ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΑΡΙΘ. 59624
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Ανάπτυξη Πρότυπου Συστήματος Εκτίμησης Περιβαλλοντικής Επικινδυνότητας (ΒΑΜΕ) και Πιλοτική Εφαρμογή στη Σύνταξη των Εθνικών Κατευθυντήριων Γραμμών Περιβαλλοντικών Ελέγχων

Ερευνητική Διατριβή που υπεβλήθη
για τη μερική ικανοποίηση
των απαιτήσεων για την απόκτηση
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης από την

ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ Α. ΧΑΛΚΙΔΟΥ

Χανιά 2008

Η διατριβή της Αναστασίας Χαλκίδου εγκρίνεται από τους κ.κ.

Παπαδάκης Γεώργιος Εργασίας	Επιστημονικός Υπεύθυνος
Ζοπουνίδης Κων/νος	Καθηγητής
Κοντογιάννης Θωμάς	Αναπληρωτής Καθηγητής
Ευάγγελος Διαμαντόπουλος	Καθηγητής

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας της παρούσας ερευνητικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους που έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη διεξαγωγή κι επιτυχή ολοκλήρωση της.

Αρχικά, ευχαριστώ θερμά τον Εκπρόσωπο του ΥΠΕΧΩΔΕ σε θέματα Βιομηχανικής Ασφάλειας Εγκαταστάσεων SEVESO κ. Γ. Μουζάκη για την προθυμία που επέδειξε κατά τη διάρκεια της συνεργασία μας καθώς και για τη διάθεση πολύτιμων γι' αυτή την εργασία στοιχείων.

Επίσης επιθυμώ να ευχαριστήσω τον κ. Ε. Διαμαντόπουλο για την παροχή πληροφοριών και οδηγιών για την εκπόνηση της εργασίας.

Τις θερμές μου ευχαριστίες προς τον κ. Γ. Παπαδάκη τόσο για την καθοδήγηση, επίβλεψη και τη βοήθεια στη διεκπεραίωση της εργασίας όσο και για την πολύτιμη συμπαράσταση που μου προσέφερε καθ 'όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υλική και κυρίως ηθική υποστήριξή της όλα αυτά τα χρόνια που λείπω από κοντά της και τους φίλους μου οι οποίοι μου συμπαραστέκονται και μου χαρίζουν όμορφες στιγμές.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 **1**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ **1**

1.1. Βιώσιμη και Αειφόρος Ανάπτυξη 1

1.2. Βιομηχανική Ανάπτυξη και Ατυχήματα 2

1.3. Οδηγία SEVESO 2

1.4 Εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας και εφαρμογή Οδηγίας SEVESO II 4

1.4.1 Περιγραφή της εγκατάστασης 7

1.4.2 Προσδιορισμός κινδύνου και εκτίμηση επικινδυνότητας 7

1.4.3 Πολιτική Πρόληψης Ατυχήματος Μεγάλης Έκτασης και Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας 10

1.5 Ατυχηματικά Σενάρια 11

1.6 Αναγκαιότητα της έρευνας και στόχος εκπόνησης ερευνητικής εργασίας 14

1.7 Δομή της εργασίας 17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 **21**

ΑΡΧΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΚΑΙ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ **21**

2.1 Σκοπός της Έρευνας 21

2.2 Αντικείμενο της έρευνας και προτεινόμενο εννοιολογικό πλαίσιο 22

2.3 Αρχές της Προσέγγισης 23

2.4 Ανάλυση Κινδύνου στο Περιβάλλον 26

2.5 Αλυσίδα γεγονότων με επιπτώσεων στο περιβάλλον 27

2.6 Μεγάλο Ατύχημα στο Περιβάλλον 31

2.6.1 Σενάρια Ατυχημάτων με επιπτώσεις στο Περιβάλλον 32

2.6.2 Κριτήρια Αναγνώρισης Περιβαλλοντικών Κινδύνων 35

2.7 Προτεινόμενη πλαίσιο Ανάλυσης Περιβαλλοντικών Κινδύνων στις Εκθέσεις Ασφάλειας 36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 **39**

ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ **39**

3.1 Γενικά στοιχεία 39

3.2 Επικίνδυνες ουσίες σε περιβαλλοντικά ατυχήματα 41

3.3 Επικίνδυνες ουσίες σε Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης 47

3.4 Δημιουργία τοξικών προϊόντων καύσης 50

3.4.1 Φαινόμενα κατά την εκδήλωση Φωτιάς 50

3.4.2 Πιθανά τοξικά προϊόντα καύσης 51

3.5 Έμμονοι Οργανικοί Ρύποι - Persistent Organic Pollutants –POPs 60

3.6 Κατηγορίες επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών εκτός ΚΥΑ 12044/613(SEVESO II) 62

3.7 Μείγματα- «Cocktails» χημικών ουσιών 64

3.8 Ιδιότητες Ουσιών 66

3.9 Επιλογή Χαρακτηριστικών Ιδιοτήτων – Οριακές Τιμές-Συγκεντρώσεις 73

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 **75**
ΠΗΓΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ **75**
4.1 Πηγές Κινδύνου-Προσδιορισμός Επικίνδυνων Ουσιών 75
4.2 Λίστα χημικών ουσιών 75
4.3 Καταγραφή Επικίνδυνων για το Περιβάλλον Ουσιών για κάθε Ατυχηματικό Σενάριο 79
4.4 Ποσότητες επικίνδυνων ουσιών 80
4.4.1 Κριτήρια στην Απώλεια Περιεχομένου (Loss of Containment-LOCs) 81
4.4.2 Εξέλιξη Διαρροής-Κριτήρια στις ποσότητες διαφυγής εκτός εγκατάστασης 83
4.5 Ισοζύγιο Μάζας σε όγκο ελέγχου 86
4.6 Μεθοδολογικά Βήματα αναφορικά στις Πηγές Περιβαλλοντικών Κινδύνων 89

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 **90**
ΟΔΕΥΣΕΙΣ **90**
5.1 Γενικά Στοιχεία 90
5.2 Δίοδοι- Συστήματα και Δίκτυα 91
5.2.1 Αναχώματα 92
5.2.2 Σύστημα Αποστράγγισης (Drainage System) 93
5.2.3 Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων 94
5.2.4 Κρίσιμες Οδεύσεις από Παρελθόντα Ατυχήματα 96
5.3 Οδεύσεις 97
5.4 Ύδατα 100
5.4.1 Γενικά Στοιχεία για τα Ύδατα 100
5.4.2 Αλληλεπιδράσεις: Έδαφος-Επιφανειακά Ύδατα, Έδαφος-Υπόγεια Ύδατα Ατμόσφαιρα-Επιφανειακά Ύδατα 101
5.5 Έδαφος 106
5.5.1 Γενικά Στοιχεία για το Έδαφος 106
5.5.2 Δίοδοι εισόδου στο έδαφος και έκθεση 107
5.6 Ατμόσφαιρα 108
5.6.1 Γενικά Στοιχεία για την Ατμόσφαιρα 108
5.6.2 Δίοδοι εισόδου στην ατμόσφαιρα και έκθεση 111
5.7 Ατμοσφαιρικές Συνθήκες 111
5.8 Οδεύσεις και φυσικοχημικές ιδιότητες σε σχέση με την έκθεση 112

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 **114**
ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ-ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ **114**
6.1 Γενικά Στοιχεία για τους αποδέκτες 114
6.2 Αναγνώριση και Καταγραφή Αποδεκτών 115
6.3 Εκτίμηση Επιπτώσεων 117
6.3.1 Πολυπλοκότητα Εκτίμησης 117
6.3.2. Εκτίμηση Βλαβών στην παρούσα έρευνα 120

6.4 Κριτήρια Κοινοποίησης Ατυχήματος 122
6.5 Λίστα τρωτών Αποδεκτών 123
6.6 Αποδέκτες και Επιπτώσεις στα Ύδατα 124
6.6.1 Υδάτινοι Αποδέκτες 125
6.6.2 Εκτίμηση Επιπτώσεων στο Υδάτινο Περιβάλλον 126
6.6.3 Πρότυπα Ποιότητα Περιβάλλοντος στο υδάτινο περιβάλλον 127
6.7 Αποδέκτες στο Έδαφος 131
6.7.1 Γενικά Στοιχεία 131
6.8 Φυσικά ενδιαιτήματα 133
6.8.1 Οικολογικό Δίκτυο NATURA 2000 133
6.8.2 Εκτίμηση Επιπτώσεων σε ευαίσθητους αποδέκτες (άγρια ζώα και πτηνά) 134
6.9 Ατμόσφαιρα 135
6.10.1 Μεθοδολογικά Βήματα αναφορικά στους Αποδέκτες 137

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 **139**
ΔΕΝΔΡΑ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΒΛΑΒΩΝ **139**
7.1 Εισαγωγικά Στοιχεία 139
7.2 Περιβαλλοντικοί Κίνδυνοι από διαρροές επικίνδυνων ουσιών 139
7.3 Δένδρα γεγονότων Περιβαλλοντικών Κινδύνων (Event Trees) 146
7.3.1 Δένδρα γεγονότων για διαρροή υγρού στον τόπο απώλειας περιεχόμενου 147
7.3.2 Δένδρα γεγονότων για διασπορά επικίνδυνης ουσίας 151
7.4 Πιθανότητα πιθανών επιπτώσεων σε αποδέκτες 154
7.5 Ζώνες Επιπτώσεων 158
7.5.1 Προσομοίωση Διασποράς στα Ύδατα 158
7.5.2 Προσομοίωση Διασποράς στην Ατμόσφαιρα 161
7.6 Ανασκόπηση Συστήματος Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης 167
7.7 Δείκτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων 171

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 **178**
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ BAME &
ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ BAME **178**
8.1 Μεθοδολογικός Οδηγός Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων BAME 178
8.2 Δείκτης Περιβαλλοντικών Κινδύνων BAME 191

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 **192**
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ **192**
9.1 Συμπεράσματα 192
9.2 Ερευνητικές Κατευθύνσεις 194

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ **195**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Βιώσιμη και Αειφόρος Ανάπτυξη

Στη Παγκόσμια Συνδιάσκεψη του Ρίο το 1992 διατυπώθηκαν οι αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης που στην ουσία είναι ένας οδηγός για το τι πρέπει να πράξει η ανθρωπότητα τον 21ο αιώνα σε σχέση με το περιβάλλον (Agenda '21). Συγκεκριμένα «*Βιώσιμη είναι η ανάπτυξη που παρέχει μακροπρόθεσμα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη φροντίζοντας τις ανάγκες της παρούσας και των μελλοντικών γενεών (*Agenda '21)/ Ρίο, 1992 -Θεμελιώδης κανόνας του Διεθνούς Δικαίου.

Η Agenda '21 επικυρώθηκε από την ΕΕ με τις Συνθήκες του Maastricht (1992) και του Άμστερνταμ (1997) απ' όπου διατυπώνεται ότι η βιώσιμη ανάπτυξη δεν είναι πολιτικό, αλλά νομικό, διοικητικό, επιστημονικό και τεχνικό πρόβλημα (Γιοχάνεσμπουργκ, 2002) και πως βιώσιμη ανάπτυξη δεν είναι μόνο η προστασία του περιβάλλοντος, η βαθειά Οικολογία, η περιφερειακή ανάπτυξη, η ιδέα ότι η ανάπτυξη/μεγέθυνση πρέπει να συνεχίζεται για να καλύπτει το κόστος της περιβαλλοντικής προστασίας αλλά η ανάπτυξη που χαρακτηρίζεται από τις τρεις παρακάτω βασικές αρχές (Γιαννακοπούλου, 2006):

1.Κατάργηση της ανθρωποκεντρικής αντίληψης για τον κόσμο

2.Το δίλημμα «φύση ή άνθρωπος» δεν έχει νόημα

3.Τα ανθρώπινα συστήματα δεν εξελίσσονται με ρυθμούς ίδιους με αυτούς των οικοσυστημάτων

Παράλληλα με τη Βιώσιμη Ανάπτυξη ως παγκόσμιος στόχος η Αειφόρος Ανάπτυξη προβλέπει μακροπρόθεσμα την οικονομική αύξηση, την κοινωνική συνοχή και την περιβαλλοντική προστασία να συμβαδίζουν προσφέροντας ένα θετικό μακρόπνοο όραμα για μια περισσότερο ευημερούσα κοινωνία μέσα σε ένα καθαρότερο, ασφαλέστερο και υγιέστερο περιβάλλον μιας κοινωνίας που θα παρέχει καλύτερη ποιότητας ζωής (NetWet 2 Project, 2006). Η Παγκόσμια Επιτροπή για το περιβάλλον και την ανάπτυξη ("Επιτροπή Brundland") από το 1987 ορίζει ότι:

«*Αειφόρος Ανάπτυξη είναι η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες*»

Σύμφωνα με τις παραπάνω αρχές διαμορφώθηκε μια συστημική στρατηγική για την αναγνώριση περιβαλλοντικών απειλών και προβλημάτων, τη χάραξη πολιτικής προόδου, τη μέριμνα για εφαρμογή μέτρων με στόχο τη διατήρηση και διαφύλαξη του φυσικού περιβάλλοντος με την καθολική συμμετοχή κοινού και πολιτείας.

Αποτέλεσμα είναι η προστασία του περιβάλλοντος να αποτελεί αντικείμενο πολλών γενικών και εξειδικευμένων νομοθετημάτων που αναφέρονται σε ανθρωπογενή δραστηριότητα που στόχο έχουν να διαμορφώσουν πλαίσια δραστηριοτήτων σύμφωνα με τις αρχές της βιώσιμης και αειφόρου ανάπτυξης.

Οι παραπάνω αρχές αποτυπώνονται και εφαρμόζονται σε νόμους, κανονισμούς, αποφάσεις, διατάξεις στο διεθνή και ευρωπαϊκό χώρο και ασφαλώς και στην Ελλάδα.

1.2 Βιομηχανική Ανάπτυξη και Ατυχήματα

Τα τελευταία χρόνια η εντατική και έντονη βιομηχανοποίηση στις αναπτυγμένες χώρες έφερε νέες τεχνολογίες, νέα προϊόντα, νέες θέσεις εργασίας, καλύτερες συνθήκες ζωής, καλύτερο βιοτικό επίπεδο, γρήγορες μεταφορές και σύγχρονες τηλεπικοινωνίες. Τα εργοστάσια πυρηνικής ενέργειας και οι εγκαταστάσεις πετροχημικών αποτελούν ένα μεγάλο κεφάλαιο της βιομηχανικής ανάπτυξης. Ωστόσο η συνεχόμενη αυτή πρόοδος συνοδεύεται με αύξηση του τεχνολογικού κινδύνου και της επικινδυνότητας με αποτέλεσμα να έχουν συμβεί πολλά ατυχήματα με σημαντικές επιπτώσεις στον άνθρωπο, στο περιβάλλον και σε κοινωνικοοικονομικούς τομείς *(Shrivastava, 1995b)*.

Το νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την προστασία του πληθυσμού από τους τεχνολογικούς κινδύνους είναι σχετικά πρόσφατο. Οι διάφορες χώρες ανάλογα με την τεχνολογική τους πρόοδο και το βαθμό που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα του κινδύνου, αναπτύσσουν και την αντίστοιχη νομοθεσία ενώ παράλληλα υπάρχουν διεθνείς κανόνες που βρίσκουν καθολική εφαρμογή στο δίκαιο των κρατών.

Σημαντική χρονολογία είναι το 1988 όπου το Διεθνές Γραφείο Εργασίας εξέδωσε τον κώδικα για την πρακτική της πρόληψης των βιομηχανικών ατυχημάτων μεγάλης έκτασης ενώ τον Ιούνιο του 1993 στη Γενεύη ψηφίστηκε η 174 Διεθνής Σύμβαση Εργασίας και η 181 Διεθνής Σύσταση Εργασίας για την πρόληψη των σοβαρών βιομηχανικών ατυχημάτων. Σκοπός της Σύμβασης είναι η πρόληψη των σοβαρών ατυχημάτων στα οποία εμπλέκονται επικίνδυνες ουσίες και ο περιορισμός των συνεπειών από τέτοιου είδους ατυχήματα. Από τις εγκαταστάσεις υψηλού κινδύνου, στις οποίες εφαρμόζεται η Σύμβαση αυτή, εξαιρούνται οι πυρηνικές εγκαταστάσεις, οι στρατιωτικές εγκαταστάσεις και οι μεταφορές εκτός εγκατάστασης με άλλο τρόπο πλην αγωγού. Στα επιμέρους άρθρα αναλύονται η ευθύνη των εργοδοτών, οι υποχρεώσεις των αρμόδιων αρχών, τα δικαιώματα και καθήκοντα των εργαζομένων και των εκπροσώπων τους κ.α.

Τόσο στην Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και στις υπόλοιπες ανεπτυγμένες χώρες έχουν αναπτυχθεί γενικές και εξειδικευμένες οδηγίες που αποτυπώνουν κανόνες για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων υπό ασφαλείς συνθήκες σε κανονικές και ανεξέλεγκτες καταστάσεις λειτουργίας, με γνώμονα τον άνθρωπο και το περιβάλλον στοχεύοντας στην πρόληψη και στον περιορισμό επιβλαβών επιπτώσεων.

1.3 Οδηγία SEVESO

Μια σειρά από σοβαρά ατυχήματα, γνωστά με τον όρο Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης (ΒΑΜΕ)[1] έχουν συμβεί από τις αρχές κιόλας του 20ου αιώνα και κατέδειξαν με τον πιο δραματικό τρόπο την ανάγκη για συστηματική ανάλυση και μελέτη των προβλημάτων που σχετίζονται με την ασφάλεια εγκαταστάσεων που διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες. Ονόματα πόλεων όπως Sevezo (1976),

[1] Ένα ΒΑΜΕ ορίζεται σαν ένα συμβάν όπως μεγάλη διαρροή, πυρκαγιά ή έκρηξη που προκύπτει από ανεξέλεγκτες εξελίξεις κατά τη λειτουργία οποιασδήποτε εγκατάστασης, το οποίο προκαλεί μεγάλους κινδύνους, άμεσους ή απώτερους, για την ανθρώπινη υγεία, εντός ή εκτός της εγκατάστασης, ή/ και για το περιβάλλον, και σχετίζεται με μία ή περισσότερες επικίνδυνες ουσίες.

