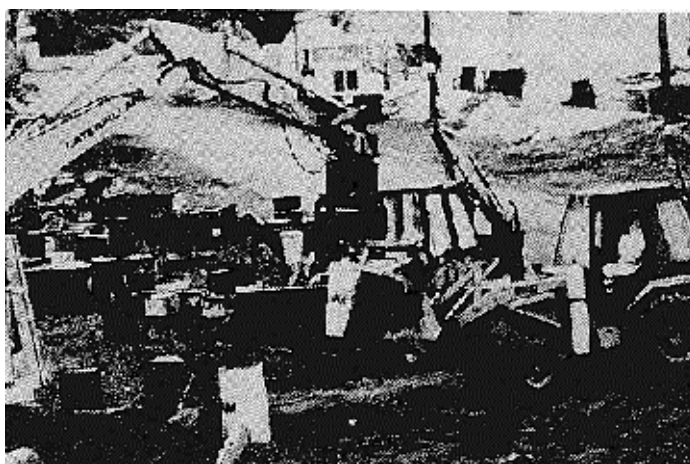
**Table 11-1. Special Drum Types and Their Associated Hazards**

<b>Polyethylene or PVC-Lined Drums</b>	Often contain strong acids or bases. If the lining is punctured, the substance usually quickly corrodes the steel, resulting in a significant leak or spill.
<b>Exotic Metal Drums</b> (e.g., aluminum, nickel, stainless steel, or other unusual metal)	Very expensive drums that usually contain an extremely dangerous material.
<b>Single-Walled Drums Used as a Pressure Vessel</b>	These drums have fittings for both product filling and placement of an inert gas, such as nitrogen. May contain reactive, flammable, or explosive substances.
<b>Laboratory Packs</b>	Used for disposal of expired chemicals and process samples from university laboratories, hospitals, and similar institutions. Individual containers within the lab pack are often not packed in absorbent material. They may contain incompatible materials, radioisotopes, shock-sensitive, highly volatile, highly corrosive, or very toxic exotic chemicals. Laboratory packs can be an ignition source for fires at hazardous waste sites.

## Handling

The purpose of handling is to (1) respond to any obvious problems that might impair worker safety, such as radioactivity, leakage, or the presence of explosive substances, (2) unstack and orient drums for sampling, and (3) if necessary, to organize drums into different areas on site to facilitate characterization and remedial action (see *Staging* in this chapter). Handling may or may not be necessary, depending on how the drums are positioned at a site.

Since accidents occur frequently during handling, particularly initial handling, drums should only be handled if necessary. Prior to handling, all personnel should be warned about the hazards of handling, and instructed to minimize handling as much as possible and to avoid unnecessary handling. In all phases of handling, personnel should be alert for new information about potential hazards. These hazards should be responded to before continuing with more routine handling operations. Overpack drums (larger drums in which leaking or damaged drums are placed for storage or shipment [see 49 CFR Part 173.3(c)]) and an adequate volume of absorbent should be kept near areas where minor spills may occur. Where major spills may occur, a containment berm adequate to contain the entire volume of liquid in the drums should be constructed before any handling takes place. If the drum contents spill, personnel trained in spill response should be used to isolate and contain the spill.



Backhoe with drum grapple.

Several types of equipment can be used to move drums: (1) A drum grappler attached to a hydraulic excavator; (2) a small front-end loader, which can be either loaded manually or equipped with a bucket sling; (3) a rough terrain forklift; (4) a roller conveyor equipped with solid rollers; and (5) drum carts designed specifically for drum handling. Drums are also sometimes moved manually. The drum grappler is the preferred piece of equipment for drum handling. It keeps the operator removed from the drums so that there is less likelihood of injury if the drums detonate or rupture. If a drum is leaking, the operator can stop the leak by rotating the drum and immediately placing it into an overpack. In case of an explosion, grappler claws help protect the operator by partially deflecting the force of the explosion.

The following procedures can be used to maximize worker safety during drum handling and movement:

- Train personnel in proper lifting and moving techniques to prevent back injuries.
- Make sure the vehicle selected has sufficient rated load capacity to handle the anticipated loads, and make sure the vehicle can operate smoothly on the available road surface.
- Air condition the cabs of vehicles to increase operator efficiency; protect the operator with heavy splash shields.
- Supply operators with appropriate respiratory protective equipment when needed. Normally either a combination SCBA/SAR with the air tank fastened to the vehicle, or an airline respirator and an escape SCBA are used because of the high potential hazards of drum handling. This improves operator efficiency and provides protection in case the operator must abandon the equipment.
- Have overpacks ready before any attempt is made to move drums.
- Before moving anything, determine the most appropriate sequence in which the various drums and other containers should be moved. For example, small containers may have to be removed first to permit heavy equipment to enter and move the drums.
- Exercise extreme caution in handling drums that are not intact and tightly sealed.
- Ensure that operators have a clear view of the roadway when carrying drums. Where necessary, have ground workers available to guide the operator's motion.

## **Drums Containing Radioactive Waste**

- If the drum exhibits radiation levels above background (see Table 6-2) immediately contact a health physicist. Do *not* handle any drums that are determined to be radioactive until persons with expertise in this area have been consulted.

## **Drums that May Contain Explosive or Shock-Sensitive Waste**

- If a drum is suspected to contain explosive or shock-sensitive waste as determined by visual inspection, seek specialized assistance before any handling.
- If handling is necessary, handle these drums with *extreme caution*.
- Prior to handling these drums, make sure all nonessential personnel have moved a safe distance away.
- Use a grappler unit constructed for explosive containment for initial handling of such drums.
- Palletize the drums prior to transport. Secure drums to pallets.
- Use an audible siren signal system, similar to that employed in conventional blasting operations, to signal the commencement and completion of explosive waste handling activities.
- Maintain continuous communication with the Site Safety Officer and/or the command post until drum handling operations are complete.

## Bulging Drums

- Pressurized drums are extremely hazardous. Wherever possible, do not move drums that may be under internal pressure, as evidenced by bulging or swelling.
- If a pressurized drum has to be moved, whenever possible handle the drum with a grappler unit constructed for explosive containment. Either move the bulged drum only as far as necessary to allow seating on firm ground, or carefully overpack the drum. Exercise extreme caution when working with or adjacent to potentially pressurized drums.

## Drums Containing Packaged Laboratory Wastes (Lab Packs)

Laboratory packs (i.e., drums containing individual containers of laboratory materials normally surrounded by cushioning absorbent material) can be an ignition source for fires at hazardous waste sites. They sometimes contain shock-sensitive materials. Such containers should be considered to hold explosive or shock-sensitive wastes until otherwise characterized. If handling is required, the following precautions are among those that should be taken:

- Prior to handling or transporting lab packs, make sure all non-essential personnel have moved a safe distance away.
- Whenever possible, use a grappler unit constructed for explosive containment for initial handling of such drums.
- Maintain continuous communication with the Site Safety Officer and/or the command post until handling operations are complete.
- Once a lab pack has been opened, have a chemist inspect, classify, and segregate the bottles within it, without opening them, according to the hazards of the wastes. An example of a system for classifying lab pack wastes is provided in Table 11-3. The objective of a classification system is to ensure safe segregation of the lab packs' contents. Pack these bottles with sufficient cushioning and absorption materials to prevent excessive movement of the bottles and to absorb all free liquids, and ship them to an approved disposal facility.
- If crystalline material is noted at the neck of any bottle, handle it as a shock-sensitive waste, due to the potential presence of picric acid or other similar material, and get expert advice before attempting to handle it.
- Palletize the repacked drums prior to transport. Secure the drums to pallets.

## Leaking, Open, and Deteriorated Drums

- If a drum containing a liquid cannot be moved without rupture, immediately transfer its contents to a sound drum using a pump designed for transferring that liquid.
- Using a drum grappler, place immediately in overpack containers:
- Leaking drums that contain sludges or semi-solids.
- Open drums that contain liquid or solid waste.
- Deteriorated drums that can be moved without rupture.

## Buried Drums

- Prior to initiating subsurface excavation, use ground penetrating systems to estimate the location and depth of the drums (see *Inspection* in this chapter).
- Remove soil with great caution to minimize the potential for drum rupture.
- Have a dry chemical fire extinguisher on hand to control small fires.

**Table 11-3. Example of Lab Pack Content  
Classification System for Disposal**

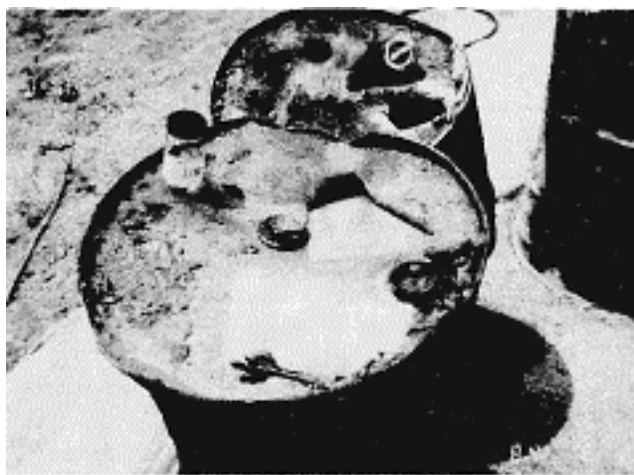
<b>CLASSIFICATION</b>	<b>EXAMPLES</b>
<b>Inorganic acids</b>	Hydrochloric Sulfuric
<b>Inorganic bases</b>	Sodium hydroxide Potassium hydroxide
<b>Strong oxidizing agents</b>	Ammonium nitrate Barium nitrate Sodium chlorate Sodium peroxide
<b>Strong reducing agents</b>	Sodium thiosulfate Oxalic acid Sodium sulphite
<b>Anhydrous organics and organometallics</b>	Tetraethyl lead Phenylmercuric chloride
<b>Anhydrous inorganics and metal hydrides</b>	Potassium hydride Sodium hydride Sodium metal Potassium
<b>Toxic organics</b>	PCBs Insecticides
<b>Flammable organics</b>	Hexane Toluene Acetone
<b>Inorganics</b>	Sodium carbonate Potassium chloride
<b>Inorganic cyanides</b>	Potassium cyanide Sodium cyanide Copper cyanide
<b>Organic Cyanides</b>	Cyanoacetamide
<b>Toxic metals</b>	Arsenic Cadmium Lead Mercury

---

## Opening

Drums are usually opened and sampled in place during site investigations. However, remedial and emergency operations may require a separate drum opening area (see *Staging* in this chapter). Procedures for opening drums are the same, regardless of where the drums are opened. To enhance the efficiency and safety of drum-opening personnel, the following procedures should be instituted.

- If a supplied-air respiratory protection system is used, place a bank of air cylinders outside the work area and supply air to the operators via airlines and escape SCBAs. This enables workers to operate in relative comfort for extended periods of time.
- Protect personnel by keeping them at a safe distance from the drums being opened. If personnel must be located near the drums, place explosion-resistant plastic shields between them and the drums to protect them in case of detonation. Locate controls for drum opening equipment, monitoring equipment, and fire suppression equipment behind the explosion resistant plastic shield.
- If possible, monitor continuously during opening. Place sensors of monitoring equipment, such as colorimetric tubes, dosimeters, radiation survey instruments, explosion meters, organic vapor analyzers, and oxygen meters, as close as possible to the source of contaminants, i.e., at the drum opening.
- Use the following remote-controlled devices for opening drums:
  - Pneumatically operated impact wrench to remove drum bungs.
  - Hydraulically or pneumatically operated drum piercers (see Figure 11-2).
  - Backhoes equipped with bronze spikes for penetrating drum tops in large-scale operations (see Figure 11-3).
- Do not use picks, chisels and firearms to open drums.
- Hang or balance the drum opening equipment to minimize worker exertion.
- If the drum shows signs of swelling or bulging, perform all steps slowly. Relieve excess pressure prior to opening and, if possible, from a remote location using such devices as a pneumatic impact wrench or hydraulic penetration device. If pressure must be relieved manually, place a barrier such as explosion-resistant plastic sheeting between the worker and bung to deflect any gas, liquid, or solids which may be expelled as the bung is loosened.
- Open exotic drums and polyethylene or polyvinyl chloride-lined (PVC-lined) drums through the bung by removal or drilling. Exercise extreme caution when manipulating these containers.
- Do not open or sample individual containers within laboratory packs.
- Reseal open bungs and drill openings as soon as possible with new bungs or plugs to avoid explosions and/or vapor generation. If an open drum cannot be resealed, place the drum into an overpack. Plug any openings in pressurized drums with pressure-venting caps set to a 5-psi (pounds per square inch) release to allow venting of vapor pressure.
- Decontaminate equipment after each use to avoid mixing incompatible wastes.



Two drums with rusted bungs were opened by backhoes with bronze spikes and now await sampling. Drum in foreground has been labeled "150" for sample documentation purposes.

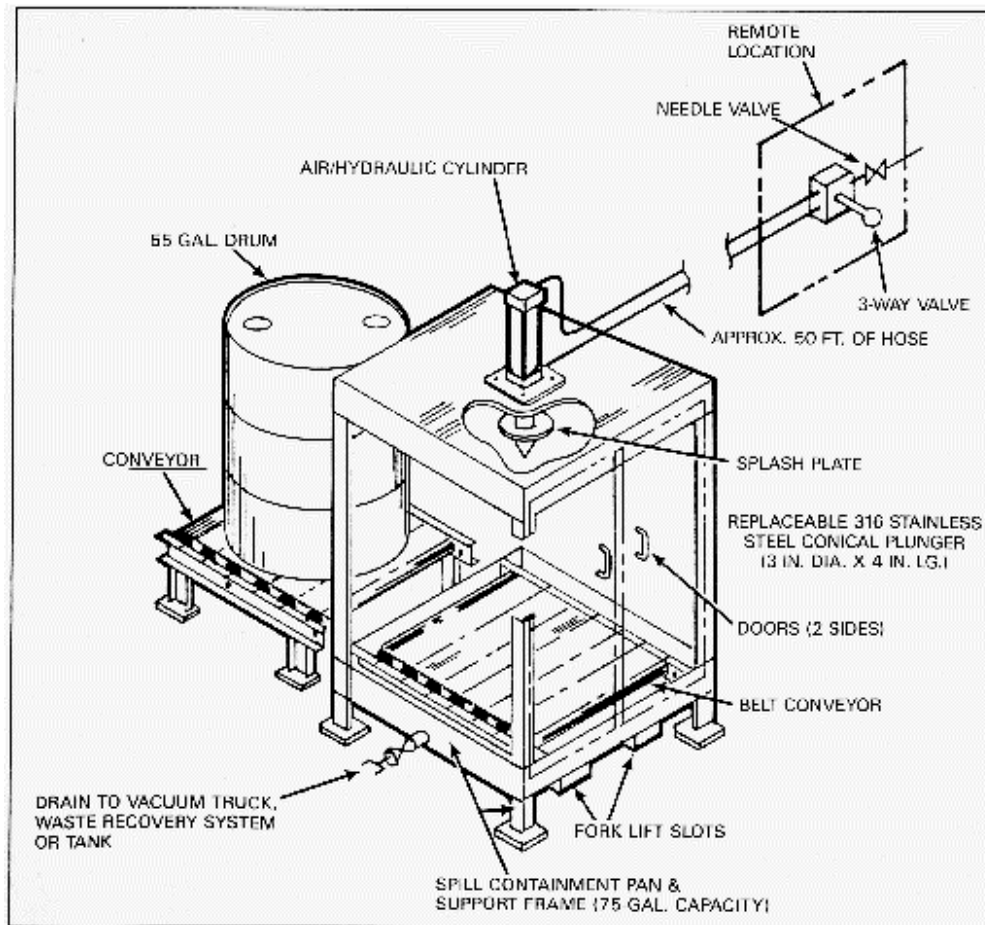


Figure 11-2. Air/Hydraulic-Operated Single-Drum Puncture Device. Source: Reference [1].

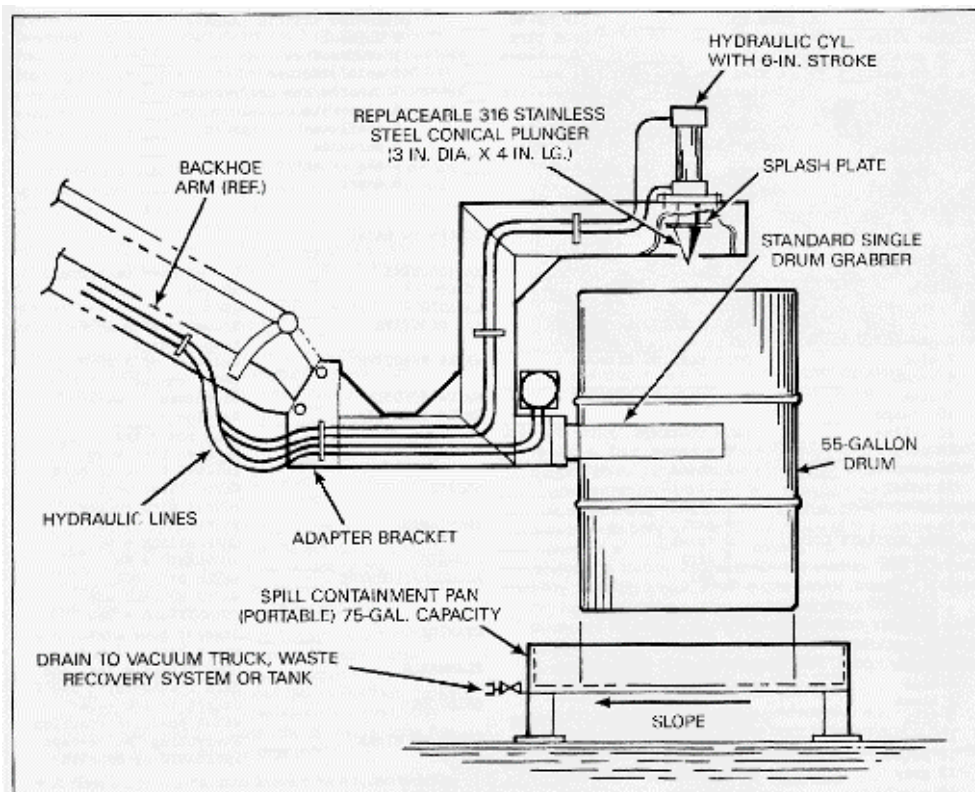


Figure 11-3. Backhoe-Mounted Drum Puncture Device. Source: Reference [1].

## Sampling

Drum sampling can be one of the most hazardous activities to worker safety and health because it often involves direct contact with unidentified wastes. Prior to collecting any sample, develop a sampling plan:

- Research background information about the waste.
- Determine which drums should be sampled.
- Select the appropriate sampling device(s) and containers.
- Develop a sampling plan which includes the number, volume, and locations of samples to be taken.
- Develop Standard Operating Procedures for opening drums, sampling, and sample packaging and transportation. Some guidance in designing proper sampling procedures can be found in References [2] and [3].
- Have a trained health and safety professional determine, based on available information about the wastes and site conditions, the appropriate personal protection to be used during sampling, decontamination, and packaging of the sample.

When manually sampling from a drum, use the following techniques:

- Keep sampling personnel at a safe distance while drums are being opened. Sample only after opening operations are complete.
- Do *not* lean over other drums to reach the drum being sampled, unless absolutely necessary.
- Cover drum tops with plastic sheeting or other suitable non-contaminated materials to avoid excessive contact with the drum tops.
- *Never* stand on drums. This is extremely dangerous. Use mobile steps or another platform to achieve the height necessary to safely sample from the drums.
- Obtain samples with either glass rods or vacuum pumps. Do *not* use contaminated items such as discarded rags to sample. The contaminants may contaminate the sample and may not be compatible with the waste in the drum. Glass rods should be removed prior to pumping to minimize damage to pumps.

## Characterization

The goal of characterization is to obtain the data necessary to determine how to safely and efficiently package and transport the wastes for treatment and/or disposal. If wastes are bulked, they must be sufficiently characterized to determine which of them can be safely combined (see *Bulking* later in this chapter). As a first step in obtaining these data, standard tests should be used to classify the wastes into general categories, including auto-reactives, water reactives, inorganic acids, organic acids, heavy metals, pesticides, cyanides, inorganic oxidizers, and organic oxidizers. In some cases, further analysis should be conducted to more precisely identify the waste materials. See Figure 11-4 for an example of a characterization sheet for drums.

When possible, materials should be characterized using an onsite laboratory. This provides data as rapidly as possible, and minimizes the time lag before appropriate action can be taken to handle any hazardous materials. Also, it precludes any potential problems associated with transporting samples to an offsite laboratory (e.g., sample packaging, waste incompatibility, fume generation).

If samples must be analyzed off site, samples should be packaged on site in accordance with DOT regulations (49 CFR) and shipped to the laboratory for analysis.

SITE: _____		DRUM NO. _____	SAMPLE NO. _____	SCREENING RESULTS (AREA):	
DRUM SIZE: _____		DRUM OPENING: _____	DRUM TYPE: _____	0 unknown	_____
0 unknown	_____	0 unknown	_____	1 radioactive	_____
1 55 gal.	_____	1 ring top	_____	2 acid/oxidizer	_____
2 30 gal.	_____	2 closed top	_____	3 caustic/reducer/cyanide	_____
3 other	_____	3 open top	_____	4 flammable organic	_____
specify	_____	4 other	_____	5 nonflammable organic	_____
		specify	_____	6 peroxide	_____
			_____	7 air or water reactive	_____
			_____	8 inert	_____

DRUM COLOR: _____	PRI _____	SEC _____	DRUM CONDITION: _____	SCREENING DATA:	YES _____	NO _____
0 unknown	_____	_____	0 unknown			
1 cream	_____	_____	1 good	RADIOACTIVE	_____	> 1 mR over background
2 clear	_____	_____	2 fair	ACIDIC	_____	pH < 3
3 black	_____	_____	3 poor	CAUSTIC	_____	pH > 12
4 white	_____	_____		AIR REACTIVE	_____	Reaction of > 10°F
5 red	_____	_____	DRUM MARKING KEYWORD 1		_____	temp. change
6 green	_____	_____		WATER REACTIVE	_____	Reaction of > 10°F
7 blue	_____	_____	DRUM MARKING KEYWORD 2		_____	temp. change
8 brown	_____	_____		WATER SOLUBLE	_____	Dissolves in water
9 pink	_____	_____	DRUM MARKING KEYWORD 3	WATER BATH OVA	_____	Reading = _____
10 orange	_____	_____			_____	> 10 ppm = Yes
11 yellow	_____	_____	DRUM CONTENTS STATE: PRI _____	COMBUSTIBLE	_____	Catches fire when
12 gray	_____	_____	0 unknown		_____	torched in water bath
13 purple	_____	_____	1 solid	HALIDE	_____	Green flame when
14 amber	_____	_____	2 liquid		_____	heated with copper
15 green-blue	_____	_____	3 sludge	INORGANIC	_____	WATER BATH OVA and
			4 gas		_____	COMBUSTIBLE = No
DRUM CONTENTS COLOR: _____			5 trash	ORGANIC	_____	INORGANIC = No
0 unknown	_____	_____	6 dirt	ALCOHOL/ALDEHYDE	_____	WATER BATH OVA,
1 cream	_____	_____	7 gel		_____	WATER SOLUBLE and
2 clear	_____	_____			_____	COMBUSTIBLE = Yes
3 black	_____	_____	DRUM CONTENT AMOUNT:	CYANIDE	_____	Draeger tube over
4 white	_____	_____	0 unknown		_____	water bath > 2 ppm
5 red	_____	_____	1 full	FLAMMABLE	_____	COMBUSTIBLE = Yes, and
6 green	_____	_____	2 part		_____	SETA flashpoint < 140°F
7 blue	_____	_____	3 empty	OXIDIZER	_____	Starch iodine paper
8 brown	_____	_____			_____	shows positive reaction
9 pink	_____	_____	CHEMICAL ANALYSIS: YES _____	INERT OR OTHER	_____	Everything "No" except
10 orange	_____	_____	radiation		_____	INORGANIC or ORGANIC
11 yellow	_____	_____	ignitable		_____	
12 gray	_____	_____	water reactive		_____	
13 purple	_____	_____	cyanide		_____	
14 amber	_____	_____	oxidizer		_____	
15 green-blue	_____	_____	organic vapor		_____	
			pH		_____	

**Figure 11-4.** Sample Drum Characterization Sheet. Source: EPA Region VII Emergency Planning and Response Branch. (This figure is provided only as an example. Values were selected by EPA Region VII and should be modified as appropriate.)

## Staging

Although every attempt should be made to minimize drum handling, drums must sometimes be staged (i.e. moved in an organized manner to predesignated areas) to facilitate characterization and remedial action, and to protect drums from potentially hazardous site conditions (e.g., movement of heavy equipment and high temperatures that might cause explosion, ignition, or pressure buildup). Staging involves a trade-off between the increased hazards associated with drum movement and the decreased hazards associated with the enhanced organization and accessibility of the waste materials.

The number of staging areas necessary depends on sitespecific circumstances such as the scope of the operation, the accessibility of drums in their original positions, and the perceived hazards. Investigation usually involves little, if any, staging; remedial and emergency operations can involve extensive drum staging. The extent of staging must be determined individually for each site, and should always be kept to a minimum. Up to five separate areas have been used (see Figure 11-5):

- An *initial staging area* where drums can be (1) organized according to type, size, and suspected contents, and (2) stored prior to sampling.
- An *opening area* where drums are opened, sampled, and resealed. Locate this area a safe distance from the original waste disposal or storage site and from all staging areas to prevent a chain reaction in case of fire or explosion.
- During large-scale remedial or emergency tasks, a separate *sampling area* may be set up at some distance from the opening area to reduce the number of people present in the opening area, and to limit potential casualties in case of an explosion
- A *second staging area*, also known as a holding area, where drums are temporarily stored after sampling pending characterization of their contents. Do *not* place unsealed drums with unknown contents in the second staging area in case they contain incompatible materials. (Either remove the contents or overpack the drum.)
- A *final staging area*, also known as a bulking area, where substances that have been characterized are bulked for transport to treatment or disposal facilities.
  - Locate the final staging area as close as possible to the site's exit.
  - Grade the area and cover it with plastic sheeting. Construct approximately 1-foot-high (0.3-m-high) dikes around the entire area.
  - Segregate drums according to their basic chemical categories (acids, heavy metals, pesticides, etc.) as determined by characterization. Construct separate areas for each type of waste present to preclude the possibility of intermingling incompatible chemicals when bulking.

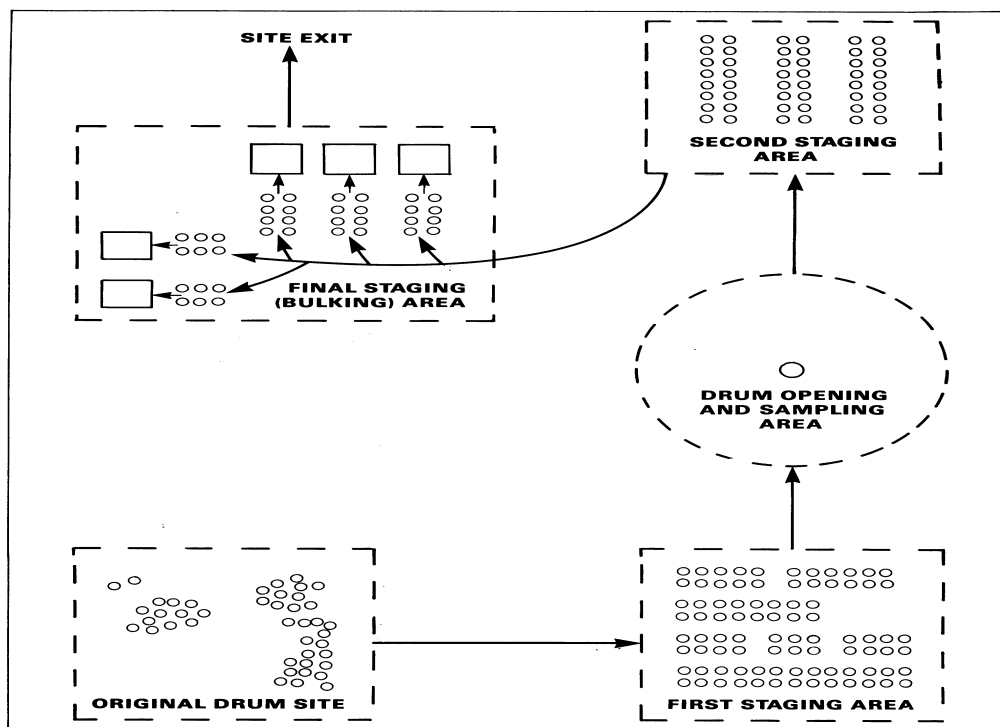


Figure 11-5. Possible Staging Areas at a Hazardous Waste Site.

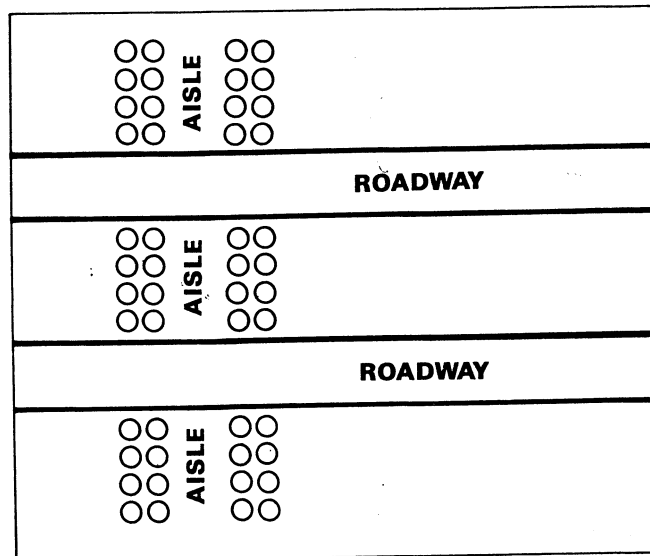


Figure 11-6. Sample Drum Staging Layout. Source: Reference [1].

## Bulking

Wastes that have been characterized are often mixed together and placed in bulk containers such as tanks or vacuum trucks for shipment to treatment or disposal facilities. This increases the efficiency of transportation. Bulking should be performed only after thorough waste characterization by trained and experienced personnel. The preliminary tests described earlier under *Characterization* provide only a general indication of the nature of the individual wastes. In most cases, additional sampling and analysis to further characterize the wastes, and compatibility tests (in which small quantities of different wastes are mixed together under controlled conditions and observed for signs of incompatibility such as vapor generation and heat of reaction) should be conducted. Bulking is performed at the final staging area using the following procedures:



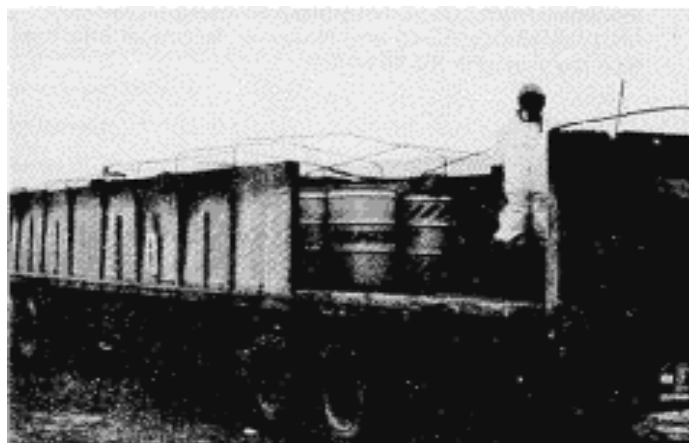
Crushed drums awaiting landfill. Note the staging of drums on the left in a row two drums wide.

- Inspect each tank trailer and remove any residual materials from the trailer prior to transferring any bulked materials. This will prevent reactions between incompatible chemicals.
- To move hazardous liquids, use pumps that are properly rated (see National Fire Protection Association [NFPA] 70 Articles 500-503 and NFPA 497M) and that have a safety relief valve with a splash shield. Make sure the pump hoses, casings, fittings, and gaskets are compatible with the material being pumped.
- Inspect hose lines before beginning work to ensure that all lines, fittings, and valves are intact with no weak spots.
- Take special precautions when handling hoses as they often contain residual material that can splash or spill on the personnel operating the hoses. Protect personnel against accidental splashing. Protect lines from vehicular and pedestrian traffic.
- Store flammable liquids in approved containers.

## Shipment

Shipment of materials to offsite treatment, storage, or disposal facilities involves the entry of waste hauling vehicles into the site. U.S. Department of Transportation (DOT) regulations (49 CFR Parts 171-178) and EPA regulations (40 CFR Part 263) for shipment of hazardous wastes must be complied with. The following guidelines can enhance the safety of these operations:

- Locate the final staging (bulking) area as close as possible to the site exit.
- Prepare a circulation plan that minimizes conflict between cleanup teams and waste haulers. Install traffic signs, lights, and other control devices as necessary.
- Provide adequate area for onsite and hauling vehicles to turn around. Where necessary, build or improve onsite roads.
- Stage hauling vehicles in a safe area until ready for loading with drivers remaining in cab. Minimize the time that drivers spend in hazardous areas.
- Outfit the driver with appropriate protective equipment.
- If drums are shipped, tightly seal the drums prior to loading. Overpack leaking or deteriorated drums prior to shipment. (Under most circumstances, overpack drums used for hazardous wastes may not be reused [49 CFR Part 173.3(c)]). Make sure that truck bed and walls are clean and smooth to prevent damage to drums. Do not double stack drums. Secure drums to prevent shifting during transport.
- Keep bulk solids several inches below the top of the truck container. Cover loads with a layer of clean soil, foam, and/or tarp. Secure the load to prevent shifting or release during transport.
- Weigh vehicles periodically to ensure that vehicle and road weight limits are not exceeded.
- Decontaminate vehicle tires prior to leaving the site to ensure that contamination is not carried onto public roads.
- Check periodically to ensure that vehicles are not releasing dust or vapor emissions off site.
- Develop procedures for responding quickly to offsite vehicle breakdown and accidents to ensure minimal public impact.



Single-stacked overpack drums awaiting transport off site. Worker suited in Level C personal protective equipment will spread a tarp over the drums to protect them during transport.

## Special Case Problems

### Tanks and Vaults

For tanks and vaults, which are often found on hazardous waste sites, the following procedures are recommended:

- In general, when opening a tank or vault follow the same procedures as for a sealed drum. If necessary, vent excess pressure if volatile substances are stored. Place deflecting shields

between workers and the opening to prevent direct contamination of workers by materials forced out by pressure when the tank is opened.

- Guard manholes or access portals to prevent personnel from falling into the tank.
- Identify the contents through sampling and analysis. If characterization indicates that the contents can be safely moved with the available equipment, vacuum them into a trailer for transportation to a disposal or recycling facility.
- Empty and decontaminate the tank or vault before disposal.
- If it is necessary to enter a tank or vault (i.e., confined spaces) for any reason (e.g., to clean off solid materials or sludges on the bottom or sides of the tank or vault), the following precautions should be taken [4]:
  - Ventilate thoroughly prior to entry.
  - Disconnect connecting pipelines.
  - Prior to entry, take air samples to prove the absence of flammable or other hazardous vapors and to demonstrate that adequate levels of oxygen exist.
  - Equip the entry team with appropriate respiratory protection, protective clothing, safety harnesses, and ropes.
  - Equip a safety observer with appropriate respiratory protection, protective clothing, a safety harness, and ropes.
  - Establish lifeline signals prior to entry so that the worker and safety observer can communicate by tugs on the rope.
  - Have an additional person available in the immediate vicinity to assist the safety observer if needed.
  - Instruct the safety observer not to enter the space until additional personnel are on scene.

## **Vacuum Trucks**

- Wear appropriate protective clothing and equipment when opening the hatch.
- If possible, use mobile steps or suitable scaffolding consistent with 29 CFR Part 1910 Subpart D. Avoid climbing up the ladder and walking across the tank catwalk.
- If the truck must be climbed, raise and lower equipment and samples in carriers to enable workers to use two hands while climbing.
- If possible, sample from the top of the vehicle. If it is necessary to sample from the drain spigot, take steps to prevent spraying of excessive substances. Have all personnel stand off to the side. Have sorbent materials on hand in the event of a spill.

## **Elevated Tanks**

In general, observe the safety precautions described for vacuum trucks. In addition:

- Use a safety line and harness.
- Maintain ladders and railings in accordance with OSHA requirements (29 CFR Part 1910 Subpart D).

## **Compressed Gas Cylinders**

- Obtain expert assistance in moving and disposing of compressed gas cylinders.
- Handle compressed gas cylinders with extreme caution. The rupture of a cylinder may result in an explosion, and the cylinder may become a dangerous projectile.
- Record the identification numbers on the cylinders to aid in characterizing their contents.

## **Ponds and Lagoons**

- Drowning is a very real danger for personnel suited in protective equipment because the weight of protective equipment increases an individual's overall density and severely impairs their

swimming ability. Where there is danger of drowning, provide necessary safety gear such as lifeboats, tag lines, railings, nets, safety harnesses, and flotation gear.

- Wherever possible, stay on shore. Avoid going out over the water.
- Be aware that some solid wastes may float and give the appearance of solid cracked mud. Caution should be exercised when working along shorelines.

## References

1. Mayhew, Joe J.; G.M. Sodear; and D.W. Carroll. 1982. A Hazardous Waste Site Management Plan. Chemical Manufacturers Association, Inc., Washington DC.
2. deVera, E.R.; B.R Simmons; R.D. Stephens; and D.L. Storm. 1980. Samplers and Sampling Procedures for Hazardous Waste Streams. EPA-600/2-80-018. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.
3. U.S. EPA. 1984. Characterization of Hazardous Waste Sites-A Methods Manual: Volume II. Available Sampling Methods. Second edition. EPA 600/ 4-84-076.
4. NIOSH. 1979. Criteria for a Recommended Standard: Working in Confined Spaces. NIOSH No. 80-106. Also available from U.S. Government Printing Office (#017-033-00353-0) and National Technical Information Service (PB-80-183015).

## 12. Site Emergencies

### Contents

Introduction	12-1
Planning	12-2
Personnel	12-3
Onsite Personnel	12-3
Offsite Personnel	12-5
Federal Response Organizations	12-5
Training	12-7
Emergency Recognition and Prevention	12-8
Communications	12-8
Internal Communications	12-8
External Communications	12-9
Site Mapping	12-10
Safe Distances and Refuges	12-10
Safe Distances	12-10
Public Evacuation	12-11
Refuges (Safety Stations)	12-11
Site Security and Control	12-12
Personal Locator Systems	12-12
Evacuation Routes and Procedures	12-13
Decontamination	12-14
Equipment	12-14
Medical Treatment/First Aid	12-17
Emergency Response Procedures	12-17
Notification	12-17
Size-Up	12-18
Rescue/Response Action	12-19
Follow-Up	12-20
Documentation	12-20
References	12-21

### Introduction

The nature of work at hazardous waste sites makes emergencies a continual possibility, no matter how infrequently they may actually occur. Emergencies happen quickly and unexpectedly and require immediate response. At a hazardous waste site, an emergency may be as limited as a worker experiencing heat stress, or as vast as an explosion that spreads toxic fumes throughout a community. Any hazard on site can precipitate an emergency: chemicals, biologic agents, radiation or physical hazards may act alone or in concert to create explosions, fires, spills, toxic atmospheres, or other dangerous and harmful situations. Table 12-1 lists common causes of site emergencies.

**Table 12-1. Causes of Emergencies at Hazardous Waste Sites**

**Worker-Related**

- Minor accidents (slips, trips, falls).
- Chemical exposure.
- Medical problems (heat stress, heat stroke, aggravation of pre-existing conditions).
- Personal protective equipment failure (air source failure, tearing or permeation of protective clothing, facepiece fogging).
- Physical injury (injuries from hot or flying objects, loose clothing entangling in machinery, serious falls, vehicle accidents).
- Electrical (burns, shock, electrocution).

**Waste-Related**

- Fire.
- Explosion.
- Leak.
- Release of toxic vapors.
- Reaction of incompatible chemicals.
- Collapse of containers.
- Discovery of radioactive materials.

Site emergencies are characterized by their potential for complexity: uncontrolled toxic chemicals may be numerous and unidentified; their effects may be synergistic. Hazards may potentiate one another—for example, a flammable spill feeding a fire. Rescue personnel attempting to remove injured workers may themselves become victims. This variability means that advance planning, including anticipation of different emergency scenarios and thorough preparation for contingencies, is essential to protect worker and community health and safety.

This chapter outlines important factors to be considered when planning for and responding to emergencies. It defines the nature of site emergencies, lists the types of emergencies that may occur, and outlines a Contingency Plan and its components, which include personnel roles, lines of authority, training, communication systems, site mapping, site security and control, refuges, evacuation routes, decontamination, a medical program, step-by-step emergency response procedures, documentation, and reporting to outside agencies. Backup information is detailed in other chapters of the manual.

## Planning

When an emergency occurs, decisive action is required. Rapidly made choices may have far-reaching, long-term consequences. Delays of minutes can create life-threatening situations. Personnel must be ready to immediately rescue or respond; equipment must be on hand and in good working order. In order to handle emergencies effectively, planning is essential. For this purpose, a Contingency Plan should be developed.

A Contingency Plan is a written document that sets forth policies and procedures for responding to site emergencies. It should incorporate the following:

- Personnel:
  - Roles.
  - Lines of authority.
  - Training.
  - Communication.

- Site:
  - Mapping.
  - Security and control.
  - Refuges.
  - Evacuation routes.
  - Decontamination stations.
- Medical/first aid.
- Equipment.
- Emergency procedures.
- Documentation.
- Reporting.

Overall, a Contingency Plan should:

- Be designed as a discrete section of the Site Safety Plan.
- Be compatible and integrated with the pollution response, disaster, fire, and emergency plans of local, state, and federal agencies.
- Be rehearsed regularly using drills and mock situations.
- Be reviewed periodically in response to new or changing site conditions or information.

## Personnel

This component of the plan includes not only onsite and offsite personnel with specific emergency response roles, but also others who may be on site, such as contractors, other agency representatives, and visitors. Emergency personnel and their responsibilities are covered in detail in Chapter 3 as part of the overall organizational structure. This information is summarized in Table 12-2.

Emergency personnel may be deployed in a variety of ways. Depending on the nature and scope of the emergency, the size of the site, and the number of personnel, the emergency response cadre can include individuals, small or large teams, or several interacting teams. Although deployment is determined on a site-by-site basis, pertinent general guidelines and recommendations are listed below. In all cases the organizational structure should show a clear chain-of-command, every individual should know his or her position and authority, and the chain-of-command must be flexible enough to handle multiple emergencies, such as a rescue and a spill response or two rescues with a fire and spill response.

### Onsite Personnel

The Contingency Plan should identify all individuals and teams who will participate in emergency response and define their roles. All personnel, whether directly involved in emergency response or not, should know their own responsibilities in an emergency. They must also know the names of those in authority, and the extent of that authority.

#### Leader

- In an emergency situation, one person must be able to assume total control and decision-making on site. This leader must:
  - Be identified in the emergency response plan. This person may be, for example, the Project Team Leader, Site Safety Officer, or Field Team Leader.
  - Be backed up by a specified alternate(s).

- Have the authority to resolve all disputes about health and safety requirements and precautions.
- Be authorized to seek and purchase supplies as necessary.
- Have control over activities of everyone entering the site, for example, contractors, fire departments, and police.
- Have the clear support of management.

**Table 12-2. Personnel Involved in Emergency Response**

**Project Team Leader**

- Directs emergency response operations.
- Serves as liaison with appropriate government officials.

**Site Safety Officer**

- Recommends that work be stopped if any operation threatens worker or public health or safety.
- Knows emergency procedures, evacuation routes, and the appropriate telephone numbers including: the ambulance, medical facility, poison control center, fire department, and police department.
- Notifies local public emergency officials.
- Provides for emergency medical care on site.

**Command Post Supervisor**

- Notifies emergency support personnel by telephone or radio in case rescue operations are required.
- Assists the Site Safety Officer in a rescue, if necessary.

**Rescue Team**

- An emergency rescue team stands by, partially dressed in protective gear, near the Exclusion Zone ready to rescue any workers whose health or safety is endangered.
- State emergency response personnel (varies among states).

**Decontamination Station Officers**

- Perform emergency decontamination.

**24-Hour Medical Team**

- Transportation and treatment of victims by ambulance personnel, personnel at local clinics or hospitals, and physicians.

**Communication Personnel**

- Local emergency service networks provide communication links for mutual aid.
- Civil Defense organizations and local radio and television stations provide information to the public during an emergency.

**Environmental Scientists**

- Predict the immediate and future movement of released hazardous substances through the geologic and hydrologic environment and air.
- Assess the effect of this movement on groundwater quality, surface water quality, and air quality.
- Determine the probable movement of released toxic gases.
- Estimate the expected concentration of gases in the community and the expected duration of exposure.
- Predict the exposure levels of people and the ecosystem to the materials.

**Hazardous Chemicals Experts**

- Provide immediate advice to those at the scene of a chemical-related emergency.

**Firefighters**

- Respond to fires that occur at a site; rescue victims.

**Meteorologists**

- Provide meteorological information needed by environmental scientists.

**Public Safety Personnel**

- The county sheriff, industrial security forces, the National Guard, and the police control site access, crowds, and traffic.

#### **Public Evacuation Personnel**

- Civil Defense organizations plan evacuations.
- The National Guard and other military, the Red Cross, the Salvation Army, and municipal transportation systems mobilize transit equipment and assist in evacuations.

#### **On-Scene Coordinator**

- Coordinates federal response activities.

### **Teams**

Although individuals (e.g., the Site Safety Officer) may perform certain tasks in emergencies, in most cases teams provide greater efficiency and safety. Teams composed of onsite personnel may be created for specific emergency purposes, such as decontamination, rescue, and entry. Rescue teams can be used during a particularly dangerous operation, or at large sites with multiple work parties in the Exclusion Zone. Their sole function is to remain near hazardous work areas, partially dressed in protective gear, ready for full suiting and immediate rescue of any endangered worker. These teams should be capable of administering cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency first aid. Other teams can be formed for responding to containment emergencies and fire-fighting until offsite assistance arrives.

### **Offsite Personnel**

These may include individual experts such as meteorologists or toxicologists (see Table 12-2). and representatives or groups from local, state, and federal organizations offering rescue, response, or support (see Table 12-3 for a listing of typical organizations). As part of advance planning, site personnel should:

- Make arrangements with individual experts to provide guidance as needed.
- Make arrangements with the appropriate agencies (e.g., local fire department, state environmental agency, EPA regional office) for support.
- Alert these authorities to the types of emergencies that may arise.
- Determine their estimated response time and resources.
- Identify backup facilities.
- Provide training and information about hazards on site and special procedures for handling them.
- Establish a contact person and means of notification at each agency.

### **Federal Response Organizations**

Site emergencies involving significant chemical releases should be coordinated with federal response organizations. The federal government has established a National Contingency Plan (NCP) to promote the coordination and direction of federal and state response systems, and to encourage the development of local government and private capabilities to handle chemical emergencies involving chemical releases.

To implement the NCP, a national organization was established, including a National Response Team (NRT), a network of Regional Response Teams (RRTs), a cadre of On-Scene Coordinators (OSCs), and a National Response Center (NRC). The NRC is the national terminal point for receipt of notification of significant chemical releases, and the OSCs are the interface between the onsite personnel and the federal response organizations. The OSC is the federal official responsible for ensuring that necessary response actions are taken to protect the public and the

environment from the effects at a chemical release. Many federal agencies have specific technical expertise which is available to assist the OSC.

If a significant chemical release occurs at a hazardous waste site, the National Response Center in Washington, D.C., should be contacted (Telephone: 800-424-8802). The NRC will activate federal response under the National Contingency Plan.

**Table 12-3. Examples of Agencies and Groups Involved in Emergencies**

AGENCY OR GROUP	RESCUE <sup>a</sup>	RESCUE <sup>b</sup>	SUPPORT <sup>c</sup>
<b>FEDERAL</b>			
Army Corps of Engineers			•
Coast Guard <sup>d</sup>		•	•
Department of Defense <sup>d</sup>		•	•
Department of Transportation			•
Environmental Protection Agency (EPA) <sup>d</sup>		•	•
Federal Aviation Administration (FAA)			•
Federal Emergency Management Agency (FEMA)			•
National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)			•
Occupational Safety and Health Administration (OSHA)			•
<b>STATE</b>			
Civil Defense			•
Department of Health			•
Department of Labor			•
Environmental Agency		•	•
Office of the Attorney General			•
State Police	•		•
<b>LOCAL</b>			
Ambulance and rescue services	•	•	•
Cleanup contractor	•	•	•
Disposal companies	•	•	•
Fire department	•	•	•
Hospital			•
Police	•		•
Red Cross			•
Salvation Army			•
Transporters			•
Utility companies (electric, gas, water, phone)			•

<sup>a</sup>Rescue = extricating and/or providing on-the-spot emergency treatment to victims.

<sup>b</sup>Response = controlling and stabilizing hazardous conditions.

<sup>c</sup>Support = providing technical assistance, equipment, and/or resources.

<sup>d</sup>This agency may provide an On-Scene Coordinator (OSC), depending on the jurisdiction.

## Training

Since immediate, informed response is essential in an emergency, all site personnel and others entering the site (visitors, contractors, offsite emergency response groups, other agency representatives) must have some level of emergency training. Any training program should:

- Relate directly to site-specific, anticipated situations.
- Be brief and repeated often.
- Be realistic and practical.
- Provide an opportunity for special skills to be practiced regularly.
- Feature drills frequently (e.g., site-specific mock rescue operations).
- Ensure that training records are maintained in a training logbook.

Everyone entering the site must be made aware of the hazards and of hazardous actions which are forbidden or should be avoided (e.g., smoking). They must also know what to do in case of an emergency.

Visitors should be briefed on basic emergency procedures such as decontamination, emergency signals, and evacuation routes.

Personnel without defined emergency response roles (e.g., contractors, federal agency representatives) must still receive a level of training that includes at a minimum:

- Hazard recognition.
- Standard Operating Procedures.
- Signaling an emergency: the alarm used, how to summon help, what information to give and who to give it to.
- Evacuation routes and refuges.
- The person or station to report to when an alarm sounds.

Onsite emergency personnel, who have emergency roles in addition to their ordinary duties, must have a thorough understanding of emergency response. Training should be directly related to their specific roles and should include subjects such as:

- Emergency chain-of-command.
- Communication methods and signals.
- How to call for help.
- Emergency equipment and its use.
- Emergency evacuation while wearing protective equipment.
- Removing injured personnel from enclosed spaces.
- Offsite support and how to use it.

These personnel should obtain certification in first aid and CPR, and practice treatment techniques regularly, with an emphasis on:

- Recognizing and treating chemical and physical injuries.
- Recognizing and treating heat and cold stress.

Offsite emergency personnel such as local firefighters and ambulance crews often are first responders and run a risk of acute hazard exposure equal to that of any onsite worker. These personnel should be informed of ways to recognize and deal effectively with onsite hazards. Lack of information may inadvertently worsen an emergency by improper actions (e.g., spraying water on a water-reactive chemical and causing an explosion). Inadequate knowledge of the onsite

emergency chain-of-command may cause confusion and delays. Site management should, at a minimum, provide offsite emergency personnel with information about:

- Site-specific hazards.
- Appropriate response techniques.
- Site emergency procedures.
- Decontamination procedures.

## Emergency Recognition and Prevention

On a day-to-day basis, individual personnel should be constantly alert for indicators of potentially hazardous situations and for signs and symptoms in themselves and others that warn of hazardous conditions and exposures. Rapid recognition of dangerous situations can avert an emergency. Before daily work assignments, regular meetings should be held. Discussion should include:

- Tasks to be performed.
- Time constraints (e.g., rest breaks, air tank changes).
- Hazards that may be encountered, including their effects, how to recognize symptoms or monitor them, concentration limits, or other danger signals.
- Emergency procedures.

After daily work assignments, a debriefing session should be held to review work accomplished and problems observed.

## Communications

In an emergency, crucial messages must be conveyed quickly and accurately. Site staff must be able to communicate information such as the location of injured personnel, orders to evacuate the site, and notice of blocked evacuation routes, even through noise and confusion. Outside support sources must be reached, help obtained, and measures for public notification ensured, if necessary. To do this, a separate set of internal emergency signals should be developed and rehearsed daily. External communication systems and procedures should be clear and accessible to all workers.

### Internal Communications

Internal emergency communication systems are used to alert workers to danger, convey safety information, and maintain site control. Any effective system or combination may be employed. Radios or field telephones are often used when work teams are far from the Command Post. Alarms or short clear messages can be conveyed by audible signals, e.g., bullhorns, megaphones, sirens, bells, whistles, or visual signals such as colored flags, flares, lights, and hand or whole-body movements. The primary system must have a backup. For example, hand signals may be used as a backup if radio communications fail. All internal systems should be:

- Clearly understood by all personnel.
- Checked and practiced daily.
- Intrinsically safe (spark-free).

A special set of emergency signals should be set up. These should be:

- Different from ordinary signals
- Brief and exact.

- Limited in number so that they are easily remembered.

Examples include: stop, evacuate, help, all clear. Any set of signals may be used to convey these messages as long as all personnel understand their meaning. See Table 12-4 for examples.

When designing and practicing communication systems, remember that:

- Background noise on site will interfere with talking and listening.
- Wearing personal protective equipment will impede hearing and limit vision (e.g., the ability to recognize hand and body signals).
- Inexperienced radio users may need practice in speaking clearly.

**Table 12-4. Sample Internal Emergency Communication Signals**

DEVICES <sup>a</sup> AND SIGNALS	EXAMPLE
Radio (citizen's band or FM)	Established code words.
Noisemakers, including:	One long blast: Evacuate area by nearest emergency exit.
Bell	
Compressed air horn	Two shot blasts: Localized problem (not dangerous to workers).
Megaphone	
Siren	Two long blasts: all clear.
Whistle	
Visual signal, including:	Hand clutching throat: Out of air/can't breath.
Hand signals	Hands on top of head: Need assistance
Whole body movements	Thumbs up: OK/I'm alright/I understand
	Thumbs down: No/negative
	Grip partner's wrist or both hands around partner's waist: Leave area immediately.

<sup>a</sup>All devices and equipment used in the Exclusion and Contamination Reduction Zones must be intrinsically safe and not capable of sparking.

## External Communications

Offsite sources must be contacted to get assistance or to inform officials about hazardous conditions that may affect public or environmental safety. The telephone is the most common mode of offsite communication; phone hook-ups are considered a necessity at all but the most remote sites.

- The National Response Center (NRC) (Telephone: 800-424-8802) should be contacted in the event of a significant chemical release. The NRC will contact the appropriate federal On-Scene Coordinator.
- All personnel must be familiar with the protocol (phone number or emergency code, contact person) for contacting public emergency aid teams such as fire departments, ambulance units, and hospitals.

- If there is no site telephone system, all personnel must know the location of the nearest public telephone. A supply of telephone change and the necessary phone numbers must be readily available.

## Site Mapping

Detailed information about the site is essential for advance planning. For this purpose, a site map is a valuable tool. It serves as a graphic record of the locations and types of hazards, a reference source, and a method of documentation. This map can be a duplicate of the one developed for the Site Safety Plan (see Chapter 3), but it should focus on potential areas where emergencies may develop. Pins and colored flags can be used to mark changes in personnel deployment, hazard areas, and equipment locations. The map should highlight:

- Hazard areas, especially potential IDLH conditions.
- Site terrain: topography, buildings, barriers.
- Evacuation routes.
- Site accessibility by land, sea, and air.
- Work crew locations.
- Changes (e.g., work activities, vandalism, accidents).
- Offsite populations or environments at potential risk.

The map can be used for planning and training. It can serve as a basis for developing potential emergency scenarios and alternative response strategies.

When an emergency occurs, the problem areas should be pinpointed on the map. Pertinent information such as weather and wind conditions, temperature, and forecast - should be added. The map can then be used to design the emergency plan, e.g., to define zones; determine evacuation routes; and identify emergency first-aid, decontamination, and Command Post stations. When using the map for such purposes, the accuracy of the data obtained and the potential for over or underestimating a hazard should be considered.

Even if the emergency develops so fast that the map cannot be used for on-the-spot planning, prior familiarity with it will aid in making informed decisions.

## Safe Distances and Refuges

### Safe Distances

No single recommendation can be given for evacuation or safe distances because of the wide variety of hazardous substances and releases found at sites. For example, a "small" chlorine leak may call for an isolation distance of only 140 feet (43 meters), while a "large" leak may require an evacuation distance of 1 mile (1.6 kilometers) or more, depending on the wind direction [1].

Safe distances can only be determined at the time of an emergency, based on a combination of site- and incident-specific factors. However, planning and outlining potential emergency scenarios will help familiarize personnel with points to consider. Factors that influence safe distances include:

- The toxicological properties of the substance.
- The physical state of the substance.

- The quantity released.
- The rate of release.
- The method of release.
- The vapor pressure of the substance.
- Vapor density relative to air.
- Wind speed and direction.
- Atmospheric stability.
- The height of release.
- Air temperature and temperature change with altitude.
- Local topography (e.g., barriers may enhance or retard a cloud or plume, and attenuate a blast).

## **Public Evacuation**

If an incident may threaten the health or safety of the surrounding community, the public will need to be informed and possibly evacuated from the area. Site management should plan for this in coordination with the appropriate local, state and federal groups, such as the Federal Emergency Management Agency, the Civil Defense, county sheriff, local radio and television stations, municipal transportation systems, National Guard, and police.

## **Refuges (Safety Stations)**

Onsite refuges (safety stations) can be set up for localized emergencies that do not require site evacuation. These refuges should only be used for essential needs, such as short rest breaks, emergency response strategy meetings, or temporary relief during mild cases of muscle strain and heat stress. The refuge should be located in a relatively safe, but not necessarily "clean" area, e.g., along the upwind fence line in specially cleared places or on the periphery of the Exclusion Zone.<sup>1</sup> The refuge should never be used for activities such as eating, drinking, or air changes. Typical items located in a refuge area include:

- A sitting/resting area that should be shaded if possible.
- Water for decontamination.
- Wind indicator.
- Communication system with the Command Post. First-aid supplies, e.g., eyewash, stretcher, blanket.
- Special monitoring devices (e.g., extra detector tubes and personal monitors).
- Bolt cutters.
- Fire extinguishers.
- Hand tools.

Other refuges can be set up in the Support Zone, or in the case of site-wide evacuations, offsite at the safe exit destination. These will provide for emergency needs such as first aid for injured personnel, clean dry clothing and wash water for chemical exposure victims, and communications with the Command Post. In a sitewide evacuation, they can be used to house evacuation exit equipment, thereby reducing security problems. These refuges should be stocked with such items as:

- Decontamination supplies.
- Oxygen and/or air.
- Water.
- Special testing equipment (e.g., pH paper, cyanide paper).

- First-aid supplies.
- Communication system.

## Site Security and Control

In an emergency, the Project Team Leader (or designated representative) must know who is on site and must be able to control the entry of personnel into the hazardous areas to prevent additional injury and exposure. Only necessary rescue and response personnel should be allowed into the Exclusion Zone.

One control technique is a checkpoint or series of checkpoints through which all personnel entering or exiting the site must Pass, e.g., a Support Zone checkpoint and an Exclusion Zone checkpoint. Identification or authorization must be presented to a Checkpoint Control Manager, who records each person's:

- Name (and affiliation if offsite personnel).
- Status (in or out).
- Time of entry.
- Anticipated exit time.
- Zones or areas to be entered.
- Team or "buddy."
- Task being performed.
- Location of task.
- Protective equipment worn; air time left.
- Rescue and response equipment used.

The emergency area Checkpoint Control Manager should inform the Project Team Leader if a person remains in the emergency area beyond his or her anticipated exit time.

## Personal Locator Systems

In an emergency, it is vital for the Project Team Leader (or designee) and rescue personnel to rapidly determine where workers are located and who may be injured. A passive locator system (i.e., a written record of the location of all personnel on site at any time) could be used to help find personnel in an emergency. Any such system should be:

- Graphic (such as a drawing with a written key).
- Roughly drawn to scale, with the scale and visible landmarks included.
- Kept current.
- Easy to locate.
- Stored outside the Exclusion Zone.

A good passive locator system is a site map with flags or color-headed pins identifying each worker.

Active locator systems can also be used. These are worn or carried by individual personnel, and are activated by actions such as flipping a switch, a decrease in air supply, or a fall. They have the advantage of precisely locating Individuals.

## Evacuation Routes and Procedures

A severe emergency, such as a fire or explosion, may cut workers off from the normal exit near the Command Post. Therefore, alternate routes for evacuating victims and endangered personnel should be established in advance, marked, and kept clear. Routes should be directed (1) from the Exclusion Zone through an upwind Contamination Reduction Zone to the Support Zone, and (2) from the Support Zone to an offsite location in case conditions necessitate a general site evacuation. The following guidelines will help in establishing safe evacuation routes.

- Place the evacuation routes in the predominantly upwind direction of the Exclusion Zone. (At a very large site, or one with many obstacles, some exits may be placed in the downwind fenceline, normally an undesirable location. If this is done, workers must know that they are not "out" until they reach the designated safety area.)
- Run the evacuation routes through the Contamination Reduction Zone. Even if there is not enough time to process the evacuees through decontamination procedures, there should be a mechanism for accounting for all personnel.
- Consider the accessibility of potential routes. Take into account obstructions such as locked gates, trenches, pits, tanks, drums, or other barriers, and the extra time or equipment needed to maneuver around or through them.
- Develop two or more routes that lead to safe areas and that are separate or remote from each other. Multiple routes are necessary in case one is blocked by a fire, spill, or vapor cloud. These routes must not overlap because if a common point were obstructed by a fire or other emergency, all intersecting routes would be blocked.
- Mark routes "safe" or "not safe" on a daily basis according to wind direction and other factors.
- Mark evacuation routes with materials such as barricade tape, flagging, or traffic cones. Equally important, mark areas that do not offer safe escape or that should not be used in an emergency, such as low ground, which can fill with gases or vapors, or routes blocked by natural barriers, such as cliffs or streams.
- Consider the mobility constraints of personnel wearing protective clothing and equipment. They will have difficulty crossing even small streams and going up and down banks.
  - Place ladders across any cut or excavation that is more than 3 feet (1 meter) deep. For long cuts, place ladders at least every 25 feet (7.5 meters), and for deep cuts, place plywood or planks on top of ladders.
  - Provide ladders for rapid descent from areas or structures elevated more than 3 feet (1 meter). Use only ladders capable of supporting a 250-lb (114-kg) load.
  - Secure ladders to prevent slipping.
  - Place standard cleated ramps ("chickenboard") across ditches and other similar obstacles. Add a railing and toe boards if the board is narrow or steeply sloped.
  - Check the toe and body clearance of ladders to make sure that personnel wearing protective clothing and SCBA can use them.
  - Check the clearance of access ports, such as crawlspaces, hatches, manholes, and tunnels to make sure that personnel wearing a protective ensemble can get through. In any case, access ports should be at least 3 feet (1 meter) in diameter where possible. (Standard tank manways are smaller.)
- Make escape routes known to all who go on site.

## Decontamination

When planning for decontamination in medical emergencies, procedures should be developed for:

- Decontaminating the victim.
- Protecting medical personnel.
- Disposing of contaminated protective equipment and wash solutions.

These activities should be coordinated. The decision whether or not to decontaminate a victim is based on the type and severity of the illness or injury and the nature of the contaminant. For some emergency victims, immediate decontamination may be an essential part of life-saving first aid. For others, decontamination may aggravate the injury or delay life-saving treatment. If decontamination does not interfere with essential treatment, it should be performed. Figure 12-1 is a decision aid for emergency decontamination.

- If decontamination can be done:
  - Wash, rinse and/or cut off protective clothing and equipment.
- If decontamination cannot be done:
  - Wrap the victim in blankets, plastic, or rubber to reduce contamination of other personnel.
  - Alert emergency and offsite medical personnel to potential contamination; instruct them about specific decontamination procedures if necessary.
  - Send along site personnel familiar with the incident.

See Chapter 9, *Decontamination*, for details on decontamination techniques and procedures.

## Equipment

In an emergency, equipment will be necessary to rescue and treat victims, to protect response personnel, and to mitigate hazardous conditions on site (e.g., to contain chemicals or fight fires). Some regular equipment can double for emergency use. Because of its high cost, most heavy equipment (e.g., bulldozers, drum movers, pumps) employed in emergencies will also be used for regular work assignments. All equipment should be in working order, fueled, and available when an emergency occurs. Provide safe and unobstructed access for all firefighting and emergency equipment at all times. Consider adopting the following work procedures:

- Refuel all heavy equipment when there is still one-half to one-quarter of a tank of fuel left.
- Require all equipment repairs to take place at the time the problem is discovered.
- Separate two similar pieces of equipment (e.g., two front-loaders or a bulldozer and a front-loader); park each at a different spot on site and do not use them at the same time in a hazardous area unless absolutely necessary. (This will minimize the possibility of both pieces of equipment being damaged in the same explosion or fire.)

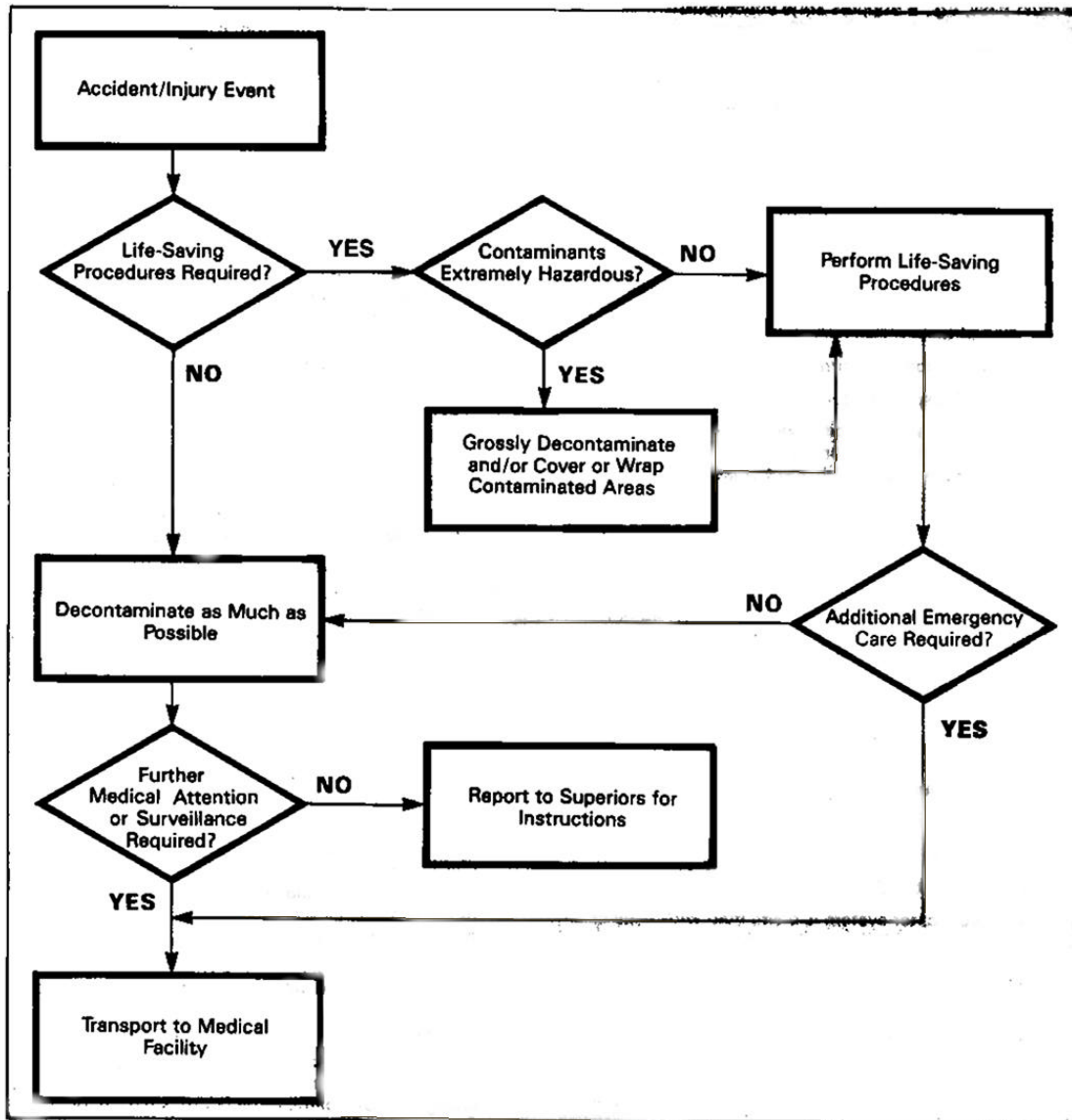


Figure 12-1. Decision Aid for Emergency Decontamination.

For personal protective equipment:

- Refill all empty self-contained breathing apparatus (SCBA) tanks and prepare them for emergencies immediately after normal use.
- Stock higher levels of protective equipment than required for anticipated hazards (e.g., a site where Level C equipment is normally used [see Table 8-6] should have Level A and B equipment available for emergencies).

Basic equipment that should be available at any site is listed in Table 12-5. Special equipment should be obtained depending on the specific types of emergencies that may occur at a particular site and the capabilities of backup offsite personnel. For example, if the nearest fire department is small and only carries one bucket of foaming solution because of its high cost and short shelf-life, a site may need to stock a large quantity of foam. When determining the type and quantity of special equipment, the following factors should be considered:

- The types of emergencies that may arise. For each emergency, consider a probable and a worst-case scenario.
- The types of hazards that site personnel may be exposed to and the appropriate containment, mitigative, and protective measures.
- The capabilities and estimated response times of offsite emergency personnel.
- The number of site personnel who could be victims during an emergency.
- The probable number of personnel available for response.

**Table 12-5. Onsite Equipment and Supplies for Emergency Response**

PERSONAL PROTECTION	MEDICAL	HAZARD MITIGATION
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escape SCBA or SCBA, which can be brought to the victim to replace or supplement his or her SCBA.</li> <li>• Personal protective equipment and clothing specialized for known site hazards.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Air splints</li> <li>• Antiseptics</li> <li>• Blankets</li> <li>• Decontamination solutions appropriate for onsite chemical hazards</li> <li>• Emergency eye wash</li> <li>• Emergency showers or wash stations</li> <li>• Ice</li> <li>• Reference books containing basic first-aid procedures and information on treatment of specific chemical injuries</li> <li>• Resuscitator</li> <li>• Safety harness</li> <li>• Stretchers</li> <li>• Water, in portable containers</li> <li>• Wire basket litter (Stokes litter) which can be used to carry a victim in bad weather and on a difficult terrain, allows easy decontamination of the victim, and is itself easy to decontaminate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fire-fighting equipment and supplies</li> <li>• Spill-containment equipment, such as absorbents and oil booms</li> <li>• Special hazardous-use tools such as remote pneumatic impact wrenches, non-sparking wrenches and picks</li> <li>• Containers to hold contaminated materials.</li> </ul>

## Medical Treatment/First Aid

In emergencies, toxic exposures and hazardous situations that cause injuries and illnesses will vary from site to site. Medical treatment may range from bandaging of minor cuts and abrasions to life-saving techniques. In many cases, essential medical help may not be immediately available. For this reason, it is vital to train onsite emergency personnel in on-the-spot treatment techniques, to establish and maintain telephone contact with medical experts (e.g., toxicologists), and to establish liaisons with local hospitals and ambulance services. Guidelines for establishing an emergency medical program are detailed in Chapter 5. When designing this program, these essential points should be included:

- Train a cadre of personnel in emergency treatment such as first aid and CPR. Training should be thorough, frequently repeated, and geared to site-specific hazards.
- Establish liaison with local medical personnel, for example: 24-hour on-call physician, medical specialists, local hospitals, ambulance service, and poison control center. Inform and educate these personnel about site-specific hazards so that they can be optimally helpful if an emergency occurs. Develop procedures for contacting them; familiarize all onsite emergency personnel with these procedures.
- Set up onsite emergency first-aid stations; see that they are well supplied and restocked immediately after each emergency.

## Emergency Response Procedures

Response operations usually follow a sequence that starts with the notification of trouble and continues through the preparation of equipment and personnel for the next emergency. This process is illustrated in Figure 12-2.

### Notification

Alert personnel to the emergency. Sound a site alarm to:

- Notify personnel.
- Stop work activities if necessary.
- Lower background noise in order to speed communication.
- Begin emergency procedures.

Notify onsite emergency response personnel about the emergency and include essential information:

- What happened.
- Where it happened.
- Whom it happened to.
- When it happened.
- How it happened.
- The extent of damage.
- What aid is needed.

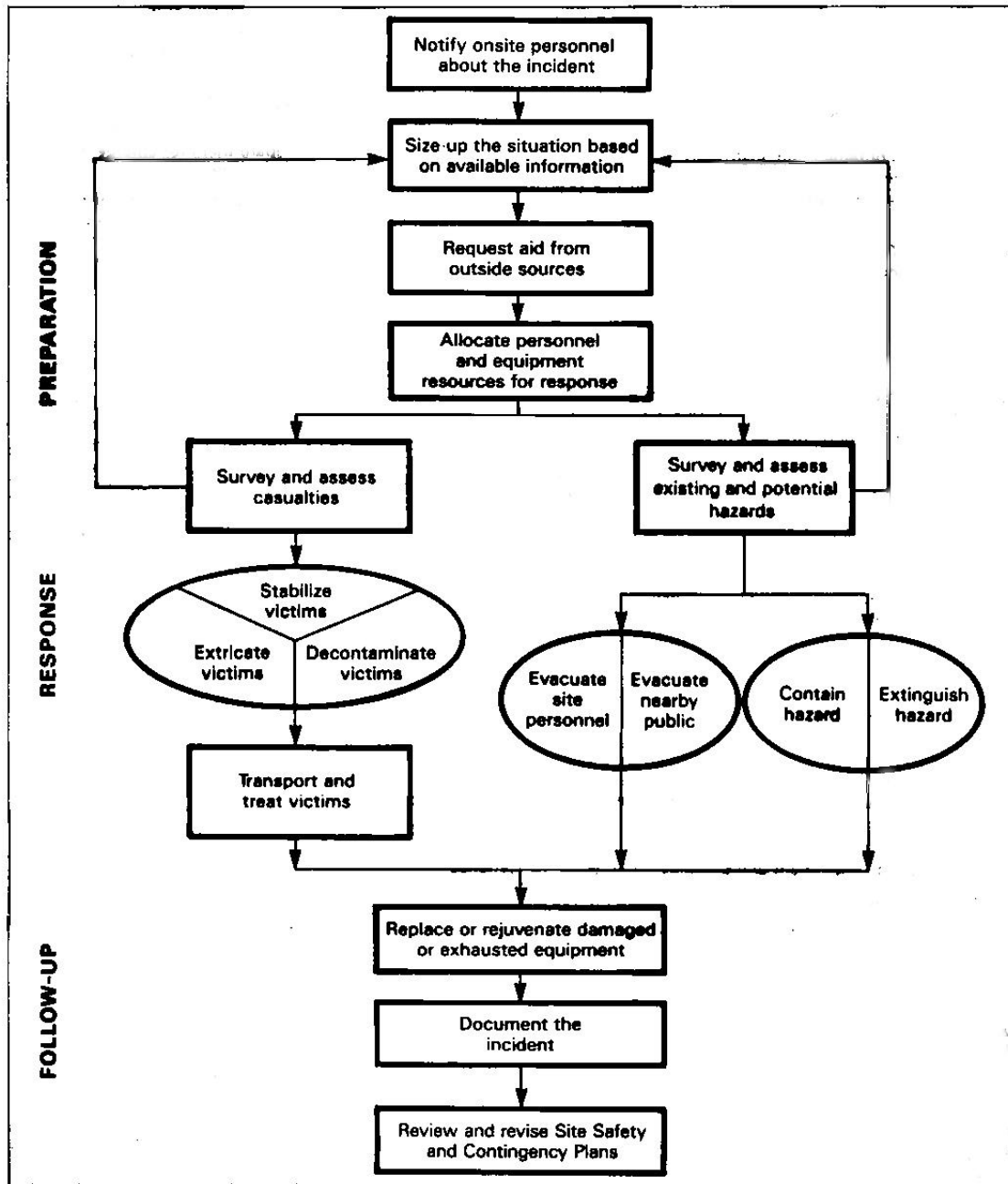


Figure 12-2. Emergency Response Operations.

## Size-Up

Available information about the incident and emergency response capabilities should be evaluated. The following information should be determined, to the extent possible:

- What happened:
  - Type of incident.
  - Cause of incident.

- Extent of chemical release and transport.
- Extent of damage to structures, equipment, and terrain.
- Casualties:
  - Victims (number, location, and condition).
  - Treatment required.
  - Missing personnel.
- What could happen. Consider:
  - Types of chemicals on site.
  - Potential for fire, explosion, and release of hazardous substances.
  - Location of all personnel on site relative to hazardous areas.
  - Potential for danger to offsite population or environment.
- What can be done. Consider:
  - Equipment and personnel resources needed for victim rescue and hazard mitigation.
  - Number of uninjured personnel available for response.
  - Resources available on site.
  - Resources available from outside groups and agencies.
  - Time for outside resources to reach the site.
  - Hazards involved in rescue and response.

## Rescue/Response Action

Based on the available information, the type of action required should be decided and the necessary steps implemented. Some actions may be done concurrently. No one should attempt emergency response or rescue until backup personnel and evacuation routes have been identified. Rescue/response actions may include:

- Enforce the buddy system: Allow no one to enter an, Exclusion Zone or hazardous area without a partner. At all times, personnel in the Exclusion Zone should be in line-of-sight or communications contact with the Command Post Supervisor or designee.
- Survey casualties:
  - Locate all victims and assess their condition.
  - Determine resources needed for stabilization and transport.
- Assess existing and potential hazards to site personnel and to the offsite population. Determine:
  - Whether and how to respond.
  - The need for evacuation of site personnel and offsite population.
  - The resources needed for evacuation and response.
- Allocate resources. Allocate onsite personnel and equipment to rescue and incident response operations.
- Request aid. Contact the required offsite personnel or facilities, such as the ambulance, fire department, and police.
- Control. Bring the hazardous situation under complete or temporary control; use measures to prevent the spread of the emergency.
- Extricate. Remove or assist victims from the area.
- Decontaminate. Use established procedures to decontaminate uninjured personnel in the Contamination Reduction Zone. If the emergency makes this area unsafe, establish a new decontamination area at an appropriate distance. Decontaminate victims before or after stabilization as their medical condition indicates (see Figure 12-1 for decision aid).
- Stabilize. Administer any medical procedures that are necessary before the victims can be moved. Stabilize or permanently fix the hazardous condition (e.g., repack; empty filled runoff dikes). Attend to what caused the emergency and anything (e.g., drums, tanks) damaged or endangered by the emergency.

- Transport. Take measures to minimize chemical contamination of the transport vehicle and ambulance and hospital personnel. Adequately protected rescuers should decontaminate the victims before transport. If this is not possible, cover the victims with adequate sheeting. Before transportation, determine the level of protection necessary for transport personnel. Provide them with disposable coveralls, disposable gloves, and supplied air, as necessary, for their protection. If appropriate, have response personnel accompany victims to the medical facility to advise on decontamination.
- Evacuate:
  - Move site personnel to a safe distance upwind of the incident.
  - Monitor the incident for significant changes. The hazards may diminish, permitting personnel to reenter the site, or increase and require public evacuation.
  - Inform public safety personnel when there is a potential or actual need to evacuate the offsite population. Do not attempt large-scale public evacuation. This is the responsibility of government authorities (see Table 12-3).

## Follow-Up

Before normal site activities are resumed, personnel must be fully prepared and equipped to handle another emergency.

- Notify appropriate government agencies as required. For example, OSHA must be notified if there have been any fatalities or five or more hospitalizations.
- Restock all equipment and supplies. Replace or repair damaged equipment. Clean and refuel equipment for future use.
- Review and revise all aspects of the Contingency Plan according to new site conditions and lessons learned from the emergency response. When reviewing the information, consider typical questions such as:
  - Cause: What caused the emergency?
  - Prevention: Was it preventable? If so, how?
  - Procedures: Were inadequate or incorrect orders given or actions taken? Were these the result of bad judgment, wrong or insufficient information, or poor procedures? Can procedures or training be improved?
  - Site profile: How does the incident affect the site profile? How are other site cleanup activities affected?
  - Community: How is community safety affected?
  - Liability: Who is liable for damage payments?

## Documentation

The Project Team Leader should initiate the investigation and documentation of the incident. This is important in all cases, but especially so when the incident has resulted in personal injury, onsite property damage, or damage to the surrounding environment. Documentation may be used to help avert recurrences, as evidence in future legal action, for assessment of liability by insurance companies, and for review by government agencies. Methods of documenting can include a written transcript taken from tape recordings made during the emergency or a bound field book (not a looseleaf book) with notes. The document must be:

- Accurate: All information must be recorded objectively.
- Authentic: A chain-of-custody procedure should be used. Each person making an entry must date and sign the document. Keep the number of documenters to a minimum (to avoid confusion and because they may have to give testimony at hearings or in court). Nothing should be erased. If details change or revisions are needed, the person making the notation should mark a horizontal line through the old material and initial the change.

- Complete: At a minimum, the following should be included:
  - Chronological history of the incident.
  - Facts about the incident and when they became available.
  - Title and names of personnel; composition of teams.
  - Actions: decisions made and by whom; orders given: to whom, by whom, and when; and actions taken: who did what, when, where, and how.
  - Types of samples and test results; air monitoring results.
  - Possible exposures of site personnel.
  - History of all injuries or illnesses during or as a result of the emergency.

## Reference

1. U.S. Department of Transportation. 1984. DOT 1984 Emergency Response Guidebook. DOT P5800.3. U.S. Department of Transportation, Washington, DC.

## Appendix A. List of Abbreviations and Acronyms

### List of Abbreviations

cm <sup>3</sup>	cubic centimeter	m <sup>3</sup>	cubic meter
CO <sub>2</sub>	carbon dioxide	mg	milligram
dBA	Decibels on A-weighted scale	ml	milliliter
ft	foot	mrem	milliroentgen equivalent in man
g	gram	O <sub>2</sub>	oxygen
g-mole	gram-mole	psi	pounds per square inch
hr	hour	ppb	parts per billion
l	liter	ppm	parts per million
lb	pound	ta	ambient air temperature
		ta adj	adjusted ambient air temperature

### List of Acronyms

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists	NFPA	National Fire Protection Association
ANSI	American National Standards Institute	NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
CAA	Clean Air Act	OSHA	Occupational Safety and Health Administration
CBC	Complete blood count	OVA	organic vapor analyzer
CERCLA	Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (also called Superfund)	PAPR	powered air-purifying respirator
CFR	Code of Federal Regulations	PCB	polychlorinated byphenyl
CGI	combustible gas indicator	PDS	personnel decontamination station
CNS	central nervous system	PEL	permissible exposure limit
CPR	cardiopulmonary resuscitation	PID	photoionization detector
CRC	Contamination Reduction Corridor	PPE	personal protective clothing and equipment
CRZ	Contamination Reduction Zone	PVC	polyvinyl chloride
EPA	U.S. Environmental Protection Agency	RBC	red blood count
ESLI	end-of-service-life indicator	REL	recommended exposure limit
FEF	forced expiratory flow	RV	residual volume
FID	flamed ionization detector	SAR	supplied-air respirator
FRC	functional residual capacity	SCBA	self-contained breathing apparatus
GC	gas chromatography	SOP	Standard Operating Procedure
IDLH	immediately dangerous to life or health	TLC	total lung capacity
IR	infrared	TLV	threshold limit value
LEL	lower explosive limit	TLV-C	threshold limit value – ceiling
LFL	lower flammable limit	TLV-STEL	threshold limit value – short-term exposure limit
MEFR	maximal expiratory flow rate	TWA	time-weighted average
MSHA	Mine Safety and Health Administration	UEL	upper explosive limit
MVV	maximal voluntary ventilation	UFL	upper flammable limit
		USCG	U.S. Coast Guard
		UV	ultraviolet

## Appendix B. Generic Site Safety Plan

This appendix provides a generic plan based on a plan developed by the U.S. Coast Guard for responding to hazardous chemical releases.<sup>1</sup> This generic plan can be adapted for designing a Site Safety Plan for hazardous waste site cleanup operations. It is not all inclusive and should only be used as a guide, not a standard.

### A. SITE DESCRIPTION

Date\_\_\_\_\_ Location\_\_\_\_\_

Hazards\_\_\_\_\_

Area affected\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Surrounding population\_\_\_\_\_

Topography\_\_\_\_\_

Weather conditions\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Additional information\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### B. ENTRY OBJECTIVES - The objective of the initial entry to the contaminated area is to (describes actions, tasks to be accomplished; i.e., identify contaminated soil; monitor conditions, etc.)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### C. ONSITE ORGANIZATION AND COORDINATION - The following personnel are designated to carry out the stated job functions on site. (Note: One person may carry out more than one job function.)

PROJECT TEAM LEADER\_\_\_\_\_

SCIENTIFIC ADVISOR\_\_\_\_\_

SITE SAFETY OFFICER\_\_\_\_\_

PUBLIC INFORMATION OFFICER\_\_\_\_\_

SECURITY OFFICER\_\_\_\_\_

RECORDKEEPER\_\_\_\_\_

FINANCIAL OFFICER\_\_\_\_\_

FIELD TEAM LEADER\_\_\_\_\_

FIELD TEAM MEMBERS\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

FEDERAL AGENCY REPS (i.e., EPA, NIOSH)\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

<sup>1</sup> U.S. Coast Guard. Policy Guidance for Response to Hazardous Chemical Releases, USCG Pollution Response COMDTINST-MI6465.30.

STATE AGENCY REPS

---

---

LOCAL AGENCY REPS

---

---

---

CONTRACTOR(S)

---

---

---

---

All personnel arriving or departing the site should log in and out with the Record-keeper. All activities on site must be cleared through the Project Team Leader.

#### D. ONSITE CONTROL

(Name of individual or agency) has been designated to coordinate access control and security on site. A safe perimeter has been established at (distance or description of controlled area)

---

No unauthorized person should be within this area.

The onsite Command Post and staging area have been established at \_\_\_\_\_

---

The prevailing wind conditions are \_\_\_\_\_. This location is upwind from the Exclusion Zone.

Control boundaries have been established, and the Exclusion Zone (the contaminated area), hotline, Contamination Reduction Zone, and Support zone (clean area) have been identified and designated as follows: (describe boundaries and/or attach map of controlled area)

---

---

---

These boundaries are identified by: (marking of zones, i.e., red boundary tape - hotline; traffic cones - Support Zone; etc\*)

---

---

---

#### E. HAZARD EVALUATION

The following substances) are known or suspected to be on site. The primary hazards of each are identified.

**Substances Involved**

**Concentrations (If Known)**

**Primary Hazards**

(chemical name)

\_\_\_\_\_

(e.g., toxic on nhalation)

---

---

---

---

---

---

The following additional hazards are expected on site: (i.e., slippery ground, uneven terrain, etc.)

---

Hazardous substance information form(s) for the involved substances) have been completed and are attached.

## F. PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

Based on evaluation of potential hazards, the following levels of personal protection have been designated for the applicable work areas or tasks:

<u>Location</u>	<u>Job Function</u>	<u>Level of Protection</u>				
Exclusion zone	_____	A	B	C	D	Other
	_____	A	B	C	D	Other
	_____	A	B	C	D	Other
	_____	A	B	C	D	Other
Contamination Reduction zone	_____	A	B	C	D	Other
	_____	A	B	C	D	Other
	_____	A	B	C	D	Other
	_____	A	B	C	D	Other

Specific protective equipment for each level of protection is as follows:

<b>Level A</b>	<u>Fully-encapsulating suit SCBA</u> <u>(disposable coveralls)</u>	<b>Level C</b>	<u>Splash gear (type)</u> <u>Full-face canister resp.</u>
	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____
<b>Level B</b>	<u>Splash gear (type</u> <u>SCBA</u>	<b>Level D</b>	_____
	_____		_____
	_____		_____
	_____		_____
<b>Other</b>	_____		
	_____		
	_____		
	_____		
	_____		

The following protective clothing materials are required for the involved substances:

<b>Substance</b> (chemical name)	<b>Material</b> (material name, e.g., Viton)
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

If air-purifying respirators are authorized, (filtering medium) . is the appropriate canister for use with the involved substances and concentrations. A competent individual has determined that all criteria for using this type of respiratory protection have been met.

**NO CHANGES TO THE SPECIFIED LEVELS OF PROTECTION SHALL BE MADE WITHOUT THE APPROVAL OF THE SITE SAFETY OFFICER AND THE PROJECT TEAM LEADER.**

## G. ONSITE WORK PLANS

Work party(s) consisting of \_\_\_\_\_ persons will perform the following tasks:

**Project Team Leader** \_\_\_\_\_ (name) \_\_\_\_\_ (function)

**Work Party #1**

**Work Party #2**

**Rescue Team**  
(required for  
entries to IDLH  
environments)

**Decontamination  
Team**

The work party(s) were briefed on the contents of this plan at \_\_\_\_\_

## H. COMMUNICATION PROCEDURES

Channel \_\_\_\_\_ has been designated as the radio frequency for personnel in the Exclusion Zone. All other onsite communications will use channel \_\_\_\_\_.

Personnel in the Exclusion zone should remain in constant radio communication or within sight of the Project Team Leader. Any failure of radio communication requires an evaluation of whether personnel should leave the Exclusion zone.

(Horn blast, siren, etc.) \_\_\_\_\_ is the emergency signal to indicate that all personnel should leave the Exclusion zone. In addition, a loud hailer is available if required.

The following standard hand signals will be used in case of failure of radio communications:

Hand gripping throat -----	Out of air, can't breathe
Grip partner's wrist or ----- both hands around waist	Leave area immediately
Hands on top of head -----	Need assistance
Thumbs up -----	OK, I am all right, I understand
Thumbs down -----	No, negative

Telephone communication to the Command Post should be established as soon as practicable. The phone number is \_\_\_\_\_.

## I. DECONTAMINATION PROCEDURES

Personnel and equipment leaving the Exclusion zone shall be thoroughly decontaminated. The standard level decontamination protocol shall be used with the following decontamination stations: (1)\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_(2)\_\_\_\_\_ (3)\_\_\_\_\_ (4)\_\_\_\_\_ (5)\_\_\_\_\_ (6)\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_(7)\_\_\_\_\_ (8)\_\_\_\_\_ (9)\_\_\_\_\_ (10)\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Other \_\_\_\_\_

Emergency decontamination will include the following stations:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

The following decontamination equipment is required:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

(Normally detergent and water) will be used as the decontamination solution.

## J. SITE SAFETY AND HEALTH PLAN

1. \_\_\_\_\_ (name) \_\_\_\_\_ is the designated Site Safety Officer and is directly responsible to the Project Team Leader for safety recommendations on site.

### 2. Emergency Medical Care

(names of qualified personnel) \_\_\_\_\_ are the qualified EMTS on site. (medical facility names) at (address), phone \_\_\_\_\_ is located \_\_\_\_\_ minutes from this location (name of person) was contacted at (time) and briefed on the situation, the potential hazards, and the substances involved. A map of alternative routes to this facility is available at (normally Command Post).

Local ambulance service is available from \_\_\_\_\_ at phone \_\_\_\_\_.  
Their response time is \_\_\_\_\_ minutes. Whenever possible arrangements should be made for onsite standby.

First-aid equipment is available on site at the following locations:

First-aid kit \_\_\_\_\_  
Emergency eye wash \_\_\_\_\_  
Emergency shower \_\_\_\_\_  
(other) \_\_\_\_\_

Emergency medical information for substances present:

<u>Substance</u>	<u>Exposure Symptoms</u>	<u>First-Aid Instructions</u>
------------------	--------------------------	-------------------------------

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

List of emergency phone numbers:

<u>Agency/Facility</u>	<u>Phone</u>	<u>Contact</u>
------------------------	--------------	----------------

Police	_____	_____
Fire	_____	_____
Hospital	_____	_____
Airport	_____	_____
Public Health Advisor	_____	_____

### 3. Environmental Monitoring

The following environmental monitoring instruments shall be used on site (cross out if not applicable) at the specified intervals.

Combustible Gas Indicator	-continuous/hourly/daily/other _____
O <sub>2</sub> Monitor	-continuous/hourly/daily/other _____
Colorimetric Tubes- (type) _____	-continuous/hourly/daily/other _____
_____	_____
_____	_____
HNU/OVA	-continuous/hourly/daily/other _____
Other _____	-continuous/hourly/daily/other _____
_____	-continuous/hourly/daily/other _____

### 4. Emergency Procedures (should be modified as required for incident)

The following standard emergency procedures will be used by onsite personnel. The Site Safety Officer shall be notified of any onsite emergencies and be responsible for ensuring that the appropriate procedures are followed.

**Personnel Injury in the Exclusion Zone:** Upon notification of an injury in the Exclusion Zone, the designated emergency signal \_\_\_\_\_ shall be sounded. All site personnel shall assemble at the decontamination line. The rescue team will enter the Exclusion Zone (if required) to remove the injured person to the hotline. The Site Safety Officer and Project Team Leader should evaluate the nature of the injury, and the affected person should be decontaminated to the extent possible prior to movement to the Support Zone. The onsite EMT shall initiate the appropriate first aid, and contact should be made for an ambulance and with the designated medical facility (if required). No persons shall reenter the Exclusion Zone until the cause of the injury or symptoms is determined.

**Personnel Injury in the Support Zone:** Upon notification of an injury in the Support Zone, the Project Team Leader and Site Safety Officer will assess the nature of the injury. If the cause of the injury or loss of the injured person does not affect the performance of site personnel, operations may continue, with the onsite EMT initiating the appropriate increases the risk to others, the designated emergency signal \_\_\_\_\_ shall be sounded and all site personnel shall move to the decontamination line for further instructions. Activities on site will stop until the added risk is removed or minimized.

**Fire/Explosion:** Upon notification of a fire or explosion on site, the designated emergency signal \_\_\_\_\_ shall be sounded and all site personnel assembled at the decontamination line. The fire department shall be alerted and all personnel moved to a safe distance from the involved area.

**Personal Protective Equipment Failure:** If any site worker experiences a failure or alteration of protective equipment that affects the protection factor, that person and his/her buddy shall immediately leave the Exclusion Zone. Reentry shall not be permitted until the equipment has been repaired or replaced.

**Other Equipment Failure:** If any other equipment on site fails to operate properly, the Project Team Leader and Site Safety Officer shall be notified and then determine the effect of this failure on continuing operations on site. If the failure affects the safety of personnel or prevents completion of the Work Plan tasks, all personnel shall leave the Exclusion Zone until the situation is evaluated and appropriate actions taken.

The following emergency escape routes are designated for use in those situations where egress from the Exclusion Zone cannot occur through the decontamination line: (describe alternate routes to leave area in emergencies)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

In all situations, when an onsite emergency results in evacuation of the Exclusion Zone, personnel shall not reenter until:

1. The conditions resulting in the emergency have been corrected.
2. The hazards have been reassessed.
3. The Site Safety Plan has been reviewed
4. Site personnel have been briefed on any changes in the Site Safety Plan.

## 5. Personal Monitoring

The following personal monitoring will be in effect on site:

Personal exposure sampling: (describe any personal sampling programs being carried out on site personnel. This would include use of sampling pumps, air monitors, etc.)

Medical monitoring: The expected air temperature will be \_\_\_\_ (°F) . If it is determined that heat stress monitoring is required (mandatory if over 70°F) the following procedures shall be followed:

(describe procedures in effect, i.e., monitoring body temperature, body weight, pulse rate)

---

---

---

---

All site personnel have read the above plan and are familiar with its provisions.

	(name)	(signature)
Site Safety Officer		
Project Team Leader		
Other Site Personnel		

## Appendix C. Sample Hazardous Substance Information Form

**COMMON NAME:** \_\_\_\_\_ **CHEMICAL NAME:** \_\_\_\_\_

### I. PHYSICAL/CHEMICAL PROPERTIES

			<b>Source</b>
Natural physical state: <b>Gas</b> _____ <b>Liquid</b> _____ <b>Solid</b> _____			
(at ambient temps of 20°C-25°C)			
Molecular weight	_____	g/g-mole	_____
Density <sup>a</sup>	_____	°F/°C	_____
Specific gravity <sup>a</sup>	_____ @ _____	°F/°C	_____
Solubility: water	_____ @ _____	°F/°C	_____
Solubility <sup>b</sup> : _____	_____ @ _____	°F/°C	_____
Melting point	_____	°F/°C	_____
Vapor pressure	_____ mmHg @ _____	°F/°C	_____
Vapor density	_____ @ _____	°F/°C	_____
Flash point	_____	°F/°C	_____
(open cup _____; closed cup _____)			
Other: _____	_____		_____

### II. HAZARDOUS CHARACTERISTICS

A. TOXICOLOGICAL HAZARD	HAZARD?	CONCENTRATIONS (PEL, TLV, other)	SOURCE
Inhalation	Yes No	_____	_____
Ingestion	Yes No	_____	_____
Skin/eye absorption	Yes No	_____	_____
Skin/eye contact	Yes No	_____	_____
Carcinogenic	Yes No	_____	_____
Teratogenic	Yes No	_____	_____
Mutagenic	Yes No	_____	_____
Aquatic	Yes No	_____	_____
Other: _____	Yes No	_____	_____

B. TOXICOLOGICAL HAZARD	HAZARD?	CONCENTRATIONS (PEL, TLV, other)	SOURCE
Combustibility	Yes No	_____	_____
Toxic byproduct (s): _____	Yes No	_____	_____
_____		_____	_____
Flammability	Yes No	_____	_____
LFL		_____	_____
UFL		_____	_____
Explosivity	Yes No	_____	_____
LFL		_____	_____
UFL		_____	_____

<sup>a</sup>Only one is necessary.

<sup>b</sup>For organic compounds, recovery of spilled material by solvent extraction may require solubility data.

<b>C. REACTIVITY HAZARD</b>	<b>HAZARD?</b>	<b>CONCENTRATIONS</b>	<b>SOURCE</b>
Reactivities:	Yes No		
_____		_____	_____
_____		_____	_____
<b>D. CORROSIVITY HAZARD</b>	<b>HAZARD?</b>	<b>CONCENTRATIONS</b>	<b>SOURCE</b>
Ph _____	Yes No		
Neutralizing agent:			
_____		_____	_____
_____		_____	_____
<b>E. RADIOACTIVE HAZARD</b>	<b>HAZARD?</b>	<b>CONCENTRATIONS</b>	<b>SOURCE</b>
Background	Yes No	_____	_____
Alpha particles	Yes No	_____	_____
Beta particles	Yes No	_____	_____
Gamma radiation	Yes No	_____	_____

### III. DESCRIPTION OF INCIDENT:

Quantity involved \_\_\_\_\_

Release information \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Monitoring/sampling recommended \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### IV. RECOMMENDED PROTECTION:

Worker \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Public \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### V. RECOMMENDED SITE CONTROL:

Hotline \_\_\_\_\_

Decontamination line \_\_\_\_\_

Command Post location \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### VI. REFERENCES FOR SOURCES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**SAMPLE HAZARDOUS SUBSTANCE INFORMATION FORM FILLED OUT FOR VINYL CHLORIDE**

COMMON NAME: Vinyl Chloride CHEMICAL NAME: Chloroethene

**I. PHYSICAL/CHEMICAL PROPERTIES**

Natural physical state: Gas <input checked="" type="checkbox"/> Liquid <input type="checkbox"/> Solid <input type="checkbox"/>	SOURCE	
(at ambient temps of 20°C-25°C)	CHRIS	
Molecular weight	62.5	g/g-mole
Density <sup>a</sup>		g/ml
Specific gravity <sup>a</sup>	0.9121 @ 20 °P/°C	CHEM DIC
Solubility: water	slightly @ — °P/°C	CHEM DIC
Solubility <sup>b</sup> : <u>alcohol</u>	soluble @ — °P/°C	CHEM DIC
Boiling point	7.2 °P/°C	CHRIS
Melting point	-244.8 °P/°C	CHRIS
Vapor pressure	2,300 mmHg @ 20 °P/°C	CHEM DIC
Vapor density	2.2 @ — °P/°C	NFPA
Flash point	-110 °P/°C	CHRIS
(open cup <input checked="" type="checkbox"/> ; closed cup <input type="checkbox"/> )		
Other: <u>Polymerizes readily in air and water</u>		OHMTADS

**II. HAZARDOUS CHARACTERISTICS**

A. TOXICOLOGICAL HAZARD	HAZARD?	CONCENTRATIONS (PEL, TLV, other)	SOURCE
Inhalation	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	PEL-TWA 1 ppm/TLV-TWA 5 ppm	OSHA/ACGIH
Ingestion	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No		
Skin/eye absorption	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No		SITTIG
Skin/eye contact	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	Skin burn from contact	OHMTADS
Carcinogenic	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	TLV 5 ppm/PEL 1 ppm	ACGIH/OSHA
Teratogenic	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No		
Mutagenic	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No		
Aquatic	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No		
Other: _____	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No		
B. TOXICOLOGICAL HAZARD	HAZARD?	CONCENTRATIONS	SOURCE
Combustibility	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No		
Toxic byproduct(s): <u>Hydrogen chloride</u>	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No		
<u>Phosgene, carbon monoxide</u>			
Flammability	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No		
LPL		3.6	OHMTADS
UPL		33	OHMTADS
Explosivity	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No		
LEL			
UEL			

<sup>a</sup>Only one is necessary.

<sup>b</sup>For organic compounds, recovery of spilled material by solvent extraction may require solubility data.



## Appendix D. Sample Decontamination Procedures for Three Typical Levels of Protection<sup>a</sup>

F.S.O.P. No. 7

Process: DECONTAMINATION PROCEDURES

### INTRODUCTION

- 1.1 The objective of these procedures is to minimize the risk of exposure to hazardous substances. These procedures were derived from the U.S. Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response's (OERR), 'Interim Standard Operating Safety Guides (revised Sep. 82)". This version of the guides is in a format that is more appropriate for use in the field.
- 1.2 Protective equipment must be worn by personnel when response activities involve known or suspected hazardous substances. The procedures for decontaminating personnel upon leaving the contaminated area are addressed for each of the EPA, OERR designated levels of protection. The procedures given are for the maximum and minimum amount of decontamination used for each level of protection.
- 1.3 The maximum decontamination procedures for all levels of protection consist of specific activities at nineteen stations. Each station emphasizes an important aspect of decontamination. When establishing a decontamination line, each aspect should be incorporated separately or combined with other aspects into a procedure with fewer steps (such as the Minimum Decontamination Procedures).
- 1.4 Decontamination lines are site specific since they are dependent upon the types of contamination and the type of work activities on site. A cooling station is sometimes necessary within the decontamination line during hot weather. It is usually a location in a shaded area in which the wind can help to cool personnel. In addition, site conditions may permit the use of cooling devices such as cool water hose, ice packs, cool towels, etc. When the decontamination line is no longer required, contaminated wash and rinse solutions and contaminated articles must be contained and disposed of as hazardous wastes in compliance with state and federal regulations.

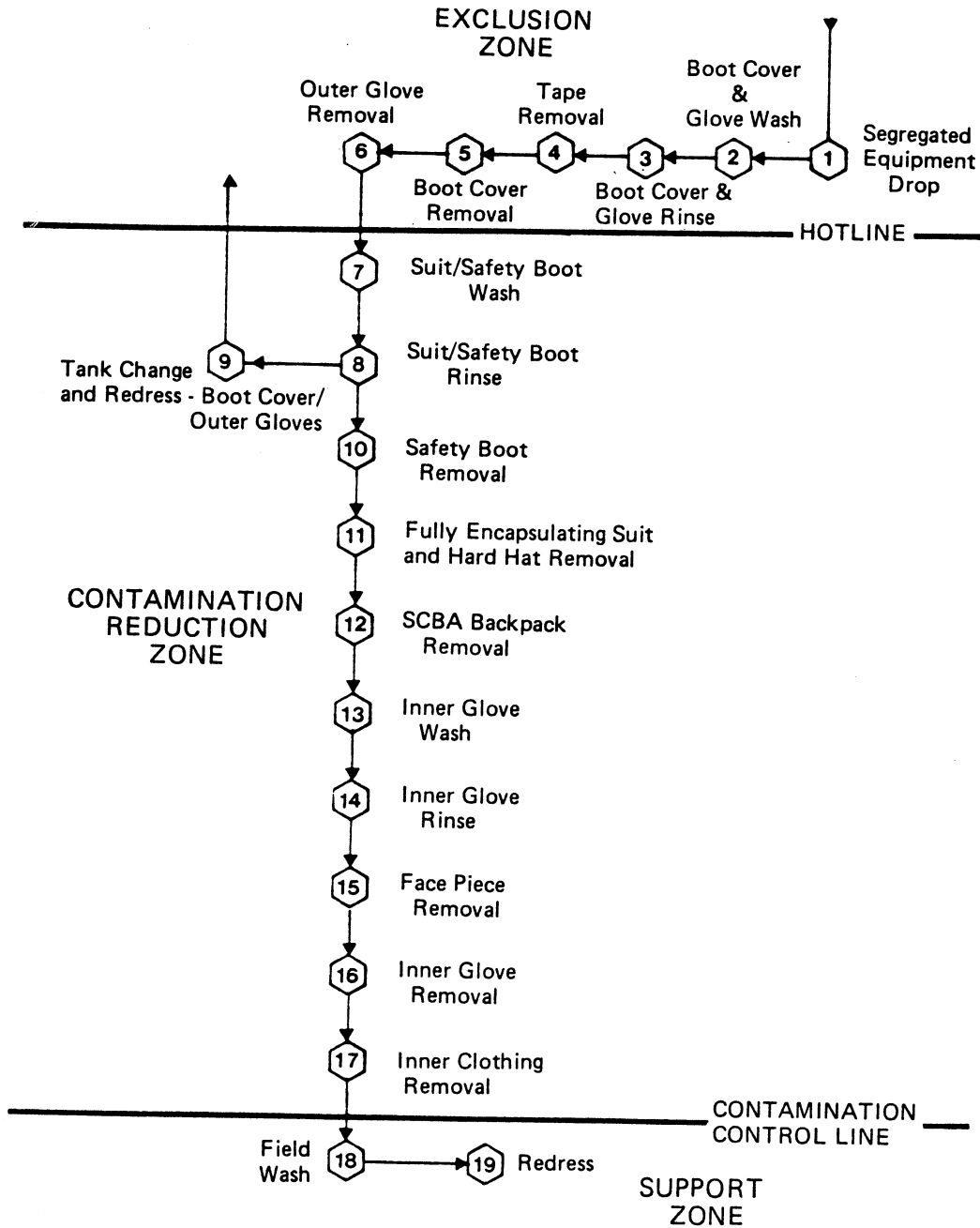
---

<sup>a</sup> Source: Excerpted from Field Standard Operating Procedures for the Decontamination of Response Personnel (FSOP 7). EPA Office of Emergency and Remedial Response, Hazardous Response Support Division, Washington, DC. January 1985.

PROCESS DECON PROCEDURES

MAXIMUM DECONTAMINATION LAYOUT

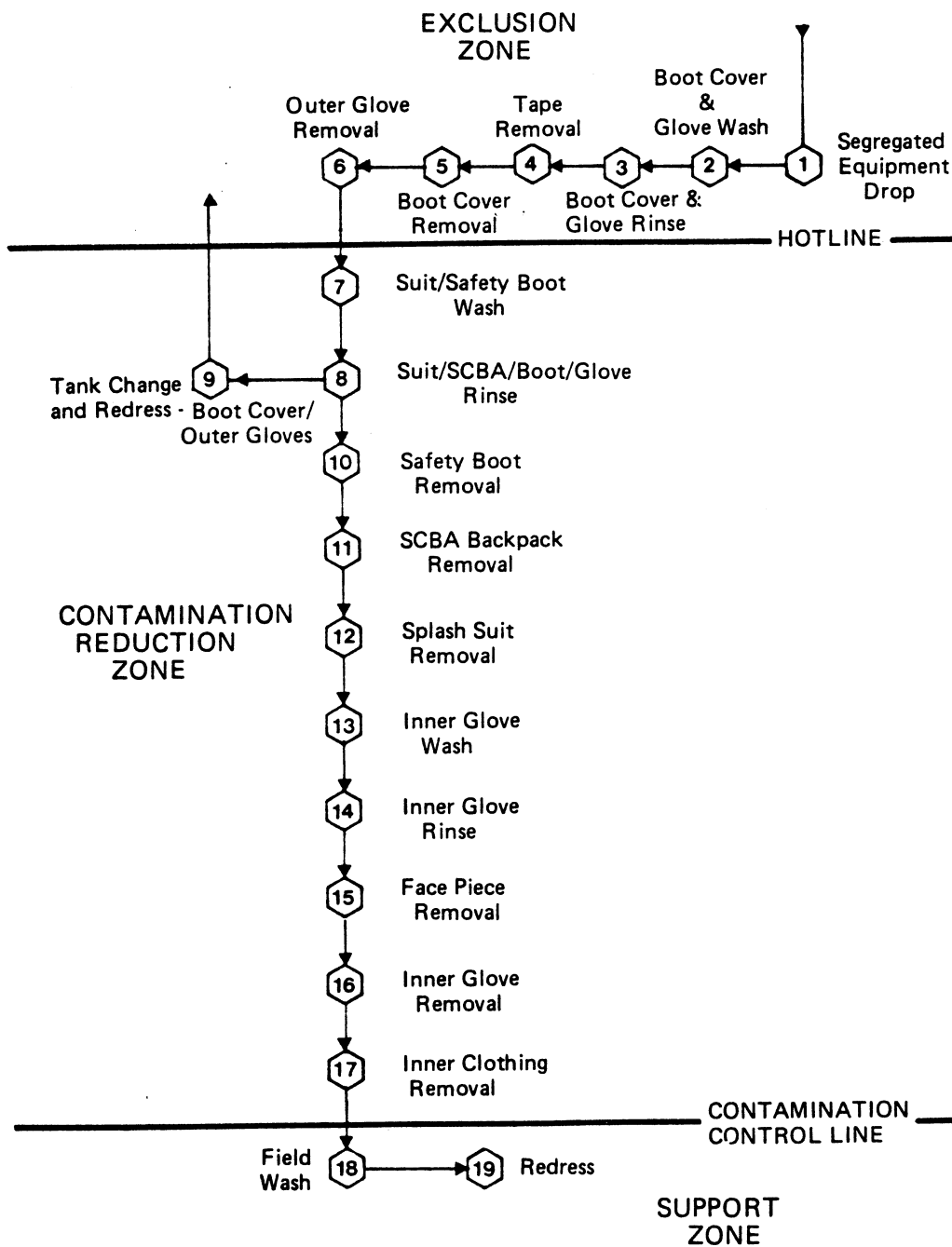
LEVEL A PROTECTION



PROCESS DECON PROCEDURES

MAXIMUM DECONTAMINATION LAYOUT

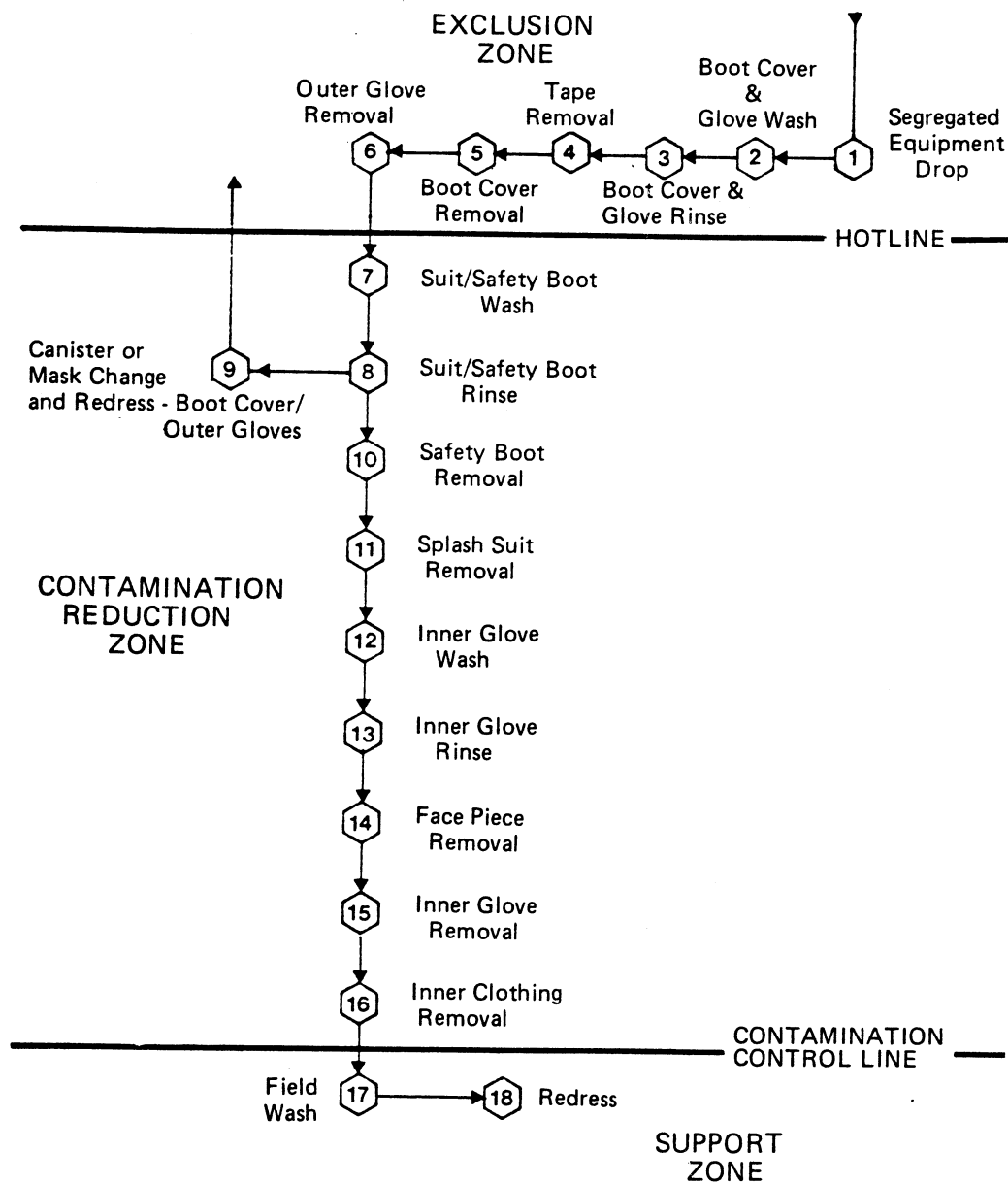
LEVEL B PROTECTION



PROCESS DECON PROCEDURES

MAXIMUM DECONTAMINATION LAYOUT

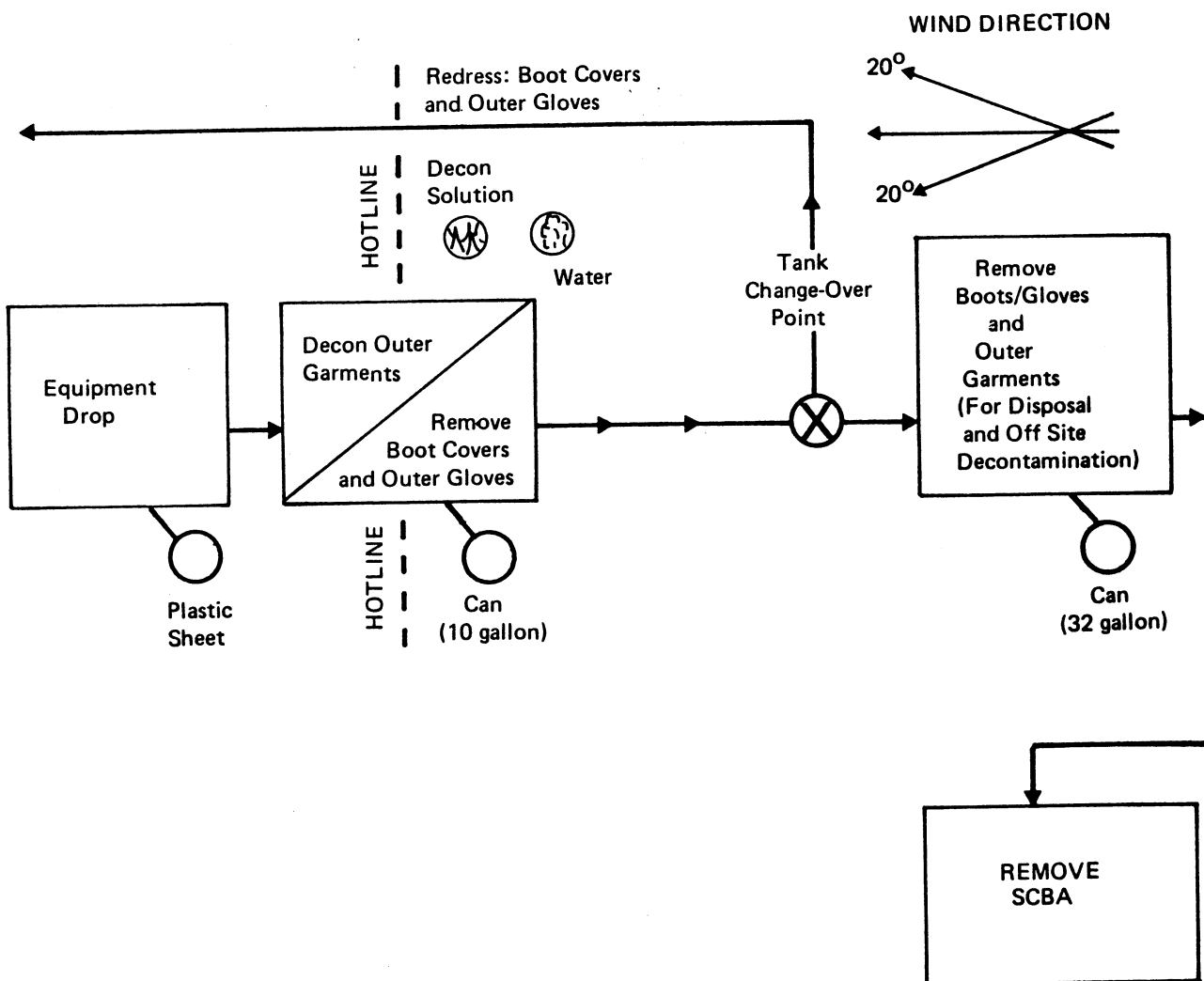
LEVEL C PROTECTION



PROCESS DECON PROCEDURES

MINIMUM DECONTAMINATION LAYOUT

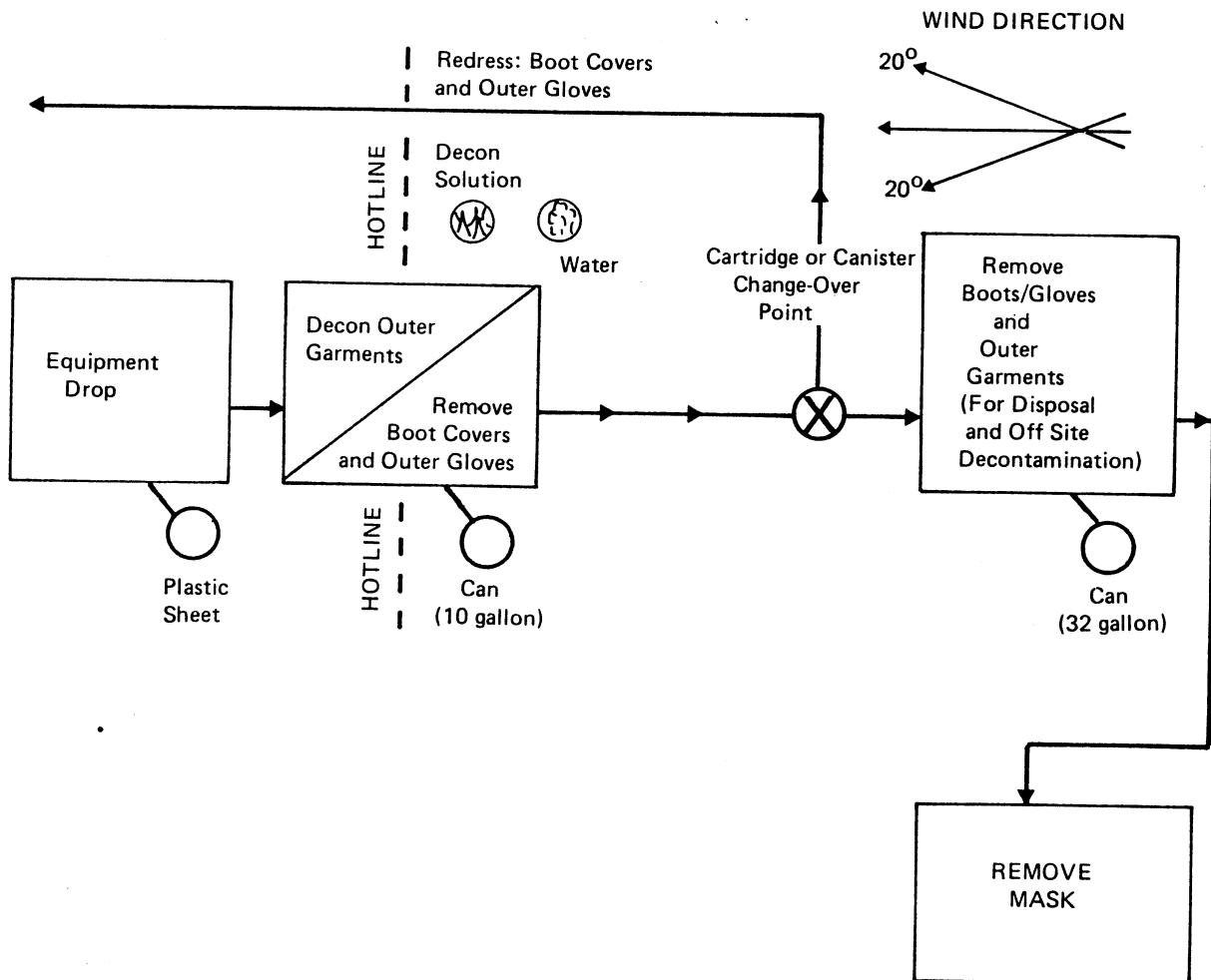
LEVELS A & B PROTECTION



PROCESS DECON PROCEDURES

MINIMUM DECONTAMINATION LAYOUT

LEVEL C PROTECTION



---

**EQUIPMENT NEEDED TO PERFORM MAXIMUM DECONTAMINATION MEASURES FOR  
LEVELS A, B, AND C**

---

<b>Station 1:</b>	a. Various Size b. Plastic Liners c. Plastic Drop Cloths	<b>Station 10:</b>	a. Containers (20-30 Gallons) b. Plastic Liners c. Bench or Stools d. Boot Jack
<b>Station 2:</b>	a. Containers (20-30 Gallons) b. Decon Solution or Detergent Water c. 2-3 Long-Handled, Soft- Bristled Scrub Brushes	<b>Station 11:</b>	a. Rack b. Drop Cloths c. Bench or Stools
<b>Station 3:</b>	a. Containers (20-30 Gallons) OR High-Pressure Spray Unit b. Water c. 2-3 Long-Handled, Soft- Bristled Scrub Brushes	<b>Station 12:</b>	a. Table
<b>Station 4:</b>	a. Containers (20-30 Gallons) b. Plastic Liners	<b>Station 13:</b>	a. Basin or Bucket b. Decon Solution c. Small Table
<b>Station 5:</b>	a. Containers (20-30 Gallons) b. Plastic, Liners c. Bench or Stools	<b>Station 14:</b>	a. Water b. Basin or Bucket c. Small Table
<b>Station 6:</b>	a. Containers (20-30 Gallons) b. Plastic Liners	<b>Station 15:</b>	a. Containers (20-30 Gallons) b. Plastic Liners
<b>Station 7:</b>	a. Containers (20-30 Gallons) b. Decon Solution or Detergent Water c. 2-3 Long-Handled, Soft- Bristled Scrub Brushes	<b>Station 16:</b>	a. Containers (20-30 Gallons) b. Plastic Liners
<b>Station 8:</b>	a. Containers (20-30 Gallons) OR High-pressure Spray Unit b. Water c. 2-3 Long-Handled, Soft- Bristled Scrub Brushes	<b>Station 17:</b>	a. Containers (20-30 Gallons) b. Plastic Liners
<b>Station 9:</b>	a. Air Tanks or Face Masks and Cartridge Depending on Level b. Tape c. Boot Covers d. Gloves	<b>Station 18:</b>	a. Water b. Soap c. Small Table d. Basin or Bucket e. Field Showers f. Towels
		<b>Station 19:</b>	a. Dressing Trailer is Needed in Inclement Weather b. Tables c. Chairs d. Lockers e. Cloths

---

**EQUIPMENT NEEDED TO PERFORM MINIMUM DECONTAMINATION MEASURES FOR LEVELS  
A, B, AND C**

---

<b>Station 1:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Various Size Containers</li> <li>b. Plastic Liners</li> <li>c. Plastic Drop Cloths</li> </ul>	<b>Station 4:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Air Tanks or Masks and Cartridges Depending Upon Level</li> <li>b. Tape</li> <li>c. Boot Covers</li> <li>d. Gloves</li> </ul>
<b>Station 2:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Containers (20-30 Gallons)</li> <li>b. Decon Solution</li> <li>c. Rinse Water</li> <li>d. 2-3 Long-Handled, Soft-Bristled Scrub Brushes</li> </ul>	<b>Station 5:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Containers (20-30 Gallons)</li> <li>b. Plastic Liners</li> <li>c. Bench or Stools</li> </ul>
<b>Station 3:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Containers (20-30 Gallons)</li> <li>b. Plastic Liners</li> <li>c. Bench or Stools</li> </ul>	<b>Station 6:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Plastic Sheets</li> <li>b. Basin or Bucket</li> <li>c. Soap and Towels</li> <li>d. Bench or Stools</li> </ul>
		<b>Station 7:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Water</li> <li>b. Soap</li> <li>c. Tables</li> <li>d. Wash Basin or Bucket</li> </ul>

---

## FSOP 7: MAXIMUM MEASURES FOR LEVEL A DECONTAMINATION

---

<b>Station 1:</b>	Segregated Equipment Drop	1. Deposit equipment used on site (tools, sampling devices and containers, monitoring instruments, radios, clipboards, etc.) on plastic drop cloths or in different containers with plastic liners. During hot weather operations, a cool down station may be set up within this area.
<b>Station 2:</b>	Boot Cover and Glove Wash	2. Scrub outer boot covers and gloves with decon solution or detergent/water.
<b>Station 3:</b>	Boot Cover and Glove Rinse	3. Rinse off decon solution from station 2 using copious amounts of water.
<b>Station 4:</b>	Tape Removal	4. Remove tape around boots and gloves and deposit in container with plastic liner.
<b>Station 5:</b>	Boot Cover Removal	5. Remove boot covers and deposit in container with plastic liner.
<b>Station 6:</b>	Outer Glove Removal	6. Remove outer gloves and deposit in container with plastic liner.
<b>Station 7:</b>	Suit and Boot Wash	7. Wash encapsulating suit and boots using scrub brush and decon solution or detergent/water. Repeat as many times as necessary.
<b>Station 8:</b>	Suit and Boot	8. Rinse off decon solution using water, Repeat as many times as necessary.
<b>Station 9:</b>	Tank Change	9. If an air tank change is desired, this is the last step in the decontamination procedure, Air tank is exchanged, new outer gloves and boot covers donned, and Joints taped. Worker returns to duty.
<b>Station 10:</b>	Safety Boot Removal	10. Remove safety boots and deposit in container with plastic liner.
<b>Station 11:</b>	Fully Encapsulating Suit and Hard Hat Removal	11. Fully encapsulated suit is removed with assistance of a helper and laid out on a drop cloth or hung up. Hard hat is removed. Hot weather rest station maybe set up within this area for personnel returning to site.
<b>Station 12:</b>	SCBA Backpack Removal	12. While still wearing facepiece, remove backpack and place on table. Disconnect hose from regulator valve and proceed to next station.
<b>Station 13:</b>	Inner Glove Wash	13. Wash with decon solution that will not ham the skin, Repeat as often as necessary.
<b>Station 14:</b>	Inner Glove Rinse	14. Rinse with water, Repeat as many times as necessary.
<b>Station 15:</b>	Face Piece Removal	15. Remove face piece. Deposit in container with plastic liner. Avoid touching face with fingers.
<b>Station 16:</b>	Inner Glove Removal	16. Remove inner gloves and deposit in container with liner.
<b>Station 17:</b>	Inner Clothing Removal	17. Remove clothing and place in lined container. Do not wear inner clothing off-site since there is a possibility that small amounts of contaminants might have been transferred in removing the fully-encapsulating suit.
<b>Station 18:</b>	Field Wash	18. Shower if highly toxic, skin-corrosive or skin-absorbable materials are known or suspected to be present. Wash hands and face if shower is not available.
<b>Station 19:</b>	Redress	19. Put on clean clothes.

---

**FSOP 7: MINIMUM MEASURES FOR LEVEL A DECONTAMINATION**

---

<b>Station 1:</b>	Equipment Drop	1. Deposit equipment used on-site (tools, sampling devices and containers, monitoring instruments, radios, clipboards, etc.) on plastic drop cloths. Segregation at the drop reduces the probability of cross contamination. During hot weather operations, cool down stations maybe set up within this area.
<b>Station 2:</b>	Outer Garment, Boots, and Gloves Wash and Rinse	2. Scrub outer boots, outer gloves and fully- encapsulating suit with decon solution or detergent and water, Rinse off using copious amounts of water.
<b>Station 3:</b>	Outer Boot and Glove Removal	3. Remove outer boots and gloves, Deposit in container with plastic liner.
<b>Station 4:</b>	Tank Change	4. If worker leaves Exclusion Zone to change air tank, this is the last step in the decontamination procedure. Worker's air tank is exchanged, new outer gloves and boot covers' donned, joints taped, and worker returns to duty.
<b>Station 5:</b>	Boot, Gloves and Outer Garment Removal	5. Boots, fully-encapsulating suit, inner gloves and removed and deposited in separate containers lined with plastic.
<b>Station 6:</b>	SCBA Removal	6. SCBA backpack and facepiece is removed (avoid touching face with fingers), SCBA deposited on plastic sheets.
<b>Station 7:</b>	Field Wash	7. Hands and face are thoroughly washed, Shower as soon as possible.

---

**FSOP 7: MAXIMUM MEASURES FOR LEVEL B DECONTAMINATION**

---

<b>Station 1:</b>	Segregated Equipment Drop	1. Deposit equipment used on site (tools, sampling devices and containers, monitoring instruments, radios, clipboards, etc , ) on plastic drop cloths or in different containers with plastic liners. Segregation at the drop reduces the probability of cross-contamination, During hot weather operations, cool down stations may be set up within this area.
<b>Station 2:</b>	Boot Cover and Glove Wash	2. Scrub outer boot covers and gloves with decon solution or detergent and water.
<b>Station 3:</b>	Boot Cover and Glove Rinse	3. Rinse off decon solution from station 2 using copious amounts of water.
<b>Station 4:</b>	Tape Removal	4. Remove tape around boots and gloves and deposit in container with plastic liner.
<b>Station 5:</b>	Boot Cover Removal	5. Remove boot covers and deposit in container with plastic liner.
<b>Station 6:</b>	Outer Glove Removal	6. Remove outer gloves and deposit in container with plastic liner.
<b>Station 7:</b>	Suit and Safety Boot Wash	7. Wash chemical-resistant splash suit, SCBA, gloves and safety boots. Scrub with long-handle scrub brush and decon solution, Wrap SCBA regulator (if belt mounted type) with plastic to keep out water. Wash backpack assembly with sponges or cloths.
<b>Station 8:</b>	Suit, SCBA, Boot, and Glove Rinse	8. Rinse off decon solution using copious amounts of water.
<b>Station 9:</b>	Tank Change	9. If worker leaves exclusion zone to change air tank, this is the last step in the decontamination procedure. Worker's air tank is exchanged, new outer gloves and boot covers donned, and joints taped. Worker returns to duty.
<b>Station 10:</b>	Safety Boot Removal	10. Remove safety boots and deposit in container with plastic liner.
<b>Station 11:</b>	SCBA Backpack Removal	11. While still wearing facepiece, remove back-pack and place on table. Disconnect hose from regulator valve.
<b>Station 12:</b>	Splash Suit Removal	12. With assistance of helper, remove splash suit..Deposit in container with plastic liner.
<b>Station 13:</b>	Inner Glove Wash	13. Wash inner gloves with decon solution.
<b>Station 14:</b>	Inner Glove Rinse	14. Rinse inner gloves with water.
<b>Station 15:</b>	Face Piece Removal	15. Remove face piece. Deposit in container with plastic liner. Avoid touching face with fingers.
<b>Station 16:</b>	Inner Glove Removal	16. Remove inner gloves and deposit in container with liner.
<b>Station 17:</b>	Inner Clothing Removal	17. Remove inner clothing. Place in container with liner. Do not wear inner clothing off-site since there is a possibility that small amounts of contaminants might have been transferred in removing the fully-encapsulating suit.
<b>Station 18:</b>	Field Wash	18. Shower if highly toxic, skin-corrosive or skin- absorbable materials are known or suspected to be present. Wash hands and face if shower is not available.
<b>Station 19:</b>	Redress	19. Put on clean clothes.

---

**FSOP 7: MINIMUM MEASURES FOR LEVEL B DECONTAMINATION**

---

<b>Station 1:</b>	Equipment Drop	1. Deposit equipment used on-site (tools, sampling devices and containers, monitoring instruments, radios, clipboards, etc.) on plastic drop cloths. Segregation at the drop reduces the probability of cross contamination. During hot weather operations, cool down station may be set up within this area.
<b>Station 2:</b>	Outer Garment, Boots, and Gloves Wash and Rinse	2. Scrub outer boots, outer gloves and chemical- resistant splash suit with decon solution or detergent water. Rinse off using copious amounts of water.
<b>Station 3:</b>	Outer Boot and Glove Removal	3. Remove outer boots and gloves. Deposit in container with plastic liner.
<b>Station 4:</b>	Tank Change	4. If worker leaves exclusive zone to change air tank, this is the last step in the decontamination procedure. Worker's air tank is exchanged, new outer gloves and boot covers donned, Joints taped, and worker returns to duty.
<b>Station 5:</b>	Boot, Gloves and Outer Garment Removal	5. Boots, chemical-resistant splash suit, inner gloves removed and deposited in separate containers lined with plastic.
<b>Station 6:</b>	SCBA Removal	6. SCBA backpack and facepiece is removed. Avoid touching face with finger, SCBA deposited on plastic sheets.
<b>Station 7:</b>	Field Wash	7. Hands and face are thoroughly washed. Shower as soon as possible.

---

**FSOP 7: MAXIMUM MEASURES FOR LEVEL C DECONTAMINATION**

---

<b>Station 1:</b>	Segregated Equipment Drop	1. Deposit equipment used on site (tools, sampling devices and containers, monitoring instruments, radios, clipboards, etc.) on plastic drop cloths or in different containers with plastic liners. Segregation at the drop reduces the probability of cross contamination. During hot weather operations, a cool down station may be set up within this area.
<b>Station 2:</b>	Boot Cover and Glove Wash	2. Scrub outer boot covers and gloves with decon solution or detergent and water.
<b>Station 3:</b>	Boot Cover and Glove Rinse	3. Rinse off decon solution from station 2 using copious amounts of water.
<b>Station 4:</b>	Tape Removal	4. Remove tape around boots and gloves and deposit in container with plastic liner.
<b>Station 5:</b>	Boot Cover Removal	5. Remove boot covers and deposit in containers with plastic liner.
<b>Station 6:</b>	Outer Glove Removal	6. Remove outer gloves and deposit in container with plastic liner.
<b>Station 7:</b>	Suit and Boot Wash	7. Wash splash suit, gloves, and safety boots. Scrub with long-handle scrub brush and decon solution.
<b>Station 8:</b>	Suit and Boot, and Glove Rinse	8. Rinse off decon solution using water. Repeat as many times as necessary.
<b>Station 9:</b>	Canister or Mask Change	9. If worker leaves exclusion zone to change canister (or mask), this is the last step in the decontamination procedure. Worker's canister is exchanged, new outer gloves and boot covers donned, and joints taped worker returns to duty.
<b>Station 10:</b>	Safety Boot Removal	10. Remove safety boots and deposit in container with plastic liner.
<b>Station 11:</b>	Splash Suit Removal	11. With assistance of helper, remove splash suit. Deposit in container with plastic liner.
<b>Station 12:</b>	Inner Glove Rinse	12. Wash inner gloves with decon solution.
<b>Station 13:</b>	Inner Glove Wash	13. Rinse inner gloves with water.
<b>Station 14:</b>	Face Piece Removal	14. Remove face piece. Deposit in container with plastic liner. Avoid touching face with fingers.
<b>Station 15:</b>	Inner Glove Removal	15. Remove inner gloves and deposit in lined container.
<b>Station 16:</b>	Inner Clothing Removal	16. Remove clothing soaked with perspiration and place in lined container. Do not wear inner clothing off-site since there is a possibility that small amounts of contaminants might have been transferred in removing the fully-encapsulating suit.
<b>Station 17:</b>	Field Wash	17. Shower if highly toxic, skin-corrosive or skin-absorbable materials are known or suspected to be present. Wash hands and face if shower is not available.
<b>Station 18:</b>	Redress	18. Put on clean clothes.

---

**FSOP 7: MINIMUM MEASURES FOR LEVEL C DECONTAMINATION**

---

<b>Station 1:</b>	Equipment Drop	1. Deposit equipment used on-site (tools, sampling devices and containers, monitoring instruments, radios, clipboards, etc.) on plastic drop cloths. Segregation at the drop reduces the probability of cross contamination. During hot weather operations, a cool down station may be set up within this area.
<b>Station 2:</b>	Outer Garment, Boots, and Gloves Wash and Rinse	2. Scrub outer boots, outer gloves and splash suit with decon solution or detergent water. Rinse off using copious amounts of water.
<b>Station 3:</b>	Outer Boot and Glove Removal	3. Remove outer boots and gloves. Deposit in container with plastic liner.
<b>Station 4:</b>	Canister or Mask Change	4. If worker leaves exclusive zone to change canister (or mask), this is the last step in the decontamination procedure. Worker's canister is exchanged, new outer gloves and boot covers donned, Joints taped, and worker returns to duty.
<b>Station 5:</b>	Boot, Gloves and Outer Garment Removal	5. Boots, chemical-resistant splash suit, inner gloves removed and deposited in separate containers lined with plastic.
<b>Station 6:</b>	Face Piece Removal	6. Facepiece is removed. Avoid touching face with fingers, Facepiece deposited on plastic sheet.
<b>Station 7:</b>	Field Wash	7. Hands and face are thoroughly washed. Shower as soon as possible.

## Appendix E. NIOSH, OSHA, and EPA Regional Offices and USCG District Offices

### NIOSH Regional Offices

HHS Region I  
Government Center  
(JFK Federal Building)  
Boston, MA 02203  
Telephone: (617) 223-3848

HHS Region II  
26 Federal Plaza, Room 3337  
New York, NY 10278  
Telephone: (212) 264-5747

HHS Region III  
521-35 Market Street  
P.O. Box 13716  
Philadelphia, PA 19101

HHS Region IV  
101 Marietta Tower, Suite 1007  
Atlanta, GA 30323  
Telephone: (404) 221-2396

HHS Region V  
300 South Wacker Drive, 33<sup>rd</sup> Floor  
Chicago, IL 60606  
Telephone: (312) 886-3881

HHS Region VI  
1200 Main Tower Building  
Room 1835  
Dallas, TX 75202  
Telephone: (214) 767-3916

HHS Region VII  
601 East 12<sup>th</sup> Street  
Kansas City, MO 64106  
Telephone: (816) 374-3491

HHS Region VIII  
1185 Federal Building  
1961 Stout Street  
Denver, CO 80294  
Telephone: (303) 844-6163 x17

HHS Region IX  
50 United Nations Plaza  
San Francisco, CA 94102  
Telephone: (415) 556-3782

HHS Region X  
2901 Third Avenue, M.S.402  
Seattle, WA 98121  
Telephone: (206) 442-0530

### OSHA Regional Offices

OSHA Region I  
16-18 North Street  
1 Dock Square Building, 4<sup>th</sup> Floor  
Boston, MA 02109  
Telephone: (617) 223-6710

OSHA Region II  
One Astor Plaza, Room 3445  
1515 Broadway  
New York, NY 10036  
Telephone: (212) 944-3432

OSHA Region III  
Gateway Building, Suite 2100  
3535 Market Street  
Philadelphia, PA 19104  
Telephone: (215) 596-1201

OSHA Region IV  
1375 Peachtree Street, N.E.,  
Suite 587  
Atlanta, GA 30367  
Telephone: (404) 881-3573

OSHA Region V  
230 South Dearborn Street  
32<sup>nd</sup> Floor, Room 3244  
Chicago, IL 60604  
Telephone: (312) 353-2220

OSHA Region VI  
525 Griffin Square, Room 602  
Dallas, TX 75202  
Telephone: (214) 767-4731

OSHA Region VII  
911 Walnut Street, Room 406  
Kansas City, MO 64106  
Telephone: (816) 374-5861

OSHA Region VII  
Federal Building, Room 1554  
1961 Stout Street  
Denver, CO 80294  
Telephone: (303) 837-3061

OSHA Region IX  
450 Golden Gate Avenue  
Box 36017  
San Francisco, CA 944102  
Telephone: (415) 556-7260

OSHA Region X  
Federal Office Building,  
Room 6003  
909 First Avenue  
Seattle, WA 98174  
Telephone: (206) 442-59930

### EPA Regional Offices

EPA Region 1  
JFK Federal Building  
Boston, MA 02203  
Telephone: (617) 223-7210

EPA Region II  
26 Federal Plaza  
Room 900  
New York, NY 10218

EPA Region III  
841 Chestnut, Street  
Philadelphia, PA 199107  
Telephone: (215) 597-9800

EPA Region IV  
345 Cortland Street, N.E.  
Atlanta, GA 303365  
Telephone: (404) 881-4727

EPA Region V  
230 S. Dearborne Street  
Chicago, IL 60604  
Telephone: (312) 353-2000

EPA Region VI  
First International Building  
1201 Elm Street  
Dallas, TX 75270  
Telephone: (214) 767-2600

EPA Region VII  
One Denver Place  
999 18<sup>th</sup> Street, Suite 1300  
Denver, CO 80202-2413  
Telephone: (303) 293-1603

EPA Region IX  
215 Fremont Street  
San Francisco, CA 94105  
Telephone: (415) 974-8153

EPA Region X  
1200 6<sup>th</sup> Avenue  
Seattle, WA 988101  
Telephone: (206) 442-5810

## USCG District Offices

Commander (mep)  
First Coast Guard District  
150 Causeway Street  
Boston, MA 02114  
Telephone: (617) 223-6915

Commander (meps)  
Second Coast Guard District  
1430 Olive Street  
St. Louis, MO 63103  
Telephone: (314) 425-4655

Commander (mer)  
Third Coast Guard District  
Governors Island  
New York, NY 10004  
Telephone: (212) 668-7152

Commander (mep)  
Fifth Coast Guard District  
Federal Building  
431 Crawford Street  
Portsmouth, VA 23705  
Telephone: (804) 398-6383

Commander (mep)  
Seventh Coast Guard District  
Federal Building  
51 S.W. 1<sup>st</sup> Avenue  
Miami, FL 33130  
Telephone: (305) 350-5276

Commander (mep)  
Eighth Coast Guard District  
Hale Boggs Federal Building  
500 Camp Street  
New Orleans, LA 70130  
Telephone: (504) 589-6296

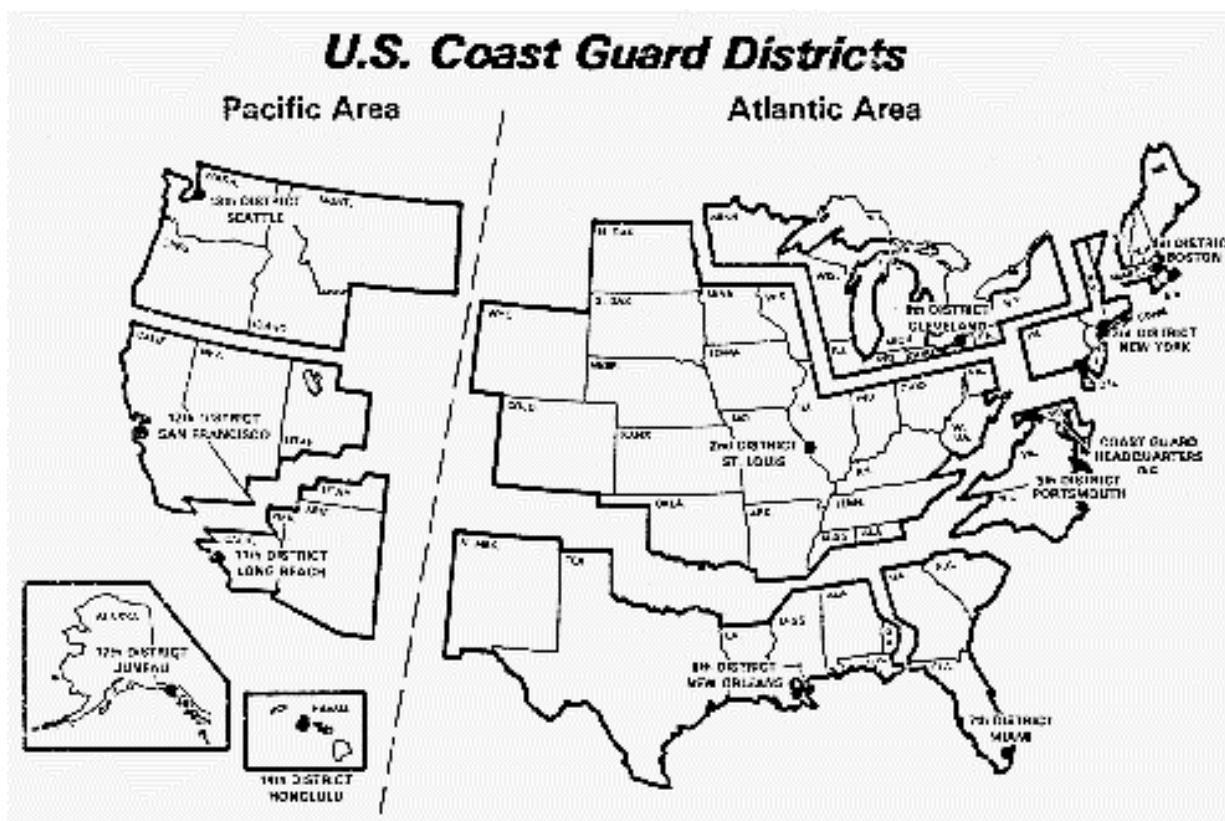
Commander (mep)  
Ninth Coast Guard District  
1240 East 9<sup>th</sup> Street  
Cleveland, Ohio 44199  
Telephone: (216) 522-3918

Commander (mep)  
Eleventh Coast Guard District  
Union Band Building  
400 Ocean Gate  
Long Beach, CA 90822  
Telephone: (213) 590-2301

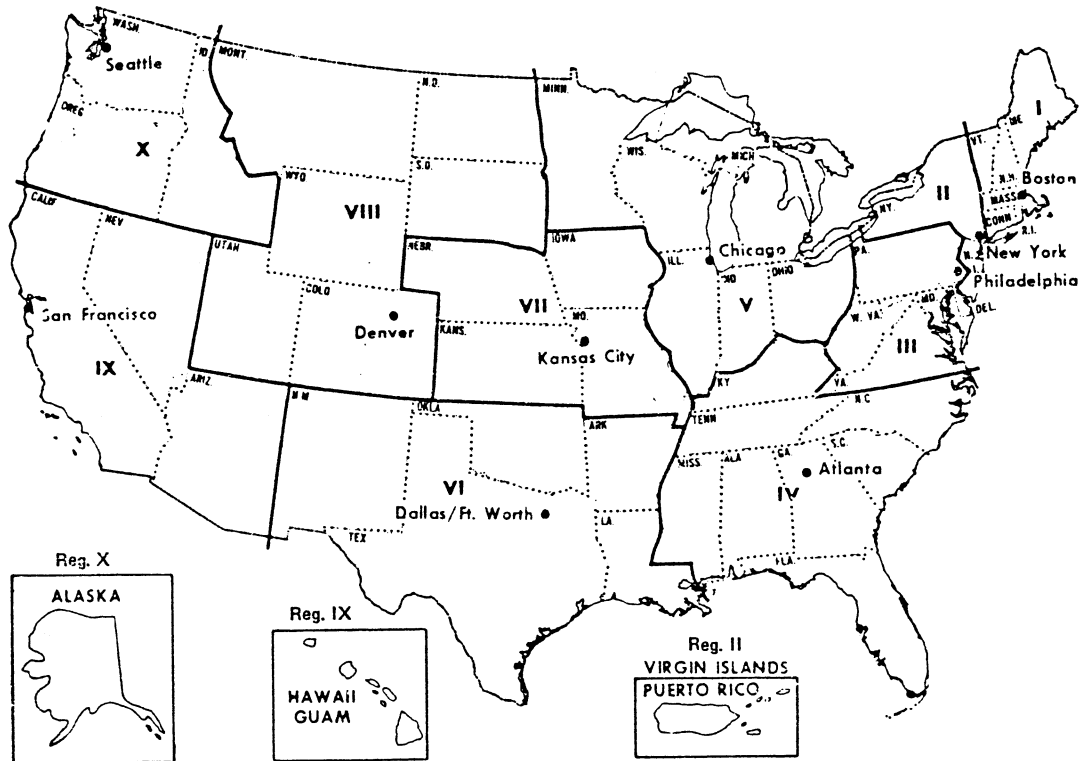
Commander (mepps)  
Twelfth Coast Guard District  
Building 51  
Government Island  
Alameda, CA 94501  
Telephone: (415) 437-3465

Commander (mep)  
Thirteenth Coast Guard District  
Federal Building  
915 Second Avenue  
Seattle, WA 98174  
Telephone: (206) 442-5850

Commander (mep)  
Fourteenth Coast Guard District  
Prince Kalanianaʻole Federal Building  
300 Ala Moana Boulevard, 9<sup>th</sup>



# NIOSH, OSHA, AND EPA REGIONS



\*U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE: 1996 750-176/40007

---

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI**

**ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ  
ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

---

	ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
1	<p>Χρησιμοποιημένα έλαια και άλλα πετρελαϊκά προϊόντα</p> <p>Απόβλητα κατά ΕΚΑ: 010505</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Λάδια μηχανής</li> <li>▪ Ρευστό μεταφοράς</li> <li>▪ Γράσα</li> <li>▪ Υδραυλικά λάδια</li> <li>▪ Λάδια κιβωτίου ταχυτήτων</li> <li>▪ Λάδια μετασχηματιστών</li> <li>▪ Υγρά φρένων</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Αν και τα απόβλητα ελαίου δεν είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα, οι ρύποι (οι οποίοι περιλαμβάνουν πρόσθετα, προϊόντα αποσύνθεσης και άλλες ουσίες, που αναμειγνύονται με τα έλαια κατά τη χρήση) είναι τοξικοί, με αποτέλεσμα να καθιστούν τα χρησιμοποιημένα έλαια πιθανώς ακόμα πιο επικίνδυνα.</li> <li>▪ Τα έλαια μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στο περιβάλλον λόγω της ανθεκτικότητάς τους και της ικανότητας τους να διαχέονται σε μεγάλες εκτάσεις γης και νερού. Μόνο ένα λίτρο χρησιμοποιημένου ελαίου μπορεί να ρυπάνει πάνω ένα εκατομμύριο λίτρων φρέσκου νερού.</li> <li>▪ Χρησιμοποιημένα έλαια ενός λίτρου μπορούν να ρυπάνουν περίπου τρία εκατομμύρια λίτρα υπόγειου νερού, εάν απορριφθούν σε αυλάκι ή απευθείας στο έδαφος. Πολλές χώρες, και ειδικότερα η Νότιος Αφρική, έχουν πόλεις που βασίζονται στα υπόγεια νερά για πόση και άρδευση.</li> <li>▪ Τα χρησιμοποιημένα έλαια περιέχουν μικρές ποσότητες ουσιών που μπορούν να ρυπάνουν τον αέρα, το έδαφος και το υπόγειο νερό. Αυτές περιλαμβάνουν ιχνοστοιχεία μετάλλων, χλωριωμένων διαλυτών, βενζίνη, γλυκόλες και PCBs.</li> <li>▪ Τα χρησιμοποιημένα έλαια μηχανής περιέχουν περισσότερα μέταλλα και βαρείς πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs) (μερικοί από τους οποίους είναι αποτέλεσμα των διεργασιών καύσης), οι οποίοι συνεισφέρουν στους χρόνιους κινδύνους, όπως καρκινογένεση.</li> </ul>
2	Απόβλητα ρυπασμένα με υδρογονάνθρακες	Απόβλητα ρυπασμένα με υδρογονάνθρακες αποτελούν τα εδάφη, απορροφητικά υλικά, γάντια, ξύλο, χαρτί, πλαστικά και συσκευασίες.	Εάν δεν περιοριστούν και καθαριστούν κατάλληλα, οι κηλίδες ελαίου μπορούν να έχουν τις ακόλουθες επιδράσεις:

Απόβλητα κατά ΕΚΑ:	Υλικά όπως πριονίδι και άλλα προσροφητικά ή/και απορροφητικά υλικά χρησιμοποιούνται για καθαρισμό ελαίων.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Μόνο ένα λίτρο χρησιμοποιημένου ελαίου μπορεί να ρυπάνει πάνω ένα εκατομμύριο λίτρων φρέσκου νερού.</li> <li>▪ Τα έλαια έχουν θεωρηθεί εν δυνάμει ότι προκαλούν περιβαλλοντικές βλάβες λόγω της ανθεκτικότητάς τους και της ικανότητάς τους να διαχέονται σε μεγάλες εκτάσεις γης και νερού.</li> <li>▪ Άμεσες επιδράσεις από έντονη ρύπανση με έλαια είναι ευδιάκριτες από το θάνατο φυτών και ζώων λόγω ασφυξίας και τοξικότητας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα έλαια μπορούν να επιμείνουν για αρκετά χρόνια προκαλώντας μικρότερες φαινομενικά, αλλά μεγαλύτερες επιβλαβείς χρόνιες επιδράσεις.</li> <li>▪ Μεμβράνες ή επικαλύψεις με ουσίες ελαίων μειώνουν ή εμποδίζουν τον αέρα να φτάσει στους ζώντες οργανισμούς σε περιοχές γης, νερού ή θάλασσας. Αυτό προκαλεί άμεσα σημαντική επιβάρυνση της περιβαλλοντικής ποιότητας αυτών των μέσων.</li> <li>▪ Οι πιο κοινά αναφερόμενες επιδράσεις των πετρελαϊκών προϊόντων και PAHs περιλαμβάνουν: αδυναμία αναπαραγωγής, όπως επίσης μείωση ανάπτυξης για τα φυτά και τα ζώα.</li> <li>▪ Πρόσθετα, όπως zinc dialkyl dithiophosphates, molybdenum disulphide και άλλες οργανικές ενώσεις που παρουσιάζονται στα λιπαντικά, επίσης επιβαρύνουν το περιβάλλον.</li> </ul> <p>Αν και τα έλαια είναι γενικότερα ανθεκτικά στο περιβάλλον και δεν βιοαποδομούνται εύκολα, οι κηλίδες ελαίου στο έδαφος θα προσροφηθούν από τα επάνω στρώματα, όπου τα ενδογενή βακτήρια θα αποδομήσουν τα έλαια στα πρώτα 20-30 cm του εδάφους (περίπτωση αερόβιων διεργασιών).</p> <p>Οι επιδράσεις στην υγεία από τα PCBs περιλαμβάνουν</p>
010505, 010506 050102, 050103, 050104, 050105, 050106, 050107, 050108, 050109, 050111, 050115, 050601, 050603, 130101, 130104, 130105, 130109, 130110, 130111, 130112, 130204, 130205, 130206, 130207, 130208, 130301, 130306, 130307, 130308, 130309, 130310, 130401, 130402, 130403, 130501, 130502, 130503, 130506, 130507, 130508, 130701, 130702, 130703, 130801, 130802, 130899 150110, 150111, 150202 191101, 191102, 191103, 191104, 191107, 191105		
3 Πολυχλωριωμένα	Τα PCBs χρησιμοποιούνται σε διάφορους	

<p>διφαινύλια (PCBs)</p> <p>Απόβλητα κατά ΕΚΑ: 130101, 130301 160109, 160209, 160210, 160215 170902 191003, 191005</p>	<p>τύπους προϊόντων συμπεριλαμβανομένου υδραυλικά υγρά, χρώματα, χαρτί αντιγραφής, πλαστικοποιητές, αντλίες κενού, συμπιεστές, συστήματα μεταφοράς θερμότητας και άλλα. Ωστόσο, οι κυριότερες χρήσεις των PCBs είναι ως διηλεκτρικό υγρό σε ηλεκτρικές συσκευές.</p>	<p>ασθένειες δέρματος (chloracne), διαταραχές στην αναπαραγωγή και ασθένειες ύπατος. Τα PCBs είναι ύποπτα για ανθρώπινη καρκινογένεση και γνωστά για ζωική καρκινογένεση. Τα PCBs είναι ανθεκτικά στην αποδόμηση, και επομένως παραμένουν στο περιβάλλον για πολλά χρόνια. Επιπλέον, βιο-συσσωρεύονται στην τροφική αλυσίδα, και αποθηκεύονται στους λιπαρούς ιστούς των ζώων και των ανθρώπων. Βιο-μεγέθυνση λαμβάνει χώρα μέσω της μεταφοράς των PCBs (τροφική αλυσίδα) από το φυτοπλαγκτόν στα ψάρια, και τελικά στους ανθρώπους. Η βιο-συσσώρευση σε τοξικά επίπεδα σε ζώα και ανθρώπους μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του συκωτιού ή άλλου οργάνου, ή/και καρκίνου. Όταν θερμαίνονται, τα PCBs έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν υψηλά επικίνδυνα προϊόντα αποσύνθεσης (όπως halogenated dibenzosulfan). Έτσι, εάν καούν σε ακατάλληλες συνθήκες θα υπάρξει παραγωγή υψηλά τοξικών προϊόντων, όπως διοξίνες και φουράνια. Προϊόντα ανεξέλεγκτης αποτέφρωσης και ημιτελούς καύσης των PCBs περιλαμβάνουν πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες (PCDDs) και πολυχλωριωμένα διβενζοφουράνια (PCDFs), τα οποία είναι περισσότερο επικίνδυνα από τα PCBs, και έχουν συνδεθεί με έμβρυο-τοξικότητα και τερατογενέσεις.</p>
<p>4 Διαλύτες</p> <p>Απόβλητα κατά ΕΚΑ: 040103, 040214 070103, 070104, 070203, 070204, 070303, 070304, 070403, 070404, 070503, 070504,</p>	<p>Η κυριότερες χρήσεις των διαλυτών είναι σε χρώματα και επικαλύψεις (βαφές, λούστρα και βερνίκια), βιομηχανικά καθαριστικά, κόλλες, διεργασίες εκχύλισης και φαρμακευτικά. Οι διαλύτες χρησιμοποιούνται επίσης σε μια ποικιλία μετάλλων, ηλεκτρονικών και εφαρμογών καθαρισμού. Οι χλωριωμένοι διαλύτες (π.χ. αυτοί που περιέχουν χλώριο, κάνοντας το διαλύτη πιο τοξικό) βρίσκονται κυρίως σε</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Πολλοί διαλύτες είναι εξαιρετικά εύφλεκτοι και συνεισφέρουν σε κινδύνους πυρκαγιάς (και πρέπει, επομένως, να αποθηκευτούν ξεχωριστά από τα άλλα χημικά, σε προστατευόμενη περιοχή από πυρκαγιά).</li> <li>▪ Οι διαλύτες είναι τοξικοί μέσω κατάποσης, επαφής δέρματος και εισπνοής. Οι διαλύτες που εξατμίζονται μπορεί να προκαλέσουν ερεθισμό, και να στερήσουν τους πνεύμονες από οξυγόνο.</li> <li>▪ Μακροπρόθεσμη ή χρόνια έκθεση σε ειδικούς</li> </ul>

070603, 070604, 070703, 070704 080111, 080113, 080115, 080117, 080119, 080409, 080411, 080413, 080415 090103 140602, 140603, 140604, 140605 200113	λειτουργίες καθαρισμού και αφαίρεσης γράσων, και στη βιομηχανία ψυκτικών.	<p>τύπους διαλυτών μπορούν να καταστρέψουν ζωτικά όργανα και να επιδράσουν στο ανθρώπινο σύστημα αντισωμάτων. Η ακατάλληλη διαχείριση διαλυτών μπορούν να βλάψουν ή να σκοτώσουν φυτά, θηλαστικά και ψάρια. Ρυπασμένο νερό με διαλύτες μπορεί να επιδράσει αρνητικά ένα σύστημα παροχής νερού, και επομένως την υγεία των κατοίκων.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Οι χλωριωμένοι διαλύτες βιο-συσσωρεύονται και είναι δύσκολο να καταστραφούν. Η εξαντλητική χρήση και η ακατάλληλη διαχείριση των χλωριωμένων διαλυτών έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή της ζώνης όζοντος. Οι χλωριωμένοι διαλύτες είναι επίσης κύριος ρύπος του υπόγειου νερού, που προκύπτει από την εκχύλιση χώρων διάθεσης αποβλήτων, διαρροών υπόγειων δεξαμενών βενζίνης και άλλων βιομηχανικών δραστηριοτήτων.</li> </ul> <p>Ειδικότερες επιδράσεις στην υγεία και το περιβάλλον από μερικούς διαλύτες είναι:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Ακετόνη</b> (acetone) – αναπνέοντας μέτρια με υψηλά επίπεδα ακετόνης για σύντομες περιόδους μπορούν να προκληθούν ερεθισμοί μύτης, λάρυγγα, πνεύμονα και ματιού, πονοκέφαλοι, σύγχυση, αυξημένος ρυθμός σφυγμού, επιδράσεις στο αίμα, ναυτία, εμετούς, αναισθησία και πιθανώς κόμμα. Καταπίνοντας υψηλή ποσότητα ακετόνης μπορεί να προκληθεί αναισθησία και καταστροφή του δέρματος στο στόμα. Η ακετόνη μπορεί να μεταναστεύσει στα υπόγεια νερά από κηλίδες και στραγγίσματα χώρων διάθεσης αποβλήτων.</li> <li>▪ <b>Αιθυλαιθέρας</b> (ethyl ether) – συμπτώματα από υπερέκθεση περιλαμβάνουν τα ακόλουθα: ερεθισμό της μύτης και του λάρυγγα, εμετούς, και ακανόνιστη αναπνοή, ακολουθούμενη από ίλιγγο, νύστα και αναισθησία. Όταν απελευθερώνεται στο έδαφος, το</li> </ul>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

συγκεκριμένο υλικό αναμένεται να εξατμιστεί γρήγορα. Μπορεί να εκχυλιστεί στο υπόγειο νερό, και δεν αναμένεται να βιοαποδομηθεί.

- **Κρεσόλες** (cresols) – οι περισσότερες εκθέσεις σε κρεσόλες είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα και δεν είναι επιβλαβείς. Ωστόσο, όταν οι κρεσόλες εισπνέονται, απορροφούνται και εφαρμόζονται στο δέρμα σε πολύ υψηλά επίπεδα προκαλούν ερεθισμούς και κάψιμο του δέρματος, ματιών, στόματος και λάρυγγα, κοιλιακούς πόνους και εμετούς, βλάβη στη καρδιά, αναιμία, καταστροφή ήπατος και νεφρού, παράλυση προσώπου, κόμμα και θάνατο.
- **Αιθυλεστέρας** (ethyl acetate) – είναι επιβλαβής εάν εισπνέετε ή καταπίνετε. Επηρεάζει το κεντρικό νευρικό σύστημα και προκαλεί ερεθισμό στο δέρμα, στα μάτια και στο αναπνευστικό σύστημα.
- **Αιθυλοβενζόλιο** (ethyl benzene) – με αναπνοή πολύ υψηλών επιπέδων μπορεί να προκληθεί ίλιγγος, όπως επίσης ερεθισμός λάρυγγα και ματιών.
- **Τολουόλιο** (toluene) – επηρεάζει το νευρικό σύστημα. Χαμηλά με μέτρια επίπεδα μπορούν να προκαλέσουν εξάντληση, σύγχυση, αδυναμία, αντιδράσεις μέθης, απώλεια μνήμης, ναυτία, και απώλεια όρεξης, ακοής και όρασης χρωμάτων. Αυτά τα συμπτώματα συνήθως εξαφανίζονται όταν σταματήσει η έκθεση.
- **Νιτροβενζόλιο** (nitrobenzene) – επαναλαμβανόμενες εκθέσεις σε υψηλά επίπεδα έχει ως αποτέλεσμα διαταραχές αίματος. Μια μικρή ποσότητα νιτροβενζολίου μπορεί να προκαλέσει ήπιο ερεθισμό εάν υπάρξει άμεση επαφή με το δέρμα ή τα μάτια. Επαναλαμβανόμενες εκθέσεις σε υψηλές συγκεντρώσεις νιτροβενζολίου μπορεί να προκαλέσουν αναιμία της μεθαιμοσφαιρίνης, κατάσταση της οποίας είναι να μειώνεται η ικανότητα

5	Τριχλωροαιθυλένιο (TCE)	Χρησιμοποιείται ως αντιδραστήριο αφαίρεσης γράσων και ως συστατικό στις κόλλες, καθαριστικά μπογιών, αφαίρεσης κηλίδων, και ως διαλύτης στεγνού-καθαρίσματος.
	Απόβλητα κατά ΕΚΑ: 040214	

του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο. Επιδράσεις, όπως πονοκέφαλοι, ερεθισμοί, ίλιγγος, αδυναμία, και νύστα είναι πιθανόν να συμβούν. Υπάρχουν επίσης μερικές ενδείξεις ότι η αναπνοή υψηλών συγκεντρώσεων νιτροβενζολίου μπορεί να καταστρέψει το ήπαρ.

- **Πυριδίνη** (pyridine) – ο καθένας εκτίθεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα πυριδίνης στον αέρα, νερό και τροφή. Πολύ υψηλά επίπεδα μπορούν να προκαλέσουν καταστροφή του ήπατος.
- **Τριχλωροαιθυλένιο** (trichloroethylene) – υψηλές συγκεντρώσεις σε τριχλωροαιθυλένιο μπορούν να προκαλέσουν ίλιγγο, πονοκέφαλο, υπνηλία, σύγχυση, ναυτία, δυσκολία στην ομιλία και το περπάτημα, αναισθησία και θάνατο. Το TCE είναι επίσης υποκατάστατο μείωσης του όζοντος.
- **Τετραχλωράνθρακας** (Carbon tetrachloride) – υψηλή έκθεση μπορεί να προκαλέσει καταστροφή ήπατος, νεφρού και κεντρικού νευρικού συστήματος. Αυτές οι επιδράσεις μπορεί να προκληθούν μετά από κατάποση ή αναπνοή τετραχλωράνθρακα, και πιθανά από έκθεση στο δέρμα. Αυτός ο διαλύτης φωτο-χημικά αποσυντίθεται στην ατμόσφαιρα, κάνοντάς το ένα υποκατάστατο μείωσης του όζοντος.
- **Διχλωροβενζόλιο** (dichlorobenzene) – προκαλεί ζωική καρκινογένεση και είναι πηγή VOCs (πτητικών οργανικών ενώσεων) στο εσωτερικό περιβάλλον από αέρια μικροβιοκτόνα και συσκευές αφαίρεσης οσμών δωματίου.

Οξεία και χρόνια εισπνοή με τριχλωροαιθυλένιο επιδρά στο κεντρικό νευρικό σύστημα των ανθρώπων, με συμπτώματα όπως ίλιγγο, πονοκεφάλους, σύγχυση, ευφορία, μούδιασμα προσώπου και αδυναμία. Άλλες επιδράσεις που σημειώθηκαν στους ανθρώπους

	070103, 070104, 070203, 070204, 070303, 070304, 070403, 070404, 070503, 070504, 070603, 070604, 070703, 070704 080111, 080113, 080115, 080117, 080119, 080409, 080411, 080413, 080415		<p>από οξεία εισπνοή με τριχλωροαιθυλένιο περιλαμβάνουν: επιδράσεις στο γαστρεντερικό σύστημα, ήπαρ, νεφρά και δέρμα. Πίνοντας και αναπνέοντας υψηλά επίπεδα τριχλωροαιθυλενίου μπορεί να προκαλέσει επιδράσεις στο νευρικό σύστημα, βλάβη στο ήπαρ και στα νεφρά, ανώμαλους χτύπους καρδιάς, κώμα και πιθανά θάνατο. Επαφή στο δέρμα με τριχλωροαιθυλένιο για σύντομες χρονικές περιόδους μπορεί να προκαλέσει εξανθήματα δέρματος.</p> <p>Το TCE είναι υψηλά διαλυτό στο νερό (~ 1.366 g/l στους 25 °C) και, επομένως, αποτελεί ένα σημαντικό περιβαλλοντικό κίνδυνο. Επίσης, το TCE προσκολλάται στα σωματίδια του νερού, τα οποία τελικά θα το προκαλέσουν να καθιζήσει στον πυθμένα ως ίζημα.</p> <p>Επειδή το TCE εύκολα εξατμίζεται από τα επιφανειακά νερά, συνήθως βρίσκεται ως ατμός στον αέρα. Το TCE εξατμίζεται λιγότερο εύκολα από το έδαφος απ' ότι στα επιφανειακά νερά, και μπορεί, επομένως, να συνδεθεί με τα εδαφικά σωματίδια και να παραμείνει στο έδαφος για μεγάλο διάστημα.</p> <p>Το TCE είναι ένα υποκατάστατο μείωσης του όζοντος και αντιδρά βίαια με πολλά μέταλλα, όζον, νιτρικό κάλιο, υδροξείδιο του καλίου και υδροξείδιο του νατρίου.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Τα αντιψυκτικά είναι τοξικά στους ανθρώπου και τα ζώα. Τα χρησιμοποιημένα αντιψυκτικά μπορούν να ρυπανθούν με βαρέα μέταλλα (όπως μόλυβδος, κάδμιο και χρώμιο) από τη βενζίνη και τα λάδια τα οποία αυξάνουν το επίπεδο κινδύνου που προκαλείται από το ethylene glycol.</li> <li>Το propylene glycol είναι λιγότερο επικίνδυνο, και χρησιμοποιείται και σε άλλα προϊόντα, όπως αρωματικά αποστάγματα, τροφές και εξυγιαντικές κρέμες. Το χρησιμοποιημένο propylene glycol ίσως περιέχει μερικούς ρύπους, όπως βενζίνη ή λάδια και βαρέα μέταλλα, τα οποία το προκαλούν</li> </ul>
6	Χρησιμοποιημένα αντιψυκτικά	Απόβλητα κατά ΕΚΑ: 160114	<p>Προστίθενται στο νερό για μείωση του σημείου ψύξης σε μηχανές εσωτερικής καύσης. Το ethylene glycol είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο αυτοκινούμενο αντιψυκτικό σύστημα, αν και τα propylene glycol, methanol και isopropyl alcohol χρησιμοποιούνται επίσης.</p>

7	Ηλεκτρικά/Ηλεκτρονικά απόβλητα	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υπολογιστές</li> <li>Κινητά τηλέφωνα</li> <li>Καθοδικές ακτινωτές λυχνίες (CRT)</li> <li>Εκτυπωτές και θήκες μελανιών</li> <li>Λευκά προϊόντα (ηλεκτρονικές οικιακές συσκευές)</li> <li>Μπαταρίες</li> <li>Ανιχνευτές καπνού</li> <li>Ιατρικές ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές</li> </ul>
	Απόβλητα κατά ΕΚΑ: 080317 090111 101109, 101111, 101113 150111 160209, 160210, 160211, 160212, 160213, 160215, 160601, 160602, 160603, 160606 180110 200133	

ενδεχομένως επικίνδυνο.

- Το ethylene glycol είναι ερεθιστικό στο δέρμα, στην αναπνοή και στα μάτια.
- Τρώγοντας ή πίνοντας μεγάλες ποσότητες μπορεί να προκαλέσουν ναυτία, σπασμούς, ψεύδισμα στην ομιλία, αποπροσανατολισμό, όπως επίσης προβλήματα στην καρδιά και στα νεφρά. Κατάποση μεγάλων ποσοτήτων από ethylene glycol μπορεί να προκαλέσουν θάνατο.
- Τα θηλυκά ζώα που απορροφούν μεγάλες ποσότητες ethylene glycol γεννούν μωρά με γεννητικά ελαττώματα, ενώ τα αρσενικά ζώα έχουν μειωμένη ποσότητα σπέρματος. Ωστόσο, αυτές οι επιδράσεις παρουσιάζονται σε πολύ υψηλά επίπεδα και δεν αναμένονται στους ανθρώπους που εκτίθενται σε χαμηλότερα επίπεδα στις περιοχές με επικίνδυνα απόβλητα.

#### **Υπολογιστές**

Η ανθρώπινη υγεία και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες που σχετίζονται με την παρουσία των υποκατάστατων στους προσωπικούς υπολογιστές ανακύπτουν εάν αυτός ο χρησιμοποιημένος εξοπλισμός είναι ακατάλληλα θαμμένος ή αποτεφρωμένος.

#### **Μόλυβδος**

Ο μόλυβδος σε μία οθόνη CRT ή στα συστήματα εκτύπωσης μπορεί να εκχυλится από τα μολυβδούχα γυαλιά υπό καθορισμένες συνθήκες εναπόθεσης. Η αποτέφρωση θα οδηγήσει στην απελευθέρωση του μολύβδου στην ατμόσφαιρα, όπως επίσης και στην απόθεση του μολύβδου στη τέφρα, η οποία έπειτα οδηγείται σε χώρους διάθεσης αποβλήτων.

Ο μόλυβδος σε μία οθόνη CRT ή στα συστήματα εκτύπωσης μπορεί να απελευθερωθεί ως σκόνη οξειδίου του μολύβδου ή ως καπνός μολύβδου κατά τη

---

διάρκεια επεξεργασίας μετάλλων σε υψηλή θερμοκρασία, όπως χύτευση.

#### *Υδράργυρος*

Ο υδράργυρος μπορεί να απελευθερωθεί από καθορισμένες επίπεδες οθόνες μετά από θρυμματισμό και επακόλουθη μεταχείριση αυτού του προϊόντος. Η ταφή και η αποτέφρωση των επίπεδων οθονών μπορούν να οδηγήσουν στην απελευθέρωση του υδραργύρου στο περιβάλλον. Ένας κεντρικός επεξεργαστής υπολογιστή περιέχει ίχνη υδραργύρου, καδμίου και άλλων μετάλλων που είναι ανθεκτικά στο περιβάλλον.

#### *Κάδμιο*

Το μικρό ποσό του καδμίου στα πλαστικά (το κάδμιο χρησιμοποιείται ως σταθεροποιητής πλαστικού) μπορεί να απελευθερωθεί στη μορφή σκόνης οξειδίου του καδμίου εάν το πλαστικό καεί πριν την ανάκτηση του μετάλλου. Το κάδμιο σε πλάκες επαφής και διακόπτες μπορεί να απελευθερωθεί ως σκόνη ή καπνός οξειδίου του καδμίου κατά τη διάρκεια επεξεργασίας μετάλλου σε υψηλή θερμοκρασία. Η αποτέφρωση επίσης συμβάλει στην απελευθέρωση του καδμίου στο περιβάλλον.

Οι ενώσεις καδμίου κατατάσσονται ως τοξικές, με πιθανό κίνδυνο για μη αντιστρεπτές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία. Το κάδμιο και οι ενώσεις καδμίου συσσωρεύονται στο ανθρώπινο σώμα, και ιδιαίτερα στα νεφρά. Το κάδμιο προσροφάται μέσω αναπνοής, αλλά επίσης προσλαμβάνεται με την τροφή. Το κάδμιο δείχνει ένα κίνδυνο με συσσωρευτικές επιδράσεις στο περιβάλλον, λόγω της οξείας και χρόνιας τοξικότητας.

Σε ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, το κάδμιο βρίσκεται σε καθορισμένα συστατικά όπως αντιστάσεις, υπέρυθρους ανιχνευτές και ημιαγωγούς. Παλαιού τύπου

---

καθοδικές ακτινωτές λυχνίες περιέχουν κάδμιο.

Το κάδμιο στη φωσφορική επίστρωση σε μερικές παλαιές επίπεδες οθόνες μπορεί να παρουσιάσει κίνδυνο εισπνοής στους εργαζόμενους θρυμματισμού αυτών των οθονών. Συνήθως χρησιμοποιούνται υγρές διεργασίες για να απομακρύνουν την φωσφορική επίστρωση.

#### *Βρώμιο και χλώριο*

Το βρώμιο στα πλαστικά ως βρωμιούχοι επιβραδυντές φλόγας, ή το χλώριο στα PVC, μπορούν να επανασυνδεθούν με τον άνθρακα και το υδρογόνο σε διάφορες διεργασίες απόθεσης και ανάκτησης, η οποίες περιλαμβάνουν θέρμανση ώστε να σχηματιστούν άλλες αλογονομένες οργανικές ενώσεις με περιβαλλοντικό ενδιαφέρον, ειδικότερα οι χλωριωμένες και βρωμιωμένες διβενζοδιοξίνες και φουράνια.

Όταν σκληρά συστατικά πλαστικών που περιέχουν βρωμιούχους επιβραδυντές φλόγας θρυμματίζονται, οι εργαζόμενοι μπορεί να εκτεθούν σε σκόνη που περιέχει αυτά τα χημικά.

#### *Άλλα μέταλλα*

- Το λίθιο σε μία μπαταρία θα απελευθερωθεί εάν η μπαταρία θρυμματιστεί με το περιφερειακό κάλυμμα το οποίο προσδένεται. Όταν απελευθερωθεί, θα αντιδράσει με το οξυγόνο και την υγρασία παράγοντας θερμότητα, η οποία πιθανώς θα προκαλέσει φωτιά.
- Το αντιμόνιο που περιέχεται στις γυάλινες οθόνες μπορεί να εκχυλится σε καθορισμένες συνθήκες εδαφικής διάθεσης.
- Η σκόνη οξειδίου του βαρίου μπορεί να απελευθερωθεί κατά τη διάρκεια αποσυναρμολόγησης και μεταχείρισης των

---

καθοδικών ακτινωτών λυχνιών.

- Το βηρύλλιο σε ένα κράμα χαλκού-βηρυλλίου (που χρησιμοποιείται στις μητρικές μονάδες) μπορεί να απελευθερωθεί ως σκόνη ή καπνός οξειδίου του βηρυλλίου κατά την επεξεργασία μετάλλου σε υψηλή θερμοκρασία.

### **Κινητά τηλέφωνα**

- Οι βρωμιούχοι επιβραδυντές φλόγας χρησιμοποιούνται κυρίως στις κάρτες κινητών, στα καλώδια και στα προστατευτικά πλαστικά καλύμματα. Η έρευνα έχει δείξει ότι μερικοί βρωμιούχοι επιβραδυντές φλόγας μπορεί να είναι ανθεκτικοί, να βιο-συσσωρεύονται και να είναι τοξικοί.
- Δυο κατηγορίες επιβραδυντών φλόγας (πολυβρωμιωμένα διφαινύλια (PBBs) και πολυβρωμιωμένοι διφαινυλαιθέρες (PBDEs) έχουν συσχετιστεί με καρκίνο και διατάραξη του ανοσοποιητικού και ενδοκρινικού συστήματος.
- Επιπρόσθετα, μερικά από αυτά τα συστατικά μπορούν να σχηματίσουν διοξίνες και φουράνια, ομάδες με υψηλή τοξικότητα και ανθεκτικά παραπροϊόντα καύσης, τα οποία παράγονται όταν τα προϊόντα που τα περιέχουν αποτεφρώνονται ή ανακυκλώνονται.

### **Πολυβινυλοχλωρίδια (PVC)**

- Τα PVC είναι τα πιο πολυχρησιμοποιημένα πλαστικά, όπως π.χ. σε κάθε ηλεκτρονική συσκευή και εργαλείο, οικιακά αντικείμενα, σωλήνες, υλικά για ταπετσαρίες, κ.α.
- Η παραγωγή και η καύση προϊόντων PVC παράγουν διοξίνες και φουράνια, τα οποία συνεισφέρουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση και σε αναπνευστικές

			<p>ασθενείς.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Τα PVC είναι επικίνδυνα, επειδή περιέχουν πάνω από 56% χλώριο, τα οποία όταν καίγονται παράγουν μεγάλες ποσότητες αέριου υδροχλωρίου, και το οποίο όταν συνδυαστεί με νερό παράγει υδροχλωρικό οξύ. Αυτό είναι με τη σειρά του επικίνδυνο επειδή όταν εισπνέεται μπορεί να οδηγήσει σε αναπνευστικά προβλήματα.</li> </ul>
8	Θήκες μελανιών και χρωμάτων	Εκτυπωτές, στυλό, φωτοτυπικά	<p><b>Ψυγεία και καταψύκτες</b></p> <p>Τα CFCs είναι υποκατάστατα μείωσης του όζοντος, βρίσκονται στο σύστημα ψύξης, και ίσως βρίσκονται στις φυσαλίδες στον αφρό μόνωσης της κάσας του ψυγείου. Μη-ανανεώσιμες πηγές χρησιμοποιούνται για την κατασκευή νέων θηκών (ειδικότερα στα προστατευτικά πλαστικά καλύμματα). Για κάθε θήκη λείζερ που απορρίπτεται, χρειάζεται περίπου ένα λίτρο πετρελαίου για παραγωγή μιας νέας θήκης.</p> <p>Η εισπνοή είναι ο κύριος τρόπος έκθεσης της σκόνης μαύρου άνθρακα, και ίσως οδηγήσει σε ερεθισμό του αναπνευστικού συστήματος.</p> <p>Τα χρωματισμένα μελάνια, τα οποία περιέχουν βαρέα μέταλλα, θα απελευθερώσουν αυτά τα βαρέα μέταλλα (όπως το κάδμιο) στο περιβάλλον, εάν εναποθεθούν ακατάλληλα.</p> <p>Τα μη-βιοαποδομήσιμα πλαστικά καλύμματα θα συσσωρευτούν σε χώρους εναπόθεσης αποβλήτων.</p> <p>Εάν οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος εναποτίθενται σε ένα κανονικό χώρο διάθεσης αποβλήτων, ή απορρίπτονται παράνομα, οι μπαταρίες θα διαβρωθούν και θα απελευθερώσουν μόλυβδο ή θειικό οξύ επιβαρημένο με μόλυβδο στο περιβάλλον. Οι θαμμένες μπαταρίες μπορούν, επομένως, να ρυπάνουν τις πηγές πόσιμου νερού, όπως ποτάμια, ρέματα και υπόγεια νερά.</p> <p>Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος καιγόμενες σε</p>
9	Υγρές μπαταρίες	Μπαταρίες μολύβδου-οξέος (π.χ. για οχήματα)	
	Απόβλητα κατά ΕΚΑ: 150110, 150111		
	Απόβλητα κατά ΕΚΑ: 160121, 160603, 160606		

- Μη επαναφορτιζόμενες
  - ψευδαργύρου
  - αλκαλικού μαγγανίου

αποτεφρωτήρες θα απελευθερώσουν μόλυβδο στην ατμόσφαιρα, ή ο μόλυβδος θα παραμείνει σε υψηλές συγκεντρώσεις στην τέφρα (η οποία ενταφιάζεται).

Ο μόλυβδος κατατάσσεται στην Κατηγορία Β μετάλλαξης και καρκινογένεσης, όπως επίσης και τερατογένεσης, και είναι γνωστό ότι προκαλεί ελαττώματα γένεσης και βλάβες αναπαραγωγής.

Η έκθεση σε μόλυβδο περιλαμβάνει:

- Χρόνια υπερέκθεση: εύκολα κούραση, απώλεια όρεξης, ερεθιστικότητα, γεύση μετάλλου, και αϋπνίες, επιπρόσθετα είναι τοξικό στο νευρικό σύστημα, στα νεφρά και στο αναπαραγωγικό σύστημα.
- Οξεία υπερέκθεση: δυσκοιλιότητα, εμετούς, μελανιασμένα ούλα, αδύνατους καρπούς χεριών και αστραγάλους, απώλεια βάρους και κιτρινισμένο δέρμα.

Το θειικό οξύ είναι ένα πολύ διαβρωτικό οξύ (pH περίπου 0.3), το οποίο μπορεί να προκαλέσει χημικά εγκαύματα όταν έρχεται σε επαφή με το δέρμα.

Η έκθεση σε θειικό οξύ (ηλεκτρολύτης μπαταρίας) περιλαμβάνει:

- Χρόνια υπερέκθεση: με εισπνοή - διάβρωση δοντιών, φλεγμονή στη μύτη, πόρους στο λάρυγγα και στα βρογχικά.
- Οξεία υπερέκθεση: μάτια - διάφορα εγκαύματα, βλάβη στον κερατοειδή χιτώνα και τύφλωση. Δέρμα - διάφορους ερεθισμούς, εγκαύματα, πληγές. Εισπνοή - ερεθισμούς αναπνοής, φλεγμονή στις μεμβράνες βρογχικών. Κατάποση - διάφορα εγκαύματα και πληγές στο στόμα, λάρυγγα, και στο στομάχι, βλάβη στα νεφρά και εντερικούς οδούς.

Επικίνδυνα συστατικά από τις μπαταρίες μπορούν να απελευθερωθούν στο περιβάλλον από τους χώρους διάθεσης αστικών αποβλήτων και τους αποτεφρωτήρες,

090111 160601, 160602, 160603, 160606 200133	<ul style="list-style-type: none"> <li>- οξείδιο υδραργύρου</li> <li>- οξείδιο αργύρου</li> <li>- λιθίου</li> <li>▪ Επαναφορτιζόμενες</li> <li>- νικελίου καδμίου</li> <li>- μεταλλικού νικελίου</li> <li>- ιόντος λιθίου ή πολυμερούς λιθίου</li> </ul>	<p>με αποτέλεσμα να επιβαρύνουν την υγεία. Όταν διαβρώνονται, οι μπαταρίες μπορούν να γίνουν επικίνδυνες, απελευθερώνοντας επικίνδυνα υλικά στο έδαφος, στα επιφανειακά και υπόγεια νερά.</p> <p>Η δηλητηρίαση με κάδμιο είναι πολύ σοβαρή, και μπορεί να οδηγήσει στην καταστροφή των ερυθρών αιματικών κυττάρων. Το κάδμιο είναι ένας γνωστός ρύπος νερού και ιζήματος, και κατατάσσεται ως πιθανό καρκινογενές. Οι ανοιχτές μπαταρίες μπορούν να προκαλέσουν ερεθισμούς στην αναπνοή· το οξείδιο καδμίου μπορεί να προκαλέσει μεταλλικό πυρετό. Οι μπαταρίες που καίγονται στις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων μπορούν να απελευθερώσουν υδράργυρο και κάδμιο στον αέρα και στο νερό, εν τέλει εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα και προκαλούν απειλή στην ανθρώπινη υγεία, όπως επίσης και στο περιβάλλον.</p> <p>Το μεταλλικό νικέλιο και τα κράματα νικελίου έχουν ταυτοποιηθεί ως καρκινογενές Κατηγορίας Β. Ο στερεός ψευδάργυρος είναι ένα ερεθιστικό δέρματος, το οξείδιο του ψευδαργύρου μπορεί να προκαλέσει μεταλλικό πυρετό.</p> <p>Το λίθιο αντιδρά βίαια με το νερό, σχηματίζοντας εύφλεκτα αέρια υδρογόνου και διαβρωτικούς καπνούς υδροξειδίου του λιθίου. Διαρροές από μπαταρίες λιθίου-διοξειδίου του θείου θα απελευθερώσουν αέριο διοξείδιο του θείου (τοξικό), υδροξείδιο του λιθίου (διαβρωτικό) και μεθάνιο (εύφλεκτο).</p> <p>Περιβαλλοντικές επιδράσεις του λιθίου – το μεταλλικό λίθιο θα αντιδράσει με άζωτο, οξυγόνο, και υδατμούς νερού στον αέρα. Συνεπώς, η επιφάνεια λιθίου επικαλύπτεται με μίγμα υδροξειδίου λιθίου (LiOH), ανθρακικού λιθίου (LiCO<sub>3</sub>), και νιτρίδιου λιθίου (Li<sub>3</sub>N). Το υδροξείδιο λιθίου αποτελεί ένα πιθανό σημαντικό κίνδυνο, επειδή είναι εξαιρετικά διαβρωτικό. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στους θαλάσσιους</p>
-------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			οργανισμούς.
			<p><i>Έκθεση σε λίθιο:</i> Κίνδυνος πυρκαγιάς και έκρηξης σε επαφή με καύσιμες ουσίες και νερό.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Εισπνοή: αίσθηση καούρας, βήχας, επιβαρημένη αναπνοή, συντομία στην αναπνοή, φαρυγγίτιδα. Τα συμπτώματα ίσως να καθυστερήσουν να εμφανιστούν.</li> <li>▪ Δέρμα: κοκκινάδες, εγκαύματα δέρματος, πόνους, φουσκάλες. Μάτια: κοκκινάδες, πόνους, διάφορα βαθιά εγκαύματα.</li> <li>▪ Κατάποση: γαστρικές κράμπες, γαστρικούς πόνους, αίσθηση καψίματος, ναυτία, λιποθυμία, εμετούς, αδυναμία. Πορεία της έκθεσης: το υποκατάστατο μπορεί να απορροφηθεί από το σώμα με εισπνοή των αερολυμάτων, και από κατάποση.</li> <li>▪ Κίνδυνος εισπνοής: η εξάτμιση στους 20 °C είναι ελάχιστη· μια επιβλαβής συγκέντρωση με αέρια σωματίδια μπορεί να φτάσει γρήγορα όταν διασκορπιστεί. Επιδράσεις από βραχυπρόθεσμη έκθεση. Το υποκατάστατο είναι διαβρωτικό στα μάτια, στο δέρμα και στο σύστημα αναπνοής, είναι επίσης διαβρωτικό στην κατάποση. Η εισπνοή της ουσίας θα προκαλέσει πνευμονικό οίδημα.</li> </ul>
11	<p>Αμιάντος και απόβλητα που περιέχουν αμιάντο</p> <p>Απόβλητα κατά ΕΚΑ: 010407 060701, 061304 101309 150111 160111, 160212, 160215 170106, 170409, 170601, 170603, 170605</p>	<p>Ο αμιάντος χρησιμοποιείται στην κατασκευή προϊόντων όπως αμιάντο-τσιμέντου ή σωλήνων, υλικά κατασκευών, μόνωσης, και προϊόντων τριβής, όπως φλάντζες, τακάκια και συμπλέκτες. Τα απόβλητα που περιέχουν αμιάντο μπορούν να προέλθουν από τους σάκους που μεταφέρουν αμιάντο, εξοπλισμό, PPE και ρουχισμό που έχει έρθει σε επαφή με τον αμιάντο.</p>	<p>Υλικά που περιέχουν αμιάντο δεν είναι απαραίτητο ότι προκαλούν κάποιο πρόβλημα εκτός και αν ίνες από αυτά τα υλικά απελευθερώνονται στον αέρα και εισπνέονται. Η εισπνοή ινών αμιάντου είναι το αίτιο της αμιάντωσης και καρκίνου του πνεύμονα. Επομένως, κάθε απόβλητο που παράγεται και εναποτίθεται πρέπει να γίνεται με αυτό τον τρόπο που να αποφεύγεται η απελευθέρωση ινών αμιάντου.</p> <p>Η Διεθνής Υπηρεσία για την έρευνα στον καρκίνο έχει κατατάξει τον αμιάντο ως καρκινογενές Κατηγορίας 1.</p>

12	Τέφρα (και άλλα απόβλητα τέφρας)	Βιομηχανικές διεργασίες που περιλαμβάνουν αποτέφρωση ως μέρος της παραγωγικής διαδικασίας παράγουν τέφρα ως ένα από τα παραπροϊόντα της διαδικασίας.
	Απόβλητα κατά ΕΚΑ: 100104, 100113, 100114, 100116, 100118, 101401 190111, 190113, 190115, 190117	

### Επιδράσεις του αμιάντου στην υγεία

Οι ανίατες ασθένειες που προκαλούνται από τον αμιάντο είναι αμιάντωση και καρκίνος, επιπρόσθετα μεσοθυλίωμα από μπλε αμιάντο. Χρειάζεται περίπου 10 με 40 χρόνια για ένα άτομο να αναπτύξει μια ασθένεια σχετιζόμενη με τον αμιάντο.

Υπάρχουν τρεις κύριες καταστάσεις ασθενειών που συνδέονται με την εισπνοή ινών αμιάντου:

- Αμιάντωση, ή ουλές στους ιστούς του πνεύμονα, που προκύπτουν από την εισπνοή σημαντικής ποσότητας αμιάντου σε βάθος χρόνων. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν μείωση της αναπνοής και ξερόβηχα. Πολλοί ασθενείς έχουν χρόνιες εμπειρίες από κακή ποιότητα ζωής και αναπηρίες. Θα πεθάνουν από ανεπάρκεια αναπνοής ή βλάβη στην καρδιά, λόγω αυξημένης καταπόνησης της καρδιάς.
- Ο καρκίνος του πνεύμονα σχετίζεται με την ποσότητα των ινών αμιάντου που εισπνέθηκαν, και ο κίνδυνος αυξάνεται θεωρητικά σε ανθρώπους που καπνίζουν.
- Το μεσοθυλίωμα είναι ένας σπάνιος καρκίνος που περιλαμβάνει τα πλευρά (η εξωτερική επένδυση του πνεύμονα) ή, λιγότερο κοινό, το περιτόναιο (επένδυση της κοιλότητας του θώρακα).
- Η τέφρα μπορεί να περιέχει βαρέα μέταλλα, ειδικότερα μόλυβδος, κάδμιο και υδράργυρος, και άλλα ανόργανα στοιχεία. Τα βαρέα μέταλλα είναι επίμονοι ρύποι και δεν είναι βιοαποδομήσιμοι.
- Η εισπνοή της τέφρας μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό της μύτης, του φάρυγγα και της αναπνευστικής οδού, με αποτέλεσμα να προκαλεί βήχα και φτάρνισμα.
- Η επαναλαμβανόμενη εισπνοή σκόνης που περιέχει κρυσταλλικό χαλαζία μπορεί να προκαλέσει

			<p>βρογχίτιδα, πνευμονοκονίαση (ουλές του πνεύμονα) και καρκίνο του πνεύμονα. Μπορεί επίσης να αυξήσει τον κίνδυνο σκληροδερμίας (μια ασθένεια που επηρεάζει τον συνδετικό ιστό του δέρματος, άρθρωσης, αιμοφόρα αγγεία και εσωτερικά όργανα). Μελέτες έχουν δείξει ότι το κάπνισμα αυξάνει στον κίνδυνο βρογχίτιδας, πνευμονοκονίασης και καρκίνο του πνεύμονα σε άτομα που εκτίθενται σε κρυσταλλικό χαλαζία.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Η εισπνοή υψηλών επιπέδων ιπτάμενης τέφρας ίσως δημιουργήσει διάφορους ερεθισμούς στους μικρούς αεραγωγούς του πνεύμονα, και συμπτώματα άσθματος.</li> <li>▪ Η τέφρα που δημιουργείται σε αποτεφρωτές παράγει υψηλή τοξικότητα ιπτάμενης τέφρας και τέφρα βάσης. Ο εξοπλισμός ελέγχου της αέριας ρύπανσης θα αποσοβήσει/μειώσει την απελευθέρωση των τοξικών σωματιδίων στον καπνό και στις εκπομπές, έτσι η τέφρα (και τα φίλτρα) θα είναι υψηλά ρυπασμένα με βαρέα μέταλλα, PCBs, διοξίνες και φουράνια, όπως επίσης και άλλα επικίνδυνα παραπροϊόντα της καύσης.</li> </ul>
13	<p>Νοσοκομειακά απόβλητα/ Απόβλητα υγειονομικού ενδιαφέροντος</p> <p>Απόβλητα κατά ΕΚΑ: 180103, 180106, 180108, 180110, 180202, 180205, 180207</p>	<p>Δημόσια και ιδιωτικά νοσοκομεία και κλινικές, εργαστήρια, φαρμακοβιομηχανίες περιλαμβάνουν απόβλητα υγειονομικού ενδιαφέροντος (ληγμένα φάρμακα, βελόνες, μολυσμένα γάντια, χρησιμοποιημένους επιδέσμους, γυαλιά, μολυσματικά απόβλητα, παθολογικά απόβλητα, χημικά απόβλητα, ραδιενεργά απόβλητα) και γενικότερα απόβλητα (πλαστικές σακούλες και χαρτί).</p>	<p>Υπάρχει τεράστιο ζήτημα όταν μολυσματικά απόβλητα δεν εναποτίθενται με υπευθυνότητα (συχνά αναμιγνύονται με αστικά απόβλητα και εναποτίθενται σε κανονικούς χώρους διάθεσης αποβλήτων ή θάβονται παράνομα).</p> <p><i>Ακατάλληλη εναπόθεση αιχμηρών αντικειμένων</i></p> <p>Η μη-ασφαλής εναπόθεση αποβλήτων υγειονομικού ενδιαφέροντος (μολυσμένες σύριγγες και βελόνες) προκαλούν κινδύνους της ανθρώπινης υγείας. Οι μολυσμένες σύριγγες και βελόνες αναπαριστούν μια ιδιαίτερη απειλή, επειδή η αστοχία απόθεσης των αποβλήτων με ασφάλεια στην ανακύκλωση και</p>

---

συσκευασία, μπορεί να οδηγήσει σε μη-ασφαλή επαναχρησιμοποίηση. Ο μολυσμένος εξοπλισμός ένεσης μπορεί να καθαριστεί από τις περιοχές αποβλήτων και χώρων ταφής, και μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί ή να πουληθεί για χρήση.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας υπολόγισε ότι το 2000 μολυσμένες εγχύσεις με μολυσμένες ενέσεις προκάλεσαν:

- 21 εκατομμύρια ηπατίτιδας Β (32% από κάθε νέα λοίμωξη).
- 2 εκατομμύρια ηπατίτιδας C (40% από κάθε νέα λοίμωξη).
- Περίπου 260000 μολύνσεις HIV (5% από κάθε νέα λοίμωξη).

#### *Επιδράσεις στην υγεία*

Τα απόβλητα υγειονομικού ενδιαφέροντος είναι μια δεξαμενή από πιθανά επιβλαβείς μικροοργανισμούς, οι οποίοι μπορούν να μολύνουν ασθενείς νοσοκομείου, εργαζομένους, και το γενικά το δημόσιο κοινό. Άλλοι πιθανοί μολυσματικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν η διάδοση μερικών ανθεκτικών μικροοργανισμών από ιδρύματα υγειονομικού ενδιαφέροντος στο περιβάλλον. Αυτοί οι κίνδυνοι, μέχρι στιγμής, έχουν ελάχιστα μελετηθεί.

Απόβλητα και παραπροϊόντα μπορούν να προκαλέσουν βλάβες, για παράδειγμα: εγκαύματα από ακτινοβολία, δηλητηρίαση, ασθένεια και μόλυνση.

#### *Περαιτέρω κίνδυνοι περιλαμβάνουν:*

- Ανεπιθύμητα και ληγμένα φάρμακα μπορούν να βλάψουν τα παιδιά ή τους ενήλικες. Ανεπιθύμητα φαρμακευτικά που βρέθηκαν στα σκουπίδια ίσως να κλάπηκαν για ασυνήθιστη χρήση.
- Αντιβιοτικά που χύνονται στην αποχέτευση μπορούν

- 14    Περισσευούμενα  
      μικροβιοκτόνα  
      (Φυτοφάρμακα)
- Αγροτικής, οικιακής και βιομηχανικής χρήσης

Απόβλητα κατά ΕΚΑ:

020108

030201, 030202,

030203, 030204

060903, 061301

070409, 070410, 070413

190702

200119

να σκοτώσουν χρήσιμα μικρόβια και βακτήρια στα συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων.

- Αέρια από την αποτέφρωση μπορούν να προκαλέσουν αέρια ρύπανση, ή ο αποτεφρωτήρας να μην λειτουργεί σωστά.

Σωροί αποθεμάτων από παλιά και αχρησιμοποίητα μικροβιοκτόνα αποτελούν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, και μπορούν να οδηγήσουν σε ρύπανση των αποθεμάτων νερού ή/και σε μακροπρόθεσμη ρύπανση του εδάφους και άλλων φυσικών πηγών.