Flixborough (1974), Mexico City (1984), Bhopal (1984), κ.α. έχουν γίνει συνώνυμα με βαρύτατες επιπτώσεις στο περιβάλλον και σε ανθρώπινες ζωές. Στην Ελλάδα έχουν συμβεί αρκετά ατυχήματα με σοβαρές συνέπειες όπως η πυρκαγιά στην Jet Oil στη Θεσσαλονίκη (1987), το ατύχημα στην ΠΕΤΡΟΛΑ (1992), το ατύχημα στην ΕΚΟ στη Θεσσαλονίκη (1998), κ.α. Τα ατυχήματα αυτά συνέβησαν κατά τη χρήση, αποθήκευση ή μεταφορά επικίνδυνων ουσιών (τοξικών, εύφλεκτων, εκρηκτικών) και τα κύρια χαρακτηριστικά τους ήταν οι καταστροφικές συνέπειες από την άποψη των θυμάτων και των υλικών ζημιών, τόσο στην περιοχή γύρω από τον τόπο του ατυχήματος, όσο και μακριά από αυτή. Πολύ σοβαρές ήταν και οι επιπτώσεις οι οποίες προέκυψαν στο περιβάλλον από την εκδήλωση των ατυχημάτων.

Οι αρχές για τη σύγχρονη ευρωπαϊκή νομοθεσία αντιμετώπισης βιομηχανικών ατυχημάτων τέθηκαν με την Οδηγία του 1967 για τις επικίνδυνες ουσίες (Directive 67/548/EEC). Το 1976 η Ευρωπαϊκή Κοινότητα χρηματοδότησε τη μελέτη των κινδύνων που σχετίζονται με επικίνδυνες βιομηχανικές δραστηριότητες. Η μελέτη αυτή αποκάλυψε ότι οι περισσότεροι υφιστάμενοι νόμοι και κανονισμοί σχετικά με τις επικίνδυνες βιομηχανικές δραστηριότητες απευθύνονταν κυρίως στη διασφάλιση της προστασίας των εργαζομένων, της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων και στον έλεγχο της ρύπανσης, αλλά μόνο κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Έτσι, η συγκεκριμένη μελέτη επιβεβαίωσε το γεγονός ότι δεν υπήρχε νομοθετική κάλυψη για την περίπτωση μη κανονικών συνθηκών λειτουργίας μιας εγκατάστασης, ανεξάρτητα από το γενεσιουργό τους αίτιο.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση λαμβάνοντας υπόψη τη βιομηχανική και οικιστική ανάπτυξη, τα βιομηχανικά ατυχήματα μεγάλης έκτασης που συνέβησαν, την πολυπλοκότητα των νέων βιομηχανικών εγκαταστάσεων και την ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος, προχώρησε το 1982 στη δημιουργία της Οδηγίας *82/501/EC* γνωστή και ως *SEVESO* (24/6/1982) *για τον έλεγχο των κινδύνων ατυχημάτων μεγάλης έκτασης, που περικλείουν ορισμένες βιομηχανικές δραστηριότητες* (EC 82/501 Directive SEVESO). Ονομάστηκε έτσι με αφορμή το ατύχημα στην ομώνυμη πόλη της Β. Ιταλίας το 1976, το οποίο προκάλεσε τη διαφυγή στην ατμόσφαιρα μιας εξαιρετικά τοξικής ουσίας. Η Οδηγία αυτή τέθηκε σε ισχύ στις 8/1/1984 και καθόριζε ένα σύστημα αναγνώρισης εκείνων των βιομηχανικών δραστηριοτήτων που μπορούν να προκαλέσουν βιομηχανικό ατύχημα μεγάλης έκτασης (διασπορά τοξικής ουσίας, μεγάλη φωτιά ή έκρηξη). Οι λεπτομερείς απαιτήσεις της Οδηγίας περιελάμβαναν μέτρα για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των μεγάλων ατυχημάτων. Η SEVESO ήταν το πρώτο παράδειγμα μιας διεθνούς νομοθετικής πράξης, η οποία περιλάμβανε τις αρχές για μία ολοκληρωμένη διαχείριση της επικινδυνότητας (Mitchison and Papadakis, 1996).

Στα χρόνια που ακολούθησαν από το 1982 έως το 1992, παρόλο που η SEVESO αποδείχτηκε επιτυχής, στην Ευρώπη συνέβησαν περισσότερα από 130 ατυχήματα μεγάλης έκτασης. Το γεγονός αυτό έδειξε την ανάγκη για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του νομοθετικού πλαισίου όσον αφορά την πρόληψη των μεγάλων ατυχημάτων. Έτσι στις 26/1/1994, η Επιτροπή προχώρησε στην έκδοση μιας πρότασης για την αντικατάσταση της SEVESO από μία νέα Οδηγία, η οποία περιελάμβανε όλες τις βασικές αρχές της προηγούμενης Οδηγίας, ενώ παράλληλα ενσωμάτωνε επιπρόσθετα μέτρα καλής πρακτικής της διαχείρισης επικινδυνότητας, καθώς και διατάξεις για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας εφαρμογής της.

Η πρόταση αυτή μετά από τροποποιήσεις είχε ως αποτέλεσμα το Δεκέμβριο του 1996 να εκδοθεί και από τον Φεβρουάριο του 1997 να τεθεί σε ισχύ η νέα Οδηγία 96/82/ΕC γνωστή ως SEVESO II, η οποία αντικατέστησε την 82/501/ΕC. Σύμφωνα με τη SEVESO II, οι εγκαταστάσεις που είναι δυνατόν να περικλείουν κινδύνους ατυχημάτων μεγάλης έκτασης πρέπει να εφαρμόζουν μια πολιτική πρόληψης των κινδύνων αυτών.

Στην πολιτική πρόληψης των κινδύνων αποτυπώνονται και οι αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης εφόσον εκτός από πρόβλεψη για υψηλό επίπεδο προστασίας του ανθρώπου περιλαμβάνεται πλέον και πρόβλεψη για προστασία του περιβάλλοντος. Για πρώτη φορά στην Οδηγία SEVESO II ενσωματώνεται ειδική κατηγορία **επικίνδυνων για το (υδάτινο) περιβάλλον ουσιών** όπου μέχρι τότε αυτές οι ουσίες καλύπτονταν από την οδηγία SEVESO I μονάχα αν συμπεριλαμβανόταν σε κάποια άλλη κατηγορία ουσιών ή στις κατονομαζόμενες ουσίες (Παράρτημα 1 οδηγίας SEVESO).

1.4 Εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας και εφαρμογή της Οδηγίας SEVESO II

Η Ελλάδα εναρμόνισε το εθνικό της δίκαιο με την Οδηγία SEVESO II με την απόφαση ΚΥΑ 5697/590 (ΦΕΚ 405/Β/29.03.2000) που αφορά στον καθορισμό μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση των κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών. Η εφαρμογή της νομοθεσίας αφορά τόσο σε νέες όσο και σε υφιστάμενες βιομηχανικές δραστηριότητες, που είναι δυνατό να περικλείουν κινδύνους βιομηχανικών ατυχημάτων μεγάλης έκτασης με σημαντικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.

Από την έκδοση της Οδηγίας 96/82/ΕC οι ελληνικές αρμόδιες αρχές: Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Γενικής Διεύθυνσης Περιβάλλοντος του Υπουργείου ΠΕΧΩΔΕ, Υπουργείο Ανάπτυξης, Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας, Υπουργείο Εργασίας και η Πυροσβεστική Υπηρεσία προέβησαν σε όλες τις προβλεπόμενες ενέργειες βάσει ΚΥΑ για την άμεση εφαρμογή της. Σήμερα στις παραπάνω αρχές έχει προστεθεί το Γενικό Χημείο του κράτους και η Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας.

Πρόσφατα η **ΚΥΑ 12044/613/ΦΕΚ 376Β΄-19.3.2007** με τίτλο « Καθορισμός μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση των κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών», σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2003/105/ΕΚ για τροποποίηση της οδηγίας 96/82/ΕΚ για την αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες, του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2003 αντικατέστησε την υπ' αριθμ. 5697/590/2000 Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ 405 Β'/29.3.2000). Στη νέα ΚΥΑ προβλέπονται μικρές τροποποιήσεις βάσει της 96/82/ΕΚ, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται μείωση στις οριακές ποσότητες για τις επικίνδυνες για το (υδάτινο) περιβάλλον ουσίες γεγονός που υποδεικνύει τη σημαντικότητα που αποδίδεται στην προστασία των οικοσυστημάτων από πιθανό ατύχημα.

Τα βασικότερα θέματα που προβλέπονται στην ΚΥΑ 5697/590 και στη συνέχεια στην **ΚΥΑ 12044/613** είναι τα παρακάτω (Papadakis and Amendola, 1998):

- ***Κοινοποίηση:*** Ο ασκών την εκμετάλλευση υποχρεούται να υποβάλλει κοινοποίηση στην αδειοδοτούσα αρχή για τις νέες και τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις σχετικά με τις δραστηριότητες

της εγκατάστασης, τις επικίνδυνες ουσίες και τις πιθανότητες πρόκλησης ατυχήματος μεγάλης έκτασης.

- ***Πολιτική Πρόληψης Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης***: Για τις εγκαταστάσεις όπου υπάρχουν επικίνδυνες ουσίες σε ποσότητες ίσες ή μεγαλύτερες από συγκεκριμένες οριακές τιμές-κατώφλια, ο ασκών την εκμετάλλευση υποχρεούται να συντάσσει και να υποβάλλει στην αδειοδοτούσα αρχή έκθεση στην οποία να αναφέρεται η Πολιτική Πρόληψης Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης, καθώς και οι όροι και οι μέθοδοι διασφάλισης της ορθής εφαρμογής της.
- ***Μελέτη Ασφάλειας***: Για τις εγκαταστάσεις όπου υπάρχουν επικίνδυνες ουσίες σε ποσότητες ίσες ή μεγαλύτερες από συγκεκριμένες οριακές τιμές-κατώφλια, ο ασκών την εκμετάλλευση υποχρεούται να υποβάλλει στην αδειοδοτούσα αρχή μελέτη ασφάλειας με την οποία να καταδεικνύεται ότι εφαρμόζεται μία Πολιτική Πρόληψης Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης και ένα Σύστημα Διαχείρισης Ασφάλειας (ΣΔΑ). Η μελέτη ασφάλειας περιλαμβάνει λεπτομέρειες για την εγκατάσταση, τις επικίνδυνες ουσίες, τους κινδύνους μεγάλου ατυχήματος, τα μέτρα για την πρόληψη και τον περιορισμό των συνεπειών τους στον άνθρωπο και το περιβάλλον, το σχεδιασμό, την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση των εγκαταστάσεων, τα εσωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης, τα αποτελέσματα του φαινομένου domino σε περίπτωση εγγύτητας της εγκατάστασης με άλλες επικίνδυνες εγκαταστάσεις.
- ***Σχέδια Έκτακτης Ανάγκης:*** Ο ασκών την εκμετάλλευση υποχρεούται να καταρτίζει εσωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης και να παρέχει στις αρμόδιες αρχές τις αναγκαίες πληροφορίες ώστε να μπορούν να καταρτίζουν το εξωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης.
- ***Πολλαπλασιαστικά Αποτελέσματα (φαινόμενο Domino):*** Η αδειοδοτούσα αρχή βασιζόμενη στις πληροφορίες που παρέχει ο ασκών την εκμετάλλευση (με βάση την κοινοποίηση και τη μελέτη ασφάλειας) πρέπει να καθορίζει τις εγκαταστάσεις ή ομάδες εγκαταστάσεων, όπου η πιθανότητα και η δυνατότητα ή οι συνέπειες μεγάλου ατυχήματος μπορεί να αυξάνονται λόγω της θέσης και της εγγύτητας αυτών των εγκαταστάσεων και των ειδών και ποσοτήτων επικίνδυνων ουσιών που διαθέτουν.
- ***Μετατροπές Εγκατάστασης, Μονάδας ή Χώρου Αποθήκευσης:*** Σε περίπτωση μετατροπών μιας εγκατάστασης, μονάδας, αποθήκης, διαδικασίας παραγωγής ή της φύσης και των ποσοτήτων επικίνδυνων ουσιών, ο ασκών την εκμετάλλευση επανεξετάζει και αναθεωρεί την Πολιτική Πρόληψης Μεγάλων Ατυχημάτων και τη μελέτη ασφάλειας.
- ***Σχεδιασμός Χρήσεων Γης:*** Αναφέρεται για πρώτη φορά στη Οδηγία SEVESO II και την αντίστοιχη απόφαση σε εθνικό επίπεδο, ότι οι αρμόδιες αρχές μεριμνούν ώστε οι στόχοι της πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων και του περιορισμού των συνεπειών τους να λαμβάνονται υπόψη κατά την κατάρτιση των σχεδίων χρήσεων γης και τη διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων.
- ***Πληροφορίες για τα Μέτρα Ασφάλειας - Ενημέρωση Κοινού:*** Οι αρμόδιες αρχές μεριμνούν για τη δημοσιοποίηση περίληψης πληροφοριακών στοιχείων της εγκατάστασης, όπως πληροφορίες για τις επικίνδυνες ουσίες, τη φύση των κινδύνων μεγάλου ατυχήματος, τους τρόπους προειδοποίησης του σχετικού πληθυσμού σε περίπτωση μεγάλου ατυχήματος, τις ενδεδειγμένες ενέργειες και συμπεριφορά του πληθυσμού στην περίπτωση αυτή, το εξωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης, κ.α. Επίσης η αδειοδοτούσα αρχή μεριμνά για τη δημοσιοποίηση της μελέτης ασφάλειας (ορισμένα μέρη της έκθεσης δεν δημοσιοποιούνται για λόγους βιομηχανικού, εμπορικού ή προσωπικού απορρήτου). Τέλος, η αδειοδοτούσα αρχή μεριμνά ώστε το κοινό να μπορεί να δίδει τη γνώμη του στο σχεδιασμό για νέες εγκαταστάσεις μελέτης ασφάλειας, στη μετατροπή υφιστάμενων εγκαταστάσεων όταν οι προβλεπόμενες μετατροπές υπόκεινται στις

χωροταξικές απαιτήσεις της Οδηγίας και στη διαρρύθμιση των χώρων γύρω από τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις.

- ***Περίπτωση Ατυχήματος Μεγάλης Έκτασης:*** Μετά από μεγάλο ατύχημα, ο ασκών την εκμετάλλευση υποχρεούται το συντομότερο δυνατό να ενημερώνει την αδειοδοτούσα αρχή και να της παρέχει τις διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με το ατύχημα. Η αδειοδοτούσα αρχή σε συνεργασία με τις συναρμόδιες αρχές εξασφαλίζει τη λήψη των επειγόντων μέτρων που προβλέπονται στα σχέδια έκτακτης ανάγκης. Επίσης, συλλέγει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την ανάλυση του ατυχήματος, προβαίνει σε ενέργειες, ώστε να εξασφαλίζει ότι ο ασκών την εκμετάλλευση λαμβάνει τα απαιτούμενα θεραπευτικά μέτρα και διατυπώνει συστάσεις για μελλοντικά προληπτικά μέτρα.
- ***Πληροφορίες που παρέχονται στην Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων:*** Για την πρόληψη και τον περιορισμό των επιπτώσεων των μεγάλων ατυχημάτων, τα Κράτη Μέλη (στην περίπτωση της Ελλάδας το ΥΠΕΧΩΔΕ) ενημερώνουν την Επιτροπή, το συντομότερο δυνατόν, σχετικά με τα μεγάλα ατυχήματα που συνέβησαν στο έδαφός τους (περιγραφή του ατυχήματος, των επιπτώσεων, των ληφθέντων μέτρων έκτακτης ανάγκης και των προφυλάξεων για την αποφυγή επανάληψης του ατυχήματος). Στο πλαίσιο αυτό έχει αναπτυχθεί η βάση δεδομένων MARS (Major Accident Reporting System) στο σχετικό οργανισμό της ΕΕ για τα ατυχήματα μεγάλης έκτασης.
- ***Επιθεωρήσεις - Έλεγχοι:*** Η αδειοδοτούσα αρχή οργανώνει, σε συνεργασία με τις συναρμόδιες αρχές, σύστημα επιθεωρήσεων ή άλλων μέτρων ελέγχου ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης με στόχο την οργανωμένη και συστηματική εξέταση των τεχνικών, οργανωτικών και διαχειριστικών συστημάτων της εγκατάστασης.
- ***Εκπροσώπηση - Ανταλλαγές και Σύστημα Πληροφόρησης:*** Το ΥΠΕΧΩΔΕ ορίζεται ως αρμόδιος φορέας για την εκπροσώπηση της χώρας στην Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, για την ενημέρωση της Επιτροπής σχετικά με τις κτηθείσες εμπειρίες στον τομέα της πρόληψης των μεγάλων ατυχημάτων και του περιορισμού των συνεπειών τους και για την ενημέρωση από την Επιτροπή για τα ατυχήματα τα οποία συνέβησαν στην επικράτεια των Κρατών Μελών. Το σύστημα πληροφόρησης περιλαμβάνει τις πληροφορίες που παρέχουν τα Κράτη Μέλη προς την Επιτροπή, την ανάλυση των αιτιών ατυχημάτων, τη γνώση και την απόκτηση εμπειρίας που αποκομίστηκαν από τα ατυχήματα και τα προληπτικά μέτρα που απαιτούνται για την αποφυγή επανεμφάνισης των ατυχημάτων.

Η σύνταξη Εκθέσεων Ασφάλειας (Μελέτες Ασφάλειας) υποστηρίχθηκε στην Ευρωπαϊκή Ένωση από την Ελλάδα βάσει οδηγού από το Κοινό Κέντρο Ευρωπαϊκής Επιτροπής, «Κατευθυντήριες Οδηγίες για τη σύνταξη της Έκθεσης Ασφάλειας σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Κοινοτικής Οδηγίας 96/82/ΕΚ (ΣΕΒΕΖΟ ΙΙ) (Παπαδάκης and Amendola, 1998). Το εγχειρίδιο-οδηγός έχει σκοπό να παρέχει κατευθυντήριες οδηγίες για την ευκολότερη ερμηνεία των απαιτήσεων που περιέχονται στην Οδηγία και αναφέρονται στη σύνταξη της "Έκθεσης Ασφάλειας".

Σύμφωνα με το εγχειρίδιο μια Έκθεση Ασφάλειας πρέπει να αναφέρεται στα παρακάτω:

-Περιγραφή της Εγκατάστασης

-Προσδιορισμός Κινδύνου και Εκτίμηση Επικινδυνότητας

-Πληροφορίες που αφορούν την Πολιτική Πρόληψης Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης και το Σχεδιασμό Έκτακτης Ανάγκης.