Τα μικροβιοκτόνα, επομένως, πρέπει να μην αποθηκεύονται σε μέρη όπου η πλημμύρα είναι πιθανή, ή σε μέρη όπου μπορούν να διαρρεύσουν σε καταβόθρες, χαντάκια, επιφανειακά ή υπόγεια νερά.

Οι κυριότεροι ρύποι των μικροβιοκτόνων συνθέτουν οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, περιλαμβάνουν ουσίες όπως aldrin, dieldrin, DDT, DDD, endosulfan, endrin, heptachlor, lindane και chlordane. Αυτά τα μικροβιοκτόνα βιο-συσσωρεύονται στους λιπαρούς ιστούς και μεταφέρονται στην τροφική αλυσίδα. Τρεις από τους 12 επίμονους οργανικούς ρύπους (POPs) που κατατάσσονται στη λίστα της συνθήκης της Στοκχόλμης είναι μικροβιοκτόνα, μερικά από τα οποία βρίσκονται σε παλαιούς σωρούς αποθεμάτων.

### **Μικροβιοκτόνα και περιβάλλον**

Η επίδραση των μικροβιοκτόνων στο αβιοτικό περιβάλλον μπορεί να συνοψιστεί ως ακολούθως:

- Τα μικροβιοκτόνα μπορούν να μετακινηθούν από την στοχευόμενη περιοχή τους λόγω μετατόπισης/εξάτμισης, εκχύλισης και έκπυσης. Η μετατόπιση συνήθως λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια ψεκασμού του εδάφους ή του αέρα, και περίπου το 30 % των εφαρμογών ψεκασμού μετακινούνται περισσότερο από 15 μέτρα από το καθορισμένο σημείο. Έτσι, τα

---

μικροβιοκτόνα μπορούν να εμποτιστούν στο έδαφος, να διαφύγουν στα υπόγεια νερά και να ρέουν στα υδατικά συστήματα, με αποτέλεσμα να επηρεάζουν τη χλωρίδα και πανίδα του εδάφους/νερού.

- Η διαφυγή των μικροβιοκτόνων από το έδαφος μπορεί να έχει μια σειρά από αρνητικές επιδράσεις. Μπορεί να οδηγήσει σε ρύπανση του υπόγειου και πόσιμου νερού, κάνοντάς το ακατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση. Η ρύπανση του υπόγειου νερού μπορεί να είναι περισσότερο σοβαρή σε περιοχές με υψηλή βροχόπτωση. Η διαφυγή των μικροβιοκτόνων είναι ένα σοβαρό πρόβλημα, επειδή εφαρμόζονται απευθείας στο έδαφος και είναι υδατοδιαλυτά, καθιστώντας τα περισσότερο ευκίνητα.

#### **Μικροβιοκτόνα και οι επιπτώσεις στην υγεία**

- Το *Carbaryl* είναι ένα αυστηρά απαγορευμένο για χρήση μικροβιοκτόνο επειδή είναι γοναδοτοξικό, εμβρυοτοξικό, μεταλαξιογόνο, επίμονο, μπορεί να προκαλέσει αδυναμία στη λειτουργία της αναπαραγωγής, και είναι πιθανό να σχηματίσει το καρκινογόνο n-nitrosocarbaryl.
- Οι επόμενες χρήσεις του *carbofuran* απαγορεύονται: 1) στα λαχανικά, τσάι, οπωροφόρα δέντρα και βότανα. 2) ενάντια σε έντομα που είναι επιβλαβή για το θάνατο ανθρώπων και ζώων. 3) για τον έλεγχο αρουραίων, με εξαίρεση όταν σχηματίζεται για ποντικοφάρμακο. Το *carbofuran* επιτρέπεται μόνο ως επάλειψη σπόρου σε χαντάκια, ή σε μορφή σκόνης για την επεξεργασία εδάφους· πρέπει να χρησιμοποιηθεί με κατάλληλα εργαλεία ή γάντια. Απαγορεύεται ως μέσο ψεκασμού.
- Πολλά *carbamates* έχουν ιδιότητες καρκινογένεσης, τερατογένεσης και μεταλαξιογένεσης. Τα N-

---

alkylcarbamates μπορούν να αντιδράσουν με νιτρώδη (nitite) και να σχηματίσουν ενώσει N-nitroso. Στις τρίτες χώρες, η δηλητηρίαση κυρίως προκαλείται από organophosphate και carbamates, ειδικότερα μετά από την αντικατάσταση των οργανοχλωριωμένων μικροβιοκτόνων.

- Τα *arsenicals* δεν επιτρέπονται πλέον για χρήση στη γεωργία, και απαγορεύονται να χρησιμοποιηθούν από τις βιομηχανικές μονάδες στην επεξεργασία του ξύλου. Η υπηρεσία ελέγχου εφαρμόζεται σε *arsenical* εντομοκτόνα. Αυτές οι ενώσεις έχουν απαγορευτεί για παραγωγή και χρήση ως μικροβιοκτόνα. Όμως μη-γεωργικές χρήσεις ακόμα επιτρέπονται. Το αρσενικό και οι ενώσεις του είναι υψηλά τοξικές. Τα *arsenicals* έχουν τις ακόλουθες αρνητικές επιδράσεις: μεταλαξιογένεση, τερατογένεση, εμβρυοτοξικότητα, οξεία τοξικότητα, και μελέτες ανθρώπινης επιδημιολογίας έχουν επιδείξει ότι προκαλεί καρκινογένεση. Μελέτες μεταλαξιογένεσης έχουν δείξει ότι το sodium arsenite είναι πιθανό να προκαλεί αλλαγές χρωμοσωμάτων στους ανθρώπους. Η διαλυτότητα και τοξικότητά του το κάνουν επικίνδυνο για τα υδατικά αποθέματα.
- Το *Aldrin* είναι επίμονο στο περιβάλλον, βιο-συσσωρεύεται και δημιουργεί αρνητικές επιδράσεις στην τροφική αλυσίδα.
- Το *DDT* απαγορεύεται για χρήση σε όλα τα προϊόντα προστασίας των φυτών. Το *DDT* είναι επίμονο στο περιβάλλον. Είναι πιθανόν να βιο-συσσωρεύεται και να δημιουργεί αρνητικές επιδράσεις στην τροφική αλυσίδα σε χερσαίους και θαλάσσιους οργανισμούς. Το *DDT* έχει κατηγοριοποιηθεί ως Β-καρκινογενές (πιθανή καρκινογένεση σε ανθρώπους).
- Το *Dieldrin* είναι επίμονο στο περιβάλλον. Είναι επίσης πιθανόν να βιο-συσσωρεύεται και να

15	Απόβλητα μπογιάς και άδεια δοχεία μπογιάς  Απόβλητα κατά ΕΚΑ: 040216 080111, 080113, 080115, 080117, 080119, 080121	Συντήρηση κτηρίων και βαφή κάθε επιφάνειας, αντικειμένου, προϊόντος, μηχανής που παράγει υπολείμματα μπογιάς και άδεια δοχεία μπογιάς.
----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- δημιουργεί αρνητικές επιδράσεις στην τροφική αλυσίδα σε χερσαίους και θαλάσσιους οργανισμούς.
- Το *Endosulfan* είναι απαγορευμένο και δεν έχει εναπομείναντες χρήσεις. Το *Endosulfan* έχει χαμηλό LD50 και είναι χαρακτηρισμένο ως υψηλά τοξικό. Έχει υψηλή ανθεκτικότητα στο έδαφος, και είναι εξαιρετικά τοξικό στα ψάρια και τις μέλισσες. Σε ορισμένες περιπτώσεις έχει αναφερθεί μέθη μεταξύ των εργαζομένων.
  - Το *Heptachlor* έχει απαγορευτεί για χρήση ως μικροβιοκτόνο. Είναι υψηλά τοξικό τόσο σε θερμά όσο και σε ψυχρά νερά σε είδη ψαριών, όπως επίσης και πουλιών, και είναι επίμονο και τοξικό στην ανθρώπινη υγεία.
  - Το *Chlordane* έχει απαγορευτεί για πώληση, κτήση, διάθεση και χρήση σε κάθε μορφή. Το *Chlordane* δεν είναι ένα μόνο χημικό, αλλά ένα μίγμα από διάφορα σχετιζόμενα χημικά, από τα οποία τα 10 είναι τα κύρια συστατικά. Η τυπική του χρήση ήταν για τον έλεγχο των τερμιτών στα σπίτια, αλλά επίσης χρησιμοποιούταν ως μικροβιοκτόνο σε γεωργικές σοδιές, χόρτα και κήπους. Λόγω των ανησυχιών για κίνδυνο καρκίνου, αποδείξεις στην ανθρώπινη έκθεση και συγκέντρωση στους λιπαρούς ιστούς, ανθεκτικό στο περιβάλλον, όπως επίσης επικίνδυνο για την άγρια ζωή, η χρήση αυτού του υποκατάστατου απαγορεύτηκε στις ΗΠΑ το 1978.
- Μπογιές βασισμένες στο νερό** που απορρίπτονται στο δίκτυο μπορούν να ρυπάνουν τα κανάλια νερού. Αυτές οι μπογιές περιέχουν στερεές χρωστικές ύλες, η οποίες μπορούν να αυξήσουν τη θολότητα του νερού, απελευθερώνοντας σωματίδια που μπορούν να φράξουν τα βράγχια των ψαριών, και να μπλοκάρουν το ηλιακό φως που με τη σειρά του θα μειώσει τη φωτοσύνθεση των φυτών. Οι μπογιές επίσης περιέχουν

150111  
200127

βιοαποδομήσιμα συστατικά, όπως απορρυπαντικά και πηκτικές ενώσεις, οι οποίες όταν διαλύονται μειώνουν τα επίπεδα οξυγόνου στο νερό, έτσι επηρεάζουν αρνητικά την επιβίωση των υδάτινων οργανισμών.

**Μπογιές βασισμένες στο διαλύτη** μπορούν να προκαλέσουν ρύπανση εάν απορριφθούν στο δίκτυο ή στην αποχέτευση. Οι οργανικοί διαλύτες και άλλες οργανικές ενώσεις, αναμιγνύονται με το νερό και εξαντλούν το απαραίτητο οξυγόνο καθώς διασπώνται.

Τα βαρέα μέταλλα στις χρωστικές ουσίες θα οδηγήσουν στη ρύπανση των υδάτινων αποθεμάτων ή/και του εδάφους.

Οι μπογιές και τα άδεια δοχεία μπογιάς θα πρέπει να καούν υπό ελεγχόμενες καταστάσεις, με σκοπό την αποσόβηση τοξικών αερίων, όπως πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), από την απελευθέρωση.

Μεγάλες ποσότητες απορροφημένου μολύβδου ή χρωμικού μολύβδου μπορούν να συσσωρευτούν στο σώμα. Βιοσυσσώρευση του χρωμικού μολύβδου μπορεί να λάβει χώρα κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας, για παράδειγμα στα ψάρια, φυτά και θηλαστικά.

Οι δεξαμενές συχνά δίνονται ή πωλούνται στο εργατικό δυναμικό ή στην κοινότητα, οι οποίοι θα χρησιμοποιήσουν τις δεξαμενές για αποθήκευση νερού ή τροφής. Οι δεξαμενές μπορεί να περιέχουν υπολείμματα τοξικών χημικών, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν ένα σημαντικό κίνδυνο υγείας στους ανθρώπους.

Οι χρησιμοποιημένες και ρυπασμένες δεξαμενές που δεν αποθηκεύονται κατάλληλα και εκτίθενται σε στοιχεία (ήλιος και βροχή) μπορεί να έχουν διαρροή και να ρυπάνουν το παρακείμενο έδαφος, επιφανειακό και υπόγειο νερό.

Τα απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις είναι γενικότερα ογκώδη και συμπαγή, καταλαμβάνοντας

- 16 Άδειες και ρυπασμένες χημικές δεξαμενές Όλες οι βιομηχανίες που χρησιμοποιούν χημικά στις παραγωγικές διαδικασίες.

Απόβλητα κατά ΕΚΑ:  
050103  
160708, 160709

- 17 Απόβλητα από κατασκευές και Απόβλητα υλικά κατασκευής, υλικά δικτύου, απομεινάρια ξύλων, και μπάζα ως αποτέλεσμα

κατεδαφίσεις	κατασκευής, ανακατασκευής, επισκευής, και επιχειρήσεις κατεδαφίσεων σε σπίτια, εμπορικά και άλλες κατασκευές κυρίως περιέχουν μόλυβδο, αμίαντο και άλλα επικίνδυνα υλικά	περισσότερο χώρο στην ταφή από άλλα υλικά.
Απόβλητα κατά ΕΚΑ: 170106, 170204, 170301, 170303, 170409, 170410, 170503, 170505, 170507, 170601, 170603, 170605, 170801, 170901, 170902, 170903		<p>Γιατί ανακύκλωση αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Τα απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις είναι κυρίως ακατάλληλα για άλλες πορείες, όπως αποτέφρωση και κομποστοποίηση.</li> <li>▪ Εκπομπές κυρίως κατά τη μεταφορά.</li> <li>▪ Ακριβά κόστη μεταφοράς και διάθεσης.</li> <li>▪ Καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο της ταφής απορριμμάτων.</li> </ul> <p>Τα οφέλη από την ανακύκλωση αποβλήτων από κατασκευές και κατεδαφίσεις είναι:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Μειωμένες περιβαλλοντικές επιδράσεις.</li> <li>▪ Μειωμένος όγκος αποβλήτων που καταλήγουν σε ταφή.</li> <li>▪ Ανάκτηση των πολύτιμων υλικών, όπως μέταλλα και τούβλα.</li> <li>▪ Αποφυγή εκχύλισης των παρθένων υλικών με χρήση παλιού σκυροδέματος και λίθων.</li> <li>▪ Μειωμένα κόστη μεταφοράς στους χώρους ταφής αποβλήτων.</li> <li>▪ Ασφαλέστερα σημεία κατασκευής.</li> </ul>

---

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VII**

**«Ομοσπονδιακή οδηγία για την προστασία εδάφους και  
ρυπασμένων χώρων» (BBodSchV, 1999)**

**«Federal Soil Protection and Contaminated Sites  
Ordinance» (BBodSchV, 1999)**

---

# **Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance (BBodSchV)**

dated 12 July 1999

On the basis of §§ 6, 8 paragraphs 1 and 2 and § 13 paragraph 1 sentence 2 Federal Soil Protection Law of 17 March 1998 (Federal Law Gazette I p. 502), the Federal Government, after hearing the parties concerned, decrees the following:

## **Table of Contents**

### **Part One**

#### **General Provisions**

- § 1 Scope of application
- § 2 Definitions

### **Part Two**

#### **Requirements in respect of the investigation and evaluation of suspected sites and suspected contaminated sites**

- § 3 Investigation
- § 4 Evaluation

### **Part Three**

#### **Requirements in respect of the remediation of harmful soil changes and contaminated sites**

- § 5 Remediation measures, protective and restrictive measures

### **Part Four**

#### **Supplementary provisions for contaminated sites**

- § 6 Investigation and planning for remediation

### **Part Five**

## **Exceptions**

§ 7      Exceptions

**Part Six**  
**Supplementary provisions for warding off the danger of harmful soil changes**  
**resulting from soil erosion by water**

- § 8     Warding off the danger of harmful soil changes resulting from soil erosion by water

**Part Seven**  
**Precautions against the development of harmful soil changes**

- § 9     Concern about harmful soil changes  
§ 10    Precaution requirements  
§ 11    Admissible additional pollution load  
§ 12    Requirements in respect of the application and introduction of materials onto or into the soil

**Part Eight**  
**Final Provisions**

- § 13    Accessibility of technical regulations and standard specifications  
§ 14    Entry into force

**Annex 1**  
**Requirements in respect of sampling, analytical procedures and**  
**quality assurance during the investigation**

1.     Scope of investigation and necessary knowledge
  - 1.1    Exploratory investigation
  - 1.2    Detail investigation
2.     Sampling
  - 2.1    Planning the sampling for soil investigations - determination of sampling points and sampling depths
    - 2.1.1   Pathway soil - human being
    - 2.1.2   Pathway soil - useful plant
    - 2.1.3   Pathway soil - groundwater
  - 2.2    Planning the sampling of soil gas

### 2.3 Planning the sampling of moved and excavated soil material

- 2.4 Drawing of samples
  - 2.4.1 Soils, soil material and other materials
  - 2.4.2 Soil gas
- 2.5 Preservation, transport and storage of samples
  
- 3. Investigation methods
  - 3.1 Investigation methods for soils, soil material and other materials
    - 3.1.1 Selection and pretreatment of samples
    - 3.1.2 Extraction, elution
    - 3.1.3 Analytical methods
  - 3.2 Examination of soil gas
  - 3.3 Procedures for the assessment of substance input from suspected areas or suspected contaminated sites into the groundwater
  
- 4. Quality assurance
  - 4.1 Sampling and storage of samples
  - 4.2 Pretreatment and analysis of samples
  
- 5. Index of abbreviations
  - 5.1 Units of measure
  - 5.2 Instrumental analysis
  - 5.3 Other abbreviations
  
- 6. Standards, technical regulations and other methods, sources of supply
  - 6.1 Standards, technical rules and other methods
  - 6.2 Sources of reference

## **Annex 2**

### **Action, trigger and precaution values**

- 1. Pathway soil - human being (direct contact)
  - 1.1 Definition of uses
  - 1.2 Action values
  - 1.3 Application of action values
  - 1.4 Trigger values
  
- 2. Pathway soil - useful plant
  - 2.1 Definition of uses
  - 2.2 Trigger and action and values - agricultural areas and vegetable gardens with regard to plant quality

### 2.3 Action values - green areas with regard to plant quality

- 2.4 Trigger values - agricultural areas with regard to impairments of the growth of cultivated plants
- 2.5 Application of trigger and action values
- 3. Pathway soil - groundwater
  - 3.1 Trigger values with regard to the pathway soil - groundwater
  - 3.2 Application of trigger values
- 4. Precaution values for soils
  - 4.1 Precaution values for metals
  - 4.2 Precaution values for organic substances
  - 4.3 Application of precaution values
- 5. Admissible additional annual pollutant loads through all pathways

### **Annex 3**

#### **Requirements in respect of investigations for remediation and the remediation plan**

- 1. Investigations for remediation
- 2. Remediation plan

### **Annex 4**

#### **Requirements in respect of the investigation and evaluation of areas in case of which there is suspicion of a harmful soil change resulting from soil erosion by water**

- 1. Application
- 2. Investigation and evaluation

## **Part One**

### **General Provisions**

#### **§ 1**

#### **Scope of Application**

This Ordinance shall be applied to

- (1) the investigation and evaluation of suspected sites, suspected contaminated sites, harmful soil changes and contaminated sites as well as to the requirements in respect of sampling, analysis and quality assurance pursuant to § 8 paragraph 3 and § 9 Federal Soil Protection Law,
- (2) requirements in respect of warding off danger by way of decontamination and stabilizing measures well as other protective and restrictive measures pursuant to § 4 paragraphs 2 to 5, § 8 paragraph 1 sentence 2 No. 3 Federal Soil Protection Law,
- (3) supplementary requirements in respect of investigations and plans for remediation in case of specific contaminated sites pursuant to § 13 paragraph 1 Federal Soil Protection Law,
- (4) requirements in respect of the precaution against the development of harmful soil changes pursuant to § 7 Federal Soil Protection Law including the requirements in respect of the application and introduction of materials pursuant to § 6 Federal Soil Protection Law,
- (5) the determination of trigger and action values as well as of precaution values including the admissible additional pollution load pursuant to § 8 paragraph 1 sentence 2 Nos. 1 and 2 and paragraph 2 Nos. 1 and 2 Federal Soil Protection Law.

#### **§ 2**

#### **Definitions**

For the purposes of this Ordinance,

- (1) soil material

shall be material from soils as defined by § 2 paragraph 1 Federal Soil Protection Law and their initial substrates, to include topsoil, which is excavated, moved or treated in connection with construction works or other changes to the crust of the earth;

(2) area of impact

shall be an area where impacts on resources to be protected can be expected that originate from a real property within the meaning of § 2 paragraphs 3 to 6 Federal Soil Protection Law or where impacts on the soil cause concern about the development of harmful soil changes;

(3) exploratory investigation

shall be on-site examinations, in particular measurements, on the basis of the results of a survey in order to determine whether the suspicion of a harmful soil change or contaminated site can be ruled out or whether there is reasonable suspicion within the meaning of § 9 paragraph 2 sentence 1 Federal Soil Protection Law;

(4) detail investigation

shall be the comprehensive further examination for the final hazard assessment which particularly serves the determination of amount and spatial distribution of pollutants, their mobile or mobilizable components, possibilities for their spreading in soil, water and air, as well as the possibility of their intake by human beings, animals and plants;

(5) leachate prognosis

shall be the estimation of the pollutants reaching the groundwater with the leachate and originating, or to be expected in the foreseeable future, from a suspected site, a suspected contaminated site, a harmful soil change or a contaminated site, in consideration of pollutant concentrations and loads and related to the area of transition from the unsaturated zone to the water-saturated zone;

(6) pollutants

shall be the substances and preparations which, due to their harmfulness for health, their longevity or bio-availability in the soil or due to other characteristic features and their concentration, are suited to harm the functions of the soil or to provoke other dangers;

(7) exposure conditions

shall be the way, influenced by the local conditions and the use of a real property in a particular case, in which the resources to be protected may be exposed to the effect of pollutants;

(8) pathway

shall be the route of a pollutant from the source of pollution to the place of potential effect on a resource to be protected;

(9) background content

shall be the pollutant content of a soil which is made up of the geogenic (natural) basic content of a soil and the ubiquitous substance distribution as a consequence of diffuse inputs into the soil;

(10) erosion area

shall be the area from which the soil material is washed away with surface run-off;

(11) root-permeable soil layer

shall be the soil layer which can be penetrated by the roots of plants in dependence of the natural site conditions.

## **Part Two**

### **Requirements in Respect of the Investigation and Evaluation of Suspected Sites and Suspected Contaminated Sites**

#### **§ 3**

#### **Investigation**

(1) Indications for the existence of a contaminated site at a former industrial site are given especially when harmful substances were handled on real properties over an extended period of time or in considerable amounts and the respective method of operation, management or procedure or disturbances of operation in accordance with regulations give reason to suspect considerable inputs of such substances into the soil. At former waste deposits, such indications exist especially in cases where the type of operation or the time of closure give reason to suspect that the waste was not treated, stored or deposited properly.

(2) Paragraph 1 sentence 1 shall be applied analogously to harmful soil changes. Indications for the existence of a harmful soil change are given, in addition to paragraph 1, particularly in the form of general or specific clues to

- a. the input of pollutants over an extended period of time or in a considerable amount through the air or a body of water or through the application of considerable loads of waste or waste waters onto soils

- b. a considerable release of naturally increased pollutant contents in soils
- c. increased pollutant contents in food or fodder plants at the site
- d. water with considerable loads of pollutants coming out of soils or former waste deposits
- e. considerable erosion and deposition of soil by water or wind.

To be included hereby shall be the findings from general investigations or empirical values from comparable situations, in particular with respect to the spreading of harmful substances.

(3) In the event of indications described in paragraphs 1 or 2, the suspected site or suspected contaminated site shall, after their identification, be subjected to an exploratory investigation first.

(4) Specific indications which give sufficient grounds for the suspicion of a harmful soil change or contaminated site (§ 9 paragraph 2 sentence 1 Federal Soil Protection Law) as a rule exist when examinations reveal an exceeding of trigger values or when, based on an evaluation pursuant to § 4 paragraph 3, an exceeding of trigger values is to be expected. In case there is reasonable suspicion as per sentence 1 or based on other ascertainments, a detail investigation shall be conducted.

(5) In the course of detail investigations, it shall also be established whether hazards result from spatially limited accumulations of pollutants within a suspected site or suspected contaminated site and whether and how a delimitation of unpolluted areas is necessary. A detail investigation can be done without in cases where the hazards, considerable disadvantages or considerable nuisances emanating from harmful soil changes or contaminated sites can be warded off or otherwise eliminated with simple means, according to the determination by the competent authority.

(6) As far as, due to the local conditions or based on the results of soil gas examinations, there are indications for the spreading of volatile pollutants from a suspected site or a suspected contaminated site into buildings, the indoor air shall be examined; the duties and powers of other authorities remain unaffected.

(7) Within the framework of directions for investigation pursuant to § 9 paragraph 2 sentence 1 Federal Soil Protection Law, also recurrent investigations of the pollutant spreading and the relevant circumstances come into consideration.

(8) As for the rest, the requirements in respect of the investigation of soils, soil material and other materials, as well as of soil gas, landfill gas and leachate are governed by Annex 1.

## **§ 4**

### **Evaluation**

(1) The results of the exploratory investigations shall, pursuant to this Ordinance, be evaluated in consideration of the circumstances of the particular case, above all also on the basis of trigger values.

(2) In cases where the content or the concentration of a pollutant is below the respective trigger value indicated in Annex 2, the suspicion of a harmful soil change or contaminated site is eliminated in this respect. When a trigger value pursuant to Annex 2 No. 3 is exceeded at the sampling site, it shall be ascertained in the particular case whether the pollutant concentration in the leachate exceeds the trigger value at the site of assessment. Measures specified in § 2 paragraphs 7 or 8 Federal Soil Protection Law can already become necessary when, in a particular case, all unfavorable circumstances assumed in the derivation of a trigger value pursuant to Annex 2 coincide and the content or concentration of a pollutant is slightly above the respective trigger value in Annex 2.

(3) For the evaluation of the groundwater hazards emanating from suspected sites or suspected contaminated sites, a leachate prognosis shall be made. In cases where a leachate prognosis is based on investigations pursuant to Annex 1 No. 3.3, it shall be estimated and evaluated in the particular case first of all to what extent the pollutant concentration in the leachate can be expected to exceed the trigger value at the site of assessment. Site of assessment is the area of transition from the unsaturated zone to the saturated zone.

(4) The results of the detail investigation shall, pursuant to this Ordinance, be evaluated in consideration of the circumstances of the particular case, especially also on the basis of action values, to determine the extent in which measures pursuant to § 2 paragraphs 7 or 8 Federal Soil Protection Law are required.

(5) As far as this Ordinance does not establish any trigger or action values for a pollutant, the methods and standards applied in Annex 2 for the derivation of such values shall be considered for the evaluation. They are published in Federal Gazette No. 161a dated 28 August 1999.

(6) In the event of a use on sections of a suspected site or a suspected contaminated site which deviates from and is more sensitive than the prevailing use, these sections shall be evaluated in accordance with the standards established for their use.

(7) In cases where information is available from groundwater examinations in a particular case, these shall be considered in the evaluation regarding pollutant inputs into the groundwater. In cases where increased pollutant concentrations in the leachate or other pollutant discharges give reason to expect, in the long run, only small pollutant loads and only locally increased pollutant

concentrations in waters, these facts shall be considered when looking into the proportionality of investigation and remediation measures. Water law provisions remain unaffected.

(8) A harmful soil change shall not be considered to exist in soils with naturally increased pollutant contents solely on the basis of these contents, unless these substances were or are released in a considerable extent as a result of impacts on the soil. In case of soils with large-area, settlement-related increases in pollutant contents, a comparison of these contents with the pollutant contents ascertained in a particular case can be included in the risk assessment.

### **Part Three**

## **Requirements in Respect of the Remediation of Harmful Soil Changes and of Contaminated Sites**

### **§ 5**

#### **Remediation Measures, Protective and Restrictive Measures**

(1) Decontamination measures are suited for remediation when they are based on technically and economically feasible procedures which make their practical suitability for the environmentally safe elimination or reduction of pollutants appear certain. In this connection, also the consequences of the interference, in particular for soils and waters, must be considered. Upon completion of the decontamination measure, proof shall be furnished to the competent authority that the remediation goal was achieved.

(2) In cases where pollutants shall be eliminated pursuant to § 4 paragraph 5 Federal Soil Protection Law and a previous pollution load exists, the responsible party shall in principle be asked to do everything he would have had to do without the previous pollution load. The real property shall be restored to allow uses that were possible before.

(3) Stabilizing measures are suited for remediation provided they guarantee that the pollutants remaining in the soil or in contaminated sites will, in the long run, not bring about any dangers, considerable disadvantages or considerable nuisances for the individual or the general public. The hazard potential of the pollutants remaining in the soil and their conversion products must be considered hereby. A subsequent restoration of the stabilizing effect within the meaning of sentence 1 must be possible. The effectiveness of stabilizing measures must be proven to the competent authority and must be monitored permanently.

(4) Also a suitable covering of soils that underwent a harmful change or of contaminated sites by means of a soil layer or sealing can be taken into consideration as stabilizing measure.

(5) In case of harmful soil changes or contaminated sites on areas used for agricultural and forestry purposes, especially protective and restrictive measures through adjustment of use and management of soils as well as changes in the quality of the soil come into consideration. Records shall be kept on any protective and restrictive measures taken. Agreement shall be reached with the competent agricultural technical authority. § 17 paragraph 3 Federal Soil Protection Law remains unaffected.

(6) In cases where moved, excavated or treated material shall be applied or introduced again or moved around within the scope of remediation in the area of the same harmful soil change or contaminated site or within the area of a compulsory remediation plan, the requirements of § 4 paragraph 3 Federal Soil Protection Law shall be fulfilled.

## **Part Four**

### **Supplementary Provisions for Contaminated Sites**

#### **§ 6**

#### **Investigation and Planning for Remediation**

(1) In the course of remediation investigations, it shall be studied in particular which measures are suited to achieve a remediation within the meaning of § 4 paragraph 3 Federal Soil Protection Law, to what extent changes to the soil will remain after the accomplished remediation, and which legal, organizational and financial circumstances are of significance for the performance of the measures.

(2) When establishing a remediation plan, the measures specified in § 13 paragraph 1 sentence 1 No. 3 Federal Soil Protection Law shall be represented completely both in text and drawings. It shall be shown in the remediation plan that the scheduled measures are suited to permanently avoid dangers, considerable disadvantages or considerable nuisances for the individual or the general public. To be represented are further the impacts of the measures on the environment and the expected costs as well as required licenses, also as far as a compulsory remediation plan pursuant to § 13 paragraph 6 Federal Soil Protection Law cannot include these.

(3) As for the rest, the requirements in respect of a remediation investigation and a remediation plan are governed by Annex 3.

## **Part Five Exceptions**

### **§ 7 Exceptions**

§ 6 shall not be applied to harmful soil changes and contaminated sites in case of which, according to determination by the competent authority, hazards, considerable disadvantages or considerable nuisances can be warded off or otherwise eliminated with simple means.

## **Part Six Supplementary Provisions for Warding off the Danger of Harmful Soil Changes Resulting from Soil Erosion by Water**

### **§ 8 Warding off the Danger of Harmful Soil Changes Resulting from Soil Erosion by Water**

(1) The existence of a harmful soil change resulting from soil erosion by water can be assumed especially in cases where

- a. considerable amounts of soil material were washed out of an erosion area by the surface runoff and
- b. further soil erosion according to No. 1 can be expected.

(2) Indications for the existence of a harmful soil change resulting from soil erosion by water are given especially when areas located outside the supposed erosion area were loaded with washed off soil material.

(3) In case of indications mentioned in paragraph 2, it shall be ascertained whether a harmful soil change is the result of soil erosion by water. When it can be established from which erosion area the washed-off soil originates and that considerable amounts of soil material were washed off from this area, it shall be examined whether the prerequisites of paragraph 1 No. 2 are fulfilled.

(4) The evaluation of the results of the investigations will be related to a particular case, in consideration of the peculiarities of the site. Further soil erosion is to be expected in cases where

- a. considerable amounts of soil material were already washed out of the same erosion area on various occasions in the past years or
- b. the site data and the data on long-term precipitations in the area reveal that, within a period of ten years, another occurrence of soil erosion according to paragraph 1 No. 1 can be expected with reasonable probability.

(5) Further requirements in respect of the investigation and evaluation of areas where there is suspicion of a harmful soil change resulting from soil erosion by water are laid down in Annex 4.

(6) In cases where the erosion area is used for agricultural purposes, the competent advisory agency referred to in § 17 Federal Soil Protection Law shall be given an opportunity within the framework of consultations to recommend suitable erosion-reducing measures to allow the use of the erosion area. In the event of directives, agreement shall be reached with the competent agricultural technical authority.

## **Part Seven**

### **Precautions against the Development of Harmful Soil Changes**

#### **§ 9**

#### **Concern about Harmful Soil Changes**

(1) As a rule, there is reason for concern about the development of harmful soil changes pursuant to § 7 Federal Soil Protection Law when

1. pollutant concentrations are measured in the soil that exceed the precaution values indicated in Annex 2 No. 4 or
2. a considerable accumulation of other pollutants occurs which, because of their properties of causing cancer, changing hereditary factors or endangering reproduction or because of toxic characteristics, are especially suited to cause harmful soil changes.

§ 17 paragraph 1 Federal Soil Protection Law remains unaffected.

(2) In case of soils with naturally increased pollutant contents, the exceeding of precaution values pursuant to Annex 2 No. 4 only gives reason for concern about the development of harmful soil changes if a considerable release of pollutants or additional inputs by the parties obligated under § 7 sentence 1 Federal Soil Protection Law can be expected to have adverse impacts on the soil functions.

(3) Paragraph 2 applies mutatis mutandis to soils with large-area, settlement-related increases in pollutant concentrations.

## **§ 10**

### **Precaution Requirements**

(1) In cases where the prerequisites of § 9 paragraph 1 sentence 1 No., paragraphs 2 or 3 are fulfilled, the party obligated under § 7 Federal Soil Protection Law must take precautions in order to avoid or effectively reduce further pollutant inputs caused by him on the real property and its area of impact, as far as this is proportional also with regard to the designated use of the real property. This includes technical precautions on facilities or procedures as well as measures for the examination and monitoring of soils. As regards the examination, Annex 1 applies accordingly.

(2) Pollutant inputs within the meaning of § 9 paragraph 1 sentence 1 No. 2 for which no precaution values are established shall be limited according to paragraph 1, as far as this is technically feasible and economically justifiable. This applies in particular to substances that are classified in § 4a paragraph 1 Hazardous Materials Ordinance as substances causing cancer, changing hereditary factors or endangering reproduction.

## **§ 11**

### **Admissible Additional Pollution Load**

(1) In cases where the precaution values established in Annex 2 No. 4.1 are exceeded for a pollutant, an additional load up to the amount of the annual pollutant loads established in Annex 2 No. 5 is admissible. To be observed hereby are the impacts on the soil through air and waters as well as by direct inputs.

(2) As far as the admissible additional load established in Annex 2 No. 5 is exceeded for a pollutant, the geogenic or large-area, settlement-related previous loads shall be considered in a particular case.

(3) The loads established in Annex 2 No. 5 do not determine, in the sense of § 3 paragraph 3 sentence 2 Federal Soil Protection Law, which additional loads resulting from the operation of a facility are not to be regarded as causal contribution to the development of harmful soil changes.

## **§ 12**

### **Requirements in Respect of the Application and Introduction of Materials onto or into the Soil**

(1) To provide a root-permeable soil layer, only soil material as well as excavated earth according to DIN 19731 (edition 5/98) and mixtures of soil material and waste that satisfies the substance quality requirements set forth in the ordinances issued pursuant to § 8 Closed-Cycle Materials Management and Waste Law as well as the Sewage Sludge Ordinance may be applied or introduced onto or into soils.

(2) The application and introduction of materials onto or into a root-permeable soil layer or to provide a root-permeable soil layer within the scope of recultivation projects, including restoration for utilization, is admissible when

- a. especially the kind, amount, pollutant contents and physical attributes of the materials as well as the the pollutant concentents of the soils at the site of application or introduction do not give reason for concern about the development of harmful soil changes pursuant to § 7 sentence 2 Federal Soil Protection Law and § 9 of this Ordinance and
- b. at least one of the soil functions mentioned in § 2 paragraph 2 Nos. 1 and 3 letters b and c Federal Soil Protection Law is permanently secured or restored.

The intermediate storage and the moving around of soil material on real properties in connection with the establishment or modification of structural and operational facilities are not subject to the provisions of this section when the soil material is used again at the place of origin.

(3) Before the application and introduction of materials, the parties obligated under § 7 Federal Soil Protection Law must perform or arrange for performance of the necessary examinations of the materials in compliance with Annex 1. The competent authority pursuant to § 10 paragraph 1 Federal Soil Protection Law may order further investigations in regard to the properties of site and soil in cases where the development of a harmful soil change must be feared; the requirements of DIN 19731 (edition 5/98) shall be observed hereby.

(4) In the event of an agricultural follow-on use, the pollutant contents in the developed root-permeable soil layer shall, with respect to future unavoidable pollutant inputs as a result of management measures or atmospheric pollutant inputs, not exceed 70 percent of the precaution values indicated in Annex 2 No. 4.

(5) When applying soil material onto agricultural soils, including soils used for horticultural purposes, their yield capacity shall be secured or restored for a long time and must not be permanently reduced.

(6) When providing a root-permeable soil layer for agricultural follow-on use within the framework of recultivation projects, including restoration for utilization, soil material shall be applied or introduced that is suitable by kind, amount and pollutant content.

(7) The nutrient supply in connection with the application and introduction of materials onto and into the soil shall be adapted, by amount and availability, to the demand of the plants of subsequent vegetation in order to avoid to the largest extent possible especially nutrient inputs into waters. DIN 18919 (edition 09/90) shall be observed.

(8) Soils that satisfy to a special degree the soil functions specified in § 2 paragraph 2 Nos. 1 and 2 Federal Soil Protection Law shall be excluded from the application and introduction of materials. This also applies to soils in forests, in water protection zones pursuant to § 19 paragraph 1 Federal Water Law, in sites and parts of nature and landscape legally declared protected areas pursuant to §§ 13, 14, 14a, 17, 18, 19b and 20c Federal Nature Conservation Law, as well as to the soils of the core zones of major nature conservation projects of the Federal Government that are of significance for the entire country. The competent technical authorities may admit deviations herefrom when the application or introduction is necessary from a forest or nature conservation point of view or for reasons of groundwater protection.

(9) When applying and introducing materials onto or into the soil, compaction, waterlogging and other unfavorable soil changes shall be avoided by suitable technical measures as well as taking into consideration amount and time of application. After materials of a thickness of more than 20 centimeters are applied, an effort must be made to secure or build up a solid soil structure. DIN 19731 (edition 5/98) shall be observed.

(10) In areas with increased pollutant concentrations in soils, it is admissible to move the soil material around within the area provided this does not constitute an additional impairment for the soil functions mentioned in § 2 paragraph 2 Nos. 1 and 3 letters b and c Federal Soil Protection Law and, in particular, this does not have a negative effect on the pollution situation at the site of application. Areas of increased pollutant concentrations can be determined by the competent authority. The competent authority can thereby also admit deviations from paragraphs 3 and 4.

(11) § 5 paragraph 6 remains unaffected.

(12) Paragraph 3 does not govern the application and introduction of soil material onto and into the agriculturally useful area after locally limited erosion occurrences or to return soil material from the cleaning of harvested agricultural products.

## **Part Eight**

### **Final Provisions**

#### **§ 13**

#### **Accessibility of Technical Regulations and Standard Specifications**

(1) Technical regulations and standard specifications to which reference is made in this Ordinance are deposited for safe custody with the archives of the German Patent Office. Sources of supply are listed in Annex 1 No. 6.2

(2) References to drafts of technical standards in the annexes always relate to the version published at the time indicated in the reference.

## **§ 14**

### **Entry into Force**

This Ordinance enters into force on the day following its promulgation.

The Bundesrat has granted its consent.

Bonn, 12 July 1999

The Federal Chancellor  
Gerhard Schröder

The Federal Minister of Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety  
Jürgen Trittin

## **Requirements in Respect of Sampling, Analytical Procedures and Quality Assurance during the Investigation**

This Annex shall be applied to the investigation of soils, soil materials and other materials that occur in the soil or on the soils of suspected sites or suspected contaminated sites or are scheduled for application or introduction, as well as of soil gas.

In case of former waste deposits suspected of being contaminated, the scope of the investigation and the taking of samples, in particular in regard to testing for landfill gas, high-volatile pollutants, deposited waste and the transition of pollutants into the groundwater, depend on the requirements of the individual case.

For the purpose of this Annex, state of the art of procedures and methods means the level of development of advanced procedures and methods that makes their practical suitability for the aforementioned investigations appear safe. The knowledge of such procedures and methods and of their application are compiled by a selected group of experts at Federal and Länder level as well as the affected parties in consultation with the Länder; this group is convened by the Federal Ministry of Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.

### **1. Scope of the Investigation and Required Knowledge**

The investigations pursuant to § 3 of this Ordinance relate to pathways for which the information that is available in a particular case gives reason to suspect a danger. The determination of the scope of investigation shall be made by taking into consideration the results of the survey, especially the knowledge or justified assumptions of the occurrence of certain pollutants and their distribution, the present use and the use pursuant to § 4 paragraph 4 Federal Soil Protection Law and the protection requirements resulting therefrom, as well as other local circumstances of significance for the assessment. E DIN ISO 10381-3:03.96 shall be observed. In regard to industrial safety, reference is made to ZH 1/183:04.97.

For investigations regarding the pathway *soil - human being*, the uses

- playgrounds
- residential areas
- parks and recreational facilities
- industrial and commercial real properties

shall be distinguished;

for investigations regarding the pathway *soil - useful plant*, the uses

- agriculture, vegetable garden
- grassland

shall be distinguished.

For investigations regarding the pathway *soil - groundwater*, no distinction shall be made by the kind of soil use involved.

## 1.1 Exploratory Investigation

Exploratory investigations of suspected sites and former industrial sites suspected of being contaminated shall aim particularly at the identification and the estimation of the size of partial areas with varying pollutant contents.

In case of former waste deposits suspected of being contaminated, investigations shall, as a rule, be conducted with respect to landfill gas and high-volatile pollutants and in particular also in regard to the transition of pollutants into the groundwater.

In cases where the groundwater or surface water must be examined on suspected sites or suspected contaminated sites at the request of the competent authority, this shall be considered when determining scope and course of the exploratory investigation for soil or leachate examinations.

In cases where there are no soil mapping documents that could be consulted or there is no suitable soil-related information on suspected sites, a pedological mapping or descriptive soil characterization shall be made at the sampling site within the framework of the exploratory investigation, in the extent necessary for risk assessment, on the basis of the Pedological Mapping Guide, 4<sup>th</sup> edition, corrected reprint 1996.

The instructions for the investigation of soils and soil materials shall be applied *mutatis mutandis* to §§ 9, 10 and 12.

## 1.2 Detail Investigation

In the detail investigation, the circumstances mentioned in § 3 paragraphs 5 and 6 of this Ordinance shall be clarified in addition to the exposure conditions relevant for the pathways, in particular the mobile or mobilizable portions of pollutant contents that are of significance for the various pathways. It shall further be determined whether hazards result from spatially limited accumulations of pollutants within a suspected site or suspected contaminated site and whether and how a delineation of uncontaminated areas is necessary.

## 2. Sampling

The sampling approach depends in particular on the pathways affected in the individual case, the size of the area, the vertical and horizontal pollutant distribution assumed based on survey results, as well as the present use, the use admissible under planning law, and the previous use. To be observed hereby shall be the requirements listed under Nos. 2.1 to 2.3. The sampling approach shall be justified and documented. The requirements of industrial safety must be complied with.

Areas to be investigated shall be divided into suitable sections for sampling. The breakdown shall be made on the basis of a varying hazard suspicion, a varying soil use, the shape of the terrain or the quality of the soil, as well as peculiarities like, e.g., varying vegetation development, or based on established facts from the survey.

### 2.1 Planning the sampling for soil investigations - determination of sampling points and sampling depths

In cases where the spatial distribution of pollutants shall be ascertained, the area or partial area to be examined shall in principle be sampled representatively with the aid of a grid. As far as a hypothesis on the spatial distribution of pollutants can be derived from previous knowledge - in case of former industrial sites suspected of being contaminated especially by the results of the survey -, this shall be considered when determining the sampling points and the grid. The results of a suitable on-site analysis may also be considered for the determination of sampling sites.

Suspected pollutant accumulations shall be sampled selectively. Sampling shall be made, especially in regard to number and spatial arrangement of the sampling points, in such a way that the hazard suspicion can be clarified, a potential hazard evaluated, and a spatial delimitation of pollutant accumulations effected.

For the determination of sampling depths for pathways *soil - human being* and *soil - useful plant*, the sampling depths listed in Table 1 shall be taken as a basis when testing for inorganic and nonvolatile organic pollutants.

**Table 1**

**Use-oriented sampling depth in investigations concerning  
pathways *soil - human being* and *soil - useful plant***

pathway	use	sampling depth
soil - human being	playground, residential area	0-10 cm <sup>1)</sup> 10-35 cm <sup>2)</sup>
	park and recreational facility	0-10 cm <sup>1)</sup>
	industrial and commercial real properties	0-10 cm <sup>1)</sup>
soil - useful plant	agriculture, vegetable garden	0-30 cm <sup>3)</sup> 30-60 cm
	grassland	0-10 cm <sup>4)</sup> 10-30 cm

- 1) contact area for oral and dermal pollutant intake, additional 0-2 cm in case of relevance of the intake path through inhalation
- 2) 0-35 cm: average thickness of applied soil layers; at the same time, maximum depth that can be reached by children
- 3) working horizon
- 4) main root depth

Soils shall be sampled, as far as possible, by horizon. Basis for the ascertainment of the sequence of the horizons is the Pedological Mapping Guide of the Geological State Offices (AG Bodenkunde, 4<sup>th</sup> edition 1994). Soils that are faulty down to the subsoil shall be sampled in layers (see Table 1). The thickness of layers or horizons which can be represented by sample drawing is generally 30 cm. Horizons or layers of greater thickness shall be subdivided, as required. In addition to Table 1, that sampling depth must be considered for which special precautions must be taken for a use to be taken into account pursuant to § 4 paragraph 4 Federal Soil Protection Law. The reasons for different sampling depths shall be documented.

During sampling, the following shall be observed in regard to the pathways:

#### 2.1.1 Pathway *soil - human being*

In connection with the determination of sampling points and sampling depth, ascertainments shall also be made regarding the exposure conditions existing in a particular case, especially

- the actual use of the area (kind, frequency, duration)



- the accessibility of the area
- the sealing of the area as well as upgrowth
- the possibility of intake of soil particles through inhalation
- the relevance of further pathways

For the assessment of hazards resulting from the intake of soil particles through inhalation, the uppermost two centimeters of the soil are relevant. Those pollutants are of significance in terms of inhalation for which, according to the derivation standards provided in § 4 paragraph 5 of this Ordinance, the inhalation pathway has proved to be decisive for the establishment of the trigger value. It shall be ensured by means of reserve samples that the pollutant content in the fine-grain fraction up to 63  $\mu\text{m}$  which is relevant for dust development can be analyzed separately, as required.

When it can be assumed, based on available findings, that the pollutants in the soil layer of relevance for the assessment are distributed over an area almost evenly, one mixed sample may be taken on areas up to 10,000  $\text{m}^2$  in size for every 1000  $\text{m}^2$ , however at least from 3 partial areas. The mixed sample shall be obtained from 15 to 25 individual samples taken at the same sampling depth. In case of areas smaller than 500  $\text{m}^2$ , as well as in back gardens or other gardens of similar use, a subdivision does not have to be made. For areas larger than 10,000  $\text{m}^2$ , however, samples shall be taken from at least 10 partial areas.

#### 2.1.2 Pathway *soil - useful plant*

In case of soils used for agricultural - including horticultural - purposes with almost even soil quality and pollutant distribution, one mixed sample shall be taken on areas up to 10 hectares in size as a rule for 1 hectare each, however at least from 3 partial areas, in correspondence with the sampling depths. In case of areas smaller than 5,000  $\text{m}^2$ , a subdivision does not have to be made. For areas larger than 10 hectares, however, samples shall be taken from at least 10 partial areas. Sampling shall be made in accordance with the rules for sampling on agricultural soils (E DIN ISO 10381-1: 02.96, E DIN ISO 10381-4: 02.96) by means of 15 to 25 hand-bore samples per partial area which are combined to one mixed sample each.

In vegetable gardens, sampling will as a rule be made by drawing one property-related mixed sample for every sampling depth and, for the rest, in accordance with the rules for sampling on agricultural areas.

The suitability of sampling devices is governed by E DIN ISO 10381-2: 02.96.



### 2.1.3 Pathway soil - groundwater

In case of pathway *soil - groundwater*, samples shall be taken from the unsaturated soil zone as far as below a presumed pollutant accumulation or a conspicuous soil body to allow the ascertainment of vertical pollutant distribution. Sampling shall be made by horizons or layers. In the subsoil, samples may be taken from depth intervals up to 1 m at the most. In justified cases, the consolidation of narrow soil horizons or layers up to a maximum depth interval of 1 m is admissible. Peculiarities shall be evaluated and, if applicable, subjected to separate sampling. The sampling depth shall be reduced when it becomes apparent that a groundwater contamination must be feared as a result of the piercing through water-bearing strata in the subsoil. In cases where the piercing through water-bearing layers is necessary, special safeguarding measures must be taken. The suitability of sampling devices is governed by DIN 4021:10.90.

## 2.2 Planning the sampling for soil gas

Sampling shall be made in compliance with VDI-guideline 3865, sheets 1 and 2.

## 2.3 Planning the sampling of moved and excavated soil material

Sampling shall be made in accordance with DIN 52101: 03.88 or DIN EN 932-1: 11.96.

## 2.4 Drawing of samples

### 2.4.1 Soils, soil material and other materials

According to DIN 18123: 11.96, the required sample amount depends on the biggest grain size and must be enough to guarantee - after the correct pretreatment of the sample - the laboratory test as well as, if applicable, the holding available of reserve samples. Coordination with the investigating agency should take place.

Coarse materials (materials > 2 mm) and foreign materials that may contain pollutants or to which pollutants may adhere, shall be taken out of the total sample amount and routed to the laboratory test separately. Their mass proportion in the sampled soil horizon or layer unit shall be ascertained and documented.

For the withdrawal of soil, soil material and other materials, procedures shall be applied which are listed in DIN 4021: 10.90 and E DIN ISO 10381-2: 02.96. For the selection of

procedures, the required sample amount and the structure of the subsoil must be considered in addition to the information contained in the standard.

#### 2.4.2 Soil gas

The drawing of soil gas samples is governed by VDI-guideline 3865, sheet 2.

### 2.5 Preservation, transport and storage of samples

For the selection of sample containers as well as for the preservation, transport and storage of samples, the relevant provisions contained in the regulations on investigations pursuant to No. 3.1.3, Tables 3 thru 7, shall be complied with. Where such provisions do not exist, E DIN ISO 10381-1: 02.86 and DIN EN ISO 5667-3: 04.96 shall be observed.

The transport of soil samples for testing for organic pollutants as well as their storage are governed by E DIN ISO 14507: 02.96.

## 3. Investigation procedures

### 3.1 Investigation procedures for soils, soil material and other materials

#### 3.1.1 Selection and pretreatment of samples

In case of investigations in stages, a decision must be made for the particular case in which sequence samples obtained in the field are to be analyzed, and, if applicable, whether the consolidation of several samples is expedient. The decision and the reasons for it shall be documented.

The pretreatment of samples, including drying the sample material, shall be made to allow the determination of physico-chemical properties (No. 3.1.3 Table 3) and the determination of inorganic pollutants (No. 3.1.3 Table 4) pursuant to DIN ISO 11464: 12.96. For organic pollutants, E DIN ISO 14507: 02.96 shall be applied.

In cases where a division into coarse and fine grain sizes must be made for soils, soil material and other materials (in particular slags and construction debris), this shall be done with a screen of 2 mm mesh width into size fractions of  $\leq 2$  mm (fine share) and  $> 2$  mm (coarse share) grain diameter. Agglomerations shall be crushed, whereby aggregates of low stability (e.g. carbonate, iron-concretions, pumice) should not be broken, however, as far as this is possible. Both size fractions shall be weighed, described and documented; their dry weight share shall be determined. The fine share shall be homogenized and examined. In case

of indications for an increased pollutant content of size fraction  $> 2$  mm, this fraction shall be obtained and, after crushing and homogenization, also be examined. Foreign matter contained in the sample material shall be examined separately, as required, and considered in the evaluation.

Representative portions of the samples taken in the field shall be kept as reserve samples. Kind and scope of sample reserving shall be agreed upon based on the requirements of the particular case.

### 3.1.2 Extraction, elution

#### Aqua regia-extract

The content of inorganic pollutants for comparing the pollutant intake through pathway *soil - human being* with the values indicated in Annex 2 No. 1 except for cyanides, for pathway *soil - useful plant* on agricultural areas and in vegetable gardens regarding arsenic and mercury according to Annex 2 No. 2.2 and for pathway *soil - useful plant* on grassland according to Annex 2 No. 2.3, as well as in regard to the precaution values indicated in Annex 2 No. 4.1 shall be determined from ground samples (grain size < 150 µm) by way of the aqua regia-extract according to DIN ISO 11466: 06.97.

#### Ammonium-nitrate extraction

The ammonium-nitrate extract according to DIN 19730: 06.97 shall be used to ascertain the contents of inorganic pollutants for evaluation of the pollutants on pathway *soil - useful plant* on agricultural areas and in vegetable gardens with respect to the plant quality relating to cadmium, lead and thallium pursuant to Annex 2 No. 2.2 as well as on agricultural areas with regard to growth impairments of cultivated plants pursuant to Annex 2 No. 2.4 and can be used for the estimation of inorganic pollutant concentrations in the leachate pursuant to No. 3.3 of this Annex.

#### Extraction of organic pollutants

The determination of the content of organic pollutants for comparing the pollutant intake through pathway *soil - human being* with the values pursuant to Annex 2 No. 1.2 as well as in regard to the precaution values pursuant to Annex 2 No. 4.2 follows from the soil extracts indicated in No. 3.1.3, Table 5. In case other procedures are to be applied, this shall be justified and proof furnished that the results of these procedures are equivalent or comparable to the results of the procedures indicated above.

#### Elution with water

For the preparation of eluates with water for estimation of pollutant concentrations in the leachate pursuant to No. 3.3 of this Annex, the procedures indicated in Table 2 shall be applied.

**Table 2****Procedures for the preparation of eluates with water**

procedure	procedural directions	method
inorganic substances		
soil saturation extract	procedure see (1)	
elution with water	- sample mass in consideration of the dry weight according to DIN 38414-2: 11.85 or DIN ISO 11 465: 12.96 - filtration see (2)	DIN 38414-4: 10.84
organic substances		
column or lysimeter test	To be noted is the speed with which the substance-specific equilibrium concentration sets in	

**(1) Obtaining the soil saturation extract:**

As preparation, enough bidistilled water is slowly added to the soil sample in a polyethylene receptacle that it is moistened completely. The amount of water needed for pre-moistening depends on the type of soil involved and should correspond approximately to the field capacity. In case of sandy samples, approx. 25 % of the weighed portion of air-dried soil is taken as a basis, for loamy/silty samples approx. 35 %, and for clayey samples approx. 40 %. The amount of water added is determined gravimetrically and recorded. The sample is mixed well and allowed to stand 24 hours at 5°C under evaporation protection.

To prepare the soil saturation extract, the pre-moistened soil material is placed in centrifuge beakers. Bidistilled water is slowly added under constant stirring until the flow limit is reached (forming a glossy surface and deliquescing of a spatula groove). In case of clayey samples, 15 minutes must have passed until the swelling is finished and, if necessary, water must be added. The amount of water added is determined gravimetrically and the soil paste mixed up with a glass rod. The soil paste shall be kept in the refrigerator or cooling room for 24 hours at 5°C under evaporation protection for establishment of the equilibrium.

From the weighed portion of air-dried soil and two additions of water, the soil/water ratio is calculated. The water content of the air-dried sample shall thereby be determined separately by an aliquot (drying at 105°C to constant weight) and considered in the calculation.

To obtain the equilibrium soil solution, centrifugation is made in a refrigerated centrifuge for 30 minutes. The supernatant solution is decanted and filtered through membrane to separate suspended particles into a pre-weighed polyethylene wide-neck bottles under reduced pressure. The filtrate amount shall be determined gravimetrically. The solutions shall be stabilized by adding 10 volume shares of nitric acid ( $c = 5 \text{ mol/l}$ ), whereby the addition of acid must be considered in the evaluation of measuring results and the production of calibrating solutions.

**(2) Filtration:**

A pressure filtration unit for membrane filters is used (142 mm diameter, media-carrying parts of PTFE) with a membrane filter with 0.45  $\mu$ m pore size. In case different devices are used, the volume to be filtered shall be changed according to the filter surface; the ratio of filtering volume and filter surface shall be adhered to.

After shaking, the suspension shall be allowed to stand approx. 15 minutes to allow sedimentation of the coarse particles. The supernatant liquid shall be decanted as far as possible into the centrifuge beaker.

Centrifugation shall be made for 30 minutes with 2000 g. After that, almost complete decanting of the supernatant liquid in the membrane pressure filtration apparatus. After 5 minutes of filtration without pressure, a pressure of 1 bar is applied to accelerate filtration. In case less than two thirds of the eluate passed the filter after 15 minutes, pressure is raised to 2 bar. If necessary, pressure is increased to 3.5 bar after another 30 minutes. Filtration shall be continued until the entire supernatant liquid of the centrifugation has passed the filter. In case filtration is still not completed after 120 minutes, it is discontinued and work continued with the incomplete filtrate.

### 3.1.3 Analytical Procedures

Soils, soil material and other materials

The analysis of soils, soil material and, if applicable, other materials shall be performed in accordance with the investigation procedures specified in Tables 3 to 5.

In cases where other procedures are to be used, for which the reasons are indicated, it shall be proven and documented that the results of these procedures are equivalent or comparable to the results of the procedures indicated in Tables 3 to 5.. It shall be examined in a particular case to what extent individual procedures can be applied also under the aspects mentioned in No. 4.2. The pollutant contents shall be related to the dry weight (105°C). They must be indicated in the same unit as the respective trigger, action and precaution values in Annex 2.

**Table 3**  
**Analysis of physico-chemical properties**

investigation parameter	procedural directions	method
determination of the dry weight	soil samples fresh from the field or air-dried	DIN ISO 11465: 12.96
organic carbon and total carbon after dry combustion	air-dried soil samples	DIN ISO 10694: 08.96
pH-value (CaCl <sub>2</sub> )	suspension of the soil sample fresh from the field or air-dried in CaCl <sub>2</sub> -solution; c(CaCl <sub>2</sub> ): 0.01 mol/l	DIN ISO 10390: 05.97
grain-size distribution	1) "finger test" in the field *  2) screening, dispersion, pipette-analysis *  3) screening, dispersion, areometer method	Pedological Mapping Guide, 4 <sup>th</sup> edition, 1994; DIN 19682-2: 04.97  E DIN ISO 11277: 06.94 DIN 19683-2: 04.97  DIN 18123: 11.96 E DIN ISO 11277: 06.94
bulk density	drying of a soil sample taken in the proper volume at 105°C, back weighing	E DIN ISO 11272: 01.94 DIN 19683-12: 04.73

\* recommended methods

**Table 4**  
**Analysis of inorganic pollutant contents**

investigation parameter	procedural directions	method
Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Tl, Zn	AAS	E DIN ISO 11047: 06.95
As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Tl, Zn	ICP-AES (ICP-MS possible) must consider spectral disturbances in case of great matrix concentrations	DIN EN ISO 11885: 04.98
arsenic (As)	ET-AAS  hydride-AAS	in analogy to E DIN ISO 11047: 06.95 DIN EN ISO 11969: 11.96
mercury (Hg)	AAS-vapor compression technique During sample pretreatment, the drying temperature must not exceed 40°C	DIN EN 1483: 08.97 reduction with tin(II)-chloride or NaBH <sub>4</sub>
chromium (VI)	1) extraction with phosphate- buffered aluminum sulphate solution  2) elution with water, separation of Cr(III), determination of soluble Cr(VI) in soils	spectrophotometry DIN 18734: 01.99  DIN 38405-24: 05.87
cyanides		E DIN ISO 11262: 06.94

**Table 5**  
**Analysis of organic pollutant contents**

investigation parameter	procedural directions	method
polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH): 16 PAH (EPA) benzo(a)pyrene	1) Soxhlet-extraction with toluene, chromatographic clean-up; quantification by means of GC-MS* 2) extraction with tetrahydro- furan or acetonitrile; quantification by means of HPLC-UV/DAD/F* 3) extraction with acetone, adding petroleum ether, removal of acetone, chromatographic clean-up of the petroleum ether extract, take-up in acetonitrile; quantification by means of HPLC-UV/DAD/F 4) extraction with a water/	pamphlet No. 1 of LUA-NRW, 1994*  pamphlet No. 1 1 of LUA-NRW, 1994*  E DIN ISO 13877: 06.95  VDLUFA-book of methods, vol.

	acetone/petroleum ether-mix in the presence of NaCl; quantification by means of GC-MS or HPLC-UV/DAD/F	VII; manual Contaminated Sites vol. 7 LfU HE
investigation parameter	procedural directions	method
hexachlorobenzene	extraction with acetone/cyclohexane-mix or acetone/petroleum ether, if applicable chromatographic clean-up after removal of the acetone; quantification by means of GC-ECD or GC-MS	E DIN ISO 10382: 02.98
pentachlorophenol	Soxhlet-extraction with heptane or acetone/heptane (50:50); derivatization with acetic anhydride; quantification by means of GC-ECD or GC-MS	E DIN ISO 14154: 10.97
aldrin, DDT, HCH-mix	1) extraction with petroleum ether or acetone/petroleum ether-mix, chromatographic clean-up; quantification by means of GC-ECD or GC-MS* 2) extraction with water/acetone/petroleum ether-mix, quantification by means of GC-ECD or GC-MS	E DIN ISO 10382: 02.98*  VDLUFA-book of methods, vol. VII
polychlorinated biphenyls (PCB): 6 PCB-congeners (No. 28, 52, 101, 138, 153, 180 according to Ballschmiter)	1) extraction with heptane or acetone/petroleum ether, chromatographic clean-up, quantification by means of GC-ECD (GC-MS possible) 2) Soxhlet-extraction with heptane, hexane or pentane, chromatographic clean-up on AgNO <sub>3</sub> /silicic acid; quantification by means of GC-ECD (GC-MS possible) 3) extraction with a water/acetone/petroleum ether-mix in the presence of NaCl; quantification by means of GC-ECD (GC-MS possible)	E DIN ISO 10382: 02.98*  DIN 38414-20: 01.96  VDLUFA-book of methods, vol. VII
polychlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans	Soxhlet-extraction of freeze-dried samples with toluene, chromatographic clean-up; quantification by means of GC-MS	according to the Sewage Sludge Ordinance in consideration of DIN 38414-24: 04.98, VDI-guideline 3499, sheet 1: 03.90

\* recommended method



## Eluates and leachate

The analytical determination of inorganic substance concentrations in eluates and leachate shall be made in accordance with the analytical procedures listed in Table 6, the determination of organic substance concentrations in the leachate shall be made in accordance with the methods mentioned in Table 7.

In case other procedures are to be applied, for which reasons are indicated, proof shall be furnished that the results of these procedures are equivalent to or comparable with the results of the procedures indicated in Tables 6 and 7.

**Table 6**

### **Determination of the concentration of inorganic pollutants in eluates and leachate**

investigation parameter	procedural directions	method
As, Cd, Cr, Co, Cu, Mo, Ni, Pb, Sö, Se, Sn, Tl, Zn	ICP-AES (ICP-MS possible)	on the basis of DIN EN ISO 11885: 04.98*
arsenic (As), antimony (Sb)	hydride-AAS	DIN EN ISO 11969: 11.96
lead (Pb)	AAS	DIN 38406-6: 07.98
cadmium (Cd)	AAS	DIN EN ISO 5961: 05.95
chromium (Cr), total	AAS	DIN EN 1233: 08.96
chromium (Cr VI)	spectrophotometry ion chromatography	DIN 38405-24: 05.87 DIN EN ISO 10304: 11.97
cobalt (Co)	AAS	DIN 38406-24: 03.93
copper (Cu)	AAS	DIN 38406-7: 09.91
nickel (Ni)	AAS	DIN 38406-11: 09.91
mercury (Hg)	AAS vapor-compression technique	DIN EN 1483: 08.97
selenium (Se)	AAS	DIN 38405-23: 10.94
zinc (Zn)	AAS	DIN 38406-8: 10.80
cyanide (CN-), total	spectrophotometry	DIN 38405-13: 02.81 E DIN EN ISO 14403: 05.98
cyanide (CN-) easily set free	spectrophotometry	DIN 38405-13: 02.81
fluoride (F-)	fluoride-sensitive electrode ion-chromatography	DIN 38405-4: 07.85 DIN EN ISO 10304-1: 04.95

\*The determination limit shall be adapted to the examination target by suitable measures or suitable technical equipment

**Table 7**  
**Determination of the concentration of organic pollutants in the soil leachate**

investigation parameter	notes for the procedure	method
benzene	GC-FID	DIN 38407-9: 05.91*
BTEX	GC-FID matrix load must be observed	DIN 38407-9: 05.91
high-volatile halogenated hydrocarbons	GC-ECD	DIN EN ISO 10301: 08.97
aldrin	GC-ECD (GC-MS possible)	DIN 38407-2: 02.93
DDT	GC-ECD (GC-MS possible)	DIN 38407-2: 02.93
phenols	GC-ECD	ISO/DIS 8165-2: 01.97
chlorophenols	GC-ECD or GC-MS	ISO/DIS 8165-2: 01.97
chlorobenzenes	GC-ECD (GC-MS possible)	DIN 38407-2: 02.93
PCB, total	GC-ECD  GC-ECD or GC-MS	DIN EN ISO 6468: 02.97 DIN 51527-1: 05.87 DIN 38407-2: 07.98
PAH, total	HPLC-F	DIN 38407-8: 10.95
naphthalene	GC-FID or GC-MS	DIN 38407-9: 05.91
mineral oil hydrocarbons	extraction with petroleum ether, gas chromatographic quantification	according to ISO/TR 11046: 06.94

\* determination limit must be adapted

### 3.2 Investigation of soil gas

The investigation of soil gas shall be made according to VDI-guideline 3865, sheets 2 and 3.

### 3.3 Procedures for the assessment of substance input from suspected sites or suspected contaminated sites into the groundwater

The substance concentrations and substance loads in the leachate and the pollutant input into the groundwater in the transition area from the unsaturated to the water-saturated soil zone (site of assessment) can be estimated unless favorable circumstances allow representative sampling of leachate at the site of assessment.

This estimation can also be made approximately by use of mass transport models

- through conclusions or back calculations from investigations in the groundwater downflow in consideration of the substance concentration in the incoming groundwater flow, dilution, the

pollutant behavior in the unsaturated and saturated soil zone, as well as the pollutant stock in the soil

- on the basis of in-situ investigations or
- on the basis of material testing in the laboratory (elution, extraction), in case of inorganic substances in particular the elution with water, according to Table 2.

At the site of sampling, the substance concentration in the leachate can be

- equated approximately with the results of the soil saturation extract for inorganic pollutants; estimations in consideration of analytical results from Table 6 and other elution procedures (e.g. DIN 19730 or DIN 38414-4) are admissible provided the equivalence of the results is ensured in particular through reference of these results to the soil saturation extract; results according to DIN 38414-4: 10.84 can only be used when filtration was made in accordance with No. 3.1.2 of this Ordinance;
- ascertained, with procedures listed in Table 7, for organic substances from column tests of the drawn samples in consideration of the local conditions at the site of sampling, in particular in regard to the time of contact.

The analytical results of the investigation of leachate, groundwater, extracts and eluates, as well as of soil samples shall be indicated together with the respective investigation procedure. The estimation of leachate quality and leachate loads for the transition area from the unsaturated to the water-saturated zone which is based thereon shall be explained in detail and justified.

For the estimation, especially those procedures shall be applied which have been used successfully in practical cases. Expert comments shall be provided here in the particular case.

The following directions for application shall be observed in addition:

In the event that, in a particular case of a harmful soil change or a contaminated site, the access of acid leachates, the access of dissolving agents or a change in the redox potential is to be expected, suitable additional extraction procedures shall be applied.

When estimating the pollutant input in the transition area from the unsaturated to the water-saturated zone, the degradation and retention effect of the unsaturated zone must be considered in particular. The following criteria are of special significance here:

- depth of groundwater table
- soil type
- content of organic substance (humus content)
- pH-value

- rate of natural groundwater recharge /leachate rate
- mobility and degradability of the substances.

The influence of these factors on substance retention in the unsaturated zone is estimated on the basis of generally available scientific knowledge and experience for the respective location. Also the use of mass transport models may be expedient.

In case of direct sampling and investigation of leachate, the dynamics of the measured substance concentrations conditioned by the weather must be considered in the evaluation.

#### **4. Quality assurance**

##### **4.1 Sampling and storage of samples**

The determination of sampling places and sampling depths as well as the drawing of samples shall be handled by qualified personnel.

Sampling, transport and storage of samples must be made in such a way that an influence of working procedures and/or working materials as well as storage conditions on the chemical, physical and biological quality of the sample material is precluded as far as possible.

Sampling shall be documented. The documentation shall contain all the information relevant for the laboratory test and the evaluation of the examination results, in particular information on

- date of sampling, person drawing the sample
- location of the examined area and sampling points
- designation of the area
- sampling depth
- soil horizons, according to Pedological Mapping Guide, 4<sup>th</sup> edition, corrected reprint 1996
- index of layers
- withdrawal procedure
- former and present use of the area, previous knowledge of contaminations.

Existing standards, regulations of the Länder and technical rules concerning quality assurance must be observed.

##### **4.2 Pretreatment and analysis of samples**

Suitable internal and external quality assurance measures, in particular with respect to reproducibility (precision) and correctness of the investigation results shall be carried out, monitored and documented.

Internal quality assurance measures are in particular:

- the performance of independent multiple determinations
- the calibration of measuring and testing instruments
- the use of certified and/or lab-internal reference materials for quality control of reproducibility and correctness
- credibility control of the investigation results.

External quality assurance measures are in particular:

- the successful participation in investigations of comparison, in particular ring tests
- confirmation of competence according to DIN EN 45001:05.90.

The detection and determination limits pursuant to DIN 32645:05.94 shall be indicated for the investigation procedures applied. The determination procedure shall be selected so that, based on the determination limit, the exceeding and staying below the respective trigger, action and precaution values provided in Annex 2 can be evaluated for certain. The determination procedures applied shall be documented.

An uncertainty of measurement pursuant to DIN 1319-3: 05.96 and/or DIN 1319-4: 12.85 shall be indicated for the analytical result.

## 5. Index of abbreviations

### 5.1 Units of measure

1 ng (nanogram)	$= 10^{-9}\text{g}$	$=$	0.000 000 001 gram
1 µg (microgram)	$= 10^{-6}\text{g}$	$=$	0.000 001 gram
1 mg (milligram)	$= 10^{-3}\text{g}$	$=$	0.001 gram
1 kg (kilogram)	$= 10^3\text{g}$	$=$	1,000 gram
1 µm (micrometer)	$= 10^{-6}\text{m}$	$=$	0.000 001 meter
1 mm (millimeter)	$= 10^{-3}\text{m}$	$=$	0.001 meter
1 cm (centimeter)	$= 10^{-2}\text{m}$	$=$	0.01 meter

1 ha (Hektar)                      =  $10^4 \text{ m}^2$                       =                      10,000 square meters

°C - degree Celsius

## 5.2 Instrumental analysis

AAS	-	atomic absorption spectrometry
ET AAS	-	atomic absorption spectrometry with electrothermal excitation
ICP-AES	-	atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma
GC	-	gas chromatography
HPLC	-	high-power liquid chromatography

### Detectors (GC, HPLC)

DAD	-	diode-array-detector
ECD	-	electron capture detector
FID	-	flame ionization detector
F	-	fluorescence detector
UV	-	ultraviolet detector
MS	-	mass spectrometer

## 5.3 Other abbreviations

TM	-	dry weight
I-TEq	-	international toxicity equivalents
PTFE	-	polytetrafluoroethylene

6 PCB-congeners (PCB<sub>6</sub>) according to Ballschmiter:

Nr. 28:	2,4,4'	trichlorobiphenyl
Nr. 52:	2,2',5,5'	tetrachlorobiphenyl
Nr. 101:	2,2',4,5,5'	pentachlorobiphenyl
Nr. 138:	2,2',3,4,4',5'	hexachlorobiphenyl
Nr. 153:	2,2',4,4',5,5'	hexachlorobiphenyl
Nr. 180:	2,2',3,4,4',5,5'	trichlorobiphenyl

16 PAH (EPA):

naphthalene  
 acenaphthylene  
 acenaphthene  
 fluorene  
 phenanthrene  
 anthracene  
 fluoranthene  
 pyrene  
 benz(a)anthracene  
 chrysene  
 benzo(b)fluoranthene  
 benzo(k)fluoranthene  
 benzo(a)pyrene  
 dibenz(a,h)anthracene  
 Indeno(1,2,3-cd)pyrene  
 benzo(g,h,i)perylene

## 6. Standards, technical regulations and other methods, sources of supply

### 6.1 Standards, technical regulations and other methods

E DIN ISO 10381-1: 02.96

Soil quality - sampling - part 1: guidance for the development of sampling programs (ISO/DIS 10381-1: 1995)

E DIN ISO 10381-2: 02.96

Soil quality - sampling - part 2: guidance for sampling procedures (ISO/DIS 10381-2: 1995)

E DIN ISO 10381-3: 02.96

Soil quality - sampling - part 3: guidance regarding safety (ISO/DIS 10381-3: 1995)

E DIN ISO 10381-4: 02.96

Soil quality - sampling - part 4: guidance for the proceeding in the investigation of natural, close-to-natural, and cultivated sites (ISO/DIS 10381-4: 1995)

E DIN ISO 10382: 02.98

Soil quality - gas chromatographic determination of the content of polychlorinated biphenyls (PCB) and organo-pesticides (OCP) (ISO/CD 10382: 1995)

DIN ISO 10390: 05.97

Soil quality - determination of the pH-value (ISO 10390: 1994)

DIN ISO 10694: 08.96

Soil quality - determination of organic carbon and total carbon after dry combustion (elementary analysis) (ISO 10694: 1995)

ISO/TR 11046: 06.94

Soil quality - determination of mineral oil content - by infrared spectrometry and gas chromatographic method

E DIN ISO 11047: 06.95

Soil quality - determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, manganese, nickel and zinc - by flame and electrothermal atomic absorption spectrometry method (ISO/DIS 11047)

E DIN ISO 11262: 06.94

Soil quality - determination of cyanides

E DIN ISO 11272: 01.94

Soil quality - determination of the dry bulk density (ISO/DIS 11272: 1992)

E DIN ISO 11277: 06.94

Soil quality - determination of the particle-size distribution in mineral soils - methods by screening and sedimentation after removal of soluble salts, organic substance and carbonates (ISO/DIS 11277: 1994)

DIN ISO 11464: 12.96

Soil quality - pretreatment of samples for physico-chemical examinations (ISO/DIS 11464: 1994)

DIN ISO 11465: 12.96

Soil quality - determination of the dry residue and the water content on the basis of the mass-gravimetric procedure (ISO 11465: 1993)

DIN ISO 11466: 06.97

Soil quality - extraction of trace elements soluble in aqua-regia (ISO/DIS 11466: 1995)

E DIN ISO 13877: 06.95

Soil quality - determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) - high-power liquid chromatographic (HPLC) procedure (ISO/DIS 13877)

E DIN ISO 14154: 10.97

Soil quality - determination of selected chlorophenols in soils - gas chromatographic method (ISO/CD 14154: 1997)

E DIN ISO 14507: 02.96

Soil quality - pretreatment of samples for the determination of organic contaminations in soils (ISO/DIS 14507)

DIN 19730: 06.97

Soil quality - extraction of trace elements with ammonium nitrate solution

DIN 19731: 05.98

Soil quality - recovery of soil material

DIN 19734: 01.99

Soil quality - determination of chromium(VI) in phosphate-buffered solution

DIN 19682-2: 04.97

Soil investigation procedures in agricultural hydraulic engineering - field tests - part 2: determination of the soil type

DIN 19683-2: 04.97

Soil investigation procedures in agricultural hydraulic engineering - physical lab tests, determination of the grain size composition after pretreatment with sodium pyrophosphate

DIN 19683-12: 04.73

Soil investigation procedures in agricultural hydraulic engineering; physical lab tests, determination of the bulk density

DIN EN 1233: 08.96

Water quality - determination of chromium - by atomic absorption spectrometry method, German version, EN 1233: 1996

DIN EN ISO 5667-3: 04.96

Water quality - sampling - part 3: guidance for the preservation and handling of samples (ISO 5667-3: 1994); German version EN ISO 5667-3: 1995(A 21)

DIN EN ISO 5961: 05.95

Water quality - determination of cadmium by atomic absorption spectrometry method (ISO 5961: 1994); German version EN ISO 5961: 1995 (A 19)

DIN EN ISO 6468: 02.97

Water quality - determination of selected organo-insecticides, polychlorobiphenyls and chlorobenzenes; gas chromatographic method after liquid-liquid-extraction (ISO 6468: 1996); German version EN ISO 6468: 1996

ISO/DIS 8165-2: 01.97

Water quality - determination of selected monohydric phenols by derivatization and gas chromatography

DIN EN ISO 10301: 08.97

Water quality - determination of high-volatile halogenated hydrocarbons - gas chromatographic method (ISO 10301: 1997); German version EN ISO 10301: 1997

DIN EN ISO 10304-1: 04.95

Water quality - determination of the dissolved anions fluoride, chloride, nitrite, orthophosphate, bromide, nitrate and sulphate by means of ion chromatography - part 1: procedure for slightly polluted waters (ISO 10304-1: 1992); German version EN ISO 10304-1: 1995 (D 19)

DIN EN ISO 10304-3: 11.97

Water quality - determination of the dissolved anions by means of ion chromatography - part 3: determination of chromate, iodide, sulphite, thiocyanate and thiosulphate (ISO 10304-3: 1997); German version EN ISO 10304-3: 1997 (D 22)

DIN EN ISO 11885: 04.98

Water quality - determination of 33 elements by inductively coupled plasma-atom-emission spectrometry (ISO 11885: 1996); German version EN ISO 11885: 1997

DIN EN ISO 11969: 11.96

Water quality - determination of arsenic - atomic absorption spectrometry (hydride process)

E DIN EN ISO 14403: 05.98

Water quality - determination of total cyanide and free cyanide with the continuous flow analysis (ISO/DIS 14403: 1998); German version EN ISO 14403: 1998

DIN 38405-4: 07.85

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge - anions (group D); determination of fluoride (D 4)

DIN 38405-13: 02.81

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge - anions (group D); determination of cyanides (D 13)

DIN 38405-23: 10.94

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge - anions (group D) - part 23; determination of selenium by way of atomic absorption spectrometry (AAS) (D 23)

DIN 38405-24: 05.87

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge - anions (group D) - part 24: photometric determination of chromium(VI) by means of 1,5-diphenyl carbazide (D 24)

DIN 38406-6: 07.98

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge - cations (group E) - determination of lead by way of atomic absorption spectrometry (AAS)(E 6)

DIN 38406-7: 09.91

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge; cations (group E); determination of copper by way of atomic absorption spectrometry (AAS)(E 7)

DIN 38406-8: 10.80

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge; cations (group E); determination of zinc (E 8)

DIN 38406-11: 09.91

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge - cations (group E); determination of nickel by way of atomic absorption spectrometry (AAS)(E 11)

DIN 38406-24: 03.93

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge - cations (group E); determination of cobalt by way of atomic absorption spectrometry (AAS)(E 24)

DIN 38407-2: 02.93

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge; jointly detectable substance groups (group F); gas chromatographic determination of nonvolatile halogenated hydrocarbons (F 2)

DIN 38407-3: 07.98

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge; jointly detectable substance groups (group F); part 3: gas chromatographic determination of polychlorinated biphenyls (F 3)

DIN 38407-8: 10.95

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge; jointly detectable substance groups (group F); determination of 6 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in water by means of high-power liquid chromatography (HPLC) with fluorescence detection (F 8)

DIN 38407-9: 05.91

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge; jointly detectable substance groups (group F); determination of benzene and some derivatives by means of gas chromatography (F 9)

DIN 38414-2: 11.85

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge; sludge and sediments (group S); determination of the water content and the dry residue or the dry weight (S 2)

DIN 38414-4: 10.84

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge; sludge and sediments (group S); determination of the elutability with water (S 4)

DIN 38414-20: 01.96

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge - sludge and sediments (group S)- part 20: determination of 6 polychlorinated biphenyls (PCB) (S 20)

DIN 38414-24: 04.98

German standard procedure for the investigation of water, wastewater and sludge - sludge and sediments (group S) - part 24: determination of polychlorinated dibenzodioxins (PCDD) and polychlorinated dibenzofurans (PCDF) (S 24)

DIN EN 1483: 08.97

Water analysis - determination of mercury; German version EN 1483: 1997 (E 12)

DIN 32645: 05.94

Chemical analysis - limit of detection and determination - assessment under repetitive conditions - definitions, procedures, evaluation

DIN 1319-3: 05.96

Fundamentals of measuring practice- part 3: evaluation of the measurements of one measured variable, uncertainty in measurement

DIN 13194: 12.85

Fundamentals of measuring practice: treatment of uncertainties in the evaluation of measurements

DIN EN 45001: 05.90

General criteria for the operation of test laboratories; identical with EN 45001: 1989

DIN 4021: 10.90

Foundation soil - exploration by way of digging and boring as well as withdrawal of samples

DIN 18123: 11.96

Foundation soil - examination of soil samples - determination of the grain size distribution

DIN EN 932-1: 11.96

Test procedure for general characteristics of rock grains - part 1: sampling procedure; German version EN 932-1: 1996

DIN 52101: 03.88

Testing natural stone and rock grains - sampling

DIN 51527-1: 05.87

Testing mineral oil products; determination of polychlorinated biphenyls (PCB) - liquid chromatographic pre-separation and determination of 6 selected PCB by means of gas chromatograph with electron-capture-detector (ECD)

ZH 1/183: 04.97

Safety and health protection rules for work in contaminated areas, Main Federation of Trade Cooperative Associations - Technical Committee Civil Engineering, edition April 1997

VDI-guideline 3865: Measuring organic soil contaminations

- sheet 1: Measuring high-volatile halogenated hydrocarbons, measurement plan for soil gas-testing procedures (Oct 1992)

- sheet 2: techniques for the active withdrawal of soil gas samples (January 1998)

- sheet 3: Measuring organic soil contaminations; gas chromatographic determination of low-boiling organic compounds in soil gas after enrichment on activated coal or XAD-4 and desorption with organic solvents (draft November 1996);

VDI-guideline 3499, sheet 1: Measuring emissions - measuring residual matters, measuring polychlorinated dibenzodioxins and -furans in clean and raw gas from firing plants with the dilution method, determination in filter dust, boiler ash and in slags. VDI-manual Air Pollution Control, vol. 5 (draft March 1990)

Working Group Pedology of the Geological Land Offices and the Federal Institute for Geosciences and Raw Materials (1994): Pedological Mapping Guide - 4<sup>th</sup> edition, corrected reprint Hannover 1996, E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart

Land Office for Environmental Protection of North Rhine-Westphalia (LUA NRW): determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in soil samples, pamphlets LUA NRW No. 1, Essen 1994

Hessen Land Office for Environmental Protection (LfU HE): determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in solids from the contaminated sites sector. Manual Altlasten vol. 7, Wiesbaden 1998

Association of German Agricultural Testing and Research Institutions (VDLUFA): book of methods, vol. VII Environmental Analyses, VDLUFA-Verlag Darmstadt 1998

## 6.2 Sources of Supply

The standards, technical regulations and other provisions on methods can be purchased from:

- a) DIN and ISO standards and draft standards, VDI-guidelines -  
DIN- und ISO-Normen und Normenentwürfe, VDI-Richtlinien: Beuth-Verlag GmbH, 10772 Berlin
- b) Pedological mapping guide -  
Bodenkundliche Kartieranleitung: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 70176 Stuttgart
- c) VDLUFA-book of methods (Methodenbuch): VDLUFA-Verlag, 64293 Darmstadt
- d) Pamphlet (Merkblatt) LUA NRW: Landesumweltamt NRW, 45023 Essen
- e) Manual (Handbuch) Altlasten LfU HE: Hessische Landesanstalt für Umwelt, 65022 Wiesbaden
- f) ZH 1/183: Main Federation of Trade Cooperative Associations - Technical Committee Civil Engineering  
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Fachausschuß Tiefbau, 81241 München

## Action, Trigger and Precaution Values

### 1. Pathway soil - human being (direct contact)

#### 1.1 Definition of uses

##### a) Playgrounds

Places for children that are generally used for playing, without the playing sand in sandboxes. Officially identified playgrounds shall, if applicable, be evaluated on the basis of the standards applied in the field of public health.

##### b) Residential areas

Areas serving housing purposes, including back gardens or other gardens of similar use, also as far as they are not represented or specified under planning law within the meaning of the Building Use Ordinance, except for parks and recreational facilities, playgrounds, as well as paved traffic surfaces.

##### c) Parks and recreational facilities

Facilities serving social, health and sports purposes, in particular public and private green areas as well as unpaved areas that are regularly accessible and used in a comparable way.

##### d) Industrial and commercial real properties

Unpaved areas of places of work and manufacturing plants that are used only during workhours.

#### 1.2 Action values pursuant to § 8 paragraph 1 sentence 2 No. 2 Federal Soil Protection Law for the direct intake of dioxins/furanes at playgrounds, in residential areas, parks and recreational facilities, and industrial and commercial real properties (in ng/kg dry weight, fine soil, analysis according to Annex 1).

	action values [ng I-TEq/kg TM]*)			
substance	playground s	residential areas	parks and recreational facilities	industrial and commercial real properties
dioxins/furanes				

(PCDD/F)	100	1,000	1,000	10,000
----------	-----	-------	-------	--------

\*) sum of the 2,3,7,8-TCDD-toxicity equivalents (according to NATO/CCMS).

### 1.3 Application of the Action Values

In the event of dioxin-containing lye-residues from copper slate, the action values shall, due to the low resorption in the human organism, be applied not directly to protect human health but rather to ward off danger for a long time.

### 1.4 Trigger values pursuant to § 8 paragraph 1 sentence 2 No. 1 Federal Soil Protection Law for the direct intake of pollutants at playgrounds, in residential areas, parks and recreational facilities, and industrial and commercial real properties (in mg/kg dry weight, fine soil, analysis according to Annex 1)

substance	trigger values [mg/kg TM]			
	playgrounds	residential areas	parks and recreational facilities	industrial and commercial real properties
arsenic	25	50	125	140
lead	200	400	1,000	2,000
cadmium	10 <sup>1)</sup>	20 <sup>1)</sup>	50	60
cyanide	50	50	50	100
chromium	200	400	1,000	1,000
nickel	70	140	350	900
mercury	10	20	50	80
aldrin	2	4	10	--
benzo(a)pyrene	2	4	10	12
DDT	40	80	200	--
hexachlorobenzene	4	8	20	200
hexachlorocyclohexane (HCH-mix or -HCH)	5	10	25	400
pentachlorophenol	50	100	250	250
polychlorinated biphenyls (PCP <sub>6</sub> ) <sup>2)</sup>	0.4	0.8	2	40

1) in back gardens and small gardens where children stay and food plants are grown, trigger value 2.0 mg/kg TM shall

be applied for cadmium.

2) as far as PCB-total contents are determined, the measured values shall be divided by a factor of 5.

## 2. Pathway soil – food plant

### 2.1 Definition of uses

a) Agriculture

areas for the cultivation of varying field crops, including vegetables and field food plants;  
this also includes areas used for commercial gardening

b) Vegetable garden

back garden, small garden and other garden areas used for growing food plants

c) Grassland

permanent green areas

2.2 Trigger and action values pursuant to § 8 paragraph 1 sentence 2 No. 1 Federal Soil Protection Law for the pollutant transition soil – food plant on agricultural areas and in vegetable gardens with regard to the plant quality (in mg/kg dry weight, fine soil, analysis according to Annex 1)

	agriculture, vegetable garden		
substance	method <sup>1)</sup>	trigger value	action value
arsenic	KW	200 <sup>2)</sup>	--
cadmium	AN	--	0.04/0.1 <sup>3)</sup>
lead	AN	0.1	--
mercury	KW	5	--
thallium	AN	0.1	--
benzo(a)pyrene	--	1	--

1) extraction process for arsenic and heavy metals: AN - ammonium nitrate, KW = aqua regia (Königswasser)

2) In case of soils with occasionally decreasing conditions, a trigger value of 50 mg/kg dry weight shall be applied

3) On areas that are used for growing bread wheat or strongly cadmium-accumulating vegetables, an action value of

0.04 mg/kg dry weight shall be applied; otherwise, the action value is 0.1 mg/kg dry weight

2.3 Action values pursuant to § 8 paragraph 1 sentence 2 No. 2 Federal Soil Protection Law for the pollutant transition soil – food plant on grassland areas with regard to the plant quality (in mg/kg dry weight, fine soil, arsenic and heavy metals in aqua regia-extract, analysis according to Annex 1)

	grassland
--	-----------

substance	action value
arsenic	50
lead	1,200
cadmium	20
copper	1,300 <sup>1)</sup>
nickel	1,900
mercury	2
thallium	15
polychlorinated biphenyls (PCB <sub>6</sub> )	0.2

1) In case sheep are kept on grassland, an action value of 200 mg/kg dry weight shall be applied.

#### 2.4 Trigger values pursuant to § 8 paragraph 1 sentence 2 No. 1 Federal Soil Protection

Law for the pollutant transition soil food plant on agricultural areas with regard to growth impairments of cultivated plants (in mg/kg dry weight, fine soil, in ammonium nitrate-extract, analysis according to Annex 1)

	agriculture
substance	trigger value
arsenic	0.4
copper	1
nickel	1.5
zinc	2

#### 2.5 Application of the trigger and action values

The trigger and action values shall be applied in the assessment of pollutant contents at soil depths ranging from 0 to 30 cm for agricultural areas and in vegetable gardens, as well as soil depths ranging from 0 to 10 cm for grassland according to Annex 1 No. 2.1 table 1. For bigger soil depths mentioned in Annex 1 No. 2.1 table 1, the values must be multiplied by a factor of 1.5.

### 3. Pathway soil - groundwater

#### 3.1 Trigger values for the assessment of the pathway soil - groundwater pursuant to § 8 paragraph 1 sentence 2 No. 1 Federal Soil Protection Law (in g/l, analysis according to Annex 1)

inorganic substances	trigger value [ g/l]
antimony	10
arsenic	10
lead	25
cadmium	5
chromium, total	50
chromate	8
cobalt	50

copper	50
molybdenum	50
nickel	50
mercury	1
selenium	10
zinc	500
tin	40
cyanide, total	50
cyanide, easily set free	10
fluoride	750

organic substances	trigger value [ g/l]
mineral oil hydrocarbons <sup>1)</sup>	200
BTEX <sup>2)</sup>	20
benzene	1
high-volatile halogenated hydrocarbons <sup>3)</sup>	10
aldrin	0.1
DDT	0.1
phenols	20
PCB, total <sup>4)</sup>	0.05
PAH, total <sup>5)</sup>	0.20
naphthalene	2

1) n-alkanes (C10 C39), isoalkanes, cycloalkanes and aromatic hydrocarbons

2) high-volatile aromatic hydrocarbons (benzene, toluol, xylols, ethylbenzene, styrene, cumene)

3) high-volatile halogenated hydrocarbons (sum of the halogenated C1 and C2 hydrocarbons)

4) PCB, total: sum of the polychlorinated biphenyls; as a rule, determination by way of the 6 congeners according to

Ballschmitter pursuant to Used Oil Ordinance (DIN 51527) multiplied by a factor of 5; if applicable, for example in

case of a known substance spectrum, simple formation of the sum of all relevant individual substances (DIN 38407-

3-2 or 3-3).

5) PAH, total: sum of the polycyclic aromatic hydrocarbons without naphthalene and methylnaphthalene; as a rule,

determination by way of the sum of 15 individual substances according to the list of the US Environmental

Protection Agency (EPA) without naphthalene; if applicable, in consideration of other relevant PAH (e.g. quinolene).

### 3.2 Application of the trigger values

- The trigger values shall be applied to the transition area from the unsaturated to the water-saturated soil zone (site of assessment). The site of soil sampling is not necessarily identical with the site of assessment for the groundwater.

- In the evaluation as to whether it can be expected that the trigger values for leachate are exceeded at the site of assessment, the changes in the pollutant concentrations in the leachate when passing through the unsaturated soil zone as well as the depths of the groundwater table and their variations shall be considered.
- In case of former waste deposits, it is generally not expedient to estimate the pollutant concentrations in the leachate by way of material tests because of inhomogeneities of the deposited wastes. This applies accordingly to former industrial sites with especially uneven pollutant distribution. In these cases, the pollutant concentrations in the leachate can be estimated by drawing conclusions or calculating back from downflow measurements in the groundwater by giving special consideration to the substance concentration in the oncoming flow.
- As far as the pollutant concentrations in the leachate can be measured directly, soil sampling shall, as far as possible, be made at the site of assessment for the groundwater.
- As far as harmful soil changes and contaminated sites are located in the water-saturated soil zone, they shall be evaluated with regard to a danger for the groundwater in accordance with the provisions of water law.
- The geogenic background situation of the respective groundwater region shall be considered when trigger values are applied.

#### 4. Precaution values for soils pursuant to § 8 paragraph 2 No. 1 Federal Soil Protection Law (analysis according to Annex 1)

##### 4.1 Precaution values for metals (in mg/kg dry weight, fine soil, aqua regia-decomposition)

soils	cadmium	lead	chromium	copper	mercury	nickel	zinc
soil type clay	1.5	100	100	60	1	70	200
soil type loam/silt	1	70	60	40	0.5	50	150
soil type sand	0.4	40	30	20	0.1	15	60
soils with naturally increased and large-area settlement-related increased background contents	safe, as far as the release of pollutants or additional inputs pursuant to § 9 paragraphs 2 and 3 of this Ordinance do not give reason to expect any adverse impacts on the soil functions						

##### 4.2 Precaution values for organic substances (in mg/kg dry weight, fine soil)

soils	polychlorinated	benzo(a)pyrene	polycyclic aromatic
-------	-----------------	----------------	---------------------

	biphenyls (PCB <sub>6</sub> )		hydrocarbons (PAH <sub>16</sub> )
humus content > 8 %	0.1	1	10
humus content ≤ 8 %	0.05	0.3	3

#### 4.3 Application of the precaution values

- The precaution values are differentiated by the main soil types pursuant to the Pedological Mapping Guide, 4<sup>th</sup> edition, corrected reprint 1996; they consider the precautionary protection of the soil functions in case of sensitive uses. Agricultural soil use is governed by § 17 paragraph 1 Federal Soil Protection Law.
- Highly silty sands shall be evaluated according to soil type loam/silt
- For the precaution values of table 4.1, the acid content of the soils shall be considered as follows:
  - for soils of soil type clay with a pH-value of < 6.0, the precaution values of soil type loam/silt shall be applied to cadmium, nickel and zinc.
  - for soils of soil type loam/silt with a pH-value of < 6.0, the precaution values of soil type sand shall be applied to cadmium, nickel and zinc. § 4 paragraph 8 sentence 2 of the Sewage Sludge Ordinance of 15 April 1992 (BGBl. I p. 912), last amended by the Ordinance of 6 March 1997 (BGBl. I p. 448) remains unaffected.
  - for soils with a pH-value of < 5.0, the precaution values for lead shall be reduced according to the first two points.
- The precaution values of table 4.1 shall not be applied to soils and soil horizons with a humus content exceeding 8 %. If applicable, the competent authorities can make region-specific determinations for these soils.

#### 5. Admissible additional annual pollutant loads through all pathways pursuant to § 8 paragraph 2 No. 2 Federal Soil Protection Law (in gram per hectare)

element	load [g/ha a]
lead	400
cadmium	6
chromium	300
copper	360
nickel	100
mercury	1.5
zinc	1,200

## **Requirements in Respect of Investigations for Remediation and the Remediation Plan**

### **1. Investigations for remediation**

Investigations for remediation in case of contaminated sites serve to ascertain the measures that are suitable, necessary and appropriate for the fulfilment of duties specified in § 4 paragraph 3 Federal Soil Protection Law. Measures that qualify shall be represented, by taking into consideration combinations of measures and necessary accompanying measures.

The study shall include in particular

- the suitability of methods with respect to pollutant, soil, material and location
- the technical feasibility
- the time requirement
- the effectiveness with regard to the remediation objective
- a cost estimate as well as the proportion of costs and effectiveness
- the impacts on the parties concerned within the meaning of § 12 sentence 1 Federal Soil Protection Law and on the environment
- the requirement of licenses
- the generation, recovery and disposal of waste
- industrial safety
- duration of the effect of the measures and possibilities for monitoring them
- the requirements of aftercare and
- the possibilities for subsequent improvement.

The study shall be conducted by making use of available data, in particular from investigations pursuant to § 3 of this Ordinance, as well as on the basis of other reliable findings. As far as this information does not suffice, especially to allow the reliable definition of polluted areas or to assess the suitability of remediation methods in a particular case, supplementary investigations shall be conducted to verify the suitability of a method.

The results of the study and the concept of measures to be preferred in view of these results shall be presented.

## **2. Remediation Plan**

A remediation plan shall contain the information listed below under Nos. 1 thru 5 as well as the information and documents necessary for declaring it binding pursuant to § 13 paragraph 6 Federal Soil Protection Law.

1. Statement of the initial situation, in particular with regard to
  - the local conditions (among others, geological, hydrogeological situation; current use admissible under planning law)
  - the hazard situation (summary of the investigations pursuant to § 3 of this Ordinance in regard to pollutant inventory by type, amount and distribution, affected pathways, resources and needs requiring protection)
  - the remediation objectives
  - the decisions taken by authorities and the public-law contracts entered into, in particular also in regard to the concept of measures which will have an effect on the fulfilment of obligations pursuant to § 4 Federal Soil Protection Law, and
  - the results of the investigations for remediation.
  
2. Description in text and drawing of the measures to be carried out and furnishing proof of their suitability, in particular with regard to
  - the area of impact of the contaminated site and the areas that will be needed for the planned measures
  - the area covered by the remediation plan
  - the elements and the course of the remediation with regard to
    - o the construction schedule
    - o earthwork (in particular excavation, separation, re-placing, moving around in the area of the remediation plan)
    - o demolition work
    - o intermediate storage of soil material and other materials
    - o waste disposal in case facilities are in operation
    - o the use of soils and the deposition of waste at landfills and
    - o industrial safety and immission control measures
  - specific technical calculations regarding
    - o on-site soil treatment facilities
    - o in-situ measures
    - o facilities for the collection and treatment of landfill gas or soil gas

- groundwater treatment facilities
    - facilities and measures for the collection and treatment particularly of leachate
  - the amounts to be treated and the transport routes in case of soil treatment at off-site facilities
  - the technical planning of stabilizing measures and accompanying measures, in particular of
    - surface, vertical and base sealings
    - surface covering layers
    - intermediate storage and/or holding sites
    - accompanying passive pneumatic, hydraulic or other measures (e.g. drainage of the construction field, drainage of the excavated material, encasement, exhaust air interception and treatment) and
  - requirement of official licenses for the measures to be performed.
3. Description of the internal control measures to check the correct execution and effectiveness of the planned measures, in particular
- the monitoring concept with regard to
    - soil management in case of excavation, separation and re-placing
    - soil and groundwater treatment, degassing or soil gas extraction
    - industrial safety and immission control
    - the accompanying sampling and analysis and
  - the investigation concept for materials and construction components in case of the building of structures.
4. Description of the internal control measures within the scope of aftercare including monitoring, in particular with regard to
- the requirement and design of facilities or installations for the collection and treatment of groundwater, leachate, surface water, soil gas or landfill gas which shall be operated for a long period of time, as well as requirements in respect of their monitoring and maintenance
  - the measures of surveillance (e.g. measuring stations) and
  - function control with regard to the adherence to remediation requirements and maintenance of stabilizing structures or facilities
5. Description of time schedule and costs.

## **Requirements in Respect of the Investigation and Evaluation of Areas in Case of Which There is Suspicion of a Harmful Soil Change Resulting from Soil Erosion by Water**

### **1. Application**

This Annex shall be applied pursuant to § 8 when investigating areas in case of which there is suspicion of a harmful soil change resulting from soil erosion by water.

### **2. Investigation and evaluation**

In case of indications for the existence of a harmful soil change resulting from soil erosion by water, it shall first be examined

- a) whether considerable amounts of soil material were washed out of the erosion area and
- b) from which erosion areas the washed-off soil originates and what were the causes of the erosion.

Clues for identifying the erosion area are in particular clearly noticeable points of transition of soil material from the erosion area to areas located outside the erosion area and affected by the soil material. Further clues are the existence of clearly visible erosion forms on the erosion area. For the investigation according to letter a., it may be necessary to estimate the amount of soil washed off a suspected site during one erosion occurrence or as a consequence of erosion occurrences that took place at an interval of a few weeks at the most. This can be done by means of the “Mapping Guide for the Identification of Current Erosion Forms” (DVWK 1996).

For the assessment of the probability of a re-occurrence of soil erosions pursuant to § 8 paragraph 1, the statistical evaluations of precipitation recordings taken by the German Weather Service in a specific area over many years shall be consulted in particular. Also erosion prognosis models may be resorted to, as far as it can be proven that they are suited to assess, with sufficient accuracy, the soil amounts washed off the erosion areas during specific erosion occurrences.

The prerequisites for the expectation of further soil erosion pursuant to § 8 paragraph 1 No. 2 are normally fulfilled when considerable amounts of soil material were washed out of the same erosion area at least on one other occasion during the past ten years.

---

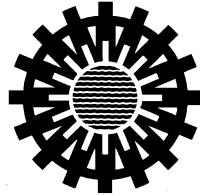
## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VIII**

**«Καθορισμός ορίων για το υπόγειο νερό»**

**«Determination of insignificance thresholds for  
groundwater»**

---

**Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)**



**Determination of  
insignificance thresholds  
for groundwater**

Published by Working Group of the Federal States on Water Issues (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)) under the chairmanship of the state of North Rhine-Westphalia

Dusseldorf, December 2004

Reprinting and reproduction, also in part, is permitted only with the approval of the publisher

The present publication is available for download at [www.LAWA.de](http://www.LAWA.de). Printed copies [in German only] along with the data sheets are obtainable, against payment, from:

Kulturbuch-Verlag GmbH

Postfach 47 04 49

12313 Berlin

Germany

Phone: 030/661 8484

Fax: 030/661 7828

E-mail: [kbvinfo@kulturbuch-verlag.de](mailto:kbvinfo@kulturbuch-verlag.de)

**The present report was prepared by the Insignificance Thresholds Subcommittee of the LAWA Permanent Committee on Groundwater and Water Management, whose members are as follows:**

Dr. Michael Altmayer (Spokesman)	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
Thomas Bach	Landesamt für Umweltschutz Sachsen Anhalt
Dr. Hermann H. Dieter	Umweltbundesamt
Klaus Häfner	Staatliches Umweltfachamt Leipzig
Dr. Wolfgang Leuchs	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Brigitte Moll	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg
Dr. Günther Siegert	Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz
Dr. K. Theo von der Trenck	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
Ellen Six	Umweltbundesamt
Dr. Klaus-Michael Wollin (LABO)	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie

Observers:

Dr. Rolf Altenburger	UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Dr. Thilo Hauck (LABO)	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

Editors:

Dr. Altmayer, Mr. Böhme (Spokesman),  
Dr. Dieter, Dr. Leuchs, Ms. Moll, Ms. Six

## **Table of contents**

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Determination of insignificance thresholds .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Standards and principles .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Method for individual substances.....</b>	<b>8</b>
2.2.1	Assessment in accordance with the Drinking Water Ordinance.....	8
2.2.2	Ecotoxicity assessments .....	9
2.2.3	Plausibility tests of defined values .....	16
<b>2.3</b>	<b>Method for organic substance groups .....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>Application rules for insignificance thresholds .....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Notes on the Appendices.....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>For further reading.....</b>	<b>19</b>
	<b>Annex 1: Methodology flowchart for the determination of insignificance thresholds .....</b>	<b>23</b>
	<b>Annex 2: Insignificance thresholds for the assessment of localised groundwater pollution .....</b>	<b>25</b>
	<b>Part 1: Inorganic parameters.....</b>	<b>25</b>
	<b>Part 2: Organic parameters .....</b>	<b>26</b>
	<b>Part 3: Pesticides, biocides and explosive compounds.....</b>	<b>27</b>
	<b>Annex 4: Determination methods and lower application limits.....</b>	<b>28</b>
	<b>Part 1: Metal ions, semi-metal ions and other cations and anions .....</b>	<b>28</b>
	<b>Part 2: Organic substances and substance groups.....</b>	<b>30</b>

The insignificance thresholds data sheets (Annex 3) are available as a booklet from Kulturbuchverlag (in German only; they are not available online).

## 1 Introduction

Standardised national criteria for the assessment of existing groundwater contamination or the risk thereof are needed if such assessments are to be viable and applicable across the board. The greatest need in this regard is for a quality standard that defines the substance concentration threshold for (a) a low level of locally defined anthropogenic change in the chemical properties of groundwater; and (b) the substance concentration for groundwater pollution. The Working Group of the Federal States on Water Issues (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)) has determined that the insignificance threshold is a suitable quality standard for this purpose. The insignificance threshold delineates the borderline between insignificant change in the chemical properties of groundwater and harmful contamination.

In late 1998 an ad-hoc LAWA working group issued, but failed to adopt, a report entitled *Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserschäden und ihre Begründung* (Insignificance thresholds (guidance values) for the assessment of groundwater pollution and the attendant computation methodologies).

The Soil Protection Act (Gesetz zum Schutz des Bodens (BBodSchG)) and the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance (Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)), which were enacted in 1998 and 1999 respectively, modified the statutory regulations governing the extent to which percolation water falls within the purview of the Federal Soil Protection Ordinance and groundwater falls within the purview of federal water legislation.

In October 1999, the 24th Senior Officials Conference (24. Amtschefkonferenz (ACK)) instructed the Joint Federal State Soil Protection Commission (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO)) as well as the Working Group of the German Laender on Water, Waste and Immission Protection (Länder- Arbeitsgemeinschaften Wasser, Abfall und Immissionsschutz (LAWA, LAGA and LAI)) to review, under the auspices of LABO, all soil contamination values that are regulated under German law.

At its 114th general meeting on February 2000, LAWA took the initial step of defining as insignificance thresholds the soil contamination values mandated by the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance (Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)), and in so doing decided to elaborate recommendations aimed at extending the life of existing regulatory values relating to the soil-groundwater exposure pathway.

In its October 2000 report entitled *Harmonisierung der den Boden betreffenden Werteregelungen* (Harmonization of soil related regulatory values), LAWA put forward the following harmonization

recommendation (inter alia) at the behest of the Senior Officials Conference Working Group on the Soil-Ground Exposure Pathway:

“Some of the parameters for the soil-groundwater exposure pathway guidance values laid down in Annex 2(3.1) of the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance (Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)) are inconsonant with those elaborated by LAWA’s ad-hoc Guidance Values working group ( as at 21 Dec. 1998, L A W A 1 9 9 8 ). LAWA should be asked to compile lists of the following elements that are to be included in a proposed extension of the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance (Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)): insignificance thresholds relating to the assessment of groundwater contamination, the attendant determination standards, and any other substances that are relevant for contaminated sites.”

The rationale for this recommendation was as follows (in part):

“In view of the fact that definition standards for the guide values that apply to assessment of the soil-groundwater exposure pathway are mandated by federal water legislation, it is safe to assume that there can be no discrepancies in the standards used to assess groundwater risk resulting from percolation water soil contamination.

In the interest of avoiding inconsistencies in the determination of, and rationale for, insignificance thresholds, in groundwater contamination and risk assessments, and reclamation measure evaluation, the guide values for the soil-water exposure pathway should be harmonised with the values on the LAWA list.”

At their 26th session in October 2000, the Senior Officials Conference endorsed *Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserschäden und ihre Begründung* (Insignificance threshold values (guide values) for the assessment of groundwater pollution and the attendant determination methodologies) and asked LAWA to compile a list of insignificance thresholds for the assessment of groundwater contamination.

In response to this request, LAWA established a Permanent Committee on Groundwater and Water Management and a Subcommittee on Insignificance Thresholds.

The present report is based on the insignificance thresholds determination criteria that were elaborated by the subcommittee, as well as the relevant data from the professional literature. The report also contains the values and criteria that formed the basis for the determinations. The substances selected cover most of the parameters specified in Annex 2(3) (Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser [“Guidance values for the soil-groundwater exposure pathway”]) of the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance (Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)), as well as other contaminated site and recycling related parameters, for all of which parameters sufficient data was available.

The present report and the data sheets thereof were accepted in September 2004 by the 127th general meeting of LAWA, the 83rd session of LAGA, and the 26th session of LABO. The Environmental Minister's Conference also approved publication of the report in 2004.

## **2 Determination of insignificance thresholds**

### **2.1 Standards and principles**

At its 35th session in June 2001, the LAWA Permanent Committee on Groundwater and Water Management decided to base the determination of insignificance threshold concentration levels on ecotoxicity and human toxicity factors. At its 29th meeting in May 2002, the Senior Officials Conference approved this procedure by adopting the document entitled "GAP-Papier" (LAWA 2002).

The committee defined "insignificance threshold" as any concentration level that (a) has no relevant ecotoxicity implications, even in the presence of substance concentrations exceeding regional background levels; and (b) is compliant with Drinking Water Ordinance requirements or parameters that are based on the Ordinance.

Hence, groundwater whose pollution levels are within the insignificance threshold

➤ is water that is fit for human consumption in any setting;

and

➤ still constitutes an intact biota, since (among other reasons) groundwater is an integral component of the ecosystem, and either forms the base flow for surface or impacts the characteristics of groundwater dependent wetlands.

Hence, insignificance thresholds are defined on the basis of ecotoxicity and human toxicity data that meet the following criteria:

- Statutory (and hence widely accepted) values were given priority over those derived from experts reports
- As a rule, data from individual published test reports was not used; instead, data sets that have been discussed and evaluated in the professional literature and are acknowledged were applied.

If there was a discrepancy between the values determined for potability and ecotoxicity, the lower value was used for the insignificance threshold value. If either human toxicity or ecotoxicity data was unavailable, the insignificance threshold determination was based on the available data set only.

Inasmuch as the relevant data sets in some cases can fall within very low concentration ranges, a lower limit was defined for these values in a subsequent step providing that they were not statutory values or values that are associated with a specific adverse effect.

## **2.2 Method for individual substances**

### **2.2.1 Assessment in accordance with the Drinking Water Ordinance**

Section 9 of the Drinking Water Ordinance (TrinkwV 2001, Bundesministerium für Gesundheit 2001) states that water whose threshold values exceed the limits mandated by the Ordinance can only be used as drinking water temporarily and subject to strict regulations. If the Ordinance threshold values meet either the empirical “safe for human consumption” criterion or falls into the “aesthetically acceptable drinking water quality” category, i.e. if these values are not based on water treatment or distribution processes, their application is prioritised and they are used intact for the insignificance threshold determination process.

If on the other hand the Ordinance threshold values are based on water treatment or distribution processes, or if values for relevant parameters are unavailable, assessments of aesthetic and health factors should be realised for each substance in accordance with the provisions of the Ordinance. Our human toxicity determinations were primarily based on published toxicological data (EIKMANN et al. 1999). If the Ordinance provided no relevant data, substance toxicity data was used instead, and was applied in accordance with the determination method for contaminated site assessment (UBA 1999). Data from other sources was applied as well, e.g. WHO Environmental Health Criteria monographs (<http://www.who.int/peh-emf/publications/monographs/en/>) and the EPA's IRIS Database for Risk Assessment (<http://www.epa.gov/iris/>). The various sources that were evaluated for individual human toxicity determinations are specified in the substance data sheets.

As a rule, it was estimated that the drinking water pathway accounts for 10 percent of the overall tolerable body dose of toxins (SCHELLSCHMIDT & DIETER 2000). This estimate was based on the assumption that substances that do not originate in the drinking water system, or pollutants that are not commonly found in such system, are mainly ingested through the food chain rather than the water supply. Up to 100 percent distribution quotients are admissible for substances that occur either commonly or naturally in the drinking water supply. The determination of the admissible concentrations of non-carcinogenic substances in water was based on daily intake of two liters of water and a body weight of 70 kg. For carcinogens, this determination should be based solely on post oral-ingestion cancer risk assessments that are regarded as being qualitatively appropriate. In addition, pursuant to the EU Drinking Water Directive, a supplementary lifespan risk amounting to  $1 \cdot 10^{-6}$  was used as a carcinogen risk level.

If the only carcinogen risk assessments available are deemed scientifically unsound by the Federal Environmental Agency (UBA), the insignificance threshold should be determined on the basis of the  $CEL_{min}$  (carcinogenic effect level) dose that was carcinogenic in 10 percent of animal models for their specified body dose. To realise this calculation,  $CEL_{min}$  is divided by 100.000 (in accordance with a supplementary  $10^{-5}$  risk in 10 percent of the exposed animals  $\Rightarrow$  arithmetic supplementary lifespan risk, i.e.  $1 \cdot 10^{-6}$ ), and the result is then used as the acceptable lifelong body dose for determination of the insignificance threshold. In view of the heightened susceptibility of children to genotoxic carcinogens, a 5.87 supplementary risk was applied to the entirety of a mean 70 year lifespan for known high risk genotoxic carcinogens (DIETER AND HENSELING, 2003), except in cases where the Drinking Water Ordinance's insignificance threshold value for a substance of this type (benzene, benzo(a)pyrene and vinyl chloride) was used.

### 2.2.2 Ecotoxicity assessments

Insignificance thresholds are determined on the basis of ecotoxicity data from investigations of surface water organisms, a procedure that is adopted for the following reasons:

- No standard groundwater organism test method is available;
- and
- It is safe to assume that the sensitivity spectrum of surface water organisms provides a reasonably accurate characterization of groundwater organism biotas.

A Federal Environmental Agency study of specific pesticides ( U B A 2001 ) showed that the products investigated induced ecotoxicological effects in comparable concentration ranges for groundwater and surface water species, although adverse effects on the groundwater organisms are far longer lasting, and in some cases are essentially irreversible. No allowance should be made for this difference in applying ecotoxicity data for standard organisms to insignificance threshold determinations.

Surface water quality criteria are generally applicable to groundwater since surface water bodies are extensively fed by groundwater. This contention is also supported by Annex V(2.3.2) of the Water Framework Directive (WFD 2000), which states as follows: "The chemical composition of the groundwater body is such that the concentrations of pollutants (...) are not such as would result in failure to achieve the environmental objectives specified under Article 4 for associated surface waters..."

Ecotoxicity data is prioritised for insignificance threshold calculations in the following order:

1. Statutory environmental quality standards with documented ecotoxilogical implications for surface water biota are prioritised, and are applied "as is." These standards are primarily derived from Annex 5 (Umweltqualitätsnormen für die Einstufung des chemischen Zustands) of "Entwurf der LAWA-Musterverordnung zur Umsetzung der Anhänge II und V der WRRL" ( L A W A 2003 ). Standards determined primarily on the basis of surface water background levels or suspended matter content are not applied.

2. Pursuant to the relevant statutory environmental standards, predicted no effect concentration (PNEC) values are accorded second-rank priority for purposes of insignificance threshold determination. This data is determined on the basis of the latest findings and in accordance with stringent, transparent and Community wide standards (Technical Guidance Document TGD 2003), is reviewed by a battery of experts in accordance with EU chemical regulations, and is approved on submission of final risk assessment report (RAR 2002).
3. Inasmuch as LAWA targets were the starting point for the quality target debate in Germany, the data was incorporated into the relevant environmental quality standards. If neither an environmental quality standard nor a PNEC value is available for a substance, the LAWA targets should be used (LAWA 1997, LAWA 1998 a and b).
4. If neither of the aforementioned type of data is available, the insignificance thresholds are determined on the basis of MPC and MPA values from a Dutch report (Crommentuijn et al., 1997, de Bruijn et al., 1999). According to the Technical Guidance Document, the statistical extrapolation procedure that is used to calculate MPC and MPA values is an accredited PNEC determination method.

The determination criteria for the aforementioned data will now be summarised. For more detailed information, see the relevant literature (UBA 2000) which specifies all of the known water quality criteria, goals and standards.

#### Environmental quality standards

The first set of environmental quality standards for insignificance threshold data comprise individual substances and substance groups, as defined by Community environmental quality standards, as well as the priority substances defined by the WFD. These standards were adopted from Annex 5 of “Entwurf der LAWA-Musterverordnung zur Umsetzung der Anhänge II und V der WRRL” (LAWA 2003).

Likewise applied were the chemical quality components of the environmental quality standards that are used to define good and very good ecological water body status in accordance with Annex 4 of “LAWA-Musterverordnung,” insofar as the standards related to aquatic biota. These environmental quality standards were defined in accordance with Annex V(1.2.6) of the WFD (“Procedure for the setting of chemical quality standards by Member States”) or were based on LAWA targets. Hence in this case the criteria for insignificance threshold determination data were analogous to those used for the other data sources.

Also applied to insignificance threshold determination are the quality objectives laid down in Directive 76/464/EEC of 4 May 1976 (“Water pollution by discharges of certain dangerous substances”) and the daughter directives that were implemented by the German Laender in accordance with “Musterverordnung der LAWA” (L A W A 2000).

➤ PNEC (Predicted No Effect Concentration) determination for aquatic biota

PNEC is realised for aquatic biota on the basis of the European system of risk assessment procedures for chemicals, in accordance with the relevant Technical Guidance Document (T G D 1996) and on the basis of long term monospecies investigations of representatives of three trophic stages, namely algae, small crabs (Entomostraca) and fish. The results of these investigations provide information on NOEC (No Observed Effect Concentration). The PNEC is determined on the basis of the lowest test results for the species most vulnerable to pollutants, divided by an equalization factor, which is 10 if all required data is available and increases if data is missing. This factor is used to compensate for the uncertainty resulting from the application to real water body conditions of individual laboratory test results based on relatively small numbers of organism species (as a rule, PNEC = the smallest NOEC divided by 10).

The added risk approach is also used for determination of insignificance thresholds, which means that the German basic value in accordance with Annex VIII of the Technical Guidance Document (see below) is added to the PNEC, which is based on the dissolved metal constituent.

Table 2.2-1: EU risk assessment reports on existing substances whose data was used to determine insignificance thresholds ( **Risk Assessment Reports** in accordance with EEC 793/93 and EC 1488/94 ) (as at May 2004)

<b>Substance</b>	<b>CAS number</b>	<b>Priority list number/ Member State in charge<sup>1</sup></b>	<b>EU existing substances reports</b> RAR = risk assessment report Env. = environmental assessment section HH = health assessment section
Boric acid (crude, natural)	10043-35-3	4./ A	No draft report is available
Boric acid	11113-50-1	4./ A	No draft report is available
Cadmium (Cd)	7440-43-9	3./ B	RAR <b>Final Draft</b> , July 2003 (Env. + HH)
Cadmium oxide	1306-19-0	3./ B	RAR <b>Final Draft</b> , July 2003 (Env. + HH)
Chromium trioxide (chrome VI)	1333-82-0	3./ UK	RAR <b>Draft</b> , November 2002 (Env. + HH)
Sodium chromate	7775-11-3	3./ UK	RAR <b>Draft</b> , November 2002 (Env. + HH)
Sodium dichromate	10588-01-9	3./ UK	RAR <b>Draft</b> , November 2002 (Env. + HH)
Potassium chromate	7778-50-9	3./ UK	RAR <b>Draft</b> , November 2002 (Env. + HH)
Ammonium dichromate	7789-09-5	3./ UK	RAR <b>Draft</b> , November 2002 (Env. + HH)
Fluoride RAR for hydrofluoric acid	7664-39-3	1./ NL	RAR <b>Final Report</b> , October 2001 (Env. + HH)
Naphthalene	91-20-3	1./ UK	RAR <b>Final Report</b> , 2003 (Env. + HH)
PER (tetrachlorethene)	127-18-4	1./ UK	RAR <b>Final Environment Report</b> , <b>August 2001</b>
TRI (trichlorethene)	79-01-6	1./ UK	<b>Final Report, September 2001</b> (Env.+HH)
Ethyl benzene	100-41-4	1. / D	Report not yet available
Styrole = vinyl benzene = ethenyl benzene	100-42-5	1. / UK	<b>Final Report, 2002</b> (Env.)
Benzene (monosubstance)	71-43-2	1./ D	<b>Draft</b> of 13.05.2002 (Env.)

Toluene	108-88-3	2. / DK	<b>Final Report, 2003</b> (Env. + HH)
Isopropyl benzene = cumene	98-82-8	1./ E	<b>Final Report, November 2001</b> (Env.+HH)
Phenol	108-95-2	1./ D	<b>Final Draft</b> of 11/2002 (Env. )
MTBE	1634-04-4	3./ FIN	<b>Final Report, 2002</b> (Env. + HH)
2,4-dinitrotoluene (2,4-DNT)	121-14-2	4./ E	Draft, May 2004
2-nitrotoluene (2-NT)	88-72-2	4./ E	Draft, May 2004
<b>Substance</b>	<b>CAS number</b>	<b>Priority list number/Member State in charge<sup>1</sup></b>	<b>EU existing substances reports</b> RAR = risk assessment report Env. = environmental assessment section  HH = health assessment section
Nitrobenzene	98-95-3	3./ D	No draft report is available
Diphenylamine	122-39-4	3. / D	No draft report is available
4--nonylphenol branched	84852-15-3	2./ UK	<b>RAR Final Report, 2002</b> (Env. + HH)
Nonylphenol	25154-52-3	2./ UK	<b>RAR Final Report, 2002</b> (Env. + HH)
1-propanol	71-23-8	2./ D	Draft of 19.08.2003
1,4-dichlorinated benzene	106-46-7	1./ F	<b>Final Report, May 2001</b> (Env.+HH)
1,2,4-trichlorinated benzene	120-82-1	2./ DK	<b>RAR Final Report, 2003</b> (Env. + HH)
Aniline = aminobenzene	62-53-3	1./ D	RAR Draft of 13.2.2002 (Env.+HH )
2-methoxyaniline = o-anisidine	90-04-0	2./ A	<b>RAR Final Report, 2002</b> (Env. + HH)
4,4'-methylenedianiline = MDA	101-77-9	1./ D	<b>RAR Final Report, November 2001</b> (Env.+HH)
3,4-dichloraniline	95-76-1	1. / D	<b>RAR</b> of 18.7.2001 ( Env.+HH )
dibutyl phthalate = DBP	84-74-2	1./ NL	<b>Final Report, 2003</b> (Env. + HH)
Bisphenol A	80-05-7	3./ UK	RAR draft (Env.) 2/ 2002
Nickel	7440-02-0	3./ DK	Draft, May 2004
Zinc	7440-66-6	2./ NL	Draft, May 2004

<sup>1.</sup> A-Austria, B- Belgium, D – Germany, DK – Denmark, E – Spain, F – France, FIN – Finland, I – Italy, N – Norway, NL – The Netherlands, S – Sweden, UK – Britain

➤ LAWA aquatic biota protection targets

The targets in this domain are the same as for basic substance related ecotoxicity tests, but for representatives of four rather than three trophic phases. Tests are conducted on green algae, small crabs (Entomostraca), fish and – in the interest of testing groundwater self-purification capacities – bacteria as well. (The EU risk assessment procedure involves PNEC bacteria tests for wastewater treatment plants that are required neither for insignificance threshold value determination nor for sediment targets or PNEC.) Aquatic biota targets are determined on the basis of the lowest test results divided by a factor of 10, which is higher if ecotoxicity data is unavailable. These factors are slightly different from those mandated by the **Technical Guidance Document**.

In determining insignificance thresholds for groundwater, targets pertaining to surface water scenarios were excluded from consideration, particularly with regard to natural background concentrations or to substance concentrations resulting from the presence of suspended matter. The added risk approach was also applied, insofar as it was based on LAWA targets (see below).

➤ MPC (Maximum Permissible Concentration), MPA (Maximum Permissible Addition)

The frequency distribution for ecotoxicity test results relating to the substances investigated is determined on the basis of statistical extrapolation methods that were realised for risk assessment purposes. Biotope protection efficiency is determined on the basis of the data end point (NOEC, LC50) and the percentage of biotope species that are subject to protection. The MPC represents 95 percent protection efficiency for NOEC distribution. This means that the risk of aquatic system pollution is tolerable insofar as the exposure level for no more than 5 percent of the biotope species (i.e. 95 percent protection efficiency) exceeds the NOEC. In The Netherlands, a range of risk levels for the establishment of environmental quality standards has been developed in which the MPC constitutes the highest admissible risk level.

The MPC values for surface and ground water were collated and used for insignificance threshold value determination (Crommentuijn et al. 1997, de Bruijn et al., 1999) since these risk values are readily comparable with PNEC values (UBA 2000). As was the case with PNEC determination, equalization factors were used if not enough data was available for a viable statistical analysis. Owing to the fact that no such analyses could be conducted due to a lack of data for all parameters, MPC groundwater values were computed on the basis of surface water values and in some cases groundwater specific background levels (Crommentuijn et al. 1997). In such cases, only MPA (Maximum Permissible Addition) values are adduced for purposes of insignificance thresholds determination, and the basic groundwater value for Germany is added to these values in accordance with the added risk approach.

In cases where the relevant values were unavailable in the data sources mentioned above, biotope quality criteria from other countries (see UBA 2000) was used instead.

In contrast to the procedure for organic substances, in assessing the risk induced by inorganic trace elements (particularly metals), it is necessary to allow for the fact that since these elements arise owing to geogenic factors, biotope organisms are in most cases exposed to minute amounts of these substances only, via a natural process. The naturally occurring trace element concentrations in the aquatic environment are subject to a timescale and these concentrations can fluctuate by several magnitudes. However, for the most part the organisms maintain a constant intracellular level of trace elements throughout this entire fluctuation range. In order to take the latter factor into account, and at the same time avoid classifying anthropogenically untainted groundwater as polluted when comparisons with insignificance thresholds are realised, specific basic values that characterise groundwater in Germany were added to the ecotoxicologically defined values in accordance with the added risk approach. These values were established via a LAWA research project that evaluated the findings of the various German Laender groundwater investigation programs (KUNKEL ET AL. 2004). Table 2.2-2 shows the basic values for inorganic trace elements and fluoride as the surface weighted mean of the 90th percentile value of 15 hydrogeological reference areas. The insignificance thresholds are obtained by adding the values shown in the table to the ecotoxicity PNEC for these elements (see sections on PNEC, LAWA targets, and MPC/MPA).

Table 2.2-2: Basic natural groundwater property values for inorganic trace elements and fluoride as the surface weighted mean of the 90th percentile value of 15 hydrogeological reference areas (KUNKEL ET AL. 2004)

Parameter	Surface weighted mean of the 90th percentile (in µg/l)	Parameter	Surface weighted mean of the 90th percentile (in µg/l)
Arsenic	2.6	Copper	10.1
Antimony	0.4	Molybdenum	(1.2)**
Barium	186	Nickel	12.6
Lead	3.9	Mercury	0.15
Boron	88	Selenium	1.6
Cadmium	0.3	Thallium	(<0.5)**
Chrome (total chrome)*	2.4	Vanadium	(1.6)**
Fluoride	270	Zinc	49.8
Cobalt	5.7		

\*Chrome III for the most part

\*\*Values from the states of Baden-Wurttemberg and Bavaria (not representative for Germany)

### 2.2.3 Plausibility tests of defined values

A lower limit is defined for substances that can not be definitively evaluated or whose insignificance thresholds *as computed* fall within very low concentration ranges.

The drinking water commission of the Ministry of Health has recommended that a so called health orientation value of 0.1 µg/L be used to evaluate drinking water substances for whose human toxicity no data or only insufficient data is available. Excluded from this category are “highly genotoxic substances,” to which total lifelong ingestion of 0.01 µg/L apply (U B A 2003, Dieter 2003 a).

Inasmuch as human ecotoxicity is often associated with relatively low contamination levels, and in order to ensure that (a) the often highly relevant ecotoxicity of specific substances is taken into account; and (b) the concentrations of these substances can be assayed, the lower insignificance threshold limit is defined as 0.01 µg/L in lieu of the drinking water commission’s health orientation value of 0.01 µg/L.

The foregoing does not apply to

- substances with demonstrable toxicity at levels below 0.01 µg/L; and
- substances that are subject to statutory EU quality targets amounting to less than 0.01 µg/L.

### 2.3 Method for organic substance groups

Insignificance thresholds are determined on the basis of ecotoxicity and human toxicity factors of individual substances. Chemically similar compounds that co-occur in the environment are often assessed in substance groups (e.g. polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), polychlorinated biphenyl, PCB, and monoaromatic hydrocarbons (BTEX) including benzene and volatile halogenated hydrocarbons (VHH)). Inasmuch as the impact of the toxicity levels of such mixtures is difficult to predict owing to their differing compositions, it is necessary to define an upper composite parameter limit for these substance groups.

In calculating the values listed in Annex 2, allowance has to be made for the insignificance thresholds for individual substances (insofar as available) as well as their composite parameters, whose determination method is described in Annex 3 [see note on page 4].

## 3 Application rules for insignificance thresholds

Compliance with insignificance thresholds is documented via a comparison – *for each individual use case* – of determined or prognosticated substance concentrations and the applicable insignificance thresholds. Hence, cognate with Annex 2(3.2) of the Federal Soil Protection Ordinance (Bundesbodenschutzverordnung), which lays down application rules for insignificance thresholds, the provisions of current water legislation are concretised by specifying exactly which parameters apply to

which use cases. For example, in some cases random samples of percolation water in natural or semi-natural soils (mainly topsoils) revealed higher concentrations of heavy metals than in groundwater. Hence, this factor must be taken into account when technical application rules are elaborated, and the toxicity value correction procedure must be modified using the basic values from the data on natural groundwater properties as a starting point. Any rules that are modified for special cases in this manner must be cleared with LAWA, insofar as the modification was not mandated by LAWA itself.

If geogenic groundwater background levels exceed the relevant insignificance thresholds, the competent authority can define “special case” values, in accordance with the determination criteria described in the present report (see Annex 1).

In the event of frequent instances of localised pollutant inputs and/or inputs that affect larger areas, water authorities should be provided with a management instrument that allows for the limitation of pollutant inputs in cases where also normal groundwater monitoring procedures detect irregularities. LAWA intends to elaborate a more explicit set of rules for this purpose.

Insignificance thresholds are not to be applied to the assessment of above-ground inputs such as atmospheric deposits or fertilisers. Nor are these values to be (mis)used as groundwater quality objectives, since they were intended for a wholly different purpose, namely as assessment benchmarks for localised pollutant inputs.

## **4 Notes on the Appendices**

Annex 1 comprises a flowchart showing the procedure that is used to calculate insignificance thresholds. The insignificance thresholds that were determined for individual substances and composite parameters are shown in Annex 2. In the interest of clarity, the table in Annex 2 is divided into three parts that list the insignificance thresholds for inorganic substances (part 1), organic substances (part 2) and pesticides, biocides and explosive compounds (part 3).

Annex 3 (see note on page 4) contains the data sheets for the various substances and substance groups for which insignificance thresholds were determined. Each data sheet is prefaced by a tabular overview of information relating to insignificance thresholds, the available data, and the main determination criteria for the insignificance thresholds. An extensive exposition of insignificance threshold value determination methodology was dispensed with insofar as this methodology was clearly indicated by the criteria used in the datasheets. The methodology in such cases followed the general procedure described in section 2, in accordance with the literature cited in the relevant data sheet.

However, an extensive description of the methodology is necessary in cases where no such sources (e.g. TrinkwV) are available. In such cases, the data sheets provide a methodological description and the relevant citations. Basic values are indicated for inorganic trace elements only if non-statutory ecotoxicological insignificance thresholds were applied.

Annex 4 describes the determination methods that were used for the investigations of the substances and composite parameters mentioned in Annex 2. The lower application limit for some of the methods is greater than or equal to the relevant insignificance threshold value. In such cases, it is necessary to use non-standardised procedures, which must also be validated in accordance with the applicable determination method regulations.

Column 1 lists the substances and parameters that are to be investigated. Column 2 lists the analytic determination methods, virtually all of which are Deutsche Einheitsverfahren (DEV; Standard German procedures) that were for the most part incorporated into DIN standards or in some cases into EN or ISO standards. If two or more determination methods are indicated for one parameter, the most suitable method for each investigation can be selected, subject to the advisories in columns 3 and 4. Column 3 contains advisories regarding the methods that are to be used to calculate the various parameters. Column 4 provides information regarding lower application limits for the methods and the attendant units of measurement for reporting investigation results. In some cases the determination limit value can be higher (due to a mathematical matrix) than the tabular value. In addition, individual substance determination limits are governed by detectability and boundary conditions.

## 5 For further reading

Crommentuijn et al. 1997: Crommentuijn, T; Polder, MD; van de Plassche, EJ : Maximum permissible concentrations and negligible concentrations for metals, taking background concentrations into account. Report No. 601 501 001, National Institute of Public Health and the Environment, NL-Bilthoven, October 1997

de Bruijn et al. 1999 : J. de Bruijn, T. Crommentuijn, K. van Leeuwen, E. van de Plassche : Environmental risk limits in The Netherlands. National Institute of Public Health and Environment, RIVM-Report 601 640 001, NL-Bilthoven 1999

Dieter, HH 2003a: Kommentar zur Bewertung der Anwesenheit nicht oder nur teilbewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht. Bundesgesundheitsbl. – Gesundheitsforsch. - Gesundheitsschutz 46(3), 245-248

Dieter, HH, Henseling, M. 2003: Kommentar zur Empfehlung: Maßnahmewerte (MW) für Stoffe im Trinkwasser während befristeter Grenzwert-Überschreitungen gem. § 9 para. 6-8 TrinkwV 2001. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 46: 701-706, *including errata in 46: 915-916.*

EEC 1993: COUNCIL REGULATION (EEC) No 793/93 of 23 March 1993 on the evaluation and control of the risks of existing substances, Official Journal of the European Communities No. L 84

EC 1994: COMMISSION REGULATION (EC) No 1488/94 of 28 June 1994 laying down the principles for the assessment of risks to man and the environment of existing substances in accordance with Council Regulation (EEC) No 793/93, Official Journal of the European Communities No.L 161

The risk assessment carried out under Regulation 793/93 is conducted following the principles of the Regulation 1488/94 and following the detailed methodology laid down in the Technical Guidance Document on Risk Assessment for New and Existing Substances ( TGD )

Eikmann et al. 1999: Eikmann Th., Heinrich U., Heinzow B., Konietzka R.: Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen ergänzbares Handbuch toxikologischer Basisdaten

und ihre Bewertung, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1. Erg. Lfg. 12/99;

EUROPEAN CHEMICALS BUREAU under <http://ecb.jrc.it> last update: May 5, 2000 (risk assessment reports/existing substances)

Kunkel, R., Voigt, H.-J., Wendland, F. Hannappel, S. 2004: Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt Band 47

LAWA 1997: Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer, Band I: Teil I: Konzeption zur Ableitung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer vor gefährlichen Stoffen, Teil II: Erprobung der Zielvorgaben von 28 gefährlichen Wasserinhaltsstoffen in Fließgewässern. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Berlin 1997

LAWA 1998: Geringfügigkeitsschwellen (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserschäden und ihre Begründung. Bericht des ad-hoc-Arbeitskreises „Prüfwerte“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) vom 21. 12. 1998 (unpublished)

LAWA 1998a: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer, Band II: Ableitung und Erprobung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer für die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink. Berlin 1998

LAWA 1998b: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer, Band III: Teil I: Konzeption zur Ableitung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer vor gefährlichen Stoffen, Teil II: Erprobung der Zielvorgaben für Wirkstoffe in Bioziden und Pflanzenbehandlungsmitteln für trinkwasserrelevante oberirdische Binnengewässer. Berlin 1998.

LAWA 2000: Musterverordnung über Qualitätsziele für bestimmte gefährliche Stoffe und zur Verringerung der Gewässerverschmutzung durch Programme. Umsetzung der Richtlinie 76/464/EWG vom 4.5.1976 in deutsches Recht, TOP 3.7 der 115. LAWA-Sitzung am 7.-8.9.2000 in Rostock

LAWA 2002 (GAP-Papier): „Principles of pre-emptive groundwater protection with waste recycling and the use of products“ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, May 2002

LAWA 2003: „Musterverordnung zur Umsetzung der Anhänge II und V der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik“, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Entwurf Stand 2.7.2003

RAR 2002: Risk Assessment Report pursuant to EEC 793/93 and EC 1488/94, researched in 2002 via European Chemicals Bureau and augmented where necessary using information from the Federal Environmental Agency in Berlin

Schellschmidt, B. & Dieter, H.H. Gesundheitlich duldbare Höchstkonzentrationen für die Kontamination von Trinkwasser durch Pflanzenschutzmittel (Gesundheitliche Leitwerte), Gesundheitsbl – Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 43(7): 494-504.

TGD 2003: Technical Guidance Document on Risk Assessment for New and Existing Substances, siehe EC 1994 (<http://ecb.jrc.it/>)

TrinkwV 2001: Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001. Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 24, 959 ff

UBA 1994: Zielvorgaben für gefährliche Stoffe in Oberflächengewässern. Bearbeitet von Gottschalk, Ch.; UBA-Texte 44/94, Umweltbundesamt, Berlin; cited in UBA 2000

UBA 1999: Berechnung von Prüfwerten zur Bewertung von Altlasten: Ableitung und Berechnung von Prüfwerten der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung für den Wirkungspfad Boden - Mensch aufgrund der Bekanntmachung der Ableitungsmethoden und -maßstäbe im Bundesanzeiger Nr. 161a vom 28. August 1999. Edited by the Federal Environmental Agency. Contributors: Bachmann G, Oltmanns J, Konietzka R, Schneider K., Erich Schmidt Verlag, Berlin

UBA 2000: Umweltqualitätsziele für gefährliche Stoffe in Gewässern - Internationaler Vergleich der Ableitungsmethoden. Bearbeitet von Schudoma, D.; UBA-Texte 24/00. Umweltbundesamt, Berlin

UBA 2001: Forschungsvorhaben FKZ: 298 28 415 „Ökotoxikologische Prüfung von Pflanzenschutzmitteln hinsichtlich ihres Potentials zur Grundwassergefährdung“, Realised by: Institut

für Umweltchemie und Toxikologie der Fraunhofer Gesellschaft, Schmallenberg, UBA- TEXTE 76/01,  
Umweltbundesamt Berlin

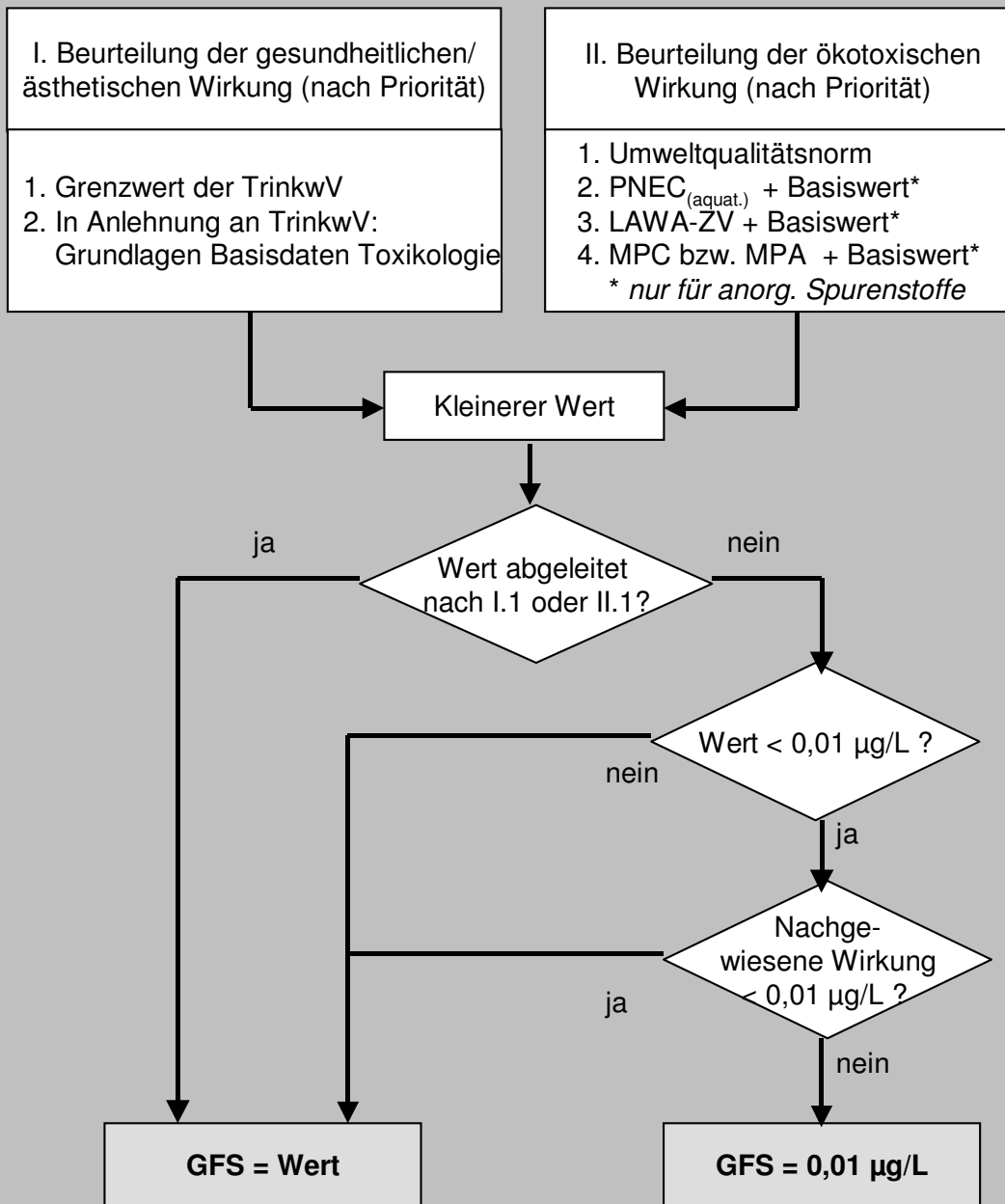
U B A 2003: Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus  
gesundheitlicher Sicht – Empfehlung der Trinkwasserkommission des Umweltbundesamtes.  
Bundesgesundheitsbl- Gesundheitsforsch- Gesundheitsschutz 46 (3): 249 - 251

W F D 2000: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2000  
establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the  
European Communities no. L 321 of 22 December 2000 p.1

## **Annex 1: Methodology flowchart for the determination of insignificance thresholds**

**[Legende zur Abbildung:]** Ableitungsschema... = Methodology flowchart for the determination of insignificance thresholds. | **Left column:** I. Assessment of health and aesthetic factors (according to priority) | 1. Threshold value pursuant to TrinkwV. | 2. Based on basic toxicity data pursuant to TrinkwV. | **Right column:** II. Ecotoxicity assessment (according to priority). | 1. Environmental quality standard. | 2. PNEC (aquatic) + basic value\*. | 3. LAWA targets + basic value\*. | 4. MPC or MPA + basic value\* | nur... Applies to inorganic trace elements only. | Kleinerer = Lower value. | Wert... Value determined on the basis of I.1 or II.1? | ja = Yes. | Nein = No. | Wert... = Value < 0.01 µg/L? | Nach... = Documented effect with < 0.01 µg/L? | *GFS* = *Wert* = Insignificance threshold value = value | *GFS*... = Insignificance threshold value = 0.01 µg/L

# Ableitungsschema Geringfügigkeitsschwellenwerte



## Annex 2: Insignificance thresholds for the assessment of localised groundwater pollution

### Part 1: Inorganic parameters

Inorganic parameters	Insignificance thresholds (in µg/L)
Antimony (Sb)	5
Arsenic (As)	10
Barium (Ba)	340
Lead (Pb)	7
Boron (B)	740
Cadmium (Cd)	0.5
Chrome (CR III)	7 (see Annex 3)
Cobalt (Co)	8
Copper (Cu)	14
Molybdenum (Mo)	35
Nickel (Ni)	14
Mercury (Hg)	0.2
Selenium (Se)	7
Thallium 1 (Tl)	0.8
Vanadium (V) <sup>1</sup>	4
Zinc (Zn)	58
Chloride (Cl <sup>-</sup> )	250 mg/L
Cyanide (CN <sup>-</sup> )	5 (50) (see Annex 3)
Fluoride (F <sup>-</sup> )	750
Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	240 mg/L

- 1) Application of the insignificance threshold for vanadium has been suspended until December 31, 2007. Although the value reflects the latest findings on vanadium's human toxicity and lifelong protection against this substance, it is based on incomplete data whose significance is a matter of controversy. The suspension was instituted mainly in order to give manufacturers the opportunity to gather additional experimental data on ecotoxicity and human toxicity. It is safe to assume that the availability of higher quality data will result in a higher insignificance threshold value for vanadium.

## Annex 2: Insignificance thresholds for the assessment of localised groundwater pollution

### Part 2: Organic parameters

Organic parameters	Insignificance thresholds (in µg/L)
Σ Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) <sup>1</sup>	0.2
Anthracene, benzo[a]pyrene, dibenz(a,h)anthracene	0.01 each
Benzo[b]fluoranthene, benzo[k]-fluoranthene, benzo[ghi]perylene, fluoranthene, indeno(123-cd)pyrene	0.025 each
Σ naphthalene and methylnaphthalene	1
Σ Volatile halogenated hydrocarbons (VHH) <sup>2</sup>	20
Σ Trichloroethene and tetrachloroethene	10
1,2 dichloroethane	2
Chloroethene (vinyl chloride)	0.5
Σ PCB <sup>3</sup>	0.01
Hydrocarbons <sup>4</sup>	100
Σ Alkylated benzene	20
Benzene	1
MTBE	15
Phenol <sup>5</sup>	8
Nonylphenol	0.3
Σ Chlorinated phenol	1
Hexachlorobenzene	0.01
Σ Chlorinated benzene	1
Epichlorohydrin	0.1

- 1) Total PAHs: The total of all PAHs excluding naphthalene and methylnaphthalene, generally determined via the total of the 15 substances on the EPA list, excluding naphthalene, and in some cases also taking into account other relevant PAHs, e.g. aromatic heterocycles such as choline.
- 2) Total VHH: The total of all volatile halogenated C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub>-hydrocarbons including trihalogen methane. Compliance with the insignificance thresholds for trichloroethene, tetrachloroethene, chloroethene is also required by law.
- 3) Total polychlorinated biphenyl, which is generally determined on the basis of the six Ballschmiter substances in accordance with DIN 51527, multiplied by five; and in some cases (e.g. for known substance spectrums) solely on the basis of the total values of all relevant substances in accordance with DIN 38407-F3.
- 4) Determined in accordance with DEV H53. ISO 9377-1 gravimetry can be used for higher concentrations. For gas chromatography analyses, the tabular value pertains to total hydrocarbon ranging from C<sub>10</sub> to C<sub>40</sub>.
- 5) Inasmuch as no standardised procedure is currently available whose lower application limit is less than or equal to the insignificance threshold, it is necessary to use a non-standardised procedure, which must also be validated in accordance with the applicable determination method regulations. Generally a phenol index determination procedure is realised. If the findings are positive, a calculation is to be realised for the relevant individual substances.

## Annex 2: Insignificance thresholds for the assessment of localised groundwater pollution

### Part 3: Pesticides, biocides and explosive compounds

<i>Pesticides and biocides</i>	<i>Insignificance threshold value (in µg/L)</i>	<i>Explosive compounds</i>	<i>Insignificance threshold value (in µg/L)</i>
<b>Σ Pesticides and biocides</b>	0.5	<b>Nitropenta (PETN)</b>	10
<b>Individual pesticides</b>	0.1 each	<b>2-nitrotoluene</b>	1
<b>Aldrine, azinphos-methyl, dichlorvos, dieldrin, endosulfane, etrimfos, fenitrothion, fenthion, parathion-ethyl</b>	0.01 each	<b>3-nitrotoluene</b>	10
<b>Chlordane</b>	0.003	<b>4-nitrotoluene</b>	3
<b>Disulfoton</b>	0.004	<b>2-amino-4,6-dinitrotoluene</b>	0.2
<b>Diuron</b>	0.05	<b>4-amino-2,6-dinitrotoluene</b>	0.2
<b>Hexazinon</b>	0.07	<b>2,4-dinitrotoluene</b>	0.05
<b>Malathion, parathion-methyl</b>	0.02 each	<b>2,6-dinitrotoluene</b>	0.05
<b>Mevinphos</b>	0.0002	<b>2,4,6-trinitrotoluol</b>	0.2
<b>Pentachlorophenol</b>	0.1	<b>Hexogen</b>	1
<b>Phoxim</b>	0.008	<b>2,4,6-trinitrophenol (picric acid)</b>	0.2
<b>Triazophos, trifluralin, heptachlor, heptachlorepoxyde</b>	0.03 each	<b>Nitrobenzene</b>	0.7
<b>Tributyl tin<sup>1</sup></b>	0.0001	<b>1,3,5-trinitrobenzene</b>	100
<b>Trichlorphon</b>	0.002	<b>1,3-dinitrobenzene</b>	0.3
<b>Triphenyl tin and dibutyl tin compounds</b>	0.01	<b>hexanitrodiphenylamin (hexyl)</b>	2
		<b>Tetryl</b>	5
		<b>Octogen</b>	175

<sup>1</sup>Inasmuch as no standardised procedure is currently available whose lower application limit is less than or equal to the insignificance threshold value, it is necessary to use a non-standardised procedure, which must also be validated in accordance with the applicable determination method regulations.

## Annex 4: Determination methods and lower application limits

### Part 1: Metal ions, semi-metal ions and other cations and anions

Parameter	Determination method	Method type	Lower application limit <sup>1</sup>
Antimony (Sb)	DIN 38405-32-2	AAS (hydride) Graphite tube/AAS	0.001 mg/L
	DIN 38405-32-1	ICP-OES	0.002 mg/L
	DIN EN ISO 11885	ICP-MS	0.1 mg/L
	DIN 38406-29		0.001 mg/L
Arsenic (As)	DIN EN ISO 11969	AAS (hydride)	0.001 mg/L
	DIN EN ISO 11885	ICP-OES	0.1 mg/L
	DIN 38406-29	ICP-MS	0.001 mg/L
Barium (Ba)	DIN EN ISO 11885	ICP-OES	0.01 mg/L
	DIN 38406-28	Flames/AAS	0.1 mg/L
	analogous to DIN EN ISO 5961	Graphite tube/AAS	0.5 mg/L
	DIN 38406-29	ICP-MS	0.0005 mg/L
Lead (Pb)	DIN 38406-6-1	Flames/AAS	0.5 mg/L
	DIN 38406-6-2	Graphite tube/AAS	2 mg/L
	DIN EN ISO 11885	ICP-OES	0.1 mg/L
	DIN 38406-29	ICP-MS	0.0002 mg/L
Boron (B)	DIN EN ISO 11885	ICP-OES	0.05 mg/L
	DIN 38405-17	Spectral photometry	0.05 mg/L
	DIN 38406-29	ICP-MS	0.01 mg/L
Cadmium (Cd)	DIN EN ISO 5961-HA2	Flames/AAS	0.05 mg/L
	DIN EN ISO 5961-HA3	Graphite tube/AAS	0.0003 mg/L
	DIN EN ISO 11885	ICP-OES	0.01 mg/L
	DIN 38406-29	ICP-MS	0.0005 mg/L
Total chrome (Cr, total chrome(Cr III))	DIN EN 1233-HA3	Flames/AAS	0.5 mg/L
	DIN EN 1233-HA4	Graphite tube/AAS	2 mg/L
	DIN EN ISO 11885	ICP-OES	0.01 mg/L
	DIN 38406-29	ICP-MS	0.001 mg/L
Chromate (Cr VI) <sup>2,3</sup>	DIN 38405-24	Spectral photometry	0.05 mg/L
	DIN EN ISO 10304-3	Ion chromatography	0.05 mg/L
Cobalt (Co)	DIN 38406-24-1	Flames/AAS	0.2 mg/L
	DIN 38406-24-2	Graphite tube/AAS	2 mg/L
	DIN EN ISO 11885	ICP-OES	0.01 mg/L
	DIN 38406-29	ICP-MS	0.0002 mg/L
Copper (Cu)	DIN 38406-7-1	Flames/AAS	0.1 mg/L
	DIN 38406-7-2	Graphite tube/AAS	2 mg/L
	DIN EN ISO 11885	ICP-OES	0.01 mg/L

	DIN 38406-29	ICP-MS	0.001 mg/L
Molybdenum (Mo)	analogous to DIN EN ISO 5961 DIN EN ISO 11885 DIN 38406-29	Graphite tube/AAS ICP-OES ICP-MS	0.001 mg/L 0.03 mg/L 0.0003 mg/L
Nickel (Ni)	DIN 38406-11-1 DIN 38406-11-2 DIN EN ISO 11885 DIN 38406-29	Flames/AAS Graphite tube/AAS ICP-OES ICP-MS	0.2 mg/L 5 mg/L 2 mg/L 0.001 mg/L
Mercury (Hg)	DIN EN 1483 DIN EN 12383	Cold vapor/AAS Cold vapor/AAS (following amalgam enrichment)	0.0001 mg/L 0.00001 mg/L
Selenium (Se)	DIN 38405-23-2 DIN 38405-23-1 DIN EN ISO 11885 DIN 38406-29	AAS (hydride) Graphite tube/AAS ICP-OES ICP-MS	0.001 mg/L 5 mg/L 0.1 mg/L 0.01 mg/L
Thallium 1 (Tl)	DIN 38406-26 DIN EN ISO 11885 DIN 38406-29	Graphite tube/AAS ICP-OES ICP-MS	5 mg/L 0.1 mg/L 0.001 mg/L
Vanadium (V)	DIN EN ISO 11885 DIN 38406-29	ICP-OES ICP-MS	0.01 mg/L 0.001 mg/L
Zinc (Zn)	E DIN 38406-8 DIN EN ISO 11885 DIN 38406-29	Flames/AAS ICP-OES ICP-MS	0.05 mg/L 0.01 mg/L 0.001 mg/L
Chloride (Cl <sup>-</sup> )	DIN 38405-1 DIN EN ISO 10304-1 DIN EN ISO 10304-4 DIN EN ISO 15682	Photometry Ion chromatography Ion chromatography Flow analysis	10 mg/L 0.1 mg/L 0.1 mg/L 1 mg/L
Total cyanide (total CN <sup>-</sup> )	DIN 38405-13-1, DIN 38405-14-1 DIN EN ISO 14403	Spectral photometry  Flow analysis	0.02 mg/L  0.02 mg/L
Volatile cyanide (CN <sup>-</sup> )	DIN 38405-13-2, DIN 38405-14-2 DIN EN ISO 14403	Spectral photometry Flow analysis	0.02 mg/L  0.02 mg/L
Fluoride (F <sup>-</sup> )	DIN EN ISO 10304-1/-2 DIN 38405-4-1 DIN 38405-4-2	Ion chromatography Fluoride ion selection. Electrode determination following hydrolysis and distillation	0.1 mg/L 0.1 mg/L 0.2 mg/L
Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	DIN 38405-5 DIN EN ISO 10304-1	Gravimetry Ion chromatography	20 mg/L 0.1 mg/L

## Annex 4: Determination methods and lower application limits

### Part 2: Organic substances and substance groups

Parameter	Determination method	Method type	Lower application limit <sup>1</sup>
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) <sup>4</sup>	DIN 38407-18	Hexane extraction, HPLC-FLD	0.005-0.01 µg/L
	ISO FDIS 17993	Hexane extraction, HPLC-FLD	0.005-0.01 µg/L
	DIN 38407-7-1 <sup>5</sup> (screening)	HPTLC	0.04 µg/L
	DIN 38407-7-2 <sup>5</sup> DIN 38409-13-2 <sup>5</sup> (screening)	HPTLC HPLTC	
VHH	DIN EN ISO 10301 (F 4)	Pentane extraction, GC-ECD	0.01-50 µg/L
	DIN EN ISO 15680	Headspace, GC-ECD, purge and trap, GC-ECD or GC-MS	0.1-200 µg/L 0.01-1 µg/L
Chlorethene (vinyl chloride)	DIN 38413-2	GC-FID	5 µg/L
	DIN EN ISO 15680	Purge and trap, GC-ECD or GC-MS	0.02 µg/L
PCB	DIN 38407-2	Fluid extraction, GC-ECD	0.001-0.01 µg/L
	DIN EN ISO 6468 (F 1)	Fluid extraction, GC-ECD	0.001-0.01 µg/L
	DIN 38407-3-1 (indicator substance.)	Hexane extraction, GC-ECD	0.001 µg/l
	DIN 38407-3-2 (peak pattern)	Hexane extraction, GC-ECD	-
	DIN 38407-3-3	Hexane extraction, GC-MS	0.01-0.1 µg/L
Hydrocarbons <sup>6</sup>	DIN EN ISO 9377-2	Extraciton using acetone/naphta/GC-FID	0.1 mg/L
	Overview analysis	Fingerprint identification: GC-FID without quantification	
Alkalised benzene (BTEX)	ISO 11423-1	Steam chamber, GC-FID	5 µg/L
	DIN 38407-9-1	Steam chamber, GC-FID	5 µg/L
	ISO 11423-2	Pentane extraction, GC-FID	5 µg/L
	DIN 38407-9-2	Pentane extraction, GC-FID	5 µg/L
	E DIN EN ISO 15680	Purge and trap, GC-ECD or GC-MS	0.02–0.05 µg/L
MTBE	DIN EN ISO 15680 (must be validated for MTBE)	Purge and trap, GC-FID or GC-MS	0.05 µg/L
	DIN 38 407-9	Steam chamber, GC-MS	1 µg/L
Phenols <sup>2</sup> - monovalente phenoles <sup>7</sup>	(E) ISO 8165-1	Fluid extraction, GC-FID or GC-ECD	0.1 µg/L
	(E) ISO 8165-2	Derivatization, GC-ECD	0.1 µg/L
	analogous to DIN EN 12673 (F 15)	Derivatization, GC-MS	0.1 µg/L

- Phenol index <sup>8</sup>	DIN 38409-16-2 DIN EN ISO 14402 (H 37)	Spectral photometry Flow analysis	10 µg/L 10 µg/L
Nonylphenols	ISO /18857-1	Fluid extraction, GC-MS	0.02 µg/L
Chlorinated phenols	DIN EN 12673 (F 15)	Extractive derivatization using acetane hydride/GC-ECD	0.1 µg/L
Chlorbenzene – Cl <sub>1</sub> -Cl <sub>3</sub> -chlorbenzene – Cl <sub>3</sub> -Cl <sub>6</sub> -chlorbenzene	EN ISO 10301 (F 4)  DIN EN ISO 6468 (F 1) DIN 38407-2	Headspace, GC-ECD Fluid extraction, GC-ECD Fluid extraction, GC-ECD	0.2-0.5 µg/L 0.001-0.01 µg/L 0.001-0.01 µg/L
Epichlorhydrin	DIN EN 14207 (P 9)	Solid phase extraction, GC-MS	0.1 µg/L
Pesticides and biocides -Volatile hydrocarbon organochlorinated pesticide <sup>9</sup>  - Organic N and P compounds <sup>10</sup>  - Phenoxy carbonic acid herbicide  PSM (selection)	DIN EN ISO 6468 (F 1) DIN 38407-2  DIN EN ISO 10695 (F 6) DIN EN ISO 11369 (F 12)  DIN 38407-14, DIN ISO 15913 (F 20)  DIN V 38407-11	Fluid extraction, GC-ECD (GC-MS in some cases as well)  Fluid extraction, GC-PND Solid phase extraction, GC-PND Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD Solid phase extraction, GC-MS Solid phase extraction, GC-MS  Solid phase extraction, HPTLC-AMD	0.001-0.01 µg/L  0.1 – 1 µg/L 0.051 – 0.061 µg/L 0.025 – 0.1 µg/L  0.05 µg/L 0.05 µg/L  0.05 µg/L
Organic tin compounds	DIN 38407-13	Hexane extraction; GC/MS, GC/EPD or GC/AED	0.01 µg/L
Nitropenta (PETN)	DIN 38407-21	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD	0.1 - 0.5 µg/L
2-nitrotoluene	DIN 38407-21  DIN 38407-17	Solid phase extraction., HPLC-UV-DAD  Toluene extraction or solid phase extraction, GC/MS	0.1 - 0.5 µg/L  0.05 µg/L
3-nitrotoluene	DIN 38407-21	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD	0.1 - 0.5 µg/L
4-nitrotoluene	DIN 38407-21  DIN 38407-17	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD  Toluene or solid phase extraction, GC/MS	0.1 - 0.5 µg/L  0.05 µg/L
2-amino-4,6-dinitrotoluene	DIN 38407-21  DIN 38407-17	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD  Toluene or solid phase extraction, GC/MS	0.1 - 0.5 µg/L  0.05 µg/L
4-amino-2,6-dinitrotoluene	DIN 38407-21  DIN 38407-17	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD  Toluene or solid phase extraction, GC/MS	0.1 - 0.5 µg/L  0.05 µg/L

2,4-dinitrotoluene	DIN 38407-21	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD	0.1 - 0.5 µg/L
	DIN 38407-17	Toluene or solid phase	0.05 µg/L
2,6-dinitrotoluene	DIN 38407-21	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD	0.1 - 0.5 µg/L
	DIN 38407-17	Toluene or solid phase	0.05 µg/L
2,4,6-trinitrotoluene	DIN 38407-21	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD	0.1 - 0.5 µg/L
	DIN 38407-17	Toluene or solid phase	0.05 µg/L
Hexogen	DIN 38407-21	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD	0.1 - 0.5 µg/L
2,4,6-trinitrophenol (picric acid)	DIN 38407-21	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD	0.1 - 0.5 µg/L
Nitrobenzene	DIN 38407-17	Toluene or solid phase extraction, GC/MS	0.05 µg/L
1,3,5-trinitrobenzene	DIN 38407-21	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD	0.1 - 0.5 µg/L
1,3-dinitrobenzene	DIN 38407-21	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD	0.1 - 0.5 µg/L
	DIN 38407-17	Toluene or solid phase extraction, GC/MS	0.05 µg/L
Hexanitrodiphenylamin (Hexyl)	DIN 38407-21	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD	0.1 - 0.5 µg/L
Tetryl	DIN 38407-21	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD	0.1 - 0.5 µg/L
Octogen	DIN 38407-21	Solid phase extraction, HPLC-UV-DAD	0.1 - 0.5 µg/L

- 1) The lower application limits, which are substance and matrix dependent, probably have to be corrected upwards for contaminated sites.
- 2) Inasmuch as no standardised procedure is available that would allow for achievement or falling short of the insignificance threshold, a non-standardised procedure must be used. This procedure must also be validated in accordance with the applicable analysis procedure regulations, and the procedure is to be described.
- 3) Consequently, chromate determination should be realised using atomic spectrography following chromatographic isolation of chrome (III).
- 4) In the event of positive findings in the selection test (results > 50 ng/l) using a method such as thin layer chromatography in accordance with DIN 38409-13-2, or if the presence of the substance is suspected for other reasons, specimen extracts are to be investigated at baseline and during the testing period for purposes of identifying (a) technical products containing PAHs; and (b) other industry specific parameters, in both cases via GC-MS screening. The investigation results are to form the basis for determining the method for routine measurements.
- 5) Four PAHs each, in accordance with the Drinking Water Ordinance (Trinkwasserverordnung).
- 6) The hydrocarbon index is to be determined using DIN EN ISO 9377-2 compliant gas chromatography, which allows for cumulative assessments and for identification of individual substances, and for determination of the type of technical product. If individual signals occur in the chromatogram that are usually not observed in petroleum mixtures, iterative cleaning with florisil is to be realised with a view to determining whether the signals are generated by a hydrocarbon. If hydrocarbon signals are detected, the signal intensities must maintain the same ratio to the other hydrocarbons. If the signals taper off proportionally, the florisil cleaning is to be realised iteratively if necessary. Concentrations exceeding 50 mg/L can be quantified gravimetrically in accordance with E DIN EN ISO 9377-1, whereby negative findings resulting from vaporization of the low-boiling component must also be taken into account. This method can also be used for the quantification of high boiling hydrocarbon > C<sub>40</sub>.
- 7) Selected monovalent phenoles.

- 8) If the insignificance threshold for the phenol index is exceeded (see table 3.1.-1), a determination is to be realised for each substance.
- 9) e.g. aldrin, DDT, HCH mixtures.
- 10) Selected organic N and P compounds such as triazine herbicides, phenyl urea herbicides, and organic phosphoric acid derivatives.

---

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΧ**

**«Διαθέσιμα προτύπα ανάλυσης »**

---

ASTM D653-07b	Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids
ASTM D2974-07a	Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils
ASTM D4959-07	Standard Test Method for Determination of Water (Moisture) Content of SOIL By Direct Heating
ASTM D6938-07	Standard Test Methods for In-Place Density and Water Content of Soil and Soil - Aggregate by Nuclear Methods (Shallow Depth)
ASTM D854-06	Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer
ASTM D2434-68(2006)	Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)
ASTM D2487-06	Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
ASTM D2488-06	Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)
ASTM D4253-00(2006)	Standard Test Methods for Maximum Index Density and Unit Weight of Soils Using a Vibratory Table
ASTM D4254-00(2006)	Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density
ASTM D4452-06	Standard Practice for X-Ray Radiography of Soil Samples
ASTM D4647-06	Standard Test Method for Identification and Classification of Dispersive Clay Soils by the Pinhole Test
ASTM D5567-94(2006)	Standard Test Method for Hydraulic Conductivity Ratio (HCR) Testing of Soil /Geotextile Systems
ASTM D6539-00(2006)	Standard Test Method for Measurement of Pneumatic Permeability of Partially Saturated Porous Materials by Flowing Air
ASTM D6572-06	Standard Test Methods for Determining Dispersive Characteristics of Clayey Soils by the Crumb Test
ASTM D6642-01(2006)	Standard Guide for Comparison of Techniques to Quantify the Soil -Water (Moisture) Flux
ASTM D7100-06	Standard Test Method for Hydraulic Conductivity Compatibility Testing of Soils with Aqueous Solutions
ASTM G187-05	Standard Test Method for Measurement of Soil Resistivity Using the Two-Electrode SOIL Box Method
ASTM D2216-05	Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass
ASTM D4221-99(2005)	Standard Test Method for Dispersive Characteristics of Clay Soil by Double Hydrometer
ASTM D4318-05	Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
ASTM D6565-00(2005)	Standard Test Method for Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Time-Domain Reflectometry (TDR) Method
ASTM G162-99(2004)	Standard Practice for Conducting and Evaluating Laboratory Corrosions Tests in Soils
ASTM D1558-99(2004)e1	Standard Test Method for Moisture Content Penetration Resistance Relationships of Fine-Grained Soils
ASTM D2937-04	Standard Test Method for Density of Soil in Place by the Drive-Cylinder Method
ASTM D4944-04	Standard Test Method for Field Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Calcium Carbide Gas Pressure Tester
ASTM D5030-04	Standard Test Method for Density of Soil and Rock in Place by the Water Replacement Method in a Test Pit
ASTM D558-04	Standard Test Methods for Moisture-Density (Unit Weight) Relations of Soil -Cement Mixtures
ASTM D6031-96(2004)	Standard Test Method for Logging In Situ Moisture Content and Density of Soil and Rock by the Nuclear Method in Horizontal, Slanted, and Vertical Access Tubes
ASTM D6913-04e1	Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
ASTM D5084-03	Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter
ASTM D6187-97(2003)	Standard Practice for Cone Penetrometer Technology Characterization of Petroleum Contaminated Sites with Nitrogen Laser-Induced Fluorescence
ASTM D4564-02a	Standard Test Method for Density of Soil in Place by the Sleeve Method
ASTM D5220-02	Standard Test Method for Water Content of Soil and Rock In-Place by the Neutron Depth Probe Method

ASTM D6836-02	Standard Test Methods for Determination of the Soil Water Characteristic Curve for Desorption Using a Hanging Column, Pressure Extractor, Chilled Mirror Hygrometer, and/or Centrifuge
ASTM E1195-01	Standard Test Method for Determining a Sorption Constant (Koc) for an Organic Chemical in Soil and Sediments
ASTM D425-88(2001)	Standard Test Method for Centrifuge Moisture Equivalent of Soils
ASTM D2167-94(2001)	Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Rubber Balloon Method
ASTM D4373-02	Standard Test Method for Rapid Determination of Carbonate Content of Soils
ASTM D4718-87(2001)	Standard Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles
ASTM D4972-01	Standard Test Method for pH of Soils
ASTM D5093-02	Standard Test Method for Field Measurement of Infiltration Rate Using a Double-Ring Infiltrometer with a Sealed-Inner Ring
ASTM D5195-02	Standard Test Method for Density of Soil and Rock In-Place at Depths Below the Surface by Nuclear Methods
ASTM D1241-00	Standard Specification for Materials for Soil -Aggregate Subbase, Base, and Surface Courses
ASTM D1556-00	Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method
ASTM D2325-68(2000)	Standard Test Method for Capillary-Moisture Relationships for Coarse- and Medium-Textured Soils by Porous-Plate Apparatus
ASTM D3152-72(2000)	Standard Test Method for Capillary-Moisture Relationships for Fine-Textured Soils by Pressure-Membrane Apparatus
ASTM D4643-00	Standard Test Method for Determination of Water (Moisture) Content of Soil by the Microwave Oven Method
ASTM D1586-99	Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils
ASTM D4914-99	Standard Test Methods for Density of Soil and Rock in Place by the Sand Replacement Method in a Test Pit
DIN 19683-9:1998	Soil testing in agricultural hydrology - Physical laboratory tests - Determining the water permeability of saturated core samples (FOREIGN STANDARD)
DIN 19683-16:1998	Soil testing in agricultural hydrology - Physical laboratory tests - Determining the aggregate stability by wet sieving (FOREIGN STANDARD)
DIN 19731:1998	Utilization of soil material (FOREIGN STANDARD)
DIN 18125-1:1997	Laboratory tests for determination of soil density (FOREIGN STANDARD)
DIN 19683-13:1997	Soil testing in agricultural hydrology - Physical laboratory tests - Determining the solid matter content, porosity and voids ratio (FOREIGN STANDARD)
DIN 19683-14:1997	Soil testing in agricultural hydrology - Physical laboratory tests - Determining the solid matter content of bog soil (FOREIGN STANDARD)
DIN 19684-7:1998	Soil testing in agricultural hydrology - Chemical laboratory tests for determining the readily soluble iron (II) content (FOREIGN STANDARD)
ISO 11464:2006	Soil quality - Pretreatment of samples for physico-chemical analysis
ISO 11275:2004	Soil quality - Determination of unsaturated hydraulic conductivity and water-retention characteristic - Winds evaporation method
<b>ISO 15175:2004</b>	<i>Soil quality - Characterization of soil related to groundwater protection</i>
ISO 17313:2004	Soil quality - Determination of hydraulic conductivity of saturated porous materials using a flexible wall permeameter
ISO/TS 17892-1:2004	Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 1: Determination of water content
ISO/TS 17892-2:2004	Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 2: Determination of density of fine-grained soil
ISO/TS 17892-3:2004	Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 3: Determination of particle density - Pycnometer method
ISO/TS 17892-4:2004	Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 4: Determination of particle size distribution
ISO/TS 17892-5:2004	Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 5: Incremental loading oedometer test
ISO/TS 17892-6:2004	Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 6: Fall cone test
ISO/TS 17892-7:2004	Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 7: Unconfined compression test on fine-grained soils
ISO/TS 17892-8:2004	Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 8: Unconsolidated undrained triaxial test

ISO/TS 17892-9:2004	Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 9: Consolidated triaxial compression tests on water-saturated soils
ISO/TS 17892-10:2004	Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 10: Direct shear tests
ISO/TS 17892-11:2004	Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 11: Determination of permeability by constant and falling head
ISO/TS 17892-12:2004	Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil - Part 12: Determination of Atterberg limits
ISO 16586:2003	Soil quality - Determination of soil water content as a volume fraction on the basis of known dry bulk density - Gravimetric method
ISO 11277/Cor1:2002	Soil quality - Determination of particle size distribution in mineral soil material - Method by sieving and sedimentation - Corrigendum
ISO 15176:2002	Soil quality -- Characterization of excavated soil and other soil materials intended for re-use
ISO 15709:2002	Soil quality - Soil water and the unsaturated zone - Definitions, symbols and theory
ISO 11461:2001	Soil quality -- Determination of soil water content as a volume fraction using coring sleeves -- Gravimetric method
ISO 11259:1998	Soil quality - Simplified soil description
ISO 11272:1998	Soil quality - Determination of dry bulk density
ISO 11274:1998	Soil quality - Determination of the water- retention characteristic - Laboratory methods
ISO 11277:1998	Soil quality - Determination of particle size distribution in mineral soil material - Method by sieving and sedimentation
ISO 11508:1998	Soil quality - Determination of particle density
ISO 10573:1995	Soil quality - Determination of water content in the unsaturated zone - Neutron depth probe method
ISO 11276:1995	Soil quality - Determination of pore water pressure - Tensiometer method
ISO 11465/Cor1:1994	Corrigendum
ISO 11465:1993	Soil quality - Determination of dry matter and water content on a mass basis - Gravimetric method

### Δειγματοληψία

ASTM D1587-00(2007)e1	Standard Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Soils for Geotechnical Purposes
ASTM D4700-91(2006)	Standard Guide for Soil Sampling from the Vadose Zone
ASTM D5314-92(2006)	Standard Guide for Soil Gas Monitoring in the Vadose Zone
ASTM D6051-96(2006)	Standard Guide for Composite Sampling and Field Subsampling for Environmental Waste Management Activities
ASTM D6169-98(2005)	Standard Guide for Selection of Soil and Rock Sampling Devices Used With Drill Rigs for Environmental Investigations
ASTM D6282-98(2005)	Standard Guide for Direct Push Soil Sampling for Environmental Site Characterizations
ASTM D6640-01(2005)	Standard Practice for Collection and Handling of Soils Obtained in Core Barrel Samplers for Environmental Investigations
ASTM D6907-05e1	Standard Practice for Sampling Soils and Contaminated Media with Hand-Operated Bucket Augers
ASTM D6418-04	Standard Practice for Using the Disposable En Core Sampler for Sampling and Storing Soil for Volatile Organic Analysis
ASTM D5434-03	Standard Guide for Field Logging of Subsurface Explorations of Soil and Rock
ASTM D6044-96(2003)	Standard Guide for Representative Sampling for Management of Waste and Contaminated Media
ASTM D6151-97(2003)	Standard Practice for Using Hollow-Stem Augers for Geotechnical Exploration and Soil Sampling
ASTM D6232-03	Standard Guide for Selection of Sampling Equipment for Waste and Contaminated Media Data Collection Activities
ASTM D6323-98(2003)	Standard Guide for Laboratory Subsampling of Media Related to Waste Management Activities
ASTM D5911-96(2002)e1	Standard Practice for Minimum Set of Data Elements to Identify a Soil Sampling Site
ASTM D3550-01	Standard Practice for Thick Wall, Ring-Lined, Split Barrel, Drive Sampling of Soils
ASTM D4220-95(2000)	Standard Practices for Preserving and Transporting Soil Samples

<b>ISO 10381-1:2002</b>	<i>Soil quality - Sampling - Part 1: Guidance on the design of sampling programmes</i>
<b>ISO 10381-2:2002</b>	<i>Soil quality - Sampling - Part 2: Guidance on sampling techniques</i>
<b>ISO 10381-3:2001</b>	<i>Soil quality - Sampling - Part 3: Guidance on safety</i>

<b>ISO 10381-4:2003</b>	<i>Soil quality - Sampling - Part 4: Guidance on the procedure for investigation of natural, near-natural and cultivated sites</i>
<b>ISO 10381-7:2005</b>	<i>Soil quality - Sampling - Part 7: Guidance on sampling of soil gas</i>
<b>ISO 10381-8:2006</b>	<i>Soil quality - Sampling - Part 8: Guidance on sampling of stockpiles</i>

## Χημικές αναλύσεις

ASTM C1205-07	Standard Test Method for The Radiochemical Determination of Americium-241 in Soil by Alpha Spectrometry
ASTM C1310-01(2007)	Standard Test Method for Determining Radionuclides in Soils by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry Using Flow Injection Preconcentration
ASTM C1507-01(2006)	Standard Test Method for Radiochemical Determination of Strontium-90 in Soil
ASTM E2143-01(2006)e1	Standard Practice for Using Field-Portable Fiber Optics Synchronous Fluorescence Spectrometer for Quantification of Field Samples for Aromatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
ASTM D5143-06	Standard Test Method for Analysis of Nitroaromatic and Nitramine Explosive in Soil by High Performance Liquid Chromatography
ASTM C999-05	Standard Practice for Soil Sample Preparation for the Determination of Radionuclides
ASTM C1000-05	Standard Test Method for Radiochemical Determination of Uranium Isotopes in Soil by Alpha Spectrometry
ASTM C1001-05	Standard Test Method for Radiochemical Determination of Plutonium in Soil by Alpha Spectroscopy
ASTM C1255-93(2005)	Standard Test Method for Analysis of Uranium and Thorium in Soils by Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectroscopy
ASTM C1475-05	Standard Guide for Determination of Neptunium-237 in Soil
ASTM E1727-05	Standard Practice for Field Collection of Soil Samples for Subsequent Lead Determination
ASTM E1913-04	Standard Guide for Conducting Static, Axenic, 14-Day Phytotoxicity Tests in Test Tubes with the Submersed Aquatic Macrophyte, <i>Myriophyllum sibiricum</i> Komarov
ASTM C1387-03	Standard Guide for the Determination of Technetium-99 in Soil
ASTM D4646-03	Standard Test Method for 24-h Batch-Type Measurement of Contaminant Sorption by Soils and Sediments
ASTM D5285-03	Standard Test Method for 24-Hour Batch-Type Measurement of Volatile Organic Sorption by Soils and Sediments
ASTM E1726-01	Standard Practice for Preparation of Soil Samples by Hotplate Digestion for Subsequent Lead Analysis
DIN 19730:1997	Extraction of trace elements in soils using ammonium nitrate solution (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 15192:2007	Characterisation of waste and soil - Determination of Chromium(VI) in solid material by alkaline digestion and ion chromatography with spectrophotometric detection; German version EN 15192:2006 (FOREIGN STANDARD)
ISO 23470:2007	Soil quality - Determination of effective cation exchange capacity (CEC) and exchangeable cations using a hexamminecobalt trichloride solution
ISO 23611-3:2007	Soil quality - Sampling of soil invertebrates - Part 3: Sampling and soil extraction of enchytraeids
ISO 18287:2006	Soil quality - Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) - Gas chromatographic method with mass spectrometric detection (GC-MS)
ISO 22892:2006	Soil quality - Guidelines for the identification of target compounds by gas chromatography and mass spectrometry
ISO 23611-1:2006	Soil quality - Sampling of soil invertebrates - Part 1: Hand-sorting and formalin extraction of earthworms
ISO 23611-2:2006	Soil quality - Sampling of soil invertebrates - Part 2: Sampling and extraction of micro-arthropods (Collembola and Acarina)
ISO 11264:2005	Soil quality - Determination of herbicides - Method using HPLC with UV-detection
ISO 11732:2005	Water quality - Determination of ammonium nitrogen - Method by flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection
ISO 10390:2005	Soil quality - Determination of pH
ISO 14154:2005	Soil quality - Determination of some selected chlorophenols - Gas-chromatographic method with electron-capture detection
ISO 14256-2:2005	Soil quality - Determination of nitrate, nitrite and ammonium in field-moist soils by extraction with potassium chloride solution - Part 2: Automated method with segmented flow analysis

ISO 16720:2005	Soil quality - Pretreatment of samples by freeze-drying for subsequent analysis
ISO 17312:2005	Soil quality - Determination of hydraulic conductivity of saturated porous materials using a rigid-wall permeameter
ISO 19258:2005	Soil quality - Guidance on the determination of background values
ISO 20279:2005	Soil quality - Extraction of thallium and determination by electrothermal atomic absorption spectrometry
ISO 22155:2005	Soil quality - Gas chromatographic quantitative determination of volatile aromatic and halogenated hydrocarbons and selected ethers - Static headspace method
ISO 23753-1:2005	Soil quality - Determination of dehydrogenase activity in soils - Part 1: Method using triphenyltetrazolium chloride (TTC)
ISO 23753-2:2005	Soil quality - Determination of dehydrogenase activity in soils - Part 2: Method using iodotetrazolium chloride (INT)
ISO 15685:2004	Soil quality - Determination of potential nitrification and inhibition of nitrification - Rapid test by ammonium oxidation
ISO 16703:2004	Soil quality - Determination of content of hydrocarbon in the range C10 to C40 by gas chromatography
ISO 16772:2004	Soil quality - Determination of mercury in aqua regia soil extracts with cold-vapour atomic spectrometry or cold-vapour atomic fluorescence spectrometry
ISO 17380:2004	Soil quality - Determination of total cyanide and easily released cyanide - Continuous-flow analysis method
ISO 11262:2003	Soil quality -- Determination of cyanide
ISO/TS 14256-1:2003	Soil quality - Determination of nitrate, nitrite and ammonium in field-moist soils by extraction with potassium chloride solution - Part 1: Manual method
ISO 14507:2003	Soil quality - Pretreatment of samples for determination of organic contaminants
ISO 10382:2002	Soil quality - Determination of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls - Gas-chromatographic method with electron capture detection
ISO 11271:2002	Soil quality - Determination of redox potential - Field method
ISO 14869-2:2002	Soil quality - Dissolution for the determination of total element content - Part 2: Dissolution by alkaline fusion
ISO 15009:2002	Soil quality - Gas chromatographic determination of the content of volatile aromatic hydrocarbons, naphthalene and volatile halogenated hydrocarbons - Purge-and-trap method with thermal desorption
ISO 16072:2002	Soil quality - Laboratory methods for determination of microbial soil respiration
ISO 15473:2002	Soil quality - Guidance on laboratory testing for biodegradation of organic chemicals in soil under anaerobic conditions
ISO 17155:2002	Soil quality - Determination of abundance and activity of soil microflora using respiration curves
ISO 14254:2001	Soil quality - Determination of exchangeable acidity in barium chloride extracts
ISO 14869-1:2001	Soil quality -- Dissolution for the determination of total element content -- Part 1: Dissolution with hydrofluoric and perchloric acids
ISO 14870:2001	Soil quality - Extraction of trace elements by buffered DTPA solution
ISO 15178:2000	Soil quality -- Determination of total sulfur by dry combustion
ISO 13877:1998	Soil quality - Determination of polynuclear aromatic hydrocarbons - Method using high-performance liquid chromatography
ISO 13878:1998	Soil quality - Determination of total nitrogen content by dry combustion (elemental analysis)
ISO 14235:1998	Soil quality - Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation
ISO 14255:1998	Soil quality - Determination of nitrate nitrogen, ammonium nitrogen and total soluble nitrogen in air-dry soil using calcium chloride solution as extractant
ISO 14238:1997	Soil quality - Biological methods - Determination of nitrogen mineralization and nitrification in soils and the influence of chemicals on these processes
ISO 14239:1997	Soil quality - Laboratory incubation systems for measuring the mineralization of organic chemicals in soil under aerobic conditions
ISO 14240-1:1997	Soil quality - Determination of soil microbial biomass - Part 1: Substrate-induced respiration method
ISO 14240-2:1997	Soil quality - Determination of soil microbial biomass - Part 2: Fumigation-extraction method
ISO 11265/Cor1:1996	Corrigendum
ISO 11048:1995	Soil quality - Determination of water-soluble and acid-soluble sulfate
ISO 10693:1995	Soil quality - Determination of carbonate content - Volumetric method
ISO 10694:1995	Soil quality - Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis)
ISO 11261:1995	Soil quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method
ISO 11466:1995	Soil quality - Extraction of trace elements soluble in aqua regia
ISO 13536:1995	Soil quality - Determination of the potential cation exchange capacity and exchangeable cations using barium chloride solution buffered at pH = 8, 1

ISO 11260:1994	Soil quality - Determination of effective cation exchange capacity and base saturation level using barium chloride solution
ISO 11263:1994	Soil quality - Determination of phosphorus - Spectrometric determination of phosphorus soluble in sodium hydrogen carbonate solution
ISO 11265:1994	Soil quality - Determination of the specific electrical conductivity
<b>ISO 11266:1994</b>	<i>Soil quality - Guidance on laboratory testing for biodegradation of organic chemicals in soil under aerobic conditions</i>

## Τοξικότητα

ASTM E1676-04	Standard Guide for Conducting Laboratory Soil Toxicity or Bioaccumulation Tests with the Lumbricid Earthworm <i>Eisenia Fetida</i> and the Enchytraeid Potworm <i>Enchytraeus albidus</i>
ASTM D5660-96(2004)	Standard Test Method for Assessing the Microbial Detoxification of Chemically Contaminated Water and Soil Using a Toxicity Test with a Luminescent Marine Bacterium
ASTM E2172-01	Standard Guide for Conducting Laboratory Soil Toxicity Tests with the Nematode <i>Caenorhabditis elegans</i>

ISO 15952:2006	Soil quality - Effects of pollutants on juvenile land snails (Helicidae) - Determination of the effects on growth by soil contamination
ISO 11269-2:2005	Soil quality - Determination of the effects of pollutants on soil flora - Part 2: Effects of chemicals on the emergence and growth of higher plants
ISO 17126:2005	Soil quality - Determination of the effects of pollutants on soil flora - Screening test for emergence of lettuce seedlings ( <i>Lactuca sativa</i> L.)
ISO 20963:2005	Soil quality - Effects of pollutants on insect larvae ( <i>Oxythyrea funesta</i> ) - Determination of acute toxicity
ISO 22030:2005	Soil quality - Biological methods - Chronic toxicity in higher plants
ISO 16387:2004	Soil quality - Effects of pollutants on Enchytraeidae ( <i>Enchytraeus</i> sp.) - Determination of effects on reproduction and survival
ISO 15799:2003	Soil quality - Guidance on the ecotoxicological characterization of soils and soil materials
ISO 15800:2003	Soil quality - Characterization of soil with respect to human exposure
ISO 11268-3:1999	Soil quality -- Effects of pollutants on earthworms -- Part 3: Guidance on the determination of effects in field situations
ISO 11268-2:1998	Soil quality - Effects of pollutants on earthworms ( <i>Eisenia fetida</i> ) - Part 2: Determination of effects on reproduction
ISO 11267:1999	Soil quality -- Inhibition of reproduction of <i>Collembola</i> ( <i>Folsomia candida</i> ) by soil pollutants
ISO 11268-1:1993	Soil quality - Effects of pollutants on earthworms ( <i>Eisenia fetida</i> ) - Part 1: Determination of acute toxicity using artificial soil substrate
ISO 11269-1:1993	Soil quality - Determination of the effects of pollutants on soil flora - Part 1: Method for the measurement of inhibition of root growth

## Εξυγίανση ρυπασμένων πεδίων

E2531-06	Standard Guide for Development of Conceptual Site Models and Remediation Strategies for Light Nonaqueous-Phase Liquids Released to the Subsurface
E1943-98(2004)	Standard Guide for Remediation of Ground Water by Natural Attenuation at Petroleum Release Sites

**Δειγματοληψία**

ASTM D4309-02(2007)	Standard Practice for Sample Digestion Using Closed Vessel Microwave Heating Technique for the Determination of Total Metals in Water
ASTM D1971-02(2006)	Standard Practices for Digestion of Water Samples for Determination of Metals by Flame Atomic Absorption, Graphite Furnace Atomic Absorption, Plasma Emission Spectroscopy, or Plasma Mass Spectrometry
ASTM D3856-95(2006)	Standard Guide for Good Laboratory Practices in Laboratories Engaged in Sampling and Analysis of Water
ASTM D6001-05	Standard Guide for Direct-Push Water Sampling for Geoenvironmental Investigations
ASTM D3694-96(2004)	Standard Practices for Preparation of Sample Containers and for Preservation of Organic Constituents
ASTM D4841-88(2003)	Standard Practice for Estimation of Holding Time for Water Samples Containing Organic and Inorganic Constituents
ASTM D6301-03	Standard Practice for the Collection of Samples of Filterable and Nonfilterable Matter in Water
ASTM D6771-02	Standard Practice for Low-Flow Purging and Sampling for Wells and Devices Used for Ground-Water Quality Investigations
ASTM D6800-02	Standard Practice for Preparation of Water Samples Using Reductive Precipitation Preconcentration Technique for ICP-MS Analysis of Trace Metals
ISO 19458:2006	Water quality - Sampling for microbiological analysis
<b>ISO 5667-1:2006</b>	<i>Water quality - Sampling - Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques</i>
ISO 5667-5:2006	Water quality - Sampling - Part 5: Guidance on sampling of drinking water from treatment works and piped distribution systems
ISO 5667-6:2005	Water quality - Sampling - Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams
<b>ISO 5667-3:2003</b>	<i>Water quality - Sampling - Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples</i>
<b>ISO 5667-18:2001</b>	<i>Water quality -- Sampling -- Part 18: Guidance on sampling of groundwater at contaminated sites</i>
ISO 5667-17:2000	Water quality -- Sampling -- Part 17: Guidance on sampling of suspended sediments
ISO 5667-15:1999	Water quality -- Sampling -- Part 15: Guidance on preservation and handling of sludge and sediment samples
<b>ISO 5667-14:1998</b>	<i>Water quality - Sampling - Part 14: Guidance on quality assurance of environmental water sampling and handling</i>
ISO 5667-16:1998	Water quality - Sampling - Part 16: Guidance on biotesting of samples
<b>ISO 5667-11:1993</b>	<i>Water quality - Sampling - Part 11: Guidance on sampling of groundwaters</i>
ISO 5667-10:1992	Water quality - Sampling - Part 10: Guidance on sampling of waste waters
ISO 5667-4:1987	Water quality - Sampling - Part 4 : Guidance on sampling from lakes, natural and man-made
ISO 7828:1985	Water quality - Methods of biological sampling - Guidance on handnet sampling of aquatic benthic macro-invertebrates
DIN 38402-11:1995	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - General information (group A) - Sampling of waste water (A 11) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38402-18:1991	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; general information (group A); sampling of water from mineral springs and spas (A 18) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38402-14:1986	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; general information (group A); sampling of untreated water and drinking water (A 14) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38402-15:1986	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; general information (group A); sampling of flowing waters (A 15) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38402-13:1985	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; general information (group A); sampling from aquifers (A 13) (FOREIGN STANDARD)

ΕΛΟΤ EN ISO 19458	2006	Ποιότητα νερού - Δειγματοληψία για μικροβιολογικές αναλύσεις
ΕΛΟΤ EN ISO 5667.03 E2	2004	Ποιότητα νερού - Δειγματοληψία - Μέρος 3: Καθοδήγηση για τη συντήρηση και το χειρισμό δειγμάτων νερού
ΕΛΟΤ EN ISO 5667.16	1999	Ποιότητα νερού - Δειγματοληψία - Μέρος 16: Καθοδήγηση για βιοδοκιμασίες δειγμάτων
ΕΛΟΤ EN ISO 5667.13	1998	Ποιότητα νερού - Δειγματοληψία - Μέρος 13: Καθοδήγηση για τη δειγματοληψία ιλύων από εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού και λυμάτων
ΕΛΟΤ EN 25667.02	1993	Ποιότητα νερού - Δειγματοληψία - Μέρος 2: Οδηγίες τεχνικών δειγματοληψίας
ΕΛΟΤ EN 25667.01	1993	Ποιότητα νερού - Δειγματοληψία - Μέρος 1: Γενικές οδηγίες για το σχεδιασμό προγραμμάτων δειγματοληψίας
ΕΛΟΤ 175	1980	Ποιότητα νερού - Προετοιμασία δείγματος για ανάλυση

### Χαρακτηρισμός

ASTM D7100-06	Standard Test Method for Hydraulic Conductivity Compatibility Testing of Soils with Aqueous Solutions
ASTM D6724-04	Standard Guide for Installation of Direct Push Ground Water Monitoring Wells

### Συλλογή και παρουσίαση στοιχείων

ASTM D5847-02(2007)	Standard Practice for Writing Quality Control Specifications for Standard Test Methods for Water Analysis
ASTM D596-01(2006)	Standard Guide for Reporting Results of Analysis of Water
ASTM D5979-96(2002)	Standard Guide for Conceptualization and Characterization of Ground-Water Systems
ASTM D5981-96(2002)	Standard Guide for Calibrating a Ground-Water Flow Model Application
ASTM D6000-96(2002)	Standard Guide for Presentation of Water-Level Information From Ground-Water Sites
DIN EN 14968:2006	Semantics for groundwater data interchange; German version EN 14968:2006 (FOREIGN STANDARD)

### Περιγραφή - μελέτη

ASTM D5410-93(2007)	Standard Guide for Set of Data Elements to Describe a Ground-Water Site; Part Three-Usage Descriptors
ASTM D5474-93(2006)	Standard Guide for Selection of Data Elements for Ground-Water Investigations
ASTM D5754-95(2006)	Standard Guide for Displaying the Results of Chemical Analyses of Ground Water for Major Ions and Trace Elements-Trilinear Diagrams for Two or More Analyses
ASTM D7045-04	Standard Guide for Optimization of Ground Water Monitoring Constituents for Detection Monitoring Programs for RCRA Waste Disposal Facilities
ASTM D5612-94(2003)	Standard Guide for Quality Planning and Field Implementation of a Water Quality Measurement Program
ASTM E1624-94(2002)	Standard Guide for Chemical Fate in Site-Specific Sediment/Water Microcosms
ASTM D6030-96(2002)	Standard Guide for Selection of Methods for Assessing Ground Water or Aquifer Sensitivity and Vulnerability
ASTM D6036-96(2002)	Standard Guide for Displaying the Results of Chemical Analyses of Ground Water for Major Ions and Trace Elements—Use of Maps
DIN EN 14996:2006	Water quality - Guidance on assuring the quality of biological and ecological assessments in the aquatic environment; German version EN 14996:2006 (FOREIGN STANDARD)
ISO/TS 16489:2006	Water quality - Guidance for establishing the equivalency of results
ISO/TS 20281:2006	Water quality - Guidance on statistical interpretation of ecotoxicity data

### Παρακολούθηση

ASTM D3864-06	Standard Guide for Continual On-Line Monitoring Systems for Water Analysis
---------------	----------------------------------------------------------------------------

ASTM D5851-95(2006)	Standard Guide for Planning and Implementing a Water Monitoring Program
ASTM D5978-96(2005)	Standard Guide for Maintenance and Rehabilitation of Ground-Water Monitoring Wells
ASTM D5092-04e1	Standard Practice for Design and Installation of Ground Water Monitoring Wells

## Χημική ανάλυση

ASTM D1385-07	Standard Test Method for Hydrazine in Water
ASTM D1498-07	Standard Test Method for Oxidation-Reduction Potential of Water
ASTM D2460-07	Standard Test Method for Alpha-Particle-Emitting Isotopes of Radium in Water
ASTM D2791-07	Standard Test Method for On-line Determination of Sodium in Water
ASTM D4691-02(2007)	Standard Practice for Measuring Elements in Water by Flame Atomic Absorption Spectrophotometry
ASTM D6764-02(2007)	Standard Guide for Collection of Water Temperature, Dissolved-Oxygen Concentrations, Specific Electrical Conductance, and pH Data from Open Channels
ASTM D513-06	Standard Test Methods for Total and Dissolved Carbon Dioxide in Water
ASTM D1067-06	Standard Test Methods for Acidity or Alkalinity of Water
ASTM D1252-06	Standard Test Methods for Chemical Oxygen Demand (Dichromate Oxygen Demand) of Water
ASTM D2580-06	Standard Test Method for Phenols in Water by Gas-Liquid Chromatography
ASTM D2777-06	Standard Practice for Determination of Precision and Bias of Applicable Test Methods of Committee D19 on Water
ASTM D3590-02(2006)	Standard Test Methods for Total Kjeldahl Nitrogen in Water
ASTM D4128-06	Standard Guide for Identification and Quantitation of Organic Compounds in Water by Combined Gas Chromatography and Electron Impact Mass Spectrometry
ASTM D4165-06	Standard Test Method for Cyanogen Chloride in Water
ASTM D4374-06	Standard Test Methods for Cyanides in Water-Automated Methods for Total Cyanide, Weak Acid Dissociable Cyanide, and Thiocyanate
ASTM D4763-06	Standard Practice for Identification of Chemicals in Water by Fluorescence Spectroscopy
ASTM D5392-93(2006)	Standard Test Method for Isolation and Enumeration of Escherichia Coli in Water by the Two-Step Membrane Filter Procedure
ASTM D5790-95(2006)	Standard Test Method for Measurement of Purgeable Organic Compounds in Water by Capillary Column Gas Chromatography/Mass Spectrometry
ASTM D7065-06	Standard Test Method for Determination of Nonylphenol, Bisphenol A, p-tert-Octylphenol, Nonylphenol Monoethoxylate and Nonylphenol Diethoxylate in Environmental Waters by Gas Chromatography Mass Spectrometry
ASTM D7283-06	Standard Test Method for Alpha- And Beta- Activity in Water By Liquid Scintillation Counting
ASTM D859-05	Standard Test Method for Silica in Water
ASTM D888-05	Standard Test Methods for Dissolved Oxygen in Water
ASTM D1125-95(2005)	Standard Test Methods for Electrical Conductivity and Resistivity of Water
ASTM D1292-05	Standard Test Method for Odor in Water
ASTM D1293-99(2005)	Standard Test Methods for pH of Water
ASTM D1890-05	Standard Test Method for Beta Particle Radioactivity of Water
ASTM D1943-05	Standard Test Method for Alpha Particle Radioactivity of Water
ASTM D2908-91(2005)	Standard Practice for Measuring Volatile Organic Matter in Water by Aqueous-Injection Gas Chromatography
ASTM D3454-05	Standard Test Method for Radium-226 in Water
ASTM D4129-05	Standard Test Method for Total and Organic Carbon in Water by High Temperature Oxidation and by Coulometric Detection
ASTM D5391-99(2005)	Standard Test Method for Electrical Conductivity and Resistivity of a Flowing High Purity Water Sample
ASTM D5412-93(2005)	Standard Test Method for Quantification of Complex Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Mixtures or Petroleum Oils in Water
ASTM D5543-94(2005)	Standard Test Methods for Low-Level Dissolved Oxygen in Water
ASTM D5788-95(2005)	Standard Guide for Spiking Organics into Aqueous Samples
ASTM D5997-96(2005)	Standard Test Method for On-Line Monitoring of Total Carbon, Inorganic Carbon in Water by Ultraviolet, Persulfate Oxidation, and Membrane Conductivity Detection
ASTM D6581-00(2005)	Standard Test Method for Bromate, Bromide, Chlorate, and Chlorite in Drinking Water by Chemically Suppressed Ion Chromatography
ASTM D7168-05	Standard Test Method for <sup>99</sup> Tc in Water by Solid Phase Extraction Disk
ASTM D512-04	Standard Test Methods for Chloride Ion In Water