1.4.1 Περιγραφή της εγκατάστασης

Αναλυτικότερα στην Περιγραφή της Εγκατάστασης πρέπει να περιλαμβάνονται τα απαραίτητα στοιχεία για μια επαρκή περιγραφή της εγκατάστασης έτσι ώστε οι αρμόδιες αρχές να σχηματίσουν μία σαφή εικόνα για το σκοπό, την τοποθεσία, τις δραστηριότητες και τους εγγενείς κινδύνους της, καθώς επίσης και για τις υπηρεσίες και τον τεχνικό εξοπλισμό που χρησιμοποιούνται για την ασφαλή λειτουργία της εγκατάστασης. Πρέπει επιπλέον να περιλαμβάνει διαγράμματα κάλυψης της εγκατάστασης καθώς και απεικονίσεις (διάταξη) των σχετικών επιμέρους μονάδων και του εξοπλισμού με σαφή τρόπο σε σχέδια κατάλληλης κλίμακας.

Απαραίτητη αναφορά αποτελεί η περιγραφή του περιβάλλοντα χώρου όπου πρέπει να παρουσιάζονται οι χρήσεις γης της περιοχής γύρω από την εγκατάσταση εφόσον έχουν ορισθεί στο εγκεκριμένο σχέδιο χρήσεων γης της ευρύτερης περιοχής. Αυτό το είδος της πληροφορίας είναι σημαντικό για τη λήψη μέτρων καταστολής των πιθανών επιπτώσεων μεγάλου ατυχήματος στους κατοίκους της περιοχής, τα οικοσυστήματα, τις διάφορες ιδιοκτησίες και δραστηριότητες.

Επιπλέον η Έκθεση Ασφαλείας θα πρέπει να δίνει λεπτομέρειες σχετικά με τους τύπους, τις ιδιότητες και τις ποσότητες των επικίνδυνων ουσιών λόγω των οποίων η εγκατάσταση υπάγεται στη Κοινοτική Οδηγία SEVESO. Οι ουσίες μπορεί να εμπίπτουν σε μια από τις ακόλουθες κατηγορίες:

- πρώτες ύλες
- ενδιάμεσα προϊόντα
- τελικά προϊόντα
- παραπροϊόντα
- απόβλητα και βοηθητικά προϊόντα
- προϊόντα που σχηματίζονται ως αποτέλεσμα απώλειας του ελέγχου μιας χημικής διεργασίας

Τέλος πρέπει να περιγράφονται υπηρεσίες και παροχές στην εγκατάσταση αναφορικά στις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, πρωτεύουσες και δευτερεύουσες π.χ. εξωτερική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και άλλων μορφών ενέργειας, εξωτερικές παροχές νερού, εξωτερικές παροχές άλλων ρευστών ή στερεών, συστήματα διαχείρισης αποβλήτων, συστήματα ανίχνευσης κτλ.

1.4.2 Προσδιορισμός κινδύνου και εκτίμηση επικινδυνότητας

Η Έκθεση Ασφαλείας πρέπει να αποδεικνύει ότι ο ασκών την εκμετάλλευση έχει προσδιορίσει (αναγνωρίσει, εντοπίσει) τους κινδύνους εκδήλωσης ατυχήματος μεγάλης έκτασης και επιπλέον ότι έχει εκτιμήσει επαρκώς την επικινδυνότητα που σχετίζεται με τις μονάδες και άλλες δραστηριότητες της εγκατάστασης. Υπάρχουν διάφορες μεθοδολογικές προσεγγίσεις για την ανάλυση του κινδύνου και την εκτίμηση της επικινδυνότητας (σταθμισμένες τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά), κάθε μια από τις οποίες μπορεί να συμβάλει αποτελεσματικά στην εικόνα για το επίπεδο ασφάλειας όταν εφαρμόζεται με συνέπεια. Η επιλογή μίας συγκεκριμένης μεθοδολογίας μπορεί να γίνει με βάση τα χαρακτηριστικά της μονάδας ή την επικινδυνότητα. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η έκταση των πιθανών επιπτώσεων. Η χρήση ποσοτικοποιημένων μεγεθών μπορεί να αποτελέσει ένα κατάλληλο

τρόπο περιορισμού του αντικειμένου της Έκθεσης Ασφαλείας, καταδεικνύοντας είτε ότι ένα ανεπιθύμητο γεγονός έχει πολύ μικρή πιθανότητα να συμβεί ή ότι μία συγκεκριμένη επίπτωση είναι σχετικά ασήμαντη. Ανεξάρτητα από τη μεθοδολογική προσέγγιση που υιοθετείται, η ανάλυση κινδύνου πρέπει να οδηγεί στην επίτευξη των παρακάτω στόχων:

α. Προσδιορισμός των τμημάτων που είναι σημαντικοί για την ασφάλεια της εγκατάστασης (μονάδες ή τμήματα μιας μονάδας)
β. Προσδιορισμός (εντοπισμός) των πηγών κινδύνου
γ. Εκτίμηση των επιπτώσεων από την πιθανή εκδήλωση ατυχήματος μεγάλης έκτασης, και
δ. Βαθμός εφαρμογής και αξιολόγηση επάρκειας των προληπτικών μέτρων , και των μέτρων ελέγχου λειτουργίας και περιορισμού των επιπτώσεων.

Ένα πιθανό (δόκιμο) πλαίσιο της διαδικασίας αυτής που προτείνεται στις κατευθυντήριες οδηγίες (Papadakis and Amendola, 1998) είναι:

Βήμα Α : Προκαταρκτική ανάλυση κινδύνου

Το βήμα αυτό εστιάζει στον προσδιορισμό (αναγνώριση, εντοπισμός) και την ανάλυση των τμημάτων που ενέχουν δυναμικό πρόκλησης ατυχήματος μεγάλης έκτασης, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι εξαιρούνται της εξέτασης τα υπόλοιπα τμήματα.

Υπάρχουν αρκετές τεχνικές οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση κινδύνων, οι οποίες αναζητούν κινδύνους είτε με σχετικά είτε με απόλυτα μέσα. Σχετικές μέθοδοι χρησιμοποιούν «λίστες ελέγχου» ή δείκτες κινδύνου βασιζόμενες σε παλαιότερη εμπειρία, όπου οι απόλυτες μέθοδοι ακολουθούν μία συστηματική θεώρηση των αποκλίσεων από τις προδιαγραφές σχεδιασμού (Lees, 1980 & 1996, Kletz 1999). Επιπλέον ενδείκνυται η εφαρμογή χρήσιμων συμπερασμάτων από διδάγματα από παρελθόντα ατυχήματα σε παρόμοιες εγκαταστάσεις.

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των μεθόδων αυτών, ενώ σημειώνεται ότι υπάρχουν και άλλες τεχνικές οι οποίες όμως δεν απαντώνται σε ευρεία χρήση.

Λίστες ελέγχου

Οι λίστες ελέγχου περιέχουν μία σειρά ερωτήσεων, συχνά γενικής φύσης, οι οποίες στοχεύουν στο να προσδιορίσουν τους κινδύνους με την παροχή ενός κανόνα. Τα γεγονότα αστοχίας εξετάζονται έτσι ώστε να καθοριστούν αν συγκεκριμένα είδη αστοχίας μπορεί να λάβουν χώρα στην υπό εξέταση εγκατάσταση. Οι λίστες ελέγχου διαμορφώνονται σύμφωνα με παλαιότερη εμπειρία και απαιτούν την κρίσιμη αξιολόγηση όλων των πτυχών των διαδικασιών στην εγκατάσταση, λαμβάνοντας υπόψη:

- Κατόψεις, διαγράμματα κάλυψης (layout), σχέδια των τμημάτων της εγκατάστασης
- Προϊόντα και υπόπροϊόντα διαδικασιών
- Αντιδράσεις, συνθήκες διαδικασιών και ανάλυση διαταραχών
- Εξοπλισμός
- Αποθήκευση και διαχείριση επικίνδυνων ουσιών

- Διαχείριση και απομάκρυνση επικίνδυνων αποβλήτων
- Βοηθητικές εγκαταστάσεις, Πυροπροστασία και Σχέδια Έκτακτης Ανάγκης

Δείκτες κινδύνου

Οι δείκτες κινδύνου αποδίδουν ποσοτικά τη σχετική δυνατότητα εκδήλωσης επικίνδυνων γεγονότων που σχετίζονται με μια συγκεκριμένη εγκατάσταση ή διαδικασία. Χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στο αρχικό στάδιο κατασκευής και λειτουργίας μιας εγκατάστασης. Οι πιο γνωστοί δείκτες κινδύνου είναι οι δείκτες Dow. Οι Dow & Mond Index (Fire & Explosion Index) εφαρμόζονται για την ιεράρχηση κινδύνων και χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του βαθμού κινδύνου του εξοπλισμού ή του συστήματος που περιέχει εύφλεκτες ουσίες (Loss Prevention Symposium, 1979).

Βήμα Β : Προσδιορισμός των πηγών κινδύνου και εκτίμηση των επιπτώσεων από την εκδήλωση ατυχήματος μεγάλης έκτασης

Το βήμα αυτό στοχεύει στον προσδιορισμό (εντοπισμό) των πηγών ή εστιών κινδύνου, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν ένα ατύχημα μεγάλης έκτασης στα σημαντικά για την ασφάλεια τμήματα (safety-relevant). Επιπρόσθετα, στο βήμα αυτό προσδιορίζονται οι συνθήκες κάτω από τις οποίες μπορεί να εκδηλωθούν ατυχήματα μεγάλης έκτασης καθώς και οι συνέπειες αυτών των ατυχημάτων. Στη φάση αυτή εντοπίζονται τα εναρκτήρια γεγονότα που μπορούν να οδηγήσουν σε μία κατάσταση βλάβης και απώλεια περιεχομένου (Loss Of Containment: LOC).

Hazard Studies (Μελέτες ανάλυσης κινδύνου)

Οι μελέτες κινδύνου είναι μια ευρέως χρησιμοποιημένη τεχνική για τον προσδιορισμό των κινδύνων στις χημικές, πετροχημικές και πυρηνικές βιομηχανίες, ενώ η μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα άλλων διαδικασιών και δραστηριοτήτων.

Οι μελέτες κινδύνου μπορούν να πραγματοποιηθούν σε διάφορα στάδια κατά τη διάρκεια της λειτουργίας μιας εγκατάστασης. Οι στόχοι και οι απαιτήσεις ποικίλουν ανάλογα με το πότε πραγματοποιούνται οι μελέτες αυτές. Τα διάφορα επίπεδα παρέχουν έναν συστηματικό τρόπο για την αξιολόγηση των κινδύνων, συμπεριλαμβανομένης της σχετικής διαδικασίας σχεδιασμού της εγκατάστασης. Παρέχουν επίσης μια σειρά «πυλών» για τον έλεγχο ολοκλήρωσης όλων των σχετικών απαιτήσεων και υποχρεώσεων προτού ξεκινήσει η ανάλυση στο επόμενο στάδιο (DETR, 1999a).

Στην χημική βιομηχανία συστηματική εφαρμογή βρίσκει η Ανάλυση Κινδύνου HAZOP η οποία ενσωματώνει τα συμπεράσματα των αναλύσεων στο αρχικό στάδιο και η οποία περιγράφεται στη συνέχεια.

Hazard Study 3

Στη μελέτη αυτή Hazard and Operability Study (HAZOP) ελέγχεται ο σχεδιασμός και/ή οι διαδικασίες προκειμένου να αναγνωριστούν κίνδυνοι ή εμπόδια στη λειτουργία που μπορεί να προκύψουν,

δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στις αποκλίσεις από τις προδιαγραφές λειτουργίας. Για τις εγκαταστάσεις διαδικασιών η μελέτη βασίζεται στα μηχανικά διαγράμματα, στις διαδικασίες, στις συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης καθώς και στα μέτρα ελέγχου και περιορισμού.

Η ανάλυση HAZOP περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των συνεπειών και των κατάλληλων διορθωτικών δράσεων όπου αυτό απαιτείται καθώς επίσης παρέχει την δυνατότητα για έλεγχο στις διαδικασίες συντήρησης, σε προβλήματα ποιότητας, σε συστήματα ελέγχου και εκτίμησης των αποκλίσεων από την επιθυμητή λειτουργία.

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση HAZOP είναι πιθανό να αποτελέσουν δεδομένα μιας προ-μελέτης Ασφάλειας για νέες εγκαταστάσεις.

Σε πολλές εγκαταστάσεις έχουν πραγματοποιηθεί παλαιότερα μελέτες ανάλυσης κινδύνου οι οποίες ως επί τον πλείστον είχαν ως αρχικό στόχο την ανθρώπινη ασφάλεια. Όταν τα αποτελέσματα τέτοιων μελετών χρησιμοποιούνται σε μια περιβαλλοντική εκτίμηση του κινδύνου είναι σημαντικό να πραγματοποιηθεί ένας έλεγχος για να εξασφαλιστεί ότι οι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι δεν αγνοήθηκαν στην αρχική μελέτη (Kletz, 1999; Website, http://www.uscg.mil).

Βήμα Γ : Προληπτικά μέτρα και μέτρα για τον έλεγχο και περιορισμό των επιπτώσεων

Το βήμα αυτό στοχεύει στην εκτίμηση της επάρκειας των προληπτικών μέτρων και των μέτρων για τον έλεγχο της λειτουργίας και τον περιορισμό των επιπτώσεων που αναφέρονται στα γεγονότα μετά το γεγονός κορυφής (διαφυγή επικίνδυνης ουσίας). Για κάθε μια πηγή κινδύνου πρέπει να περιγράφονται τα διαθέσιμα μέτρα ελέγχου καθώς και η αποδοτικότητα τους.

Τα αρχικά μέτρα και συστήματα ελέγχου αφορούν τον έλεγχο του εξοπλισμού ή/και τη διενέργεια μετρήσεων έτσι ώστε να διασφαλίζεται ότι μια δεδομένη πηγή κινδύνου δεν δύναται να προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.

1.4.3 Πολιτική Πρόληψης Ατυχήματος Μεγάλης Έκτασης και Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας

Ως διαχείριση της ασφάλειας μπορεί να ορισθεί ο τομέας της συνολικής διαχειριστικής λειτουργίας που καθορίζει και εφαρμόζει την πολιτική της ασφάλειας. Περιλαμβάνει δε, ένα μεγάλο εύρος δραστηριοτήτων, πρωτοβουλιών, προγραμμάτων κ.λπ., που εστιάζουν σε τεχνικά και οργανωτικά θέματα και λαμβάνουν υπόψη τον ανθρώπινο παράγοντα. Επίσης, αναφέρεται σε όλες τις μεμονωμένες δραστηριότητες του οργανωτικού πλαισίου οι οποίες τείνουν να τυποποιηθούν με τον τίτλο Συστήματα Διαχείρισης της Ασφάλειας (Papadakis, 2001).

Η Έκθεση Ασφαλείας πρέπει να περιλαμβάνει ή να παραπέμπει σε μια γραπτή έκθεση η οποία περιγράφει την Πολιτική Πρόληψης της εκδήλωσης Ατυχήματος Μεγάλης Έκτασης (ΠΠΑΜΕ) όπως επίσης και τα σχετικά Συστήματα Διαχείρισης της Ασφάλειας που εφαρμόζονται από τον ασκούντα την εκμετάλλευση για την αντιμετώπιση του κινδύνου από τέτοια ατυχήματα, στη συγκεκριμένη

εγκατάσταση. Τα Συστήματα Διαχείρισης της Ασφάλειας πρέπει να καλύπτουν το τμήμα εκείνο του συστήματος της συνολικής διαχείρισης το οποίο περιλαμβάνει την οργανωτική δομή, τις αρμοδιότητες, τις πρακτικές, τις διαδικασίες, τις διεργασίες και τους πόρους για τον προσδιορισμό και την εφαρμογή της Πολιτικής Πρόληψης Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης.

Η ΠΠΑΜΕ πρέπει να περιλαμβάνει:

-Μέτρα προστασίας και παρέμβασης για ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων από την εκδήλωση ατυχήματος

-Περιγραφή εξοπλισμού που είναι εγκατεστημένος στη μονάδα με σκοπό την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων από την εκδήλωση ατυχημάτων μεγάλης έκτασης.

-Οργάνωση του συναγερμού και της επέμβασης

-Περιγραφή κινητοποιήσιμων μέσων

-Παρουσίαση των στοιχείων εσωτερικού σχεδίου έκτακτης ανάγκης

1.5 Ατυχηματικά Σενάρια

Όπως γίνεται φανερό από την § 1.4 το κρισιμότερο στάδιο για την εξαγωγή εύστοχων συμπερασμάτων από τη διεξαγωγή της μελέτης είναι αυτό του προσδιορισμού των κινδύνων και της εκτίμησης της επικινδυνότητας, εφόσον μια επιτυχής πρόβλεψη των συνεπειών συμβάλει στο σχεδιασμό και στη λήψη κατάλληλων μέτρων πρόληψης και περιορισμού των επιπτώσεων. Ένα ατύχημα μπορεί να λάβει χώρα υπό μορφή έκρηξης, φωτιάς, διασποράς ή συνδυασμού αυτών. Αιτίες πρόκλησης ατυχημάτων και εξελίξεις γεγονότων απώλειας περιεχομένου (Loss of Containment-LOC) που οδηγούν σε ατυχηματικά γεγονότα (πιθανά σενάρια) παρουσιάζονται σε διαγράμματα στο Παράρτημα 2 της παρούσας.

Τα σενάρια οδηγούν σε 7 διαφορετικές τελικές καταστάσεις που είναι:

— BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)
— Σχηματισμός πύρινης σφαίρας (fireball)
— Γλώσσα φωτιάς ή πυρσός (flame jet/flare)-Jet fire
— Στιγμιαία ανάφλεξη (flash fire)
— Εκρηξη νέφους (vapor cloud explosion)-UVCE
— Διασπορά (dispersion)
— Σχηματισμός λίμνης και ανάφλεξή της (pool fire)

Οι αναλύσεις γίνονται συνήθως με βάση τις πιθανές επιπτώσεις και την εκτίμηση της σοβαρότητας τους.

Στην συνέχεια δίνεται ποιοτική ανάλυση των ατυχημάτων που μπορούν να προκύψουν σε εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες και μπορούν να προκαλέσουν ΒΑΜΕ (Papadakis, 2001). Τα παρακάτω ατυχήματα χρησιμοποιούνται στο Κεφάλαιο 7 στην ανάπτυξη δένδρων γεγονότων (event trees) περιβαλλοντικών βλαβών όπου προκύπτουν αλληλουχίες γεγονότων που συνδέουν LOCs με ατυχήματα και επιπτώσεις σε αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης.