ASTM D1179-04	Standard Test Methods for Fluoride Ion in Water
ASTM D3867-04	Standard Test Methods for Nitrite-Nitrate in Water
ASTM D3919-04	Standard Practice for Measuring Trace Elements in Water by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry
ASTM D5241-92(2004)	Standard Practice for Micro-Extraction of Water for Analysis of Volatile and Semi-Volatile Organic Compounds in Water
ASTM D5246-92(2004)	Standard Test Method for Isolation and Enumeration of <i>Pseudomonas aeruginosa</i> from Water
ASTM D5315-04	Standard Test Method for Determination of N-Methyl-Carbamoyloximes and N-Methylcarbamates in Water by Direct Aqueous Injection HPLC with Post-Column Derivatization
ASTM D5316-98(2004)	Standard Test Method for 1,2-Dibromoethane and 1,2-Dibromo-3-Chloropropane in Water by Microextraction and Gas Chromatography
ASTM D5542-04	Standard Test Methods for Trace Anions in High Purity Water by Ion Chromatography
ASTM D6317-98(2004)	Standard Test Method for Low Level Determination of Total Carbon, Inorganic Carbon and Organic Carbon in Water by Ultraviolet, Persulfate Oxidation, and Membrane Conductivity Detection
ASTM D6994-04	Standard Test Method for Determination of Metal Cyanide Complexes in Wastewater, Surface Water, Groundwater and Drinking Water Using Anion Exchange Chromatography with UV Detection
ASTM D511-03	Standard Test Methods for Calcium and Magnesium In Water
ASTM E346-99(2003)e1	Standard Test Method for Analysis of Methanol
ASTM D1253-03	Standard Test Method for Residual Chlorine in Water
ASTM D1426-03	Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen In Water
ASTM D1886-03	Standard Test Methods for Nickel in Water
ASTM D2972-03	Standard Test Methods for Arsenic in Water
ASTM D3859-03	Standard Test Methods for Selenium in Water
ASTM D3082-03	Standard Test Method for Boron In Water
ASTM D3373-03	Standard Test Method for Vanadium in Water
ASTM D3558-03	Standard Test Methods for Cobalt in Water
ASTM D3559-03	Standard Test Methods for Lead in Water
ASTM D3645-03	Standard Test Methods for Beryllium in Water
ASTM D3871-84(2003)	Standard Test Method for Purgeable Organic Compounds in Water Using Headspace Sampling
ASTM D3921-96(2003)e1	Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water
ASTM D3973-85(2003)	Standard Test Method for Low-Molecular Weight Halogenated Hydrocarbons in Water
ASTM D4192-03	Standard Test Method for Potassium in Water by Atomic Absorption Spectrophotometry
ASTM D4327-03	Standard Test Method for Anions in Water by Chemically Suppressed Ion Chromatography
ASTM D4658-03	Standard Test Method for Sulfide Ion in Water
ASTM D5176-91(2003)	Standard Test Method for Total Chemically Bound Nitrogen in Water by Pyrolysis and Chemiluminescence Detection
ASTM D5907-03	Standard Test Method for Filterable and Nonfilterable Matter in Water
ASTM D6239-03	Standard Test Method for Uranium in Drinking Water by High-Resolution Alpha-Liquid-Scintillation Spectrometry
ASTM D6855-03	Standard Test Method for Determination of Turbidity Below 5 NTU in Static Mode
ASTM D6919-03	Standard Test Method for Determination of Dissolved Alkali and Alkaline Earth Cations and Ammonium in Water and Wastewater by Ion Chromatography
ASTM D5175-91(2003)	Standard Test Method for Organohalide Pesticides and Polychlorinated Biphenyls in Water by Microextraction and Gas Chromatography
ASTM D5317-98(2003)e1	Standard Test Method for Determination of Chlorinated Organic Acid Compounds in Water by Gas Chromatography with an Electron Capture Detector
ASTM D5463-03	Standard Guide for Use of Test Kits to Measure Inorganic Constituents in Water
ASTM D6238-98(2003)	Standard Test Method for Total Oxygen Demand in Water
ASTM D858-02	Standard Test Methods for Manganese in Water
ASTM D857-02	Standard Test Method for Aluminum in Water
ASTM D1687-02	Standard Test Methods for Chromium in Water
ASTM D1688-02	Standard Test Methods for Copper in Water
ASTM D1691-02	Standard Test Methods for Zinc in Water
ASTM D3223-02	Standard Test Method for Total Mercury in Water
ASTM D3557-02	Standard Test Methods for Cadmium in Water
ASTM D3697-02	Standard Test Method for Antimony in Water
ASTM D3972-02	Standard Test Method for Isotopic Uranium in Water by Radiochemistry
ASTM D4382-02	Standard Test Method for Barium in Water, Atomic Absorption Spectrophotometry,

ASTM D4412-84(2002)	Graphite Furnace Standard Test Methods for Sulfate-Reducing Bacteria in Water and Water-Formed Deposits
ASTM D5812-96(2002)e1	Standard Test Method for Determination of Organochlorine Pesticides in Water by Capillary Column Gas Chromatography
ASTM E203-01	Standard Test Method for Water Using Volumetric Karl Fischer Titration
ASTM D1068-05e1	Standard Test Methods for Iron in Water
ASTM D4107-98(2002)e1	Standard Test Method for Tritium in Drinking Water
ASTM D5464-93(2001)	Standard Test Methods for pH Measurement of Water of Low Conductivity
ASTM D3372-02	Standard Test Method for Molybdenum in Water
ASTM D3561-02	Standard Test Method for Lithium, Potassium, and Sodium Ions in Brackish Water, Seawater, and Brines by Atomic Absorption Spectrophotometry
ASTM D3865-02	Standard Test Method for Plutonium in Water
ASTM D3866-02	Standard Test Methods for Silver in Water
ASTM D3920-02	Standard Test Method for Strontium in Water
ASTM D4012-81(2002)	Standard Test Method for Adenosine Triphosphate (ATP) Content of Microorganisms in Water
ASTM D4193-02	Standard Test Method for Thiocyanate in Water
ASTM D516-02	Standard Test Method for Sulfate Ion in Water
ASTM D5462-02	Standard Test Method for On-Line Measurement of Low-Level Dissolved Oxygen in Water
ASTM D5475-93(2002)	Standard Test Method for Nitrogen- and Phosphorus-Containing Pesticides in Water by Gas Chromatography with a Nitrogen-Phosphorus Detector
ASTM D5904-02	Standard Test Method for Total Carbon, Inorganic Carbon, and Organic Carbon in Water by Ultraviolet, Persulfate Oxidation, and Membrane Conductivity Detection
ASTM D1783-01	Standard Test Methods for Phenolic Compounds in Water
ASTM D4922-01	Standard Test Method for Determination of Radioactive Iron in Water
ASTM D6697-01	Standard Test Method for Determination for Chemical Oxygen Demand (Manganese III Oxygen Demand) of Water
ASTM D6734-01	Standard Test Method for Low Levels of Coliphages in Water
ASTM D4785-00a	Standard Test Method for Low-Level Iodine-131 in Water
ASTM D5811-00	Standard Test Method for Strontium-90 in Water
ASTM D5072-98	Standard Test Method for Radon in Drinking Water

ISO 17858:2007	Water quality - Determination of dioxin-like polychlorinated biphenyls - Method using gas chromatography/mass spectrometry
ISO 8192:2007	Water quality - Test for inhibition of oxygen consumption by activated sludge for carbonaceous and ammonium oxidation
ISO 16266:2006	Water quality - Detection and enumeration of <i>Pseudomonas aeruginosa</i> - Method by membrane filtration
ISO 17852:2006	Water quality - Determination of mercury - Method using atomic fluorescence spectrometry
ISO 22478:2006	Water quality - Determination of certain explosives and related compounds - Method using high-performance liquid chromatography (HPLC) with UV detection
ISO 22743:2006	Water quality - Determination of sulfates - Method by continuous flow analysis (CFA)
ISO 23631:2006	Water quality - Determination of dalapon, trichloroacetic acid and selected haloacetic acids - Method using gas chromatography (GC-ECD and/or GC-MS detection) after liquid-liquid extraction and derivatization
ISO 23913:2006	Water quality - Determination of chromium(VI) - Method using flow analysis (FIA and CFA) and spectrometric detection
ISO 16240:2005	Water quality - Determination of the genotoxicity of water and waste water - Salmonella/microsome test (Ames test)
ISO 18412:2005	Water quality - Determination of chromium(VI) - Photometric method for weakly contaminated water
ISO 18857-1:2005	Water quality - Determination of selected alkylphenols - Part 1: Method for non-filtered samples using liquid-liquid extraction and gas chromatography with mass selective detection
ISO 20179:2005	Water quality - Determination of microcystins - Method using solid phase extraction (SPE) and high performance liquid chromatography (HPLC) with ultraviolet (UV) detection
ISO 7981-1:2005	Water quality - Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) - Part 1: Determination of six PAH by high-performance thin-layer chromatography with fluorescence detection after liquid-liquid extraction
ISO 7981-2:2005	Water quality - Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) -

	Part 2: Determination of six PAH by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection after liquid-liquid extraction
ISO 16588/Amd1:2004	Water quality - Determination of six complexing agents - Gas-chromatographic method - Amendment 1
ISO 17294-1:2004	Water quality - Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) - Part 1: General guidelines
ISO 17353:2004	Water quality - Determination of selected organotin compounds - Gas chromatographic method
ISO 11733:2004	Water quality - Determination of the elimination and biodegradability of organic compounds in an aqueous medium - Activated sludge simulation test
ISO 18073:2004	Water quality - Determination of tetra- to octa-chlorinated dioxins and furans - Method using isotope dilution HRGC/HRMS
ISO 18749:2004	Water quality - Adsorption of substances on activated sludge - Batch test using specific analytical methods
ISO 18856:2004	Water quality - Determination of selected phthalates using gas chromatography/mass spectrometry
ISO 6878:2004	Water quality - Determination of phosphorus - Ammonium molybdate spectrometric method
ISO 9562:2004	Water quality - Determination of adsorbable organically bound halogens (AOX)
ISO 15586:2003	Water quality - Determination of trace elements using atomic absorption spectrometry with graphite furnace
ISO 15680:2003	Water quality - Gas-chromatographic determination of a number of monocyclic aromatic hydrocarbons, naphthalene and several chlorinated compounds using purge-and-trap and thermal desorption
ISO 15681-1:2003	Water quality - Determination of orthophosphate and total phosphorus contents by flow analysis (FIA and CFA) - Part 1: Method by flow injection analysis (FIA)
ISO 15681-2:2003	Water quality - Determination of orthophosphate and total phosphorus contents by flow analysis (FIA and CFA) - Part 2: Method by continuous flow analysis (CFA)
ISO 15839:2003	Water quality - On-line sensors/analysing equipment for water - Specifications and performance tests
ISO 17294-2:2003	Water quality -- Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) -- Part 2: Determination of 62 elements
ISO 17381:2003	Water quality - Selection and application of ready-to-use test kit methods in water analysis
ISO 5815-1:2003	Water quality - Determination of biochemical oxygen demand after n days (BOD <sub>n</sub> ) - Part 1: Dilution and seeding method with allylthiourea addition
ISO 5815-2:2003	Water quality - Determination of biochemical oxygen demand after n days (BOD <sub>n</sub> ) - Part 2: Method for undiluted samples
ISO 7875-1/Cor1:2003	Water quality - Determination of surfactants - Part 1: Determination of anionic surfactants by the methylene blue spectrometric method -Corrigendum
ISO 14403:2002	Water quality - Determination of total cyanide and free cyanide by continuous flow analysis
ISO 14592-1:2002	Water quality - Evaluation of the aerobic biodegradability of organic compounds at low concentrations - Part 1: Shake-flask batch test with surface water or surface water/sediment suspensions
ISO 14592-2:2002	Water quality - Evaluation of the aerobic biodegradability of organic compounds at low concentrations - Part 2: Continuous flow river model with attached biomass
ISO 15587-1:2002	Water quality - Digestion for the determination of selected elements in water - Part 1: Aqua regia digestion
ISO 15587-2:2002	Water quality - Digestion for the determination of selected elements in water - Part 2: Nitric acid digestion
ISO 15705:2002	Water quality - Determination of the chemical oxygen demand index (ST-COD) - Small-scale sealed-tube method
ISO 16264:2002	Water quality - Determination of soluble silicates by flow analysis (FIA and CFA) and photometric detection
ISO 16588:2002	Water quality - Determination of six complexing agents - Gas-chromatographic method
ISO 17993:2002	Water quality - Determination of 15 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in water by HPLC with fluorescence detection after liquid-liquid extraction
ISO 15061:2001	Water quality -- Determination of dissolved bromate -- Method by liquid chromatography of ions
ISO 6107-3/Amd1:2001	Water quality - Vocabulary - Amendment 1
ISO 6107-8/Amd1:2001	Water quality - Vocabulary - Amendment 1

ISO 8466-2:2001	Water quality - Calibration and evaluation of analytical methods and estimation of performance characteristics - Part 2: Calibration strategy for non-linear second-order calibration functions
ISO 10695:2000	Water quality -- Determination of selected organic nitrogen and phosphorus compounds -- Gas chromatographic methods
ISO 15682:2000	Water quality -- Determination of chloride by flow analysis (CFA and FIA) and photometric or potentiometric detection
ISO 15913:2000	Water quality - Determination of selected phenoxyalkanoic herbicides, including bentazones and hydroxybenzonitriles by gas chromatography and mass spectrometry after solid phase extraction and derivatization
ISO 16590:2000	Water quality -- Determination of mercury -- Methods involving enrichment by amalgamation
ISO 9377-2:2000	Water quality -- Determination of hydrocarbon oil index -- Part 2: Method using solvent extraction and gas chromatography
ISO 14402:1999	Water quality - Determination of phenol index by flow analysis (FIA and CFA)
ISO 14593:1999	Water quality -- Evaluation of ultimate aerobic biodegradability of organic compounds in aqueous medium -- Method by analysis of inorganic carbon in sealed vessels (CO <sub>2</sub> headspace test)
ISO 5666:1999	Water quality -- Determination of mercury
ISO 7027:1999	Water quality -- Determination of turbidity
ISO 8165-2:1999	Water quality -- Determination of selected monovalent phenols -- Part 2: Method by derivatization and gas chromatography
ISO 8245:1999	Water quality -- Guidelines for the determination of total organic carbon (TOC) and dissolved organic carbon (DOC)
ISO 9408:1999	Water quality -- Evaluation of ultimate aerobic biodegradability of organic compounds in aqueous medium by determination of oxygen demand in a closed respirometer
ISO 9439:1999	Water quality -- Evaluation of ultimate aerobic biodegradability of organic compounds in aqueous medium -- Carbon dioxide evolution test
ISO 9888:1999	Water quality -- Evaluation of ultimate aerobic biodegradability of organic compounds in aqueous medium -- Static test (Zahn-Wellens method)
ISO 14911:1998	Water quality - Determination of dissolved Li <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mn <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Sr <sup>2+</sup> and Ba <sup>2+</sup> using ion chromatography - Method for water and waste water
ISO 6341/Cor1:1998	Corrigendum
ISO 9174:1998	Water quality - Determination of chromium - Atomic absorption spectrometric methods
ISO 10301:1997	Water quality - Determination of highly volatile halogenated hydrocarbons - Gas-chromatographic methods
ISO 10304-3:1997	Water quality - Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions - Part 3: Determination of chromate, iodide, sulfite, thiocyanate and thiosulfate
ISO 10304-4:1997	Water quality - Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions - Part 4: Determination of chlorate, chloride and chlorite in water with low contamination
ISO 10703:1997	Water quality - Determination of the activity concentration of radionuclides by high resolution gamma-ray spectrometry
ISO 10708:1997	Water quality - Evaluation in an aqueous medium of the ultimate aerobic biodegradability of organic compounds - Determination of biochemical oxygen demand in a two-phase closed bottle test
ISO 11423-1:1997	Water quality - Determination of benzene and some derivatives - Part 1: Head-space gas chromatographic method
ISO 11423-2:1997	Water quality - Determination of benzene and some derivatives - Part 2: Method using extraction and gas chromatography
ISO 11905-1:1997	Water quality - Determination of nitrogen - Part 1: Method using oxidative digestion with peroxodisulfate
ISO 11923:1997	Water quality - Determination of suspended solids by filtration through glass-fibre filters
ISO 12020:1997	Water quality - Determination of aluminium - Atomic absorption spectrometric methods
ISO 13358:1997	Water quality - Determination of easily released sulfide
ISO 6107-9:1997	Water quality - Vocabulary - Part 9: Alphabetical list and subject index
ISO/TR 11905-2:1997	Water quality - Determination of nitrogen - Part 2: Determination of bound nitrogen, after combustion and oxidation to nitrogen dioxide, chemiluminescence detection
ISO 11885:1996	Water quality - Determination of 33 elements by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy

ISO 11969:1996	Water quality - Determination of arsenic - Atomic absorption spectrometric method (hydride technique)
ISO 13395:1996	Water quality - Determination of nitrite nitrogen and nitrate nitrogen and the sum of both by flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection
ISO 6468:1996	Water quality - Determination of certain organochlorine insecticides, polychlorinated biphenyls and chlorobenzenes - Gas chromatographic method after liquid-liquid extraction
ISO 7875-1:1996	Water quality - Determination of surfactants - Part 1 : Determination of anionic surfactants by measurement of the methylene blue index (MBAS)
ISO 11734:1995	Water quality - Evaluation of the ultimate anaerobic biodegradability of organic compounds in digested sludge - Method by measurement of the biogas production
ISO 10304-2:1995	Water quality - Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions - Part 2: Determination of bromide, chloride, nitrate, nitrite, orthophosphate and sulfate in waste water
ISO 10634:1995	Water quality - Guidance for the preparation and treatment of poorly water-soluble organic compounds for the subsequent evaluation of their biodegradability in an aqueous medium
ISO 10359-2:1994	Water quality - Determination of fluoride - Part 2: Determination of inorganically bound total fluoride after digestion and distillation
ISO 10523:1994	Water quality - Determination of pH
ISO 10566:1994	Water quality - Determination of aluminium - Spectrometric method using pyrocatechol violet
ISO 10707:1994	Water quality - Evaluation in an aqueous medium of the ultimate aerobic biodegradability of organic compounds - Method by analysis of biochemical oxygen demand (closed bottle test)
ISO 11083:1994	Water quality - Determination of chromium(VI) - Spectrometric method using 1, 5-diphenylcarbazide
ISO 5961:1994	Water quality - Determination of cadmium by atomic absorption spectrometry
ISO 7827:1994	Water quality - Evaluation in an aqueous medium of the ultimate aerobic biodegradability of organic compounds - Method by analysis of dissolved organic carbon (DOC)
ISO 7887:1994	Water quality - Examination and determination of colour
ISO 9963-1:1994	Water quality - Determination of alkalinity - Part 1: Determination of total and composite alkalinity
ISO 9963-2:1994	Water quality - Determination of alkalinity - Part 2: Determination of carbonate alkalinity
ISO 6107-3:1993	Water quality - Vocabulary - Part 3
ISO 6107-4:1993	Water quality - Vocabulary - Part 4
ISO 6107-8:1993	Water quality - Vocabulary - Part 8
ISO 8467:1993	Water quality - Determination of permanganate index
ISO 9391:1993	Water quality - Sampling in deep waters for macro-invertebrates - Guidance on the use of colonization, qualitative and quantitative samplers
ISO 9964-1:1993	Water quality - Determination of sodium and potassium - Part 1: Determination of sodium by atomic absorption spectrometry
ISO 9964-2:1993	Water quality - Determination of sodium and potassium - Part 2: Determination of potassium by atomic absorption spectrometry
ISO 9964-3:1993	Water quality - Determination of sodium and potassium - Part 3: Determination of sodium and potassium by flame emission spectrometry
ISO 9965:1993	Water quality - Determination of selenium - Atomic absorption spectrometric method (hydride technique)
ISO 10260:1992	Water quality - Measurement of biochemical parameters - Spectrometric determination of the chlorophyll-a concentration
ISO 10304-1:1992	Water quality - Determination of dissolved fluoride, chloride, nitrite, orthophosphate, bromide, nitrate and sulfate ions, using liquid chromatography of ions - Part 1: Method for water with low contamination
ISO 10359-1:1992	Water quality - Determination of fluoride - Part 1: Electrochemical probe method for potable and lightly polluted water
ISO 10530:1992	Water quality - Determination of dissolved sulfide - Photometric method using methylene blue
ISO 8165-1:1992	Water quality - Determination of selected monovalent phenols - Part 1: Gas chromatographic method after enrichment by extraction
ISO 9696:1992	Water quality - Measurement of gross alpha activity in non-saline water - Thick source method
ISO 9697:1992	Water quality - Measurement of gross beta activity in non-saline water
ISO 9887:1992	Water quality - Evaluation of the aerobic biodegradability of organic compounds in an aqueous medium - Semi-continuous activated sludge

		method (SCAS)
ISO 5814:1990		Water quality - Determination of dissolved oxygen - Electrochemical probe method
ISO 6439:1990		Water quality - Determination of phenol index - 4-Aminoantipyrine spectrometric methods after distillation
ISO 7393-3:1990		Water quality - Determination of free chlorine and total chlorine - Part 3: Iodometric titration method for the determination of total chlorine
ISO 8466-1:1990		Water quality - Calibration and evaluation of analytical methods and estimation of performance characteristics - Part 1: Statistical evaluation of the linear calibration function
ISO 9390:1990		Water quality - Determination of borate - Spectrometric method using azomethine-H
ISO 6060:1989		Water quality - Determination of the chemical oxygen demand
ISO 9698:1989		Water quality - Determination of tritium activity concentration - Liquid scintillation counting method
ISO 6332:1988		Water quality - Determination of iron - Spectrometric method using 1, 10-phenanthroline
ISO 7890-3:1988		Water quality - Determination of nitrate - Part 3 : Spectrometric method using sulfosalicylic acid
ISO 6333:1986		Water quality - Determination of Kjeldahl nitrogen - Method after mineralization with selenium
ISO 7980:1986		Water quality - Determination of calcium and magnesium - Atomic absorption spectrometric method
ISO 8288:1986		Water quality - Determination of cobalt, nickel, copper, zinc, cadmium and lead - Flame atomic absorption spectrometric methods
ISO 7393-1:1985		Water quality - Determination of free chlorine and total chlorine - Part 1: Titrimetric method using N, N-diethyl-1, 4-phenylenediamine
ISO 7393-2:1985		Water quality - Determination of free chlorine and total chlorine - Part 2 : Colorimetric method using N, N-diethyl-1, 4-phenylenediamine, for routine control purposes
ISO 7888:1985		Water quality - Determination of electrical conductivity
ISO 5664:1984		Water quality - Determination of ammonium - Distillation and titration method
ISO 6058:1984		Water quality - Determination of calcium content - EDTA titrimetric method
ISO 6059:1984		Water quality - Determination of the sum of calcium and magnesium - EDTA titrimetric method
ISO 6703-1:1984		Water quality - Determination of cyanide - Part 1 : Determination of total cyanide
ISO 6703-2:1984		Water quality - Determination of cyanide - Part 2 : Determination of easily liberatable cyanide
ISO 6703-3:1984		Water quality - Determination of cyanide - Part 3 : Determination of cyanogen chloride
ISO 6777:1984		Water quality - Determination of nitrite - Molecular absorption spectrometric method
ISO 6778:1984		Water quality - Determination of ammonium - Potentiometric method
ISO 7150-1:1984		Water quality - Determination of ammonium - Part 1 : Manual spectrometric method
ISO 7875-2:1984		Water quality - Determination of surfactants - Part 2 : Determination of non-ionic surfactants using Dragendorff reagent
ISO 5813:1983		Water quality - Determination of dissolved oxygen - Iodometric method
ΕΛΟΤ EN 14996	2006	Ποιότητα νερού - Καθοδήγηση για διασφάλιση της ποιότητας βιολογικών και οικολογικών αξιολογήσεων στο υδάτινο περιβάλλον
ΕΛΟΤ EN 15204	2006	Ποιότητα νερού - Πρότυπο καθοδήγησης για την αρίθμηση φυτοπλακτού με τη χρήση αντεστραμμένης μικροσκοπίας (τεχνική Utermohl)
ΕΛΟΤ EN 1622 E2	2006	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός του κατωφλίου οσμής (TON) και του κατωφλίου γεύσης (TFN)
ΕΛΟΤ EN ISO 18412	2006	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός χρωμίου (VI) - Φωτομετρική μέθοδος για νερά με ελαφρά ρύπανση
ΕΛΟΤ EN ISO 18857.01	2006	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός επιλεγμένων αλκυφαινολών - Μέρος 1: Μέθοδος μη διηθημένων δειγμάτων χρησιμοποιώντας εκχύλιση υγρού-υγρού και αέριας χρωματογραφίας με επιλεκτική ανίχνευση μάζας
ΕΛΟΤ EN ISO 22478	2006	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ορισμένων εκρηκτικών και σχετικών συστατικών - Μέθοδος με τη χρήση υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC) με ανίχνευση UV

ΕΛΟΤ EN ISO 23631	2006	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός dalapon, τριχλωροοξικού οξέος και επιλεγμένων αλογονοοξικών οξέων - Μέθοδος με χρήση αέριας χρωματογραφίας (ανίχνευση GC-ECD ή/και GC-MS) μετά από εκχύλιση υγρού-υγρού και παραγωγοποίηση
ΕΛΟΤ EN 14486	2005	Ποιότητα νερού - Ανίχνευση ανθρωπίνων εντεροϊών με τη μέθοδο καταμέτρησης πλακών σε κυτταρική μονοστοιβάδα
ΕΛΟΤ EN ISO 14593	2005	Ποιότητα νερού - Εκτίμηση της τελικής αερόβιας βιοδιασπασιμότητας των οργανικών ενώσεων σε υδατικό περιβάλλον - Μέθοδος ανάλυσης ανόργανου άνθρακα σε σφραγισμένα δοχεία (δοκιμή CO <sub>2</sub> υπερκείμενου χώρου)
ΕΛΟΤ EN 14614	2005	Ποιότητα νερού - Πρότυπο καθοδήγησης για αξιολόγηση των υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών των ποταμών
ΕΛΟΤ EN ISO 6588:2003/A1	2005	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός έξι παραγόντων που σχηματίζουν σύμπλοκα - Μέθοδος αέριας χρωματογραφίας
ΕΛΟΤ EN 872 E2	2005	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός αιωρούμενων στερεών - Μέθοδος με διήθηση δια μέσου φίλτρων από υαλοϋφασμα
ΕΛΟΤ EN ISO 11732 E2	2005	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός αμμωνιακού αζώτου - Μέθοδος συνεχούς ή διακοπτόμενης ροής (CFA και FIA) και φασματομετρική ανίχνευση
ΕΛΟΤ EN ISO 15681.01	2005	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός περιεκτικότητας σε ορθοφωσφορικά και ολικό φώσφορο με ανάλυση ροής (FIA και CFA) - Μέρος 1: Μέθοδος ανάλυσης υγρού
ΕΛΟΤ EN ISO 15681.02	2005	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός περιεκτικότητας σε ορθοφωσφορικά και ολικό φώσφορο με ανάλυση ροής (FIA και CFA) - Μέρος 2: Μέθοδος ανάλυσης με συνεχή ροή
ΕΛΟΤ EN ISO 17294.02	2005	Ποιότητα νερού - Εφαρμογή του επαγωγικά συνεζευγμένου πλάσματος με φασματομετρία μάζας (ICP-MS) - Μέρος 2: Προσδιορισμός 62 στοιχείων
ΕΛΟΤ EN ISO 17353	2005	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός επιλεγμένων οργανοκασιτερικών ενώσεων - Μέθοδος με αέρια χρωματογραφία
ΕΛΟΤ EN ISO 18856	2005	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός επιλεγμένων φθαλικών με τη χρήση αέριας χρωματογραφίας/φασματομετρίας μαζών
ΕΛΟΤ EN ISO 9562	2005	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός προσροφήσιμου οργανικά ενωμένου αλογόνου (AOX)
ΕΛΟΤ EN 12260	2004	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός αζώτου - Προσδιορισμός του ενωμένου αζώτου (TNb), κατόπιν οξειδωσης σε οξείδια αζώτου
ΕΛΟΤ EN 14184	2004	Ποιότητα νερού - Πρότυπο καθοδήγησης για την επισκόπηση υδρόβιων μακροφυτών σε ρέοντα ύδατα
ΕΛΟΤ EN ISO 15680	2004	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός με αέρια χρωματογραφία ορισμένου αριθμού μονοκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων, ναφθαλενίου και αρκετών χλωριωμένων ενώσεων, με τη χρήση απαερίωσης και παγίδευσης καθώς και θερμικής εκρόφησης
ΕΛΟΤ EN ISO 16264	2004	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός των διαλυτών πυριτικών με ανάλυση ροής (FIA και CFA) και φωτομετρική ανίχνευση
ΕΛΟΤ EN ISO 16588	2004	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός έξι παραγόντων που σχηματίζουν σύμπλοκα - Μέθοδος με αέρια χρωματογραφία
ΕΛΟΤ EN ISO 17993	2004	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός 15 πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (ΠΑΥ) σε νερό με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης με ανίχνευση φθορισμού μετά από εκχύλιση υγρού-υγρού
ΕΛΟΤ EN ISO 17994	2004	Ποιότητα νερού - Κριτήρια για την θεμελίωση ισοδυναμίας μεταξύ μικροβιολογικών μεθόδων
ΕΛΟΤ EN ISO 6878	2004	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός φωσφορικών - Φασματομετρική μέθοδος μολυβδαινικού αμμωνίου
ΕΛΟΤ EN 14207	2003	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός επιχλωρυδρίνης
ΕΛΟΤ EN ISO 15586	2003	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ιχνοστοιχείων με φασματομετρία ατομικής απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
ΕΛΟΤ ENV ISO 13843	2003	Ποιότητα νερού - Καθοδήγηση για την επικύρωση των μικροβιολογικών μεθόδων
ΕΛΟΤ EN ISO 15913	2003	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός επιλεγμένων φαινοξυαλκανικών ζιζανιοκτόνων συμπεριλαμβανομένων των bentazones και υδροξυβενζονιτριλίων με αέρια χρωματογραφία και φασματομετρία μάζας μετά από εκχύλιση στερεάς φάσης και παραγωγοποίηση

ΕΛΟΤ EN ISO 17495	2003	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός επιλεγμένων νιτροφαινολών - Μέθοδος εκχύλισης στερεάς φάσης και αέριας χρωματογραφίας με φασματομετρική ανίχνευση μάζας
ΕΛΟΤ EN 13506	2002	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός υδραργύρου με ατομική φασματομετρία φθορισμού
ΕΛΟΤ EN ISO 10705.02	2002	Ποιότητα νερού - Ανίχνευση και αρίθμηση των βακτηριοφάγων - Μέρος 2: Αρίθμηση σωματικών κολιφάγων
ΕΛΟΤ EN ISO 10705.01	2002	Ποιότητα νερού - Ανίχνευση και αρίθμηση των βακτηριοφάγων - Μέρος 1: Αρίθμηση ειδικών βακτηριοφάγων F- RNA
ΕΛΟΤ EN ISO 14403	2002	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ολικών και ελευθέρων κυανιούχων με ανάλυση συνεχούς ροής
ΕΛΟΤ EN ISO 15587.01	2002	Ποιότητα νερού - Χώνευση για τον προσδιορισμό επιλεγμένων στοιχείων στο νερό - Μέρος 1: Χώνευση με βασιλικό νερό
ΕΛΟΤ EN ISO 15587.02	2002	Ποιότητα νερού - Χώνευση για τον προσδιορισμό επιλεγμένων στοιχείων στο νερό - Μέρος 2: Χώνευση με νιτρικό οξύ
ΕΛΟΤ EN ISO 15061	2001	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός διαλελυμένων βρομικών - Μέθοδος με ιοντική χρωματογραφία σε υγρή φάση
ΕΛΟΤ EN ISO 15682	2001	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός χλωριούχων με ανάλυση ροής (CFA και FIA) και φωτομετρική ή πομπειομετρική ανίχνευση
ΕΛΟΤ EN ISO 7899.02	2001	Ποιότητα νερού - Ανίχνευση και απαρίθμηση εντερόκοκκων - Μέρος 2 : Μέθοδος διήθησης από μεμβράνη
ΕΛΟΤ EN ISO 9377.02	2001	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός δείκτη υδρογονανθράκων πετρελαίου - Μέρος 2: Μέθοδος εκχύλισης με διαλύτη και αέρια χρωματογραφία
ΕΛΟΤ EN ISO 9308.01	2001	Ποιότητα νερού - Ανίχνευση και καταμέτρηση κολοβακτηριοειδών και Escherichia coli - Μέρος 1 : Μέθοδος διήθησης από μεμβράνες
ΕΛΟΤ EN ISO 10304.04	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ανιόντων σε διάλυμα με υγρή χρωματογραφία ιόντων - Μέρος 4 : Προσδιορισμός χλωρικών, χλωριούδων και χλωριωδών σε νερό με χαμηλή μόλυνση
ΕΛΟΤ EN ISO 10695	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός επιλεγμένων οργανικών ενώσεων αζώτου και φωσφόρου - Αεριοχρωματογραφικές μέθοδοι
ΕΛΟΤ EN ISO 10707	2000	Ποιότητα νερού - Εκτίμηση της μεγίστης αερόβιας βιοδιασπασιμότητας των οργανικών ενώσεων σε υδάτινο περιβάλλον - Μέθοδος με ανάλυση του απαιτούμενου βιοχημικού οξυγόνου (μέθοδος κλειστής φιάλης)
ΕΛΟΤ EN ISO 11885	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός 33 στοιχείων με φασματοσκοπία ατομικής εκπομπής με σύζευξη πλάσματος δια επαγωγής
ΕΛΟΤ EN ISO 12020	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός αργιλίου - Φασματομετρικές μέθοδοι ατομικής απορρόφησης
ΕΛΟΤ EN ISO 14402	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός δείκτη φαινόλης με ανάλυση ροής (FIA και CFA)
ΕΛΟΤ EN ISO 14911	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός των διαλυτοποιημένων Li, Na, NH <sub>4</sub> , K, Mn, Ca, Mg, Sr and Ba χρησιμοποιώντας ιοντική χρωματογραφία - Μύθοδος για νερό και υγρά απόβλητα
ΕΛΟΤ EN ISO 7027	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός της θολότητας
ΕΛΟΤ EN ISO 7393.01	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ελεύθερου και ολικού χλωρίου - Μέρος 1: Ογκομετρική μέθοδος με χρήση N,N-διαίθυλ-1,4-φαινυλενοδιαμίνης
ΕΛΟΤ EN ISO 7393.03	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ελεύθερου και ολικού χλωρίου - Μέρος 3: Ιωδιομετρική ογκομετρική μέθοδος για τον προσδιορισμό ολικού χλωρίου
ΕΛΟΤ EN ISO 7393.02	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ελεύθερου και ολικού χλωρίου - Μέρος: 2 : Ογκομετρική μέθοδος με χρήση N,N-διαίθυλ-1,4-φαινυλενοδιαμίνης για σκοπούς συνήθους ελέγχου
ΕΛΟΤ EN ISO 7899.01	2000	Ποιότητα νερού - Ανίχνευση και καταμέτρηση εντεροκόκκων εντερικής προέλευσης σε επιφανειακά νερά και απόβλητα - Μέρος 1: Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων με χρήση μικροπλάκων με εμβολιασμό σε υγρό υπόστρωμα
ΕΛΟΤ EN ISO 7980	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ασβεστίου και μαγνησίου - Φασματομετρική μέθοδος ατομικής απορρόφησης
ΕΛΟΤ EN ISO 9308.03 + AC	2000	Ποιότητα νερού - Ανίχνευση και καταμέτρηση της Escherichia coli και κολοβακτηριοειδών σε επιφανειακά νερά και απόβλητα - Μέρος 3: Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων με χρήση μικροπλάκων με εμβολιασμό σε υγρό υπόστρωμα

ΕΛΟΤ EN ISO 9408	2000	Ποιότητα νερού - Αξιολόγηση της μέγιστης αερόβιας βιοδιασπασιμότητας των οργανικών ενώσεων σε υδάτινο περιβάλλον, για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου οξυγόνου σε κλειστό αναπνεόμετρο
ΕΛΟΤ EN ISO 9439	2000	Ποιότητα νερού - Αξιολόγηση της αερόβιας βιοδιασπασιμότητας σε άπειρο χρόνο των οργανικών ενώσεων σε υδάτινο περιβάλλον - Μέθοδος εκλυομένου διοξειδίου του άνθρακα
ΕΛΟΤ EN ISO 9888	2000	Ποιότητα νερού - Αξιολόγηση της μέγιστης αερόβιας βιοδιασπασιμότητας των οργανικών ενώσεων σε υδάτινο περιβάλλον - Στατική δοκιμή ( Μέθοδος Zahn-Wellens)
ΕΛΟΤ EN ISO 6222	2000	Ποιότητα νερού - Καταμέτρηση καλλιεργήσιμων μικρο-οργανισμών - Μέτρηση αποικιών με εμβολιασμό σε θρεπτικό υλικό "agar"
ΕΛΟΤ EN ISO 11905.01	1998	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός αζώτου - Μέρος 1: Μέθοδος οξειδωτικής χώνευσης με υπερθειικό
ΕΛΟΤ EN 1233	1997	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός χρωμίου - Φασματοφωτομετρική μέθοδος ατομικής απορρόφησης
ΕΛΟΤ EN 1483	1997	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός υδραργύρου
ΕΛΟΤ EN 1484	1997	Ανάλυση νερού - Κατευθυντήριες γραμμές για τον προσδιορισμό του ολικού οργανικού άνθρακα (TOC) και του διαλυμένου οργανικού άνθρακα (DOC)
ΕΛΟΤ EN ISO 10301	1997	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός αλογονωμένων υδρογονανθράκων μεγάλης πτητικότητας - Μέθοδοι με αέρια χρωματογραφία
ΕΛΟΤ EN ISO 10304.03	1997	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός διαλυμένων ανιόντων με υγρή χρωματογραφία ιόντων - Μέρος 3: Προσδιορισμός χρωμικών, ιωδιούχων, θειωδών, θειοκυανικών και θειοθειικών
ΕΛΟΤ EN ISO 10304.02	1997	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός των διαλυμένων ανιόντων με υγρή χρωματογραφία ιόντων - Μέρος 2: Προσδιορισμός βρωμιούχων, χλωριούχων, νιτρικών, νιτρωδών, ορθοφωσφορικών και θειικών σε υγρά απόβλητα
ΕΛΟΤ EN ISO 11369	1997	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός επιλεγμένων ουσιών φυτοπροστασίας - Μέθοδος υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης με ανιχνευτή UV μετά από εκχύλιση στερεού-υγρού
ΕΛΟΤ EN ISO 11969	1997	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός αρσενικού - Φασματομετρική μέθοδος ατομικής απορρόφησης (τεχνική υδριδίων)
ΕΛΟΤ EN ISO 13395	1997	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός αζώτου νιτρωδών, αζώτου νιτρικών και του αθροίσματος αυτών με ανάλυση ροής (CFA και FIA) και φασματοφωτομετρική ανίχνευση
ΕΛΟΤ EN ISO 6468	1997	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ορισμένων οργανοχλωριωμένων εντομοκτόνων, πολυχλωριωμένων διφαινυλίων και χλωροβενζολίων - Μέθοδος με αέρια χρωματογραφία μετά από εκχύλιση υγρού-υγρού
ΕΛΟΤ 947.01 E2	1996	Ποιότητα νερού - Ανίχνευση και αρίθμηση κοπρανών στρογγυλών στρεπτόκοκκων - Μέρος 1: Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων με εμπλουτισμό σε υγρό θρεπτικό υλικό
ΕΛΟΤ 947.02 E2	1996	Ποιότητα νερού - Ανίχνευση και αρίθμηση κοπρανών στρογγυλών στρεπτόκοκκων - Μέρος 2: Μέθοδος διήθησης από μεμβράνη
ΕΛΟΤ EN ISO 10634	1996	Ποιότητα νερού - Κατευθυντήριες οδηγίες για την παρασκευή και την επεξεργασία των ελάχιστα υδατοδιαλυτών οργανικών ενώσεων με προοπτική την αξιολόγηση της βιοδιασπασιμότητάς τους σε υδατικό περιβάλλον
ΕΛΟΤ EN ISO 7827	1996	Ποιότητα νερού - Αξιολόγηση της μέγιστης αερόβιας βιοδιασπασιμότητας των οργανικών ενώσεων σε υδατικό μέσο - Μέθοδος με ανάλυση του διαλυμένου οργανικού άνθρακα (DOC)
ΕΛΟΤ EN ISO 9963.01	1996	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός αλκαλικότητας - Προσδιορισμός ολικής και σύνθετης αλκαλικότητας
ΕΛΟΤ EN ISO 9963.02	1996	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός αλκαλικότητας - Μέρος 2: Προσδιορισμός αλκαλικότητας σε ανθρακικά
ΕΛΟΤ EN 27027	1995	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός θολότητας
ΕΛΟΤ EN ISO 10304.01	1995	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός διαλυμένων φθοριούχων, χλωριούχων, νιτρωδών, ορθοφωσφορικών, βρωμιούχων, νιτρικών και θειικών ιόντων με υγρή χρωματογραφία ιόντων - Μέρος 1 : Μέθοδος για νερό με χαμηλή επιβάρυνση
ΕΛΟΤ EN ISO 5961	1995	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός καδμίου με φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης

ΕΛΟΤ EN ISO 7887	1995	Ποιότητα νερού - Εξέταση και προσδιορισμός χρώματος
ΕΛΟΤ EN ISO 8192	1995	Ποιότητα νερού - Δοκιμή αναστολής της κατανάλωσης οξυγόνου από την ενεργό ιλύ
ΕΛΟΤ EN ISO 8467	1995	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός δείκτη υπερμαγγανικών
ΕΛΟΤ EN ISO 9509	1995	Ποιότητα νερού - Μέθοδος για την αξιολόγηση της αναστολής της νιτροποίησης των μικροοργανισμών της ενεργού ίλως από χημικές ουσίες και απόνερα
ΕΛΟΤ EN ISO 9887	1995	Ποιότητα νερού - Αξιολόγηση της αερόβιας βιοδιασπασιμότητας των οργανικών ενώσεων σε υδάτινο περιβάλλον - Ασυνεχής μέθοδος ενεργού ιλός
ΕΛΟΤ EN 25813	1994	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός του διαλελυμένου οξυγόνου - Ιωδιομετρική μέθοδος
ΕΛΟΤ EN 25814	1994	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός του διαλελυμένου οξυγόνου - Ηλεκτροχημική μέθοδος ανίχνευσης
ΕΛΟΤ EN 26595	1994	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ολικού αρσενικού - Σπεκτροφωτομετρική μέθοδος με διαιθυλοδιθειοκαρβαμιδικό άργυρο
ΕΛΟΤ EN 25663	1993	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός αζώτου κατά Kjeldahl - Μέθοδος χώνευσης με σελήνιο
ΕΛΟΤ EN 26461.02	1993	Ποιότητα νερού - Ανίχνευση και αρίθμηση σπόρων θειο-αναγωγικών αναεροβίων μικροβίων (κλωστηριδίων) - Μέρος 2: Μέθοδος διήθησης από μεμβράνες
ΕΛΟΤ EN 26461.01	1993	Ποιότητα νερού - Ανίχνευση και αρίθμηση σπόρων θειο-αναγωγικών αναεροβίων μικροβίων (κλωστηριδίων) - Μέρος 1: Μέθοδος εμπλουτισμού σε υγρό θρεπτικό υλικό
ΕΛΟΤ EN 26777	1993	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός νιτρικών - Φασματοφωτομετρική μέθοδος μοριακής απορρόφησης
ΕΛΟΤ EN 27888	1993	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ηλεκτρικής αγωγιμότητας
ΕΛΟΤ EN 28692	1993	Ποιότητα νερού - Δοκιμή αναστολής ανάπτυξης αλγών με <i>Scenedesmus subspicatus</i> και <i>selenastrum capricornutum</i> στο γλυκό νερό
ΕΛΟΤ EN 29408	1993	Ποιότητα νερού - Αξιολόγηση της αερόβιας βιοδιασπασιμότητας σε "άπειρο χρόνο" των οργανικών ενώσεων σε υδάτινο περιβάλλον - Μέθοδος προσδιορισμού του απαιτούμενου οξυγόνου σε κλειστό αναπνεόμετρο
ΕΛΟΤ 1108.02	1990	Ποιότητα νερού - Ανίχνευση και αρίθμηση της ψευδομονάδας <i>aeruginosa</i> - Μέρος 2: Μέθοδος διήθησεως μεμβράνων
ΕΛΟΤ 1108.01	1990	Ποιότητα νερού - Ανίχνευση και αρίθμηση ψευδομονάδας <i>aeruginosa</i> - Μέρος 1: Μέθοδος δι' εμπλουτισμού σε υγρό θρεπτικό υλικό
ΕΛΟΤ 690	1988	Ποιότητα νερού - Ογκομετρική μέθοδος προσδιορισμού του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα
ΕΛΟΤ 691	1988	Ποιότητα νερού - Φωτομετρική μέθοδος προσδιορισμού των πυριτικών με μολυβδενικό αμμώνιο
ΕΛΟΤ 528	1986	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός φωσφόρου στο νερό και τα απόβλητα
ΕΛΟΤ 662	1986	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός οσμής (κατώφλι της οσμής)
ΕΛΟΤ 672	1986	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ολικού αζώτου κατά KJELDAHL
ΕΛΟΤ 827	1986	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός της οξειδωσιμότητας (κατανάλωση σε $\text{KMnO}_4$ )
ΕΛΟΤ 851	1986	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός θολότητας με το θολόμετρο Jackson
ΕΛΟΤ 894	1986	Ποιότητα νερού - Μικροβιολογικές εξετάσεις - Απαρίθμηση μικροοργανισμών που αναπτύσσονται σε 22°C - Μέθοδος ενσωμάτωσης σε ΑΓΑΡ
ΕΛΟΤ 895	1986	Ποιότητα νερού - Μικροβιολογικές εξετάσεις - Απαρίθμηση μικροοργανισμών που αναπτύσσονται σε 37°C - Μέθοδος ενσωμάτωσης σε ΑΓΑΡ
ΕΛΟΤ 529	1985	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός των συνολικών και πτητικών αιωρούμενων στερεών
ΕΛΟΤ 881	1984	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός υδρογονανθράκων φασματοφωτομετρική μέθοδος υπέρυθρου ακτινοβολίας
ΕΛΟΤ 882	1984	Ποιότητα νερού - Υπολειμματικό χλώριο - Φασματομετρική μέθοδος DPD.
ΕΛΟΤ 883	1984	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός θειικών αλάτων με την μέθοδο του μπλέ του μεθυλενίου και με την ογκομετρική μέθοδο
ΕΛΟΤ 357	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD)

ΕΛΟΤ 452	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός συνολικού υδραργύρου με φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης δίχως φλόγα - (μετά από χώνευση της οργανικής ύλης με διάλυμα υπερμαγγανικών - υπερθειικών ιόντων)
ΕΛΟΤ 479	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός των κυανιούχων στο νερό
ΕΛΟΤ 530	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός σιδήρου στο νερό και στα απόβλητα
ΕΛΟΤ 533	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός δείκτη φαινόλης - Μέθοδος 4-Αμινοαντιπυρίνης μετά από απόσταξη
ΕΛΟΤ 545	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός της περιεκτικότητας του νερού σε αμμωνιακό άζωτο
ΕΛΟΤ 608	1983	Ποιότητα νερού - Καθιζάνοντα στερεά
ΕΛΟΤ 610	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ολικού αδιάλυτου υπολείμματος
ΕΛΟΤ 645	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός λιπών και ελαίων (σταθμική μέθοδος)
ΕΛΟΤ 657	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός χρώματος
ΕΛΟΤ 658	1983	Ποιότητα νερού - Ηλεκτρομετρικός προσδιορισμός του pH
ΕΛΟΤ 659	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός θολότητας - Νεφελομετρική μέθοδος
ΕΛΟΤ 666	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός χλωριόντων - Αργυρομετρική μέθοδος
ΕΛΟΤ 667	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός θερμοκρασίας
ΕΛΟΤ 669	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός των θειικών ιόντων - Θολομετρική μέθοδος
ΕΛΟΤ 670	1983	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός αζώτου λευκωματοειδών
ΕΛΟΤ 319	1982	Προσδιορισμός νερού - Μέθοδος KARL FISCHER ( Γενική μέθοδος )
ΕΛΟΤ 674	1982	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός οξύτητας
ΕΛΟΤ 692	1982	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ουσιών ενεργών με μπλε του μεθυλενίου - Χρωματομετρική μέθοδος
ΕΛΟΤ 818	1982	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός ολικού οργανικού άνθρακα (T.O.C.) - Μέθοδος καύσεως υπερύθρου φασματοσκοπίας
ΕΛΟΤ 828	1982	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός φθοριόντων - Χρωματομετρική μέθοδος Spadns μετά από απόσταξη Bellack
ΕΛΟΤ 675	1981	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός αλκαλικότητας
ΕΛΟΤ 726	1981	Ποιότητα αέρα - Προσδιορισμός της συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων- Σταθμική μέθοδος (H-V)
ΕΛΟΤ 170	1980	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός συνολικής περιεκτικότητας ασβεστίου και μαγνησίου (ολικής σκληρότητας)
ΕΛΟΤ 174	1980	Ποιότητα νερού - Χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (COD) - Μέθοδος διχρωμικού
ΕΛΟΤ 236	1980	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd και Pd με φασματοφωτομετρία ατομικής απορροφήσεως με φλόγα
ΕΛΟΤ 237	1980	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd και Pd σε αραιά διαλύματα με φασματοφωτομετρία ατομικής απορροφήσεως με φλόγα
ΕΛΟΤ 257	1979	Ποιότητα νερού - Ορολογία
ΕΛΟΤ 358	1979	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός μολύβδου
ΕΛΟΤ 359	1979	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός καδμίου με ατομική απορρόφηση
ΕΛΟΤ 169	1978	Ποιότητα νερού - Χημικός προσδιορισμός ασβεστίου
ΕΛΟΤ 171	1978	Ποιότητα νερού - Πίνακες διαλυτότητας οξυγόνου

DIN EN 15002:2006	Characterization of waste - Preparation of test portions from the laboratory sample; German version EN 15002:2006 (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 15204:2006	Water quality - Guidance standard on the enumeration of phytoplankton using inverted microscopy (Uterm"hl technique); German version EN 15204:2006 (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 1622:2006	Water quality - Determination of the threshold odour number (TON) and threshold flavour number (TFN); German version EN 1622:2006 (FOREIGN STANDARD)
DIN 38409-7:2005	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - General measures of effects and substances (group H) - Part 7: Determination of acid and base capacity (H 7) (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 872:2005	Water quality - Determination of suspended solids - Method by filtration through glass fibre filters (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 12260:2003	Water quality - Determination of nitrogen - Determination of bound nitrogen (TN<(Index)b>), following oxidation to nitrogen oxides (FOREIGN

	STANDARD)
DIN 38402-45:2003	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - General information (group A) - Part 45: Laboratory proficiency testing by interlaboratory comparisons (A 45) (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 14207:2003	Water quality - Determination of epichlorohydrin (FOREIGN STANDARD)
DIN 38402-71:2002	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - General information (group A) - Part 71: Procedure for verifying the equivalence of two analytical methods involving quantitative character (TITLE TRUNCATED) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38405-7:2002	German standard methods for examination of water, waste water and sludge - Anions (group D) - Part 7: Determination of cyanides in low polluted water by ion chromatography or potentiometric titration (D 7) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38406-3:2002	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Cations (group E) - Part 3: Determination of calcium and magnesium, complexometric titration (E 3) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38407-22:2001	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Jointly determinable substances (group F) - Part 22: Determination of Glyphosate and Aminomethyl phosphic acid (AMPA) by high performance liquid chromatography (HPLC), post-column derivatization and fluorescence detection (F 22)
DIN 38405-33:2001	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Anions (group D) - Determination of iodide by photometry (D 33) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38409-22:2001	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Parameters characterizing effects and substances (group H) - Part 22: Determination of dissolved adsorbable and organically bound halogens in highly saline water following solid-phase enrichment (SPE-AOX) (H 22)
DIN 38405-32:2000	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Anions (group D) - Determination of antimony by atomic absorption spectrometry (D 32) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38406-32:2000	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Cations (group E) - Determination of iron by atomic absorption spectrometry (AAS) (E 32) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38406-33:2000	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Cations (group E) - Determination of manganese by atomic absorption spectrometry (E 33) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38407-7:2000	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Substance group analysis (group F) - Part 7: Determination of six polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in drinking and mineral water by high-performance thin-layer chromatography (HPTLC) (F7)
DIN 38407-16:1999	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Substance group analysis (Group F) - Determination of aniline derivatives by gas chromatography (F 16) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38407-17:1999	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Substance group analysis (group F) - Part 17: Determination of selected nitroaromatics by gas chromatography (F 17) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38402-30:1998	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - General information (group A) - Pretreatment, homogenization and division of non-homogeneous water samples (A 30) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38406-6:1998	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Cations (group E) - Determination of lead by atomic absorption spectrometry (AAS) (E6) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38407-3:1998	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Substance group analysis (group F) - Part 3: Determination of polychlorinated biphenyls (PCBs) by gas chromatography (F 3) (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 12338:1998	Water quality - Determination of mercury - Enrichment methods by amalgamation (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 1899-1:1998	Water quality - Determination of biochemical oxygen demand after n days (BOD <sub>n</sub> ) - Part 1: Dilution and seeding method with allylthiourea acid addition (ISO 5815:1989, modified) (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 1899-2:1998	Water quality - Determination of biochemical oxygen demand after n days (BOD<(Index)n>) - Part 2: Method for undiluted samples (ISO 5815:1989, modified) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38406-26:1997	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Cations (group E) - Determination of thallium by atomic absorption

DIN EN 1483:1997	spectrometry (AAS) using a graphite furnace (E 26) (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 1484:1997	Water quality - Determination of mercury (FOREIGN STANDARD)
	Guidelines for the determination of total organic carbon (TOC) and dissolved organic carbon (DOC) in water (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 1233:1996	Determination of chromium content of water by atomic absorption spectrometry (FOREIGN STANDARD)
DIN 38404-10:1995	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Physical and physicochemical parameters (group C) - Determination of calcite saturation of water (C 10) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38407-8:1995	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Substance group analysis (group F) - Determination of six polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in water by means of high performance liquid chromatography (HPLC) using fluorescence detection (F 8)
DIN 38404-18:1994	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Physical and physicochemical parameters (group C) - Determination of radium 226 concentration in drinking water, ground water and waste water (C 18) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38405-23:1994	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Anions (group D) - Determination of selenium by atomic absorption spectrometry (AAS) (D 23) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38405-29:1994	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Anions (group D) - Photometric determination of nitrate using sulfosalicylic acid (D 29) (modified version of ISO 7890-3:1988) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38407-14:1994	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Substance group analysis (group F) - Determination of phenoxyalkanecarboxylic acids by gas chromatography and mass spectrometry after solid-liquid extraction and derivatization (F 14)
DIN 38412-26:1994	German standards methods for the examination of water, waste water and sludge - Bio-assays (group L) - Surfactant biodegradation and elimination test simulating municipal waste water treatment (L 26) (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 903:1994	Determination of anionic surfactants in water by measurement of the methylene blue active substances (MBAS) by measurement of the methylene blue active substances (MBAS) index (ISO 7875-1:1984, modified) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38406-24:1993	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; cations (group E); determination of cobalt by atomic absorption spectrometry (AAS) (E 24) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38407-2:1993	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; substance group analysis (group F); determination of low-volatility halogenated hydrocarbons by gas chromatography (F 2) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38408-3:1993	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge - Gaseous components (group G) - Determination of ozone (G 3) (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 25663:1993	Water quality; determination of Kjeldahl nitrogen; method after mineralization with selenium (ISO 5663:1984) (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 25813:1993	Water quality; determination of dissolved oxygen; iodometric method (ISO 5813:1983) (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 26595:1993	Water quality; determination of total arsenic; silver diethyldithiocarbamate spectrophotometric method (ISO 6595:1982) (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 26777:1993	Water quality; determination of nitrite; molecular absorption spectrometric method (ISO 6777:1984) (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 27888:1993	Water quality; determination of electrical conductivity (ISO 7888:1985) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38409-27:1992	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; parameters characterizing effects and substances (group H); determination of total bound nitrogen TN<(Index)b> (H 27) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38409-28:1992	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; parameters characterizing effects and substances (group H); determination of bound nitrogen after reduction with Devarda's alloy and catalytic digestion (H 28)
DIN 38409-44:1992	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; parameters characterizing effects and substances (group H); determination of the chemical oxygen demand (COD), ranging from 5 to 50

	mg/l (H 44) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38405-27:1992	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; anions (group D); determination of readily liberatet sulfide (D 27) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38406-13:1992	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; cations (group E); determination of potassium by atomic absorption spectrometry (AAS) using an air-acetylene flame (E 13) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38406-14:1992	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; cations (group E); determination of sodium by atomic absorption spectrometry (ASS) using an air-acetylene flame (E 14) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38412-27:1992	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; bio-assays (group L); determination of the inhibitory effect of waste water on the oxygen consumption of Pseudomonas putida (L 27) (FOREIGN STANDARD)
DIN EN 25814:1992	Water quality; determination of dissolved oxygen by the electrochemical probe method (ISO 5814:1990) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38406-11:1991	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; cations (group E); determination of nickel by atomic absorption spectrometry (AAS) (E 11) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38406-7:1991	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; cations (group E); determination of copper by atomic absorption spectrometry (AAS) (E 7) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38407-9:1991	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; substance group analysis (group F); determination of benzene and some of its derivatives by gas chromatography (F 9) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38405-21:1990	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; anions (group D); determination of dissolved silicate by spectrometry (D 21) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38406-16:1990	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; cations (group E); determination of zinc, cadmium, lead, copper, thallium, nickel, cobalt by voltammetry (E 16) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38406-18:1990	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; cations (group E); determination of dissolved silver by atomic absorption spectrometry using electrothermal atomization (E 18) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38408-5:1990	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; gaseous components (group G); determination of chlorine dioxide (G 5) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38404-16:1989	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; physical and physicochemical parameters (group C); determination of radionuclides in drinking water, ground water, surface water and waste water by -ray spectrometry (C 16)
DIN 38405-26:1989	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; anions (group D); determination of dissolved sulfide by spectrometry (D 26) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38409-20:1989	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; parameters characterizing effects and substances (group H); determination of substances that react with disulfine blue (H 20) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38409-26:1989	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; parameters characterizing effects and substances (group H); determination of the bismut-chelating index I<(Index)BiK> (H 26) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38404-13:1988	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; physical and physicochemical parameters (group C); determination of tritium (C 13) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38405-14:1988	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; anions (group D); determination of cyanides in drinking water, and in groundwater and surface water with low pollution levels (D 14) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38402-1:1987	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; general information (group A); recording of analysis results (A 1) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38404-15:1987	German standard methods for the examination of water, waste water and

	sludge; physical and physico-chemical parameters (group C); determination of beta activity per unit volume in drinking water, ground water, surface water and waste water (C 15)
DIN 38405-24:1987	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; anions (group D); photometric determination of chromium(VI) using 1,5-diphenylcarbonohydrazide (D 24) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38408-23:1987	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; gaseous constituents (group G); determination of oxygen saturation index (G 23) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38409-1:1987	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; parameters characterizing effects and substances (group H); determination of total dry residue, filtrate dry residue and residue on ignition (H 1) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38409-2:1987	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; parameters characterizing effects and substances (group H); determination of filterable matter and the residue on ignition (H 2) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38402-51:1986	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; general information (group A); calibration of analytical methods, evaluation of analytical results and linear calibration functions used to determine the performance characteristics of analytical methods (A 51)
DIN 38409-6:1986	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; summary indices of actions and substances (group H); water hardness (H 6) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38405-1:1985	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; anions (group D); determination of chloride ions (D 1) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38405-4:1985	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; anions (group D); determination of fluoride (D 4) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38405-5:1985	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; anions (group D); determination of sulfate ions (D 5) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38412-16:1985	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; test methods using water organisms (group L); determination of chlorophyll a in surface water (L 16) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38402-41:1984	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; general information (group A); inter-laboratory tests; planning and organization (A 41) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38404-5:1984	German standard methods for examination of water, waste water and sludge; physical and physico-chemical characteristics (group C); determination of pH value (C5) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38404-6:1984	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; physical and physico-chemical parameters (group C); determination of the oxidation reduction (redox) potential (C 6) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38406-2:1983	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; cations (group E); determination of manganese (E 2) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38412-13:1983	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; test methods using water organisms (group L); determination of oxygen production and oxygen consumption in an aquatic environment (SPG and SVG) by means of the light and dark bottle method (L 13) (determination of biogenic aeration rate)
DIN 38412-14:1983	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; test methods using water organisms (group L); determination of oxygen production by means of the light and dark bottle method under laboratory conditions (SPL) (L 14) (determination of oxygen production potential)
DIN 38412-11:1982	German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; Test methods using water organisms (group L); Determination of the effect on microcrustacea of substances contained in water (Daphnia short-time test) (L 11) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38405-13:1981	German Standard Methods for the Analysis of Water, Waste Water and Sludge; Anions (Group D); Determination of Cyanides (D 13) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38405-17:1981	German Standard Methods for the Analysis of Water, Waste Water and Sludge; Anions (Group D); Determination of Borate Ions (D 17) (FOREIGN

DIN 38409-43:1981	STANDARD) German standard methods for the analysis of water, waste water and sludge; Summary action and material characteristic parameters (group H); Determination for the chemical oxygen demand (COD); short duration method (H 43) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38409-41:1980	German Standard Methods for Examination of Water, Waste Water and Sludge; Summary Action and Material Characteristic Parameters (Group H); Determination of the Chemical Oxygen Demand (COD) in the Range over 15 mg/l (H41) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38404-4:1976	German Standard Methods for Analysing of Water, Waste Water and Sludge; Physical and Physical-chemical Parameters (Group C); Determination of Temperature (C4) (FOREIGN STANDARD)

## Τοξικότητα

ASTM E1193-97(2004)	Standard Guide for Conducting Daphnia magna Life-Cycle Toxicity Tests
ASTM E1218-04e1	Standard Guide for Conducting Static Toxicity Tests with Microalgae
ASTM E1563-98(2004)e1	Standard Guide for Conducting Static Acute Toxicity Tests with Echinoid Embryos
ISO 14442:2006	Water quality - Guidelines for algal growth inhibition tests with poorly soluble materials, volatile compounds, metals and waste water
ISO 21427-1:2006	Water quality - Evaluation of genotoxicity by measurement of the induction of micronuclei - Part 1: Evaluation of genotoxicity using amphibian larvae
ISO 21427-2:2006	Water quality - Evaluation of genotoxicity by measurement of the induction of micronuclei - Part 2: Mixed population method using the cell line V79
ISO 20079:2005	Water quality - Determination of the toxic effect of water constituents and waste water on duckweed (Lemna minor) - Duckweed growth inhibition test
ISO 13641-1:2003	Water quality - Determination of inhibition of gas production of anaerobic bacteria - Part 1: General test
ISO 13641-2:2003	Water quality - Determination of inhibition of gas production of anaerobic bacteria - Part 2: Test for low biomass concentrations
ISO 10706:2000	Water quality - Determination of long term toxicity of substances to Daphnia magna Straus (Cladocera, Crustacea)
ISO 13829:2000	Water quality - Determination of the genotoxicity of water and waste water using the umu-test
ISO 12890:1999	Water quality -- Determination of toxicity to embryos and larvae of freshwater fish -- Semi-static method
ISO 14669:1999	Water quality -- Determination of acute lethal toxicity to marine copepods (Copepoda, Crustacea)
ISO 11348-1:1998	Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of Vibrio fischeri (Luminescent bacteria test) - Part 1: Method using freshly prepared bacteria
ISO 11348-2:1998	Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of Vibrio fischeri (Luminescent bacteria test) - Part 2: Method using liquid-dried bacteria
ISO 11348-3:1998	Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of Vibrio fischeri (Luminescent bacteria test) - Part 3: Method using freeze-dried bacteria
ISO 6341:1996	Water quality - Determination of the inhibition of the mobility of Daphnia magna Straus (Cladocera, Crustacea) - Acute toxicity test
ISO 7346-1:1996	Water quality - Determination of the acute lethal toxicity of substances to a freshwater fish [Brachydanio rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)] - Part 1: Static method
ISO 7346-2:1996	Water quality - Determination of the acute lethal toxicity of substances to a freshwater fish [Brachydanio rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)] - Part 2: Semi-static method
ISO 7346-3:1996	Water quality - Determination of the acute lethal toxicity of substances to a freshwater fish [Brachydanio rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)] - Part 3: Flow-through method
ISO 7393-1/Cor1:2001	Corrigendum 1
ISO 10712:1995	Water quality - Pseudomonas putida growth inhibition test (Pseudomonas cell multiplication inhibition test)
ISO 10229:1994	Water quality - Determination of the prolonged toxicity of substances to freshwater fish - Method for evaluating the effects of substances on the growth rate of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss Walbaum (Teleostei,

		Salmonidae))
DIN 38412-33:1991		German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; bio-assays (group L); determining the tolerance of green algae to the toxicity of waste water (Scenedesmus chlorophyll fluorescence test) by way of dilution series (L 33)
DIN 38412-30:1989		German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; bio-assays (group L); determining the tolerance of Daphnia to the toxicity of waste water by way of a dilution series (L 30) (FOREIGN STANDARD)
DIN 38412-31:1989		German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; bio-assays (group L); determining the tolerance of fish to the toxicity of waste water by way of a dilution series (L 31) (FOREIGN STANDARD)

ΕΛΟΤ EN ISO 7346.01	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός της οξείας τοξικότητας ουσιών σε ψάρια γλυκού νερού (Brachydanio rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)) - Μέρος 1: Στατική μέθοδος
ΕΛΟΤ EN ISO 7346.02	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός της οξείας τοξικότητας ουσιών σε ψάρια γλυκού νερού (Brachydanio rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)) - Μέρος 2: Ημιστατική μέθοδος
ΕΛΟΤ EN ISO 7346.03	2000	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός της οξείας τοξικότητας ουσιών σε ψάρια γλυκού νερού (Brachydanio rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)) - Μέρος 3: Μέθοδος με συνεχή ανανέωση
ΕΛΟΤ EN ISO 6341	1996	Ποιότητα νερού - Προσδιορισμός της αναστολής της κινητικότητας της Daphnia magna Straus (Cladocera, Crustacea) - Δοκιμή οξείας τοξικότητας
ΕΛΟΤ EN ISO 10712	1996	Ποιότητα νερού - Δοκιμή αναστολής ανάπτυξης ψευδομονάδας putida (δοκιμή αναστολής πολλαπλασιασμού κυττάρων ψευδομονάδας)

## Εξυγίανση

ASTM E1943-98(2004)	Standard Guide for Remediation of Ground Water by Natural Attenuation at Petroleum Release Sites
ASTM E1279-89(2001)	Standard Test Method for Biodegradation By a Shake-Flask Die-Away Method

---

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Χ**

**« Διαθέσιμα πρότυπα ανάλυσης από U.S. EPA »**

---

# Index to EPA Test Methods

April 2003 revised edition

Peg Nelson

US EPA New England Region 1 Library  
Boston, MA USA

*Operated under contract with ASRC Aerospace Corporation*

## Preface

To respond to frequent requests for agency test methods, Region 1 Library staff developed this methods index as a tool to help locate copies of them. Confirming that there was no one volume containing all agency methods and no comprehensive list of them, the project commenced and in 1988 the first printed *Index to EPA Test Methods* was published as EPA 901/3-88-001. It has been updated periodically to reflect new procedures and revoked methods and the current edition includes about 1600 method references. The index includes only EPA methods and its primary goal remains as a reference tool to identify a source from which the actual method can be obtained, either free or for a fee.

Originally sources were primarily print documents, but in the mid 1990's electronic versions of EPA air methods began to appear on bulletin board systems (BBS) and then some water methods on floppy disks. In the late 1990's, EPA issued two compendium of methods on CD ROM for waste and for water. Internet access was more recent and commenced with the air methods and in 1998 the entire SW-846 compendium was placed on the web. In 1999 the EPA New England Region 1 Library website first offered the *Index* in Adobe Acrobat format for easy distribution. In 2002, the revamped web version of EMMI appeared as National Environmental Methods Index (NEMI) offering summary information about water methods from EPA and other organizations, with links to full text of those from EPA.

The *Index to EPA Test Methods* is an ever changing product and your feedback helps keep it current and useful. Please contact me with your comments, questions and contributions.

Peg Nelson (contractor)  
EPA New England Region 1 Library  
1 Congress Street, Suite 1100 LIB  
Boston, MA 02114-2023

email: [nelson.peg@epa.gov](mailto:nelson.peg@epa.gov)  
phone: (617) 918-1991  
fax: (617) 918-1992  
April 2003

---

---

## Table of Contents

Preface

Table of Contents

Introduction to the *Index to EPA Test Methods*

Method Number Index

Chemical/Name Index

Sources for EPA Test Methods **including live links to methods when connected to the Internet**

Key to Obtaining Source Documents

## Introduction

### Q *What are test methods?*

A Test methods are approved procedures for measuring the presence and concentration of physical and chemical pollutants; evaluating properties, such as toxic properties, of chemical substances; or measuring the effects of substances under various conditions.

### Q *Why an index?*

A This *Index* was developed to improve access to US EPA test methods. It is not an official EPA publication nor does inclusion or exclusion of methods indicate EPA approval or disapproval of any method. The most recent version can be downloaded from the EPA New England Region 1 Library website [www.epa.gov/ne/oarm/index.html](http://www.epa.gov/ne/oarm/index.html)

### Q *What information is included?*

A This Adobe Acrobat version contains the following pieces of information:

- C **Method Number** -- the official method number or a compiler assigned number if un-numbered  
Examples: 0330.1 or 3810 or TO-15 or 8080A or SAMPLIN
- C **Chemical or Method Description** -- chemical, analyte, chemical group or name of protocol. If you don't find one you want, try a broader term e.g., metals for mercury or pesticides for diaquat  
Examples: asbestos or absorption or Maneb or larval survival or mercury
- C Reference source of where to get the method by one of four categories:
  - EPA Report #** EPA report number  
Examples: 600/4-82-029 or SW-846 Ch 3.3
  - 40 CFR Part** Title 40 of the Code of Federal Regulations part numbers  
Examples: 136 App A = 40 CFR 136 Appendix A
  - Region 1 #** EPA Region 1 Library local call number  
Examples: 01A0006125a or 01A0006706
  - Electronic Version** -- abbreviated reference to an electronic version if available  
Examples: www or ttn/emc or NEMI; full web address provided in Source List  
CD indicates included in the Water Methods CD ROM (EPA 821/C-99-004)
- **Date Issued** date method was issued or published  
Examples: 09/25/1996 or / / / (date unknown)

### Q *Where are the methods?*

A This compilation is only an index, not a collection of actual methods. The *Sources for EPA Test Methods*, following the two indexes, indicates how to obtain print or electronic copies of the methods listed. If you are using the Adobe version while connected to the internet, you'll find over 75 % of the sources listed have live weblinks to the actual method.

### Q *Why are there multiple entries for some method numbers?*

A This was done intentionally to accommodate multiple substances determined by a single method. Some numbers appear to have been used for more than one media and method, and no attempt was made to reconcile these apparent discrepancies. A look at the source list should let you know for what general purpose the method was intended (wastewater, soil, air, or multi-media).

### Q *What if I can't find a method I need?*

A In some cases individual substances are listed; in others a family of substances is listed under one name. For example, look for related or broader terms such as metals rather than mercury or pesticides as well as a specific one such as dursban. EPA does not have a test method for all chemicals, only those which it in some way regulates. You are welcome to contact the Region 1 Library to inquire about methods not found in the index and for suggestions on where else to look. In many cases, we will be able to email the method to you or direct you to a website or someone who can assist you.

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0001	Asbestos Abatement	600/2-85-028				
0001	Traverse Points - Stationary Sources		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
00-01	Gross alpha & gross beta particle - radiochem	520/5-84-006			CD	08/01/1994
0001.0	Field & Laboratory for Overburdens & Minesoils	600/2-78-054				03/01/1978
0001A	Small Ducts - Sample & Velocity Traverses		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0002	Absorption in decontamination at Superfund sites	600/2-85-028				
0002	Velocity and S-type Pitot		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
00-02	Gross alpha in DW by coprecipitation	520/5-84-006			CD	08/01/1994
0002.1	Field Clues - Overburdens and Minesoils	600/2-78-054				03/01/1978
0002.2	Overburden Sampling and Labeling	600/2-78-054				03/01/1978
0002.3	Minesoils - Field Clues and Sampling Methods	600/2-78-054				03/01/1978
0002A	Volume Meters through Pipes & Small Ducts		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0002B	Exhaust Volume Flow Rate - Gasoline Vapor		60 App A		/ttn/emc	04/01/1996
0002C	Velocity & Flow Rate - Standard Pitot		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0002D	Volumetric Flow Rate Meters in Small Pipes		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0002E	Landfill Gas Production Flow Rate		60 App A		/ttn/emc	06/20/1996
0002F	Stack gas-velocity/volumetric flow rate-3D probe		60 App A		/ttn/emc	
0002G	Stack gas-velocity/volumetric flow rate-2D probe		60 App A		/ttn/emc	
0002H	Stack gas velocity / (decay near stack wall)		60 App A		/ttn/emc	
0003	Demolition - Hazardous Waste	600/2-85-028				
0003	Molecular Weight - Carbon Dioxide, Oxygen		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0003.1	Characterizing, Subsampling and Crushing Samples	600/2-78-054				03/01/1978
0003.1	Closed Conduit Flow Measurement	600/4-82-029			www	
0003.2	Chemical Methods - Overburdens and Minesoils	600/2-78-054				03/01/1978
0003.2	Flow from Pipes Discharging to Atmosphere	600/4-82-029			www	
0003.3	Flow Measurements - Open Channel	600/4-82-029			www	
0003.3	Mineralogical Methods - Overburdens & Minesoils	600/2-78-054				03/01/1978
0003.4	Flow Measurement, Misc.	600/4-82-029			www	
0003.4	Physical Methods - Overburdens & Minesoils	600/2-78-054				03/01/1978
0003.5	Microbiological Methods - Overburdens & Minesoil	600/2-78-054				03/01/1978
0003.5	Secondary Devices	600/4-82-029			www	
0003A	Carbon Dioxide & Oxygen concentrations - IAP		60 App A		/ttn/emc	05/06/1989
0003B	O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CO - emission rate correction factor		60 App A		/ttn/emc	02/01/2000
0003C	Carbon dioxide, methane, nitrogen, oxygen		60 App A		/ttn/emc	06/20/1996
0004	Dismantling	600/2-85-028				
0004	Moisture Content in Stack Gases		60 App A		/ttn/emc	09/25/1995
0004.1	Laboratory & Field Methods - Weathering	600/2-78-054				03/01/1978
0004.2	Samples, Number of	600/4-82-029			www	
0004.3	Sample Frequency	600/4-82-029			www	
0004.4	Parameters to Monitor	600/4-82-029			www	
0004.5	Monitoring Network and In-Plant Sampling	600/4-82-029			www	
0005	Dusting/Vacuuming/Wiping	600/2-85-028				
0005	Particulate Matter (PM) - Stationary Sources		60 App A		/ttn/emc	08/16/1996
0005A	PM Asphalt Roofing (Particulate Matter)		60 App A		/ttn/emc	06/13/1990
0005B	PM Nonsulfuric Acid (Particulate Matter)		60 App A		/ttn/emc	06/13/1990
0005D	PM Baghouses (Particulate Matter)		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
0005E	PM Fiberglass Plants (Particulate Matter)		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
0005F	PM Fluid Catalytic Cracking Unit		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0005G	PM Wood Heaters from a Dilution Tunnel		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
0005H	PM Wood Heaters from a Stack		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
0005I	Low Level Particulate Matter - Stationary Source		60 App A		/ttn/emc	12/30/1997
0006	Encapsulation/Enclosure	600/2-85-028				
0006	Sulfur Dioxide Emissions (SO <sub>2</sub> )		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0006.8	Sampling Industrial Wastewaters	600/4-82-029			www	
0006A	Sulfur Dioxide & Carbon Dioxide - Fossil Fuel		60 App A		/ttn/emc	09/25/1997
0006B	Sulfur Dioxide & Carbon Dioxide - Daily Fossil		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
0006C	Sulfur Dioxide Emissions - Stationary by IAP		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0007	Gritblasting	600/2-85-028				
0007	Nitrogen Oxide Emissions - Stationary Sources		60 App A		/ttn/emc	03/12/1996
0007.8	Sampling Agricultural Discharges	600/4-82-029			www	
0007A	Nitrogen Oxide - Ion Chromatographic		60 App A		/ttn/emc	01/28/1991
0007B	Nitrogen Oxide - Ultraviolet Spectrophotometry		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
0007C	Nitrogen Oxide - Colorimetric		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0007D	Nitrogen Oxide - Ion Chromatographic		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0007E	Nitrogen Oxide - Instrumental		60 App A		/ttn/emc	08/14/1990
0008	Hydroblasting/Waterwashing	600/2-85-028				
0008	Sulfuric Acid Mist		60 App A		/ttn/emc	10/29/1996
0008.7	Sampling Waters, Organisms & Sediments	600/4-82-029			www	
0009	Painting/coating	600/2-85-028				
0009	Visual Opacity		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
0009 Alt 1	Opacity of Emissions - Remotely by Lidar		60 App A			
0010	Carbon Monoxide - NDIR		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0010	Sampling Train - Modified Method 5 semi-volatile	SW-846 Ch 10			www	09/01/1986
0010	Scarification	600/2-85-028				
0010.8	Sampling Sludges	600/4-82-029			www	
0010A	Carbon Monoxide - for certifying CEMS		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0010B	Carbon Monoxide from Stationary Sources		60 App A		/ttn/emc	11/08/1994
0011	Formaldehyde Emissions - Stationary Sources	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
0011	Hydrogen Sulfide of Fuel		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0011	RadKleen	600/2-85-028				
0012	Inorganic Lead - Stationary Sources		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0012	Solvent Washing	600/2-85-028				
0012.1	Sample Collection	600/4-82-029			www	
0013	Steam Cleaning	600/2-85-028				
0013A	Fluoride, Total (SPADNS Zirconium Lake)		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0013B	Fluoride, Total - Specific Ion Electrode		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
0014	Fluoride - Potroom Roof Monitors/Prim Aluminum		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0014	Vapor-Phase Solvent Extraction	600/2-85-028				
0014.4	Sample Methods & Equipment - Microbiological	600/4-82-029			www	
0014A	Total Fluoride emissions - primary aluminum		60 App A			10/07/1998
0015	Acid Etching	600/2-85-028				
0015	Hydrogen Sulfide/Carbon Disulfide/Carbon Sulfide		60 App A		/ttn/emc	10/10/1996
0015A	Sulfur, Total Reduced (TRS Alt.)		60 App A		/ttn/emc	04/01/1996
0016	Bleaching	600/2-85-028				
0016	Sulfur (Semicontinuous Determination)		60 App A		/ttn/emc	10/10/1996
0016A	Sulfur, Total Reduced - Stationary/Impinger		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0016B	Total Reduced Sulfur - (GC Analysis)		60 App A		/ttn/emc	04/01/1996
0017	Flaming	600/2-85-028				
0017	Particulate Matter (PM) - Instack Filtration		60 App A		/ttn/emc	04/23/1996
0017.1	Sample Preservation	600/4-82-029			www	
0018	Drilling and Spalling	600/2-85-028				
0018	VOC - GC		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0019	K-20 Sealant	600/2-85-028				
0019	Sulfur Dioxide Removal & PM, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> Rates		60 App A		/ttn/emc	04/15/1996
0020	Microbial Degradation	600/2-85-028				
0020	Nitrogen Oxides (NO <sub>x</sub> ) - Stationary Gas Turbines		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0020	Source Assessment Sampling System (SASS)	SW-846 Ch 10			www	09/01/1986
0021	Photochemical Degradation	600/2-85-028				
0021	Volatile Organic Compounds (VOC) Leaks		60 App A		/ttn/emc	04/27/1995
0022	Fugative Opacity		60 App A		/ttn/emc	05/21/1995
0023	Dioxin & Furan (PCDD & PCDF)		60 App A		/ttn/emc	05/25/1995
0023A	PCDDs and PCDFs - Stationary Sources Sampling	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
0024	Surface Coatings - Volatile Matter Content		60 App A		/ttn/emc	09/11/1995
0024A	Volatile Matter Content & Density/Printing Inks		60 App A		/ttn/emc	08/06/1993
0025	Gaseous Nonmethane Organic Emissions		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0025A	Gaseous Organic Concentration - Flame Ionization		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0025B	Gaseous Organic Concentration - Infrared Analyze		60 App A		/ttn/emc	11/08/1994
0025C	NMOC in Landfill Gases		60 App A		/ttn/emc	06/20/1996
0025D	VOC of Waste Samples		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
0025E	Vapor Phase Organic Concentration /Waste SampleS		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0026	Hydrogen Chloride, Halides, Halogens Emissions		60 App A		/ttn/emc	08/28/1996
0026A	Hydrogen Halide & Halogen - Isokinetic				/ttn/emc	03/03/1994
0027	Vapor Tightness of Gasoline Tank - Pressure Vac.		60 App A		/ttn/emc	01/21/1994
0028	Wood Heaters - Certificate & Auditing		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0028A	Wood Fired Appliances - Burn Rate & Air:Fuel		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0029	Metals Emissions from Stationary Sources		60 App A		/ttn/emc	06/25/1996
0030	Volatile Organic Sampling Train	SW-846 Ch 10			www	09/01/1986
0031	VOCs - Sampling (SMVOC)	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
0040	Organic Hazardous Consitutents - Tedlar Bags	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
0050	Isokinetic HCL/LC2 Emission Sampling Train	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
0051	Midget Impinger HCL/CL2 Emission Sampling Train	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
0060	Metals in Stack Emissions	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
0061	Hexavalent Chromium Emissions - Stationary Sourc	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
0100	Formaldehyde & Carbonyl Compounds in Indoor Air	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
0100.1	Asbestos Fibers in Water (Chatfield Method)	600/4-83-043			NEMI	09/01/1983
0100.1	Sediments - Survival Test / Hyalella azteca 10-d	600/R-99-064			www	03/01/2000
0100.2	Asbestos Fibers in DW Using MCE Filters	600/R-94-134			NEMI	06/01/1994
0100.2	Sediments - Survival & Growth/Chironomus tentans	600/R-99-064			www	03/01/2000
0100.3	Sediments - Bioaccumulation / Lumbriculus varieg	600/R-99-064			www	03/01/2000
0100.4	Sediment - freshwater amphipods 42-d survival	600/R-99-064			www	03/01/2000
0100.4	Sediment - marine amphipods 10-d survival test	600/R-94-025			www	03/01/2000
0100.5	Sediment - Chironomus tentans life-cycle test	600/R-99-064			www	03/01/2000
0101	Mercury Emissions - Chlor-Alkali Plants (Air)		61 App B		/ttn/emc	09/25/1996
0101A	Mercury Emissions - Sewage/Sludge Incinerator		61 App B		/ttn/emc	05/20/1991

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0102	Mercury Emissions - Chlor-Alkali Hydrogen Stream		61 App B		/ttn/emc	05/20/1991
0103	Beryllium Screening Method		61 App B		/ttn/emc	09/25/1996
0104	Beryllium Emissions Determination		61 App B		/ttn/emc	01/18/1995
0105	Mercury in Wastewater Plant Sewage Sludge		61 App B		/ttn/emc	09/25/1996
0106	Vinyl Chloride from Stationary Sources		61 App B		/ttn/emc	05/23/1995
0107	Vinyl Chloride Content of Inprocess Wastewater		61 App B		/ttn/emc	08/20/1996
0107A	Vinyl Chloride Content of Solvents		61 App B		/ttn/emc	09/25/1996
0108	Particulate & Gaseous Arsenic Emissions		61 App B		/ttn/emc	09/25/1996
0108A	Arsenic in Ore Samples - Nonferrous Smelters		61 App B		/ttn/emc	08/20/1996
0108B	Arsenic in Ore Samples from Nonferrous Smelters		61 App B		/ttn/emc	01/01/1996
0108C	Arsenic in Ore Samples from Nonferrous Smelters		61 App B		/ttn/emc	01/01/1996
0110.1	Color - Colorimetric, ADMI	600/4-79-020			NEMI	
0110.2	Color - Colorimetric-Platinum-Cobalt	600/4-79-020			NEMI	
0110.3	Color - Spectrophotometric	600/4-79-020			NEMI	
0111	Polonium-210 Emissions from Stationary Sources		61 App B		/ttn/emc	04/01/1996
0114	Radionuclide Emissions from stationary sources		61 App B		/ttn/emc	04/01/1996
0115	Radon-222 Emissions		61 App B		/ttn/emc	04/01/1996
0120.1	Conductance - Specific Conductance, at 25 C	600/4-79-020			NEMI	
0120.6	Conductance-Specific/Wet Deposition Electrolytic	600/4-86-024				03/01/1986
0130.1	Hardness, Total - Colorimetric, Automated EDTA	600/4-79-020			NEMI	
0130.2	Hardness, Total - Titrimetric, EDTA	600/4-79-020			NEMI	
0140.1	Odor, Threshold - Consistent Series	600/4-79-020			www	
0150.1	pH - Electrometric	600/4-79-020			NEMI	
0150.2	pH - Continuous Monitoring (Electrometric)	600/4-79-020			NEMI	
0150.6	pH of Wet Deposition -Electrolytic Determination	600/4-86-024				03/01/1986
0160.1	Residue, Filterable	600/4-79-020			NEMI	
0160.2	Residue, Non-Filterable & Total Suspended Solids	600/4-79-020			NEMI	
0160.3	Residue, Total	600/4-79-020			NEMI	
0160.4	Residue, Volatile	600/4-79-020			NEMI	
0160.5	Residue, Settleable Matter	600/4-79-020			www	
0170.1	Temperature - Thermometric	600/4-79-020			NEMI	
0180.1	Turbidity - Nephelometric	600/R-93-100			NEMI	08/01/1993
0200	Metals - Atomic Absorption	600/4-79-020			www	
0200.1	Metals: Arsenic/Cadmium/Chromium/Copper/Lead/Mercury	600/4-91-010			www	04/01/1991
0200.10	Trace Elements in Marine Water by ICP/MA	600/4-91-010			NEMI	04/01/1991
0200.10	Trace Elements/Marine by Online chelation-ICP/MS	600/R-97-072		/nerlcwww	/ordmeth	09/01/1997
0200.11	Metals in Fish Tissue by ICP/EES	600/4-91-010			www	04/01/1991
0200.12	Trace Elements by Stabilized Temp GF/AA	600/R-97-072		/orthmeth	NEMI	09/01/1997
0200.13	Trace Elements by Off-line Chelation	600/R-97-072		/orthmeth	NEMI	09/01/1997
0200.15	Trace Elements - Stabilized Temperature GFAA	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Aluminum - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Antimony - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Arsenic - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Barium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Beryllium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Cadmium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Calcium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Chromium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0200.2	Cobalt - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Copper - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Iron - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Lead - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Lithium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Magnesium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Manganese - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Mercury, Total - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Metals, Total Recoverable Elements - Sample Prep	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Molybdenum - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Nickel - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Phosphorus - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Potassium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Selenium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Silica - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Silver - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Sodium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Strontium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Thallium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Thorium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Tin - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Uranium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Vanadium - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.2	Zinc - Sample Preparation	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.3	Metals, Total Recoverable in Biological Tissues	600/4-91-010			www	04/01/1991
0200.6	Metals - Calcium, Magnesium, Potassium & Sodium	600/4-86-024				03/01/1986
0200.7	Metals and Trace Elements - ICP/AES	600/R-94-111			www	05/01/1994
0200.7	Trace Element (Metals) - ICP	600/4-79-020			www	
0200.7	Trace Element in water/wastes by ICP		136 App C	www	CD	
0200.7	Trace elements in Water, Solids & biosolids/ICP				NEMI	08/01/1998
0200.7 CL	Trace element by ICP/AE in water & wastes	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0200.8	Trace Elements in Water & Wastes - ICP/MS	600/R-94-111			NEMI	05/01/1994
0200.8	Trace elements in waters & wastes/ ICP MS				CD	
0200.9	Trace Elements - GFAA	600/R-94-111			NEMI	05/01/1994
0200.9	Trace Elements - Stabilized Temp Graphite FAAS	821/R-93-010-B			CD	04/01/1991
0200.9	Trace elements in water, solid & biosolids				CD	09/01/1998
0201	PM10 - In-Stack, CRS (Constant Sampling Rate)		51 App M		/ttn/emc	04/17/1990
0201A	PM10 - In-stack, CRS (Constant Sampling Rate)		51 App M		/ttn/emc	09/25/1996
0202	PM Condensable Particulate Matter		51 App M		/ttn/emc	09/25/1996
0202.1	Aluminum - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0202.2	Aluminum - AA, Furnace Technique	600/4-79-020			NEMI	
0203	Continuous Opacity Monitoring for Compliance				/ttn/emc	01/30/1995
0203A	Visual Opacity - Time-Averaged				/ttn/emc	01/06/1994
0203B	Visual Opacity - Time-Exception				/ttn/emc	01/06/1994
0203C	Opacity of Emissions, Instantaneous Limitation				/ttn/emc	01/06/1994
0204	Capture Efficiency - Permanent/Temporary TTE		51 App M		/ttn/emc	06/16/1997
0204.1	Antimony - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0204.2	Antimony - AA, Furnace Technique	600/4-79-020			NEMI	

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0204.2 CL	Antimony - AA, furnace technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0204A	VOCs in Liquid Input Stream		51 App M		/ttn/emc	06/16/1997
0204B	VOCs in Captured Stream		51 App M		/ttn/emc	08/01/1995
0204C	VOCs in Captured Stream (Dilution)		51 App M		/ttn/emc	06/16/1997
0204D	VOCs, Fugitive from Temporary Total Enclosure		51 App M		/ttn/emc	06/16/1997
0204E	VOCs, Fugitive from Building Enclosure		51 App M		/ttn/emc	06/16/1997
0204F	VOCs in Liquid Input Stream - Distillation		51 App M		/ttn/emc	06/16/1997
0205	Gas Dilution - Field Instrument Calibration		51 App M		/ttn/emc	09/25/1996
0206.2	Arsenic - AA, Furnace Technique	600/4-79-020			NEMI	
0206.2 CL	Arsenic - AA, furnace technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0206.3	Arsenic - AA, Gaseous Hydride	600/4-79-020			NEMI	
0206.4	Arsenic - Spectrophotometric - SDDC	600/4-79-020			NEMI	
0206.5	Arsenic - Digestion Prior to Total Analysis	600/4-79-020			NEMI	
0207-1	Isocyanates Draft Sampling Method				/ttn/emc	02/29/1996
0207-2	Isocyanates Draft Sampling Method by HPLC				/ttn/emc	02/29/1996
0208.1	Barium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0208.2	Barium - AA, Furnace Technique	600/4-79-020			NEMI	
0210.1	Beryllium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0210.2	Beryllium - AA, Furnace Technique	600/4-79-020			NEMI	09/01/1997
0210.2 CL	Beryllium - AA, furnace technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0212.3	Boron - Colorimetric, Curcumin	600/4-79-020			NEMI	
0213.1	Cadmium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0213.2	Cadmium - AA, Furnace Technique	600/4-79-020			NEMI	
0213.2 CL	Cadmium - AA, furnace technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0215.1	Calcium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0215.1 CL	Calcium - AA, flame technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0215.2	Calcium - Titrimetric, EDTA	600/4-79-020			NEMI	
0218.1	Chromium, total - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0218.2	Chromium, total - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0218.2 CL	Chromium - AA, furnace technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0218.3	Chromium, total - AA, Chelation-Extraction	600/4-79-020			NEMI	
0218.4	Chromium VI (Hexavalent) - Chelation Extraction	600/4-79-020			NEMI	
0218.5	Chromium, Hexavalent Dissolved - AA, Furnace	600/4-79-020			www	
0218.6	Chromium, Dissolved Hexavalent by IC				CD	09/01/1998
0218.6	Chromium, Dissolved Hexavalent by Ion Chromatogr	600/R-94-111			www	05/01/1994
0219.1	Cobalt - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0219.2	Cobalt - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0220.1	Copper - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0220.2	Copper - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0231.1	Gold - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0231.2	Gold - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0235.1	Iridium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0235.2	Ididium - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0236.1	Iron - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0236.2	Iron - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0239.1	Lead - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0239.2	Lead - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0239.2 CL	Lead - AA, furnace technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0242.1	Magnesium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0242.2 CL	Magnesium - AA, flame technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0243.1	Manganese - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0243.2	Manganese - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0245.1	Mercury - Cold Vapor, Manual	600/4-79-020			NEMI	03/01/1983
0245.1	Mercury in Water by Cold Vapor AAS	600/R-94-111			www	05/01/1994
0245.1 CL	Mercury in water - manual cold vapor technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0245.2	Mercury - Cold Vapor, Automated	600/4-79-020			NEMI	
0245.2 CL	Mercury in water - automated cold vapor	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0245.3	Mercury, Inorganic II by HPLC/ECD	600/4-91-010			www	04/01/1991
0245.3	Organomercurials, Selected by HPLC/ECD	600/4-91-010			www	04/01/1991
0245.5	Mercury - Cold Vapor, Sediment Manual	600/4-79-020			www	
0245.5	Mercury in Sediment by Cold Vapor (CV/AAS)	600/4-91-010			www	04/01/1991
0245.5 CL	Mercury in soil/sediment - manual cold vapor	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0245.6	Mercury in Tissues by Cold Vapor (CV/AAS)	600/4-91-010			www	04/01/1991
0245.7	Mercury - CVA Fluorescence spectrometry	821/R-01-008			CD	02/01/1999
0246.1	Molybdenum - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0246.2	Molybdenum - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0249.1	Nickel - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0249.2	Nickel - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0252.1	Osmium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0252.2	Osmium - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0253.1	Palladium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0253.2	Palladium - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0255.1	Platinum - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0255.2	Platinum - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0258.1	Potassium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0258.1 CL	Potassium - AA, flame technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0264.1	Rhenium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			www	
0264.2	Rhenium - AA, Furnace	600/4-79-020			www	
0265.1	Rhodium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0265.2	Rhodium - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0267.1	Ruthenium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0267.2	Ruthenium - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0270.2	Selenium - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0270.2 CL	Selenium - AA, furnace technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0270.3	Selenium - AA, Gaseous Hydride	600/4-79-020			www	
0272.1	Silver - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0272.2	Silver - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0272.2 CL	Silver - AA, furnace technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0273.1	Sodium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0273.1 CL	Sodium - AA, flame technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0273.2	Sodium - AA, Furnace	600/4-79-020			www	
0279.1	Thallium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0279.2	Thallium - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0279.2 CL	Thallium - AA, furnace technique	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0282.1	Tin - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0282.2	Tin - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0282.3	Tributyltin Chloride in Marine & Fresh Waters			01A0006709	www	10/01/1989
0283.1	Titanium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0283.2	Titanium - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0286.1	Vanadium - AA, Direct Aspiration	600/4-79-020			NEMI	
0286.2	Vanadium - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0289.1	Zinc - AA, Direct	600/4-79-020			NEMI	
0289.2	Zinc - AA, Furnace	600/4-79-020			NEMI	
0300.0	Chloride - IC	600/4-79-020			NEMI	03/01/1984
0300.0	Fluoride - IC	600/4-79-020			www	
0300.0	Inorganic Anions by Ion Chromatography	600/R-93-100			www	08/01/1993
0300.0	Inorganic Anions in DW by Ion Chromatography				CD	08/01/1993
0300.0	Nitrate-N by IC	600/4-79-020			www	
0300.0	Nitrite by IC	600/4-79-020			www	
0300.0	Ortho-Phosphate-P	600/4-79-020			www	
0300.0	Sulfate	600/4-79-020			www	
0300.1	Inorganic Anions in DW by Ion Chromatography	815/R-00-014			NEMI	09/01/1997
0300.6	Inorganics:Chloride/Sulfate/Nitrate/Orthophospha	600/4-86-024				03/01/1986
0300.7	Metals:Sodium/Ammonium/Potassium/Magnesium/Cal	600/4-86-024				03/01/1986
0301	Field Validation - Pollutant Measurement		63 App A		/ttn/emc	12/30/1992
0303	Visible Emissions/By-Product Coke Oven Batteries		63 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0303A	Visible Emissions from Non-Recovery Coke Oven		63 App A		/ttn/emc	10/27/1993
0304A	Organic Compounds Biodegradation Rates - Vent		63 App A		/ttn/emc	03/03/1994
0304B	Organic Compounds Biodegradation Rates -Scrubber		63 App A		/ttn/emc	03/03/1994
0305	VOC Emission Potential in Waste		63 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0305.1	Acidity - Titrimetric	600/4-79-020			NEMI	
0305.2	Acidity - Titrimetric (Acid Rain)	600/4-79-020			www	
0305.6	Acidity in Wet Deposition	600/4-86-024				03/01/1986
0306	Chromium Emissions - Electroplating & Anodizing		63 App A		/ttn/emc	02/08/1996
0306A	Chromium Emissions Electroplating - Mason Jar		63 App A		/ttn/emc	09/25/1996
0306B	Surface Tension - Tanks Electroplating/Anodizing				/ttn/emc	02/08/1996
0307	Solvent Vapor Cleaner Emissions		63 App A		/ttn/emc	09/25/1997
0308	Methanol Emissions		63 App A		/ttn/emc	11/14/1997
0310.1	Alkalinity - Titrimetric, pH 4.5	600/4-79-020			NEMI	
0310.2	Alkalinity - Colorimetric, Automated	600/4-79-020			NEMI	
0310A	Residual Hexane		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
0310B	Residual Solvent		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
0310C	Residual N-Hexane in EDPM Rubber		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
0311	HAPS in Paints & Coatings - Direct Injection GC		63 App A		/ttn/emc	01/17/1996
0312A	Residual Styrene in SBR Latex by GC		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
0312B	Styrene in SBR Latex by Capillary GC		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
0312C	Styrene in SBR Latex produced by Emulsion Polym		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
0313A	Residual Hydrocarbon in Rubber Crumb		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
0313B	Residual HC in Rubber Crumb by Capillary GC		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
0314	Perchlorate in DW using Ion Chromatography	815/R-00-014			www	11/01/1999
0315	PM and MCEM from Aluminum Production Facilities		63 App A		/ttn/emc	10/07/1997
0316	Formaldehyde - Mineral Wool & Wool Fiberglass		63 App A		/ttn/emc	03/31/1997
0317	Inorganic Oxhyalide disinfection by-products- DW	815/R-00-014			NEMI	08/01/2000
0317	Inorganic Oxhyalide disinfection by-products- DW	815/B-01-001			www	07/19/2001

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0318	Extractive FTIR - Mineral Wool & Wool Fiberglass		63 App A		/ttn/emc	03/31/1997
0319	Filtration Efficiency - Paint Overspray Arrestor		63 App A		/ttn/emc	10/19/1996
0320	Vapor Phase Organic & Inorganic Emission - FTIR		63 App A		/ttn/emc	05/02/1997
0320.1	Bromide - Titrimetric	600/4-79-020			NEMI	
0321	Gaseous HCl Emissions at Portland Cement Kilns		63 App A		/ttn/emc	03/11/1998
0321.8	Bromate in DW by IC/ICP/MS	815/R-00-014			NEMI	12/01/1997
0322	HCl Emissions from Portland Cement Kilns by FTIR				/ttn/emc	03/11/1998
0325.1	Chloride - Colorimetric, Auto. Ferricyanide A I	600/4-79-020			NEMI	
0325.2	Chloride - Colorimetric, Auto Ferricyanide A II	600/4-79-020			NEMI	
0325.3	Chloride - Titrimetric, Mercuric Nitrate	600/4-79-020			NEMI	
0325.6	Chloride in Wet Deposition/Automated Colorimetri	600/4-86-024				03/01/1986
0330.1	Chlorine, Total Residual - Titrimetric	600/4-79-020			NEMI	
0330.2	Chlorine, Total Residual - Titrimetric, Back	600/4-79-020			NEMI	
0330.3	Chlorine, Total Residual - Titrimetric, Iodomet.	600/4-79-020			NEMI	
0330.4	Chlorine, Total Residual - Titrimetric, DPD-FAS	600/4-79-020			NEMI	
0330.5	Chlorine, Total Residual - Spectrophotometric,	600/4-79-020			NEMI	
0335.1	Cyanides, Available to Chlorination/Titrimetric	600/4-79-020			NEMI	
0335.2	Cyanide, Total - Titrimetric, Spectrophotometric	600/4-79-020			NEMI	
0335.2 CL	Total Cyanide in water, soil/sediment	ILM04.0		exhibit D	www clp	
0335.3	Cyanide, Total - Colorimetric, Automated UV	600/4-79-020			NEMI	
0335.4	Total Cyanide by Semi-Automated Colorimetry	600/R-93-100			NEMI	08/01/1993
0340.1	Fluoride, Total - Colorimetric	600/4-79-020			NEMI	
0340.2	Fluoride - Potentiometric	600/4-79-020			NEMI	
0340.3	Fluoride - Colorimetric	600/4-79-020			NEMI	
0340.6	Fluoride in Wet Deposition by Potentiometric	600/4-86-024				03/01/1986
0345.1	Iodide - Titrimetric	600/4-79-020			www	
0349.0	Ammonia in Estuarine by Gas Segmented CF/CA	600/R-97-072			NEMI	09/01/1997
0350.1	Ammonia (as nitrogen) - Colorimetric	600/4-79-020			NEMI	
0350.1	Ammonia (as N) Semi-Automated Colorimetry	600/R-93-100			www	08/01/1993
0350.2	Ammonia (as N) - Colorimetric, Titrimetric	600/4-79-020			NEMI	
0350.3	Ammonia (as N) - Potentiometric	600/4-79-020			NEMI	
0350.6	Ammonium in Wet Deposition by Electrometric	600/4-86-024				03/01/1986
0350.7	Ammonium in Wet Deposition/Automated Colormetric	600/4-86-024				03/01/1986
0351.1	Nitrogen, Kjeldahl, Total - Colorimetric/Auto.	600/4-79-020			NEMI	
0351.2	Nitrogen, Kjeldahl, Total - Colorimetric	600/4-79-020			NEMI	
0351.2	Total Kjeldahl Nitrogen - Semi-Automated Colori	600/R-93-100			www	08/01/1993
0351.3	Nitrogen, Kjeldahl, Total - Colorimetric/Titri.	600/4-79-020			NEMI	
0351.4	Nitrogen, Kjeldahl, Total - Potentiometric	600/4-79-020			NEMI	
0352.1	Nitrate (as Nitrogen) - Colorimetric, Brucine	600/4-79-020			NEMI	
0353.1	Nitrogen, Nitrate-Nitrite - Colorimetric/Hydra.	600/4-79-020			NEMI	
0353.2	Nitrate-Nitrate by Automated Colorimetry	600/R-93-100			www	08/01/1993
0353.2	Nitrate-Nitrite (as N) - Colorimetric/Cadmium	600/4-79-020			NEMI	
0353.3	Nitrate-Nitrite (as N) - Manual Cadmium	600/4-79-020			NEMI	
0353.4	Nitrate & Nitrite by Gas Segmented CF/CA	600/R-97-072		/nerlcwww	/ordmeth	09/01/1997
0353.6	Nitrate-Nitrite by Automated Colormetric	600/4-86-024				03/01/1986
0354.1	Nitrate (as Nitrogen) - Spectrophotometric	600/4-79-020			NEMI	
0360.1	Oxygen, Dissolved - Membrane Electrode (Probe)	600/4-79-020			NEMI	
0360.2	Oxygen, Dissolved - Modified Winkler	600/4-79-020			NEMI	