Διαφυγή αερίου με φωτιά (BLEVE)

Το σοβαρότερο ατύχημα που μπορεί να συμβεί με τη συμμετοχή πολύ εύφλεκτων αερίων (υπό πίεση ή υγροποιημένων) είναι η ακαριαία διαφυγή μεγάλης ποσότητας και έκρηξη αυτής. Τα υγροποιημένα αέρια αναμένεται να διαφύγουν υπό μορφή εκτονούμενου νέφους αναβράζοντος υγρού (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion). Αποτελεί συνήθως την κατάληξη μιας μεγάλης φωτιάς στον χώρο αποθήκευσης όταν οι φλόγες φτάνουν και προσβάλουν σημεία του κελύφους των δοχείων/δεξαμενών, ενώ παράλληλα υπάρχουν προβλήματα ψύξης (ανεπαρκής ή έλλειψη). Το περιστατικό BLEVE εξελίσσεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μετά από την εκδήλωση τοπικής φωτιάς, σε σύντομο χρονικό διάστημα θα δημιουργηθούν οι συνθήκες (υπερπίεση στη δεξαμενή) για ολική ρήξη της δεξαμενής/ δοχείου. Ο χρόνος για την εκδήλωση του ατυχήματος εξαρτάται από τον ρυθμό θέρμανσης της δεξαμενής (αύξηση θερμοκρασίας → αύξηση πίεσης πάνω από την πίεση σχεδιασμού και εξασθένηση του ξηρού κελύφους του δοχείου). Στο μεσοδιάστημα, λόγω ανεπαρκούς ψύξης, αυξάνεται ραγδαία η πίεση στην δεξαμενή/ δοχείο λόγω εξαέρωσης και η θερμοκρασία στο κέλυφος της δεξαμενής. Όταν η θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή η αντοχή του μετάλλου μειώνεται και ακολουθεί το δεύτερο στάδιο, δηλαδή, η πλήρης ρήξη της δεξαμενής/δοχείου και η ακαριαία διαφυγή και εκτόνωση του περιεχομένου της.

Ακολουθεί ανάφλεξη και έκρηξη της εκτονωθείσας μάζας σε μεγάλο ύψος ανάλογα με το μέγεθος και του δοχείου. Οι επιπτώσεις του ατυχήματος είναι: ωστικό κύμα λόγω της έκρηξης, αλλά κυρίως θερμική ακτινοβολία λόγω της πύρινης σφαίρας και εκτίναξη τμημάτων της δεξαμενής στην γύρω περιοχή. Η διάμετρος της πύρινης σφαίρας που σχηματίζεται είναι συνάρτηση της διαρρεύσασας μάζας του που συμμετέχει στο ατύχημα. Η διάρκεια της σχηματιζόμενης πύρινης σφαίρας είναι της τάξεως των μερικών δευτερολέπτων και είναι επίσης συνάρτηση της μάζας του αερίου. Η πιθανότητα εμφάνισης BLEVE είναι σπάνια (~10^{-6} ανά έτη λειτουργίας), ωστόσο, έχει συμβεί στο παρελθόν σε σχετικές εγκαταστάσεις.

- **Γλώσσα φωτιάς/ πυρσός (flame jet/flare)- Jet Fire**

Διαρροή αερίου υπό πίεση, ή αερίου αναμεμειγμένου με σταγονίδια υγρού, σε ελεύθερο χώρο μέσω ενός ακροφυσίου, σε περίπτωση ανάφλεξης θα προκαλέσει γλώσσα φωτιάς (flame jet/flare). Η γλώσσα φωτιάς θεωρείται ότι καίει από το σημείο διαρροής μέχρι το σημείο του χώρου που η συγκέντρωση του εύφλεκτου αερίου φτάνει στο κατώτερο όριο ανάφλεξης. Η κατεύθυνση της φλόγας μπορεί να σχηματίζει οποιαδήποτε γωνία με το οριζόντιο επίπεδο, σοβαρότερες επιπτώσεις προκαλούνται όταν η φλόγα είναι οριζόντια.

Η επίπτωση που ενδιαφέρει είναι η θερμική ακτινοβολία και κατά συνέπεια η λαμβανόμενη δόση ακτινοβολίας. Η γλώσσα φωτιάς μπορεί να αποτελέσει αιτία εμφάνισης BLEVE. Συνήθως το σενάριο αυτό εμφανίζεται μετά από μερική ρήξη στην αέρια φάση (διαρροή αερίου) ή μερική ρήξη στην υγρή φάση (διαρροή διφασικού μείγματος).

- **Στιγμιαία ανάφλεξη (flash fire)**

Διαρροή αερίων μπορεί να μην αναφλεγεί αμέσως και πλησίον του σημείου διαρροής και να οδηγήσει στην στιγμιαία ανάφλεξη του νέφους που σχηματίζεται, όταν αυτό συναντήσει μια πηγή ανάφλεξης, και επιστροφή της φλόγας στο σημείο της διαρροής. Η φλόγα θα καλύψει την περιοχή στην οποία η

συγκέντρωση είναι μεγαλύτερη από το κατώτατο όριο αναφλεξιμότητας (LEL). Οι συνέπειες προκαλούνται από την θερμική ακτινοβολία που παράγεται.

Η βαρύτητα των επιπτώσεων εξαρτάται από την ποσότητα της ουσίας που έχει διαρρεύσει και την έκταση της περιοχής που καλύπτει. Δεν αναμένονται επιπτώσεις έξω από τα όρια του νέφους. Συνηθισμένες πηγές ανάφλεξης είναι άλλα σημεία των εγκαταστάσεων (θερμές επιφάνειες φούρνων κλπ) ή ανθρώπινος παράγοντας κλπ.

Η θνησιμότητα όσων βρεθούν μέσα στα όρια του νέφους αναμένεται να φτάσει το 95% ενώ φωτιές θα προκληθούν στα κτίρια που βρίσκονται στον ίδιο χώρο. Λόγω της μικρής διάρκειας του φαινομένου (γενικά >1 min), σε μια περιοχή κοντινή του νέφους αν και η θερμική ροή θα είναι σχετικά υψηλή η πιθανότητα εγκαύματος θα είναι ασήμαντες σε σχέση με φωτιές μεγάλης διάρκειας.

- **Έκρηξη αερίου νέφους (Vapor Cloud Explosion)-UVCE**

Στην περίπτωση διαρροής το αέριο αναμιγνύεται με τον αέρα και είναι δυνατό να σχηματίσει εκρηκτικό νέφος. Στην συνέχεια, το νέφος εξαπλώνεται στην γύρω περιοχή (η εξάπλωση εξαρτάται από την διεύθυνση, την ταχύτητα του ανέμου και την διαμόρφωση της γύρω περιοχής). Το νέφος, αρχικά, παραμένει χαμηλά αν πρόκειται για βαρύτερους από προπάνιο υδρογονάνθρακες και συμπεριφέρεται ως βαρύ αέριο ή ανυψώνεται αν πρόκειται για μεθάνιο ή υδρογόνο. Όταν το μείγμα συναντήσει πηγή ενέργειας αναφλέγεται και εκρήγνυται.

Σημειώνεται ότι οι αρχικές συνθήκες για την δημιουργία στιγμιαίας φωτιάς ή έκρηξης είναι ίδιες, Στην βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η πιθανότητα έκρηξης είναι 2/3 και η πιθανότητα στιγμιαίας φωτιάς είναι 1/3. Οι προϋποθέσεις για την εκδήλωση του φαινόμενου είναι η διαρροή μιας ελάχιστης κρίσιμης μάζας και η επαρκής ανάμιξη με τον αέρα ώστε να σχηματιστεί μείγμα με συγκέντρωση μέσα στα όρια ανάφλεξης. Σημειώνεται ότι, σύμφωνα με τα ιστορικά δεδομένα, αν το εκρηκτικό νέφος σχηματιστεί τότε είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα συναντήσει μια πηγή ανάφλεξης στην γύρω περιοχή. Ο χρόνος μεταξύ της έναρξης της διαρροής και της έκρηξης κυμαίνεται από μερικά δευτερόλεπτα μέχρι και αρκετά λεπτά, σε ιστορικά ατυχημάτων έχουν αναφερθεί χρόνοι μεγαλύτεροι από μια ώρα. Είναι προφανές ότι όσο αυξάνεται ο χρόνος μεταξύ της διαρροής και της έκρηξης τόσο αυξάνεται η βαρύτητα των συνεπειών διότι αυξάνει η έκταση που καλύπτει το νέφος (σε ιστορικές αναλύσεις ατυχημάτων αναφέρονται ατυχήματα στα οποία το νέφος "ταξίδεψε" σε αποστάσεις εκατοντάδων μέτρων πριν γίνει η έκρηξη).

Η πιθανότητα να γίνει έκρηξη και η βαρύτητα των επιπτώσεων εξαρτώνται από το είδος του χώρου στον οποίο εξαπλώνεται το νέφος. Συγκεκριμένα, αυξάνονται σημαντικά όταν αυξάνεται ο «περιορισμός» του νέφους λόγω εγκλωβισμού του σε κλειστούς χώρους στη γύρω περιοχή (π.χ. κτίρια) διότι το ωστικό κύμα δεν εκτονώνεται. Αυτό είναι πιθανότερο με τα βαρύτερα αέρια. Για τα ελαφρύτερα του αέρα αέρια (π.χ. υδρογόνο, μεθάνιο) η έκρηξη πρέπει να θεωρηθεί μη περιορισμένη (unconfined; UVCE).

- **Διασπορά χωρίς ανάφλεξη**

Όταν η ποσότητα που διαρρέει δεν είναι αρκετή για να σχηματιστεί εκρηκτικό νέφος ή όταν δεν γίνεται καλή ανάμιξη με τον ατμοσφαιρικό αέρα, τότε το αέριο διασπείρεται στο γύρω χώρο χωρίς να αναφλεγεί. Σημειώνεται ότι οι μετεωρολογικές συνθήκες είναι δυνατό να δημιουργήσουν τοπικές

διαφοροποιήσεις στη συγκέντρωση (πχ. έντονη αστάθεια της ατμόσφαιρας) και να δημιουργηθούν έτσι συνθήκες έκρηξης. Η διασπορά εξαρτάται από τις μετεωρολογικές συνθήκες (διεύθυνση, ταχύτητα του ανέμου, ευστάθεια της ατμόσφαιρας, θερμοκρασία) και τη διαμόρφωση της περιοχής. Η επίπτωση που ενδιαφέρει είναι η συγκέντρωση στο χώρο και η λαμβανόμενη δόση.

- **Πύρινη σφαίρα (fireball)**

Αναφέρεται ουσιαστικά στο δεύτερο στάδιο του BLEVE, δηλαδή την ανάφλεξη νέφους υγραερίου (σχηματισμός πύρινης σφαίρας) και την μετακίνηση της πύρινης σφαίρας στο χώρο λόγω ανωστικών δυνάμεων. Η επίπτωση που ενδιαφέρει είναι η παραγόμενη θερμική ακτινοβολία.

- **Φωτιά λίμνης (Pool fire)**

Η διαρροή εύφλεκτου υγρού οδηγεί στο σχηματισμό λίμνης η οποία αν αναφλεγεί οδηγεί στο φαινόμενο το οποίο ονομάζεται φωτιά λίμνης. Αν γύρω από την δεξαμενή/δοχείο υπάρχει ανάχωμα δημιουργείται περιορισμένη λίμνη. Στην περίπτωση αυτή η διάρκεια και η ένταση του φαινομένου εξαρτάται από την ποσότητα που διαρρέει και από την διάμετρο της λίμνης. Ενδιαφέρει ο υπολογισμός της θερμικής ακτινοβολίας που παράγεται από την καύση. Είναι γνωστό ότι τα αέρια νέφη υγραερίου, βενζίνης και βαρύτερων κλασμάτων κατά τη διασπορά τους, αν δεν αναφλεγούν, συμπεριφέρονται ως νέφη «βαρέος αερίου». Όταν η συγκέντρωση στο νέφος είναι μεγαλύτερη από το LFL τότε υπάρχει πιθανότητα ανάφλεξης με συνέπεια τη φωτιά ή την έκρηξη. Το μέγεθος των συνεπειών εξαρτάται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, δηλαδή την ατμοσφαιρική σταθερότητα και την ταχύτητα.

Οι επιπτώσεις όλων των παραπάνω καταστάσεων διακρίνονται σε δύο είδη :

- Θερμική ακτινοβολία, η οποία υπολογίζεται ως θερμική ροή σε σχέση με την απόσταση από τη πηγή ακτινοβολίας
- Ωστικό κύμα, το οποίο υπολογίζεται ως υπερπίεση που παράγεται σε σχέση με την απόσταση από την έκρηξη

Για την εκτίμηση των επιπτώσεων ακολουθούνται τα προτεινόμενα όρια και κριτήρια ζωνών επιπτώσεων από το ΥΠΕΧΩΔΕ κατά την σύνταξη του Σχεδίου Αντιμετώπισης Τεχνολογικών Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης (ΣΑΤΑΜΕ) του Θριασίου Πεδίου στην Δυτική Αττική. Τα κριτήρια αναφέρονται και σε κριτήρια πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων –Φαινόμενα DOMINO (Παπαδάκης, 2001) (βλ. Παράρτημα 2).

1.6 Αναγκαιότητα της έρευνας και στόχος εκπόνησης ερευνητικής εργασίας

Στην Ελλάδα υπάρχουν περισσότερες από 100 επίσημα δηλωμένες εγκαταστάσεις Seveso οι οποίες έχουν υποβάλει Μελέτες Ασφάλειας, και περίπου 400 εγκαταστάσεις οι οποίες έχουν υποβάλει Κοινοποιήσεις. Οι μελέτες έχουν συνταχθεί σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες των αρμόδιων φορέων ΥΠΑΝ και ΥΠΕΧΩΔΕ και μεταξύ άλλων αναλύουν πιθανά ατυχηματικά γεγονότα (σενάρια ατυχημάτων) τα οποία αναφέρονται σε αστοχία εξοπλισμού, που λόγω απώλειας περιεχομένου μπορούν να προκαλέσουν Βιομηχανικό Ατύχημα Μεγάλης Έκτασης.

Στις μελέτες αυτές διερευνώνται κατά κύριο λόγω οι συνέπειες στον άνθρωπο, ενώ η τεκμηριωμένη εκτίμηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον είναι ιδιαίτερα περιορισμένη έως και ανύπαρκτη. Η πρακτική αυτή ενισχύεται από το γεγονός ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμες από τους αρμόδιους φορείς κατευθυντήριες οδηγίες αναφορικά σε περιβαλλοντικούς κινδύνους που θα αποτελούσαν δέσμευση εφαρμογής εκτίμησης περιβαλλοντικών βλαβών. Επισημαίνεται ότι στις χώρες της ΕΕ δεν έχει προταθεί ενιαίο πλαίσιο αντιμετώπισης του θέματος.

Συγκεκριμένα, η πλειοψηφία των μελετητών υιοθετεί και πλαισιώνει την ανάλυση σύμφωνα με τα προτεινόμενα από το ΥΠΕΧΩΔΕ κριτήρια τα οποία ορίστηκαν κατά την σύνταξη του Σχεδίου Αντιμετώπισης Τεχνολογικών Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης (ΣΑΤΑΜΕ) του Θριασίου Πεδίου στην Δυτική Αττική (βλ. Παράρτημα 2):και αναφέρονται σε:

- ✓ Επιπτώσεις από θερμική ακτινοβολία
- ✓ Επιπτώσεις από ωστικό κύμα (Υπερπίεση)
- ✓ Επιπτώσεις από πολλαπλασιαστικά φαινόμενα
- ✓ Διασπορά τοξικού νέφους

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω επιπτώσεις εξετάζονται και αναλύονται πιθανά ατυχηματικά σενάρια για τις εγκαταστάσεις και προκύπτουν ζώνες επιπτώσεων σύμφωνα με τα προτεινόμενα κριτήρια. Σύμφωνα με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων διαμορφώνονται τα Εσωτερικά Σχέδια Έκτακτης Ανάγκης – ΣΕΑ και το Εξωτερικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης - ΣΑΤΑΜΕ όπου βάσει της Οδηγίας SEVESO (Άρθρο 9) βασικό σκοπό έχουν να θέσουν υπό έλεγχο περιστατικά ώστε να ελαχιστοποιούνται οι επιπτώσεις τους και να περιορίζονται οι ζημιές που προκαλούνται στον άνθρωπο, στο περιβάλλον και στα αγαθά. Δεδομένης όμως της προσανατολισμένης στον άνθρωπο ανάλυσης κινδύνου, στα ΣΕΑ τα μέτρα προστασίας και οι οδηγίες για τον περιορισμό των επιπτώσεων στο περιβάλλον και στα οικοσυστήματα και την αποκατάσταση τους κατόπιν ΒΑΜΕ είναι ιδιαίτερα περιορισμένα.

Ωστόσο μια ολοκληρωμένη εκτίμηση της επικινδυνότητας των εγκαταστάσεων εναρμονισμένη με την πολιτική της βιώσιμης και αειφόρου ανάπτυξης προβλέπει την παράλληλη διερεύνηση κινδύνων αναφορικά στον άνθρωπο και στο περιβάλλον ικανοποιώντας τους στόχους για διαφύλαξη τόσο της ανθρώπινης ακεραιότητας όσο και της ακεραιότητας των οικοσυστημάτων.

Η παρούσα διατριβή εμπνεύστηκε από: Α) Τους περιορισμούς για μια ολοκληρωμένη εκτίμηση κινδύνων με γνώμονα τόσο τον άνθρωπο όσο και το περιβάλλον που απορρέουν από τις μελέτες βιομηχανικής ασφάλειας και την ανθρωποκεντρική ανάλυση ατυχημάτων, Β) Την απουσία κατευθυντήριων οδηγιών αναφορικά στην ανάλυση περιβαλλοντικών κινδύνων από τους αρμόδιους φορείς καθώς και Γ) Την απουσία οποιασδήποτε επίσημης δημοσιευμένης προσέγγισης ή μεθοδολογίας στην Ελλάδα αναφορικά στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από εκδήλωση ΒΑΜΕ.