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0365.1	Orthophosphate (as P) - Automated Colorimetry	600/R-93-100			www	08/01/1993
0365.1	Phosphorus, All Forms - Colorimetric/Automated	600/4-79-020			NEMI	
0365.2	Phosphorus - manual colorimetric/1 reagent	600/4-79-020			NEMI	
0365.3	Phosphorus - colorimetric/ 2 reagents	600/4-79-020			NEMI	
0365.4	Phosphorus, Total - Colorimetric/Automated	600/4-79-020			NEMI	
0365.5	Orthophosphate by automated colorimetric	600/R-97-072		/nerlcwww	/ordmeth	09/01/1997
0365.6	Orthophosphate in Wet Depositon	600/4-86-024				03/01/1986
0366.0	Dissolved Silicate by gas segmented CF/CA	600/R-97-072		/orthmeth	NEMI	09/01/1997
0370.1	Silica, Dissolved - Colorimetric	600/4-79-020			NEMI	
0375.1	Sulfate - Colorimetric, Automated, Chloranilate	600/4-79-020			NEMI	
0375.2	Sulfate - Colorimetric, Automated, Methylthymol	600/4-79-020			NEMI	
0375.2	Sulfate - Colorimetry, Automated	600/R-93-100			www	08/01/1993
0375.3	Sulfate - Gravimetric	600/4-79-020			NEMI	
0375.4	Sulfate - Turbidimetric	600/4-79-020			NEMI	
0376.1	Sulfide - Titrimetric, Iodine	600/4-79-020			NEMI	
0376.2	Sulfide - Colorimetric, Methylene Blue	600/4-79-020			NEMI	
0377.1	Sulfite - Titrimetric	600/4-79-020			NEMI	
0388-0393	Helminth ova or cysts in sludge	625/R-92-013			www	11/25/1991
0405.1	Biochemical Oxygen Demand (BOD) - 5 Days, 20 C	600/4-79-020			NEMI	
0410.1	Chemical Oxygen Demand - Titrimetric, Mid-Level	600/4-79-020			NEMI	
0410.2	Chemical Oxygen Demand - Titrimetric, Low Level	600/4-79-020			NEMI	
0410.3	Chemical Oxygen Demand - Titrimetric, High Level	600/4-79-020			NEMI	
0410.4	Chemical Oxygen Demand - Colorimetric	600/4-79-020			NEMI	
0410.4	Chemical Oxygen Demand - Semi-Automated Colorim	600/R-93-100			www	08/01/1993
0413.1	Oil & Grease, Total, Recoverable - Gravimetric	600/4-79-020		see 1664	www	
0413.2	Oil & Grease, Total Recoverable - Spectrophot.	600/4-79-020			www	
0415.1	Organic Carbon, Total - Combustion or Oxidation	600/4-79-020			NEMI	
0415.2	Organic Carbon, Total - UV Promoted	600/4-79-020			www	
0418.1	Petroleum Hydrocarbons, Total Recoverable	600/4-79-020			www	
0420.1	Phenols - Spectrophot/4-AAP	600/4-79-020			NEMI	
0420.2	Phenols - Colorimetric/4-AAP	600/4-79-020			NEMI	
0420.3	Phenols - Spectrophot/MBTH	600/4-79-020			www	
0420.4	Total Recoverable Phenolics - Semi-Automated Col	600/R-93-100			www	08/01/1993
0425.1	Surfacants Methylene Blue Active Substant (MBAS)	600/4-79-020			NEMI	
0430.1	NTA - Colorimetric, Manual, Zinc-Zincon	600/4-79-020			www	
0430.2	NTA - Colorimetric, Automated, Zinc-Zincon	600/4-79-020			www	
0435	Asbestos in Serpentine Aggregate CARB Method 435				/ttn/emc	10/10/1991
0440.0	Carbon & Nitrogen in sediments & particulates	600/R-97-072		/ordmeth	NEMI	09/01/1997
0445.0	In Vitro Chlorophyll & Pheophytin by fluorescence	600/R-97-072		/nerlcwww	/ordmeth	09/01/1997
0446.0	In Vitro Chlorophylls & Pheopigments in algae	600/R-97-072		/nerlcwww	/ordmeth	09/01/1997
0447.0	Chlorophylls & other pigments by HPCL	600/R-97-072		/nerlcwww	/ordmeth	09/01/1997
0450.1	Total Organic Halide	600/4-81-056				
0501.1	Trihalomethanes in Drinking Water -purge & trap			01A0008190		11/01/1979
0501.2	Trihalomethanes in DW liquid/liquid extraction	999Zb1118		01A0008190	www NEPI	11/01/1979
0501.3	Trihalomethanes in Drinking Water - GC/MS			01A0005114		
0502.1	Volatile Halogenated Organic Compounds in Water	600/4-88-039			www	07/01/1991
0502.2	Volatile Organic Compounds - Water/Purge & Trap	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
0503.1	Volatile Aromatic & Unsaturated Organic Compound	600/4-88-039			www	07/01/1991

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0504	EDB, DBCP - DW by Microextraction	600/4-88-039			www	07/01/1991
0504.1	EDB, DBCP, 123TCP by Microextractin & GC	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
0505	Organohalide Pesticides & PCB Products by GC	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
0505	Organohalide Pesticides & PCB Products in Water	821/R-93-010-B			CD	01/01/1989
0506	Phthalate & Adipate Esters in DW by LLE or LSE	821/R-93-010-B			NEMI	07/01/1990
0506	Phthalate & Adipate Esters/Liquid-Liquid or LSE	600/R-95-131			www	08/01/1995
0507	Nitrogen- & Phosphorus-Containing Pesticides	821/R-93-010-B			CD	01/01/1989
0507	Pesticides, Nitrogen & Phosphorus in GW by GC	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
0508	Chlorinated Pesticides in Water by GC/ECD	821/R-93-010-B			CD	01/01/1989
0508	Pesticides, Chlorinated in Water by GC with ECD	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
0508.1	Chlorinated Pesticides, Herbicides & Organohal.	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
0508.1	Chlorinated pesticides/herbicides/organohalides				CD	01/01/1994
0508A	PCBs screening by perchlorination & GC				NEMI	01/01/1989
0509	Ethylene Thiourea (ETU) - GC				CD	12/01/1992
0509	Ethylene Thiourea (ETU) in Water by GC	600/R-95-131			www	08/01/1995
0510.1	Trihalomethane, Maximum Total - Potential	600/4-81-044				
0513	Dioxin (TCDD) & GC/MS [replaced by 1613A]	600/4-90-020			www	07/01/1990
0515.1	Chlorinated Acids by GC/ECD	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
0515.1	Chlorinated Acids in Water by GC/ECD	821/R-93-010-B			CD	01/01/1989
0515.2	Chlorinated acids - liquid-solid extraction/GC/				CD	08/01/1992
0515.2	Chlorinated Acids (Herbicides) by LSE & GC/ECD	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
0515.2	Chlorinated Acids in Water by LSE/GC/ECD	821/R-93-010-B			CD	08/01/1992
0515.3	Chlorinated Acids (herbicides)in DW / LLE GC/ECD	815/R-00-014			NEMI	07/01/1996
0515.4	Chlorinated Acids in DW by LL fast GC/ECD			01A0008028	NEMI	04/01/2000
0524.1	VOC - by Purge & Trap/Packed Column GS/MS	600/4-88-039			www	07/01/1991
0524.2	Purgeable organic compounds - capillary column				CD	08/01/1992
0524.2	VOCs (MTBE) - Purge & Trap / Cap Column GC/MS	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
0525	Organic Compounds in Drinking Water by LSE/GC/M			01A0008190		01/01/1988
0525.1	Organic Compounds by Liquid/Solid Extract GCMS	600/4-88-039			www	07/01/1991
0525.1	Organic Compounds in Drinking Water by LSE/GC/M	821/R-93-010-B			CD	05/01/1991
0525.2	Organic compounds - LSE/capillary/GCMS				CD	03/01/1994
0525.2	Organic Compounds in DW by LSE/Cap Col GC/MS	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
0526	Semivolatile organic by SPE & cap col GC/MS	815/R-00-014			NEMI	06/01/2000
0528	Phenols in DW by SPE & cap col GC/MS	815/R-00-014			NEMI	04/01/2000
0531.1	N-Methylcarbamoyloximes & N-Methylcarbamates	821/R-93-010-B			CD	01/01/1989
0531.1	N-Methylcarbamoyloximes/ates - Aqueous In/HPLC	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
0531.2	N-Methylcarbamoyloximes/ates - Aqueous In/HPLC	815/B-01-002			www	09/01/2001
0532	Phenylurea compounds in DW by SPE & HPLC/UV	815/R-00-014			NEMI	06/01/2000
0547	Glyphosate by HPLC	600/4-90-020			NEMI	07/01/1990
0547	Glyphosate in DW - Direct-Aqueous-Injection HPLC	821/R-93-010-B			CD	07/01/1990
0548	Endothall in DW - LSE	600/4-90-020			www	07/01/1990
0548	Endothall in DW - LSE/GC/ECD	821/R-93-010-B			CD	07/01/1990
0548.1	Endothall by LSE & GC/MS	600/R-92-129			NEMI	08/01/1992
0548.1	Endothall in DW - Ion-Exchange Extraction/GCMS	821/R-93-010-B			CD	08/01/1992
0549	Herbicides (Diquat & Paraquat) by LSE	600/4-90-020			www	07/01/1990
0549.1	Diquat & Paraquat by LSE & HPLC with Ultraviolet	600/R-92-129			www	08/01/1992
0549.2	Diquat & Paraquat - LSE / HPLC/UD	815/R-00-014			NEMI	06/01/1997
0550	PAHs by Liquid-Liquid Extraction (LLE) & HPLC	600/4-90-020			NEMI	07/01/1990

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0550.1	PAHs by Liquid-Solid Extraction (LSE) & HPLC	600/4-90-020			NEMI	07/01/1990
0551	Chlorination Disinfection Byproducts/Solvents	600/4-90-020			www	07/01/1990
0551	Trihalomethanes, Total by LLE/GC/ECD	600/4-90-020			www	07/01/1990
0551.1	Chlorination Disinfection Byproducts, Pesticides	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
0552	Haloacetic Acids by LLE & GC/ECD	600/4-90-020			www	07/01/1990
0552.1	Dalapon & Haloacetic Acids by LSE & GC/ECD	600/R-92-129			NEMI	08/01/1992
0552.2	Haloacetic Acids & Dalapon in DW by LLE/GC/ECD	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
0553	Benzidine & Nitrogen-containing Pesticides	600/R-92-129			www	08/01/1992
0553	Benzidines & Nitrogen-Containing Pesticides	821/R-93-010-B			CD	08/01/1992
0554	Carbonyl Compounds & Formaldehyde by HPLC	600/R-92-129			www	08/01/1992
0555	Chlorinated Acids by HPLC	600/R-92-129			NEMI	08/01/1992
0555	Chlorinated Acids in Water - HPLC	821/R-93-010-B			CD	08/01/1992
0556	Carbonyl Compounds in DW by PD/GC/ECD			01A0007878	NEMI	06/01/1998
0556.1	Carbonyl compounds in DW by fast GC	815/R-00-014			NEMI	09/01/1999
0601	Purgeable Halocarbons	/waterscience	136 App A		NEMI	
0602	Benzene, Chlorobenzene, Ethylbenzene.	/waterscience	136 App A		NEMI	
0602	Purgeable Aromatics	/waterscience	136 App A		NEMI	
0602	Toluene, Dichlorobenzene, 1,3 & 1,2 & 1,4	/waterscience	136 App A		NEMI	
0603	Acrolein & Acrylonitrile	/waterscience	136 App A		NEMI	
0604	Phenols	/waterscience	136 App A		NEMI	
0604.1	Dichlorophen & Hexachlorophene	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0605	Benzidines	/waterscience	136 App A		NEMI	
0606	Phthalate Ester	/waterscience	136 App A		NEMI	
0607	Nitrosamines	/waterscience	136 App A		NEMI	
0608	PCBs & Organochlorine Pesticides	/waterscience	136 App A		NEMI	
0608.1	Organochlorine Pesticides in Wastewater	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0608.2	Chlorothalonil, DCPA, Dichloran, Methoxychlor	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0608.2	Organochlorine Pesticides in Wastewater - GC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0608.2	Permethrin	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0609	Nitroaromatics and Isophorone	/waterscience	136 App A		NEMI	
0610	Polynuclear Aromatic Hydrocarbons	/waterscience	136 App A		NEMI	
0611	Haloethers	/waterscience	136 App A		NEMI	
0612	Chlorinated Hydrocarbons	/waterscience	136 App A		NEMI	
0613	Dioxin, TCDD [use 1613A]	/waterscience	136 App A		NEMI	
0614	Pesticides, Organophosphorus In WW	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0614.1	Pesticides, Organophosphorous in WW	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0614.1	Pesticides: Ethion/EPN/Dioxathion/Terbufos	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0615	Herbicides, Chlorinated (Dinoseb) - Wastewater	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0616	Cycloprate/Kinoprene/Methoprene/Resmethrin	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0616	Pesticides, Carbon/Hydrogen/Oxygen Containing	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0617	Pesticides, Organohalide & PCBs in WW	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0618	Pesticides, Volatile:Chloropicrim/Ethyl Dibromid	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0619	Pesticides, Triazine: Simetryn/Terbutryn in WW	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0620	Diphenylamine - Wastewater by GC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0622	Pesticides, Organophosphorus: Trichloronate - WW	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0622.1	Pesticides, Thiophosphate:Aspon/Phosmet/Thionazi	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0624	Purgeables	/waterscience	136 App A		NEMI	
0624-S	Organic Priority Pollutants in Sludges	600/4-84-001				

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0625	Acids and Base/Neutrals including PCBs	/waterscience	136 App A		NEMI	
0625-S	Priority Pollutants, Organic, in Sludges	600/4-84-001				
0627	Pesticides, Dinitroaniline in Wastewater	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0629	Cyanazine - Pesticides in Wastewater	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0630	AOP/Busan/Carban/Ferban/Mancozeb/Maneb/Metham	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0630	KN Methyl/Polyram/Thiram/Zineb/Ziram/ZAC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0630	Nabam/Niacide/Sodium Dimethyldithiocarbamate	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0630	Pesticides, Dithiocarbamates in Wastewater	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0630.1	Amobam/Busan/Ferban/KN Methyl/Nabam/Nabonate	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0630.1	EDX/Metham/Thiram/Zineb/Ziram	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0630.1	Pesticides, Dithiocarbamates by GC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0631	Pesticides: Benomyl & Carbendazim in Wastewater	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0632	Carbofuran/Fluometuron/Methomyl/Oxamyl - in WW	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0632	Pesticides, Carbamate and Urea	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0632.1	Pesticides, Carbamate & Amide	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0632.1	Pesticides: Napropamide/Propanil/Vacor	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0633	Metribuxin/Terbacil/Triadimefon/Tricyclozole	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0633	Pesticides, Organonitrogen: Bromacil/Deet/Hexazin	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0633.1	Pesticides, Natural Nitrogen-Containing	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0633.1	Pesticides: Fenarimol/MGK/Pronamide	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0634	Butylate/cycloate/EPTC/Molinate/Pebulate/Vernola	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0634	Pesticides, Thiocarbamate in WW - GC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0635	Rotenone - LC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0636	Bensulide - LC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0637	MBTS & TCMTB in Wastewater by LC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0638	Oryzalin in Wastewater	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0639	Bendiocarb - Wastewater by LC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0640	Mercaptobenzothiazole in Wastewater by LC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0641	Thiabendazole	821/R-93-010-A			CD	08/01/1993
0642	Biphenyl and o-Phenylphenol by LC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0643	Bentazon (Basagran) - Wastewater by LC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0644	Picloram in Wastewater - LC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0645	Alachlor/Butachlor/Diphenamid/Norflurazon/Flurid	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0645	Pesticides, Certain Amine & Lethane in WW - GC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0646	Pesticides, Dinitro Aromatic by GC	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0646	Pesticides: Basalin (Fluchloralin)/CDN/Dinocap	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
0680	PCBs & pesticides in water & soil/sediment -GCMS			01A0005295	CD	11/01/1985
0681	Dioxins & Furans, Chlorinated (CDD & CDF) - Soil			01A0006706		12/15/1986
0810	Product performance test guidelines - TSCA/FIFRA				www OPPT	
0830	Product properties test guidelines - TSCA/FIFRA				www OPPT	09/22/1996
0835	Fate, transport & transformation guidelines	TSCA/FIFRA			www OPPT	04/21/1996
0840	Spray drift test guidelines - TSCA/FIFRA				www OPPT	
0850	Ecological effects test guidelines - TSCA/FIFRA				www OPPT	05/01/1996
0860	Residue chemistry test guidelines - TSCA/FIFRA				www OPPT	
0870	Health effects test guidelines - TSCA/FIFRA				www OPPT	06/25/1996
0875	Occupational & residential exposure guidelines	TSCA/FIFRA			www OPPT	09/29/1996
0880	Biochemicals test guidelines - TSCA/FIFRA				www OPPT	09/25/1996
0885	Microbial pesticide test guidelines - TSCA/FIFRA				www OPPT	

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
0900	Radioactivity, Gross Alpha and Gross Beta	600/4-80-032			NEMI	08/01/1980
0900.1	Radium, Gross Alpha Screening Procedure	600/4-80-032			www	
0901	Radioactive Cesium	600/4-80-032			www	08/01/1980
0901.1	Radionuclides, Gamma Emitting	600/4-80-032			www	
0902	Radioactive Iodine	600/4-80-032			www	
0903	Radium, Alpha-Emitting Isotopes	600/4-80-032			www	08/01/1980
0903.1	Radium-226 Radon Emanation Technique	600/4-80-032			NEMI	08/01/1980
0904	Radium-228	600/4-80-032			www	
0905	Radioactive Strontium	600/4-80-032			www	
0906	Tritium	600/4-80-032			www	
0907	Actinide Elements	600/4-80-032			www	
0908	Uranium - Radiochemical Method	600/4-80-032			www	
0908.1	Uranium - Fluorometric Method	600/4-80-032			www	
0908.2	Uranium - Laser Indirect Fluorometry in DW	600/4-80-032			www	
0909	Lead-210 in Drinking Water			01A0004860		
0910	Thorium - Drinking Water			01A0004860		
0911	Plutonium in Drinking Water			01A0004860		
0912	Polonium-210 in Drinking Water			01A0004860		
0913	Radon in DW by Liquid Scintillation Counting			01A0006252		05/01/1991
1000	Survival & Growth - Fathead Minnow Larval	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
1001	Lead in DW by DPASV (differential pulse anodic)			01A0007909		08/01/1999
1001	Survival & Teratogenicity -Fathead Minnow Larval	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
1002	Survival & Reproduction - Ceriodaphnia	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
1003	Growth of Green Alga - Chronic Toxicity	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
1004	Survival & Growth - Sheepshead Minnow Larval	821/R-02-014		WET	www	10/01/2002
1005	Shell Development - Pacific Oyster & Mussel	600/R-95-136			www	08/01/1995
1005	Survival & Teratogenicity - Minnow Embryo Larval	821/R-02-014		WET	www	10/01/2002
1006	Larval Survival & Growth - Inland Silverside	821/R-02-014		WET	www	10/01/2002
1006	Larval Survival & Growth - Toppsmelt	600/R-95-136			www	08/01/1995
1007	Survival & Growth - Mysid	600/R-95-136			www	08/01/1995
1007	Survival, Growth & Fecundity - Mysid	821/R-02-014		WET	www	10/01/2002
1008	Fertilization - Sea Urchin & Sand Dollar	600/R-95-136			www	08/01/1995
1008	Fertilization, Sea Urchin - Chronic Toxicity	821/R-02-014		WET	www	10/01/2002
1009	Germination & Germ-Tube Length - Giant Kelp	600/R-95-136			www	08/01/1995
1009	Reproduction - Red Macroalga	821/R-02-014		WET	www	10/01/2002
1010	Ignitability - Pensky-Martins Closed-Cup Method	SW-846 Ch 8.1			www	09/01/1986
1010A	Ignitability - Pensky-Martins Closed-Cup Method	SW-846 Ch 8	Update IIIB		www	10/30/2002
1020A	Ignitability - Setaflash Closed-Cup Method	SW-846 Ch 8.1			www	07/01/1992
1020B	Ignitability - Small scale closed-cup Method	SW-846 Ch 8	Update IIIB		www	10/30/2003
1030	Ignitability of Solids	SW-846 Ch 6			www	12/01/1996
1040	Oxidizing Solids (conical pile type burning UN)	SW-846 www	Update IVB		www	09/01/1199
1050	Substances Liable to Spontaneous Combustion	SW-846 www	Update IVB		www	07/01/1999
1103.1	E. coli & Enterococci in Water - Membrane Filter	600/4-85-076			www	07/01/1985
1103.1	E. coli modified (mTEC)	821/R-97-004			www	03/01/2000
1104	E. coli in Drinking Water/EC Medium with Mug Tub	600/4-91-016			www	07/01/1991
1105	E. coli in Drinking Water /Nutrient Agar/Mug Tub	600/4-91-016			www	07/01/1991
1106.1	Enterococci Bacteria in Water by Membrane Filter	600/4-85-076			www	07/01/1985
1106.1	Original Enterocci method	821/R-97-004			www	03/01/2000

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
1110	Corrosivity Toward Steel	SW-846 Ch 8.2			www	09/01/1986
1110A	Corrosivity Toward Steel	SW-846 Ch 8	Update IIIB		www	10/30/2002
1120	Dermal Corrosion	SW-846 Ch 6			www	12/01/1996
1310A	Extraction Procedure (EP) Toxicity Test	SW-846 Ch 8.4			www	07/01/1992
1310B	Extraction Procedure (EP) Toxicity & struct inte	SW-846 Ch 8	Update IIIB		www	10/30/2002
1311	TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure	SW-846 Ch 8.4			www	07/01/1992
1312	Synthetic Precipitation Leaching Procedure	SW-846 Ch 6			www	09/01/1994
1320	Extraction Procedure, Multiple for Delisting	SW-846 Ch 6			www	09/01/1986
1330A	Extraction Procedure for Oily Wastes	SW-846 Ch 6			www	07/01/1992
1556A	Organohalide pesticides -ww, soil, tissue-GC/HSD	821/R-93-017			www	
1600	Membrane Filter for Enterococci (mEI Agar)	821/R-97-004		/microbes	www	05/01/1997
1601	Somatic Coliphage in DW enrichment presence	821/R-01-030		/nerlcwww	www	04/01/2001
1602	Male-specific & somatic coliphage by SAL	821/R-01-029		/nerlcwww	www	04/01/2001
1605	Aeromonas -finished water / membrane filtration	821/R-01-034		/nerlcwww	www	09/01/2000
1613	Dioxins & Furans - HRGC/HRMS	821/B-94-005			NEMI	10/01/1994
1613A	Furans (CDFs) & Dioxins, Tetra- through Octa	821/R-93-017			www	10/01/1993
1613B	Dioxins, tetra- thru octa- (CDDs) & Furans (CDFs	821/B-94-005	136 App A		www	10/01/1994
1618	Aldrin/Chlordane/Diazinon/Dinoseb/Endrin/Phosmet			01A0006086		07/01/1989
1618	Herbicides, Phenoxy-acid by Wide Bore Capillary			01A0006086		07/01/1989
1618	Pesticides, Organo-halide/phosphorus:Malathion			01A0006086		07/01/1989
1620	Metals by ICP, FGAA and CVAA			01A0006085	CD	09/01/1989
1622	Cryptosporidium in Water by Filtration/IMS/FA	821/R-01-026			NEMI	04/01/2001
1623	Cryptosporidium & Giardia by Filtration/IMS/FA	821/R-01-025			NEMI	04/01/2001
1624B	Volatile Organic Compounds - Isotope Dilution		136 App A		NEMI	
1624C	Volatile Organics/VOCs by Isotope Dilution GCMS			01A0006089	CD	01/22/1991
1625B	Semivolatile Organic Compounds -Isotope Dilution		136 App A		NEMI	
1625C	Semivolatile Organic Compounds/Isotope Dillution			01A0006089	CD	01/22/1991
1630	Methyl Mercury in Water by Distillation...CVAFS			01A0007846	NEMI	08/01/1998
1631	Mercury in Water/ Oxidation, Purge & Trap, CVAFS	821/R-96-012			CD	01/01/1996
1631B	Mercury in Water by Oxidation Purge & Trap CVAFS	821/R-99-005	136 App A		www	06/08/1999
1631C	Mercury in Water by Oxidation Purge & Trap CVAFS	821/R-01-024			NEMI	03/01/2001
1631D	Mercury in Water by Oxidation Purge & Trap CVAFS	821/R-02-019			www	08/01/2002
1632	Inorganic Arsenic - hydride generation FAA	821/R-96-013			NEMI	07/01/1996
1632A	Arsenic in Water & tissue by HGQ/FAA	821/R-01-006			SEL2-TRA	01/01/2000
1636	Chromium, Hexavalent by Ion Chromatography	821/R-96-003			NEMI	01/01/1996
1637	Trace Elements in Ambient Waters by Chelation	821/R-96-004			NEMI	01/01/1996
1638	Trace Elements in Ambient Waters by ICP/MS	821/R-96-005			NEMI	01/01/1996
1639	Trace Elements in Ambient Waters by Stabilized	821/R-96-006			NEMI	01/01/1996
1640	Trace Elements in Ambient Waters by On-Line Chel	821/R-96-007			NEMI	01/01/1996
1648	Organic Halides - Solid Matrices/Neutron Activat				CD	06/01/1991
1650	Organic Halides, Absorbable (AOX)			ver 1 CD	CD	11/01/1996
1650B	Organic Halides, Absorbable (AOX)	821/R-93-017			www	10/01/1993
1650C	Adsorbably organic halides - Adsorption/titratio				CD	08/01/1997
1651	Oil & Diesel Oil / Drilling Muds & Drill Cutting	821/R-92-008			www	12/01/1992
1653	Chlorinated Phenolics - In Situ Acetylation/GCMS	821/R-93-017			NEMI	12/01/1991
1653A	Chlorinated Phenolics - In Situ Acetylation/GCMS				CD	11/01/1996
1654	PAH Content of Oil by HPLC/UV	821/R-92-008			www	12/01/1992
1656	Organohalide Pesticides	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
1656A	Organohalides-ww, soil, sludge, sediment, tissue	821/R-00-017			SEL-01	09/01/2000
1657	Organophosphorus Pesticides	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
1657A	Organo-Phosphorus in ww, soil, sed, tissue	821/R-00-018			SEL2-BIO	09/01/2000
1658	Phenoxy-Acid Pesticides	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
1659	Dazomet	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
1660	Pyrethrins & Pyrethoids	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
1661	Bromoxynil	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
1662	Total Extractable Material in Drilling Mud /SDS	821/R-92-008			www	12/01/1992
1662A	Total extractable material in drilling mud - SDS				CD	
1663	Differentiation of Diesel & Crude Oil by GC/FID	821/R-92-008			www	12/01/1992
1663A	Differentiation of diesel & crude oil - GC/FI				CD	
1664	Oil & Grease and Total Petroleum Hydrocarbons	821/B-94-004b			NEMI	04/01/1995
1664A	Oil & Grease (HEM/SGT-HEM) by extraction	821/R-98-002		waterscien	NEMI	02/01/1999
1665	Semivolatile Organic Compounds - Pharmaceutical	821/B-94-001			CD	01/01/1995
1666	Volatile Organic Compounds - Pharmaceutical	821/B-94-001			CD	01/01/1995
1666A	Volatile Organic Compounds by Isotope Dilution	821/B-98-016			CD	07/01/1998
1667	Formaldehyde, Isobutyraldehyde, Furfural	821/B-94-001			CD	01/01/1995
1667A	Formaldehyde, Isobutraidehyde, Furfural	821/B-98-016			CD	07/01/1998
1668	PCBs in Water, Soil - Isotope Dilution HRGC/HRMS	821/R-97-001			www	03/01/1997
1668A	Chlorinated biopheny congeners by HRGC/HRMS	821/R-00-02		www	/Region8	12/01/1999
1669	Metals, Trace at Water Quality Criteria Levels	821/R-96-008			www	01/01/1996
1671	Volatile Organic Compounds - GC/FID	821/B-94-001			CD	01/01/1995
1671A	Volatile Organic Compounds by GC/FID	821/B-98-016			CD	07/01/1998
1673	Poly(ethylene glycol)-600 - Pharmaceutical	821/B-94-001			NEMI	01/01/1995
1677	OIA-Method 1677 available cyanide	821/R-99-013			ost/methods	08/01/1999
1680	Fecal coliform in biosolids -	821/R-98-003			CD	07/01/1998
1682	Salmonella sp. in biosolids	821/R-98-004			CD	08/01/1998
1683	Specific oxygen uptake rate (SOUR) in biosolids	821/R-01-014			CD	02/01/2000
1684	Total, fixed & volatile solids in biosolids	821/R-01-015			CD	02/01/1999
1685	Nitrate/nitrite-N in biosolids - auto photometry	821/R-01-016			CD	02/01/1999
1686	Nitrate/nitrite-N in biosolids/ manual colimetry	821/R-01-005			CD	02/01/1999
1687	Total Kjeldahl nitrogen / prelim distill digest	821/R-01-004			CD	02/01/1999
1688	Total Kjeldahl nitrogen /prelim semi-auto digest	821/R-01-007			CD	02/01/1999
1689	Ammonia-N /ion-selective electrode potentiometry	821/R-01-012			CD	02/01/1999
1690	Ammonia-Nitrogen / automated colimetry /	821/R-01-009			CD	02/01/1999
3005A	Acid Digestion of Waters for Metals - FAA/ICP	SW-846 Ch 3.2			www	07/01/1992
3010A	Acid Digestion of Aqueous Samples for Metals	SW-846 Ch 3.2			www	07/01/1992
3015	Microwave Assisted Acid Digestion/Aqueous Metals	SW-846 Ch 3.2			www	09/01/1994
3015A	Microwave Assisted Acid Digestion Aqueous Sample	SW-846 Ch 3.2	Update IVA		www	01/01/1998
3020A	Acid Digestion of Aqueous Samples - Metals/GFAA	SW-846 Ch 3.2			www	07/01/1992
3031	Acid Digestion of Oils for Metals by FLAA or ICP	SW-846 Ch 3.2			www	12/01/1996
3040A	Dissolution Procedure for Oils, Greases or Waxes	SW-846 Ch 3.2			www	12/01/1996
3050B	Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils	SW-846 Ch 3.2			www	12/01/1996
3051	Microwave Assisted Acid Digestion/Sludges, Soils	SW-846 Ch 3.2			www	09/01/1994
3051A	Microwave Asst Acid Digestion Sediments/Soil/Oil	SW-846 Ch 3.2	Update IVA		www	01/01/1998
3052	Microwave Assisted Acid Digestion of Siliceous..	SW-846 Ch 3.2			www	12/01/1996
3060A	Alkaline Digestion for Hexavalent Chromium	SW-846 Ch 3.2			www	12/01/1996
3200	Organic, inorganic & total mercury in soils	not available	SW-846 dev			

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
3500B	Organic Extractin & Sample Preparation	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
3500C	Organic Extraction and Sample Preparation	SW-846 www	Update IVB		www	01/01/1999
3510C	Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
3511	Organic compounds in water by microextraction	SW-846	new		www	11/01/2002
3520C	Continuous Liquid-Liquid Extraction - Organics	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
3535	Solid Phase Extraction (SPE) - Organics	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
3535A	Solid Phase Extraction (SPE)	SW-846 Ch 4.2.1	Update IVA		www	01/01/1998
3535A	Solid Phase Extraction (SPE) including explosive	SW-846 Ch 4.2.1	Update IVB		www	11/01/1998
3540C	Soxhlet Extraction - Organics	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
3541	Automated Soxhlet Extraction	SW-846 Ch 4.2.1			www	09/01/1994
3542	Extraction of Semivolatile Analytes using 0010	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
3545	Accelerated Solvent Extraction - Organics	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
3545A	Pressurized Fluid Extraction (PFE)	SW-846 Ch 4.2.1	Update IVA		www	01/01/1998
3546	Microwave Extraction	SW-846 www	Update IVB		www	09/01/1999
3550B	Ultrasonic Extraction - Organics	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
3550C	Ultrasonic Extraction (non or semi-volatile)	SW-846 www	Update IVB		www	03/01/1999
3560	Supercritical Fluid Extraction - TRPH (Petroleum	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
3561	Supercritical Fluid Extraction - PAH	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
3562	SFE of PCBs & Orgaochlorine Pesticides (OCPs)	SW-846 Ch 4.2.1	Update IVA		www	01/01/1998
3570	Microscale solvent extraction (MSE)	SW-846	new		www	11/01/2002
3580A	Waste Dilution	SW-846 Ch 4.2.1			www	07/01/1992
3585	Waste Dilution for Volatile Organics	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
3600C	Cleanup	SW-846 Ch 4.2.2			www	12/01/1996
3610B	Alumina Cleanup	SW-846 Ch 4.2.2			www	12/01/1996
3611B	Alumina Column Cleanup & Separation Petroleum	SW-846 Ch 4.2.2			www	12/01/1996
3620B	Florisil Column Cleanup	SW-846 Ch 4.2.2			www	12/01/1996
3620C	Florisil cleanup	SW-846 www	Update IVB		www	01/01/1999
3630C	Silica Gel Cleanup (florisil)	SW-846 Ch 4.2.2			www	12/01/1996
3640A	Gel-Preparation Cleanup	SW-846 Ch 4.2.2			www	09/01/1994
3650B	Acid Base Partition Cleanup	SW-846 Ch 4.2.2			www	12/01/1996
3660B	Sulfur Cleanup	SW-846 Ch 4.2.2			www	12/01/1996
3665A	Sulfuric Acid/Permanganate Cleanup	SW-846 Ch 4.2.2			www	12/01/1996
3810	Headspace - Screening Method (5021 replacement)	SW-846 Ch 4.5			www	09/01/1986
3815	Screen for Use of High of Low-Level VOA Prep/PID	SW-846 www	Update IVB		www	09/01/1999
3820	Hexadecane Extraction & Screening of Organics	SW-846 Ch 4.5			www	09/01/1986
4000	Immunoassay	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
4010A	Pentachlorophenol Screening by Immunoassay	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
4015	2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid by Immunoassay	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
4020	PCBs Screening by Immunoassay	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
4025	Dioxin PCDD/Fs screening by Immunoassay	SW-846	new		www	10/01/2002
4026	Coplanar polychlorinated biphenyls (PCBs)	not available	SW-846 dev			
4030	Petroleum Hydrocarbons Soil Screen by Immunoassay	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
4035	PAHs Soil Screening by Immunoassay	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
4040	Toxaphene Soil Screening by Immunoassay	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
4041	Chlordane Soil Screening by Immunoassay	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
4042	DDT Soil Screening by Immunoassay	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
4050	TNT Explosives in Water and Soils by Immunoassay	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
4051	RDX in Soil and Water by Immunoassay	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
4425	PCBs, Dioxins/Furans PAH - HRGS	SW-846 www	Update IVB		www	09/01/1999
4430	Dioxin TEQ by DELFIA Immunoassay	not available	SW-846 dev			
4500	Mercury in Soil by Immunoassay	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
4510	Lead in water & soil by immunoassay	not available	SW-846 dev			
4655	TNT and RDX - Flow cell detection Immunoassay	not available	SW-846 dev			
4656	TNT and RDX - fiberoptic florescent Immunoassay	not available	SW-846 dev			
4670	Triazine Herbicides as Atrazine by Immunoassay	SW-846 Ch 4.4	Update IVA		www	01/01/1998
5000	Sample Preparation for Volatile Organics	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
5021	VOCs in Soils/Solid Matrices by Equilibrium Head	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
5030B	Purge & Trap for Aqueous Samples - Organic	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
5031	Volatile, Nonpurgeable, Water-Soluble by Azeotro	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
5032	Volatile Organic Compounds - Vacuum Distillation	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
5035	Closed-System Purge/Trap/Extraction - Organics	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
5035 CLP-	Volatiles in low level soils	OLM04.2			www clp	
5035A	Closed-System Purge/Trap/Extraction - Organics	SW-846	new		www	07/01/2002
5041A	Desorption Sorbent Cartridges VOST - Cap GC/MS	SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
5050	Bomb Preparation Method for Solid Waste/Metallic	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
6010B	Inorganics by ICP - Atomic Emission Spectroscopy	SW-846 Ch 3.3			www	12/01/1996
6010C	Inorganics by ICP - AES	SW-846 Ch 3.3	Update IVB		www	
6020	Metals by ICP/MS	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
6020 CLP-	Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry			01A0007861		05/01/1990
6020A	Inductively Coupled Plasma/MS	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
6200	Field Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
6250	X-ray fluorescence spect elemental concentration	not available	SW-846 dev			
6300	X-ray diffraction - crystalline phases	not available	SW-846 dev			
6500	Inorganic Anions in Aqueous Matrices - CIE	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
6800	Elemental & Speciated Isotope Dilution MS	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
7000A	Metals by AA (Atomic Absorption Methods)	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
7000B	Flame Atomic Absorption Spectro (Consolidate FLAA	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
7010	Graphite Furnace Atomic Absorption (GFAA)	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
7020	Aluminum - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7040	Antimony - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7041	Antimony - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7060A	Arsenic - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
7061A	Arsenic - AA, Gaseous Hydride	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
7062	Antimony & Arsenic - AA, Gaseous Borohydride	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
7063	Arsenic in Aqueous Samples & Extracts by ASV	SW-846 Ch 3.3			www	12/01/1996
7080A	Barium - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
7081	Barium - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
7090	Beryllium - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7091	Beryllium - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7130	Cadmium - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7131A	Cadmium - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
7140	Calcium - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/06/1986
7190	Chromium - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7191	Chromium - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7195	Chromium, Hexavalent - Coprecipitation Method	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7196A	Chromium, Hexavalent - Colorimetric Method	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
7197	Chromium, Hexavalent - Chelation Extraction	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7198	Chromium, Hexavalent - Diff. Pulse Polarography	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7199	Hexavalent Chromium in DW, GW, WW by Ion Chro	SW-846 Ch 3.3			www	12/01/1996
7200	Cobalt - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7201	Cobalt - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7210	Copper - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7211	Copper - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
7380	Iron - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7381	Iron - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
7420	Lead - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7421	Lead - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7430	Lithium - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
7450	Magnesium - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7460	Manganese - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7461	Manganese - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
7470A	Mercury in Liquid Waste - Manual Cold Vapor Tech	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
7471A	Mercury in Solid or Semisolid Waste	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
7471B	Mercury in Solid/Semisolid Waste (Manual Cold-Va	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
7472	Mercury in Aqueous Samples & Extracts by ASV	SW-846 Ch 3.3			www	12/01/1996
7473	Mercury in Solids/Solutions - TDA/AAS	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
7474	Mercury in Sediment & Tissue Samples by AFS	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
7480	Molybdenum - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7481	Molybdenum - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7520	Nickel - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7521	Nickel by AA, Furnace Method	SW-846 Ch 3.3			www	12/01/1996
7550	Osmium - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7580	White Phosphorus by Solvent Extraction and GC	SW-846 Ch 3.3			www	12/01/1996
7610	Potassium - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7740	Selenium - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7741A	Selenium - AA, Gaseous Hydride	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
7742	Selenium - AA, Gaseous Borohydride	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
7760A	Silver - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
7761	Silver - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
7770	Sodium - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7780	Strontium - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
7840	Thallium - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7841	Thallium - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7870	Tin - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7910	Vanadium - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7911	Vanadium - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7950	Zinc - AA, Direct Aspiration	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
7951	Zinc - AA, Furnace Technique	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
8000B	Determinative Chromatographic Separations	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8011	DBCP & EDB by Microextraction & GC	SW-846 Ch 4.3.1			www	07/01/1992
8015B	Nonhalogenated Organics Using GC/FID	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8015C	Nohalogenated volatiles (GRO, DRO) / GC/FID	SW-846 Ch 4.3	Update IVB		www	
8021B	Halogenated Volatiles by GC+ Cap Column	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8031	Acrylonitrile by GC	SW-846 Ch 4.3.1			www	09/01/1994

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
8032A	Acrylamide by GC	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8033	Acetonitrile by GC with Nitrogen-Phosphorus	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8041	Phenols by GC: Capillary Column Technique	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8041A	Phenols by GC:	SW-846 Ch 4.3	Update IVB		www	
8061A	Phthalate Esters by Cap GC/ECD	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8070A	Nitrosamines by GC	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8081A	Organochlorine Pesticides by Cap Column GC	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8081B	Organochlorine Pesticides by GC	SW-846 Ch 4.3.1	Update IVA		www	01/01/1998
8081B	Organochlorine pesticides by GC with ECD or ELCD	SW-846 www	Update IVB		www	05/01/1999
8082	PCBs by Cap Column GC	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8082A	PCBs by GC	SW-846 www	Update IVB		www	05/01/1999
8085	Pesticides by GC/AED (Atomic Emission Detection)	SW-846	Update IVB		www	03/15/1999
8091	Nitroaromatics and Cyclic Ketones - Cap Column	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8095	Explosives by Gas Chromatography	SW-846 www	Update IVB		www	11/01/1998
8100	Polynuclear Aromatic Hydrocarbons	SW-846 Ch 4.3.1			www	09/01/1986
8111	Haloethers - Cap Column	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8121	Chlorinated Hydrocarbons by GC Cap	SW-846 Ch 4.3.1			www	09/01/1994
8131	Aniline & Selected Derivatives by Cap Column GC	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8141A	Organophosphorus Pesticides - GC Capillary Colum	SW-846 Ch 4.3.1			www	09/01/1994
8141B	Organophosphorus Compounds by GC	SW-846 Ch 4.3.1	Update IVA		www	01/01/1998
8141B	organophosphorus compounds by GC	SW-846	Update IVB		www	09/01/1999
8151A	Chlorinated Herbicides by GC+ Cap Column	SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
8260B	VOCs by GC/MS Capillary Column Technique	SW-846 Ch 4.3.2			www	12/01/1996
8261	Volatile Organic Compounds by VD/GC/MS	SW-846	Update IVB		www	03/15/1999
8265	VOCs in water, soil, soil gas, air by DSITMS	SW-846	new		www	03/01/2002
8270C	Semivolatile Organic Compounds by GC/MS Cap Col	SW-846 Ch 4.3.2			www	12/01/1996
8270D	Semivolatile Organic Compounds by GC/MS	SW-846 Ch 4.3.2	Update IVA		www	01/01/1998
8275A	PAHs and PCBs in Soils/Sludges by TE/GC/MS	SW-846 Ch 4.3.2			www	12/01/1996
8280A	PCDD and PCDF by HRGC/LRMS	SW-846 Ch 4.3.2			www	12/01/1996
8280B	PCDD and PCDF by HRGC/LRMS	SW-846 Ch 4.3.2	Update IVA		www	01/01/1998
8290	PCDD & PCDF - HRGC/HRMS	SW-846 Ch 4.3.3			www	09/01/1994
8290A	PCDD and PCDF by HRGC/HRMS	SW-846 Ch 4.3.2	Update IVA		www	01/01/1998
8310	Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAH) - HPLC	SW-846 Ch 4.3.3			www	09/01/1986
8315A	Carbonyl Compounds by HPLC	SW-846 Ch 4.3.3			www	12/01/1996
8316	Acrylamide, Acrylonitrile & Acrolein - HPCL	SW-846 Ch 4.3.3			www	09/01/1994
8318	N-Methylcarbamates - HPLC	SW-846 Ch 4.3.3			www	09/01/1994
8318A	N-Methylcarbamates by HPLC	SW-846 www	Update IVB		www	09/01/1999
8321A	Solvent Extractable Non-Volatile by HPLC/TS/MS	SW-846 Ch 4.3.3			www	12/01/1996
8321B	Solvent-Extractable Nonvolatile Compounds - UV	SW-846 Ch 4.3.3	Update IVB		www	01/01/1998
8322	Solvent-extractable non-volatile HPLC/E/MS UV	not available	SW-846 dev			
8323	Organotins by micro LC-ES-ITMS	SW-846	new		www	02/01/2003
8325	Solvent Extractable Non-Volatile by HPLC/PB/MS	SW-846 Ch 4.3.3			www	12/01/1996
8330	Nitroaromatics & Nitramines - HPLC	SW-846 Ch 4.3.3			www	09/01/1994
8330A	Nitroaromatics & Nitramines by HPLC	SW-846 Ch 4.3.3	Update IVA		www	01/01/1998
8331	Tetrazene - Reverse Phase HPLC	SW-846 Ch 4.3.3			www	09/01/1994
8332	Nitroglycerine by HPLC	SW-846 Ch 4.3.3			www	12/01/1996
8355	Polar organic compound/capillary electrophoresis	not available	SW-846 dev			
8410	Semivolatile Organics - GC/FT-IR Cap Column	SW-846 Ch 4.3.4			www	09/01/1994

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
8430	Bis(2-chloroethyl)ether Hydrolysis Prod GC/FT-IR	SW-846 Ch 4.3.4			www	12/01/1996
8440	Total Recoverable Petroleum Hydrocarbons - IS	SW-846 Ch 4.3.4			www	12/01/1996
8510	Field Method for RDX in Soil	SW-846	Update IVB		www	
8515	TNT in Soil by Coloimetric Screening	SW-846 Ch 4.5			www	12/01/1996
8520	Formaldehyde in Ambient Air, Continuous Measure	SW-846 Ch 4.3.4			www	12/01/1996
8535	TCE & other halogenated Aliphatic hydrocarbons	SW-846	Update IVB		www	09/11/2001
8540	Pentachlorophenol (PCP) - colimetric field test	SW-846	Update IVB		www	
9000	Water in Wastes by Karl-Fisher Titration	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
9001	Water in Waste Materials by Quantitative Calcium	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
9010B	Cyanide, Total and Amenable - Colorimetric, Manu	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
9010C	Cyanide, Total and Amenable - distillation	SW-846 Ch 5	Update IIIB		www	10/30/2002
9012A	Total and Amenable Cyanide - Colorimetric UV	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
9012B	Cyanide, total and amenable - colorimetric	SW-846 Ch 5	Update IIIB		www	02/13/2002
9013	Cyanide Extraction for Solids & Oils	SW-846 Ch 5			www	07/01/1992
9014	Cyanide - Titrimetric & Manual Spectrophotometri	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
9015	Total dissolved iron cyanide by ion chromatograp	not available	SW-846 dev			
9020B	Total Organic Halides (TOX)	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
9021	Purgeable Organic Halides (POX)	SW-846 Ch 5			www	07/01/1992
9022	Total Organic Halides (TOX)	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
9023	Extractible Organic Halides (EOX) in Solids	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
9030B	Sulfides, Acid-Soluble & Insoluble -Distillation	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
9031	Extractable Sulfides	SW-846 Ch 5			www	07/01/1992
9034	Sulfides, Acid-Soluble & Insoluble - Titrimetric	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
9035	Sulfate - Colorimetric, Automated, Chloranilate	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
9036	Sulfate - Colorimetric, Automated, Methylthymol	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
9038	Sulfate - Turbidimetric	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
9040B	pH - Electrometric Measurement	SW-846 Ch 8.2			www	01/01/1995
9040C	pH - Electrometric Measurement	SW-846 Ch 8	Update IIIB		www	10/30/2002
9041A	pH - Paper Method	SW-846 Ch 6			www	07/01/1992
9045D	Soil and Waste pH	SW-846 Ch 6	Update IIIB		www	10/30/2002
9050A	Specific Conductance	SW-846 Ch 6			www	12/01/1996
9056	Inorganic Anions by Ion Chromatography	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
9056A	Inorganic Anions by Ion Chromatography	SW-846 Ch 5	Update IVB		www	
9057	Chloride - Methods 50/51 by Anion Chromatography	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
9058	Perchlorate by Ion Chromatography	SW-846	Update IVB		www	
9060	Total Organic Carbon	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
9060A	Total Organic Carbon	SW-846 Ch 5	Update IIIB		www	10/30/2002
9065	Phenolics - Spectrophotometric, Manual 4-AAP	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
9066	Phenolics - Colorimetric Automated 4-AAP	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
9067	Phenolics - Spectrophotometric, MBTH	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
9070	Oil & Grease, Total Recoverable - Gravimetric	SW-846 Ch 5	replaced by	9070A&1664		09/01/1986
9070A	n-Hexane extractable material (HEM) - aqueous	SW-846 Ch 5	Update IIIB		www	10/30/2002
9070A*	Oil & grease method - referral to Method 1664				www	05/14/1999
9071A	Oil & Grease - Extraction for Sludge & Sediment	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
9071B	n-Hexane extractable material (HEM)/oil & grease				www	04/01/1998
9074	Petroleum Hydrocarbons in Soil by Turbidimetric	SW-846 Ch 4.5	Update IVA		www	01/01/1998
9075	Total Chlorine - New & Used Petroleum Prod/XRF	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
9076	Total Chlorine - New & Used Petroleum/Oxidative	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
9077	Total Chlorine - New & Used Petroleum-Field Kit	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
9078	PCBs in Soil Screening Test	SW-846 Ch 4.5			www	12/01/1996
9079	PCBs in Transformer Oil Screening Test	SW-846 Ch 4.5			www	12/01/1996
9080	Cation-Exchange Capacity of Soils (Ammonium)	SW-846 Ch 6			www	09/01/1986
9081	Cation-Exchange Capacity of Soils (Sodium)	SW-846 Ch 6			www	09/01/1986
9090A	Compatibility Test / Wastes & Membrane Liners	SW-846 Ch 6			www	07/01/1992
9095A	Paint Filter Liquids Test	SW-846 Ch 6			www	12/01/1996
9095B	Paint Filter Liquids Test	SW-846 Ch 6	Update IIIB		www	10/30/2002
9096	Liquid Release Test (LRT) Procedure	SW-846 Ch 6			www	09/01/1994
9100	Conductivity, Hydraulic/Leachate/Permeability	SW-846 Ch 6			www	09/01/1986
9131	Total Coliform - Multiple Tube Fermentation	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
9132	Total Coliform - Membrane Filter	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
9210	Nitrate - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Elec	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
9210A	Nitrate - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Elec	SW-846 Ch 5	Update IVB		www	
9211	Bromide - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Elec	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
9212	Chloride - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Ele	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
9213	Cyanide - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Ele	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
9214	Fluoride - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Ele	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
9215	Sulfide - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Ele	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
9216	Potentiometric Determination of Nitrite Aqueous	SW-846 Ch 5	Update IVA		www	01/01/1998
9250	Chloride - Colorimetric, Auto Ferricyanide AAI	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
9251	Chloride - Colorimetric, Auto Ferricyanide AAI	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
9253	Chloride - Titrimetric, Silver Nitrate	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
9310	Alpha & Beta Particles, Gross	SW-846 Ch 6			www	09/01/1986
9315	Alpha-Emitting Radium Isotopes	SW-846 Ch 6			www	09/01/1986
9320	Radium-228	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
AIR	Carbon Monoxide - Non-Dispersive Infrared Photo		50 App C		www	
AIR	Lead in Particulate Matter from Ambient Air		50 App G		www	
AIR	Nitrogen Dioxide - Gas Phase Chemiluminescence		50 App F		www	
AIR	Ozone in Atmosphere - measurment & calibration		50 App D		www	
AIR	Particulate Matter in Atmosphere - High-Volume		50 App B		www	
AIR	Sulfur Dioxide in Atmosphere - Pararosaniline		50 App A		www	
ALT 001-7	Approved Alternatives air emission methods				/ttn/emc	
AMES	Salmonella/Microsomal Mutagenicity Assay (Ames)	600/4-82-068				03/01/1983
AN208	Coliform & E. coli / Colisure medium (IDEXX Lab)			01A0007292		01/01/1996
AQUATIC	Algal Acute Toxicity Test		797.1050		www	
AQUATIC	Daphnid acute toxicity test		797.1300		www	
AQUATIC	Daphnid chronic toxicity test		797.1330		www	
AQUATIC	Fish acute toxicity test		797.1400		www	
AQUATIC	Fish early life stage toxicity test		797.1600		www	
AQUATIC	Mysid shrip acute toxicity test		797.1930		www	
AQUATIC	Mysid shrip chronic toxicity test		797.1950		www	
AQUIFER	Groundwater Level/Pressure Measurement (4.1-4.5	625/R-93-003a			www	05/01/1993
ASBESTO	Asbestos - bulk insulation samples interim		763 Sub E	App E	www	
ASBESTO	Asbestos in Bulk Building Materials	600/R-93-116				07/01/1993
ASBESTO	Asbestos Screening for Soil & Sediment			01A0007115	www	12/05/1997
ASBESTO	Asbestos, Airborne by Electron Microscopy			01A0006408		07/01/1984
ASBESTO	Clearance Test - Asbestos Abatement Completion	560/5-89-001				05/01/1989

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
ASH	Microbial Survivability - Med Waste Incinerator				/ttn/emc	02/06/1997
ATMP	Antimicrobial Testing Methods & Procedures			/oppbead1	/methods	
AVS	Acid Volatiale Sulfide (AVS) in Sediment	821/R-91-100			www	12/03/1991
BIF	BIF (Burning Hazardous Waste/Boilers & Furnaces		266 App IX		www	12/01/1990
BIOASSE	Estuarine & coastal marine bioassessmen	822/B-00-024			www	12/01/2000
BIOMONI	Biomonitoring, in Situ - Marine Sewage	600/4-83-000				
BIOMONI	Macroinvertebrate - Biological Integrity	600/4-90-030			www	11/01/1990
BIOMONI	Molluscs, Caged for In Situ Biomonitoring	600/4-83-000				
BIOMONI	RPBs - Rapid Bioassessment of Periphyton, fish	841/B-99-002			www	07/01/1999
BLOOD	Volatile Organic Compounds in Whole Blood	560/5-87-008				
CEMS PS	CEMS Performance Specifications (PS-1 to PS-9)				/ttn/emc	
CHARAC	Vadose Zone Hydrologic Properties (6.6.1-6.3.3)	625/R-93-003b			www	05/01/1993
CHARAC	Vadose Zone Infiltration, Flux (7.1.1-7.5.6)	625/R-93-003b			www	05/01/1993
CHARAC	Vadose Zone Water Budget Models (8.1.1-8.4.6)	625/R-93-003b			www	05/01/1993
CLP	Contract Laboratory Program - CLP SOW, Guideline				www clp	
CLP-SOW	Dioxins & Furans	DLM01.4			/superfund	
CLP-SOW	Inorganics - multi media, multi-concentration	ILM04.0			/superfund	
CLP-SOW	Organics - multi-media, multi-concentration	OLM04.2			/superfund	
CLP-SOW	Organics analysis - low concentration water	OLC02.1.			/superfund	
CTM 1-30	EMC Conditional Test Methods				/ttn/emc	
DISPERS	Swirling flask dispersant effectiveness test		300 App C		www	
DREDGE	Dredged Material - Inland Testing Manual	823/B-98-004			www	02/01/1998
DREDGE	Dredged Material Disposal in NE waters			01A0008260	www	09/17/2001
DREDGE	Dredged Material in Open Waters - Region 1			01A0006218		05/15/1989
DREDGE	Dredged Material Testing for Ocean Disposal	503/8-91-001			www	02/01/1991
ECM	Pesticides in soil & water			/oppbead1	/methods	
EMAP	Ecological condition/non-wadeable rivers/streams	620/R-00-007				09/01/2000
EMAP	Estuaries laboratory methods manual	620/R-95-008			www EMA	08/01/1995
EMAP	Lakes - surface waters field operations manual	620/R-97-001			www EMA	06/01/1997
EMAP	Streams - field & lab for macroinvertebrate			01A0007986	www /maia	07/01/1997
EMAP	Surface water - Ecological condition of wadeable	620/R-94-004F			www	09/01/1998
EMISSIO	Microbial Survivability - Medical Waste Incinera				/ttn/emc	02/06/1997
EQ-01+	Calibration (EQ-01 thru EQ-08)Microbio Lab			/oppbead1	/methods	
EQUIVAL	Designated reference & equivalent air methods				ttn/amtic/	
ESTUARI	Bacteria, Enterococcus	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Bacteria, Fecal Coliform	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Bacteria, Total Coliform (TC)	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Biochemical Oxygen Demand (BOD)	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Carbon, Total Organic (TOC)	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Chemical Oxygen Demand (COD)	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Grain Size	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Infauna	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Oil & Grease	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Particulates, Floating	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Phytoplankton	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Priority Pollutant - Organic Compounds, Metals	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Salinity	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Solids, Total Volatile	430/9-86-004				03/01/1986

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
ESTUARI	Solids, Total Water Content	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Sulfides, Total & Water Soluble	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Tissue/Demersal Fishes & Epibenthic Macroinvert	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Tissue/Priority Pollutant Metals - Bioaccumulat	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Tissue/Priority Pollutant Organic Compounds	430/9-86-004				03/01/1986
ESTUARI	Transmissivity	430/9-86-004				03/01/1986
EV-024/25	Total Tin & Triorganotin (AUTOCHEM North Americ	821/R-93-010-A			CD	08/01/1996
FATE	Chemical fate testing guidelines		796			
FIELD	PCBs - Field Screening by SPE Membranes	540/R-94-519			www	10/01/1994
FIELD IN	Calibration of field instruments - Region 1 SOP			01A0008143	wpd	06/03/1998
FISH	Bioassessment, Surface Waters - Fish Field & Lab	600/R-92-111			www	03/01/1993
FISH	Fish & Shellfish Tissue - sampling & analysis	823/B-00-007			www	11/01/2000
FISH	IBI (Index of Biotic Integrity) - Surface Waters	600/R-92-111			www	03/01/1993
FISH	IWB (Index of Well-Being) - Surface Waters	600/R-92-111			www	03/01/1993
FISH	PCDF & PCDD in Fish	600/3-90-022				03/01/1990
FISH	Pesticides in Fish	600/3-90-023				03/01/1990
FISH	QHEI (Qualitative Habitat Evaluation Index)	600/R-92-111			www	03/01/1993
FISH	Sampling Surface Waters - Fish Field & Lab	600/R-92-111			www	03/01/1993
FISH	Xenobiotic Chemical Contaminants in Fish	600/3-90-023				03/01/1990
FM-01	Field Atomic Absorption Analysis	540/2-88-005				09/01/1988
FM-02	Heavy Metals - X-Ray Fluorescence in Laboratory	540/2-88-005				09/01/1988
FM-03	Heavy Metals - X-Ray Fluorescence / On-Site	540/2-88-005				09/01/1988
FM-04	Volatile Organic Compounds - Air Monitoring Prog	540/2-88-005				09/01/1988
FM-05	Volatile Organic Compounds - GC/ Auto Head Samp	540/2-88-005				09/01/1988
FM-06	Volatile Organic Compounds - Headspace / Ion Det	540/2-88-005				09/01/1988
FM-07	Volatile Organic Compounds - Headspace / OVA	540/2-88-005				09/01/1988
FM-08	Volatile Organic Compounds - Headspace / HNU	540/2-88-005				09/01/1988
FM-09	Volatile Organic Compounds - Headspace/Mobile GC	540/2-88-005				09/01/1988
FM-10	Soil Gas Sampling, Passive - Industrial Hygiene	540/2-88-005				09/01/1988
FM-11	Soil Gas Sampling - Mini-Barrel Sampler	540/2-88-005				09/01/1988
FM-12	Soil Gas Sampling - One-Liter Syringe	540/2-88-005				09/01/1988
FM-13	Soil Gas Sampling - Direct Injection Stopper	540/2-88-005				09/01/1988
FM-14	Soil Gas Sampling - Perforated Tube	540/2-88-005				09/01/1988
FM-15	Soil Gas Sampling - Tenax Tubes	540/2-88-005				09/01/1988
FM-16	Soil Gas Sampling - Downhole Profiling	540/2-88-005				09/01/1988
FM-17	Soil Gas Sampling - Direct Injection Auger	540/2-88-005				09/01/1988
FM-18	PCB - GC On-Site Lab Hexane/Methanol/H2O Extr	540/2-88-005				09/01/1988
FM-19	PCB - GC On-Site Lab Hexane Extraction	540/2-88-005				09/01/1988
FM-20	PCB - GC On-Site Lab Hexane/Methanol Extraction	540/2-88-005				09/01/1988
FM-21	PCB - GC On-Site Lab Hexane/Acetone Extraction	540/2-88-005				09/01/1988
FM-22	Pesticide - GC/ECD Hexane/Methanol Extraction	540/2-88-005				09/01/1988
FM-23	Pesticide - Isothermal GC/ECD Hexane Extraction	540/2-88-005				09/01/1988
FM-24	Phenol - Liquid-Liquid Extraction & GC	540/2-88-005				09/01/1988
FM-25	PAH - GC with Heated Column	540/2-88-005				09/01/1988
FM-26	PNA, Total - Ultraviolet Fluorescence Spectropho	540/2-88-005				09/01/1988
FM-D1	Trace Atmospheric Gas Analyzer (TAGA)	540/2-88-005				09/01/1988
FM-D2	Pesticide by Bonded Sorbents	540/2-88-005				09/01/1988
FM-D3	Semivolatile by Bonded Sorbents	540/2-88-005				09/01/1988

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
FM-D4	Trace Organic - Immunoassays	540/2-88-005				09/01/1988
FM-D5	Environmental Monitoring - Fiber Optic Sensors	540/2-88-005				09/01/1988
FUEL	Diesel, Sampling		80 App G		www	
FUEL	Fuel, Sampling for Volatility		80 App D		www	
FUEL	Gasoline - Reid Vapor Pressure (RVP)		80 App E		www	03/22/1989
FUEL	Gasoline, Determination of Phosphorus		80 App A		www	
FUEL	Gasoline, Quantity of Alcohol - Water Extraction		80 App F 1		www	03/22/1989
FUEL	Gasoline, Quantity of MBTE by GC		80 App F 2		www	03/22/1989
FUEL	Lead in Gasoline - Automated Method by AAS		80 App B 2		www	
FUEL	Lead in Gasoline - Standard Method by AAS		80 App B 1		www	
FUEL	Lead in Gasoline - X-Ray Spectrometry		80 App B 3		www	04/04/1991
GEOPHYS	Remote Sensing & Surface Geophysical (1.1-1.6)	625/R-93-003a			www	05/01/1993
GLP	Good Laboratory Practice Standards		792		www	
GUIDANC	Data Validation Manual - EPA New England			region01	/oeme	12/01/1996
GUIDANC	Trace Metal Clean Rooms - Establish in Existing	821/B-95-001			www	04/01/1995
GUIDANC	Trace Metals, Documentation & Evaluation of Data	821/B-95-002			www	04/01/1995
GUIDELI	aquatic environmental effects guidelines		797		www	
GUIDELI	chemical/environmental/health effects guidelines		795		www	
GUIDELI	Health effects test guidelines - TSCA		799		www	
GUIDELI	Health Effects Testing Guidelines		798		www	
GUIDELI	Reg 1 Lab Data Validation-volatile/semivolatile			01A0006125		02/01/1988
H-02	Tritium - radiochemical / dioxane method	520/5-84-006			CD	08/01/1994
H2S	Hydrogen Sulfide released from wastes - guidance	SW-846 Ch 7.3			www	12/01/1996
HCN	Hydrogen Cyanide released from wastes - guidance	SW-846 Ch 7.3			www	12/01/1996
HRS	Hazardous Waste Ranking System		300 App A		www	
ICR	DBP/ICR methods manual	814/B-96-002			www	04/01/1996
ICR	Giardia & Cryptosporidium - ICR Microbial	600/R-95-178			www	04/01/1997
ICR	ICR Sampling manual	814/B-96-001			www	04/01/1996
ICR	Protozoa & Enteric Virus Sample Collection	814/B-95-001			www	06/01/1995
ICR	Protozoan Method - Giardia & Cryptosporidium	814/B-95-003			www	06/01/1995
ICR	Virus Monitoring Protocol - Info Collection Req	814/B-95-002			www	06/01/1995
IMMUNO	Immunoassay - sampling & analysis techniques	540/R-94-509			www	03/01/1994
IMMUNO	Immunoassay Guidlines (IA) Planning Env Projects			01A0007541	www	10/01/1996
INDOOR	Asbestos	600/8-90-041			www	06/01/1990
INDOOR	Formaldehyde	600/8-90-041			www	
INDOOR	Indoor Air	600/8-90-041			www	
INDOOR	Indoor Air Quality Protocols - Large Buildings	600/A-92-226				06/01/1992
INDOOR	Non-Ionizing Radiation	600/8-90-041			www	
INDOOR	Organic Compounds	600/8-90-041			www	06/01/1990
INDOOR	PAHs	600/8-90-041			www	
INDOOR	Paricles	600/8-90-041			www	
INDOOR	Pesticides	600/8-90-041			www	
INDOOR	Radon	600/8-90-041			www	06/01/1990
INDOOR	Tobacco Smoke	600/8-90-041			www	
INORGAN	Inorganic Analytes	SW-846 Ch 3	Update IVA		www	01/01/1998
INORGAN	Sample Preparation Methods - Inorganic Analytes	SW-846 Ch 3.2			www	12/01/1996
IO-1	PM10 - continuous determination of SPM in ambien	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-1.1	PM10 - Andersen Continuous Beta Attenuation	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
IO-1.2	PM10 - Thermo Environmental Instruments (Wedding	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-1.3	PM10 - Rupprecht & Patashnick (R&P) TEOM Particle	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-2	PM10 - Integrated sampling of SPM in ambient	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-2.1	PM10 and SPM - High Volume (HV) Sampler	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-2.2	PM10 - Andersen Dichotomous Sampler	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-2.3	PM10 - Rupprecht & Patashnick LV Partisol Sample	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-2.4	PM10 - Calculations for Standard Volume	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-3	Suspended PM - chemical species /filter-collect	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-3.1	SPM - selection, preparation & extraction	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-3.2	SPM - Metals in ambient by AAS	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-3.3	SPM - Metals in ambient PM by XRF	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-3.4	SPM - Metals in ambient by ICP	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-3.5	PM - Metals in ambient by ICP/MS	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-3.6	SPM - Metals in ambient by Proton X-Ray (PIXE)	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-3.7	SPM - Metals / Neutron Activation (NAA)	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-4	PM 2.5 - acidic & basic gases by Annular Deuder	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-4.1	PM 2.5 - strong acidity of atmospheric	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-4.2	PM 2.5 - reactive acidic & basic gases	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IO-5	Mercury - Sampling & analysis by CVAFS	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
IP-1	VOCs in Indoor Air	600/4-90-10				04/01/1990
IP-10	Respirable Particulate Matter (PM) in Indoor Air	600/4-90-10				04/01/1990
IP-10A	Size Specific Impaction	600/4-90-10				04/01/1990
IP-10B	Continuous Particulate Monitor	600/4-90-10				04/01/1990
IP-1A	Stainless Steel Canister	600/4-90-10				04/01/1990
IP-1B	Solid Adsorbent Tubes	600/4-90-10				04/01/1990
IP-2	Nicotine in Indoor Air	600/4-90-10				04/01/1990
IP-2A	XAD-4 Sorbent Tubes	600/4-90-10				04/01/1990
IP-2B	Treated Filter Cassette	600/4-90-10				04/01/1990
IP-3	Carbon Monoxide or Carbon Dioxide in Indoor Air	600/4-90-10				04/01/1990
IP-3A	Nondispersive Infrared (NDIR)	600/4-90-10				04/01/1990
IP-3b	Gas Filter Correlation (GFC)	600/4-90-10				04/01/1990
IP-3C	Electrochemical Oxidation	600/4-90-10				04/01/1990
IP-4	Air Exchange Rate in Indoor Air	600/4-90-10				04/01/1990
IP-4A	Perfluorocarbon Tracer (PFT)	600/4-90-10				04/01/1990
IP-4B	Tracer Gas	600/4-90-10				04/01/1990
IP-5	Nitrogen Dioxide in Indoor Air	600/4-90-10				04/01/1990
IP-5A	Continuous Luminex Monitor	600/4-90-10				04/01/1990
IP-5B	Palmer Diffusion Tube	600/4-90-10				04/01/1990
IP-5C	Passive Sampling Device	600/4-90-10				04/01/1990
IP-6	Formaldehyde & other Aldehydes in Indoor Air	600/4-90-10				04/01/1990
IP-6A	Solid Adsorbent Cartridge	600/4-90-10				04/01/1990
IP-6B	Continuous Colorimetric Analyzer	600/4-90-10				04/01/1990
IP-6C	Passive Sampling Device	600/4-90-10				04/01/1990
IP-7	Benzo(a)Pyrene [B(a)P] & PAHs in Indoor Air	600/4-90-10				04/01/1990
IP-8	Organochlorine Pesticides in Indoor Air	600/4-90-10				04/01/1990
IP-9	Reactive Acidic, Basic Gases, PM in Indoor Air	600/4-90-10				04/01/1990
LEACHA	Leaching Methods, Compilation & Evaluation of	600/2-78-095				
LEACHA	Water Balance Method For Predicting Leachate	530/SW-168				

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
LEAD	Lead Levels by XRF Instruments/Chemical Test Kit	747/R-95-002a			www	05/01/1995
LMMB(10)	Lake Michigan Mass Balance - Water sampling			waterscien	www	
LMMB(12)	Lake Michigan Mass Balance - Plankton sampling			waterscien	www	
LMMB(1-	Lake Michigan Mass Balance - Air sampling			waterscien	www	
LMMB(19)	Lake Michigan Mass Balance - Sediment sampling			waterscien	www	
LMMB(25)	Lake Michigan Mass Balance - Fish sampling			waterscien	www	
LMMB(28)	Lake Michigan Mass Balance - Organic (PCB, PAH)			waterscien	www	
LMMB(45)	Lake Michigan Mass Balance - Mercury analysis			waterscien	www	
LMMB(54)	Lake Michigan Mass Balance - Metals analysis			waterscien	www	
LMMB(58)	Lake Michigan Mass Balance - Conventional			waterscien	www	
LMMB(82)	Lake Michigan Mass Balance - Radiochemistry			waterscien	www	
LMMB(85)	Lake Michigan Mass Balance - Biomonitoring			waterscien	www	
LMMB(90)	Lake Michigan Mass Balance - Shipboard Measures			waterscien	www	
M-14A	Total Fluoride - Primary Aluminum Plants				/ttn/emc	12/02/1996
MB-01+	Microbiology Lab antimicrobial SOPs				/oppbead1	
MDL	Method Detection Limit (MDL), Rev. 1.11		136 App B	www	CD	02/04/1994
METALS	Precision & Accuracy/Recovery for Metals - ICP		136 App D	www	CD	
MICROBI	Actinomycetes - Microbiological Monitoring	600/8-78-017			www	
MICROBI	Coliform Sampling / Nutrient Agar plus MUG		141.21		www	06/01/1990
MICROBI	Coliform Sampling, E. coli		141.21		www	06/01/1990
MICROBI	Coliform Sampling, E. coli / ONPG-MUG (Coli-ert)		141.21		www	06/01/1990
MICROBI	Coliform Sampling, E. coli/EC Medium plus MUG		141.21		www	06/01/1990
MICROBI	Coliforms, Fecal - Monitoring of Water & Wastes	600/8-78-017			www	
MICROBI	Coliforms, Total - Monitoring of Water & Wastes	600/8-78-017			www	
MICROBI	E. coli & total coliform/Membrane Filter/MI agar	600/R-00-013		/microbes	www	02/01/2000
MICROBI	Fecal Coliforms - Microbiological Monitoring	600/8-78-017			www	
MICROBI	Fecal Streptococci - Microbiological Monitoring	600/8-78-017			www	
MICROBI	Giardia Cysts & Cryptosporidium Oocysts in Water	814/B-95-003			/nerlcwww	
MICROBI	Salmonella - Microbiological Monitoring/Water	600/8-78-017			www	
MICROBI	Standard Plate Count (SPC)	600/8-78-017			www	
MISC	Miscellaneous Test Methods	SW-846 Ch 5	Update IVA		www	01/01/1998
MNA	Natural Attenuation of Chlorinated Solvents	600/R-98-128			www	09/01/1998
MONITO	Groundwater	SW-846 Ch 11			www	09/01/1986
MONITO	Incineration	SW-846 Ch 13			www	09/01/1986
MONITO	Land Treatment	SW-846 Ch 12			www	09/01/1986
MONITO	Leachate/GW at Solid Waste Disposal Facilities	530/SW-611				
MONITO	Low-Level Radioactive Waste/Deep Ocean Sediment	520/1-88-002				08/01/1988
MONITO	Monitoring Wells, Design & Construction (A.1-A.7	625/R-93-003a			www	05/01/1993
MONITO	Soil & Foliar in Long-Term Environ Monitoring	600/R-95-077			www	06/01/1995
MONITO	Vadose Zone Soil-Solute/Gas (9.1.1-9.5.2)	625/R-93-003b			www	05/01/1993
MONITO	Volunteer Estuary Monitoring Methods	842/B-93-004		/owow	www	12/01/1993
MONITO	Volunteer Lake Monitoring	440/4-91-002		/owow	/monitoring	12/01/1991
MONITO	Volunteer Stream Monitoring	841/B-97-003		/owow	www	11/01/1997
MPA	Microscopic particulate analysis consensus	910/9-92-029				10/01/1992
NAT_ATT	Natural Attenuation - methane, ethane, ethene			01A0008217	www	02/21/2002
NATATTE	Methane, ethane, ethene - natural attenuation				www	07/01/2001
NCASI 25	Color - Pulping Wastes & Receiving Waters	821/R-93-017			www	06/01/1978
NITODNO	Nitric Oxide, Nitrogen Dioxide & NOx - Electro				/ttn/emc	06/15/1995

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
OIA-1677	Available Cyanide by Flow Injection (FIA)/Ligand	821/R-99-013			www	07/07/1998
OPPTS	OPPTS Harmonized Test Guidelines				/OPPTS	03/01/1996
ORGANIC Cleanup - Organic Analytes		SW-846 Ch 4.2.2			www	12/01/1996
ORGANIC Cleanup - Organic Analytes		SW-846 Ch 4.2.2 Update IVA			www	01/01/1998
ORGANIC Determination of Organic Analytes		SW-846 Ch 4.3 Update IVA			www	01/01/1998
ORGANIC Extractions & Preparations - Organic Analytes		SW-846 Ch 4.2.1			www	12/01/1996
ORGANIC Gas Chromatographic (GC) Methods		SW-846 Ch 4.3.1			www	12/01/1996
ORGANIC Gas Chromatographic/Mass Spectroscopic Methods		SW-846 Ch 4.3.2 Update IVA			www	01/01/1998
ORGANIC Immunoassay Methods		SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
ORGANIC Immunoassay Methods		SW-846 Ch 4.4 Update IVA			www	01/01/1998
ORGANIC Infrared Methods		SW-846 Ch 4.3.4			www	12/01/1996
ORGANIC Infrared Methods		SW-846 Ch 4.3.4 Update IVA			www	01/01/1998
ORGANIC Miscellaneous Screening Methods		SW-846 Ch 4.5			www	12/01/1996
ORGANIC Miscellaneous Screening Methods		SW-846 Ch 4.5 Update IVA			www	01/01/1998
ORGANIC Organic Analytes		SW-846 Ch 4 Update IVA			www	01/01/1998
PCB	PCBs in Transformer Fluid and Waste Oils	600/4-81-045			www	
PCBs	Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Fish	600/3-90-023				03/01/1990
PEST	Pesticides in Humans and Environmental Samples	600/8-80-038				06/01/1980
PEST-04	Pesticides in GW - HPLC/Ultraviolet Detector	EMSL		01A0005658		
PF	Performance Specifications 1-7		60 App B		www	
PM10	PM10 - Particulate Matter as PM10 in Atmosphere		50 App J		www	08/07/1987
PM10	PM10 - Particulate Matter as PM10 in Atmosphere		50 App M		www	08/07/1987
PM2.5	PM2.5 - fine particulate matter in atmosphere		50 App L		www	12/13/1996
PP-001	Pesticides, Chlorinated - Neutrals/Sediments	600/4-81-055				
PP-002	Pesticides, Chlorinated in Fish	600/4-81-055				
PP-003	Arsenic and Selenium in Sediment	600/4-81-055				
PP-003	Selenium in Sediment	600/4-81-055				
PP-005	Metals in Fish	600/4-81-055				
PP-005	Metals in Sediment	600/4-81-055				
PP-006	Mercury in Fish	600/4-81-055				
PP-007	Mercury in Sediment	600/4-81-055				
PP-008	Phenols in Sediment	600/4-81-055				
PP-009	Cyanide in Fish	600/4-81-055				
PP-010	Cyanide in Sediment	600/4-81-055				
PP-011	Volatile Organics - Fish by Purge & Trap	600/4-81-055				
PP-012	Organics, Purgeable in Sediment	600/4-81-055				
PP-012	Purgeable Organics in Sediment	600/4-81-055				
PP-013	Organics, General in Sediment	600/4-81-055				
PRE 1-4	Preliminary Methods				/ttn/emc	
PROPEL	Velocity & Volumetric Flowrate - Cyclonic Flow				/ttn/emc	08/22/1996
PROPERT	Solid & Hazardous Wastes	SW-846 Ch 6			www	12/01/1996
QA/G-10	Developing a training program for quality system	240/B-00-004			quality1/	12/01/2000
QA/G-4	Data quality objectives process	600/R-96-055			quality1/	08/01/2000
QA/G-4D	Decision Error Feasibility Trials DEFT software	600/R-96-056			quality1/	09/01/1994
QA/G-4H	DQO process for hazardous waste sites	600/R-00-007			quality1/	01/01/2000
QA/G-5	Quality assurance project plans	600/R-98-018			quality1/	02/01/1998
QA/G-5i	Data quality indicators				quality1/	09/01/2001
QA/G-5S	Sampling design for environmental data collect				quality1/	08/01/2000

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
QA/G-6	Preparation - Standard Operating Procedures SOPs	240/B-01-004			quality1/	03/01/2001
QA/G-7	Technical audits & assessments	600/R-99-080			quality1/	01/01/2000
QA/G-8	Environmental data verification & validation				quality1/	06/01/2001
QA/G-9	DQA practical methods for data analysis	600/R-96-084			quality1/	07/01/2000
QA/G-9D	DQA assessment statistical toolbox (DataQUEST)	600/R-96-085			quality1/	12/01/1997
QA/R-1	Requirements for Environmental Programs	EPA Manual 536			quality1/	05/01/2000
QA/R-2	Quality Management Plans (replace 004/80)	240/B-01-002			quality1/	03/01/2001
QA/R-5	Requirements for QA project plans	240/B-01-003			quality1/	03/01/2001
QA-01+	Microbio Lab SOP's (QC-01-QA-03)			/oppbead1	/methods	
QA-GUID	Region 1 Compendium of QA Project Plan Guidance			01A0007832	www	10/01/1999
QC-01+	Microbio Lab SOP's (QC-01-QC-20)			/oppbead1	/methods	
QUALITY	Choosing the Correct Procedure	SW-846 Ch 2	Update IVA		www	01/01/1998
QUALITY	Quality Control Procedures	SW-846 Ch 1			www	07/01/1992
Ra-03	Radium-226 radiochemical in water	520/5-84-006			CD	08/01/1994
Ra-04	Radium-226 radiochemical de-emanation	520/5-84-006			CD	08/01/1994
Ra-05	Radium-228 radiochemical in water	520/5-84-006			CD	08/01/1994
RA-CI-A&	Gross alpha & beta in drinking water	600/4-75-008			CD	03/01/1976
RA-CI-Ces	Radioactive Cesium in drinking water	600/4-75-008			CD	03/01/1976
RA-CI-Io-	Radioactive Iodine in DW - distillation	600/4-75-008			CD	03/01/1976
RA-CI-Io-	Radioactive Iodine in DW - precipitation	600/4-75-008			CD	03/01/1976
RA-CI-R2	Radium-226 in DW - radon emanation	600/4-75-008			CD	03/01/1976
RA-CI-R2	Radium-228 in DW - sequential method	600/4-75-008			CD	03/01/1976
RA-CI-Ra	Alpha-emitting radium isotopes in DW - precip	600/4-75-008			CD	03/01/1976
RA-CI-Str	Radioactive strontium in drinking water	600/4-75-008			CD	03/01/1976
RA-CI-Trit	Tritium in drinking water	600/4-75-008			CD	03/01/1976
RADON	Radon & Radon Decay Product Measurement Devices	402/R-92-004			www	07/01/1992
RADON	Radon & Radon Decay Product Measurements / Homes	402/R-92-003			www	06/01/1993
RADON	Radon, Protocols for Screening and Measurement	520/1-86-014				02/01/1987
RA-LV-A	Gross alpha & beta in water	EMSL-LV-0539-			CD	03/01/1979
RA-LV-Iso	Isotopic analysis by gamma ray spectra / lithium	EMSL-LV-0539-			CD	03/01/1979
RA-LV-Pl	Plutonium, uranium & thorium / soil, air, tissue	EMSL-LV-0539-			CD	03/01/1979
RA-LV-Ra	Radium-226 & Radium-228 / soil, air, tissue	EMSL-LV-0539-			CD	03/01/1979
RA-LV-Str	Strontium-89 & -90 / vegetation, soil, tissue	EMSL-LV-0539-			CD	03/01/1979
RA-LV-Tri	Tritium / water & biological tissue	EMSL-LV-0539-			CD	03/01/1979
RAM	Pesticide residue in food & feed commodities			/oppbead1	/methods	
RCRA	Groundwater monitoring draft technical guidance	530/R-93-001			www	11/01/1992
REACTIV	Solid & Hazardous Wastes - Characteristics	SW-846 Ch 8.3			www	12/01/1996
RSK SOP	Dissolved gases: methane, ethane, ethylene in gw			01A0008284		12/12/2001
SAMPLES	Sediment & Water Samples - Handling & Analysis			01A0005044		05/01/1981
SAMPLIN	Groundwater guidlines for Superfund & RCRA	542/S-02-001			/tio	05/01/2002
SAMPLIN	Asbestos - Small Water Systems/Sample & Monitor	814/B-94-001			www	07/01/1994
SAMPLIN	Coal Overburdens & Minesoils, Field & Lab Anal	600/2-78-054				03/01/1978
SAMPLIN	Coliform, total coliform rule - drinking water	816/R-01-017A				06/01/2001
SAMPLIN	Coliwasa - Composite Liquid Waste Sampler	600/2-80-018			www	
SAMPLIN	Drilling & Solids Sampling (2.1.1-2.5.3)	625/R-93-003a			www	05/01/1993
SAMPLIN	Drilling Methods for Groundwater Sampling	600/2-81-160				
SAMPLIN	Explosives in Soil - Field Sampling- RDX/TNT/HMX	540/R-97-501			sss	11/01/1996
SAMPLIN	Field Sampling & Analysis Technologies Matrix	542/B-98-002		www.frtr.	gov	03/01/1998

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
SAMPLIN	Geophysical Logging of Boreholes (3.1.1-3.6.3)	625/R-93-003a			www	05/01/1993
SAMPLIN	Grain Sampler - Powdered or Granular Waste	600/2-80-018			www	
SAMPLIN	Groundwater Quality Sampling Procedures	600/2-81-160				
SAMPLIN	Groundwater Sampling	600/2-81-160				
SAMPLIN	Groundwater Sampling & Monitoring	600/2-85-104			www	09/01/1985
SAMPLIN	Groundwater Sampling (5.1-5.7)	625/R-93-003a			www	05/01/1993
SAMPLIN	Groundwater Sampling (B.1-B.4)	625/R-93-003a			www	05/01/1993
SAMPLIN	Inorganic Compounds - Small Water Systems	814/B-94-001			www	07/01/1994
SAMPLIN	Lead in Drinking Water - Nursery School/Day Care	812/B-94-003				04/01/1994
SAMPLIN	Lead Sampling - Collect Soil & Dust Wipe/Vacuum	747/R-95-001				03/01/1995
SAMPLIN	Low-flow (minimal drawdown) groundwater	540/S-95-504			tio/pub.htm	04/01/1996
SAMPLIN	Minesoils & Coal Overburdens, Field & Lab	600/2-78-054				03/01/1978
SAMPLIN	Monitoring Well Design	600/2-85-104			www	09/01/1985
SAMPLIN	Monitoring Wells for Groundwater Sampling	600/2-81-160				
SAMPLIN	Municipal Waste Combustion Ash for TC	530/R-95-036			www	06/01/1995
SAMPLIN	Nitrite & Nitrate - Small Water Systems	814/B-94-001			www	07/01/1994
SAMPLIN	NPDES Storm Water Sampling Guidance	833/B-92-001				07/01/1992
SAMPLIN	Organic Compounds - ambient gaseous/particles	600/4-83-027				
SAMPLIN	Pesticide Sampling - NEIC			01A0005249		08/01/1985
SAMPLIN	Pond Sampler - Liquid Wastes	600/2-80-018			www	
SAMPLIN	QA/QC Plan & Data Validation Procedures -Removal	540/G-90-004			www	04/01/1990
SAMPLIN	Radon, Indoor & Decay Product Measurements	402/R-92-004			www	07/01/1992
SAMPLIN	RCRA waste - updates SW-846 Chapter 9	530/D-02-002			www	
SAMPLIN	Sample Collection Protocol	600/2-85-104			www	09/01/1985
SAMPLIN	Sampling House Dust for Lead by Wipe & Vacuum	747/R-95-007				09/01/1995
SAMPLIN	Sludge, Ntl Sewage Survey Procedures & Protocols			01A0006083		08/01/1989
SAMPLIN	Soil Samplers - Auger, Sampling Trier	600/2-80-018			www	
SAMPLIN	Soil sampling guidance -Superfund	540/R-95-141			www.ert.org	12/01/1995
SAMPLIN	Soil Sampling Protocols	600/R-92-128			www	07/01/1992
SAMPLIN	Soils - Description & Sampling Field Guide	625/12-91-002				11/01/1991
SAMPLIN	Subsurface Solids for Groundwater Quality	600/2-81-160				
SAMPLIN	Synthetic Organic Compounds (SOC) - Small Water	814/B-94-001			www	07/01/1994
SAMPLIN	Trowel or Scoop - Sampling Solid Waste	600/2-80-018			www	
SAMPLIN	Veihmeyer Soil Sampler	600/2-80-018			www	
SAMPLIN	VOCs - Comparison of VOA Compositing Procedures	821/R-95-035			www	09/01/1995
SAMPLIN	VOCs - Small Water Systems / Sample & Monitor	814/B-94-001			www	07/01/1994
SAMPLIN	Weighted Bottle Sampler - Storage Tanks, Wells	600/2-80-018			www	
SAMPLIN	Well Development, Hydraulic Performance/Purging	600/2-85-104			www	09/01/1985
SAMPLIN	Well, Drilling & Completion Methods	600/2-85-104			www	09/01/1985
SCREEN	Field Screening & Analytical (10.1.1-10.6.6)	625/R-93-003b			www	05/01/1993
SCREEN	Purgeable Organic Compounds, Rapid Screening			01A0005957		06/29/1983
SCREEN	Screening Method for Air Toxics Emission Factors				/ttn/emc	10/11/1991
SEDIMEN	Apparent Effects Threshold Approach (AET)	823/R-92-006			www	09/01/1992
SEDIMEN	Bulk Sediment Toxicity Test Approach (BSTT)	823/R-92-006			www	09/01/1992
SEDIMEN	Equilibrium Partitioning Approach (EqP)	823/R-92-006			www	09/01/1992
SEDIMEN	Estuarine & Marine sediments - pesticides	503/6-90-004				05/01/1986
SEDIMEN	field sample sediments & interstitial water	823/B-01-002			www	10/01/2001
SEDIMEN	Freshwater Benthic Macroinvertebrate Community	823/R-92-006			www	09/01/1992

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
SEDIMEN	Greenbook Approach for Ocean Disposal	823/R-92-006			www	09/01/1992
SEDIMEN	Interstitial Water Tox Ident Eval (TIE) Approach	823/R-92-006			www	09/01/1992
SEDIMEN	Marine Benthic Community Structure Assessment	823/R-92-006			www	09/01/1992
SEDIMEN	National Status and Trends Program Approach	823/R-92-006			www	09/01/1992
SEDIMEN	Sediment Assessment Strategy Recommended by IJC	823/R-92-006			www	09/01/1992
SEDIMEN	Sediment Bioaccumulation, Bedded Marine/Estuarin	600/R-93-183				09/01/1993
SEDIMEN	Sediment Quality Triad Approach	823/R-92-006			www	09/01/1992
SEDIMEN	Spiked-Sediment Toxicity Test Approach (SSTT)	823/R-92-006			www	09/01/1992
SEDIMEN	Tissue Residue Approach	823/R-92-006			www	09/01/1992
SOD	SOD (Sediment Oxygen Demand) by Bench Model			01A0006379	www	05/01/1979
SOIL	Soil Sampling Quality Assurance User's Guide	600/8-89-046			www	03/01/1989
SOIL	VOC Soil Sampling & Analysis	540/4-91-001				02/01/1991
SOIL Tox	Sediment 28-d chronic toxicity - marine amphipod	600/R-01-020			www	03/01/2001
SOIL-ATT	Adsorption, Batch-Type - Soil Attenuation	530/SW-87-006			www	
SOIL-GAS	Off-Site / Portable Gas Chromatograph	600/8-87-036				
SOIL-GAS	Portable THC Analyzer	600/8-87-036				
SOIL-GAS	Soil Gas Sampling, Grab of VOCs - LGAS	600/2-87-027				
SOIL-GAS	VOC Analyzer - Adsorbent	600/8-87-036				
SOIL-GAS	VOC Analyzer - Flame Inization Detector (FID)	600/8-87-036				
SOIL-GAS	VOC Analyzer - Photoionization Detector (PID)	600/8-87-036				
SOIL-GAS	VOC Analyzer - Whole Air	600/8-87-036				
SOIL-GAS	VOC Portable Analyzer - Non-dispersive Infrared	600/8-87-036				
SOIL-GAS	VOCs, Subsurface - Soil-Gas Passive Sampling	600/2-87-027				
SOP	Field screening for VOC in aqueous, soil & drum			01A0008123		03/01/1998
SOP #2006	Sampling Equipment Decontamination				www.ert.org	
SOP #2007	Groundwater Well Sampling				www.ert.org	01/26/1995
SOP #2009	Drum Sampling				www.ert.org	
SOP #2010	Tank Sampling				www.ert.org	
SOP #2011	Chip, Wipe & Sweep Sampling				www.ert.org	
SOP #2012	Soil Sampling				www.ert.org	
SOP #2013	Surface Water Sampling				www.ert.org	
SOP #2015	Asbestos Sampling				www.ert.org	
SOP #2016	Sediment Sampling				www.ert.org	
SOP #2017	Waste Pile Sampling				www.ert.org	
SOP #2020	7-Day Standard Test - Larval Pimephales Promelas				www.ert.org	
SOP #2021	24-Hour Rangefinding - Daphnia Magna or Pulex				www.ert.org	
SOP #2022	96-Hour Acute - Larval Pimephales Promelas				www.ert.org	
SOP #2023	24-Hour Rangefinding -Larval Pimephales Promelas				www.ert.org	
SOP #2024	48-Hour Acute - Daphnia Magna or Daphnie Pulex				www.ert.org	
SOP #2025	7-Day Static Renewal - Ceridaphnia Dubia				www.ert.org	
SOP #2026	7-Day Static Toxic- Larval Pimephales Promelas				www.ert.org	
SOP #2027	96-Hour Static - SelenastrumCapricornutum				www.ert.org	
SOP #2028	10-Day Chronic - Daphnia Magna or Daphnia Pulex				www.ert.org	
SOP #2149	Soil Gas Sampling				www.ert.org	
SOP #2150	Monitor Well Installation				www.ert.org	
SOP #2151	Water Level Measurement				www.ert.org	
SOP #2156	Monitor Well Development				www.ert.org	
SOP #2157	Controlled Pumping Test				www.ert.org	

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
SOP #2158	Slug Tests				www.ert.org	
SOP GW0	Low Stress (low flow) pumping & sampling - Reg 1			01A0007431	www	07/30/1996
SPE-500	Endrin/Lindane/Methoxychlor/Toxaphene	EMSL		01A0005392		
Sr-04	Radiostrontium - radiochemical in aqueous, sea	520/5-84-006			CD	08/01/1994
STATS	Arc Sine Square Root - Chronic Toxicity	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
STATS	Dunnett's Procedure for Acute Toxicity	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
STATS	Fisher's Exact Test - Chronic Toxicity	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
STATS	Probit Analysis for Chronic Toxicity	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
STATS	Spearman-Karber Method for Acute Toxicity	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
STATS	Steel's Many-One Rank Test - Chronic Toxicity	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
STATS	Wilcoxon Rank Sum Test for Acute Toxicity				CD	
STREAM	Guide to Method Flexibility & Approval of Water	821/D-96-006			CD	12/01/1996
STREAM	Methods for Organic Chemical - Wastewater	821/B-96-005			www	12/01/1996
TCDD	Dioxin - 2,3,7,8-TCDD	600/3-85-019				05/01/1986
TCDD	Dioxin - 2,3,7,8-TCDD in Soil & Sediment			01A0003682		05/01/1983
TEM	Asbestos in Ambient Air by Direct/Indirect TEM	540/2-90-005a			www	05/01/1990
TEM-ASB	Asbestos - Transmission Electron Microscopy		763 Sub E	App A	www	
TIE	Ammonia (3.0)	600/R-92-080			www	09/01/1993
TIE	Chlorine (5.0)	600/R-92-080			www	09/01/1993
TIE	Metals (4.0)	600/R-92-080			www	09/01/1993
TIE	Non-polar Organic Compounds (2.0)	600/R-92-080			www	09/01/1993
TIE	Sample Confirmation Procedures for Toxicity	600/R-92-081			www	09/01/1993
TIE-ACUTE	EDTA Chelation (8.8)	600/6-91-003			www	02/01/1991
TIE-ACUTE	Effluent Toxicity, Acute Baseline (8.2)	600/6-91-003			www	02/01/1991
TIE-ACUTE	Effluent Toxicity, Acute Initial (8.1)	600/6-91-003			www	02/01/1991
TIE-ACUTE	Graduated pH (8.9)	600/6-91-003			www	02/01/1991
TIE-ACUTE	Oxidant Reduction (8.7)	600/6-91-003			www	02/01/1991
TIE-ACUTE	pH Adjustment Test, Acute Effluent (8.3)	600/6-91-003			www	02/01/1991
TIE-ACUTE	pH Adjustment/C18 Solid Phase Extraction (8.6)	600/6-91-003			www	02/01/1991
TIE-ACUTE	pH Adjustment/Filtration Test (8.4)	600/6-91-003			www	02/01/1991
TIE-ACUTE	pH Adjustment/Filtration Test, (8.5)	600/6-91-003			www	02/01/1991
TIE-CHR	Aeration & pH Adjustment (6.11)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	Aeration, Chronic Toxicity (6.4)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	EDTA Addition, Chronic Toxicity (6.2)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	Effluent Toxicity, Baseline (6.1)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	Filtration & pH Adjustment (6.12)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	Filtration, Chronic Toxicity (6.5)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	Filtration, Chronic Toxicity (6.5)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	Graduated pH (6.8)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	Methanol Eulate (6.7)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	Methanol Eulate (for pH Adjusted Samples) (6.14)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	pH Adjustment (6.10)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	Post C18 Solid Phase Extraction Column (6.6)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	Post C18 SPEC & pH Adjustment (6.13)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	Sodium Thiosulfate Addition (6.3)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-CHR	Tier 2 Characterization (6.9)	600/6-91-005F			www	05/01/1992
TIE-MARI	Marine Toxicity Identification Evaluation (TIE)	600/R-96-054			www	09/01/1996
TISSUE	PCDD & PCDF in Human Adipose Tissue	560/5-86-020				

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
TO-01	Tenax GC Adsorption	600/4-89-017			ttn/amtic	
TO-02	Carbon Molecular Sieve Adsorption	600/4-89-017			ttn/amtic	
TO-03	Cryogenic Trapping	600/4-89-017			ttn/amtic	
TO-04	Organochlorine Pesticides and PCBs - High VolPUF	600/4-89-017				
TO-04A	Pesticides and PCBs by high volume PUF & GC/MD	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
TO-05	Aldehydes and Ketones by Liquid Impinger Sample	600/4-89-017			ttn/amtic	
TO-06	Phosgene by HPLC	600/4-89-017			ttn/amtic	
TO-07	N-Nitrosodimethylamine by Thermosorb/N GC/MS	600/4-89-017			ttn/amtic	
TO-08	Cresol/Phenol by Sodium Hydoxide LI/HPLC	600/4-89-017			ttn/amtic	
TO-09	Dioxin by High Vol PUF/HRGC/HRMS	600/4-89-017				
TO-09A	PCBs and TCDD and Dibenzofurans	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
TO-10	Pesticides by Low Volume Polyurethane (PUF)	600/4-89-017				06/01/1988
TO-10A	Pesticides & PCBs by low volume PUF & GC/MD	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
TO-11	Formaldehyde by Adsorbent Cartridge/HPLC	600/4-89-017				06/01/1988
TO-11A	Formaldehyde by adsorbent cartridge & HPLC	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
TO-12	Organic Compounds, Non-Methane (NMOC)/PDFID	600/4-89-017			ttn/amtic	06/01/1988
TO-13	Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAHs)	600/4-89-017				06/01/1988
TO-13A	PAHs by GC/MS	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
TO-14	Organic Compounds, Semi-Volatile and Volatile	600/4-89-017				06/01/1988
TO-14A	VOCs by canisters and GC	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
TO-15	VOCs Collected in Canisters - GC/MS	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1997
TO-16	VOCs by Long-Path/Open-Path FT/IR Monitoring	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
TO-17	VOCs using active sampling onto sorbent tubes	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
TOXICIT	Ames Test for Mutagenicity (Rapid Screening)	330/9-80-002				
TOXICIT	Biomonitoring - Effluent to Marine Environment	625/8-89-015				09/01/1989
TOXICIT	Dispersant & bioremediation effectiveness test		300 App C		www	
TOXICIT	Gammarid Acute Toxicity Test		795.120		www	
TOXICIT	In Situ Biomonitoring	625/8-89-015				09/01/1989
TOXICIT	Larval Development - Sea Urchin	600/R-95-136			www	08/01/1995
TOXICIT	Life-cycle chronic toxicity - fathead minnows	600/8-81-011				07/01/1981
TOXICIT	Marine Algae - Enumeration of Living & Dead Cell	600/8-87-043				
TOXICIT	Marine Algae - Growth Test/Complex Liquid Waste	600/8-87-043				
TOXICIT	Marine Algae Growth Test/Single Substances	600/8-87-043				
TOXICIT	Reproductive of endocrine-disrupting / minnow	600/R-01-067			www	06/01/2002
TOXICIT	Toxicity, Acute - Algal Growth/Haz Waste	600/3-88-029				
TOXICIT	Toxicity, Acute - Bioassays/Haz Waste Sites	600/8-87-043				
TOXICIT	Toxicity, Acute - Earthworm Survival/Haz Waste	600/3-88-029				
TOXICIT	Toxicity, Acute - Fathead Minnow/Haz Waste	600/3-88-029				
TOXICIT	Toxicity, Acute - Freshwater & Marine Organisms	600/4-90-027F		OST/WET	www	08/01/1993
TOXICIT	Toxicity, Acute - Freshwater & Marine Organisms	821/R-01-012		OST/WET	www	10/01/2002
TOXICIT	Toxicity, Acute - Freshwater & Marine Organisms	821/R-02-012			www	10/01/2002
TOXICIT	Toxicity, Acute - Freshwater Region 1 NPDES				www	12/01/1995
TOXICIT	Toxicity, Acute - Lettuce Root Elongation	600/3-88-029				
TOXICIT	Toxicity, Acute - Lettuce Seed Germination	600/3-88-029				
TOXICIT	Toxicity, Acute - Marine Region 1 NPDES				www	09/01/1996
TOXICIT	Toxicity, Aquatic - Baseline Effluent	600/6-91-003			www	
TOXICIT	Toxicity, Aquatic - EDTA Chelation Test	600/6-91-003			www	
TOXICIT	Toxicity, Aquatic - Graduated pH Test	600/6-91-003			www	