Επομένως η ανάγκη για τον προσδιορισμό και τη διαμόρφωση αρχικά του εννοιολογικού πλαισίου πάνω στο οποίο θα βασιστεί η ανάλυση περιβαλλοντικών κινδύνων και στη συνέχεια η ανάπτυξη μιας συστημικής προσέγγισης που θα λειτουργήσει ως κατευθυντήριος άξονας για την εκτίμηση επιπτώσεων στο περιβάλλον από εκδήλωση ατυχήματων είναι εμφανής. Η ανάλυση περιβαλλοντικών κινδύνων και η εκτίμηση επιπτώσεων στο περιβάλλον από μεγάλα ατυχήματα αποτελεί για τις

ελληνικές εγκαταστάσεις SEVESO μια νομοθετική υποχρέωση η οποία βρίσκεται σε εκκρεμότητα. Παράλληλα έχει εκφραστεί η σπουδαιότητα για υποστήριξη με ερευνητικά αποτελέσματα στη δράση διαμόρφωσης κατευθυντήριων οδηγιών αναφορικά σε επιπτώσεις στο περιβάλλον από μεγάλα ατυχήματα από τους αρμόδιους φορείς- ΥΠΕΧΩΔΕ.

Πρόκληση αποτέλεσε η παραμετροποίηση του προβλήματος ανάλυσης περιβαλλοντικών βλαβών από ατυχηματικά γεγονότα εναρμονισμένη παράλληλα με το υφιστάμενο πλαίσιο ανάλυσης κινδύνων σύμφωνα με τις απαιτήσεις SEVESO II αλλά και με άλλες ισχύουσες οδηγίες οι οποίες αναφέρονται σε επικίνδυνες ουσίες και σε εκτίμηση βλαβών στα οικοσυστήματα σύμφωνα με το εγχώριο, ευρωπαϊκό και διεθνές δίκαιο. Επιπλέον προϋπόθεση αποτέλεσε η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση των ήδη διαθέσιμων στοιχείων και εργαλείων ανάλυσης κινδύνου κατάλληλα προσαρμοσμένων στα νέα δεδομένα για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στα οικοσυστήματα.

Στόχος της παρούσας ερευνητικής διατριβής είναι η διεύρυνση του εννοιολογικού πλαισίου ανάλυσης κινδύνων και του πεδίου εκτίμησης επιπτώσεων πέραν του ανθρώπου και σε λοιπούς τρωτούς αποδέκτες στο περιβάλλον (χλωρίδα, πανίδα, υδάτινους αποδέκτες κτλ) σε εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες και/ή σε εγκαταστάσεις που ενδέχεται να προκύψουν μεγάλα ατυχήματα. Απώτερος στόχος αποτελεί η παροχή μηχανισμών που θα χρησιμοποιηθούν στον συστηματικό προσδιορισμό αλληλουχιών γεγονότων (πηγή-όδευση-αποδέκτης (DETR,1999a)) που τελικά δίδουν επιπτώσεις στο περιβάλλον και κατά συνέπεια στο σχεδιασμό και στη λήψη κατάλληλων μέτρων πρόληψης και καταστολής βλαβών.

Στα επόμενα κεφάλαια που ακολουθούν μοντελοποιείται η εκτίμηση των περιβαλλοντικών κινδύνων σύμφωνα με το σύστημα Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης (DETR, 1999a) όπου για κάθε ένα παράγοντα του συστήματος πραγματοποιείται παραμετροποίηση ενσωματώνοντας στοιχεία και δεδομένα από τη βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε για τους σκοπούς της ερευνητικής εργασίας (βλ. Κεφ. 2). Ο εντοπισμός και η επιλογή επιμέρους στοιχείων-δεδομένων που στη συνέχεια εισήχθησαν ως πιθανοί παράμετροι προς διερεύνηση σε κάθε έναν παράγοντα του συστήματος (πηγή-όδευση-αποδέκτης) βασίστηκε σε θεμελιώδεις προσεγγίσεις εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Environmental Risk Assessment-ERA), στη εγχώρια[2] και ευρωπαϊκή νομοθεσία, σε ευρωπαϊκούς και διεθνής κανονισμούς, σε αποτελέσματα ερευνητικών έργων, σε αρχές και εργαλεία διεθνών αναγνωρισμένων οργανισμών βιομηχανικής επικινδυνότητας (TNO, EPA, JRC, OECD κ.α). Η συστημική προσέγγιση αναπτύσσεται λαμβάνοντας υπόψη βασικές αρχές της ERA (Fairman et al., 1999): α. Προσδιορισμός του Προβλήματος (τι πρέπει να εκτιμηθεί) β. Αναγνώριση Κινδύνων (τι μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο) γ. Εκτίμηση Εκδήλωσης Ατυχηματικού κινδύνου (πόσο πιθανό είναι να συμβεί) δ. Εκτίμηση Έκθεσης αποδεκτών στην πηγή κινδύνου (πόσο πιθανό είναι να εκτεθούν οι αποδέκτες στον κίνδυνο), ε. Εκτίμηση Επιπτώσεων (ποιες είναι οι βλάβες στους αποδέκτες), στ. Χαρακτηρισμός του κινδύνου (ποιοτική ή ποσοτική εκτίμηση) και ζ. Εκτίμηση επικινδυνότητας (πόσο σοβαρές είναι οι βλάβες), και διαμορφώνει το σκελετό που μπορεί να αποτελέσει τη βάση για περαιτέρω ανάλυση και έρευνα.

[2] Νόμος 1650/86 (ΦΕΚ 160/τ.Α/16.10.1986 κ.α. Βλ. Βιβλιογραφία

Η καινοτομία της παρούσας ερευνητικής διατριβής είναι η χρήση τεχνικών ανάλυσης κινδύνων (δένδρα γεγονότων, δένδρα ανάλυσης αστοχιών) και λογικών αλληλουχιών γεγονότων (μέτρα ελέγχου, οδεύσεις, οριακές δόσεις κτλ) που ενσωματώνουν όλα τα δεδομένα της βιβλιογραφικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε για το σκοπό της παρούσας με στόχο τον συνδυασμό Πηγών Κινδύνου-Ατυχηματικά Σενάρια με επιπτώσεις σε αποδέκτες στο Περιβάλλον της εγκατάστασης. Ως αποτέλεσμα προκύπτει μηχανισμός για την αποτύπωση και τον σαφή προσδιορισμό διαδρομών μέσα από διαδοχικά γεγονότα στα οποία αν αποδοθούν πιθανότητες μπορεί να εκτιμηθεί η πιθανότητα να προκύψουν επιπτώσεις σε τρωτούς αποδέκτες. Στη συνέχεια μπορεί να εκτιμηθεί η σοβαρότητα των επιπτώσεων σε περιβαλλοντικούς αποδέκτες για ατυχηματικά γεγονότα (BLEVE, POOL FIRE, FLASH FIRE, FLAME JET, UVCE, Διασπορά χωρίς Ανάφλεξη). Ο παραπάνω μηχανισμός εκφράζεται σε 21 Βήματα Μεθοδολογικού Οδηγού Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων BAME και από το Δείκτη Περιβαλλοντικών Κινδύνων BAME οι οποίοι αποτελούν ερευνητικά αποτελέσματα της διατριβής.

Η παραπάνω μοντελοποίηση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τους μελετητές κατά το σχεδιασμό αλληλουχιών ενεργειών και εφαρμογών (μέτρων) που πρέπει να τηρούνται και να εκτελούνται για την ασφαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων. Επιπλέον από την εφαρμογή της προκύπτουν κρίσιμα συστήματα, εξοπλισμός και εγκαταστάσεις, από περιβαλλοντικής σκοπιάς που μπορούν να προστεθούν στις λίστες ελέγχου που χρησιμοποιούνται στις τακτικές επιθεωρήσεις-ελέγχους των εγκαταστάσεων. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να εισαχθούν και να ελέγχονται συστηματικά μέσα από το Σύστημα Διαχείρισης Ασφάλειας των Εγκαταστάσεων, ενδυναμώνοντας περαιτέρω την Πολιτική Πρόληψης Ατυχημάτων αναφορικά σε περιβαλλοντικά ζητήματα. Σαφώς τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα μιας τέτοιας εφαρμογής πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό δράσεων έκτακτης ανάγκης τόσο για τον περιορισμό των επιπτώσεων όσο και για τις δράσεις εξυγίανσης.

Η παρούσα έρευνα αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας ως γνώμονα την ΚΥΑ 12044/613/2007 (Οδηγία SEVESO), ωστόσο συμπεράσματα και δεδομένα της παρούσας η οποία αναπτύχθηκε σύμφωνα με ευρωπαϊκές τεχνικές, αρχές και πρότυπα μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τη μοντελοποίηση γενικά ατυχημάτων με επιπτώσεις στο περιβάλλον.

1.7 Δομή της εργασίας

Η ανάλυση που πραγματοποιείται στην παρούσα εργασία οργανώνεται σε εννέα κεφάλαια ως εξής:

Στο δεύτερο κεφάλαιο που ακολουθεί αποτυπώνεται ο σκοπός και το αντικείμενο της ερευνητικής διατριβής, πραγματοποιείται αναφορά στις βασικές βιβλιογραφικές πηγές στις οποίες βασίστηκε η παρούσα και διατυπώνονται οι αρχές της προσέγγισης. Επιπλέον αποτυπώνεται σαφώς το σύστημα πάνω στο οποίο μοντελοποιείται στη συνέχεια η ανάλυση Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης και γίνεται εισαγωγή σε βασικούς όρους και έννοιες οι οποίες χρησιμοποιούνται στην ανάλυση των επόμενων κεφαλαίων.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται αναλυτική αναφορά σε νομοθεσία και βιβλιογραφικές πηγές για τις επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες. Συγκεκριμένα, αρχικά παρουσιάζονται οι επικίνδυνες για το

(υδάτινο) περιβάλλον ουσίες βάσει ΚΥΑ 12044/613 (SEVESO), ουσίες οι οποίες έχουν συμμετάσχει σε ατυχήματα με σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις καθώς και στοιχεία αναφορικά στα ατυχήματα αυτά (τύπος εγκατάστασης, χρονολογία, ποσότητα που ήταν αποθηκευμένη, ποσότητα που τελικά διέρρευσε), επικίνδυνες ουσίες που έχουν συμμετάσχει σε ΒΑΜΕ και προβλέπονται βάσει ΚΥΑ SEVESO, τοξικά προϊόντα καύσης και λίστες τοξικών προϊόντων καύσης από εύφλεκτες, τοξικές, τοξικές και εύφλεκτες ουσίες βάσει λίστας ΤΝΟ[3], πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες ΠΑΥ (PAHs), Έμμονοι Οργανικοί Ρύποι (POPs) καθώς και άλλες επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες οι οποίες όμως δεν προβλέπονται βάσει της οδηγίας SEVESO. Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι ιδιότητες των επικίνδυνων ουσιών βάσει των οποίων οι ουσίες και τα μείγματα (cocktails) χημικών ουσιών χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνα για το περιβάλλον σύμφωνα με το Διεθνές Εναρμονισμένο Σύστημα (Globally Harmonized System (**GHS**), **Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)**). Το Κεφάλαιο 3 ολοκληρώνεται με παρουσίαση των κριτηρίων που χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών και των μειγμάτων ενώ εκτενής και λεπτομερής αναφορά στις ιδιότητες τους και στις μεθόδους που εφαρμόζονται παρουσιάζεται στο Παράρτημα 3.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βήματα που αναπτύχθηκαν από την παρούσα μελέτη για την καταγραφή των επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών για κάθε ένα ατυχηματικό σενάριο με στόχο τον προσδιορισμό των Πηγών κινδύνου βάσει του συστήματος ανάλυσης **Πηγή**-Όδευση-Αποδέκτης. Παρατίθενται αναλυτικά τα κριτήρια επιλογής των πιο κρίσιμων σεναρίων αναφορικά στις ιδιότητες των επικίνδυνων ουσιών που εμπλέκονται σε αυτά, στις ποσότητες και συγκεντρώσεις των ουσιών που διαρρέουν και στους κρίσιμους δείκτες (οριακές τιμές συγκεντρώσεις) των υπό εξέταση αποδεκτών από την έκθεση τους στις επικίνδυνες ουσίες. Ακόμη προτείνεται λίστα προτεραιότητας με επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες η οποία μπορεί να λειτουργήσει ως αφετηρία για τη διερεύνηση και καταγραφή επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών στις εγκαταστάσεις.

Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται περιγραφή των δικτύων και των συστημάτων εντός και εκτός της εγκατάστασης που μπορούν να λειτουργήσουν ως δίοδοι για τη διαφυγή επικίνδυνων ουσιών προς το περιβάλλον της εγκατάστασης καθώς και των περιβαλλοντικών τμημάτων ύδατα, έδαφος, ατμόσφαιρα που μπορούν να δράσουν ως **οδεύσεις** προς τους τελικούς αποδέκτες. Παρατίθενται ενδεικτικά στοιχεία για τα πιο σημαντικά μέτρα ελέγχου, περιορισμού και εξουδετέρωσης των διαρροών όπως λεκάνες ασφάλειας, σύστημα αποστράγγισης, σύστημα διαχείρισης αποβλήτων καθώς και ποιες οδεύσεις προκύπτουν ως κρίσιμες σύμφωνα με δεδομένα παρελθόντων ατυχημάτων. Αναφορικά στις περιβαλλοντικές οδεύσεις αναφέρονται οι πιο σημαντικές μεταβλητές που τις χαρακτηρίζουν καθώς επίσης και στοιχεία για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών οδεύσεων με χρήση εργαλείων (ερευνητικές παραδοχές, εξισώσεις, μοντέλα, λογισμικά) που σχετίζονται με τη μοντελοποίηση της διασποράς της επικίνδυνης ουσίας στο περιβάλλον.

Το έκτο κεφάλαιο αναφέρεται στον τελευταίο παράγοντα του συστήματος Πηγή-Όδευση-**Αποδέκτης** και στην εκτίμηση των επιπτώσεων σε αποδέκτες από έκθεση σε επικίνδυνες ουσίες. Περιγράφονται τρόποι καταγραφής και αποτύπωσης στοιχείων στον περιβάλλοντα χώρο της εγκατάστασης και πρόταση ανάπτυξης λίστας τρωτών αποδεκτών με τους σημαντικότερους (σπουδαιότητα, πληθυσμιακή

[3] The Netherlands Organization of Applied Scientific Research

κάλυψη αποδεκτών κλπ). Παρατίθενται χρήσιμες πηγές άντλησης δεδομένων αναφορικά στις κρίσιμες συγκεντρώσεις (οριακές δόσεις) επικίνδυνων ουσιών και κριτήρια κοινοποίησης ατυχήματος βάσει της οδηγίας SEVESO καθώς και κριτήρια που προτείνονται βάσει της παρούσας προσέγγισης. Επίσης περιγράφονται αναλυτικά για αποδέκτες στα ύδατα βήματα για την εκτίμηση της σοβαρότητας των επιπτώσεων και πρότυπα ποιότητα.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται δένδρα γεγονότων περιβαλλοντικών βλαβών που αναπτύχθηκαν για να αποτυπώσουν πιθανές εξελίξεις από το γεγονός απώλειας περιεχομένου μιας επικίνδυνης ουσίας μέχρι την εκροή της σε αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης. Από την ανάπτυξη των δένδρων προκύπτει συσχέτιση γεγονότων απώλειας περιεχομένου και ατυχηματικών σεναρίων με τις ενδεχόμενες διαρροές στον τόπο απώλειας περιεχομένου ή τη διασπορά νέφους καυσαερίων και άκαυστου υλικού. Για τις τελικές καταστάσεις επιβάρυνσης η ανάλυση επεκτείνεται ενσωματώνοντας παράγοντες αναφορικά στα μέτρα ασφάλειας της εγκατάστασης τα οποία χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων «δένδρων γεγονότων». Στη συνέχεια παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικά παραδείγματα διασποράς επικίνδυνων ουσιών στα ύδατα και στην ατμόσφαιρα για την εκτίμηση κρίσιμων ζωνών περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Προτού ολοκληρωθεί το κεφάλαιο γίνεται ανασκόπηση του συστήματος Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης και παρατίθεται ενδεικτικός Πίνακας αποτύπωσης και καταγραφής αλληλουχιών γεγονότων αναφορικά σε κρίσιμο εξοπλισμό/διαδικασία εγκατάστασης, ο οποίος ενσωματώνει τα στοιχεία ανάλυσης των προηγούμενων κεφαλαίων. Το Κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την ανάπτυξη Δείκτη Περιβαλλοντικών Κινδύνων.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κύρια αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν στην παρούσα ερευνητική διατριβή. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα 21 Βήματα για την εκτίμηση περιβαλλοντικής επικινδυνότητας που αποτελούν το Μεθοδολογικό Οδηγό Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων ΒΑΜΕ και Δείκτης Περιβαλλοντικών Κινδύνων ΒΑΜΕ.

Στο ένατο κεφάλαιο αναφέρονται τα γενικά συμπεράσματα της έρευνας και προτείνονται μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις, οι οποίες θα συμβάλλουν στην ολοκληρωμένη ανάπτυξη πρότυπου συστήματος εκτίμησης περιβαλλοντική επικινδυνότητας ΒΑΜΕ της εγκατάστασης που διακινεί επικίνδυνες ουσίες (εγκατάσταση SEVESO).

Η διατριβή περιλαμβάνει ένα σύνολο παραρτημάτων σαν συμπληρωματική πληροφορία για να γίνεται περισσότερο κατανοητό το κείμενο και οι αναφορές της διατριβής.

Στο Παράρτημα 1 παρατίθενται Ορισμοί και Συντμήσεις όρων που χρησιμοποιούνται στην παρούσα, Αναλυτικές Λίστες με τις διαδρομές των Δένδρων Γεγονότων από τη διαρροή εύφλεκτης ουσίας (υγρή φάση, αέρια, διφασικό μείγμα) που αναπτύσσονται στο Κεφάλαιο 7.
Στο Παράρτημα 2 περιγράφονται δένδρα γεγονότων για εκδήλωση περιστατικών ατυχημάτων σε δοχεία και σωληνογραμμές εύφλεκτων αερίων καθώς και τα προτεινόμενα όρια και κριτήρια ζωνών επιπτώσεων από το ΥΠΕΧΩΔΕ κατά την σύνταξη του Σχεδίου Αντιμετώπισης Τεχνολογικών Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης (ΣΑΤΑΜΕ) του Θριασίου Πεδίου στην Δυτική Αττική.
Στο Παράρτημα 3 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα βιβλιογραφικής έρευνας για την καταγραφή των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων των χημικών βάσει τον οποίων αποδίδονται στις ουσίες οι χαρακτηριστικές φράσεις κινδύνου R50, R50/51 και R51/53. Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε

προκειμένου να αποτυπωθεί το εννοιολογικό πλαίσιο στο οποίο βασίζεται η διακινδύνευση των περιβαλλοντικών αποδεκτών από την έκθεση τους σε επικίνδυνες ουσίες, καθώς και για να καταγραφούν εργαλεία για τη μελέτη μειγμάτων χημικών ουσιών αναφορικά στις περιβαλλοντικές βλάβες που μπορούν να προκαλέσουν.

Τέλος στο Παράρτημα 4 παρατίθενται σημαντικά νομοθετήματα αναφορικά στην ποιότητα των υδάτων, του εδάφους και της ατμόσφαιρας καθώς και σύντομη παρουσίαση ευρωπαϊκών δεικτών αναφορικά στην ποιότητα στα ύδατα, έδαφος και την ατμόσφαιρα.

Αρχές της παρούσας προσέγγισης έχουν παρουσιαστεί στην

- ***28η Σύσκεψη Συνεργασίας Διυλιστηρίων, Διοργανωτής ΔΕΣΦΑ, Αθήνα 11-12 Ιουνίου 2007***

Η εκπόνηση της παρούσας πιλοτικής μελέτης έχει ενεργοποιηθεί από την απαίτηση της ελληνικής βιομηχανίας για τη δημιουργία ενός πρότυπου κατευθυντήριου οδηγού αναφορικά σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις από Ατύχημα Μεγάλης Έκτασης. Η παρούσα διατριβή (εννοιολογικό πλαίσιο-μεθοδολογικά βήματα-αποτελέσματα) έχει προσκληθεί επίσημα να παρουσιαστεί και να χρησιμοποιηθεί σαν εγχειρίδιο εργασίας στο ΥΠΕΧΩΔΕ και στη διυπουργική επιτροπή θεμάτων SEVESO.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΡΧΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΚΑΙ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Σκοπός της Έρευνας

Η ΚΥΑ 12044/613/2007 (επικαιροποίηση της ΚΥΑ 5697/590/2000) «Καθορισμός μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση των κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών» βάση της οδηγίας 96/82/EC "Seveso II" Directive, προβλέπει ότι οι υπεύθυνοι των εγκαταστάσεων με επικίνδυνες ουσίες καλούνται να λάβουν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη και τον περιορισμό των επιπτώσεων στον άνθρωπο και στο περιβάλλον από την εκδήλωση ενός Μεγάλου Ατυχήματος.

Με τον όρο Μεγάλο Ατύχημα, αποδίδεται ένα συμβάν όπως μεγάλη διαρροή, πυρκαγιά ή έκρηξη που προκύπτει από ανεξέλεγκτες εξελίξεις κατά τη λειτουργία μιας εγκατάστασης SEVESO το οποίο προκαλεί μεγάλους κινδύνους, άμεσους ή απώτερους για την ανθρώπινη υγεία, εντός ή εκτός της εγκατάστασης, ή/και για το περιβάλλον και σχετίζεται με μια ή περισσότερες επικίνδυνες ουσίες.

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 12044/613/2007 και τον ορισμό για το Μεγάλο Ατύχημα οι κίνδυνοι ασφάλειας και οι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι πρέπει να διερευνώνται και να διαχειρίζονται, όπου είναι εφικτό, καθ' ένα ολοκληρωμένο και ενιαίο τρόπο θεωρώντας και τις δύο κατηγορίες κινδύνων εξαιρετικά σημαντικές. Επομένως η προσέγγιση η οποία υιοθετείται από μια εγκατάσταση για τη διερεύνηση και την εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την εκδήλωση ενός Βιομηχανικού Ατυχήματος Μεγάλης Έκτασης (ΒΑΜΕ) δόκιμο είναι να βρίσκεται σε συμφωνία με την προσέγγιση η οποία εφαρμόζεται για την εκτίμηση των επιπτώσεων στον άνθρωπο, ενώ θα πρέπει οι δύο διαδικασίες να εξελίσσονται και να ολοκληρώνονται παράλληλα μέσα από τη χρήση κοινών αρχών και εργαλείων εκτίμησης κινδύνου.

Όπως σημειώθηκε στο Κεφάλαιο 1 η πλειοψηφία των εγκαταστάσεων SEVESO στον Ελληνικό χώρο ακολουθεί μια πολιτική η οποία αποδίδει μεγαλύτερη βαρύτητα στον προσδιορισμό, τη διερεύνηση και την εκτίμηση των επιπτώσεων στον **άνθρωπο** από εκδήλωση ΒΑΜΕ, ενώ η **περιβαλλοντική διάσταση** αντιμετωπίζεται είτε εμμέσως από στοιχεία που προκύπτουν από την ανθρωποκεντρική ανάλυση είτε δεν εξετάζεται καθόλου. Σημαντικός παράγοντας που συντηρεί την πολιτική αυτή είναι η απουσία κατευθυντήριων οδηγιών από τους αρμόδιους φορείς για την εκπόνηση εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων από εκδήλωση ΒΑΜΕ, ενώ περιορισμένες είναι και οι πηγές από τη διεθνή βιβλιογραφία που παραθέτουν ολοκληρωμένες μεθοδολογίες εκτίμησης της περιβαλλοντικής επικινδυνότητας από την εκδήλωση Μεγάλου Ατυχήματος. Επισημαίνεται ότι στις χώρες της ΕΕ δεν έχει προταθεί ενιαίο πλαίσιο αντιμετώπισης του θέματος.

Σκοπός της παρούσας είναι η διαμόρφωση του εννοιολογικού πλαισίου, πάνω στο οποίο θα βασιστεί η ανάπτυξη μιας προσέγγισης για την εκτίμηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από εκδήλωση ΒΑΜΕ και η δημιουργία ενός οδηγού σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ΚΥΑ 12044/613/2007 και των Ευρωπαϊκών και διεθνών προτύπων, λαμβάνοντας όμως υπόψη τις δυνατότητες εφαρμογής του στις Ελληνικές εγκαταστάσεις SEVESO. Απώτερος στόχος είναι η αναγνώριση, η διερεύνηση και η

εκτίμηση των επιπτώσεων από εκδήλωση ΒΑΜΕ στο περιβάλλον έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η υιοθέτηση κατάλληλων μέτρων πρόληψης και καταστολής σε κάθε περίπτωση.

2.2 Αντικείμενο της έρευνας και προτεινόμενο εννοιολογικό πλαίσιο

Προκειμένου να διαμορφωθεί το εννοιολογικό πλαίσιο της παρούσας πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα αναφορικά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από εκδήλωση ΒΑΜΕ, η οποία περιελάμβανε κατευθυντήριες οδηγίες, προσεγγίσεις και μεθοδολογίες οι οποίες βρίσκουν εφαρμογή στον ευρωπαϊκό και διεθνή χώρο. Διαπιστώθηκε περιορισμένος αριθμός επίσημων κατευθυντήριων οδηγιών από τους αρμόδιους φορείς των Ευρωπαϊκών κρατών για τον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από ΒΑΜΕ, ενώ καταγράφονται επιμέρους μεθοδολογίες για τη διερεύνηση και την εκτίμηση επιπτώσεων συγκεκριμένων ρυπαντών, μέσω ορισμένων οδεύσεων και σε δεδομένους αποδέκτες.

Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν δύο ολοκληρωμένες προτάσεις για την αντιμετώπιση της Περιβαλλοντικής Επικινδυνότητας από Μεγάλο Ατύχημα, από τα αρμόδια Υπουργεία στο Ηνωμένο Βασίλειο και την Ισπανία, οι κύριες αρχές των οποίων υιοθετούνται και αποτελούν τη βάση ανάπτυξης της παρούσας:

- Guidance on the Environmental Risk Assessment Aspects of the COMAH Safety Reports, DETR, 1999, (DETR, 1999a).
  -Guidance on the Interpretation of Major Accident to the Environment for the Purposes of the COMAH Regulations, DETR, 1999, (DETR, 1999b).
- Guideline for the performance of Environmental Risk Assessment, Ministry of the Interior, Directorate General for Civil Protection and Emergencies, Spain, 2003, (DGCPE-Spain, 2003).

Στις επιμέρους μεθοδολογίες οι οποίες διερευνούν περιβαλλοντικές επιπτώσεις από εκδήλωση Μεγάλων Ατυχημάτων υπό συγκεκριμένες συνθήκες πραγματοποιείται αναφορά στα σχετικά εδάφια στα επόμενα Κεφάλαια.

Ο σχεδιασμός της παρούσας προσέγγισης διαμορφώθηκε λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω (DETR, 1999; DGCPE-Spain, 2003; Χαλκίδου, Παπαδάκης, Απρίλιος 2007):

- Να είναι εναρμονισμένη με το πνεύμα και τις απαιτήσεις της ΚΥΑ.
- Να αναπτύξει μια πρότυπη προσέγγιση η οποία να είναι εύκολα εφαρμόσιμη, να αποφεύγει τις σύνθετες διαδικασίες στο μέτρο του δυνατού, και να αποτελεί ένα εργαλείο για τη συνεπή αντιμετώπιση και τήρηση των υποχρεώσεων βάσει της Οδηγίας SEVESO (Κεφ. 1).
- Να επιχειρήσει να προτείνει έναν πρότυπο οδηγό για την αναγνώριση και την ανάλυση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από εκδήλωση ΒΑΜΕ ο οποίος θα αποτελεί ένα εύχρηστο εργαλείο για τους αναλυτές της βιομηχανικής επικινδυνότητας και τους υπεύθυνους των εγκαταστάσεων στο πλαίσιο της Μελέτης Ασφάλειας και ο οποίος θα αναφέρεται στα παρακάτω:

  Α) Στον προσδιορισμό των πιθανών πηγών κινδύνου που μπορούν να προκαλέσουν Ατύχημα ΒΑΜΕ

  Β) Στην αναγνώριση και στον προσδιορισμό των επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών που συμμετέχουν σε ΒΑΜΕ,

Γ) Στην καταγραφή μέτρων πρόληψης, ελέγχου και περιορισμού γεγονότων απώλειας περιεχομένου LOCs (Loss of Containment),

Δ) Στην ανάλυση των μηχανισμών διασποράς/μεταφοράς της ουσίας μέσω της ατμόσφαιρας, των υδάτων και του εδάφους,

Ε) Στον προσδιορισμό των αποδεκτών που μπορεί να υποστούν συνέπειες,

ΣΤ) Στην ανάλυση των πιθανών συνεπειών καθώς και στον προσδιορισμό της έκτασης τους (αραίωση της ουσίας κατά τη διασπορά/ μεταφορά σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από NOECs, LC50s),

Ζ) Στην εκτίμηση του χρόνου παραμονής των αποδεκτών σε ζώνες υψηλής συγκέντρωσης ή λήψης οριακής δόσης για την εκδήλωση των χαρακτηριστικών επιπτώσεων και

Η) Στον ορισμό των μέτρων ελέγχου και αντιμετώπισης.

- Να προβλέπει τη συλλογή όλης της απαραίτητης πληροφορίας ώστε να αποτελέσει ένα εύχρηστο εργαλείο για τις αρμόδιες αρχές στη διαμόρφωση σχεδίων δράσης και στην ανάπτυξη κατάλληλου προγραμματισμού για την ανάπτυξη μέτρων αντιμετώπισης και καταστολής για τον περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από BAME.

Θεωρείται ότι η ανάλυση περιβαλλοντικού κινδύνου και η εκτίμηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από εκδήλωση BAME πρέπει να βασιστεί στα ήδη υπάρχοντα διαθέσιμα στοιχεία των εγκαταστάσεων (σχετικές μελέτες, εφαρμοζόμενα πρότυπα, μεθοδολογίες, συστήματα κ.τ.λ.) διαμορφώνοντας έναν οδηγό ο οποίος θα υποδεικνύει και θα κατευθύνει εύστοχα τόσο τους υπεύθυνους της εγκατάστασης όσο και τους αρμόδιους φορείς ώστε να αξιοποιηθεί κατάλληλα όλη η διαθέσιμη πληροφορία. Στο παρόν στάδιο επιδιώκεται η συλλογή, η επεξεργασία, η ερμηνεία και η διαχείριση όλης της σχετικής πληροφορίας, αλλά όχι και η επίλυση και η κάλυψη πιθανών ελλειμμάτων.

Οι πηγές από τις οποίες μπορούν να αντληθούν και να χρησιμοποιηθούν στοιχεία για την εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων στο περιβάλλον από εκδήλωση BAME είναι:

- ✓ Μελέτες Ασφάλειας,
- ✓ Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων,
- ✓ Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC),
- ✓ Μελέτες Πυρασφάλειας, Μελέτες Διαχείρισης Αποβλήτων
- ✓ Eco-management and audit scheme EMAS
- ✓ Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας
- ✓ Πρότυπα ΕΛΟΤ 14001, 18001 κ.α.

Υπό αυτό το πρίσμα, η παρούσα διαμορφώνεται ώστε να αποτελεί ένα χρήσιμο και πρακτικό εργαλείο που διευκολύνει και απλοποιεί τις διαδικασίες για τους αρμόδιους φορείς και τους υπεύθυνους των εγκαταστάσεων.

2.3 Αρχές της Προσέγγισης

Η διαμόρφωση της παρούσας προσέγγισης πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με κανόνες από τη σχετική ευρωπαϊκή νομοθεσία και αρχές από διεθνώς εφαρμοζόμενες μεθοδολογίες. Παράλληλα η ανάπτυξη και η διαμόρφωση των μεθοδολογικών βημάτων σε κάθε στάδιο έλαβε υπόψη τα διαθέσιμα στοιχεία

και τις δυνατότητες εφαρμογής στις ελληνικές εγκαταστάσεις SEVESO προκειμένου να είναι πλήρως εναρμονισμένη με το υφιστάμενο πλαίσιο εκπόνησης των μελετών ασφάλειας και να εξασφαλίζεται η ομαλή ενσωμάτωση της στις υφιστάμενες αναλύσεις κινδύνου. Προκειμένου να προσδιοριστεί το πλαίσιο πάνω στο οποίο θα πραγματοποιείτο η ανάπτυξη της πιλοτικής μελέτης ορίστηκαν δέκα (10) αρχές οι οποίες και έδρασαν ως γνώμονας κατεύθυνσης της έρευνας. Οι αρχές αυτές είναι οι εξής:

1.Η προσέγγιση αναπτύχθηκε με άξονα τις προδιαγραφές της ΚΥΑ 12044/613/2007(Οδηγία SEVESO), ωστόσο μπορεί με κατάλληλη προσαρμογή οι παράμετροι της να εφαρμοστούν και για ατυχήματα εκτός βιομηχανίας π.χ. φωτιές σε δάση, χώρους υγειονομικής ταφής κτλ

2.Η παρούσα προσέγγιση δεν πραγματεύεται τη διερεύνηση της επικινδυνότητας ή των βλαβών από λειτουργία των εγκαταστάσεων υπό κανονικές συνθήκες ή από σκόπιμα γεγονότα/ πράξεις που έχουν ως αποτέλεσμα την εκδήλωση ενός ατυχηματικού γεγονότος. Π.χ η οδηγία SEVESO δεν καλύπτει και δεν αναφέρεται στην επικινδυνότητα ή τις βλάβες από συνεχείς εκπομπές ως αποτέλεσμα κανονικής λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Πρέπει να τονιστεί ότι οι οδεύσεις και οι τελικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην παρούσα έρευνα εξετάζονται για μεγάλες διαρροές μικρής διάρκειας που τεκμηριώνονται από ένα BAME σε εγκαταστάσεις SEVESO. Οι χρόνιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από κανονική λειτουργία μιας μονάδας δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας.

3. Η αναλυτική περιγραφή μεθόδων σχετικά με τον προσδιορισμό των πηγών κινδύνου ή των αστοχιών που συνδέονται με τη λειτουργία της εγκατάστασης δεν αποτελεί στόχο της παρούσας έρευνας, ενώ στο Κεφ 1. πραγματοποιείται μια σύντομη αναφορά στα εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανάλυση κινδύνου τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το περιβάλλον.

4. Αναφορικά με τις χημικές ουσίες που μελετώνται, ο παρών οδηγός δίνει προτεραιότητα σε ουσίες οι οποίες είναι ταξινομημένες σαν επικίνδυνες για το περιβάλλον βάσει οδηγίας SEVESO. Συγκεκριμένα αρχικά εξετάζονται οι ουσίες οι οποίες χαρακτηρίζονται σαν πολύ τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμού (R50) ή τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμού και μπορούν να προκαλέσουν μακροχρόνιες δυσμενείς επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον (R51, R53) (Directive 67/548/EEC) (βλ. Κεφ 3).

Σαφώς μια ολοκληρωμένη εκτίμηση περιβαλλοντικής επικινδυνότητας πρέπει να περιλαμβάνει και την εξέταση άλλων επικίνδυνων ουσιών όπως είναι π.χ. προϊόντα καύσης (πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες, διαβρωτικές) ουσίες οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν εξίσου βλάβες στο περιβάλλον (βλ Κεφ. 4).

5. Όσο αφορά τις επιπτώσεις από μεγάλο ατύχημα ο παρόν οδηγός λαμβάνει υπόψη του κυρίως τις επιπτώσεις λόγω τοξικότητας των επικίνδυνων ουσιών ή μειγμάτων αυτών που ελευθερώνονται απευθείας κατά τη διάρκεια ενός ατυχήματος (ΚΥΑ 12044/613/2007, GHS; United Nations 2005). Για τον προσδιορισμό της τοξικότητας μιας ουσίας ή ενός μείγματος σε μια από τις κατηγορίες τοξικότητας χρησιμοποιούνται στοιχεία τα οποία αναφέρονται στις παρακάτω ιδιότητες των χημικών ουσιών: **τοξικότητα, διάσπαση και βιοσυσσώρευση,** ενώ υιοθετείται η επίσημη μεθοδολογία από το Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (βλ. Κεφ. 3 και Παράρτημα 3). Επιπλέον λαμβάνονται υπόψη τα προϊόντα καύσης, αντίδρασης και άκαυστοι υδρογονάνθρακες που

μπορούν να παραχθούν και να διαρρεύσουν στη διάρκεια ατυχηματικού γεγονότος για φωτιά (βλ. § 3.4) (Green Book; TNO 1989), οι Έμμονοι Οργανικοί Ρύποι-POPs (βλ. § 3.5) καθώς και άλλες επικίνδυνες ουσίες (βλ. § 3.6).

6. Ελέγχονται όλες οι πιθανές οδεύσεις που μπορεί να ακολουθήσει μια ουσία από το σημείο διαρροής της προς τους ευαίσθητους αποδέκτες στον περιβάλλοντα χώρο της εγκατάστασης: **ύδατα, έδαφος, ατμόσφαιρα**. Ενώ καταγράφονται πιθανά εργαλεία (μέθοδοι,, παραδοχές, λογισμικά κ.α.) τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση των διαρροών στις οδεύσεις (βλ Κεφ. 5).