## Method Number Index to EPA Test Methods

<u>Method Number</u>	<u>Chemical or Method Description</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
TOXICIT	Toxicity, Aquatic - Initial Effluent	600/6-91-003			www	
TOXICIT	Toxicity, Aquatic - Oxidant Reduction Test	600/6-91-003			www	
TOXICIT	Toxicity, Aquatic - pH Adjustment/Aeration	600/6-91-003			www	
TOXICIT	Toxicity, Aquatic - pH Adjustment/Filtration	600/6-91-003			www	
TOXICIT	Toxicity, Chronic - Freshwater Region 1 NPDES				www	12/01/1995
TOXICIT	Toxicity, Chronic - Marine Region 1 NPDES				www	09/01/1996
TOXICIT	Toxicity, Early Life Stage with Japanese Medaka	600/3-91-063			www	
TP-SERIE	Mobile Sources (TP101B - TP754C)				www OMS	10/25/1996
TRE	Toxicity Reduction Evaluation - POTW	833/B-99-002			www	08/01/1999
TRE	Toxicity Reduction Evaluation Protocol - POTW	600/2-88-062			www	04/01/1989
VIRUS-05	Virus Adsorption-Elution (Viradel) Disc Filter	600/4-84-013			www	
VIRUS-06	Virus Adsorption-Elution (Viradel) Cartridge	600/4-84-013			www	
VIRUS-07	Viruses, Recovering from Sludges/Solids	600/4-84-013			www	
VIRUS-08	Viruses, Reduction of Cytotoxicity in Sample	600/4-84-013			www	04/01/1986
VIRUS-09	Viruses, Cell Preparation & Maintenance	600/4-84-013			www	01/01/1987
VIRUS-10	Viruses, Cell Culture for Plaque-Forming Assay	600/4-84-013			www	12/01/1987
VIRUS-11	Viruses, Plaque Confirmation of Enteroviruses	600/4-84-013			www	03/01/1988
VIRUS-12	Enteroviruses, Identification of	600/4-84-013			www	05/01/1988
VIRUSES	Water-borne viruses by immunoenzymatic methods	600/4-80-034			www	06/01/1980
WASTES	Characterize Heterogeneous -debris, trash, rubbish	600/R-92-033				02/01/1992
WASTES	Compatibility of Hazardous Wastes, Determining	600/2-80-076				04/01/1980
WATER	Lead and Copper Rule - Sampling	814/B-92-001				04/01/1992
WATER	Surface Water Treatment Rule (SWTR) - Sampling	814/B-92-001				04/01/1992
WATER	Total Coliform Rule - Sampling	814/B-92-001				04/01/1992
WATER	Total Organic Carbon, Low Level			01A0005510		
WATER	VOC Rule - Sampling	814/B-92-001				04/01/1992
X-MET 92	Field X-Ray Fluorescence - X-MET 920 Analyzer			01A0007540	www	10/30/1996

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
10-Day Chronic - Daphnia Magna or Daphnia Pulex	SOP #2028				www.ert.org	
2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid by Immunoassay	4015	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
24-Hour Rangefinding - Daphnia Magna or Pulex	SOP #2021				www.ert.org	
24-Hour Rangefinding -Larval Pimephales Promelas	SOP #2023				www.ert.org	
48-Hour Acute - Daphnia Magna or Daphnie Pulex	SOP #2024				www.ert.org	
7-Day Standard Test - Larval Pimephales Promelas	SOP #2020				www.ert.org	
7-Day Static Renewal - Ceriodaphnia Dubia	SOP #2025				www.ert.org	
7-Day Static Toxic- Larval Pimephales Promelas	SOP #2026				www.ert.org	
96-Hour Acute - Larval Pimephales Promelas	SOP #2022				www.ert.org	
96-Hour Static - SelenastrumCapricornutum	SOP #2027				www.ert.org	
Absorption in decontamination at Superfund sites	0002	600/2-85-028				
Accelerated Solvent Extraction - Organics	3545	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Acetonitrile by GC with Nitrogen-Phosphorus	8033	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Acid Base Partition Cleanup	3650B	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Acid Digestion of Aqueous Samples - Metals/GFAA	3020A	SW-846 Ch 3.2			www	07/01/1992
Acid Digestion of Aqueous Samples for Metals	3010A	SW-846 Ch 3.2			www	07/01/1992
Acid Digestion of Oils for Metals by FLAA or ICP	3031	SW-846 Ch 3.2			www	12/01/1996
Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils	3050B	SW-846 Ch 3.2			www	12/01/1996
Acid Digestion of Waters for Metals - FAA/ICP	3005A	SW-846 Ch 3.2			www	07/01/1992
Acid Etching	0015	600/2-85-028				
Acid Volatole Sulfide (AVS) in Sediment	AVS	821/R-91-100			www	12/03/1991
Acidity - Titrimetric	0305.1	600/4-79-020			NEMI	
Acidity - Titrimetric (Acid Rain)	0305.2	600/4-79-020			www	
Acidity in Wet Deposition	0305.6	600/4-86-024				03/01/1986
Acids and Base/Neutrals including PCBs	0625	/waterscience	136 App A		NEMI	
Acrolein & Acrylonitrile	0603	/waterscience	136 App A		NEMI	
Acrylamide by GC	8032A	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Acrylamide, Acrylonitrile & Acrolein - HPCL	8316	SW-846 Ch 4.3.			www	09/01/1994
Acrylonitrile by GC	8031	SW-846 Ch 4.3.			www	09/01/1994
Actinide Elements	0907	600/4-80-032			www	
Actinomycetes - Microbiological Monitoring	MICROBI	600/8-78-017			www	
Adsorbably organic halides - Adsorption/titratio	1650C				CD	08/01/1997
Adsorption, Batch-Type - Soil Attenuation	SOIL-ATT	530/SW-87-006			www	
Aeration & pH Adjustment (6.11)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
Aeration, Chronic Toxicity (6.4)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
Aeromonas -finished water / membrane filtration	1605	821/R-01-034		/nerlcwww	www	09/01/2000
Air Exchange Rate in Indoor Air	IP-4	600/4-90-10				04/01/1990
Alachlor/Butachlor/Diphenamid/Norflurazon/Flurid	0645	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Aldehydes and Ketones by Liquid Impinger Sample	TO-05	600/4-89-017			ttn/amtic	
Aldrin/Chlordane/Diazinon/Dinoseb/Endrin/Phosmet	1618			01A0006086		07/01/1989
Algal Acute Toxicity Test	AQUATIC		797.1050		www	
Alkaline Digestion for Hexavalent Chromium	3060A	SW-846 Ch 3.2			www	12/01/1996
Alkalinity - Colorimetric, Automated	0310.2	600/4-79-020			NEMI	
Alkalinity - Titrimetric, pH 4.5	0310.1	600/4-79-020			NEMI	
Alpha & Beta Particles, Gross	9310	SW-846 Ch 6			www	09/01/1986
Alpha-Emitting Radium Isotopes	9315	SW-846 Ch 6			www	09/01/1986
Alpha-emitting radium isotopes in DW - precip	RA-CI-Ra	600/4-75-008			CD	03/01/1976
Alumina Cleanup	3610B	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Alumina Column Cleanup & Separation Petroleum	3611B	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Aluminum - AA, Direct Aspiration	0202.1	600/4-79-020			NEMI	
Aluminum - AA, Direct Aspiration	7020	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Aluminum - AA, Furnace Technique	0202.2	600/4-79-020			NEMI	
Aluminum - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Ames Test for Mutagenicity (Rapid Screening)	TOXICIT	330/9-80-002				
Ammonia (as nitrogen) - Colorimetric	0350.1	600/4-79-020			NEMI	
Ammonia (3.0)	TIE	600/R-92-080			www	09/01/1993
Ammonia (as N) - Colorimetric, Titrimetric	0350.2	600/4-79-020			NEMI	
Ammonia (as N) - Potentiometric	0350.3	600/4-79-020			NEMI	
Ammonia (as N) Semi-Automated Colorimetry	0350.1	600/R-93-100			www	08/01/1993
Ammonia in Estuarine by Gas Segmented CF/CA	0349.0	600/R-97-072			NEMI	09/01/1997
Ammonia-N /ion-selective electrode potentiometry	1689	821/R-01-012			CD	02/01/1999
Ammonia-Nitrogen / automated colimetry /	1690	821/R-01-009			CD	02/01/1999
Ammonium in Wet Deposition by Electrometric	0350.6	600/4-86-024				03/01/1986
Ammonium in Wet Deposition/Automated Colormetric	0350.7	600/4-86-024				03/01/1986
Amobam/Busan/Ferban/KN Methyl/Nabam/Nabonate	0630.1	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Aniline & Selected Derivatives by Cap Column GC	8131	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Antimicrobial Testing Methods & Procedures	ATMP			/oppbead1	/methods	
Antimony - AA, Direct Aspiration	0204.1	600/4-79-020			NEMI	
Antimony - AA, Direct Aspiration	7040	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Antimony - AA, Furnace Technique	0204.2	600/4-79-020			NEMI	
Antimony - AA, furnace technique	0204.2 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Antimony - AA, Furnace Technique	7041	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Antimony - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Antimony & Arsenic - AA, Gaseous Borohydride	7062	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
AOP/Busan/Carban/Ferban/Mancozeb/Maneb/Metham	0630	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Apparent Effects Threshold Approach (AET)	SEDIMEN	823/R-92-006			www	09/01/1992
Approved Alternatives air emission methods	ALT 001-7				/ttn/emc	
aquatic environmental effects guidelines	GUIDELI		797		www	
Arc Sine Square Root - Chronic Toxicity	STATS	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
Arsenic - AA, Furnace Technique	0206.2	600/4-79-020			NEMI	
Arsenic - AA, furnace technique	0206.2 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Arsenic - AA, Furnace Technique	7060A	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
Arsenic - AA, Gaseous Hydride	0206.3	600/4-79-020			NEMI	
Arsenic - AA, Gaseous Hydride	7061A	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
Arsenic - Digestion Prior to Total Analysis	0206.5	600/4-79-020			NEMI	
Arsenic - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Arsenic - Spectrophotometric - SDDC	0206.4	600/4-79-020			NEMI	
Arsenic and Selenium in Sediment	PP-003	600/4-81-055				
Arsenic in Aqueous Samples & Extracts by ASV	7063	SW-846 Ch 3.3			www	12/01/1996
Arsenic in Ore Samples - Nonferrous Smelters	0108A		61 App B		/ttn/emc	08/20/1996
Arsenic in Ore Samples from Nonferrous Smelters	0108B		61 App B		/ttn/emc	01/01/1996
Arsenic in Ore Samples from Nonferrous Smelters	0108C		61 App B		/ttn/emc	01/01/1996
Arsenic in Water & tissue by HGQ/FAA	1632A	821/R-01-006			SEL2-TRA	01/01/2000
Asbestos	INDOOR	600/8-90-041			www	06/01/1990
Asbestos - bulk insulation samples interim	ASBESTO		763 Sub E	App E	www	
Asbestos - Small Water Systems/Sample & Monitor	SAMPLIN	814/B-94-001			www	07/01/1994
Asbestos - Transmission Electron Microscopy	TEM-ASB		763 Sub E	App A	www	
Asbestos Abatement	0001	600/2-85-028				

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Asbestos Fibers in DW Using MCE Filters	0100.2	600/R-94-134			NEMI	06/01/1994
Asbestos Fibers in Water (Chatfield Method)	0100.1	600/4-83-043			NEMI	09/01/1983
Asbestos in Ambient Air by Direct/Indirect TEM	TEM	540/2-90-005a			www	05/01/1990
Asbestos in Bulk Building Materials	ASBESTO	600/R-93-116				07/01/1993
Asbestos in Serpentine Aggregate CARB Method 435	0435				/ttn/emc	10/10/1991
Asbestos Sampling	SOP #2015				www.ert.org	
Asbestos Screening for Soil & Sediment	ASBESTO			01A0007115	www	12/05/1997
Asbestos, Airborne by Electron Microscopy	ASBESTO			01A0006408		07/01/1984
Automated Soxhlet Extraction	3541	SW-846 Ch 4.2.			www	09/01/1994
Available Cyanide by Flow Injection (FIA)/Ligand	OIA-1677	821/R-99-013			www	07/07/1998
Bacteria, Enterococcus	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Bacteria, Fecal Coliform	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Bacteria, Total Coliform (TC)	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Barium - AA, Direct Aspiration	0208.1	600/4-79-020			NEMI	
Barium - AA, Direct Aspiration	7080A	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
Barium - AA, Furnace Technique	0208.2	600/4-79-020			NEMI	
Barium - AA, Furnace Technique	7081	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
Barium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Bendiocarb - Wastewater by LC	0639	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Bensulide - LC	0636	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Bentazon (Basagran) - Wastewater by LC	0643	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Benzene, Chlorobenzene, Ethylbenzene.	0602	/waterscience	136 App A		NEMI	
Benzidine & Nitrogen-containing Pesticides	0553	600/R-92-129			www	08/01/1992
Benzidines	0605	/waterscience	136 App A		NEMI	
Benzidines & Nitrogen-Containing Pesticides	0553	821/R-93-010-B			CD	08/01/1992
Benzo(a)Pyrene [B(a)P] & PAHs in Indoor Air	IP-7	600/4-90-10				04/01/1990
Beryllium - AA, Direct Aspiration	0210.1	600/4-79-020			NEMI	
Beryllium - AA, Direct Aspiration	7090	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Beryllium - AA, Furnace Technique	0210.2	600/4-79-020			NEMI	09/01/1997
Beryllium - AA, furnace technique	0210.2 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Beryllium - AA, Furnace Technique	7091	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Beryllium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Beryllium Emissions Determination	0104		61 App B		/ttn/emc	01/18/1995
Beryllium Screening Method	0103		61 App B		/ttn/emc	09/25/1996
BIF (Burning Hazardous Waste/Boilers & Furnaces)	BIF		266 App IX		www	12/01/1990
Bioassessment, Surface Waters - Fish Field & Lab	FISH	600/R-92-111			www	03/01/1993
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Biochemical Oxygen Demand (BOD) - 5 Days, 20 C	0405.1	600/4-79-020			NEMI	
Biochemicals test guidelines - TSCA/FIFRA	0880				www OPPT	09/25/1996
Biomonitoring - Effluent to Marine Environment	TOXICIT	625/8-89-015				09/01/1989
Biomonitoring, in Situ - Marine Sewage	BIOMONI	600/4-83-000				
Biphenyl and o-Phenylphenol by LC	0642	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Bis(2-chloroethyl)ether Hydrolysis Prod GC/FT-IR	8430	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Bleaching	0016	600/2-85-028				
Bomb Preparation Method for Solid Waste/Metallic	5050	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
Boron - Colorimetric, Curcumin	0212.3	600/4-79-020			NEMI	
Bromate in DW by IC/ICP/MS	0321.8	815/R-00-014			NEMI	12/01/1997
Bromide - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Elec	9211	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
Bromide - Titrimetric	0320.1	600/4-79-020			NEMI	

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Bromoxynil	1661	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Bulk Sediment Toxicity Test Approach (BSTT)	SEDIMEN	823/R-92-006			www	09/01/1992
Butylate/cycloate/EPTC/Molinate/Pebulate/Vernola	0634	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Cadmium - AA, Direct Aspiration	0213.1	600/4-79-020			NEMI	
Cadmium - AA, Direct Aspiration	7130	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Cadmium - AA, Furnace Technique	0213.2	600/4-79-020			NEMI	
Cadmium - AA, furnace technique	0213.2 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Cadmium - AA, Furnace Technique	7131A	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
Cadmium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Calcium - AA, Direct Aspiration	0215.1	600/4-79-020			NEMI	
Calcium - AA, Direct Aspiration	7140	SW-846 Ch 3.3			www	09/06/1986
Calcium - AA, flame technique	0215.1 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Calcium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Calcium - Titrimetric, EDTA	0215.2	600/4-79-020			NEMI	
Calibration (EQ-01 thru EQ-08)Microbio Lab	EQ-01+			/oppbead1	/methods	
Calibration of field instruments - Region 1 SOP	FIELD IN			01A0008143	wpd	06/03/1998
Capture Efficiency - Permanent/Temporary TTE	0204		51 App M		/ttn/emc	06/16/1997
Carbofuran/Fluometuron/Methomyl/Oxamyl - in WW	0632	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Carbon & Nitrogen in sediments & particulates	0440.0	600/R-97-072		/ordmeth	NEMI	09/01/1997
Carbon Dioxide & Oxygen concentrations - IAP	0003A		60 App A		/ttn/emc	05/06/1989
Carbon dioxide, methane, nitrogen, oxygen	0003C		60 App A		/ttn/emc	06/20/1996
Carbon Molecular Sieve Adsorption	TO-02	600/4-89-017			ttn/amtic	
Carbon Monoxide - for certifying CEMS	0010A		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Carbon Monoxide - NDIR	0010		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Carbon Monoxide - Non-Dispersive Infrared Photo	AIR		50 App C		www	
Carbon Monoxide from Stationary Sources	0010B		60 App A		/ttn/emc	11/08/1994
Carbon Monoxide or Carbon Dioxide in Indoor Air	IP-3	600/4-90-10				04/01/1990
Carbon, Total Organic (TOC)	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Carbonyl Compounds & Formaldehyde by HPLC	0554	600/R-92-129			www	08/01/1992
Carbonyl Compounds by HPLC	8315A	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Carbonyl compounds in DW by fast GC	0556.1	815/R-00-014			NEMI	09/01/1999
Carbonyl Compounds in DW by PD/GC/ECD	0556			01A0007878	NEMI	06/01/1998
Cation-Exchange Capacity of Soils (Ammonium)	9080	SW-846 Ch 6			www	09/01/1986
Cation-Exchange Capacity of Soils (Sodium)	9081	SW-846 Ch 6			www	09/01/1986
CEMS Performance Specifications (PS-1 to PS-9)	CEMS PS				/ttn/emc	
Characterize Heterogeneous -debris,trash,rubbish	WASTES	600/R-92-033				02/01/1992
Characterizing, Subsampling and Crushing Samples	0003.1	600/2-78-054				03/01/1978
Chemical fate testing guidelines	FATE		796			
Chemical Methods - Overburdens and Minesoils	0003.2	600/2-78-054				03/01/1978
Chemical Oxygen Demand - Colorimetric	0410.4	600/4-79-020			NEMI	
Chemical Oxygen Demand - Semi-Automated Colorim	0410.4	600/R-93-100			www	08/01/1993
Chemical Oxygen Demand - Titrimetric, High Level	0410.3	600/4-79-020			NEMI	
Chemical Oxygen Demand - Titrimetric, Low Level	0410.2	600/4-79-020			NEMI	
Chemical Oxygen Demand - Titrimetric, Mid-Level	0410.1	600/4-79-020			NEMI	
Chemical Oxygen Demand (COD)	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
chemical/environmental/health effects guidelines	GUIDELI		795		www	
Chip, Wipe & Sweep Sampling	SOP #2011				www.ert.org	
Chlirinated Acids in DW by LL fast GC/ECD	0515.4			01A0008028	NEMI	04/01/2000
Chlordane Soil Screening by Immunoassy	4041	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Chloride - Colorimetric, Auto Ferricyanide A II	0325.2	600/4-79-020			NEMI	
Chloride - Colorimetric, Auto Ferricyanide AAI	9250	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
Chloride - Colorimetric, Auto Ferricyanide AAI	9251	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
Chloride - Colorimetric, Auto. Ferricyanide A I	0325.1	600/4-79-020			NEMI	
Chloride - IC	0300.0	600/4-79-020			NEMI	03/01/1984
Chloride - Methods 50/51 by Anion Chromatography	9057	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
Chloride - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Ele	9212	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
Chloride - Titrimetric, Mercuric Nitrate	0325.3	600/4-79-020			NEMI	
Chloride - Titrimetric, Silver Nitrate	9253	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
Chloride in Wet Deposition/Automated Colorimetri	0325.6	600/4-86-024				03/01/1986
Chlorinated acids - liquid-solid extraction/GC/	0515.2				CD	08/01/1992
Chlorinated Acids (Herbicides) by LSE & GC/ECD	0515.2	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
Chlorinated Acids (herbicides)in DW / LLE GC/ECD	0515.3	815/R-00-014			NEMI	07/01/1996
Chlorinated Acids by GC/ECD	0515.1	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
Chlorinated Acids by HPLC	0555	600/R-92-129			NEMI	08/01/1992
Chlorinated Acids in Water - HPLC	0555	821/R-93-010-B			CD	08/01/1992
Chlorinated Acids in Water by GC/ECD	0515.1	821/R-93-010-B			CD	01/01/1989
Chlorinated Acids in Water by LSE/GC/ECD	0515.2	821/R-93-010-B			CD	08/01/1992
Chlorinated biopheny congeners by HRGC/HRMS	1668A	821/R-00-02		www	/Region8	12/01/1999
Chlorinated Herbicides by GC+ Cap Column	8151A	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Chlorinated Hydrocarbons	0612	/waterscience	136 App A		NEMI	
Chlorinated Hydrocarbons by GC Cap	8121	SW-846 Ch 4.3.			www	09/01/1994
Chlorinated Pesticides in Water by GC/ECD	0508	821/R-93-010-B			CD	01/01/1989
Chlorinated Pesticides, Herbicides & Organohal.	0508.1	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
Chlorinated pesticides/herbicides/organohalides	0508.1				CD	01/01/1994
Chlorinated Phenolics - In Situ Acetylation/GCMS	1653	821/R-93-017			NEMI	12/01/1991
Chlorinated Phenolics - In Situ Acetylation/GCMS	1653A				CD	11/01/1996
Chlorination Disinfection Byproducts, Pesticides	0551.1	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
Chlorination Disinfection Byproducts/Solvents	0551	600/4-90-020			www	07/01/1990
Chlorine (5.0)	TIE	600/R-92-080			www	09/01/1993
Chlorine, Total Residual - Spectrophotometric,	0330.5	600/4-79-020			NEMI	
Chlorine, Total Residual - Titrimetric	0330.1	600/4-79-020			NEMI	
Chlorine, Total Residual - Titrimetric, Back	0330.2	600/4-79-020			NEMI	
Chlorine, Total Residual - Titrimetric, DPD-FAS	0330.4	600/4-79-020			NEMI	
Chlorine, Total Residual - Titrimetric, Iodomet.	0330.3	600/4-79-020			NEMI	
Chlorophylls & other pigments by HPCL	0447.0	600/R-97-072		/nerlcwww	/ordmeth	09/01/1997
Chlorothalonil, DCPA, Dichloran, Methoxychlor	0608.2	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Choosing the Correct Procedure	QUALITY	SW-846 Ch 2	Update IVA		www	01/01/1998
Chromium, Hexavalent by Ion Chromatography	1636	821/R-96-003			NEMI	01/01/1996
Chromium - AA, Direct Aspiration	7190	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Chromium - AA, furnace technique	0218.2 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Chromium - AA, Furnace Technique	7191	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Chromium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Chromium Emissions - Electroplating & Anodizing	0306		63 App A		/ttn/emc	02/08/1996
Chromium Emissions Electroplating - Mason Jar	0306A		63 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Chromium VI (Hexavalent) - Chelation Extraction	0218.4	600/4-79-020			NEMI	
Chromium, Dissolved Hexavalent by IC	0218.6				CD	09/01/1998
Chromium, Dissolved Hexavalent by Ion Chromatogr	0218.6	600/R-94-111			www	05/01/1994
Chromium, Hexavalent - Chelation Extraction	7197	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Chromium, Hexavalent - Colorimetric Method	7196A	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
Chromium, Hexavalent - Coprecipitation Method	7195	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Chromium, Hexavalent - Diff. Pulse Polarography	7198	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Chromium, Hexavalent Dissolved - AA, Furnace	0218.5	600/4-79-020			www	
Chromium, total - AA, Chelation-Extraction	0218.3	600/4-79-020			NEMI	
Chromium, total - AA, Direct Aspiration	0218.1	600/4-79-020			NEMI	
Chromium, total - AA, Furnace	0218.2	600/4-79-020			NEMI	
Cleanup	3600C	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Cleanup - Organic Analytes	ORGANIC	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Cleanup - Organic Analytes	ORGANIC	SW-846 Ch 4.2.	Update IVA		www	01/01/1998
Clearance Test - Asbestos Abatement Completion	ASBESTO	560/5-89-001				05/01/1989
Closed Conduit Flow Measurement	0003.1	600/4-82-029			www	
Closed-System Purge/Trap/Extraction - Organics	5035	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Closed-System Purge/Trap/Extraction - Organics	5035A	SW-846	new		www	07/01/2002
Coal Overburdens & Minesoils, Field & Lab Anal	SAMPLIN	600/2-78-054				03/01/1978
Cobalt - AA, Direct Aspiration	0219.1	600/4-79-020			NEMI	
Cobalt - AA, Direct Aspiration	7200	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Cobalt - AA, Furnace	0219.2	600/4-79-020			NEMI	
Cobalt - AA, Furnace Technique	7201	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Cobalt - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Coliform & E. coli / Colisure medium (IDEXX Lab)	AN208			01A0007292		01/01/1996
Coliform Sampling / Nutrient Agar plus MUG	MICROBI		141.21		www	06/01/1990
Coliform Sampling, E. coli	MICROBI		141.21		www	06/01/1990
Coliform Sampling, E. coli / ONPG-MUG (Coliort)	MICROBI		141.21		www	06/01/1990
Coliform Sampling, E. coli/EC Medium plus MUG	MICROBI		141.21		www	06/01/1990
Coliform, total coliform rule - drinking water	SAMPLIN	816/R-01-017A				06/01/2001
Coliforms, Fecal - Monitoring of Water & Wastes	MICROBI	600/8-78-017			www	
Coliforms, Total - Monitoring of Water & Wastes	MICROBI	600/8-78-017			www	
Coliwasa - Composite Liquid Waste Sampler	SAMPLIN	600/2-80-018			www	
Color - Colorimetric, ADMI	0110.1	600/4-79-020			NEMI	
Color - Colorimetric-Platinum-Cobalt	0110.2	600/4-79-020			NEMI	
Color - Pulping Wastes & Receiving Waters	NCASI 25	821/R-93-017			www	06/01/1978
Color - Spectrophotometric	0110.3	600/4-79-020			NEMI	
Compatibility of Hazardous Wastes, Determining	WASTES	600/2-80-076				04/01/1980
Compatibility Test / Wastes & Membrane Liners	9090A	SW-846 Ch 6			www	07/01/1992
Conductance - Specific Conductance, at 25 C	0120.1	600/4-79-020			NEMI	
Conductance-Specific/Wet Deposition Electrolytic	0120.6	600/4-86-024				03/01/1986
Conductivity, Hydraulic/Leachate/Permeability	9100	SW-846 Ch 6			www	09/01/1986
Continuous Colorimetric Analyzer	IP-6B	600/4-90-10				04/01/1990
Continuous Liquid-Liquid Extraction - Organics	3520C	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Continuous Luminex Monitor	IP-5A	600/4-90-10				04/01/1990
Continuous Opacity Monitoring for Compliance	0203				/ttn/emc	01/30/1995
Continuous Particulate Monitor	IP-10B	600/4-90-10				04/01/1990
Contract Laboratory Program - CLP SOW, Guideline	CLP				www clp	
Controlled Pumping Test	SOP #2157				www.ert.org	
Coplanar polychlorinated biphenyls (PCBs)	4026	not available	SW-846 dev			
Copper - AA, Direct Aspiration	0220.1	600/4-79-020			NEMI	
Copper - AA, Direct Aspiration	7210	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Copper - AA, Furnace	0220.2	600/4-79-020			NEMI	

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Copper - AA, Furnace Technique	7211	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
Copper - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Corrosivity Toward Steel	1110	SW-846 Ch 8.2			www	09/01/1986
Corrosivity Toward Steel	1110A	SW-846 Ch 8	Update IIIB		www	10/30/2002
Cresol/Phenol by Sodium Hyudoxide LI/HPLC	TO-08	600/4-89-017			ttn/amtic	
Cryogenic Trapping	TO-03	600/4-89-017			ttn/amtic	
Cryptosporidium & Giardia by Filtration/IMS/FA	1623	821/R-01-025			NEMI	04/01/2001
Cryptosporidium in Water by Filtration/IMS/FA	1622	821/R-01-026			NEMI	04/01/2001
Cyanazine - Pesticides in Wastewater	0629	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Cyanide - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Ele	9213	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
Cyanide - Titrimetric & Manual Spectrophotometri	9014	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
Cyanide Extraction for Solids & Oils	9013	SW-846 Ch 5			www	07/01/1992
Cyanide in Fish	PP-009	600/4-81-055				
Cyanide in Sediment	PP-010	600/4-81-055				
Cyanide, Total - Colorimetric, Automated UV	0335.3	600/4-79-020			NEMI	
Cyanide, Total - Titrimetric, Spectrophotometric	0335.2	600/4-79-020			NEMI	
Cyanide, total and amenable - colorimetric	9012B	SW-846 Ch 5	Update IIIB		www	02/13/2002
Cyanide, Total and Amenable - Colorimetric, Manu	9010B	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
Cyanide, Total and Amenable - distillation	9010C	SW-846 Ch 5	Update IIIB		www	10/30/2002
Cyanides, Available to Chlorination/Titrimetric	0335.1	600/4-79-020			NEMI	
Cycloprate/Kinoprene/Methoprene/Resmethrin	0616	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Dalapon & Haloacetic Acids by LSE & GC/ECD	0552.1	600/R-92-129			NEMI	08/01/1992
Daphnid acute toxicity test	AQUATIC		797.1300		www	
Daphnid chronic toxicity test	AQUATIC		797.1330		www	
Data quality indicators	QA/G-5i				quality1/	09/01/2001
Data quality objectives process	QA/G-4	600/R-96-055			quality1/	08/01/2000
Data Validation Manual - EPA New England	GUIDANC			region01	/oeme	12/01/1996
Dazomet	1659	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
DBCP & EDB by Microextraction & GC	8011	SW-846 Ch 4.3.			www	07/01/1992
DBP/ICR methods manual	ICR	814/B-96-002			www	04/01/1996
DDT Soil Screening by Immunoassy	4042	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
Decision Error Feasibility Trials DEFT software	QA/G-4D	600/R-96-056			quality1/	09/01/1994
Demolition - Hazardous Waste	0003	600/2-85-028				
Dermal Corrosion	1120	SW-846 Ch 6			www	12/01/1996
Designated reference & equivalent air methods	EQUIVAL				ttn/amtic/	
Desorption Sorbent Cartridges VOST - Cap GC/MS	5041A	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Determination of Organic Analytes	ORGANIC	SW-846 Ch 4.3	Update IVA		www	01/01/1998
Determinative Chromatographic Separations	8000B	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Developing a training program for quality system	QA/G-10	240/B-00-004			quality1/	12/01/2000
Dichlorophen & Hexachlorophene	0604.1	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Diesel, Sampling	FUEL		80 App G		www	
Differentiation of diesel & crude oil - GC/FI	1663A				CD	
Differentiation of Diesel & Crude Oil by GC/FID	1663	821/R-92-008			www	12/01/1992
Dioxin - 2,3,7,8-TCDD	TCDD	600/3-85-019				05/01/1986
Dioxin - 2,3,7,8-TCDD in Soil & Sediment	TCDD			01A0003682		05/01/1983
Dioxin & Furan (PCDD & PCDF)	0023		60 App A		/ttn/emc	05/25/1995
Dioxin (TCDD) & GC/MS [replaced by 1613A]	0513	600/4-90-020			www	07/01/1990
Dioxin by High Vol PUF/HRGC/HRMS	TO-09	600/4-89-017				
Dioxin PCDD/Fs screening by Immunoassay	4025	SW-846	new		www	10/01/2002

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Dioxin TEQ by DELFIA Immunoassay	4430	not available	SW-846 dev			
Dioxin, TCDD [use 1613A]	0613	/waterscience	136 App A		NEMI	
Dioxins & Furans	CLP-SOW	DLM01.4			/superfund	
Dioxins & Furans - HRGC/HRMS	1613	821/B-94-005			NEMI	10/01/1994
Dioxins & Furans, Chlorinated (CDD & CDF) - Soil	0681			01A0006706		12/15/1986
Dioxins, tetra- thru octa- (CDDs) & Furans (CDFs)	1613B	821/B-94-005	136 App A		www	10/01/1994
Diphenylamine - Wastewater by GC	0620	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Diquat & Paraquat - LSE / HPLC/UD	0549.2	815/R-00-014			NEMI	06/01/1997
Diquat & Paraquat by LSE & HPLC with Ultraviolet	0549.1	600/R-92-129			www	08/01/1992
Dismantling	0004	600/2-85-028				
Dispersant & bioremediation effectiveness test	TOXICIT		300 App C		www	
Dissolution Procedure for Oils, Greases or Waxes	3040A	SW-846 Ch 3.2			www	12/01/1996
Dissolved gases: methane, ethane, ethylene in gw	RSK SOP			01A0008284		12/12/2001
Dissolved Silicate by gas segmented CF/CA	0366.0	600/R-97-072		/orthmeth	NEMI	09/01/1997
DQA assessment statistical toolbox (DataQUEST)	QA/G-9D	600/R-96-085			quality1/	12/01/1997
DQA practical methods for data analysis	QA/G-9	600/R-96-084			quality1/	07/01/2000
DQO process for hazardous waste sites	QA/G-4H	600/R-00-007			quality1/	01/01/2000
Dredged Material - Inland Testing Manual	DREDGE	823/B-98-004			www	02/01/1998
Dredged Material Disposal in NE waters	DREDGE			01A0008260	www	09/17/2001
Dredged Material in Open Waters - Region 1	DREDGE			01A0006218		05/15/1989
Dredged Material Testing for Ocean Disposal	DREDGE	503/8-91-001			www	02/01/1991
Drilling & Solids Sampling (2.1.1-2.5.3)	SAMPLIN	625/R-93-003a			www	05/01/1993
Drilling and Spalling	0018	600/2-85-028				
Drilling Methods for Groundwater Sampling	SAMPLIN	600/2-81-160				
Drum Sampling	SOP #2009				www.ert.org	
Dunnett's Procedure for Acute Toxicity	STATS	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
Dusting/Vacuuming/Wiping	0005	600/2-85-028				
E. coli & Enterococci in Water - Membrane Filter	1103.1	600/4-85-076			www	07/01/1985
E. coli & total coliform/Membrane Filter/MI agar	MICROBI	600/R-00-013		/microbes	www	02/01/2000
E. coli in Drinking Water /Nutrient Agar/Mug Tub	1105	600/4-91-016			www	07/01/1991
E. coli in Drinking Water/EC Medium with Mug Tub	1104	600/4-91-016			www	07/01/1991
E. coli modified (mTEC)	1103.1	821/R-97-004			www	03/01/2000
Ecological condition/non-wadeable rivers/streams	EMAP	620/R-00-007				09/01/2000
Ecological effects test guidelines - TSCA/FIFRA	0850				www OPPT	05/01/1996
EDB, DBCP - DW by Microextraction	0504	600/4-88-039			www	07/01/1991
EDB, DBCP, 123TCP by Microextractin & GC	0504.1	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
EDTA Addition, Chronic Toxicity (6.2)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
EDTA Chelation (8.8)	TIE-ACUT	600/6-91-003			www	02/01/1991
EDX/Metham/Thiram/Zineb/Ziram	0630.1	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Effluent Toxicity, Acute Baseline (8.2)	TIE-ACUT	600/6-91-003			www	02/01/1991
Effluent Toxicity, Acute Initial (8.1)	TIE-ACUT	600/6-91-003			www	02/01/1991
Effluent Toxicity, Baseline (6.1)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
Electrochemical Oxidation	IP-3C	600/4-90-10				04/01/1990
Elemental & Speciated Isotope Dilution MS	6800	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
EMC Conditional Test Methods	CTM 1-30				/ttn/emc	
Encapsulation/Enclosure	0006	600/2-85-028				
Endothall by LSE & GC/MS	0548.1	600/R-92-129			NEMI	08/01/1992
Endothall in DW - Ion-Exchange Extraction/GCMS	0548.1	821/R-93-010-B			CD	08/01/1992
Endothall in DW - LSE	0548	600/4-90-020			www	07/01/1990

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Endothall in DW - LSE/GC/ECD	0548	821/R-93-010-B			CD	07/01/1990
Endrin/Lindane/Methoxychlor/Toxaphene	SPE-500	EMSL		01A0005392		
Enterococci Bacteria in Water by Membrane Filter	1106.1	600/4-85-076			www	07/01/1985
Enteroviruses, Identification of	VIRUS-12	600/4-84-013			www	05/01/1988
Environmental data verification & validation	QA/G-8				quality1/	06/01/2001
Environmental Monitoring - Fiber Optic Sensors	FM-D5	540/2-88-005				09/01/1988
Equilibrium Partitioning Approach (EqP)	SEDIMEN	823/R-92-006			www	09/01/1992
Estuaries laboratory methods manual	EMAP	620/R-95-008			www EMA	08/01/1995
Estuarine & coastal marine bioassessmen	BIOASSE	822/B-00-024			www	12/01/2000
Estuarine & Marine sediments - pesticides	SEDIMEN	503/6-90-004				05/01/1986
Ethylene Thiourea (ETU) - GC	0509				CD	12/01/1992
Ethylene Thiourea (ETU) in Water by GC	0509	600/R-95-131			www	08/01/1995
Exhaust Volume Flow Rate - Gasoline Vapor	0002B		60 App A		/ttn/emc	04/01/1996
Explosives by Gas Chromatography	8095	SW-846 www	Update IVB		www	11/01/1998
Explosives in Soil - Field Sampling- RDX/TNT/HMX	SAMPLIN	540/R-97-501			sss	11/01/1996
Extractable Sulfides	9031	SW-846 Ch 5			www	07/01/1992
Extractible Organic Halides (EOX) in Solids	9023	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
Extraction of Semivolatile Analytes using 0010	3542	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Extraction Procedure (EP) Toxicity & struct inte	1310B	SW-846 Ch 8	Update IIIB		www	10/30/2002
Extraction Procedure (EP) Toxicity Test	1310A	SW-846 Ch 8.4			www	07/01/1992
Extraction Procedure for Oily Wastes	1330A	SW-846 Ch 6			www	07/01/1992
Extraction Procedure, Multiple for Delisting	1320	SW-846 Ch 6			www	09/01/1986
Extractions & Preparations - Organic Analytes	ORGANIC	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Extractive FTIR - Mineral Wool & Wool Fiberglass	0318		63 App A		/ttn/emc	03/31/1997
Fate, transport & transformation guidelines	0835	TSCA/FIFRA			www OPPT	04/21/1996
Fecal coliform in biosolids -	1680	821/R-98-003			CD	07/01/1998
Fecal Coliforms - Microbiological Monitoring	MICROBI	600/8-78-017			www	
Fecal Streptococci - Microbiological Monitoring	MICROBI	600/8-78-017			www	
Fertilization - Sea Urchin & Sand Dollar	1008	600/R-95-136			www	08/01/1995
Fertilization, Sea Urchin - Chronic Toxicity	1008	821/R-02-014		WET	www	10/01/2002
Field & Laboratory for Overburdens & Minesoils	0001.0	600/2-78-054				03/01/1978
Field Atomic Absorption Analysis	FM-01	540/2-88-005				09/01/1988
Field Clues - Overburdens and Minesoils	0002.1	600/2-78-054				03/01/1978
Field Method for RDX in Soil	8510	SW-846	Update IVB		www	
Field Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry	6200	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
field sample sediments & interstitial water	SEDIMEN	823/B-01-002			www	10/01/2001
Field Sampling & Analysis Technologies Matrix	SAMPLIN	542/B-98-002		www.frtr.	gov	03/01/1998
Field Screening & Analytical (10.1.1-10.6.6)	SCREEN	625/R-93-003b			www	05/01/1993
Field screening for VOC in aqueous, soil & drum	SOP			01A0008123		03/01/1998
Field Validation - Pollutant Measurement	0301		63 App A		/ttn/emc	12/30/1992
Field X-Ray Fluorescence - X-MET 920 Analyzer	X-MET 92			01A0007540	www	10/30/1996
Filtration & pH Adjustment (6.12)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
Filtration Efficiency - Paint Overspray Arrestor	0319		63 App A		/ttn/emc	10/19/1996
Filtration, Chronic Toxicity (6.5)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
Filtration, Chronic Toxicity (6.5)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
Fish & Shellfish Tissue - sampling & analysis	FISH	823/B-00-007			www	11/01/2000
Fish acute toxicity test	AQUATIC		797.1400		www	
Fish early life stage toxicity test	AQUATIC		797.1600		www	
Fisher's Exact Test - Chronic Toxicity	STATS	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Flame Atomic Absorption Spectro (Consolidate FLAA	7000B	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
Flaming	0017	600/2-85-028				
Florisil cleanup	3620C	SW-846 www	Update IVB		www	01/01/1999
Florisil Column Cleanup	3620B	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Flow from Pipes Discharging to Atmosphere	0003.2	600/4-82-029			www	
Flow Measurement, Misc.	0003.4	600/4-82-029			www	
Flow Measurements - Open Channel	0003.3	600/4-82-029			www	
Fluoride - Colorimetric	0340.3	600/4-79-020			NEMI	
Fluoride - IC	0300.0	600/4-79-020			www	
Fluoride - Potentiometric	0340.2	600/4-79-020			NEMI	
Fluoride - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Ele	9214	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
Fluoride - Potroom Roof Monitors/Prim Aluminum	0014		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Fluoride in Wet Deposition by Potentiometric	0340.6	600/4-86-024				03/01/1986
Fluoride, Total - Colorimetric	0340.1	600/4-79-020			NEMI	
Fluoride, Total - Specific Ion Electrode	0013B		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
Fluoride, Total (SPADNS Zirconium Lake)	0013A		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Formaldehyde	INDOOR	600/8-90-041			www	
Formaldehyde - Mineral Wool & Wool Fiberglass	0316		63 App A		/ttn/emc	03/31/1997
Formaldehyde & Carbonyl Compounds in Indoor Air	0100	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
Formaldehyde & other Aldehydes in Indoor Air	IP-6	600/4-90-10				04/01/1990
Formaldehyde by adsorbent cartridge & HPLC	TO-11A	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
Formaldehyde by Adsorbent Cartridge/HPLC	TO-11	600/4-89-017				06/01/1988
Formaldehyde Emissions - Stationary Sources	0011	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
Formaldehyde in Ambient Air, Continuous Measure	8520	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Formaldehyde, Isobutyraidehyde, Furfural	1667A	821/B-98-016			CD	07/01/1998
Formaldehyde, Isobutyraldehyde, Furfural	1667	821/B-94-001			CD	01/01/1995
Freshwater Benthic Macroinvertebrate Community	SEDIMEN	823/R-92-006			www	09/01/1992
Fuel, Sampling for Volatility	FUEL		80 App D		www	
Fugative Opacity	0022		60 App A		/ttn/emc	05/21/1995
Furans (CDFs) & Dioxins, Tetra- through Octa	1613A	821/R-93-017			www	10/01/1993
Gammarid Acute Toxicity Test	TOXICIT		795.120		www	
Gas Chromatographic (GC) Methods	ORGANIC	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Gas Chromatographic/Mass Spectroscopic Methods	ORGANIC	SW-846 Ch 4.3.	Update IVA		www	01/01/1998
Gas Dilution - Field Instrument Calibration	0205		51 App M		/ttn/emc	09/25/1996
Gas Filter Correlation (GFC)	IP-3b	600/4-90-10				04/01/1990
Gaseous HCl Emissions at Portland Cement Kilns	0321		63 App A		/ttn/emc	03/11/1998
Gaseous Nonmethane Organic Emissions	0025		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Gaseous Organic Concentration - Flame Ionization	0025A		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Gaseous Organic Concentration - Infrared Analyze	0025B		60 App A		/ttn/emc	11/08/1994
Gasoline - Reid Vapor Pressure (RVP)	FUEL		80 App E		www	03/22/1989
Gasoline, Determination of Phosphorus	FUEL		80 App A		www	
Gasoline, Quantity of Alcohol - Water Extraction	FUEL		80 App F 1		www	03/22/1989
Gasoline, Quantity of MBTE by GC	FUEL		80 App F 2		www	03/22/1989
Gel-Preparation Cleanup	3640A	SW-846 Ch 4.2.			www	09/01/1994
Geophysical Logging of Boreholes (3.1.1-3.6.3)	SAMPLIN	625/R-93-003a			www	05/01/1993
Germination & Germ-Tube Length - Giant Kelp	1009	600/R-95-136			www	08/01/1995
Giardia & Cryptosporidium - ICR Microbial	ICR	600/R-95-178			www	04/01/1997
Giardia Cysts & Cyrptosporidium Oocysts in Water	MICROBI	814/B-95-003			/nerlcwww	
Glyphosate by HPLC	0547	600/4-90-020			NEMI	07/01/1990

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Glyphosate in DW - Direct-Aqueous-Injection HPLC	0547	821/R-93-010-B			CD	07/01/1990
Gold - AA, Direct Aspiration	0231.1	600/4-79-020			NEMI	
Gold - AA, Furnace	0231.2	600/4-79-020			NEMI	
Good Laboratory Practice Standards	GLP		792		www	
Graduated pH (6.8)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
Graduated pH (8.9)	TIE-ACUT	600/6-91-003			www	02/01/1991
Grain Sampler - Powdered or Granual Waste	SAMPLIN	600/2-80-018			www	
Grain Size	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Graphite Furnace Atomic Absorption (GFAA)	7010	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
Greenbook Approach for Ocean Disposal	SEDIMEN	823/R-92-006			www	09/01/1992
Gritblasting	0007	600/2-85-028				
Gross alpha & beta in drinking water	RA-CI-A&	600/4-75-008			CD	03/01/1976
Gross alpha & beta in water	RA-LV-A	EMSL-LV-0539			CD	03/01/1979
Gross alpha & gross beta particle - radiochem	00-01	520/5-84-006			CD	08/01/1994
Gross alpha in DW by coprecipitation	00-02	520/5-84-006			CD	08/01/1994
Groundwater	MONITO	SW-846 Ch 11			www	09/01/1986
Groundwater guidlines for Superfund & RCRA	SAMPLIN	542/S-02-001			/tio	05/01/2002
Groundwater Level/Pressure Measurement (4.1-4.5	AQUIFER	625/R-93-003a			www	05/01/1993
Groundwater monitoring draft technical guidance	RCRA	530/R-93-001			www	11/01/1992
Groundwater Quality Sampling Procedures	SAMPLIN	600/2-81-160				
Groundwater Sampling	SAMPLIN	600/2-81-160				
Groundwater Sampling & Monitoring	SAMPLIN	600/2-85-104			www	09/01/1985
Groundwater Sampling (5.1-5.7)	SAMPLIN	625/R-93-003a			www	05/01/1993
Groundwater Sampling (B.1-B.4)	SAMPLIN	625/R-93-003a			www	05/01/1993
Groundwater Well Sampling	SOP #2007				www.ert.org	01/26/1995
Growth of Green Alga - Chronic Toxicity	1003	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
Guide to Method Flexibility & Approval of Water	STREAM	821/D-96-006			CD	12/01/1996
Haloacetic Acids & Dalapon in DW by LLE/GC/ECD	0552.2	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
Haloacetic Acids by LLE & GC/ECD	0552	600/4-90-020			www	07/01/1990
Haloethers	0611	/waterscience	136 App A		NEMI	
Haloethers - Cap Column	8111	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Halogenated Volatiles by GC+ Cap Column	8021B	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
HAPS in Paints & Coatings - Direct Injection GC	0311		63 App A		/ttn/emc	01/17/1996
Hardness, Total - Colorimetric, Automated EDTA	0130.1	600/4-79-020			NEMI	
Hardness, Total - Titrimetric, EDTA	0130.2	600/4-79-020			NEMI	
Hazardous Waste Ranking System	HRS		300 App A		www	
HCl Emissions from Portland Cement Kilns by FTIR	0322				/ttn/emc	03/11/1998
Headspace - Screening Method (5021 replacement)	3810	SW-846 Ch 4.5			www	09/01/1986
Health effects test guidelines - TSCA	GUIDELI		799		www	
Health effects test guidelines - TSCA/FIFRA	0870				www OPPT	06/25/1996
Health Effects Testing Guidelines	GUIDELI		798		www	
Heavy Metals - X-Ray Fluorescence / On-Site	FM-03	540/2-88-005				09/01/1988
Heavy Metals - X-Ray Fluorescence in Laboratory	FM-02	540/2-88-005				09/01/1988
Helminth ova or cysts in sludge	0388-0393	625/R-92-013			www	11/25/1991
Herbicides (Diquat & Paraquat) by LSE	0549	600/4-90-020			www	07/01/1990
Herbicides, Chlorinated (Dinoseb) - Wastewater	0615	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Herbicides, Phenoxy-acid by Wide Bore Capillary	1618			01A0006086		07/01/1989
Hexadecane Extraction & Screening of Organics	3820	SW-846 Ch 4.5			www	09/01/1986
Hexavalent Chromium Emissions - Stationary Sourc	0061	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Hexavalent Chromium in DW, GW, WW by Ion Chro	7199	SW-846 Ch 3.3			www	12/01/1996
Hydroblasting/Waterwashing	0008	600/2-85-028				
Hydrogen Chloride, Halides, Halogens Emissions	0026		60 App A		/ttn/emc	08/28/1996
Hydrogen Cyanide released from wastes - guidance	HCN	SW-846 Ch 7.3			www	12/01/1996
Hydrogen Halide & Halogen - Isokinetic	0026A				/ttn/emc	03/03/1994
Hydrogen Sulfide of Fuel	0011		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Hydrogen Sulfide released from wastes - guidance	H2S	SW-846 Ch 7.3			www	12/01/1996
Hydrogen Sulfide/Carbon Disulfide/Carbon Sulfide	0015		60 App A		/ttn/emc	10/10/1996
IBI (Index of Biotic Integrity) - Surface Waters	FISH	600/R-92-111			www	03/01/1993
ICR Sampling manual	ICR	814/B-96-001			www	04/01/1996
Ididium - AA, Furnace	0235.2	600/4-79-020			NEMI	
Ignitability - Pensky-Martins Closed-Cup Method	1010	SW-846 Ch 8.1			www	09/01/1986
Ignitability - Pensky-Martins Closed-Cup Method	1010A	SW-846 Ch 8	Update IIIB		www	10/30/2002
Ignitability - Setaflash Closed-Cup Method	1020A	SW-846 Ch 8.1			www	07/01/1992
Ignitability - Small scale closed-cup Method	1020B	SW-846 Ch 8	Update IIIB		www	10/30/2003
Ignitability of Solids	1030	SW-846 Ch 6			www	12/01/1996
Immunoassay	4000	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
Immunoassay - sampling & analysis techniques	IMMUNO	540/R-94-509			www	03/01/1994
Immunoassay Guidelines (IA) Planning Env Projects	IMMUNO			01A0007541	www	10/01/1996
Immunoassay Methods	ORGANIC	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
Immunoassay Methods	ORGANIC	SW-846 Ch 4.4	Update IVA		www	01/01/1998
In Situ Biomonitoring	TOXICIT	625/8-89-015				09/01/1989
In Vitro Chlorophyll & Pheophytin by fluorescence	0445.0	600/R-97-072		/nerlcwww	/ordmeth	09/01/1997
In Vitro Chlorophylls & Pheopigments in algae	0446.0	600/R-97-072		/nerlcwww	/ordmeth	09/01/1997
Incineration	MONITO	SW-846 Ch 13			www	09/01/1986
Indoor Air	INDOOR	600/8-90-041			www	
Indoor Air Quality Protocols - Large Buildings	INDOOR	600/A-92-226				06/01/1992
Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry	6020 CLP-			01A0007861		05/01/1990
Inductively Coupled Plasma/MS	6020A	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
Infauna	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Infrared Methods	ORGANIC	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Infrared Methods	ORGANIC	SW-846 Ch 4.3.	Update IVA		www	01/01/1998
Inorganic Analytes	INORGAN	SW-846 Ch 3	Update IVA		www	01/01/1998
Inorganic Anions by Ion Chromatography	0300.0	600/R-93-100			www	08/01/1993
Inorganic Anions by Ion Chromatography	9056	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
Inorganic Anions by Ion Chromatography	9056A	SW-846 Ch 5	Update IVB		www	
Inorganic Anions in Aqueous Matrices - CIE	6500	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
Inorganic Anions in DW by Ion Chromatography	0300.0				CD	08/01/1993
Inorganic Anions in DW by Ion Chromatography	0300.1	815/R-00-014			NEMI	09/01/1997
Inorganic Arsenic - hydride generation FAA	1632	821/R-96-013			NEMI	07/01/1996
Inorganic Compounds - Small Water Systems	SAMPLIN	814/B-94-001			www	07/01/1994
Inorganic Lead - Stationary Sources	0012		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Inorganic Oxhyalide disinfection by-products- DW	0317	815/R-00-014			NEMI	08/01/2000
Inorganic Oxhyalide disinfection by-products- DW	0317	815/B-01-001			www	07/19/2001
Inorganics - multi media, multi-concentration	CLP-SOW	ILM04.0			/superfund	
Inorganics by ICP - AES	6010C	SW-846 Ch 3.3	Update IVB		www	
Inorganics by ICP - Atomic Emission Spectroscopy	6010B	SW-846 Ch 3.3			www	12/01/1996
Inorganics:Chloride/Sulfate/Nitrate/Orthophospha	0300.6	600/4-86-024				03/01/1986
Interstitial Water Tox Ident Eval (TIE) Approach	SEDIMEN	823/R-92-006			www	09/01/1992

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Iodide - Titrimetric	0345.1	600/4-79-020			www	
Iridium - AA, Direct Aspiration	0235.1	600/4-79-020			NEMI	
Iron - AA, Direct Aspiration	0236.1	600/4-79-020			NEMI	
Iron - AA, Direct Aspiration	7380	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Iron - AA, Furnace	0236.2	600/4-79-020			NEMI	
Iron - AA, Furnace Technique	7381	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
Iron - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Isocyanates Draft Sampling Method	0207-1				/ttn/emc	02/29/1996
Isocyanates Draft Sampling Method by HPLC	0207-2				/ttn/emc	02/29/1996
Isokinetic HCL/LC2 Emission Sampling Train	0050	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
Isotopic analysis by gamma ray spectra / lithium	RA-LV-Iso	EMSL-LV-0539			CD	03/01/1979
IWB (Index of Well-Being) - Surface Waters	FISH	600/R-92-111			www	03/01/1993
K-20 Sealant	0019	600/2-85-028				
KN Methyl/Polyram/Thiram/Zineb/Ziram/ZAC	0630	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Laboratory & Field Methods - Weathering	0004.1	600/2-78-054				03/01/1978
Lake Michigan Mass Balance - Air sampling	LMMB(1-			watersci	www	
Lake Michigan Mass Balance - Biomonitoring	LMMB(85			watersci	www	
Lake Michigan Mass Balance - Conventional	LMMB(58			watersci	www	
Lake Michigan Mass Balance - Fish sampling	LMMB(25			watersci	www	
Lake Michigan Mass Balance - Mercury analysis	LMMB(45			watersci	www	
Lake Michigan Mass Balance - Metals analysis	LMMB(54			watersci	www	
Lake Michigan Mass Balance - Organic (PCB, PAH)	LMMB(28			watersci	www	
Lake Michigan Mass Balance - Plankton sampling	LMMB(12			watersci	www	
Lake Michigan Mass Balance - Radiochemistry	LMMB(82			watersci	www	
Lake Michigan Mass Balance - Sediment sampling	LMMB(19			watersci	www	
Lake Michigan Mass Balance - Shipboard Measures	LMMB(90			watersci	www	
Lake Michigan Mass Balance - Water sampling	LMMB(10			watersci	www	
Lakes - surface waters field operations manual	EMAP	620/R-97-001			www EMA	06/01/1997
Land Treatment	MONITO	SW-846 Ch 12			www	09/01/1986
Landfill Gas Production Flow Rate	0002E		60 App A		/ttn/emc	06/20/1996
Larval Development - Sea Urchin	TOXICIT	600/R-95-136			www	08/01/1995
Larval Survival & Growth - Inland Silverside	1006	821/R-02-014		WET	www	10/01/2002
Larval Survival & Growth - Toppsmelt	1006	600/R-95-136			www	08/01/1995
Leachate/GW at Solid Waste Disposal Facilities	MONITO	530/SW-611				
Leaching Methods, Compilation & Evaluation of	LEACHA	600/2-78-095				
Lead - AA, Direct Aspiration	0239.1	600/4-79-020			NEMI	
Lead - AA, Direct Aspiration	7420	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Lead - AA, Furnace	0239.2	600/4-79-020			NEMI	
Lead - AA, furnace technique	0239.2 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Lead - AA, Furnace Technique	7421	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Lead - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Lead and Copper Rule - Sampling	WATER	814/B-92-001				04/01/1992
Lead in Drinking Water - Nursery School/Day Care	SAMPLIN	812/B-94-003				04/01/1994
Lead in DW by DPASV (differential pulse anodic)	1001			01A0007909		08/01/1999
Lead in Gasoline - Automated Method by AAS	FUEL		80 App B 2		www	
Lead in Gasoline - Standard Method by AAS	FUEL		80 App B 1		www	
Lead in Gasoline - X-Ray Spectrometry	FUEL		80 App B 3		www	04/04/1991
Lead in Particulate Matter from Ambient Air	AIR		50 App G		www	
Lead in water & soil by immunoassay	4510	not available	SW-846 dev			

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Lead Levels by XRF Instruments/Chemical Test Kit	LEAD	747/R-95-002a			www	05/01/1995
Lead Sampling - Collect Soil & Dust Wipe/Vacuum	SAMPLIN	747/R-95-001				03/01/1995
Lead-210 in Drinking Water	0909			01A0004860		
Life-cycle chronic toxicity - fathead minnows	TOXICIT	600/8-81-011				07/01/1981
Liquid Release Test (LRT) Procedure	9096	SW-846 Ch 6			www	09/01/1994
Lithium - AA, Direct Aspiration	7430	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
Lithium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Low Level Particulate Matter - Stationary Source	0005I		60 App A		/ttn/emc	12/30/1997
Low Stress (low flow) pumping & sampling - Reg 1	SOP GW0			01A0007431	www	07/30/1996
Low-flow (minimal drawdown) groundwater	SAMPLIN	540/S-95-504			tio/pub.htm	04/01/1996
Low-Level Radioactive Waste/Deep Ocean Sediment	MONITO	520/1-88-002				08/01/1988
Macroinvertebrate - Biological Integrity	BIOMONI	600/4-90-030			www	11/01/1990
Magnesium - AA, Direct Aspiration	0242.1	600/4-79-020			NEMI	
Magnesium - AA, Direct Aspiration	7450	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Magnesium - AA, flame technique	0242.2 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Magnesium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Male-specific & somatic coliphage by SAL	1602	821/R-01-029		/nerlcwww	www	04/01/2001
Manganese - AA, Direct Aspiration	0243.1	600/4-79-020			NEMI	
Manganese - AA, Direct Aspiration	7460	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Manganese - AA, Furnace	0243.2	600/4-79-020			NEMI	
Manganese - AA, Furnace Technique	7461	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
Manganese - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Marine Algae - Enumeration of Living & Dead Cell	TOXICIT	600/8-87-043				
Marine Algae - Growth Test/Complex Liquid Waste	TOXICIT	600/8-87-043				
Marine Algae Growth Test/Single Substances	TOXICIT	600/8-87-043				
Marine Benthic Community Structure Assessment	SEDIMEN	823/R-92-006			www	09/01/1992
Marine Toxicity Identification Evaluation (TIE)	TIE-MARI	600/R-96-054			www	09/01/1996
MBTS & TCMTB in Wastewater by LC	0637	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Membrane Filter for Enterococci (mEI Agar)	1600	821/R-97-004		/microbes	www	05/01/1997
Mercaptobenzothiazole in Wastewater by LC	0640	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Mercury - Cold Vapor, Automated	0245.2	600/4-79-020			NEMI	
Mercury - Cold Vapor, Manual	0245.1	600/4-79-020			NEMI	03/01/1983
Mercury - Cold Vapor, Sediment Manual	0245.5	600/4-79-020			www	
Mercury - CVA Fluorescence spectrometry	0245.7	821/R-01-008			CD	02/01/1999
Mercury - Sampling & analysis by CVAFS	IO-5	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
Mercury Emissions - Chlor-Alkali Hydrogen Stream	0102		61 App B		/ttn/emc	05/20/1991
Mercury Emissions - Chlor-Alkali Plants (Air)	0101		61 App B		/ttn/emc	09/25/1996
Mercury Emissions - Sewage/Sludge Incinerator	0101A		61 App B		/ttn/emc	05/20/1991
Mercury in Aqueous Samples & Extracts by ASV	7472	SW-846 Ch 3.3			www	12/01/1996
Mercury in Fish	PP-006	600/4-81-055				
Mercury in Liquid Waste - Manual Cold Vapor Tech	7470A	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
Mercury in Sediment	PP-007	600/4-81-055				
Mercury in Sediment & Tissue Samples by AFS	7474	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
Mercury in Sediment by Cold Vapor (CV/AAS)	0245.5	600/4-91-010			www	04/01/1991
Mercury in Soil by Immunoassay	4500	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
Mercury in soil/sediment - manual cold vapor	0245.5 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Mercury in Solid or Semisolid Waste	7471A	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
Mercury in Solid/Semisolid Waste (Manual Cold-Va	7471B	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
Mercury in Solids/Solutions - TDA/AAS	7473	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Mercury in Tissues by Cold Vapor (CV/AAS)	0245.6	600/4-91-010			www	04/01/1991
Mercury in Wastewater Plant Sewage Sludge	0105		61 App B		/ttn/emc	09/25/1996
Mercury in water - automated cold vapor	0245.2 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Mercury in water - manual cold vapor technique	0245.1 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Mercury in Water by Cold Vapor AAS	0245.1	600/R-94-111			www	05/01/1994
Mercury in Water by Oxidation Purge & Trap CVAFS	1631B	821/R-99-005	136 App A		www	06/08/1999
Mercury in Water by Oxidation Purge & Trap CVAFS	1631C	821/R-01-024			NEMI	03/01/2001
Mercury in Water by Oxidation Purge & Trap CVAFS	1631D	821/R-02-019			www	08/01/2002
Mercury in Water/ Oxidation, Purge & Trap, CVAFS	1631	821/R-96-012			CD	01/01/1996
Mercury, Inorganic II by HPLC/ECD	0245.3	600/4-91-010			www	04/01/1991
Mercury, Total - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Metals - Atomic Absorption	0200	600/4-79-020			www	
Metals - Calcium, Magnesium, Potassium & Sodium	0200.6	600/4-86-024				03/01/1986
Metals (4.0)	TIE	600/R-92-080			www	09/01/1993
Metals and Trace Elements - ICP/AES	0200.7	600/R-94-111			www	05/01/1994
Metals by AA (Atomic Absorption Methods)	7000A	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
Metals by ICP, FGAA and CVAA	1620			01A0006085	CD	09/01/1989
Metals by ICP/MS	6020	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
Metals Emissions from Stationary Sources	0029		60 App A		/ttn/emc	06/25/1996
Metals in Fish	PP-005	600/4-81-055				
Metals in Fish Tissue by ICP/EES	0200.11	600/4-91-010			www	04/01/1991
Metals in Sediment	PP-005	600/4-81-055				
Metals in Stack Emissions	0060	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
Metals, Total Recoverable Elements - Sample Prep	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Metals, Total Recoverable in Biological Tissues	0200.3	600/4-91-010			www	04/01/1991
Metals, Trace at Water Quality Criteria Levels	1669	821/R-96-008			www	01/01/1996
Metals: Arsenic/Cadmium/Chromium/Copper/Lead/Mer	0200.1	600/4-91-010			www	04/01/1991
Metals: Sodium/Ammonium/Potassium/Magnesium/Cal	0300.7	600/4-86-024				03/01/1986
Methane, ethane, ethene - natural attenuation	NATATTE				www	07/01/2001
Methanol Emissions	0308		63 App A		/ttn/emc	11/14/1997
Methanol Eulate (6.7)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
Methanol Eulate (for pH Adjusted Samples) (6.14)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
Method Detection Limit (MDL), Rev. 1.11	MDL		136 App B	www	CD	02/04/1994
Methods for Organic Chemical - Wastewater	STREAM	821/B-96-005			www	12/01/1996
Methyl Mercury in Water by Distillation...CVAFS	1630			01A0007846	NEMI	08/01/1998
Metribuxin/Terbacil/Triadimefon/Tricyclozole	0633	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Microbial Degradation	0020	600/2-85-028				
Microbial pesticide test guidelines - TSCA/FIFRA	0885				www OPPT	
Microbial Survivability - Med Waste Incinerator	ASH				/ttn/emc	02/06/1997
Microbial Survivability - Medical Waste Incinera	EMISSION				/ttn/emc	02/06/1997
Microbio Lab SOP's (QC-01-QA-03)	QA-01+			/oppbead1	/methods	
Microbio Lab SOP's (QC-01-QC-20)	QC-01+			/oppbead1	/methods	
Microbiological Methods - Overburdens & Minesoil	0003.5	600/2-78-054				03/01/1978
Microbiology Lab antimicrobial SOPs	MB-01+				/oppbead1	
Microscale solvent extraction (MSE)	3570	SW-846	new		www	11/01/2002
Microscopic particulate analysis consensus	MPA	910/9-92-029				10/01/1992
Microwave Assisted Acid Digestion Aqueous Sample	3015A	SW-846 Ch 3.2	Update IVA		www	01/01/1998
Microwave Assisted Acid Digestion of Siliceous..	3052	SW-846 Ch 3.2			www	12/01/1996
Microwave Assisted Acid Digestion/Aqueous Metals	3015	SW-846 Ch 3.2			www	09/01/1994

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Microwave Assisted Acid Digestion/Sludges, Soils	3051	SW-846 Ch 3.2			www	09/01/1994
Microwave Asst Acid Digestion Sediments/Soil/Oil	3051A	SW-846 Ch 3.2	Update IVA		www	01/01/1998
Microwave Extraction	3546	SW-846 www	Update IVB		www	09/01/1999
Midget Impinger HCL/CL2 Emission Sampling Train	0051	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
Mineralogical Methods - Overburdens & Minesoils	0003.3	600/2-78-054				03/01/1978
Minesoils - Field Clues and Sampling Methods	0002.3	600/2-78-054				03/01/1978
Minesoils & Coal Overburdens, Field & Lab	SAMPLIN	600/2-78-054				03/01/1978
Miscellaneous Screening Methods	ORGANIC	SW-846 Ch 4.5			www	12/01/1996
Miscellaneous Screening Methods	ORGANIC	SW-846 Ch 4.5	Update IVA		www	01/01/1998
Miscellaneous Test Methods	MISC	SW-846 Ch 5	Update IVA		www	01/01/1998
Mobile Sources (TP101B - TP754C)	TP-SERIE				www OMS	10/25/1996
Moisture Content in Stack Gases	0004		60 App A		/ttn/emc	09/25/1995
Molecular Weight - Carbon Dioxide, Oxygen	0003		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Molluscs, Caged for In Situ Biomonitoring	BIOMONI	600/4-83-000				
Molybdenum - AA, Direct Aspiration	0246.1	600/4-79-020			NEMI	
Molybdenum - AA, Direct Aspiration	7480	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Molybdenum - AA, Furnace	0246.2	600/4-79-020			NEMI	
Molybdenum - AA, Furnace Technique	7481	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Molybdenum - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Monitor Well Development	SOP #2156				www.ert.org	
Monitor Well Installation	SOP #2150				www.ert.org	
Monitoring Network and In-Plant Sampling	0004.5	600/4-82-029			www	
Monitoring Well Design	SAMPLIN	600/2-85-104			www	09/01/1985
Monitoring Wells for Groundwater Sampling	SAMPLIN	600/2-81-160				
Monitoring Wells, Design & Construction (A.1-A.7)	MONITO	625/R-93-003a			www	05/01/1993
Municipal Waste Combustion Ash for TC	SAMPLIN	530/R-95-036			www	06/01/1995
Mysid shrip acute toxicity test	AQUATIC		797.1930		www	
Mysid shrip chronic toxicity test	AQUATIC		797.1950		www	
Nabam/Niacide/Sodium Dimethyldithiocarbamate	0630	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
National Status and Trends Program Approach	SEDIMEN	823/R-92-006			www	09/01/1992
Natural Attenuation - methane, ethane, ethene	NAT_ATT			01A0008217	www	02/21/2002
Natural Attenuation of Chlorinated Sovents	MNA	600/R-98-128			www	09/01/1998
n-Hexane extractable material (HEM)/oil & grease	9071B				www	04/01/1998
n-Hexane extractable material (HEM) - aqueous	9070A	SW-846 Ch 5	Update IIIB		www	10/30/2002
Nickel - AA, Direct Aspiration	0249.1	600/4-79-020			NEMI	
Nickel - AA, Direct Aspiration	7520	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Nickel - AA, Furnace	0249.2	600/4-79-020			NEMI	
Nickel - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Nickel by AA, Furnace Method	7521	SW-846 Ch 3.3			www	12/01/1996
Nicotine in Indoor Air	IP-2	600/4-90-10				04/01/1990
Nitrate - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Elec	9210	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
Nitrate - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Elec	9210A	SW-846 Ch 5	Update IVB		www	
Nitrate & Nitrite by Gas Segmented CF/CA	0353.4	600/R-97-072		/nerlcwww	/ordmeth	09/01/1997
Nitrate (as Nitrogen) - Colorimetric, Brucine	0352.1	600/4-79-020			NEMI	
Nitrate (as Nitrogen) - Spectrophotometric	0354.1	600/4-79-020			NEMI	
Nitrate/nitrite-N in biosolids - auto photometry	1685	821/R-01-016			CD	02/01/1999
Nitrate/nitrite-N in biosolids/ manual colimetry	1686	821/R-01-005			CD	02/01/1999
Nitrate-N by IC	0300.0	600/4-79-020			www	
Nitrate-Nitrate by Automated Colorimetry	0353.2	600/R-93-100			www	08/01/1993

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Nitrate-Nitrite (as N) - Colorimetric/Cadmium	0353.2	600/4-79-020			NEMI	
Nitrate-Nitrite (as N) - Manual Cadmium	0353.3	600/4-79-020			NEMI	
Nitrate-Nitrite by Automated Colormetric	0353.6	600/4-86-024				03/01/1986
Nitric Oxide, Nitrogen Dioxide & NOx - Electro	NITODNO				/ttn/emc	06/15/1995
Nitrite & Nitrate - Small Water Systems	SAMPLIN	814/B-94-001			www	07/01/1994
Nitrite by IC	0300.0	600/4-79-020			www	
Nitroaromatics & Nitramines - HPLC	8330	SW-846 Ch 4.3.			www	09/01/1994
Nitroaromatics & Nitramines by HPLC	8330A	SW-846 Ch 4.3.	Update IVA		www	01/01/1998
Nitroaromatics and Cyclic Ketones - Cap Column	8091	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Nitroaromatics and Isophorone	0609	/waterscience	136 App A		NEMI	
Nitrogen- & Phosphorus-Containing Pesticides	0507	821/R-93-010-B			CD	01/01/1989
Nitrogen Dioxide - Gas Phase Chemiluminescence	AIR		50 App F		www	
Nitrogen Dioxide in Indoor Air	IP-5	600/4-90-10				04/01/1990
Nitrogen Oxide - Colorimetric	0007C		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Nitrogen Oxide - Instrumental	0007E		60 App A		/ttn/emc	08/14/1990
Nitrogen Oxide - Ion Chromatographic	0007A		60 App A		/ttn/emc	01/28/1991
Nitrogen Oxide - Ion Chromatographic	0007D		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Nitrogen Oxide - Ultraviolet Spectrophotometry	0007B		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
Nitrogen Oxide Emissions - Stationary Sources	0007		60 App A		/ttn/emc	03/12/1996
Nitrogen Oxides (NOx) - Stationary Gas Turbines	0020		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Nitrogen, Kjeldahl, Total - Colorimetric	0351.2	600/4-79-020			NEMI	
Nitrogen, Kjeldahl, Total - Colorimetric/Auto.	0351.1	600/4-79-020			NEMI	
Nitrogen, Kjeldahl, Total - Colorimetric/Titri.	0351.3	600/4-79-020			NEMI	
Nitrogen, Kjeldahl, Total - Potentiometric	0351.4	600/4-79-020			NEMI	
Nitrogen, Nitrate-Nitrite - Colorimetric/Hydra.	0353.1	600/4-79-020			NEMI	
Nitroglycerine by HPLC	8332	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Nitrosamines	0607	/waterscience	136 App A		NEMI	
Nitrosamines by GC	8070A	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
N-Methylcarbamates - HPLC	8318	SW-846 Ch 4.3.			www	09/01/1994
N-Methylcarbamates by HPLC	8318A	SW-846 www	Update IVB		www	09/01/1999
N-Methylcarbamoyloximes & N-Methylcarbamates	0531.1	821/R-93-010-B			CD	01/01/1989
N-Methylcarbamoyloximes/ates - Aqueous In/HPLC	0531.1	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
N-Methylcarbamoyloximes/ates - Aqueous In/HPLC	0531.2	815/B-01-002			www	09/01/2001
NMOC in Landfill Gases	0025C		60 App A		/ttn/emc	06/20/1996
N-Nitrosodimethylamine by Thermosorb/N GC/MS	TO-07	600/4-89-017			ttn/amtic	
Nohalogenated volatiles (GRO, DRO) / GC/FID	8015C	SW-846 Ch 4.3	Update IVB		www	
Nondispersive Infrared (NDIR)	IP-3A	600/4-90-10				04/01/1990
Nonhalogenated Organics Using GC/FID	8015B	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Non-Ionizing Radiation	INDOOR	600/8-90-041			www	
Non-polar Organic Compounds (2.0)	TIE	600/R-92-080			www	09/01/1993
NPDES Storm Water Sampling Guidance	SAMPLIN	833/B-92-001				07/01/1992
NTA - Colorimetric, Automated, Zinc-Zincon	0430.2	600/4-79-020			www	
NTA - Colorimetric, Manual, Zinc-Zincon	0430.1	600/4-79-020			www	
O2, CO2, CO - emission rate correction factor	0003B		60 App A		/ttn/emc	02/01/2000
Occupational & residential exposure guidelines	0875	TSCA/FIFRA			www OPPT	09/29/1996
Odor, Threshold - Consistent Series	0140.1	600/4-79-020			www	
Off-Site / Portable Gas Chromatograph	SOIL-GAS	600/8-87-036				
OIA-Method 1677 available cyanide	1677	821/R-99-013			ost/methods	08/01/1999
Oil & Diesel Oil / Drilling Muds & Drill Cutting	1651	821/R-92-008			www	12/01/1992

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Oil & Grease	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Oil & Grease - Extraction for Sludge & Sediment	9071A	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
Oil & Grease (HEM/SGT-HEM) by extraction	1664A	821/R-98-002		waterscien	NEMI	02/01/1999
Oil & Grease and Total Petroleum Hydrocarbons	1664	821/B-94-004b			NEMI	04/01/1995
Oil & grease method - referral to Method 1664	9070A*				www	05/14/1999
Oil & Grease, Total Recoverable - Gravimetric	9070	SW-846 Ch 5	replaced by	9070A&1664		09/01/1986
Oil & Grease, Total Recoverable - Spectrophot.	0413.2	600/4-79-020			www	
Oil & Grease, Total, Recoverable - Gravimetric	0413.1	600/4-79-020		see 1664	www	
Opacity of Emissions - Remotely by Lidar	0009 Alt 1		60 App A			
Opacity of Emissions, Instantaneous Limitation	0203C				/ttn/emc	01/06/1994
OPPTS Harmonized Test Guidelines	OPPTS				/OPPTS	03/01/1996
Organic Analytes	ORGANIC	SW-846 Ch 4	Update IVA		www	01/01/1998
Organic Carbon, Total - Combustion or Oxidation	0415.1	600/4-79-020			NEMI	
Organic Carbon, Total - UV Promoted	0415.2	600/4-79-020			www	
Organic Compounds	INDOOR	600/8-90-041			www	06/01/1990
Organic Compounds - ambient gaseous/particles	SAMPLIN	600/4-83-027				
Organic compounds - LSE/capillary/GCMS	0525.2				CD	03/01/1994
Organic Compounds Biodegradation Rates - Vent	0304A		63 App A		/ttn/emc	03/03/1994
Organic Compounds Biodegradation Rates -Scrubber	0304B		63 App A		/ttn/emc	03/03/1994
Organic Compounds by Liquid/Solid Extract GCMS	0525.1	600/4-88-039			www	07/01/1991
Organic Compounds in Drinking Water by LSE/GC/M	0525			01A0008190		01/01/1988
Organic Compounds in Drinking Water by LSE/GC/M	0525.1	821/R-93-010-B			CD	05/01/1991
Organic Compounds in DW by LSE/Cap Col GC/MS	0525.2	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
Organic compounds in water by microextraction	3511	SW-846	new		www	11/01/2002
Organic Compounds, Non-Methane (NMOC)/PDFID	TO-12	600/4-89-017			ttn/amtic	06/01/1988
Organic Compounds, Semi-Volatile and Volatile	TO-14	600/4-89-017				06/01/1988
Organic Extractin & Sample Preparation	3500B	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Organic Extraction and Sample Preparation	3500C	SW-846 www	Update IVB		www	01/01/1999
Organic Halides - Solid Matrices/Neutron Activat	1648				CD	06/01/1991
Organic Halides, Absorbable (AOX)	1650			ver 1 CD	CD	11/01/1996
Organic Halides, Absorbable (AOX)	1650B	821/R-93-017			www	10/01/1993
Organic Hazardous Consitutents - Tedlar Bags	0040	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
Organic Priority Pollutants in Sludges	0624-S	600/4-84-001				
Organic, inorganic & total mercury in soils	3200	not available	SW-846 dev			
Organics - multi-media, multi-concentration	CLP-SOW	OLM04.2			/superfund	
Organics analysis - low concentration water	CLP-SOW	OLC02.1.			/superfund	
Organics, General in Sediment	PP-013	600/4-81-055				
Organics, Purgeable in Sediment	PP-012	600/4-81-055				
Organochlorine Pesticides and PCBs - High VolPUF	TO-04	600/4-89-017				
Organochlorine Pesticides by Cap Column GC	8081A	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Organochlorine Pesticides by GC	8081B	SW-846 Ch 4.3.	Update IVA		www	01/01/1998
Organochlorine pesticides by GC with ECD or ELCD	8081B	SW-846 www	Update IVB		www	05/01/1999
Organochlorine Pesticides in Indoor Air	IP-8	600/4-90-10				04/01/1990
Organochlorine Pesticides in Wastewater	0608.1	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Organochlorine Pesticides in Wastewater - GC	0608.2	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Organohalide Pesticides	1656	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Organohalide Pesticides & PCB Products by GC	0505	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
Organohalide Pesticides & PCB Products in Water	0505	821/R-93-010-B			CD	01/01/1989
Organohalide pesticides -ww, soil, tissue-GC/HSD	1556A	821/R-93-017			www	

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Organohalides-ww, soil, sludge, sediment, tissue	1656A	821/R-00-017			SEL-01	09/01/2000
Organomercurials, Selected by HPLC/ECD	0245.3	600/4-91-010			www	04/01/1991
Organophosphorus Compounds by GC	8141B	SW-846 Ch 4.3.	Update IVA		www	01/01/1998
organophosphorus compounds by GC	8141B	SW-846	Update IVB		www	09/01/1999
Organo-Phosphorus in ww, soil, sed, tissue	1657A	821/R-00-018			SEL2-BIO	09/01/2000
Organophosphorus Pesticides	1657	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Organophosphorus Pesticides - GC Capillary Colum	8141A	SW-846 Ch 4.3.			www	09/01/1994
Organotins by micro LC-ES-ITMS	8323	SW-846	new		www	02/01/2003
Original Enterocci method	1106.1	821/R-97-004			www	03/01/2000
Orthophosphate (as P) - Automated Colorimetry	0365.1	600/R-93-100			www	08/01/1993
Orthophosphate by automated colorimetric	0365.5	600/R-97-072		/nerlcwww	/ordmeth	09/01/1997
Orthophosphate in Wet Depositon	0365.6	600/4-86-024				03/01/1986
Ortho-Phosphate-P	0300.0	600/4-79-020			www	
Oryzalin in Wastewater	0638	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Osmium - AA, Direct Aspiration	0252.1	600/4-79-020			NEMI	
Osmium - AA, Direct Aspiration	7550	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Osmium - AA, Furnace	0252.2	600/4-79-020			NEMI	
Overburden Sampling and Labeling	0002.2	600/2-78-054				03/01/1978
Oxidant Reduction (8.7)	TIE-ACUT	600/6-91-003			www	02/01/1991
Oxidizing Solids (conical pile type burning UN)	1040	SW-846 www	Update IVB		www	09/01/1999
Oxygen, Dissolved - Membrane Electrode (Probe)	0360.1	600/4-79-020			NEMI	
Oxygen, Dissolved - Modified Winkler	0360.2	600/4-79-020			NEMI	
Ozone in Atmosphere - measurment & calibration	AIR		50 App D		www	
PAH - GC with Heated Column	FM-25	540/2-88-005				09/01/1988
PAH Content of Oil by HPLC/UV	1654	821/R-92-008			www	12/01/1992
PAHs	INDOOR	600/8-90-041			www	
PAHs and PCBs in Soils/Sludges by TE/GC/MS	8275A	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
PAHs by GC/MS	TO-13A	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
PAHs by Liquid-Liquid Extraction (LLE) & HPLC	0550	600/4-90-020			NEMI	07/01/1990
PAHs by Liquid-Solid Extraction (LSE) & HPLC	0550.1	600/4-90-020			NEMI	07/01/1990
PAHs Soil Screening by Immunoassay	4035	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
Paint Filter Liquids Test	9095A	SW-846 Ch 6			www	12/01/1996
Paint Filter Liquids Test	9095B	SW-846 Ch 6	Update IIIB		www	10/30/2002
Painting/coating	0009	600/2-85-028				
Palladium - AA, Direct Aspiration	0253.1	600/4-79-020			NEMI	
Palladium - AA, Furnace	0253.2	600/4-79-020			NEMI	
Palms Diffusion Tube	IP-5B	600/4-90-10				04/01/1990
Parameters to Monitor	0004.4	600/4-82-029			www	
Paricles	INDOOR	600/8-90-041			www	
Particulate & Gaseous Arsenic Emissions	0108		61 App B		/ttn/emc	09/25/1996
Particulate Matter (PM) - Instack Filtration	0017		60 App A		/ttn/emc	04/23/1996
Particulate Matter (PM) - Stationary Sources	0005		60 App A		/ttn/emc	08/16/1996
Particulate Matter in Atmosphere - High-Volume	AIR		50 App B		www	
Particulates, Floating	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Passive Sampling Device	IP-5C	600/4-90-10				04/01/1990
Passive Sampling Device	IP-6C	600/4-90-10				04/01/1990
PCB - GC On-Site Lab Hexane Extraction	FM-19	540/2-88-005				09/01/1988
PCB - GC On-Site Lab Hexane/Acetone Extraction	FM-21	540/2-88-005				09/01/1988
PCB - GC On-Site Lab Hexane/Methanol Extraction	FM-20	540/2-88-005				09/01/1988

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
PCB - GC On-Site Lab Hexane/Methanol/H2O Extr	FM-18	540/2-88-005				09/01/1988
PCBs - Field Screening by SPE Membranes	FIELD	540/R-94-519			www	10/01/1994
PCBs & Organochlorine Pesticides	0608	/waterscience	136 App A		NEMI	
PCBs & pesticides in water & soil/sediment -GCMS	0680			01A0005295	CD	11/01/1985
PCBs and TCDD and Dibenzofurans	TO-09A	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
PCBs by Cap Column GC	8082	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
PCBs by GC	8082A	SW-846 www	Update IVB		www	05/01/1999
PCBs in Soil Screening Test	9078	SW-846 Ch 4.5			www	12/01/1996
PCBs in Transformer Fluid and Waste Oils	PCB	600/4-81-045			www	
PCBs in Transformer Oil Screening Test	9079	SW-846 Ch 4.5			www	12/01/1996
PCBs in Water, Soil - Isotope Dilution HRGC/HRMS	1668	821/R-97-001			www	03/01/1997
PCBs Screening by Immunoassay	4020	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
PCBs screening by perchlorination & GC	0508A				NEMI	01/01/1989
PCBs, Dioxins/Furans PAH - HRGS	4425	SW-846 www	Update IVB		www	09/01/1999
PCDD & PCDF - HRGC/HRMS	8290	SW-846 Ch 4.3.			www	09/01/1994
PCDD & PCDF in Human Adipose Tissue	TISSUE	560/5-86-020				
PCDD and PCDF by HRGC/HRMS	8290A	SW-846 Ch 4.3.	Update IVA		www	01/01/1998
PCDD and PCDF by HRGC/LRMS	8280A	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
PCDD and PCDF by HRGC/LRMS	8280B	SW-846 Ch 4.3.	Update IVA		www	01/01/1998
PCDDs and PCDFs - Stationary Sources Sampling	0023A	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
PCDF & PCDD in Fish	FISH	600/3-90-022				03/01/1990
Pentachlorophenol (PCP) - colimetric field test	8540	SW-846	Update IVB		www	
Pentachlorophenol Screening by Immunoassay	4010A	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
Perchlorate by Ion Chromatography	9058	SW-846	Update IVB		www	
Perchlorate in DW using Ion Chromatography	0314	815/R-00-014			www	11/01/1999
Perfluorocarbon Tracer (PFT)	IP-4A	600/4-90-10				04/01/1990
Performance Specifications 1-7	PF		60 App B		www	
Permethrin	0608.2	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticide - GC/ECD Hexane/Methanol Extraction	FM-22	540/2-88-005				09/01/1988
Pesticide - Isothermal GC/ECD Hexane Extraction	FM-23	540/2-88-005				09/01/1988
Pesticide by Bonded Sorbents	FM-D2	540/2-88-005				09/01/1988
Pesticide residue in food & feed commodities	RAM			/oppbead1	/methods	
Pesticide Sampling - NEIC	SAMPLIN			01A0005249		08/01/1985
Pesticides	INDOOR	600/8-90-041			www	
Pesticides & PCBs by low volume PUF & GC/MD	TO-10A	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
Pesticides and PCBs by high volume PUF & GC/MD	TO-04A	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
Pesticides by GC/AED (Atomic Emission Detection)	8085	SW-846	Update IVB		www	03/15/1999
Pesticides by Low Volume Polyurethane (PUF)	TO-10	600/4-89-017				06/01/1988
Pesticides in Fish	FISH	600/3-90-023				03/01/1990
Pesticides in GW - HPLC/Ultraviolet Detector	PEST-04	EMSL		01A0005658		
Pesticides in Humans and Environmental Samples	PEST	600/8-80-038				06/01/1980
Pesticides in soil & water	ECM			/oppbead1	/methods	
Pesticides, Carbamate & Amide	0632.1	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Carbamate and Urea	0632	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Carbon/Hydrogen/Oxygen Containing	0616	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Certain Amine & Lethane in WW - GC	0645	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Chlorinated - Neutrals/Sediments	PP-001	600/4-81-055				
Pesticides, Chlorinated in Fish	PP-002	600/4-81-055				
Pesticides, Chlorinated in Water by GC with ECD	0508	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Pesticides, Dinitro Aromatic by GC	0646	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Dinitroaniline in Wastewater	0627	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Dithiocarbamates by GC	0630.1	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Dithiocarbamates in Wastewater	0630	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Netural Nitrogen-Containing	0633.1	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Nitrogen & Phosphorus in GW by GC	0507	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
Pesticides, Organohalide & PCBs in WW	0617	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Organo-halide/phosphorus:Malathion	1618			01A0006086		07/01/1989
Pesticides, Organonitrogen:Bromacil/Deet/Hexazin	0633	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Organophosphorous in WW	0614.1	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Organophosphorus In WW	0614	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Organophosphorus: Trichloronate - WW	0622	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Thiocarbamate in WW - GC	0634	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Thiophosphate:Aspon/Phosmet/Thionazi	0622.1	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Triazine: Simetryn/Terbutryn in WW	0619	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides, Volatile:Chloropicrim/Ethyl Dibromid	0618	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides: Basalin (Fluchloralin)/CDN/Dinocap	0646	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides: Benomyl & Carbendazim in Wastewater	0631	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides: Ethion/EPN/Dioxathion/Terbufos	0614.1	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides: Fenarimol/MGK/Pronamide	0633.1	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Pesticides: Napropamide/Propanil/Vacor	0632.1	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Petroleum Hydrocarbons in Soil by Turbidmetric	9074	SW-846 Ch 4.5	Update IVA		www	01/01/1998
Petroleum Hydrocarbons Soil Screen by Immunoassy	4030	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
Petroleum Hydrocarbons, Total Recoverable	0418.1	600/4-79-020			www	
pH - Continuous Monitoring (Electrometric)	0150.2	600/4-79-020			NEMI	
pH - Electrometric	0150.1	600/4-79-020			NEMI	
pH - Electrometric Measurement	9040B	SW-846 Ch 8.2			www	01/01/1995
pH - Electrometric Measurement	9040C	SW-846 Ch 8	Update IIIB		www	10/30/2002
pH - Paper Method	9041A	SW-846 Ch 6			www	07/01/1992
pH Adjustment (6.10)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
pH Adjustment Test, Acute Effluent (8.3)	TIE-ACUT	600/6-91-003			www	02/01/1991
pH Adjustment/C18 Solid Phase Extraction (8.6)	TIE-ACUT	600/6-91-003			www	02/01/1991
pH Adjustment/Filtration Test (8.4)	TIE-ACUT	600/6-91-003			www	02/01/1991
pH Adjustment/Filtration Test, (8.5)	TIE-ACUT	600/6-91-003			www	02/01/1991
pH of Wet Deposition -Electrolytic Determination	0150.6	600/4-86-024				03/01/1986
Phenol - Liquid-Liquid Extraction & GC	FM-24	540/2-88-005				09/01/1988
Phenolics - Colorimetric Automated 4-AAp	9066	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
Phenolics - Spectrophotometric, Manual 4-AAP	9065	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
Phenolics - Spectrophotometric, MBTH	9067	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
Phenols	0604	/waterscience	136 App A		NEMI	
Phenols - Colorimetric4-AAP	0420.2	600/4-79-020			NEMI	
Phenols - Spectrophot/4-AAP	0420.1	600/4-79-020			NEMI	
Phenols - Spectrophot/MBTH	0420.3	600/4-79-020			www	
Phenols by GC:	8041A	SW-846 Ch 4.3	Update IVB		www	
Phenols by GC: Capillary Column Technique	8041	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Phenols in DW by SPE & cap col GC/MS	0528	815/R-00-014			NEMI	04/01/2000
Phenols in Sediment	PP-008	600/4-81-055				
Phenoxy-Acid Pesticides	1658	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Phenylurea compounds in DW by SPE & HPLC/UV	0532	815/R-00-014			NEMI	06/01/2000

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Phosgene by HPLC	TO-06	600/4-89-017			ttn/amtic	
Phosphorus - colorimetric/ 2 reagents	0365.3	600/4-79-020			NEMI	
Phosphorus - manual colorimetric/1 reagent	0365.2	600/4-79-020			NEMI	
Phosphorus - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Phosphorus, All Forms - Colorimetric/Automated	0365.1	600/4-79-020			NEMI	
Phosphorus, Total - Colorimetric/Automated	0365.4	600/4-79-020			NEMI	
Photochemical Degradation	0021	600/2-85-028				
Phthalate & Adipate Esters in DW by LLE or LSE	0506	821/R-93-010-B			NEMI	07/01/1990
Phthalate & Adipate Esters/Liquid-Liquid or LSE	0506	600/R-95-131			www	08/01/1995
Phthalate Ester	0606	/waterscience	136 App A		NEMI	
Phthalate Esters by Cap GC/ECD	8061A	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Physical Methods - Overburdens & Minesoils	0003.4	600/2-78-054				03/01/1978
Phytoplankton	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Picloram in Wastewater - LC	0644	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
Platinum - AA, Direct Aspiration	0255.1	600/4-79-020			NEMI	
Platinum - AA, Furnace	0255.2	600/4-79-020			NEMI	
Plutonium in Drinking Water	0911			01A0004860		
Plutonium, uranium & thorium / soil, air, tissue	RA-LV-PI	EMSL-LV-0539			CD	03/01/1979
PM - Metals in ambient by ICP/MS	IO-3.5	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
PM 2.5 - acidic & basic gases by Annular Deuder	IO-4	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
PM 2.5 - reactive acidic & basic gases	IO-4.2	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
PM 2.5 - strong acidity of atmospheric	IO-4.1	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
PM and MCEM from Aluminum Production Facilities	0315		63 App A		/ttn/emc	10/07/1997
PM Asphalt Roofing (Particulate Matter)	0005A		60 App A		/ttn/emc	06/13/1990
PM Baghouses (Particulate Matter)	0005D		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
PM Condensable Particulate Matter	0202		51 App M		/ttn/emc	09/25/1996
PM Fiberglass Plants (Particulate Matter)	0005E		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
PM Fluid Catalytic Cracking Unit	0005F		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
PM Nonsulfuric Acid (Particulate Matter)	0005B		60 App A		/ttn/emc	06/13/1990
PM Wood Heaters from a Dilution Tunnel	0005G		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
PM Wood Heaters from a Stack	0005H		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
PM10 - Andersen Continuous Beta Attenuation	IO-1.1	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
PM10 - Andersen Dichotomous Sampler	IO-2.2	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
PM10 - Calculations for Standard Volume	IO-2.4	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
PM10 - continuous determination of SPM in ambien	IO-1	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
PM10 - In-Stack, CRS (Constant Sampling Rate)	0201		51 App M		/ttn/emc	04/17/1990
PM10 - In-stack, CRS (Constant Sampling Rate)	0201A		51 App M		/ttn/emc	09/25/1996
PM10 - Integrated sampling of SPM in ambient	IO-2	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
PM10 - Particulate Matter as PM10 in Atmosphere	PM10		50 App J		www	08/07/1987
PM10 - Particulate Matter as PM10 in Atmosphere	PM10		50 App M		www	08/07/1987
PM10 - Rupprecht & Patashnick (R&P) TEOM Particle	IO-1.3	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
PM10 - Rupprecht & Patashnick LV Partisol Sample	IO-2.3	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
PM10 - Thermo Environmental Instruments (Wedding	IO-1.2	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
PM10 and SPM - High Volume (HV) Sampler	IO-2.1	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
PM2.5 - fine particulate matter in atmosphere	PM2.5		50 App L		www	12/13/1996
PNA, Total - Ultraviolet Fluorescence Spectropho	FM-26	540/2-88-005				09/01/1988
Polar organic compound/capillary electrophoresis	8355	not available	SW-846 dev			
Polonium-210 Emissions from Stationary Sources	0111		61 App B		/ttn/emc	04/01/1996
Polonium-210 in Drinking Water	0912			01A0004860		

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Poly(ethylene glycol)-600 - Pharmaceutical	1673	821/B-94-001			NEMI	01/01/1995
Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Fish	PCBs	600/3-90-023				03/01/1990
Polynuclear Aromatic Hydrocarbons	0610	/waterscience	136 App A		NEMI	
Polynuclear Aromatic Hydrocarbons	8100	SW-846 Ch 4.3.			www	09/01/1986
Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAH) - HPLC	8310	SW-846 Ch 4.3.			www	09/01/1986
Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAHs)	TO-13	600/4-89-017				06/01/1988
Pond Sampler - Liquid Wastes	SAMPLIN	600/2-80-018			www	
Portable THC Analyzer	SOIL-GAS	600/8-87-036				
Post C18 Solid Phase Extraction Column (6.6)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
Post C18 SPEC & pH Adjustment (6.13)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
Potassium - AA, Direct Aspiration	0258.1	600/4-79-020			NEMI	
Potassium - AA, Direct Aspiration	7610	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Potassium - AA, flame technique	0258.1 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Potassium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Potentiometric Determination of Nitrite Aqueous	9216	SW-846 Ch 5	Update IVA		www	01/01/1998
Precision & Accuracy/Recovery for Metals - ICP	METALS		136 App D	www	CD	
Preliminary Methods	PRE 1-4				/ttn/emc	
Preparation - Standard Operating Procedures SOPs	QA/G-6	240/B-01-004			quality1/	03/01/2001
Pressurized Fluid Extraction (PFE)	3545A	SW-846 Ch 4.2.	Update IVA		www	01/01/1998
Priority Pollutant - Organic Compounds, Metals	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Priority Pollutants, Organic, in Sludges	0625-S	600/4-84-001				
Probit Analysis for Chronic Toxicity	STATS	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
Product performance test guidelines - TSCA/FIFRA	0810				www OPPT	
Product properties test guidelines - TSCA/FIFRA	0830				www OPPT	09/22/1996
Protozoa & Enteric Virus Sample Collection	ICR	814/B-95-001			www	06/01/1995
Protozoan Method - Giardia & Cryptosporidium	ICR	814/B-95-003			www	06/01/1995
Purge & Trap for Aqueous Samples - Organic	5030B	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Purgeable Aromatics	0602	/waterscience	136 App A		NEMI	
Purgeable Halocarbons	0601	/waterscience	136 App A		NEMI	
Purgeable organic compounds - capillary column	0524.2				CD	08/01/1992
Purgeable Organic Compounds, Rapid Screening	SCREEN			01A0005957		06/29/1983
Purgeable Organic Halides (POX)	9021	SW-846 Ch 5			www	07/01/1992
Purgeable Organics in Sediment	PP-012	600/4-81-055				
Purgeables	0624	/waterscience	136 App A		NEMI	
Pyrethrins & Pyrethroids	1660	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993
QA/QC Plan & Data Validation Procedures -Removal	SAMPLIN	540/G-90-004			www	04/01/1990
QHEI (Qualitative Habitat Evaluation Index)	FISH	600/R-92-111			www	03/01/1993
Quality assurance project plans	QA/G-5	600/R-98-018			quality1/	02/01/1998
Quality Control Procedures	QUALITY	SW-846 Ch 1			www	07/01/1992
Quality Management Plans (replace 004/80)	QA/R-2	240/B-01-002			quality1/	03/01/2001
Radioactive Cesium	0901	600/4-80-032			www	08/01/1980
Radioactive Cesium in drinking water	RA-CI-Ces	600/4-75-008			CD	03/01/1976
Radioactive Iodine	0902	600/4-80-032			www	
Radioactive Iodine in DW - distillation	RA-CI-Io-	600/4-75-008			CD	03/01/1976
Radioactive Iodine in DW - precipitation	RA-CI-Io-	600/4-75-008			CD	03/01/1976
Radioactive Strontium	0905	600/4-80-032			www	
Radioactive strontium in drinking water	RA-CI-Str	600/4-75-008			CD	03/01/1976
Radioactivity, Gross Alpha and Gross Beta	0900	600/4-80-032			NEMI	08/01/1980
Radionuclide Emissions from stationary sources	0114		61 App B		/ttn/emc	04/01/1996