7. Εστιάζει στις πιο άμεσες συνέπειες στο φυσικό πλούτο (χλωρίδα, πανίδα), δίνοντας ιδιαίτερη σημασία στον προσδιορισμό των ευαίσθητων αποδεκτών στα ύδατα.
Επιπλέον η ανάλυση μπορεί να επεκταθεί όπου κριθεί απαραίτητο στη διερεύνηση των επιπτώσεων στο κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον που μπορεί να προκύψει ως αποτέλεσμα από αλλαγές σε οικοσυστήματα. Για παράδειγμα, οι αλλαγές σε πόρους αλιείας, σε τοπία ή δάση ως αποτέλεσμα βλαβών στο οικοσύστημα μπορεί να προκαλέσουν μια σειρά επιπτώσεων και διαταραχών που έχουν αντίκτυπο στο κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον της περιοχής, γεγονός το οποίο μεταφράζεται σε κόστος για τους οικονομικούς τομείς που εξαρτώνται άμεσα από τους αποδέκτες των συνεπειών. Ωστόσο η ανάπτυξη ενός μοντέλου που θα απέδιδε τέτοιου είδους αλληλεπιδράσεις δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας προσέγγισης.

Η μεθοδολογία εστιάζει σε τρωτούς αποδέκτες που βρίσκονται εντός των ζωνών επιπτώσεων των ατυχημάτων και παραθέτει οδηγίες οι οποίες επιτρέπουν τη συσχέτιση της «έντασης» ενός ρυπαντή (ένταση: συνήθως η συγκέντρωση μιας ουσίας) με τη πιθανή περιβαλλοντική ζημία που αναμένεται και εκτιμάται.

8) Η ανάπτυξη προσανατολίζεται στην ποσοτικοποιημένη έκφραση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από ΒΑΜΕ αναπτύσσονται δείκτη πιθανότητας περιβαλλοντικών βλαβών (βλ. Κεφ 7).

9) Ο βαθμός της ανάλυσης των επιπτώσεων προτείνεται να ορίζεται βάσει των διαθέσιμων στοιχείων σε κάθε περίπτωση, λαμβάνοντας υπόψη και τη δυνατότητα συλλογής περαιτέρω πληροφορίας καθώς και το σχετικό κόστος σε χρόνο και πόρους.
Π.χ. πρέπει να είναι δυνατό να εκτιμηθεί η ευπάθεια, ή η τρωτότητα των αποδεκτών βάσει των δεδομένων που είναι διαθέσιμα, χωρίς να υπάρχει η ανάγκη για πληροφορίες που απαιτούν δαπανηρές και πολύπλοκες μελέτες για τη βιομηχανία (π.χ. κατάλογοι της πανίδας, μελέτες για να καθοριστεί η ύπαρξη των ενδημικών ειδών στην περιοχή ή τον υπολογισμό των θερινών ροών των υδάτων επιφάνειας), που αν και είναι χρήσιμες για την ανάλυση κινδύνου στην πραγματικότητα θα περιέπλεκαν τη διαδικασία.

10) Η ανάπτυξη της προσέγγισης θα πραγματοποιηθεί μέσα από στάδια, σε κάθε ένα από τα οποία θα ορίζονται οι παράμετροι που εμπλέκονται στις επιμέρους διαδικασίες, ενώ θα επιχειρηθεί η συστηματοποίηση των διαδικασιών έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η εύκολη επαναληπτικότητα της προσέγγισης.

2.4 Ανάλυση Κινδύνου στο Περιβάλλον

Η διαδικασία εκτίμησης κινδύνου ή εκτίμησης επικινδυνότητας (risk analysis) περιλαμβάνει δύο στάδια, την εκτίμηση της πιθανότητας να συμβεί ένα ατύχημα και την εκτίμηση των επιπτώσεων. Υπό γενικούς όρους λοιπόν στην ανάλυση κινδύνου για το περιβάλλον πρέπει εξετάζεται η πιθανότητα εκδήλωσης ενός κινδύνου στο περιβάλλον και η σοβαρότητα των πιθανών συνεπειών που μπορεί να προκύψουν σε ορισμένους αποδέκτες.

Οι παράγοντες οι οποίοι εμπλέκονται στην ανάλυση περιβαλλοντικών κινδύνων από BAME είναι:

- ✓ Η πιθανότητα/συχνότητα να πραγματοποιηθεί ένα συγκεκριμένο ατυχηματικό γεγονός (σενάριο BAME)
- ✓ Η σοβαρότητα των επιπτώσεων που πιθανόν να προκληθούν από την εκδήλωση δεδομένου ατυχηματικού γεγονότος στο περιβάλλον (οικοσυστήματα, τρωτοί αποδέκτες), λαμβάνοντας υπόψη το χρόνο και τον τόπο εκδήλωσης του.

Η ανάλυση κινδύνου επομένως πρέπει να καλύπτει όλους τους παράγοντες που σχετίζονται και παρεμβάλλονται από τη στιγμή που λαμβάνει χώρα ένα ατύχημα μέχρι την εκδήλωση των επιπτώσεων στους περιβαλλοντικούς αποδέκτες. Επομένως πρέπει λαμβάνονται υπόψη όλες οι παράμετροι σχετικά με:

- τις πηγές κινδύνου και τις επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες,
- τα διαθέσιμα στοιχεία για τα συστήματα έλεγχου, τα μέσα καταστολής και πρόληψης της εγκατάστασης,
- τις οδεύσεις διαφυγής-διαρροής της ουσίας στο περιβάλλον (μέσω μεταφοράς),
- τη διασπορά/μεταφορά της ουσίας μέσω της ατμόσφαιρας, των υδάτων ή του εδάφους,
- τον προσδιορισμό των ευαίσθητων αποδεκτών στις περιοχή εντός των ζωνών επιπτώσεων
- τις επιπτώσεις λόγω της έκθεσης των αποδεκτών σε επικίνδυνες ουσίες δεδομένης την τρωτότητα τους.

Σύμφωνα με τα παραπάνω η εκτίμηση της «περιβαλλοντικής επικινδυνότητας» εμπεριέχει και αποτυπώνεται από μια σειρά παραμέτρων που τη διαφοροποιούν σημαντικά από την αντίστοιχη επικινδυνότητα (τοξικολογική) που αφορά τον άνθρωπο. Αυτές οι διαφορές εκφράζονται βασικά στην πολυπλοκότητα των διαδικασιών αλληλεπίδρασης μεταξύ των οδεύσεων των χημικών ουσιών (διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες) και των τελικών αποδεκτών (βιολογικές ιδιότητες των αποδεκτών) καθώς και στην απουσία αλγορίθμων, σχέσεων που συνδέουν την «ένταση» ή τη συγκέντρωση μιας χημικής ουσίας (επικίνδυνης για το περιβάλλον) συναρτήσει της ζημίας/βλάβης που μπορεί να προκαλέσει στους τρωτούς αποδέκτες (το περιβάλλον).

Στην περίπτωση της ανάλυσης κινδύνου που αφορά τον άνθρωπο, οι σχέσεις αυτές αποτυπώνονται μέσω PROBIT συναρτήσεων, σχέσεις δόσεις-απόκρισης, ωστόσο τέτοιου είδους συναρτήσεις δεν έχουν αναπτυχθεί για τους περιβαλλοντικούς κίνδυνους (Green Book).

Προκειμένου να επιτευχθούν οι προαναφερθέντες στόχοι και να καλυφθεί το κενό από την έλλειψη της παραπάνω πληροφορίας αρχικά επιχειρείται η εννοιολογική απόδοση των παραπάνω παραμέτρων

που εμπλέκονται στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και στη συνέχεια παρατίθενται εργαλεία που καθιστούν δυνατή την αναγνώριση και την εκτίμηση τους.

2.5 Αλυσίδα γεγονότων με επιπτώσεων στο περιβάλλον

Για αρκετά χρόνια η ερευνητική επιστημονική κοινότητα ανέλυε τα περιβαλλοντικά προβλήματα υπό τους όρους:

1. Αναγνώριση και ποσοτικοποίηση των πηγών των χημικών ουσιών
2. Ποσοτικοποίηση της δυναμικής των διαδικασιών και των μηχανισμών μεταφοράς των χημικών
3. Χαρακτηρισμός της διασποράς, της απορρόφησης και της απόκρισης των ευαίσθητων αποδεκτών

Πιο πρόσφατα αυτό το εννοιολογικό πλαίσιο αποδόθηκε από το σχήμα (DETR, 1999b):

Πηγή- Όδευση- Αποδέκτης

το οποίο διαμορφώθηκε από κάποια βιομηχανικά και εμπορικά σωματεία και έχει ως βασικό σκοπό να ποσοτικοποιήσει την επικινδυνότητα στο περιβάλλον εξαιτίας των χημικών ουσιών. Είναι σχεδόν αυταπόδεικτο ότι ένα χημικό δεν μπορεί να προκαλέσει καμία επίπτωση στο περιβάλλον εκτός αν μπορεί με κάποιο μέσο να φθάσει έναν αποδέκτη και σε μια συγκέντρωση αρκετά υψηλή, ώστε να είναι ικανή να προκαλέσει αλλαγή στην κατάσταση του αποδέκτη. Έτσι η προσέγγιση Πηγή- Όδευση- Αποδέκτης αποτελεί το σημείο εκκίνηση της διαδικασίας ανάλυσης των πιθανών επιπτώσεων ενός ατυχήματος.

Σύμφωνα με τα παραπάνω για να προκύψουν επιπτώσεις στο Περιβάλλον από ατυχηματικό γεγονός (σενάριο ΒΑΜΕ) πρέπει να μην διακόπτεται η παρακάτω αλληλουχία διεργασιών.

Πηγή ⟶ όδευση, μέσο μεταφοράς ⟶ αποδέκτης

Τα στάδια της αλληλουχίας αυτής όπως αναλύονται στην παρούσα περιλαμβάνουν:

Α) Ύπαρξη Πηγής Κινδύνου

Β) Διαφυγή-Διαρροή Επικίνδυνης Ουσίας στο Περιβάλλον (Μέσα ελέγχου και καταστολής)

Γ) Διασπορά/Μεταφορά της ουσίας μέσω της ατμόσφαιρας ή των υδάτων

Δ) Ύπαρξη ευαίσθητων αποδεκτών στις ουσίες στο εγγύς περιβάλλον της διαρροής

Ε) Αραίωση της ουσία κατά τη διασπορά/μεταφορά σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από NOECs, LC50s στο τόπο του αποδέκτη

ΣΤ) Παραμονή του αποδέκτη σε ζώνες υψηλής συγκέντρωσης ή λήψης οριακής δόσης για την εκδήλωση των χαρακτηριστικών επιπτώσεων.

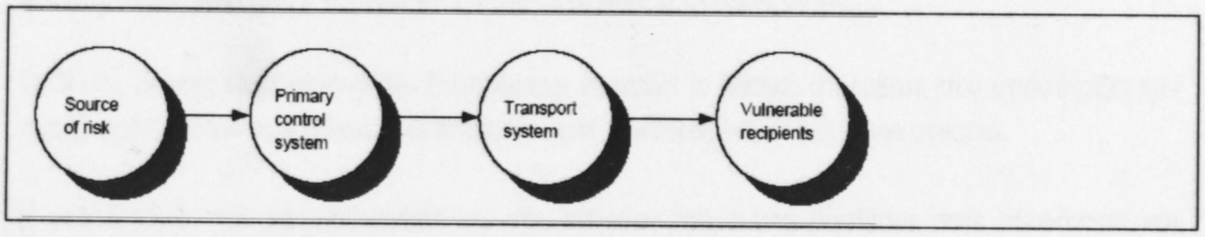
Η αναγνώριση της παραπάνω αλυσίδας γεγονότων είναι χρήσιμη τόσο κατά την αναγνώριση όσο και κατά τη διαχείριση των περιβαλλοντικών κινδύνων. Αν κάποιο από τα παραπάνω στάδια δεν ολοκληρωθεί τότε δεν προκύπτουν επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ωστόσο θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην περίπτωση όπου η απουσία ενός εκ των παραπάνω παραγόντων οφείλεται στην ύπαρξη ενός συστήματος ελέγχου ή μιας φραγής (barrier) που μπορεί να αστοχήσει. Π.χ. μια περίπτωση όπου μια φραγή λειτουργεί ως διακόπτης αποκοπής σε μια όδευση καθ' όλη την πορεία

από την πηγή στον αποδέκτη, δεν συνεπάγεται ότι θα πρέπει να εξαχθεί το (ασφαλές) συμπέρασμα ότι δεν ενέχεται κίνδυνος, εφόσον υπάρχει πιθανότητα η φραγή να αστοχήσει και ο κίνδυνος να προκαλέσει επιπτώσεις.

Τα παραπάνω στάδια (Α) έως (ΣΤ) αποτελούν και τις βασικές παραμέτρους ανάλυσης της παρούσας προσέγγισης.

Η παραπάνω αλληλουχία διαδικασιών βρίσκει την αποδοχή και από τις ισπανικές αρχές οι οποίες με μία μικρή παραλλαγή προτείνουν ένα σύστημα ανάλυσης κινδύνου το οποίο αποτελείται από τις εξής παραμέτρους (Protection Civil Spain-MI, 2003), όπως παρουσιάζεται και στο παρακάτω σχήμα:

I. Πηγή κινδύνου
II. Συστήματα Ελέγχου
III. Μηχανισμοί μεταφοράς και διαφυγής επικίνδυνων ουσιών, έκταση βλαβών στο περιβάλλον
IV. Τρωτότητα Αποδεκτών



Το DETR προτείνει την υιοθέτηση μιας επαναληπτικής προσέγγισης, η οποία θα εξελίσσεται και θα ολοκληρώνεται μέσα από φάσεις/στάδια. Αρχικά συστήνει τη χρήση απλών μεθόδων και λογικών υποθέσεων για τα απλά αναμενόμενα ενδεχόμενα (σενάρια ατυχημάτων) ενώ για τις σύνθετες περιπτώσεις, εφόσον υπάρχουν διαθέσιμα τα κατάλληλα στοιχεία, προτείνει γενικά να χρησιμοποιούνται πιο πολύπλοκες επιστημονικές μέθοδοι.

Η λογική που ακολουθείται από το DETR βασίζεται αρχικά στη σύνταξη μιας διάταξης, ιεράρχησης των πηγών κινδύνου η οποία σε δεύτερο στάδιο χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των πιο κρίσιμων κινδύνων που αναμένεται να έχουν τις δυσμενέστερες επιπτώσεις και στους οποίους θα δοθεί προτεραιότητα κατά την ανάλυση. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την ανάλυση των παραπάνω σημαντικότερων πηγών κινδύνου μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για τη διερεύνηση και την εξαγωγή συμπερασμάτων για τους κινδύνους που παρουσιάζουν μικρότερη σημαντικότητα. Σε περίπτωση όπου κίνδυνοι ιδιαίτερα υψηλής σημαντικότητας αποδειχθεί ότι δεν προκαλούν αξιοσημείωτες ανεπιθύμητες επιπτώσεις τότε κρίνεται πως δεν υπάρχει η ανάγκη για εξέταση κινδύνων οι οποίοι προκύπτουν με χαμηλότερα επίπεδα σημαντικότητας. Π.χ κάποια σενάρια ατυχημάτων μπορεί να αποκλειστούν σχετικά εύκολα εφόσον αποδειχθεί από τα διαθέσιμα δεδομένα (στοιχεία διασποράς/διαφυγής, συγκέντρωσης χημικών ουσιών) ότι δεν μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στον περιβάλλον. Ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται στον ορισμό κριτηρίων στα στάδια της αλυσίδας γεγονότων (DETR, 1999b).

Οι αρμόδιες αρχές της Ισπανίας (Protection Civil Spain-MI), συνιστούν μια μεθοδολογία εκτίμησης της περιβαλλοντικής επικινδυνότητας που διατηρεί τη βασική δομή εκτίμησης της επικινδυνότητας

βασισμένη στην πιθανότητα εκδήλωσης ατυχήματος και τη σοβαρότητα συνεπειών. Προτείνεται μια ολοκληρωμένη διαδικασία εκτίμησης της περιβαλλοντικής επικινδυνότητας ξεκινώντας από την αναγνώριση του εναρκτήριου γεγονότος και καταλήγοντας στον υπολογισμό ενός δείκτη της περιβαλλοντικής επικινδυνότητας για κάθε ένα σενάριο. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποδίδεται στον παράγοντα που εκφράζει τις περιβαλλοντικές συνέπειες οι οποίες προκύπτουν από την εκδήλωση ενός μεγάλου ατυχήματος.

Για κάθε ένα από τα ατυχηματικά σενάρια τα οποία εξετάζονται οι ισπανικές αρχές προτείνουν την απόδοση μιας πιθανότητας/συχνότητας εκδήλωσης η οποία προσδιορίζεται από την πιθανότητα/ συχνότητα εκδήλωσης όλων των επιμέρους προγενέστερων παραγόντων που σχετίζονται με το συγκεκριμένο σενάριο το οποίο εξετάζεται. Η πιθανότητα αυτή αποτελεί το εναρκτήριο σημείο για τη μεθοδολογία εκτίμησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Έχοντας ως βάση τα σενάρια τα οποία προέκυψαν από το αρχικό στάδιο και τις αντίστοιχες πιθανότητες/συχνότητες, επιλέγονται τα πιο πιθανά σενάρια και στη συνέχεια εκτιμάται ο ολικός δείκτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων για κάθε ένα από τα σενάρια αυτά.

Ο Ολικός Δείκτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων αποτελεί το βασικό στυλοβάτη που υποστηρίζει των προσδιορισμό όλων των πιθανών επιπτώσεων από ένα δεδομένο ατυχηματικό σενάριο.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του δείκτη βασίζεται στην αξιολόγηση και παραμετροποίηση των τεσσάρων παραγόντων που αποτελούν τη βάση του υπό διερεύνηση συστήματος όπως ορίστηκε παραπάνω:

- Πηγή κινδύνου,
- Συστήματα Ελέγχου,
- Μηχανισμοί μεταφοράς και διαφυγής επικίνδυνων ουσιών,
- Έκταση βλαβών στο περιβάλλον, Τρωτότητα Αποδεκτών)

Η διαδικασία τελειώνει όταν για κάθε αναγνωρισμένο σενάριο έχει προσδιοριστεί η πιθανότητα/ συχνότητα εκδήλωσης του και ο αντίστοιχος ολικός δείκτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Το γινόμενο αυτών των παραγόντων προσδιορίζει την τιμή ή το δείκτη περιβαλλοντικής επικινδυνότητας.