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Radionuclides, Gamma Emitting	0901.1	600/4-80-032			www	
Radiostrontium - radiochemical in aqueous, sea	Sr-04	520/5-84-006			CD	08/01/1994
Radium, Alpha-Emitting Isotopes	0903	600/4-80-032			www	08/01/1980
Radium, Gross Alpha Screening Procedure	0900.1	600/4-80-032			www	
Radium-226 & Radium-228 / soil, air, tissue	RA-LV-Ra	EMSL-LV-0539			CD	03/01/1979
Radium-226 in DW - radon emanation	RA-CI-R2	600/4-75-008			CD	03/01/1976
Radium-226 radiochemical de-emanation	Ra-04	520/5-84-006			CD	08/01/1994
Radium-226 radiochemical in water	Ra-03	520/5-84-006			CD	08/01/1994
Radium-226 Radon Emanation Technique	0903.1	600/4-80-032			NEMI	08/01/1980
Radium-228	0904	600/4-80-032			www	
Radium-228	9320	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
Radium-228 in DW - sequential method	RA-CI-R2	600/4-75-008			CD	03/01/1976
Radium-228 radiochemical in water	Ra-05	520/5-84-006			CD	08/01/1994
RadKleen	0011	600/2-85-028				
Radon	INDOOR	600/8-90-041			www	06/01/1990
Radon & Radon Decay Product Measurement Devices	RADON	402/R-92-004			www	07/01/1992
Radon & Radon Decay Product Measurements / Homes	RADON	402/R-92-003			www	06/01/1993
Radon in DW by Liquid Scintillation Counting	0913			01A0006252		05/01/1991
Radon, Indoor & Decay Product Measurements	SAMPLIN	402/R-92-004			www	07/01/1992
Radon, Protocols for Screening and Measurement	RADON	520/1-86-014				02/01/1987
Radon-222 Emissions	0115		61 App B		/ttn/emc	04/01/1996
RCRA waste - updates SW-846 Chapter 9	SAMPLIN	530/D-02-002			www	
RDX in Soil and Water by Immunoassay	4051	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
Reactive Acidic, Basic Gases, PM in Indoor Air	IP-9	600/4-90-10				04/01/1990
Reg 1 Lab Data Validation-volatile/semivolatile	GUIDELI			01A0006125		02/01/1988
Region 1 Compendium of QA Project Plan Guidance	QA-GUID			01A0007832	www	10/01/1999
Remote Sensing & Surface Geophysical (1.1-1.6)	GEOPHYS	625/R-93-003a			www	05/01/1993
Reproduction - Red Macroalga	1009	821/R-02-014		WET	www	10/01/2002
Reproductive of endocrine-disrupting / minnow	TOXICIT	600/R-01-067			www	06/01/2002
Requirements for Environmental Programs	QA/R-1	EPA Manual 53			quality1/	05/01/2000
Requirements for QA project plans	QA/R-5	240/B-01-003			quality1/	03/01/2001
Residual HC in Rubber Crumb by Capillary GC	0313B		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
Residual Hexane	0310A		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
Residual Hydrocarbon in Rubber Crumb	0313A		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
Residual N-Hexane in EDPM Rubber	0310C		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
Residual Solvent	0310B		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
Residual Styrene in SBR Latex by GC	0312A		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
Residue chemistry test guidelines - TSCA/FIFRA	0860				www OPPT	
Residue, Filterable	0160.1	600/4-79-020			NEMI	
Residue, Non-Filterable & Total Suspended Solids	0160.2	600/4-79-020			NEMI	
Residue, Settleable Matter	0160.5	600/4-79-020			www	
Residue, Total	0160.3	600/4-79-020			NEMI	
Residue, Volatile	0160.4	600/4-79-020			NEMI	
Respirable Particulate Matter (PM) in Indoor Air	IP-10	600/4-90-10				04/01/1990
Rhenium - AA, Direct Aspiration	0264.1	600/4-79-020			www	
Rhenium - AA, Furnace	0264.2	600/4-79-020			www	
Rhodium - AA, Direct Aspiration	0265.1	600/4-79-020			NEMI	
Rhodium - AA, Furnace	0265.2	600/4-79-020			NEMI	
Rotenone - LC	0635	821/R-93-010-A			CD	06/01/1993

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
RPBs - Rapid Bioassessment of Periphyton, fish	BIOMONI	841/B-99-002			www	07/01/1999
Ruthenium - AA, Direct Aspiration	0267.1	600/4-79-020			NEMI	
Ruthenium - AA, Furnace	0267.2	600/4-79-020			NEMI	
Salinity	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Salmonella - Microbiological Monitoring/Water	MICROBI	600/8-78-017			www	
Salmonella sp. in biosolids	1682	821/R-98-004			CD	08/01/1998
Salmonella/Microsomal Mutagenicity Assay (Ames)	AMES	600/4-82-068				03/01/1983
Sample Collection	0012.1	600/4-82-029			www	
Sample Collection Protocol	SAMPLIN	600/2-85-104			www	09/01/1985
Sample Confirmation Procedures for Toxicity	TIE	600/R-92-081			www	09/01/1993
Sample Frequency	0004.3	600/4-82-029			www	
Sample Methods & Equipment - Microbiological	0014.4	600/4-82-029			www	
Sample Preparation for Volatile Organics	5000	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Sample Preparation Methods - Inorganic Analytes	INORGAN	SW-846 Ch 3.2			www	12/01/1996
Sample Preservation	0017.1	600/4-82-029			www	
Samples, Number of	0004.2	600/4-82-029			www	
Sampling Agricultural Discharges	0007.8	600/4-82-029			www	
Sampling design for environmental data collect	QA/G-5S				quality1/	08/01/2000
Sampling Equipment Decontamination	SOP #2006				www.ert.org	
Sampling House Dust for Lead by Wipe & Vacuum	SAMPLIN	747/R-95-007				09/01/1995
Sampling Industrial Wastewaters	0006.8	600/4-82-029			www	
Sampling Sludges	0010.8	600/4-82-029			www	
Sampling Surface Waters - Fish Field & Lab	FISH	600/R-92-111			www	03/01/1993
Sampling Train - Modified Method 5 semi-volatile	0010	SW-846 Ch 10			www	09/01/1986
Sampling Waters, Organisms & Sediments	0008.7	600/4-82-029			www	
Scarification	0010	600/2-85-028				
Screen for Use of High of Low-Level VOA Prep/PID	3815	SW-846 www	Update IVB		www	09/01/1999
Screening Method for Air Toxics Emission Factors	SCREEN				/ttn/emc	10/11/1991
Secondary Devices	0003.5	600/4-82-029			www	
Sediment - Chironomus tentans life-cycle test	0100.5	600/R-99-064			www	03/01/2000
Sediment - freshwater amphipods 42-d survival	0100.4	600/R-99-064			www	03/01/2000
Sediment - marine amphipods 10-d survival test	0100.4	600/R-94-025			www	03/01/2000
Sediment & Water Samples - Handling & Analysis	SAMPLES			01A0005044		05/01/1981
Sediment 28-d chronic toxicity - marine amphipod	SOIL Tox	600/R-01-020			www	03/01/2001
Sediment Assessment Strategy Recommended by IJC	SEDIMEN	823/R-92-006			www	09/01/1992
Sediment Bioaccumulation, Bedded Marine/Estuarin	SEDIMEN	600/R-93-183				09/01/1993
Sediment Quality Triad Approach	SEDIMEN	823/R-92-006			www	09/01/1992
Sediment Sampling	SOP #2016				www.ert.org	
Sediments - Bioaccumulation / Lumbriculus varieg	0100.3	600/R-99-064			www	03/01/2000
Sediments - Survival & Growth/Chironomus tentans	0100.2	600/R-99-064			www	03/01/2000
Sediments - Survival Test / Hyalella azteca 10-d	0100.1	600/R-99-064			www	03/01/2000
Selenium - AA, Furnace	0270.2	600/4-79-020			NEMI	
Selenium - AA, furnace technique	0270.2 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Selenium - AA, Furnace Technique	7740	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Selenium - AA, Gaseous Borohydride	7742	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
Selenium - AA, Gaseous Hydride	0270.3	600/4-79-020			www	
Selenium - AA, Gaseous Hydride	7741A	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1994
Selenium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Selenium in Sediment	PP-003	600/4-81-055				

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Semivolatile by Bonded Sorbents	FM-D3	540/2-88-005				09/01/1988
Semivolatile organic by SPE & cap col GC/MS	0526	815/R-00-014			NEMI	06/01/2000
Semivolatile Organic Compounds - Pharmaceutical	1665	821/B-94-001			CD	01/01/1995
Semivolatile Organic Compounds by GC/MS	8270D	SW-846 Ch 4.3.	Update IVA		www	01/01/1998
Semivolatile Organic Compounds by GC/MS Cap Col	8270C	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Semivolatile Organic Compounds -Isotope Dilution	1625B		136 App A		NEMI	
Semivolatile Organic Compounds/Isotope Dillution	1625C			01A0006089	CD	01/22/1991
Semivolatile Organics - GC/FT-IR Cap Column	8410	SW-846 Ch 4.3.			www	09/01/1994
Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction	3510C	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
SFE of PCBs & Orgaochlorine Pesticides (OCPs)	3562	SW-846 Ch 4.2.	Update IVA		www	01/01/1998
Shell Development - Pacific Oyster & Mussel	1005	600/R-95-136			www	08/01/1995
Silica - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Silica Gel Cleanup (florisil)	3630C	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Silica, Dissolved - Colorimetric	0370.1	600/4-79-020			NEMI	
Silver - AA, Direct Aspiration	0272.1	600/4-79-020			NEMI	
Silver - AA, Direct Aspiration	7760A	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
Silver - AA, Furnace	0272.2	600/4-79-020			NEMI	
Silver - AA, furnace technique	0272.2 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Silver - AA, Furnace Technique	7761	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
Silver - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Size Specific Impaction	IP-10A	600/4-90-10				04/01/1990
Sludge, Ntl Sewage Survey Procedures & Protocols	SAMPLIN			01A0006083		08/01/1989
Slug Tests	SOP #2158				www.ert.org	
Small Ducts - Sample & Velocity Traverses	0001A		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
SOD (Sediment Oxygen Demand) by Bench Model	SOD			01A0006379	www	05/01/1979
Sodium - AA, Direct Aspiration	0273.1	600/4-79-020			NEMI	
Sodium - AA, Direct Aspiration	7770	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Sodium - AA, flame technique	0273.1 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Sodium - AA, Furnace	0273.2	600/4-79-020			www	
Sodium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Sodium Thiosulfate Addition (6.3)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
Soil & Foliar in Long-Term Environ Monitoring	MONITO	600/R-95-077			www	06/01/1995
Soil and Waste pH	9045D	SW-846 Ch 6	Update IIIB		www	10/30/2002
Soil Gas Sampling	SOP #2149				www.ert.org	
Soil Gas Sampling - Direct Injection Auger	FM-17	540/2-88-005				09/01/1988
Soil Gas Sampling - Direct Injection Stopper	FM-13	540/2-88-005				09/01/1988
Soil Gas Sampling - Downhole Profiling	FM-16	540/2-88-005				09/01/1988
Soil Gas Sampling - Mini-Barrel Sampler	FM-11	540/2-88-005				09/01/1988
Soil Gas Sampling - One-Liter Syringe	FM-12	540/2-88-005				09/01/1988
Soil Gas Sampling - Perforated Tube	FM-14	540/2-88-005				09/01/1988
Soil Gas Sampling - Tenax Tubes	FM-15	540/2-88-005				09/01/1988
Soil Gas Sampling, Grab of VOCs - LGAS	SOIL-GAS	600/2-87-027				
Soil Gas Sampling, Passive - Industrial Hygiene	FM-10	540/2-88-005				09/01/1988
Soil Samplers - Auger, Sampling Trier	SAMPLIN	600/2-80-018			www	
Soil Sampling	SOP #2012				www.ert.org	
Soil sampling guidance -Superfund	SAMPLIN	540/R-95-141			www.ert.org	12/01/1995
Soil Sampling Protocols	SAMPLIN	600/R-92-128			www	07/01/1992
Soil Sampling Quality Assurance User's Guide	SOIL	600/8-89-046			www	03/01/1989
Soils - Description & Sampling Field Guide	SAMPLIN	625/12-91-002				11/01/1991

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Solid & Hazardous Wastes	PROPERT	SW-846 Ch 6			www	12/01/1996
Solid & Hazardous Wastes - Characteristics	REACTIV	SW-846 Ch 8.3			www	12/01/1996
Solid Adsorbent Cartridge	IP-6A	600/4-90-10				04/01/1990
Solid Adsorbent Tubes	IP-1B	600/4-90-10				04/01/1990
Solid Phase Extraction (SPE)	3535A	SW-846 Ch 4.2.	Update IVA		www	01/01/1998
Solid Phase Extraction (SPE) - Organics	3535	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Solid Phase Extraction (SPE) including explosive	3535A	SW-846 Ch 4.2.	Update IVB		www	11/01/1998
Solids, Total Volatile	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Solids, Total Water Content	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Solvent Extractable Non-Volatile by HPLC/PB/MS	8325	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Solvent Extractable Non-Volatile by HPLC/TS/MS	8321A	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Solvent Vapor Cleaner Emissions	0307		63 App A		/ttn/emc	09/25/1997
Solvent Washing	0012	600/2-85-028				
Solvent-Extractable Nonvolatile Compounds - UV	8321B	SW-846 Ch 4.3.	Update IVB		www	01/01/1998
Solvent-extractable non-volatile HPLC/E/MS UV	8322	not available	SW-846 dev			
Somatic Coliphage in DW enrichment presence	1601	821/R-01-030		/nerlcwww	www	04/01/2001
Source Assessment Sampling System (SASS)	0020	SW-846 Ch 10			www	09/01/1986
Soxhlet Extraction - Organics	3540C	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Spearman-Karber Method for Acute Toxicity	STATS	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
Specific Conductance	9050A	SW-846 Ch 6			www	12/01/1996
Specific oxygen uptake rate (SOUR) in biosolids	1683	821/R-01-014			CD	02/01/2000
Spiked-Sediment Toxicity Test Approach (SSTT)	SEDIMEN	823/R-92-006			www	09/01/1992
SPM - Metals / Neutron Activation (NAA)	IO-3.7	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
SPM - Metals in ambient by AAS	IO-3.2	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
SPM - Metals in ambient by ICP	IO-3.4	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
SPM - Metals in ambient by Proton X-Ray (PIXE)	IO-3.6	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
SPM - Metals in ambient PM by XRF	IO-3.3	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
SPM - selection, preparation & extraction	IO-3.1	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
Spray drift test guidelines - TSCA/FIFRA	0840				www OPPT	
Stack gas velocity / (decay near stack wall)	0002H		60 App A		/ttn/emc	
Stack gas-velocity/volumetric flow rate-2D probe	0002G		60 App A		/ttn/emc	
Stack gas-velocity/volumetric flow rate-3D probe	0002F		60 App A		/ttn/emc	
Stainless Steel Canister	IP-1A	600/4-90-10				04/01/1990
Standard Plate Count (SPC)	MICROBI	600/8-78-017			www	
Steam Cleaning	0013	600/2-85-028				
Steel's Many-One Rank Test - Chronic Toxicity	STATS	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
Streams - field & lab for macroinvertebrate	EMAP			01A0007986	www /maia	07/01/1997
Strontium - AA, Direct Aspiration	7780	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
Strontium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Strontium-89 & -90 / vegetation, soil, tissue	RA-LV-Str	EMSL-LV-0539			CD	03/01/1979
Styrene in SBR Latex by Capillary GC	0312B		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
Styrene in SBR Latex produced by Emulsion Polym	0312C		63 App A		/ttn/emc	03/17/1997
Substances Liable to Spontaneous Combustion	1050	SW-846 www	Update IVB		www	07/01/1999
Subsurface Solids for Groundwater Quality	SAMPLIN	600/2-81-160				
Sulfate	0300.0	600/4-79-020			www	
Sulfate - Colorimetric, Automated, Chloranilate	0375.1	600/4-79-020			NEMI	
Sulfate - Colorimetric, Automated, Chloranilate	9035	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
Sulfate - Colorimetric, Automated, Methylthymol	0375.2	600/4-79-020			NEMI	
Sulfate - Colorimetric, Automated, Methylthymol	9036	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Sulfate - Colorimetry, Automated	0375.2	600/R-93-100			www	08/01/1993
Sulfate - Gravimetric	0375.3	600/4-79-020			NEMI	
Sulfate - Turbidimetric	0375.4	600/4-79-020			NEMI	
Sulfate - Turbidimetric	9038	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
Sulfide - Colorimetric, Methylene Blue	0376.2	600/4-79-020			NEMI	
Sulfide - Potentiometric in Aqueous/Ion-Sel Ele	9215	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
Sulfide - Titrimetric, Iodine	0376.1	600/4-79-020			NEMI	
Sulfides, Acid-Soluble & Insoluble - Titrimetric	9034	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
Sulfides, Acid-Soluble & Insoluble -Distillation	9030B	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
Sulfides, Total & Water Soluble	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Sulfite - Titrimetric	0377.1	600/4-79-020			NEMI	
Sulfur (Semicontinuous Determination)	0016		60 App A		/ttn/emc	10/10/1996
Sulfur Cleanup	3660B	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Sulfur Dioxide & Carbon Dioxide - Daily Fossil	0006B		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
Sulfur Dioxide & Carbon Dioxide - Fossil Fuel	0006A		60 App A		/ttn/emc	09/25/1997
Sulfur Dioxide Emissions - Stationary by IAP	0006C		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Sulfur Dioxide Emissions (SO2)	0006		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Sulfur Dioxide in Atmosphere - Pararosanine	AIR		50 App A		www	
Sulfur Dioxide Removal & PM, SO2, NOx Rates	0019		60 App A		/ttn/emc	04/15/1996
Sulfur, Total Reduced - Stationary/Impinger	0016A		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Sulfur, Total Reduced (TRS Alt.)	0015A		60 App A		/ttn/emc	04/01/1996
Sulfuric Acid Mist	0008		60 App A		/ttn/emc	10/29/1996
Sulfuric Acid/Permanganate Cleanup	3665A	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Supercritical Fluid Extraction - PAH	3561	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Supercritical Fluid Extraction - TRPH (Petroleum	3560	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Surfacants Methylene Blue Active Substant (MBAS)	0425.1	600/4-79-020			NEMI	
Surface Coatings - Volatile Matter Content	0024		60 App A		/ttn/emc	09/11/1995
Surface Tension - Tanks Electroplating/Anodizing	0306B				/ttn/emc	02/08/1996
Surface water - Ecological condition of wadeable	EMAP	620/R-94-004F			www	09/01/1998
Surface Water Sampling	SOP #2013				www.ert.org	
Surface Water Treatment Rule (SWTR) - Sampling	WATER	814/B-92-001				04/01/1992
Survival & Growth - Fathead Minnow Larval	1000	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
Survival & Growth - Mysid	1007	600/R-95-136			www	08/01/1995
Survival & Growth - Sheepshead Minnow Larval	1004	821/R-02-014		WET	www	10/01/2002
Survival & Reproduction - Ceriodaphnia	1002	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
Survival & Teratogenicity - Minnow Embryo Larval	1005	821/R-02-014		WET	www	10/01/2002
Survival & Teratogenicity -Fathead Minnow Larval	1001	821/R-02-013		WET	www	10/01/2002
Survival, Growth & Fecundity - Mysid	1007	821/R-02-014		WET	www	10/01/2002
Suspended PM - chemical species /filter-collect	IO-3	625/R-96-010a			ttn/amtic/	07/01/1999
Swirling flask dispersant effectiveness test	DISPERS		300 App C		www	
Synthetic Organic Compounds (SOC) - Small Water	SAMPLIN	814/B-94-001			www	07/01/1994
Synthetic Precipitation Leaching Procedure	1312	SW-846 Ch 6			www	09/01/1994
Tank Sampling	SOP #2010				www.ert.org	
TCE & other halogenated Aliphatic hydrocarbons	8535	SW-846	Update IVB		www	09/11/2001
TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure	1311	SW-846 Ch 8.4			www	07/01/1992
Technical audits & assessments	QA/G-7	600/R-99-080			quality1/	01/01/2000
Temperature - Thermometric	0170.1	600/4-79-020			NEMI	
Tenax GC Adsorption	TO-01	600/4-89-017			ttn/amtic	
Tetrazene - Reverse Phase HPLC	8331	SW-846 Ch 4.3.			www	09/01/1994

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Thallium - AA, Direct Aspiration	0279.1	600/4-79-020			NEMI	
Thallium - AA, Direct Aspiration	7840	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Thallium - AA, Furnace	0279.2	600/4-79-020			NEMI	
Thallium - AA, furnace technique	0279.2 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Thallium - AA, Furnace Technique	7841	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Thallium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Thiabendazole	0641	821/R-93-010-A			CD	08/01/1993
Thorium - Drinking Water	0910			01A0004860		
Thorium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Tier 2 Characterization (6.9)	TIE-CHR	600/6-91-005F			www	05/01/1992
Tin - AA, Direct Aspiration	0282.1	600/4-79-020			NEMI	
Tin - AA, Direct Aspiration	7870	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Tin - AA, Furnace	0282.2	600/4-79-020			NEMI	
Tin - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Tissue Residue Approach	SEDIMEN	823/R-92-006			www	09/01/1992
Tissue/Demersal Fishes & Epibenthic Macroinvert	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Tissue/Priority Pollutant Metals - Bioaccumulat	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Tissue/Priority Pollutant Organic Compounds	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Titanium - AA, Direct Aspiration	0283.1	600/4-79-020			NEMI	
Titanium - AA, Furnace	0283.2	600/4-79-020			NEMI	
TNT and RDX - fiberoptic florescent Immunoassay	4656	not available	SW-846 dev			
TNT and RDX - Flow cell detection Immunoassay	4655	not available	SW-846 dev			
TNT Explosives in Water and Soils by Immunoassay	4050	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
TNT in Soil by Coloimetric Screening	8515	SW-846 Ch 4.5			www	12/01/1996
Tobacco Smoke	INDOOR	600/8-90-041			www	
Toluene, Dichlorobenzene, 1,3 & 1,2 & 1,4	0602	/waterscience	136 App A		NEMI	
Total and Amenable Cyanide - Colorimetric UV	9012A	SW-846 Ch 5			www	12/01/1996
Total Chlorine - New & Used Petroleum Prod/XRF	9075	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
Total Chlorine - New & Used Petroleum/Oxidative	9076	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
Total Chlorine - New & Used Petroleum-Field Kit	9077	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
Total Coliform - Membrane Filter	9132	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
Total Coliform - Multiple Tube Fermentation	9131	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
Total Coliform Rule - Sampling	WATER	814/B-92-001				04/01/1992
Total Cyanide by Semi-Automated Colorimetry	0335.4	600/R-93-100			NEMI	08/01/1993
Total Cyanide in water, soil/sediment	0335.2 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Total dissolved iron cyanide by ion chromatograp	9015	not available	SW-846 dev			
Total extractable material in drilling mud - SDS	1662A				CD	
Total Extractable Material in Drilling Mud /SDS	1662	821/R-92-008			www	12/01/1992
Total Fluoride - Primary Aluminum Plants	M-14A				/ttn/emc	12/02/1996
Total Fluoride emissions - primary aluminum	0014A		60 App A			10/07/1998
Total Kjeldahl Nitrogen - Semi-Automated Colori	0351.2	600/R-93-100			www	08/01/1993
Total Kjeldahl nitrogen / prelim distill digest	1687	821/R-01-004			CD	02/01/1999
Total Kjeldahl nitrogen /prelim semi-auto digest	1688	821/R-01-007			CD	02/01/1999
Total Organic Carbon	9060	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986
Total Organic Carbon	9060A	SW-846 Ch 5	Update IIIB		www	10/30/2002
Total Organic Carbon, Low Level	WATER			01A0005510		
Total Organic Halide	0450.1	600/4-81-056				
Total Organic Halides (TOX)	9020B	SW-846 Ch 5			www	09/01/1994
Total Organic Halides (TOX)	9022	SW-846 Ch 5			www	09/01/1986

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Total Recoverable Petroleum Hydrocarbons - IS	8440	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
Total Recoverable Phenolics - Semi-Automated Col	0420.4	600/R-93-100			www	08/01/1993
Total Reduced Sulfur - (GC Analysis)	0016B		60 App A		/ttn/emc	04/01/1996
Total Tin & Triorganotin (AUTOCHEM North Americ	EV-024/25	821/R-93-010-A			CD	08/01/1996
Total, fixed & volatile solids in biosolids	1684	821/R-01-015			CD	02/01/1999
Toxaphene Soil Screening by Immunoassay	4040	SW-846 Ch 4.4			www	12/01/1996
Toxicity Reduction Evaluation - POTW	TRE	833/B-99-002			www	08/01/1999
Toxicity Reduction Evaluation Protocol - POTW	TRE	600/2-88-062			www	04/01/1989
Toxicity, Acute - Algal Growth/Haz Waste	TOXICIT	600/3-88-029				
Toxicity, Acute - Bioassays/Haz Waste Sites	TOXICIT	600/8-87-043				
Toxicity, Acute - Earthworm Survival/Haz Waste	TOXICIT	600/3-88-029				
Toxicity, Acute - Fathead Minnow/Haz Waste	TOXICIT	600/3-88-029				
Toxicity, Acute - Freshwater & Marine Organisms	TOXICIT	600/4-90-027F		OST/WET	www	08/01/1993
Toxicity, Acute - Freshwater & Marine Organisms	TOXICIT	821/R-01-012		OST/WET	www	10/01/2002
Toxicity, Acute - Freshwater & Marine Organisms	TOXICIT	821/R-02-012			www	10/01/2002
Toxicity, Acute - Freshwater Region 1 NPDES	TOXICIT				www	12/01/1995
Toxicity, Acute - Lettuce Root Elongation	TOXICIT	600/3-88-029				
Toxicity, Acute - Lettuce Seed Germination	TOXICIT	600/3-88-029				
Toxicity, Acute - Marine Region 1 NPDES	TOXICIT				www	09/01/1996
Toxicity, Aquatic - Baseline Effluent	TOXICIT	600/6-91-003			www	
Toxicity, Aquatic - EDTA Chelation Test	TOXICIT	600/6-91-003			www	
Toxicity, Aquatic - Graduated pH Test	TOXICIT	600/6-91-003			www	
Toxicity, Aquatic - Initial Effluent	TOXICIT	600/6-91-003			www	
Toxicity, Aquatic - Oxidant Reduction Test	TOXICIT	600/6-91-003			www	
Toxicity, Aquatic - pH Adjustment/Aeration	TOXICIT	600/6-91-003			www	
Toxicity, Aquatic - pH Adjustment/Filtration	TOXICIT	600/6-91-003			www	
Toxicity, Chronic - Freshwater Region 1 NPDES	TOXICIT				www	12/01/1995
Toxicity, Chronic - Marine Region 1 NPDES	TOXICIT				www	09/01/1996
Toxicity, Early Life Stage with Japanese Medaka	TOXICIT	600/3-91-063			www	
Trace Atmospheric Gas Analyzer (TAGA)	FM-D1	540/2-88-005				09/01/1988
Trace Element (Metals) - ICP	0200.7	600/4-79-020			www	
Trace element by ICP/AE in water & wastes	0200.7 CL	ILM04.0		exhibit D	www clp	
Trace Element in water/wastes by ICP	0200.7		136 App C	www	CD	
Trace Elements - GFAA	0200.9	600/R-94-111			NEMI	05/01/1994
Trace Elements - Stabilized Temp Graphite FAAS	0200.9	821/R-93-010-B			CD	04/01/1991
Trace Elements - Stabilized Temperature GFAA	0200.15	600/R-94-111			www	05/01/1994
Trace Elements by Off-line Chelation	0200.13	600/R-97-072		/orthmeth	NEMI	09/01/1997
Trace Elements by Stabilized Temp GF/AA	0200.12	600/R-97-072		/orthmeth	NEMI	09/01/1997
Trace Elements in Ambient Waters by Chelation	1637	821/R-96-004			NEMI	01/01/1996
Trace Elements in Ambient Waters by ICP/MS	1638	821/R-96-005			NEMI	01/01/1996
Trace Elements in Ambient Waters by On-Line Chel	1640	821/R-96-007			NEMI	01/01/1996
Trace Elements in Ambient Waters by Stabilized	1639	821/R-96-006			NEMI	01/01/1996
Trace Elements in Marine Water by ICP/MA	0200.10	600/4-91-010			NEMI	04/01/1991
Trace Elements in Water & Wastes - ICP/MS	0200.8	600/R-94-111			NEMI	05/01/1994
Trace elements in water, solid & biosolids	0200.9				CD	09/01/1998
Trace elements in Water, Solids & biosolids/ICP	0200.7				NEMI	08/01/1998
Trace elements in waters & wastes/ ICP MS	0200.8				CD	
Trace Elements/Marine by Online chelation-ICP/MS	0200.10	600/R-97-072		/nerlcwww	/ordmeth	09/01/1997
Trace Metal Clean Rooms - Establish in Existing	GUIDANC	821/B-95-001			www	04/01/1995

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Trace Metals, Documentation & Evaluation of Data	GUIDANC	821/B-95-002			www	04/01/1995
Trace Organic - Immunoassays	FM-D4	540/2-88-005				09/01/1988
Tracer Gas	IP-4B	600/4-90-10				04/01/1990
Transmissivity	ESTUARI	430/9-86-004				03/01/1986
Traverse Points - Stationary Sources	0001		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Treated Filter Cassette	IP-2B	600/4-90-10				04/01/1990
Triazine Herbicides as Atrazine by Immunoassay	4670	SW-846 Ch 4.4	Update IVA		www	01/01/1998
Tributyltin Chloride in Marine & Fresh Waters	0282.3			01A0006709	www	10/01/1989
Trihalomethane, Maximum Total - Potential	0510.1	600/4-81-044				
Trihalomethanes in Drinking Water - GC/MS	0501.3			01A0005114		
Trihalomethanes in Drinking Water -purge & trap	0501.1			01A0008190		11/01/1979
Trihalomethanes in DW liquid/liquid extraction	0501.2	999Zb1118		01A0008190	www NEPI	11/01/1979
Trihalomethanes, Total by LLE/GC/ECD	0551	600/4-90-020			www	07/01/1990
Tritium	0906	600/4-80-032			www	
Tritium - radiochemical / dioxane method	H-02	520/5-84-006			CD	08/01/1994
Tritium / water & biological tissue	RA-LV-Tri	EMSL-LV-0539			CD	03/01/1979
Tritium in drinking water	RA-CI-Trit	600/4-75-008			CD	03/01/1976
Trowel or Scoop - Sampling Solid Waste	SAMPLIN	600/2-80-018			www	
Turbidity - Nephelometric	0180.1	600/R-93-100			NEMI	08/01/1993
Ultrasonic Extraction - Organics	3550B	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Ultrasonic Extraction (non or semi-volatile)	3550C	SW-846 www	Update IVB		www	03/01/1999
Uranium - Fluorometric Method	0908.1	600/4-80-032			www	
Uranium - Laser Indirect Fluorometry in DW	0908.2	600/4-80-032			www	
Uranium - Radiochemical Method	0908	600/4-80-032			www	
Uranium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Vadose Zone Hydrologic Properties (6.6.1-6.3.3)	CHARAC	625/R-93-003b			www	05/01/1993
Vadose Zone Infiltration, Flux (7.1.1-7.5.6)	CHARAC	625/R-93-003b			www	05/01/1993
Vadose Zone Soil-Solute/Gas (9.1.1-9.5.2)	MONITO	625/R-93-003b			www	05/01/1993
Vadose Zone Water Budget Models (8.1.1-8.4.6)	CHARAC	625/R-93-003b			www	05/01/1993
Vanadium - AA, Direct Aspiration	0286.1	600/4-79-020			NEMI	
Vanadium - AA, Direct Aspiration	7910	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Vanadium - AA, Furnace	0286.2	600/4-79-020			NEMI	
Vanadium - AA, Furnace Technique	7911	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Vanadium - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994
Vapor Phase Organic & Inorganic Emission - FTIR	0320		63 App A		/ttn/emc	05/02/1997
Vapor Phase Organic Concentration /Waste Samples	0025E		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Vapor Tightness of Gasoline Tank - Pressure Vac.	0027		60 App A		/ttn/emc	01/21/1994
Vapor-Phase Solvent Extraction	0014	600/2-85-028				
Veihmeyer Soil Sampler	SAMPLIN	600/2-80-018			www	
Velocity & Flow Rate - Standard Pitot	0002C		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Velocity & Volumetric Flowrate - Cyclonic Flow	PROPEL				/ttn/emc	08/22/1996
Velocity and S-type Pitot	0002		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Vinyl Chloride Content of Inprocess Wastewater	0107		61 App B		/ttn/emc	08/20/1996
Vinyl Chloride Content of Solvents	0107A		61 App B		/ttn/emc	09/25/1996
Vinyl Chloride from Stationary Sources	0106		61 App B		/ttn/emc	05/23/1995
Virus Adsorption-Elution (Viradel) Cartridge	VIRUS-06	600/4-84-013			www	
Virus Adsorption-Elution (Viradel) Disc Filter	VIRUS-05	600/4-84-013			www	
Virus Monitoring Protocol - Info Collection Req	ICR	814/B-95-002			www	06/01/1995
Viruses, Cell Culture for Plaque-Forming Assay	VIRUS-10	600/4-84-013			www	12/01/1987

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Viruses, Cell Preparation & Maintenance	VIRUS-09	600/4-84-013			www	01/01/1987
Viruses, Plaque Confirmation of Enteroviruses	VIRUS-11	600/4-84-013			www	03/01/1988
Viruses, Recovering from Sludges/Solids	VIRUS-07	600/4-84-013			www	
Viruses, Reduction of Cytotoxicity in Sample	VIRUS-08	600/4-84-013			www	04/01/1986
Visible Emissions from Non-Recovery Coke Oven	0303A		63 App A		/ttn/emc	10/27/1993
Visible Emissions/By-Product Coke Oven Batteries	0303		63 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Visual Opacity	0009		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
Visual Opacity - Time-Averaged	0203A				/ttn/emc	01/06/1994
Visual Opacity - Time-Exception	0203B				/ttn/emc	01/06/1994
VOC - by Purge & Trap/Packed Column GS/MS	0524.1	600/4-88-039			www	07/01/1991
VOC - GC	0018		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
VOC Analyzer - Adsorbent	SOIL-GAS	600/8-87-036				
VOC Analyzer - Flame Ionization Detector (FID)	SOIL-GAS	600/8-87-036				
VOC Analyzer - Photoionization Detector (PID)	SOIL-GAS	600/8-87-036				
VOC Analyzer - Whole Air	SOIL-GAS	600/8-87-036				
VOC Emission Potential in Waste	0305		63 App A		/ttn/emc	09/25/1996
VOC of Waste Samples	0025D		60 App A		/ttn/emc	08/20/1996
VOC Portable Analyzer - Non-dispersive Infrared	SOIL-GAS	600/8-87-036				
VOC Rule - Sampling	WATER	814/B-92-001				04/01/1992
VOC Soil Sampling & Analysis	SOIL	540/4-91-001				02/01/1991
VOCs - Comparison of VOA Compositing Procedures	SAMPLIN	821/R-95-035			www	09/01/1995
VOCs - Sampling (SMVOC)	0031	SW-846 Ch 10			www	12/01/1996
VOCs - Small Water Systems / Sample & Monitor	SAMPLIN	814/B-94-001			www	07/01/1994
VOCs (MTBE) - Purge & Trap / Cap Column GC/MS	0524.2	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
VOCs by canisters and GC	TO-14A	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
VOCs by GC/MS Capillary Column Technique	8260B	SW-846 Ch 4.3.			www	12/01/1996
VOCs by Long-Path/Open-Path FT/IR Monitoring	TO-16	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
VOCs Collected in Canisters - GC/MS	TO-15	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1997
VOCs in Captured Stream	0204B		51 App M		/ttn/emc	08/01/1995
VOCs in Captured Stream (Dilution)	0204C		51 App M		/ttn/emc	06/16/1997
VOCs in Indoor Air	IP-1	600/4-90-10				04/01/1990
VOCs in Liquid Input Stream	0204A		51 App M		/ttn/emc	06/16/1997
VOCs in Liquid Input Stream - Distillation	0204F		51 App M		/ttn/emc	06/16/1997
VOCs in Soils/Solid Matrices by Equilibrium Head	5021	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
VOCs in water, soil, soil gas, air by DSITMS	8265	SW-846	new		www	03/01/2002
VOCs using active sampling onto sorbent tubes	TO-17	625/R-96-010b			ttn/amtic	01/01/1999
VOCs, Fugitive from Building Enclosure	0204E		51 App M		/ttn/emc	06/16/1997
VOCs, Fugitive from Temporary Total Enclosure	0204D		51 App M		/ttn/emc	06/16/1997
VOCs, Subsurface - Soil-Gas Passive Sampling	SOIL-GAS	600/2-87-027				
Volatile Aromatic & Unsaturated Organic Compound	0503.1	600/4-88-039			www	07/01/1991
Volatile Halogenated Organic Compounds in Water	0502.1	600/4-88-039			www	07/01/1991
Volatile Matter Content & Density/Printing Inks	0024A		60 App A		/ttn/emc	08/06/1993
Volatile Organic Compounds - Air Monitoring Prog	FM-04	540/2-88-005				09/01/1988
Volatile Organic Compounds - GC/ Auto Head Samp	FM-05	540/2-88-005				09/01/1988
Volatile Organic Compounds - GC/FID	1671	821/B-94-001			CD	01/01/1995
Volatile Organic Compounds - Headspace / HNU	FM-08	540/2-88-005				09/01/1988
Volatile Organic Compounds - Headspace / Ion Det	FM-06	540/2-88-005				09/01/1988
Volatile Organic Compounds - Headspace / OVA	FM-07	540/2-88-005				09/01/1988
Volatile Organic Compounds - Headspace/Mobile GC	FM-09	540/2-88-005				09/01/1988

## Chemical/Name Index to EPA Test Methods

<u>Chemical or Method Description</u>	<u>Method Number</u>	<u>EPA Report #</u>	<u>40 CFR Part</u>	<u>Region 1 #</u>	<u>Electronic Version</u>	<u>Date Issued</u>
Volatile Organic Compounds - Isotope Dilution	1624B		136 App A		NEMI	
Volatile Organic Compounds - Pharmaceutical	1666	821/B-94-001			CD	01/01/1995
Volatile Organic Compounds - Vacuum Distillation	5032	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Volatile Organic Compounds - Water/Purge & Trap	0502.2	600/R-95-131			NEMI	08/01/1995
Volatile Organic Compounds (VOC) Leaks	0021		60 App A		/ttn/emc	04/27/1995
Volatile Organic Compounds by GC/FID	1671A	821/B-98-016			CD	07/01/1998
Volatile Organic Compounds by Isotope Dilution	1666A	821/B-98-016			CD	07/01/1998
Volatile Organic Compounds by VD/GC/MS	8261	SW-846	Update IVB		www	03/15/1999
Volatile Organic Compounds in Whole Blood	BLOOD	560/5-87-008				
Volatile Organic Sampling Train	0030	SW-846 Ch 10			www	09/01/1986
Volatile Organics - Fish by Purge & Trap	PP-011	600/4-81-055				
Volatile Organics/VOCs by Isotope Dilution GCMS	1624C			01A0006089	CD	01/22/1991
Volatile, Nonpurgeable, Water-Soluble by Azeotro	5031	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Volatiles in low level soils	5035 CLP-	OLM04.2			www clp	
Volume Meters through Pipes & Small Ducts	0002A		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Volumetric Flow Rate Meters in Small Pipes	0002D		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Volunteer Estuary Monitoring Methods	MONITO	842/B-93-004		/owow	www	12/01/1993
Volunteer Lake Monitoring	MONITO	440/4-91-002		/owow	/monitoring	12/01/1991
Volunteer Stream Monitoring	MONITO	841/B-97-003		/owow	www	11/01/1997
Waste Dilution	3580A	SW-846 Ch 4.2.			www	07/01/1992
Waste Dilution for Volatile Organics	3585	SW-846 Ch 4.2.			www	12/01/1996
Waste Pile Sampling	SOP #2017				www.ert.org	
Water Balance Method For Predicting Leachate	LEACHA	530/SW-168				
Water in Waste Materials by Quantitative Calcium	9001	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
Water in Wastes by Karl-Fisher Titration	9000	SW-846 Ch 3.3	Update IVA		www	01/01/1998
Water Level Measurement	SOP #2151				www.ert.org	
Water-borne viruses by immuoenzymatic methods	VIRUSES	600/4-80-034			www	06/01/1980
Weighted Bottle Sampler - Storage Tanks, Wells	SAMPLIN	600/2-80-018			www	
Well Development, Hydraulic Performance/Purging	SAMPLIN	600/2-85-104			www	09/01/1985
Well, Drilling & Completion Methods	SAMPLIN	600/2-85-104			www	09/01/1985
White Phosphorus by Solvent Extraction and GC	7580	SW-846 Ch 3.3			www	12/01/1996
Wilcoxon Rank Sum Test for Acute Toxicity	STATS				CD	
Wood Fired Appliances - Burn Rate & Air:Fuel	0028A		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
Wood Heaters - Certificate & Auditing	0028		60 App A		/ttn/emc	09/25/1996
XAD-4 Sorbent Tubes	IP-2A	600/4-90-10				04/01/1990
Xenobiotic Chemical Contaminants in Fish	FISH	600/3-90-023				03/01/1990
X-ray diffraction - crystalline phases	6300	not available	SW-846 dev			
X-ray fluorescence spect elemental concentration	6250	not available	SW-846 dev			
Zinc - AA, Direct	0289.1	600/4-79-020			NEMI	
Zinc - AA, Direct Aspiration	7950	SW-846 Ch 3.3			www	09/01/1986
Zinc - AA, Furnace	0289.2	600/4-79-020			NEMI	
Zinc - AA, Furnace Technique	7951	SW-846 Ch 3.3			www	07/01/1992
Zinc - Sample Preparation	0200.2	600/R-94-111			www	05/01/1994

**SOURCES FOR EPA TEST METHODS**

***To retrieve method, click on underlined link (you must be connected to the Internet )***

40 CFR Title 40 Code of Federal Regulations in 24+ volumes, current edition. (GPO or <http://www.access.gpo.gov/ecfr/> )

EPA 240/B-00-004 Guidance for Developing a Training Program for Quality systems (G-10). December 2000.  
([http://www.epa.gov/quality1/qa\\_docs.html](http://www.epa.gov/quality1/qa_docs.html) )

EPA 240/B-01-002 EPA Requirements for Quality Management Plans (QA/R-2). March 2001.  
([http://www.epa.gov/quality1/qa\\_docs.html](http://www.epa.gov/quality1/qa_docs.html) )

EPA 240/B-01-003 EPA Requirements for QA Project Plans (QA/R-5). March 2001.  
([http://www.epa.gov/quality1/qa\\_docs.html](http://www.epa.gov/quality1/qa_docs.html) )

EPA 240/B-01-004 Preparation of Standard Operating Procedures (G-6). March 2001.  
([http://www.epa.gov/quality1/qa\\_docs.html](http://www.epa.gov/quality1/qa_docs.html) )

EPA 330/9-80-002 Microbial Bioassay for Toxic and Hazardous Materials (Ames Test for Mutagenicity). September 1980  
(Region 1 Library)

EPA 402/R-92-003 Protocols for Radon and Radon Decay Product Measurements in Homes. June 1993. (NEPIS /  
<http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOAR.html> )

EPA 402/R-92-004 Indoor Radon and Radon Decay Product Measurement Device Protocols. July 1992. (NTIS / PB92-206176 and NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOAR.html> )

EPA 430/9-86-004 Quality Assurance/Quality Control (QA/QC) for 301(h) Monitoring Programs: Guidance on Field and Laboratory Methods. March 1987. (NTIS / PB87-221164)

EPA 440/4-91-002 Volunteer Lake Monitoring. December 1991.  
(<http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/volunteer/lake/index.html> or NEPIS /  
<http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOAR.html> )

EPA 503/6-90-004 Analytical Methods for U.S. EPA Priority Pollutants and 301(h) Pesticides in Estuarine and Marine Sediments. May 1986. (NTIS / PB95-169959)

EPA 503/8-91-001 Evaluation of Dredged Material Proposed for Ocean Disposal (Testing Manual "Green Book"). EPA & ACOE, February 1991. (NTIS / AD-A269382 or <http://www.epa.gov/OWOW/oceans/gbook/index.html> )

EPA 520/1-86-014-1 Interim Protocols for Screening and Followup Radon and Radon Decay Product Measurements. February 1987. (NTIS / PB89-224265)

EPA 520/1-88-002 Sediment Monitoring at Deep-Ocean Low-Level Radioactive Waste Disposal Sites: Methods Manual. August 1988. (NTIS / PB89-135875)

EPA 520/5-84-006 Radiochemistry Procedures Manual. August 1984. (NTIS / PB84-215581; CD ROM)

EPA 530/D-02-002 RCRA Waste Sampling Draft Technical Guidance: Planning, Implementation, and Assessment. August 2002. updates technical information in SW-846 Chapter 9 ( [http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/samp\\_guid.htm](http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/samp_guid.htm) )

EPA 530/R-93-001 RCRA Ground-Water Monitoring: Draft Technical Guidance. November 1992. (NTIS / PB93-139350 or [http://www.epa.gov/correctiveaction/resource/guidance/sitechar/gwmonitr/rcra\\_gw.pdf](http://www.epa.gov/correctiveaction/resource/guidance/sitechar/gwmonitr/rcra_gw.pdf) )

EPA 530/R-95-036 Guidance for the Sampling and Analysis of Municipal Waste Combustion Ash for the Toxicity Characteristic. June 1995. (NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOSWER.html> )

EPA 530/SW-168 Use of the Water Balance Method for Predicting Leachate Generation from Solid Waste Disposal Sites. October 1975 (NTIS / PB87-194643)

EPA 530/SW-611 Procedures Manual for Ground Water Monitoring at Solid Waste Disposal Facilities. 1977 (NTIS / PB84-174820)

EPA 530/SW-846 Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods 3rd ed - 4 vols. November 1986  
Information on print subscription from GPO or one-time print purchase from NTIS or CD ROM from NTIS plus full text of all methods including Updates IIIA, IIIB, IVA and IVB and others online at [www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/sw846.htm](http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/sw846.htm)

Plus article discussing SW-846 methods under development listed in Index as "not available" is found at:  
<http://www.epa.gov/SW-846/pdfs/eta2000.pdf>

EPA 530/SW-87-006 Batch-Type Adsorption Procedures for Estimating Soil Attenuation of Chemicals. (NTIS / PB87-146155 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOSWER.html> )

EPA 540/G-90-004 Quality Assurance/Quality Control Guidance for Removal Activities: Sampling QA/QC Plan and Data Validation Procedures. Interim Final. April 1990. (NTIS / PB90-274481 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOSWER.html> )

[EPA 540/P-91-005, 006, 007, 008, and 009 Compendium of ERT Procedures. January 1991. (NTIS / and NEPIS / <http://www.epa.gov/cincl>)] Superseded by revised ERT SOPs available under products at <http://www.ert.org/>

EPA 540/R-94-509 A User's Guide to Environmental Immunochemical Analysis. March 1994. (NTIS / PB95-138327 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOSWER.html> )

EPA 540/R-94-519 Field Screening Method for Polychlorinated Biphenyl Compounds in Water. October 1994. (NTIS / PB95-129078 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOSWER.html> )

EPA 540/R-95-141 Superfund Program Representative Sampling Guidance, Volume 1: Soil. Interim Final, December 1995. (NTIS / PB96-963207 or <http://www.ert.org> )

EPA 540/R-97-501 Federal Facilities Forum Issue: Field Sampling and Selecting On-site Analytical Methods for Explosives in Soil. November 1996. (NTIS / PB97-186613 or NEPIS <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOSWER.html> )

EPA 540/S-95-504 Low-Flow (Minimal Drawdown) Ground-Water Sampling Procedures. April 1996.  
<http://www.epa.gov/tio/tsp/download/lwflw2a.pdf> )

EPA 540-2-88-005 Field Screening Methods Catalog: User's Guide. September 1988. (NTIS / PB89-134159)

EPA 540/2-90-005a Environmental Asbestos Assessment Manual: Superfund Method for the Determination of Asbestos in Ambient Air, Part 1: Method. Interim Version, May 1990. (NTIS / PB90-274283 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOSWER.html> )

EPA 540/4-91-001 Ground-Water Issue: Soil Sampling and Analysis for Volatile Organic Compounds. February 1991 (NTIS / DE91-016758)

EPA 542/B-98-002 Field Sampling and Analysis Technologies Matrix and Reference Guide. March 1998. (NTIS / PB99-101685)

EPA 542/S-02-001 Ground-Water Sampling Guidelines for Superfund and RCRA Project Managers. May 2002.  
[http://www.epa.gov/tio/tsp/download/gw\\_sampling\\_guide.pdf](http://www.epa.gov/tio/tsp/download/gw_sampling_guide.pdf)

EPA 560/5-86-020 Analysis for Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins (PCDD) and Dibenzofurans (PCDF) in Human Adipose Tissue: Method Evaluation Study. October 1986 (NTIS / PB87-148706)

EPA 560/5-87-008 Volatile Organic Compounds in Whole Blood-Determination by Heated Dynamic Headspace Purge and Trap Isotope Dilution GC/MS. July 1987 (NTIS / PB88-102918 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOSWER.html> )

EPA 560/5-89-001 Guidelines for Conducting the AHERA TEM Clearance Test to Determine Completion of an Asbestos Abatement Project. May 1989. (NTIS / PB90-171778)

EPA 600/A-92-226 Survey of Protocols for Conducting Indoor Air Quality Investigations in Large Buildings. June 1992. (NTIS / PB93-119865)

EPA 600/R-92-033 Characterizing Heterogeneous Wastes: Methods and Recommendations. EPA & DOE, February 1992. (NTIS / PB92-216894)

EPA 600/R-92-080 Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations: Phase II Toxicity Identification Procedures for Samples Exhibiting Acute and Chronic Toxicity. September 1993. (NTIS / PB94-114907 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/R-92-081 Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations: Phase III Toxicity Confirmation Procedures for Samples Exhibiting Acute and Chronic Toxicity. September 1993. (NTIS / PB94-123833 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/R-92-111 Fish Field and Laboratory Methods for Evaluating the Biological Integrity of Surface Waters. March 1993. (NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> ) [Revision and enlargement of EPA/670-4-73-001]

EPA 600/R-92-128 Preparation of Soil Sampling Protocols: Sampling Techniques and Strategies. July 1992. (NTIS / PB92-220532 or [www.epa.gov/swrust1/cat/mason.pdf](http://www.epa.gov/swrust1/cat/mason.pdf) )

EPA 600/R-92-129 Methods for the Determination of Organic Compounds in Drinking Water, Supplement II. August 1992. (NTIS / PB92-207703 or CD ROM or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> ). Supplement to EPA 600/4-88-039 (NTIS / PB91-231480)

EPA 600/R-93-100 Methods for the Determination of Inorganic Substances in Environmental Samples. August 1993. (NTIS / PB94-120821 or CD ROM or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/R-93-116 Method for the Determination of Asbestos in Bulk Building Materials. July 1993. (NTIS / PB93-218576) [Updates and replaces Interim version in 40 CFR 763 Subpart F App A]

EPA 600/R-93-183 Guidance Manual: Bedded Sediment Bioaccumulation Tests. September 1993. (NTIS / PB94-131505)

EPA 600/R-94-025 Methods for Assessing the Toxicity of Sediment-associated Contaminants with Estuarine and Marine Amphipods. June 1994. (NTIS / PB95-177374 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> or <http://www.epa.gov/ost/library/sediment/> )

EPA 600/R-94-111 Methods for the Determination of Metals in Environmental Samples, Supplement I. [to EPA/600-4-91-010] May 1994. (NTIS / PB95-125472 or CD ROM or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/R-94-134 Determination of Asbestos Structures over 10 [micrometers] in Length in Drinking Water. June 1994. (NTIS / PB94-201902 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/R-95-077 Laboratory Methods for Soil and Foliar Analysis in Long-Term Environmental Monitoring Programs. June 1995. (NTIS / PB95-231007 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/R-95-131 Methods for the Determination of Organic Compounds in Drinking Water, Supplement III. August 1995. (NTIS / PB95-261616 or CD ROM or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> ) Supplement to EPA 600/4-88-039 (NTIS / PB91-231486)

EPA 600/R-95-136 Short-Term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to West Coast Marine and Estuarine Organisms. August 1995. (NTIS / PB95-261665 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/R-95-178 ICR Microbial Laboratory Manual. April 1996. (NTIS / PB95-157557 or EPA Microbiology web page at <http://www.epa.gov/nerlcwww> or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> or CD ROM)

EPA 600/R-96-054 Marine Toxicity Identification Evaluation (TIE): Phase I Guidance Document. September 1996 (NTIS / PB97-149488 or NSCEP or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/R-96-055 Guidance for the Data Quality Objectives Process (G-4). August 2000. ([http://www.epa.gov/quality1/qa\\_docs.html](http://www.epa.gov/quality1/qa_docs.html) )

EPA 600/R-96-056 Decision Error Feasibility Trials (DEFT) Software (G-4D). September 1994. ([http://www.epa.gov/quality1/qa\\_docs.html](http://www.epa.gov/quality1/qa_docs.html) )

EPA 600/R-96-084 Guidance for the Data Quality Assessment: Practical Methods for Data Analysis (G-9). July 2000. ([http://www.epa.gov/quality1/qa\\_docs.html](http://www.epa.gov/quality1/qa_docs.html) )

EPA 600/R-96-085 Data Quality Assessment Statistical Toolbox--DataQUEST (G-9D). December 1997. ([http://www.epa.gov/quality1/qa\\_docs.html](http://www.epa.gov/quality1/qa_docs.html) )

EPA 600/R-97-072 Methods for the Determination of Chemical Substances in Marine and Estuarine Environmental Matrices. 2<sup>nd</sup> edition. September 1997. (NSCEP or NTIS /PB97-127326 or <http://www.epa.gov/nerlcwww/ordmeth.htm> or CD ROM)

EPA 600/R-98-018 Guidance on Quality Assurance Project Plans (G-5). February 1998.. ([http://www.epa.gov/quality1/qa\\_docs.html](http://www.epa.gov/quality1/qa_docs.html) )

EPA 600/R-98-128 Technical Protocol for Evaluating Natural Attenuation of Chlorinated Solvents in Ground Water. September 1998. (NTIS / PB99-130023 or <http://www.epa.gov/superfund/resources/gwdocs/protocol.htm> or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/R-99-064 Methods for Measuring the Toxicity and Bioaccumulation of Sediment-associated Contaminants with Freshwater Invertebrates. 2d edition. March 2000. (NSCEP or <http://www.epa.gov/ost/cs/freshfact.html> or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/R-99-080 Guidance on Technical Audits and Related Assessments (G-7). January 2000. ([http://www.epa.gov/quality1/qa\\_docs.html](http://www.epa.gov/quality1/qa_docs.html) )

EPA 600/R-00-007 Guidance for the Data Quality Objectives Process for Hazardous Waste Sites (G-4HW). January 2000. ([http://www.epa.gov/quality1/qa\\_docs.html](http://www.epa.gov/quality1/qa_docs.html) )

EPA 600/R-00-013 Membrane Filter Method for the Simultaneous Detection of Total Coliforms and *Escherichia coli* in Drinking Water. February 2000. (<http://www.epa.gov/nerlcwww/> )

EPA 600/R-01-020 Methods for Assessing the Chronic Toxicity of Marine and Estuarine Sediment-associated Contaminants with the Amphipod *Leptocheirus plumulosus*. First Edition, March 2001. (NSCEP or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> or <http://www.epa.gov/waterscience/cs/leptofact.html> ) Supplements EPA 600/R-94-025

EPA 600/R-01-067 Short Term Test Method for Assessing the Reproductive Toxicity of Endocrine-Disrupting Chemicals Using the Fathead Minnow (*Pimephales Promelas*). June 2002. ( NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/2-78-054 Field and Laboratory Methods Applicable to Overburdens and Minesoils. March 1978. (NTIS / PB280495)

EPA 600/2-78-095 Compilation and Evaluation of Leaching Test Methods. May 1978 (NTIS / PB-285072)

EPA 600/2-80-018 Samplers and Sampling Procedures for Hazardous Waste Streams. January 1980 (NTIS / PB80-135353 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/2-80-076 A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes. April 1980. (NTIS / PB80-221005)

EPA 600/2-81-160 Manual of Ground-Water Quality Sampling Procedures. 1981 (NTIS / PB82-103045)

EPA 600/2-85-028 Guide for Decontaminating Buildings, Structures, and Equipment at Superfund Sites. March 1985 (NTIS / PB85-201234).

EPA 600/2-85-104 Practical Guide for Ground-Water Sampling. September 1985. (NTIS / PB86-137304 / NEPIS <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/2-87-027 Soil-Gas Measurement for Detection of Subsurface Organic Contamination. March 1987 (NTIS / PB87-174884)

EPA 600/2-88-062 Toxicity Reduction Evaluation Protocol for Municipal Wastewater Treatment Plants. April 1989. (NTIS / PB89-195218 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/3-85-019 Analytical Procedures and Quality Assurance Plan for the Analysis of 2,3,7,8-TCDD in Tier 3-7 Samples of the U.S. EPA National Dioxin Study. May 1986 (NTIS / PB-89-214431)

EPA 600/3-88-029 Protocols for Short Term Toxicity Screening of Hazardous Waste Sites. (NTIS / PB88-235510/AS)

EPA 600/3-90-022 Analytical Procedures and Quality Assurance Plan for the Determination of PCDD/PCDF in Fish. March 1990. (NTIS / PB90-192774)

EPA 600/3-90-023 Analytical Procedures and Quality Assurance Plan for the Determination of Xenobiotic Chemical Contaminants in Fish. (National Dioxin Study-Phase II December 1989) March 1990. (NTIS / PB90-192782)

EPA 600/3-91-063 Guidelines for Conducting Early Life Stage Toxicity Tests with Japanese Medaka (*Oryzias latipes*). December 1991. (NTIS / PB92-137488 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/4-75-008 Interim Radiochemical Methodology for Drinking Water. Revised March 1976. (NTIS / PB253258 or CD ROM)

EPA 600/4-79-020 Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes. Revised March 1983 (NTIS / PB84-128677 or CD ROM or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/4-80-032 Prescribed Procedures for Measurement of Radioactivity in Drinking Water. August 1980 (NTIS / PB80-224744 or CD ROM or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/4-80-034 Identification and Detection of Water-Borne Viruses by Immunoenzymatic Methods. June 1980. (NTIS / PB80-224249 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/4-81-044 The Determination of the Maximum Total Trihalomethane Potential: Method 510.1 April 1982 (NERL)

EPA 600/4-81-045 The Determination of Polychlorinated Biphenyls in Transformer Fluid and Waste Oils September 1982 (NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/4-81-055 Interim Methods for the Sampling and Analysis of Priority Pollutants in Sediments and Fish Tissue. August 1977, revised October 1980 (NERL)

EPA 600/4-81-056 Total Organic Halide: Method 450.1. Interim (NERL)

EPA 600/4-82-029 Handbook of Sampling and Sample Preservation of Water and Wastewater. September 1982 (NTIS / PB83-124503 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/4-82-068 Interim Procedures for Conducting the *Salmonella* /Microsomal Mutagenicity Assay (Ames Test). March 1983. (NTIS / PB88-205380)

EPA 600/4-83-000 Methods for Use of Caged Molluscs for In Situ Biomonitoring of Marine Sewage Discharges (Draft). May 1983

EPA 600/4-83-027 Technical Assistance Document for Sampling and Analysis of Toxic Organic Compounds in Ambient Air. June 1983 (NTIS / PB83-2329020)

EPA 600/4-83-043 Analytical Method for Determination of Asbestos Fibers in Water. September 1983 (NTIS / PB83-260471 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA-600/4-84-001 Development of Analytical Test Procedures for the Measurement of Organic Priority Pollutants in Sludge. January 1984. (NTIS / PB84-129048)

EPA 600/4-84-013 US EPA Manual of Methods for Virology. February 1984 - June 1988 (NSCEP; NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> and <http://www.epa.gov/nerlcwww/about.htm> )

EPA 600/4-85-076 Test Methods for *Escherichia coli* and *Enterococci* in Water by the Membrane Filter Procedure. July 1985 (NTIS / PB86-158052; NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/4-86-024 Development of Standard Methods for the Collection and Analysis of Precipitation. May 1986 (NTIS / PB86-201365)

EPA 600/4-88-039 Methods for the Determination of Organic Compounds in Drinking Water. December 1988 (Revised July 1991) (NTIS / PB91-231480 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.htm> or CD ROM) See EPA 600/R-92-129

EPA 600/4-89-017 Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air. (Consolidation and republishing of Methods TO01-TO05 from EPA 600/4-84-041; TO06-TO09 from EPA 600/4-87-006; and TO10-TO14 from EPA 600/4-89-018, Second Supplement June 1988) June 1988 (NTIS / PB90-116989) see also EPA 625/R-96-010b for Second Edition; all current TO methods are available from AMTIC <http://www.epa.gov/ttn/amtic>

EPA 600/4-90-10 Compendium of Methods for the Determination of Air Pollutants in Indoor Air. April 1990. (NTIS / PB90-200288)

EPA 600/4-90-020 Methods for the Determination of Organic Compounds in Drinking Water, Supplement I. July 1990. (NTIS / PB91-146027 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> or CD ROM) (supplement to EPA 600/4-88-039) See also Supplement II, EPA 600/R-92-129 for later versions.

[EPA 600/4-90-027F Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms. Fourth Edition, August 1993. (NTIS / PB94-114733 or CD ROM or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> ) superceded by EPA 821/R-02-012]

EPA 600/4-90-030 Macroinvertebrate Field and Laboratory Methods for Evaluating the Biological Integrity of Surface Waters. November 1990. (NTIS / PB91-171363 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

[EPA 600/4-91-002 Short-Term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Water to Organisms. Third Edition, July 1994. (NSCEP or CD ROM or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> ) superceded by EPA 821/R-02-013]

[EPA 600/4-91-003 Short-Term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Water to Marine and Estuarine Organisms. Second Edition, July 1994. (NSCEP or CD ROM or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> ) superceded by EPA 821/R-02-014 ]

EPA 600/4-91-010 Methods for the Determination of Metals in Environmental Samples. June 1991. (NTIS / PB91-231498) supplemented by EPA 600/R-94-111 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/4-91-016 Test Methods for *Escherichia coli* in Drinking Water. July 1991. (NTIS / PB91-234591 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/6-91-003 Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations: Phase I Toxicity Characterization Procedures. Second Edition, February 1991. (PB92-100072 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/6-91-005F Toxicity Identification Evaluation: Characterization of Chronically Toxic Effluents, Phase I. May 1992. (NSCEP or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/8-78-017 Microbiological Methods for Monitoring the Environment: Water and Wastes. December 1978 (NTIS / PB290329 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 600/8-80-038 Manual of Analytical Methods for the Analysis of Pesticides in Humans and Environmental Samples. June 1980. (NTIS / PB82-208752)

EPA 600/8-81-011 User's Guide for Conducting Life-Cycle Chronic Toxicity Tests with Fathead Minnows (*Pimephales Promelas*). May 1982. (NTIS / PB82-238395)

EPA 600/8-87-036 Soil Gas Sensing for Detection and Mapping of Volatile Organics. August 1987 (NTIS / PB87-228516/AS)

EPA 600/8-87-043 Methods for the Toxicity Tests of Single Substances and Liquid Complex Wastes with Marine Unicellular Algae. March 1988 (NTIS / PB88-208681)

EPA 600/8-89-046 Soil Sampling Quality Assurance User's Guide. Second edition, March 1989. (NTIS / PB89-189864 or <http://clu-in.org/download/char/soilsamp.pdf> )

EPA 600/8-90-041 Indoor Air -- Assessment: Methods of Analysis for Environmental Carcinogens. June 1990. (NTIS / PB91-137273 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 620/R-94-004F Field Operations and Methods for Measuring the Ecological Condition of Wadeable Streams. September 1998. (EMAP / [www.epa.gov/emap](http://www.epa.gov/emap) or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 620/R-95-008 Environmental Monitoring and Assessment Program (EMAP) Laboratory Methods Manual Estuaries, Volume 1: Biological and Physical Analyses. August 1995. (NTIS / PB96-151196 or EMAP / <http://www.epa.gov/emap/html/pubs/docs/groupdocs/estuary/field/labman.html> )

EPA 620/R-97-001 EMAP Surface Waters Field Operations Manual for Lakes. June 1997. (EMAP / [www.epa.gov/emap](http://www.epa.gov/emap) or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 620/R-00-007 Environmental Monitoring and Assessment Program—Surface Waters: Field Operations and Methods for Measuring the Ecological Condition of Non-wadeable Rivers and Streams. September 2000. (NSCEP)

EPA 625/R-92-013 Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge. December 1992. (NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 625/R-93-003a Subsurface Characterization and Monitoring Techniques: A Desk Reference Guide. Volume I: Solids and Ground Water, Appendices A and B. May 1993. (NTIS / PB94-136272 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 625/R-93-003b Subsurface Characterization and Monitoring Techniques: A Desk Reference Guide. Volume II: The Vadose Zone, Field Screening and Analytical Methods, Appendices C and D. May 1993. (NTIS / PB94-131497 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 625/R-96-010a Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air. June 1999. (NSCEP or AMTIC at <http://www.epa.gov/ttn/amtic/inorg.html> or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 625/R-96-010b Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Second Edition. January 1999. Compendium Methods TO-4A, 9A, 10A, 11A, 13A, 14A, 15, 16, 17. (NSCEP or AMTIC or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 625/8-89-015 Biomonitoring for Control of Toxicity in Effluent Discharges to the Marine Environment. September 1989. (NTIS / PB94-210226)

EPA 625/12-91-002 Description and Sampling of Contaminated Soils: A Field Pocket Guide. November 1991. (NSCEP)

EPA 747/R-95-001 Residential Sampling for Lead: Protocols for Dust and Soil Sampling, Final Report. March 1995. (LEAD)

EPA 747/R-95-002a A Field Test of Lead-Based Paint Testing Technologies: Summary Report. May 1995. (NTIS / PB97-115760 or <http://www.epa.gov/opptintr/lead/summary.txt> )

EPA 747/R-95-007 Sampling House Dust for Lead: Basic Concepts and Literature Review. September 1995. (NTIS / PB96-147947)

EPA 812/B-94-003 Sampling for Lead in Drinking Water in Nursery Schools and Day Care Facilities. April 1994. (NTIS / PB94-218963)

EPA 814/B-92-001 Pocket Sampling Guide for Operators of Small Water Systems. April 1992. (GPO / SN 055-000-00423-4)

EPA 814/B-94-001 Pocket Sampling Guide for Operators of Small Water Systems: Phases II and V. July 1994. (NSCEP or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 814/B-95-001 Information Collection Requirements Rule--Protozoa and Enteric Virus Sample Collection Procedures. June 1995. (NSCEP or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 814/B-95-002 Protocol for the Information Collection Requirements Rule. June 1995. (NSCEP or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> or CD ROM)

EPA 814/B-95-003 ICR Protozoan Method for Detecting *Giardia* Cysts and *Cryptosporidium* Oocysts in Water by a Fluorescent Antibody Procedure. June 1995. (NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 814/B-96-001 ICR Sampling Manual. April 1996. (NTIS / PB96-157508 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 814/B-96-002 DBP/ICR Analytical Methods Manual. April 1996. (NTIS / PB96-157516 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 815/B-01-001 Method 317.0 Determination of Inorganic Oxyhalide Disinfection By-Products in Drinking Water Using Ion chromatography with the Addition of a Postcolumn Reagent for Trace Bromate Analysis. Revision 2.0, July 2002. (<http://www.epa.gov/safewater/methods/met317rev2.pdf> )

EPA 815/B-01-002 Method 531.2 Measurement of N-Methylcarbamoyloximes and N-Methylcarbamates in Water by Direct Aqueous Injection HPLC with Postcolumn Derivatization. Rev 1.0, September 2001.  
[http://www.epa.gov/safewater/methods/met531\\_2.pdf](http://www.epa.gov/safewater/methods/met531_2.pdf) )

EPA 815/R-00-014 Methods for the Determination of Organic and Inorganic Compounds in Drinking Water, Volume 1. August 2000. (NTIS / PB2000-106981 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 816/R-01-017A A Small Systems Guide to the Total Coliform Rule: Monitoring Drinking Water to Protect Public Health. June 2001. ( <http://www.epa.gov/safewater/smallsys/small-tcr.pdf> )

EPA 821/B-94-001 Analytical Methods for the Determination of Pollutants in Pharmaceutical Manufacturing Industry Wastewater. February 1995. (NTIS / PB95-201679 or CD ROM)

EPA 821/B-94-004b Method 1664: N-Hexane Extractable Material (HEM) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM) by Extraction and Gravimetry (Oil and Grease and Total Petroleum Hydrocarbons). revised April 1995. (NTIS / PB95-239232 or <http://www.epa.gov/waterscience/methods/1664.html> or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> or CD ROM)

EPA 821/B-94-005 Method 1613: Tetra-Through Octa-Chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS. Revision B, October 1994. (NTIS / PB95-104774 or <http://www.epa.gov/ost/methods/> or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> or CD ROM)

EPA 821/B-95-001 Guidance on Establishing Trace Metal Clean Rooms in Existing Facilities. Draft April 1995. (NTIS / PB95-262176 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> or CD ROM)

EPA 821/B-95-002 Guidance on the Documentation and Evaluation of Trace Metals Data Collected for Clean Water Act Compliance Monitoring. April 1995. (NTIS / PB95-262747 or Jan 1996 edition PB96-193279 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> or CD ROM)

EPA 821/B-96-005 Methods for Organic Chemical Analysis of Municipal and Industrial Wastewater. December 1996. (NTIS / PB97-125298 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 821/B-98-016 Analytical Methods for the Determination of Pollutants in Pharmaceutical Manufacturing Industry Wastewater. July 1998. (NSCEP or CD ROM)

EPA-821-B-01-002 Proposed Changes to Whole Effluent Toxicity Method Manuals. September 2001.  
<http://www.epa.gov/OST/WET/>

EPA 821/C-99-004 EPA Methods and Guidance for the Analysis of Water, Version 2.0. June 1999. CD ROM (NTIS/ PB99-500209INQ details at <http://www.ntis.gov/product/epa-water-methods.htm> )

EPA 821/C-00-002 Selected OW Methods and Guidance. September 2000. (OST)

EPA 821/D-96-006 Guide to Method Flexibility and Approval of EPA Water Methods. December 1996. (NTIS / PB97-117766 or CD ROM)

EPA 821/R-91-100 Draft Analytical Method for the Determination of Acid Volatile Sulfide in Sediment. December 1991. (NTIS / PB93-155901 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 821/R-92-008 Methods for the Determination of Diesel, Mineral, and Crude Oils in Offshore Oil and Gas Industry Discharges. December 1992. (NTIS / PB93-166932 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> or CD ROM)

EPA 821/R-93-010-A Methods for the Determination of Nonconventional Pesticides in Municipal and Industrial Wastewater, Volume I. Revision 1, August 1993. (NTIS / PB94-121654 or CD ROM) Supersedes EPA/821-R-92-002.

EPA 821/R-93-010-B Methods for the Determination of Nonconventional Pesticides in Municipal and Industrial Wastewater, Volume II. Revision 1, August 1993. (NTIS / PB94-166311 or CD ROM)

EPA 821/R-93-017 Analytical Methods for the Determination of Pollutants in Pulp and Paper Industry Wastewater. October 1993. (NTIS / PB94-107059 or NEPIS <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 821/R-95-035 Comparison of VOA Compositing Procedures. September 1995. (NTIS / PB96-112883 or CD ROM or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 821/R-96-003 Method 1636: Determination of Hexavalent Chromium by Ion Chromatography. January 1996 (NTIS / PB96-193461 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> or CD ROM)

EPA 821/R-96-004 Method 1637: Determination of Trace Elements in Ambient Waters by Chelation Preconcentration with Graphite Furnace Atomic Absorption. January 1996. (NTIS / PB96-193479 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> or CD ROM)

EPA 821/R-96-005 Method 1638: Determination of Trace Elements in Ambient Waters by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. January 1996. (NTIS / PB96-193487 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> or CD ROM)

EPA 821/R-96-006 Method 1639: Determination of Trace Elements in Ambient Waters by Stabilized Temperature Graphite Furnace Atomic Absorption. January 1996. (NTIS / PB96-193255 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> or CD ROM)

EPA 821/R-96-007 Method 1640: Determination of Trace Elements in Ambient Waters by On-Line Chelation Preconcentration and Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. January 1996. (NTIS / PB96-193230 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> or CD ROM)

EPA 821/R-96-008 Method 1669: Sampling Ambient Water for Trace Metals at EPA Water Quality Criteria Levels. January 1996. (NTIS / PB96-193313 or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> or CD ROM)

EPA 821/R-96-012 Method 1631: Mercury in Water by Oxidation, Purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry. Draft July 1996 (NTIS / ? or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> or CD ROM)

EPA 821/R-96-013 Method 1632: Inorganic Arsenic in Water by Hydride Generation Quartz Furnace Atomic Absorption. July 1996. (NTIS / PB97-151674 or CD ROM)

EPA 821/R-97-001 Method 1668: Toxic Polychlorinated Biphenyls by Isotope Dilution High Resolution Gas Chromatography/High Resolution. Mass Spectrometry. March 1997, draft. (NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 821/R-97-004 Improved Enumeration Methods for the Recreational Water Quality Indicators: *Enterococci* and *Escherichia coli*. March 2000. (NSCEP or <http://www.epa.gov/nerlcwww/RecManv.pdf> or <http://www.epa.gov/nerlcwww/online.htm> )

EPA 821/R-97-004a Method 1600: Membrane Filter Test Method for *Enterococci* in Water. May 1997. (NSCEP or <http://www.epa.gov/nerlcwww/1600.pdf> or <http://www.epa.gov/nerlcwww/online.htm> )

EPA 821/R-98-002 Method 1664, Revision A: N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material by Extraction and Gravimetry. February 1999. (NTIS / PB99-121949 or <http://www.epa.gov/waterscience/methods/16640514.pdf> or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 821/R-98-003 Method 1680: Fecal Coliform in Biosolids by Multiple-Tube Fermentation and Membrane Filter Procedures. July 1998 draft (CD ROM)

EPA 821/R-98-004 Method 1682: *Salmonella* sp. In Biosolids by Enrichment, Selection and Biochemical Characterization. August 1998. (CD ROM)

EPA 821/R-99-005 Method 1631, Revision B: Mercury in Water by Oxidation, Purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry. May 1999. (NTIS / PB99-131989 or NSCEP or [www.epa.gov/ost/Methods/1631.html](http://www.epa.gov/ost/Methods/1631.html) )

EPA 821/R-99-013 Method OIA-1677: Available Cyanide by Flow Injection and Ligand Exchange and Amperometry. January 2000. (NTIS / PB99-132011 or <http://www.epa.gov/ost/methods/> )

EPA 821/R-00-017 on SEL CD

EPA 821/R-00-018 on SEL CD

EPA 821/R-00-02 Method 1668, Revision A: Chlorinated Biphenyl Congeners in Water, Soil, Sediment, and Tissue by HRGC/HRMS. December 1999. <http://www.epa.gov/Region8/water/wastewater/biohome/biosolidsdown/methods/1668a5.pdf>

EPA 821/R-01-004 on CD ROM

EPA 821/R-01-005 on CD ROM

EPA 821/R-01-006 on SEL CD ROM  
EPA 821/R-01-007 on CD ROM  
EPA 821/R-01-008 on CD ROM  
EPA 821/R-01-009 on CD ROM  
EPA 821/R-01-012 on CD ROM  
EPA 821/R-01-014 on CD ROM  
EPA 821/R-01-015 on CD ROM  
EPA 821/R-01-016 on CD ROM

EPA 821/R-01-025 Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in Water by Filtration/IMS/FA. April 2001. (NSCEP or <http://www.epa.gov/nerlcwww> )

EPA 821/R-01-026 Method 1622: *Cryptosporidium* in Water by Filtration/IMS/FA. April 2001. (<http://www.epa.gov/nerlcwww>)

EPA 821/R-01-029 Method 1602: Male-specific (F<sup>+</sup>) and Somatic Coliphage in Water by Single Agar Layer (SAL) Procedure. April 2001. (<http://www.epa.gov/nerlcwww/> )

EPA 821/R-01-030 Method 1601: Male-specific (F<sup>+</sup>) and Somatic Coliphage in Water by Two-step Enrichment Procedure. April 2001. (<http://www.epa.gov/nerlcwww/> )

EPA 821-R-01-034 Method 1605: *Aeromonas* in Finished Water by Membrane Filtration Using Ampicillin-Dextrin Agar with Vancomycin (ADA-V). October 2001. ( <http://www.epa.gov/nerlcwww/online.htm> )

EPA 821/R-02-012 Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms, 5<sup>th</sup> ed. October 2002. (<http://www.epa.gov/waterscience/WET/disk2/> )

EPA 821/R-02-013 Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater Organisms, 4<sup>th</sup> ed. October 2002. ( <http://www.epa.gov/waterscience/WET/disk3/> )

EPA 821/R-01-014 Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Marine and Estuarine Organisms, 3<sup>rd</sup> ed. October 2002. ( <http://www.epa.gov/waterscience/WET/disk1/> or <http://www.epa.gov/OST/WET/disk1/ctm.pdf> )

EPA 821/R-02-019 Method 1631, Revision E: Mercury in Water by Oxidation, Purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry. August 2002. ( <http://www.epa.gov/ost/methods/> )

EPA 822/B-00-024 Estuarine and Coastal Marine Waters: Bioassessment and Biocriteria Technical Guidance. December 2000. (NSCEP or <http://www.epa.gov/ost/biocriteria/States/estuaries/estuaries1.html> )

EPA 823/B-98-004 Evaluation of Dredged Material Proposed for Discharge in Waters of the U.S. - Testing Manual: Inland Testing Manual. February 1998. (NTIS / AD A338 883/2 or <http://www.epa.gov/ost/itm/ITM/> )

EPA 823/B-00-007 Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories: Volume 1, Fish Sampling and Analysis. Third edition, November 2000. (<http://www.epa.gov/ost/fishadvice/volume1/index.html> or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 823/B-01-002 Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual. October 2001. (NSCEP or [www.epa.gov/waterscience/cs](http://www.epa.gov/waterscience/cs) )

EPA 823/R-92-006 Sediment Classification Methods Compendium. September 1992. (NTIS / PB93-115186 or <http://www.epa.gov/ost/library/sediment/> or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleORD.html> )

EPA 823 R-02-004 Field Sampling Plan for the National Study of Chemical Residues in Lake Fish Tissue ( <http://www.epa.gov/waterscience/fishstudy/fieldplan.pdf> )

EPA 833/B-92-001 NPDES Storm Water Sampling Guidance Document. July 1992. (NTIS / PB92-227669)

EPA 833/B-99-002 Toxicity Reduction Evaluation Guidance for Municipal Wastewater Treatment Plants. August 1999, 2<sup>nd</sup> edition. (NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 841/B-97-003 Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual. November 1997. (NSCEP or <http://www.epa.gov/owow/monitoring/volunteer/stream/> or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 841/B-99-002 Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadeable Streams and Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish. 2<sup>nd</sup> edition, July 1999. (<http://www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/> or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 842/B-93-004 Volunteer Estuary Monitoring: A Methods Manual. December 1993. (NSCEP or <http://www.epa.gov/owow/estuaries/monitor/index.html#toc> or NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOW.html> )

EPA 910/9-92-029 Consensus Method for Determining Groundwaters Under the Direct Influence of Surface Water using Microscopic Particulate Analysis (MPA). October 1992. (NTIS / PB93-180818)

01A0003682 Determination of 2,3,7,8-TCDD in Soil and Sediment. May 1983, Rev 1. EPA Region VII Laboratory. (Region 1 Library)

01A0004860 Determination of Lead-210, Thorium, Plutonium and Polonium-210 in Drinking Water: Methods 909, 910, 911, 912. March 1982. (Region 1 Library)

01A0005044 Procedures for Handling and Chemical Analysis of Sediment and Water Samples. May 1981 (NTIS / AD-A103788)

01A0005114 Measurement of Trihalomethanes (THMs) in Drinking Water with GC/MS and Selected Ion Monitoring: Method 501.3. March 1982 (Region 1 Library)

01A0005249 NEIC Pesticide Sampling Guide. August 1985. (Region 1 Library)

01A0005295 Determination of Pesticides and PCBs in Water and Oil/Sediment by Gas Chromatography/Mass Spectrometry: Method 680. November 1985 (CD ROM)

01A0005392 Rapid Extraction of Organochloride Pesticides from Drinking Water and Raw Source Water - J.T. Baker Chemical Test Method No. SPE-500. 1988 (Region 1 Library)

01A0005658 Determination of Pesticides in Ground Water by High Performance Liquid Chromatography with an Ultraviolet Detector. [NPS Survey, Method 4] Draft June 1987 (Region 1 Library)

01A0005957 The Use of a Portable PID Gas Chromatograph for Rapid Screening of Samples for Purgeable Organic Compounds in the Field and in the Lab. EPA Region 1, June 29, 1983. (Region 1 Library)

01A0006083 Sampling Procedures and Protocols for the National Sewage Sludge Survey. August 1989. (Region 1 Library)

01A0006085 Method 1620: Metals by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy and Atomic Absorption Spectroscopy. Draft September 1989. (NTIS / PB94-114840 or CD ROM)

01A0006086 Method 1618: Organo-halide Pesticides, Organo-phosphorus Pesticides, and Phenoxy-acid Herbicides by Wide Bore Capillary Column Gas Chromatography with Selective Detectors. July 1989. (Region 1 Library)

01A0006089 Method 1624: Volatile Organic Compounds by Isotope Dilution GCMA; and Method 1625: Semivolatile Organic Compounds by Isotope Dilution GCMS. Revision C, June 1989. (NTIS / PB92-231976 or CD ROM or <http://www.epa.gov/OST/methods/> )

01A0006125 Region 1 Laboratory Data Validation Functional Guidelines for Evaluating Environmental Analyses. Part I, July 1996, revised December 1996. Part II, Volatile/Semivolatile Data Validation Functional Guidelines. December 1996. (Region 1 Library - <http://www.epa.gov/ne/oeme/index.html> )

01A0006218 Guidance for Performing Tests on Dredged Material to be Disposed of in Open Waters. Prepared by EPA Region 1 and ACOE, New England Division and NMFS of FWS. May 15, 1989. (Region 1 Library)

01A0006252 Determination of Radon in Drinking Water by Liquid Scintillation Counting: Method 913.0. Draft, May 1991. (Region 1 Library)

01A0006379 A Method for Measuring Sediment Oxygen Demand Using a Bench Model Benthic Respirometer. Peter M. Nolan and Arthur F. Johnson, EPA Region 1, May 1979. (Region 1 Library / <http://www.epa.gov/ne/oarm/test.html> )

01A0006408 Draft Methodology for the Measurement of Airborne Asbestos by Electron Microscopy. July 1984. (Region 1 Library)

01A0006706 Determination of Chlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans in Soils and Sediments by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. December 15, 1986. (Region 1 Library)

01A0006709 Method 282.3 The Determination of Tributyltin Chloride in Marine and Fresh Waters by Liquid-Solid Extraction (LSE) and Gas Chromatography with Electron-Capture Detection (GC/ECD). Version 1.0, October 1989. (Region 1 Library / <http://www.epa.gov/ne/oarm/test.html> )

01A0007115 The Protocol for Screening Soil and Sediment Samples for Asbestos Content used by the US Environmental Protection Agency, Region 1 Laboratory. December 1997. (Region 1 Library / <http://www.epa.gov/ne/oarm/test.html> )

01A0007292 ColiSure Medium: Presence/Absence Test Method for Detection and Identification of Coliform Bacteria and *E. coli* in Drinking Water. Millipore. (Region 1 Library)

01A0007431 Region 1 Low Stress (low flow) Purging and Sampling Procedure for the Collection of Ground Water Samples from Monitoring Wells. SOW # GT 0001, Revision 2, July 30, 1996. (Region 1 Library or <http://www.epa.gov/ne/measure/well/wellmon.html> )

01A0007540 Region 1, EPA-New England Standard Operating Procedure for Elemental Analysis Using the X-Met 920 Field X-Ray Fluorescence Analyzer. SOP # X-MET 920, October 1996. (Region 1 Library or <http://www.epa.gov/ne/measure/xray/xrayfluor.html> )

01A0007541 Region 1, EPA-New England Immunoassay Guidelines for Planning Environmental Projects. October 1996. (Region 1 Library or <http://www.epa.gov/ne/measure/ia/iaguide.html> )

01A0007832 Region I, EPA-New England Compendium of Quality Assurance Project Plan Guidance, Final, October 1999 (includes September 1998 QAPP Manual). (Region 1 Library or <http://www.epa.gov/ne/measure/qappcompendium.pdf> )

01A0007846 Method 1630: Methyl Mercury in Water by Distillation, Aqueous Ethylation, Purge and Trap, and CVAFS. Draft, August 1998. (Region 1 Library)

01A0007861 Method 6020 CLP-M: Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. May 1990. (Region 1 Library)

01A0007878 Method 556 Determination of Carbonyl Compounds in Drinking Water by Pentafluorobenzylhydroxylamine Derivation and Capillary Gas Chromatography with Electron Capture Detection. Revision 1.0, June 1998. <http://www.epa.gov/safewater/methods/met556.pdf> )

01A0007909 Method 1001: Lead in Drinking Water by Differential Pulse Anodic Stripping Voltametry. August 1999. PALINTEST LTD. (21 Kenton Lands Road, PO BOX 18395, Erlanger, KY 41018 (606) 341-7423)

01A0007986 Field and Laboratory Methods for Macroinvertebrate and Habitat assessment of Low Gradient, Nontidal Streams. July 1997. ( <http://www.epa.gov/maia/pdf/MACS-FieldandLabMethods.pdf> )

01A0008028 Method 515.4 - Determination of Chlorinated Acids in Drinking Water by Liquid-Liquid Microextraction Derivatization, and Fast Gas Chromatography with Electron Capture Detection. 2000. (NERL-Cincinnati)

01A0008123 EPA Region 1 Standard Operating Procedure for Head Space Screening for Volatile Organic Compounds in Aqueous, Soil and Drum Samples. March 1998. (Region 1 Library)

01A0008143 Draft Calibration of Field Instruments (temperature, pH, dissolved oxygen, conductivity/specific conductance, oxidation/reduction potential [ORP], and turbidity). EPA Region 1 SOP, June 3, 1998. (Region 1 Library - .wpd file)

01A0008190 EPA Method 501.1 (1979), 501.2 (1979) and 525 Rev 2.1 (1988). (Region 1 Library; 501.2 also at NEPIS / <http://www.epa.gov/clariton/clhtml/pubtitleOther.html> )

01A0008217 Technical Guidance for the Natural Attenuation Indicators: Methane, Ethane, and Ethene. EPA Region 1, Revision 1, February 21, 2002. ( <http://www.epa.gov/ne/measure/Natatten.pdf> )

01A0008260 Regional Implementation Manual for the Evaluation of Dredged Material Proposed for Disposal in New England Waters. USACE, NE District & US EPA NE, 2002. ( [www.nae.usace.army.mil](http://www.nae.usace.army.mil) )

01A0008284 RSK SOP 175: Analysis of Dissolved Methane, Ethane, and Ethylene in Ground Water by a Standard Gas Chromatographic Technique. Ada, 1997. (Region 1 Library)

**No report number**

CLP Methods <http://www.epa.gov/oerrpage/superfund/programs/clp/methods.htm>

Environmental Chemistry Methods (ECM) <http://www.epa.gov/oppbead1/methods/ecmindex.htm>

Lake Michigan Mass Balance Study (LMMB) Methods Compendium. June 1997. ( [www.epa.gov/glnpo/lmmb/methods/](http://www.epa.gov/glnpo/lmmb/methods/) or CD ROM)

List of Designated Reference and Equivalent Methods. NERL updated periodically. ([www.epa.gov/ttn/amtic/criteria.html](http://www.epa.gov/ttn/amtic/criteria.html) )

Microbiology Laboratory Antimicrobial Testing Methods & Procedures. [www.epa.gov/oppbead1/methods/atmpa2z.htm](http://www.epa.gov/oppbead1/methods/atmpa2z.htm)

Quality System Documents including EPA QA/G series and EPA QA/R series can be found at [http://www.epa.gov/quality1/qa\\_docs.html](http://www.epa.gov/quality1/qa_docs.html)

Pesticides: Analytical Methods & Procedures:

Antimicrobial Testing Methods & Procedures (ATMP) <http://www.epa.gov/oppbead1/methods/atmpindex.htm>

Environmental Chemistry Methods (ECM) <http://www.epa.gov/oppbead1/methods/ecmindex.htm>

Residue Analytical Methods (RAM) <http://www.epa.gov/oppbead1/methods/ramindex.htm>

Region 1 fresh & marine toxicity

[http://www.epa.gov/ne/npdes/epa\\_attach.html](http://www.epa.gov/ne/npdes/epa_attach.html)

<http://www.epa.gov/ne/npdes/permits/generic/freshwateracutetoxtest.pdf>

<http://www.epa.gov/ne/npdes/permits/generic/freshwaterchronictoxtest.pdf>

<http://www.epa.gov/ne/npdes/permits/generic/marinewateracutetoxtest.pdf>

<http://www.epa.gov/ne/npdes/permits/generic/marinewaterchronictoxtest.pdf>

US EPA Contract Laboratory Program Statement of Work for Organics Analysis, Multi-Media, Multi-Concentration, OLM04.2. (<http://www.epa.gov/superfund/programs/clp/methods.htm> )

US EPA Contract Laboratory Program Statement of Work for Inorganics Analysis, Multi-Media, Multi-Concentration, ILM04.0. (<http://www.epa.gov/superfund/programs/clp/methods.htm> )

US EPA Contract Laboratory Program Statement of Work for Organics Analysis, Low Concentration Water, OLC02.1. (<http://www.epa.gov/superfund/programs/clp/methods.htm> )

US EPA Contract Laboratory Program Statement of Work for Multi-Media, Multi-Concentration Dioxins and Furans Analysis DLM01.4 (<http://www.epa.gov/superfund/programs/clp/methods.htm> )

**KEY TO OBTAINING SOURCE DOCUMENTS**

AMTIC Ambient Monitoring Technology Information Center

<http://www.epa.gov/ttn/amtic>

select file transfers; ambient monitoring; air toxics and pick from list

CD or CD ROM EPA 821/C-99-004 EPA Methods and Guidance for the Analysis of Water, Version 2.0. June 1999. NTIS/

<http://www.ntis.gov/product/epa-water-methods.htm>

CLP <http://www.epa.gov/superfund/programs/clp/methods.htm>

Drinking Water Methods call Drinking Water Hotline (800)426-4791; some methods online

<http://www.epa.gov/nerlcwww/ordmeth.htm>

EMC Emission Measurement Center

<http://www.epa.gov/ttn/emc>

select Methods and choose promulgated, proposed or other

EMAP Environmental Monitoring and Assessment Program

<http://www.epa.gov/emap>

ERT Environmental Response Team, Edison, NJ (732) 321-6740 <http://www.ert.org/>

GPO Government Printing Office, Superintendent of Documents (to purchase publications), US GPO, Washington, DC 20402.

phone 202/ 512-1800; fax 202/512-2250; telex 710/822-9413; internet <http://www.gpo.gov/>

LEAD National Lead Information Center Clearinghouse. Send email request to: [ehc@nsc.org](mailto:ehc@nsc.org) or phone: 800-424-LEAD or complete document request online from <http://www.epa.gov/opptintr/lead/nlic.htm>

MICE Methods Information Communications Exchange For technical questions or comments on SW-846. Basic information available 24 hours via recorded message (703) 676-4690; fax: (703)318-4682 or e-mail: [mice@cpmx.saic.com](mailto:mice@cpmx.saic.com)

<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/mice.htm>

NEMI National Environmental Methods Index Brief method summary, analytes, relative cost, and download at

<http://www.nemi.gov>

NERL US EPA National Exposure Research Laboratory (NERL), Microbiological and Chemical Exposure Assessment Research Division (MCEARD), 26 West Martin Luther King Dr, Cincinnati, OH 45268-0001. Fax requests for 500 & 600 methods series to: 513/569-7757 or email [dwmeths.help@epa.gov](mailto:dwmeths.help@epa.gov)

NEPIS US EPA National Environmental Publications Internet Site, a database of over 9,000 EPA documents to browse/view, and print for free online at <http://www.epa.gov/clariton/>

NSCEP EPA National Center for Environmental Publications (free publications), PO Box 42419, Cincinnati, OH 45242-2419.

(800)490-9198 or fax (513) 891-6685 or <http://www.epa.gov/ncepihom>

NTIS National Technical Information Service (purchase publications), Dept. of Commerce, Springfield, VA 22161. phone

(800)553-6847 ; fax (703) 321-8547; TDD (703)487-4639; telex 64617; Internet <http://www.ntis.gov/>

OPPTS Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances Harmonized test guidelines developed in 10 series

[http://www.epa.gov/OPPTS\\_Harmonized/](http://www.epa.gov/OPPTS_Harmonized/)

Pesticide Analytical Methods and Procedures Antimicrobial Testing Methods & Procedures (ATMP); Environmental Chemistry Methods (ECM); Residue Analytical Methods (RAM) <http://www.epa.gov/oppbead1/methods/>

OST Office of Science & Technology some selected methods (1600, 1613, 1623, 1631, 1664, O1A-1677) at

[www.epa.gov/ost/methods](http://www.epa.gov/ost/methods)

SEL CD Selected OW Methods and Guidance. September 2000. (EPA 821/C-00-002)

SEL2 CD Selected Office of Water Methods and Guidance January 2001 (EPA 821/C-01-001 )

SOP # (2006-2058) all available online from ERT at <http://www.ert.org/>

ttn/amtic or ttn/emc <http://www.epa.gov/ttn/> either AMTIC or EMC for specific methods

Water Office of Groundwater and Drinking Water selected methods at <http://www.epa.gov/safewater/methods/sourcalt.html> and <http://www.epa.gov/waterscience/methods/>

---

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΙ**

**« Γλωσσάριο όρων κατηγοριών επικινδύνων  
αποβλήτων»**

---

## ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ ΟΡΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση διακρίνονται οι ακόλουθες βασικές κατηγορίες επικινδύνων αποβλήτων:

<b>H1</b>	<b>Εκρηκτικά (Explosives)</b>	<p>Ουσίες ή παρασκευάσματα που ίσως να εκραγούν υπό την επίδραση φλόγας ή είναι πιο ευαίσθητα σε δόνηση ή τριβή από ότι το δινιτροβενζόλιο. Τα εκρηκτικά υλικά διαχωρίζονται περαιτέρω σε 3 βασικές κατηγορίες:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- υψηλής εκρηκτικότητας (π.χ. δυναμίτης)</li> <li>- χαμηλής εκρηκτικότητας (π.χ. νιτρικό κάλιο)</li> <li>- εκρηκτικά πυροδότησης (π.χ. tetryl: <math>C_7H_5N_5O_8</math>)</li> </ul>
<b>H2</b>	<b>Οξειδωτικά (Oxidizing)</b>	<p>Ουσίες ή παρασκευάσματα που προκαλούν υψηλά εξώθερμες αντιδράσεις όταν έρθουν σε επαφή με άλλες ουσίες, ειδικά εύφλεκτες ουσίες (π.χ. οξυγόνο, όζον, νιτρικό αργίλιο).</p>
<b>H3-A</b>	<b>Υψηλά Εύφλεκτα (Highly Flammable)</b>	<p>a) υγρές ουσίες ή παρασκευάσματα που έχουν σημείο ανάφλεξης μικρότερο από 21 °C, συμπεριλαμβανομένων και των εξαιρετικά εύφλεκτων υγρών (π.χ. αιθανόλη, ακετόνη)</p> <p>b) ουσίες ή παρασκευάσματα που είναι δυνατόν να θερμανθούν και τελικά να πιάσουν φωτιά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και χωρίς την παροχή ενέργειας.</p> <p>c) στερεές ουσίες ή παρασκευάσματα που μπορούν να αυτόματα να πιάσουν φωτιά έπειτα από σύντομη επαφή με μια πηγή ανάφλεξης και να συνεχίσουν να καίγονται ή να καταναλώνονται ακόμη και μετά την απομάκρυνση της πηγής</p>

		<p>d) αέριες ουσίες ή παρασκευάσματα που είναι εύφλεκτα υπό κανονική πίεση</p> <p>e) ουσίες ή παρασκευάσματα, τα οποία όταν έρθουν σε επαφή με το νερό ή με υγρό αέρα εκλύουν υψηλά εύφλεκτα αέρια σε επικίνδυνες ποσότητες</p>
<b>H3-B</b>	<b>Εύφλεκτα (Flammable)</b>	υγρές ουσίες ή παρασκευάσματα που έχουν σημείο ανάφλεξης μεγαλύτερο από 21°C και μικρότερο από 55°C (π.χ. τριχλωροαιθυλένιο, ξυλόλιο).
<b>H4</b>	<b>Ερεθιστικά (Irritant)</b>	μη διαβρωτικές ουσίες ή παρασκευάσματα, τα οποία μέσω άμεσης, παρατενόμενης ή επαναλαμβανόμενης επαφής με το δέρμα ή άλλες μεμβράνες μπορούν να προκαλέσουν ερεθισμό – φλεγμονή (π.χ. τριχλωρομεθάνιο, αμμωνία).
<b>H5</b>	<b>Βλαβερά (Harmful)</b>	ουσίες ή παρασκευάσματα, τα οποία αν εισπνευθούν ή καταπρωθούν ή εισχωρήσουν στο δέρμα μπορούν να προκαλέσουν περιορισμένο κίνδυνο της υγείας (π.χ. καυστικό νάτριο, υδροχλωρικό οξύ).
<b>H6</b>	<b>Τοξικά (Toxic)</b>	ουσίες ή παρασκευάσματα (συμπεριλαμβανομένων και των πολύ τοξικών ουσιών ή παρασκευασμάτων), τα οποία αν εισπνευθούν ή καταπρωθούν ή εισχωρήσουν στο δέρμα ίσως προκαλέσουν σοβαρό, έντονο ή χρόνιο κίνδυνο της υγείας ή θάνατο (π.χ. υδράργυρος, μόλυβδος).
<b>H7</b>	<b>Καρκινογόνα (Carcinogenic)</b>	ουσίες ή παρασκευάσματα, τα οποία αν εισπνευθούν ή καταπρωθούν ή εισχωρήσουν στο δέρμα ίσως προκαλέσουν καρκίνο ή αυξήσουν την πιθανότητα εμφάνισής του (π.χ. αρσενικό, αμιάντος).
<b>H8</b>	<b>Διαβρωτικά (Corrosive)</b>	ουσίες ή παρασκευάσματα που μπορούν να καταστρέψουν ιστούς ζώντων οργανισμών με την επαφή. Τα περισσότερα διαβρωτικά υλικά ανήκουν στις κατηγορίες των ισχυρών οξέων ή βάσεων (π.χ. νιτρικό και υδροχλωρικό οξύ).
<b>H9</b>	<b>Μολυσματικά (Infectious)</b>	ουσίες οι οποίες περιέχουν βιώσιμους μικροοργανισμούς ή τοξίνες αυτών που είναι γνωστό ή πιστευτό ότι προκαλούν ασθένεια στον άνθρωπο ή

		σε οποιοδήποτε άλλο ζωντανό οργανισμό (π.χ. αίμα, ανθρώπινοι ιστοί).
<b>H10</b>	<b>Τερατογενή (Teratogenic)</b>	ουσίες ή παρασκευάσματα, τα οποία αν εισπνευθούν ή καταπωθούν ή εισχωρήσουν στο δέρμα ίσως προκαλέσουν μη-κληρονομικές εκ γενετής δυσμορφίες ή αυξήσουν την πιθανότητα εμφάνισής τους (π.χ. αλκοόλη, βαρέα μέταλλα).
<b>H11</b>	<b>Μεταλλαξιογενή (Mutagenic)</b>	ουσίες ή παρασκευάσματα, τα οποία αν εισπνευθούν ή καταπωθούν ή εισχωρήσουν στο δέρμα ίσως προκαλέσουν κληρονομικές γενετικές ανωμαλίες ή αυξήσουν την πιθανότητα εμφάνισής τους (π.χ. αζίδιο του νατρίου).
<b>H14</b>	<b>Οικοτοξικά (Ecotoxic)</b>	ουσίες ή παρασκευάσματα τα οποία παρουσιάζουν ή μπορεί να παρουσιάσουν άμεσο ή βραδύ κίνδυνο για ένα ή περισσότερα τμήματα του περιβάλλοντος (π.χ. βαρέα μέταλλα).
	<b>Λοιπά επικίνδυνα (Residuary Hazardous)</b>	<p>a) ουσίες ή παρασκευάσματα τα οποία εκλύουν τοξικά ή πολύ τοξικά αέρια όταν έρθουν σε επαφή με νερό, αέρα ή οξέα (π.χ. αλογονωμένες οργανικές ενώσεις)</p> <p>b) ουσίες ή παρασκευάσματα ικανά, μετά τη διάθεσή τους, να παράγουν άλλες ουσίες, οι οποίες ανήκουν σε οποιαδήποτε από τις προαναφερθείσες κατηγορίες επικινδύνων αποβλήτων.</p>