Ανεξάρτητα με τη μέθοδο που εφαρμόζεται για την εκτίμηση της περιβαλλοντικής επικινδυνότητας ο υπεύθυνος μιας εγκατάστασης προτείνεται να χρησιμοποιεί μια δομημένη προσέγγιση η οποία να εφαρμόζει μια συστηματική διαδικασία ελέγχου προκειμένου να αναγνωρίζει τους κινδύνους οι οποίο μπορούν να προκαλέσουν μεγάλο ατύχημα (BAME) και να υποδεικνύει τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης και καταστολής σύμφωνα με την οδηγία SEVESO II. Η διαδικασία πρέπει είναι σαφώς ορισμένη και να εμπεριέχει μηχανισμούς καταγραφής των πηγών κινδύνου που μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και κατ' επέκταση να προτείνονται μέτρα για τον πλήρη έλεγχο προκειμένου να ενδείκνυνται οι κατάλληλες διαδικασίες για άμεση παρέμβαση. Επιπλέον εξίσου σημαντικό θεωρείται να εντοπίζονται και να καταγράφονται και αρνητικά αποτελέσματα (κίνδυνοι με περιορισμένες επιπτώσεις στο περιβάλλον), παρ' ολίγον ατυχήματα με εκτεταμένες δυσμενείς για το περιβάλλον επιπτώσεις έτσι ώστε να διασφαλιστούν ασφαλέστερες για το περιβάλλον συνθήκες λειτουργίας των εγκαταστάσεων.

Μια λίστα η οποία φέρεται να καλύπτει τις απαιτήσεις της οδηγίας SEVESO και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως οδηγός από τους αναλυτές για τη συλλογή απαραίτητων στοιχείων για την εκτίμηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. Η παρακάτω λίστα είναι ενδεικτική και αποτελεί απόδοση λίστας η οποία διατίθεται από τις βρετανικές αρχές αναφορικά στα περιεχόμενα Μελέτης Ασφάλειας SEVESO για τους περιβαλλοντικούς κινδύνους (DETR, 1999a)

Στάδιο	No.	Περιβαλοντική Οπτική	Απαιτήσεις
Εισαγωγή	1.	Στόχοι	Σκόπιμο
	2.	Πόροι και σχεδιασμός για εκτίμηση	Σκόπιμο
	3.	Υπόβαθρο και καταγραφή παλαιότερων μελετών	Σκόπιμο
	4.	Διάταξη και περιεχόμενα αναφοράς	Σκόπιμο
Προσέγγιση	5.	Ευρύτερη προσέγγιση και τεκμηρίωση	Σκόπιμο
	6.	Σκοπός μελέτης	Σκόπιμο
Πληροφορίες για την εκτίμηση Επικινδυνότητας	7.	Πληροφορίες επικίνδυνων ουσιών	Απαραίτητο
	8.	Περιγραφή της εγκατάστασης	Απαραίτητο
	9.	Περιγραφή του περιβάλλοντος / περιβάλλοντα χώρου, χρήσεις γης	Απαραίτητο
Εναρκτήρια γεγονότα	10.	Μέθοδοι αναγνώρισης κινδύνων	Απαραίτητο
	11.	Εναρκτήρια γεγονότα / Ανάλυση Αιτιών	Απαραίτητο
	12.	Ατυχημάτικα γεγονότα /φαινόμενα	Απαραίτητο
	13.	Λίστα σεναρίων ατυχημάτων	Απαραίτητο
	14.	Επιλογή σεναρίων/ Προεπιλογή	Απαραίτητο
Ανάλυση Συχνότητας Ατυχημάτων	15.	Προσέγγιση και Μοντελοποίηση της πληροφορίας	Σημαντικό
	16.	Τεχνικές εκτίμηση της συχνότητας εκδήλωσης σεναρίων	Σημαντικό
	17.	Ανάλυση εξέλιξης σεναρίου εντός της εγκατάστασης	Σημαντικό
	18.	Ελαχιστοποίηση/ εξάλειψη ατυχημάτων , πρόληψη και έλεγχος	Σημαντικό
	19.	Επιλογή σεναρίων	Σημαντικό
Συνέπειες BAME	20.	Προσέγγιση και μοντελοποίηση της πληροφορίας	Κατά περίπτωση Ανά γεγονός
	21.	Ανάλυση εξέλιξης σεναρίου εκτός εγκατάστασης	Κατά περίπτωση Ανά γεγονός
	22.	Αποστάσεις κάλυψης και λοιπά αποτελέσματα/ εύρος έκτασης επιπτώσεων	Κατά περίπτωση Ανά γεγονός
	23.	Σχέδια δράσης έκτατης ανάγκης εκτός ορίων της εγκατάστασης	Κατά περίπτωση Ανά γεγονός
	24.	Πλήρης Καταγραφή	Κατά περίπτωση Ανά γεγονός
Επιπτώσεις BAME	25.	Προσέγγιση και Κριτήρια	Κατά περίπτωση Ανά γεγονός

	26.	Επιπτώσεις και αποδέκτες	Κατά περίπτωση Ανά γεγονός
Παρουσίαση της Ανάλυσης Αποτελέσματα Περιβαλλοντικής Επικινδυνότητας	27.	Περίληψη	Κατά περίπτωση Ανά γεγονός
	28.	Παρουσίαση της πληροφορίας / των δεδομένων	Κατά περίπτωση Ανά γεγονός
	29.	Αποδεκτά όρια επίπεδα Επικινδυνότητας/ κριτήρια	Κατά περίπτωση Ανά γεγονός
	30.	Σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αποδεκτά όρια	Κατά περίπτωση Ανά γεγονός
	31.	Αναγνώριση των μέτρων διαχείρισης επικινδυνότητας	Κατά περίπτωση Ανά γεγονός
	32.	Αξιολόγηση των μέτρων	Κατά περίπτωση Ανά γεγονός

Πίνακας 2.5 : Λίστα περιεχομένων για την εκτίμηση επιπτώσεων στο περιβάλλον (DETR, Aspects of Environmental Risk Assessment, 1999)

Στον Πίνακα 2.5 στις τρεις πρώτες στήλες παρουσιάζονται με διαφορετικό χρώμα οι θεματικές ενότητες μιας μελέτης ασφάλειας ενώ η τέταρτη στήλη προέκυψε από την παρούσα ανάλυση ώστε να αποτυπωθούν πια στοιχεία θεωρούνται σημαντικά, απαραίτητα ή χρήσιμα (σκόπιμο) να περιλαμβάνονται στη μελέτη. Με κίτρινο χρώμα αποτυπώνονται ποια στοιχεία θεωρείται σκόπιμο να περιλαμβάνονται στην μελέτη ασφάλειας, με πορτοκαλί τα σημαντικά και με κόκκινο τα απαραίτητα στοιχεία. Από τον πίνακα προκύπτει ότι τα στοιχεία από 7 έως 14 είναι απαραίτητο να περιλαμβάνονται σε μία Μελέτη Ασφάλειας και τα στοιχεία από 20 έως 32 προτείνεται να εξετάζονται και να αποδίδονται κατά περίπτωση αναφορικά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από ΒΑΜΕ. Είναι γεγονός πως οι μελέτες ασφάλειας σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες (βλ. § 1.4) περιλαμβάνουν τα στοιχεία 7-19, ενώ τα σημαντικά στοιχεία αναφορικά σε επιπτώσεις στο περιβάλλον, στοιχεία από 20 έως 32, που προβλέπονται να εξετάζονται κατά περίπτωση και βάσει επιλογής ατυχηματικών σεναρίων, αποτελούν αντικείμενο προς διερεύνηση στην παρούσα ανάλυση.

2.6 Μεγάλο Ατύχημα στο Περιβάλλον

Είναι γεγονός ότι δεν είναι δυνατό να αποδοθεί ένας επιστημονικός ορισμός των αλλαγών που προκαλούνται στο περιβάλλον εξαιτίας ενός ατυχηματικού γεγονότος σε μια εγκατάσταση ο οποίος θα απέδιδε το τι είναι ένα σημαντικό ατύχημα ως προς το περιβάλλον.

Ωστόσο, όσο πιο εκτενείς είναι οι περιοχές και όσο πιο μεγάλες οι ποσότητες φυσικών και ημι-φυσικών πόρων που αναμένεται να επιβαρυνθούν τόσο περισσότερο χρόνο αναμένεται να διαρκέσουν οι αρνητικές συνέπειες. Επιπλέον όσο μεγαλύτερη είναι η σφοδρότητα και η ένταση των

επιπτώσεων τόσο πιο πιθανό είναι για ένα γεγονός να θεωρηθεί σαν Μεγάλο Ατύχημα προς το Περιβάλλον, από την Αρμόδια Αρχή (DETR, 1999b).

Η σοβαρότητα των επιπτώσεων εξαρτάται σημαντικά από τη φύση των αποδεκτών του περιβάλλοντος, την εποχή του χρόνου, από τη φύση των ενδιαιτημάτων κ.α (βλ. § 6.3), π.χ. σε περίπτωση όπου το ατυχηματικό γεγονός έχει επιπτώσεις σε χαρακτηρισμένες εκτάσεις που αφορούν στη διατήρηση και προστασία οικοσυστημάτων και σπάνιων οργανισμών (χλωρίδα, πανίδα (Natura 2000) τότε είναι πιθανό το συμβάν να θεωρηθεί σαν μεγάλο ατύχημα για μικρότερης ένταση βλάβες (π.χ. θάνατοι οργανισμών) σε σύγκριση με τις τιμές που ισχύουν για άλλους αποδέκτες (π.χ. τρωκτικά).

Οι ακόλουθες υποενότητες περιγράφουν βασικά χαρακτηριστικά των πιο πιθανών σεναρίων μεγάλων ατυχημάτων που μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

2.6.1 Σενάρια Ατυχημάτων με επιπτώσεις στο Περιβάλλον

Σύμφωνα με τα περιεχόμενα της Μελέτης Ασφάλειας (Πίνακας 2.4) και τις κατευθυντήριες οδηγίες SEVESO όπως αυτές παρουσιάστηκαν στην § 1.4, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός των πηγών κινδύνου και η εκτίμηση της επικινδυνότητας. Στην αναγνώριση και ανάλυση των κινδύνων που υπό κατάλληλες συνθήκες μπορούν να οδηγήσουν στην εκδήλωση ενός ατυχηματικού γεγονότος, προβλέπεται λεπτομερής περιγραφή και εξέταση των πιθανών αναμενόμενων σεναρίων BAME, με αναφορά στα συστήματα ασφάλειας και ελέγχου της εγκατάστασης καθώς και εκτίμηση της έκτασης (ζώνες επιπτώσεων) και της σοβαρότητας των συνεπειών.

Αναλυτική αναφορά στα συνήθη ατυχηματικά γεγονότα: έκρηξη, φωτιά και διασπορά νέφους παρατίθεται στο Κεφ.1. Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά τα πιο συνήθη και πιθανά σενάρια μεγάλων ατυχημάτων τα οποία μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις και στο περιβάλλον, διαμορφώνοντας ένα ευρύ πλαίσιο μέσα στο οποίο οι κίνδυνοι μεγάλου ατυχήματος μπορούν να αναγνωριστούν και να προσδιοριστούν.

1.Φωτιά

Η φωτιά σε μια εγκατάσταση που διαχειρίζεται επικίνδυνες ουσίες αποτελεί ένα ανεξέλεγκτο γεγονός το οποίο μπορεί να αποτελέσει σημαντική απειλή για το περιβάλλον δεδομένου ότι:

- Απελευθερώνονται χημικές ουσίες στην ατμόσφαιρα που μπορεί να μεταφερθούν υπό μορφή νέφους σε απόσταση δεκάδων χιλιομέτρων και οι συγκεντρώσεις τους να παραμένουν σημαντικά υψηλές ακόμα σε μεγάλες αποστάσεις,

- Είναι πιθανό να παραχθούν νέες χημικές ουσίες από αντιδράσεις οξείδωσης (oxidative and pyrolytic processes), οι οποίες σε κάθε περίπτωση εξέλιξης ενός σεναρίου μπορεί να είναι διαφορετικές,

- Σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν απόνερα πυρόσβεσης είναι πιθανό να προκύψει διάχυση επικίνδυνου υλικού στο έδαφος και σε υδροφόρους φορείς λόγω έκπλυσης. Είναι επίσης

πιθανό αν πραγματοποιηθεί διάχυση του υλικού σε επιφάνειες ή στο έδαφος να συμπαρασυρθούν και άλλες επικίνδυνες ουσίες οι οποίες υπήρχαν ήδη ως συνέπεια προηγούμενης ρύπανσης ή επιβάρυνσης του περιβάλλοντος. Επιπλέον τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την πυρόσβεση εκτός από το νερό π.χ. φωτοστέφανα, ξηρά σκόνη, κ.λπ μπορούν από μόνα τους να προκαλέσουν εκτεταμένη περιβαλλοντική ζημία.

Παράλληλα με τη διάχυση χημικών ουσιών σε μεγάλες αποστάσεις μπορεί επίσης να συμπαρασυρθούν από τη φωτιά υλικά κατασκευής εξοπλισμού υλικού (π.χ. σκεπές αμιάντου), τα αποτελέσματα και οι επιπτώσεις των οποίων μπορεί να επεκταθούν σε αρκετές εκατοντάδες μέτρα πέρα από τον τόπο εκδήλωσης του ατυχήματος.

Επιπλέον οι φωτιές μπορούν να προκαλέσουν μαζική μεταφορά υγροποιημένων υλικών, προκαλώντας έτσι συνέπειες παρόμοιες με εκείνες που θα προκαλούσε μια διαρροή.

Σημειώνεται ότι κατά την πυρόσβεση είναι πολύ πιθανό να ελευθερωθούν ουσίες οι οποίες εξαρτώνται από τη σύσταση του νερού πυρόσβεσης και μόνο. Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται νερό από πηγές εντός της εγκατάστασης (π.χ. δεξαμενές φρεάτια κλπ)προτείνεται να ελέγχεται τακτικά η σύσταση του και ειδικά αν καταλήγουν σε αυτό απορροές από την εγκατάσταση ή αν εμπεριέχει παρασιτοκτόνα και/ή αφροποιητικά υλικά.

2.Διαρροή (Spill)

Όταν ένα υγρό με επικίνδυνες ουσίες διαρρεύσει από εξοπλισμό της εγκατάστασης τότε μπορεί να αποτελέσει πηγή κινδύνου τόσο για το υδάτινο περιβάλλον όσο και για το έδαφος και υπέδαφος γύρω από την εγκατάσταση.

Οι διαρροή χημικών ουσιών σε υδάτινο μέσο π.χ. επιφανειακά ύδατα: θάλασσα, ποταμός, λίμνη, χείμαρρος, μικρή λίμνη, βάλτος, έλος κλπ είναι πιθανό να εξελιχθεί γρήγορα σε μεταφορά/διασπορά χημικών ουσιών σε απόσταση δεκάδων χιλιομέτρων από την αρχική περιοχή εκδήλωσης του ατυχήματος. Οι συνέπειες των διαρροών εξαρτώνται από το βαθμό διασποράς της χημικής ουσίας στον υδάτινο φορέα. Ειδικά στα πάνω στρώματα των ποταμών, οι συγκεντρώσεις των χημικών ουσιών μπορούν να παραμένουν σε υψηλά επίπεδα παρόμοια με εκείνα από της πηγής διαρροής. Η διασπορά των χημικών ουσιών σε εκβολές ποταμών ή σε ακτές αναμένεται να είναι μεγαλύτερη, αλλά μπορεί να εξισορροπείται από την τοπική απόθεση που προκαλείται από τις αλλαγές στην σκληρότητα των υδάτων και τις παλιρροϊκές δυνάμεις.

Διαρροή στο έδαφος μπορεί να προκαλέσει ή να συμβάλει σε μακροπρόθεσμες αλλαγές στο εδαφολογικό οικοσύστημα γεγονός που μπορεί να προκαλέσει αλλαγές και αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών τύπων οργανισμών του οικοσυστήματος.

Αν εξαιτίας μιας διαρροής αλλάξουν οι φυσικές, χημικές ή βιολογικές συνθήκες του εδάφους τότε και πάλι μπορεί να παρατηρηθούν σημαντικές επιπτώσεις, π.χ. περιορισμός της ικανότητας του οικοσυστήματος να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση μετά από μια βλάβη.

Οι διαρροές επάνω στο έδαφος μπορούν επίσης να προκαλέσουν τη μόλυνση των υπόγειων υδάτων, ειδικά εάν το υλικό είναι υδροδιαλυτό. Εντούτοις, ακόμη και οι ουσίες με περιορισμένη ή χαμηλή διαλυτότητα στο νερό μπορούν να διεισδύσουν τελικά στα υπόγεια νερά (DETR, 1999b).

3.Εκρήξεις

Γενικά οι εκρήξεις αποτελούν σημαντική πηγή κινδύνου για το περιβάλλον διότι δύνανται να ενεργοποιήσουν μια φωτιά ή μια διαρροή. Ωστόσο, εκρήξεις που ελευθερώνουν τοξικές ουσίες στη ατμόσφαιρα μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στην πανίδα και στα πτηνά. Εκρήξεις που προκαλούν διασπορά νέφους μπορεί να αποτελέσουν σημαντική πηγή κίνδυνου εφόσον υπό συνθήκες σταθερού ανέμου το νέφος μπορεί να ταξιδέψει πολλά χιλιόμετρα προτού να διαλυθεί τελείως.

Εμπειρία από ιστορικό ατυχημάτων και παλαιότερες τεχνικές πρακτικές κατέδειξαν ότι τα παρακάτω ενδεχόμενα (πιθανά σενάρια) μπορεί να προκαλέσουν Μεγάλα Ατυχήματα στο Περιβάλλον (DETR, 1999b, TWG 7- Christou, 2000).

1. Φωτιά που προκαλεί επιπτώσεις (ρύπανση) σε επιφανειακά ύδατα (ουσίες οι οποίες ορίζονται στην οδηγία SEVESO Παράρτημα I ή παράγονται ή συμπαρασύρονται κατά την εκδήλωση ενός μεγάλου ατυχήματος) και μείωση της χημικής και βιολογικής ποιότητας του νερού για δεδομένη χρονική περίοδο ή οποία υπερβαίνει τις λίγες μέρες (ή άμεσος θάνατος μεγάλου αριθμού ψαριών).
2. Απώλεια ελέγχου σε μια βιομηχανική διαδικασία η οποία οδηγεί σε επιπτώσεις σημαντικής έκτασης σε αγροτική γη η οποία είναι ικανή για να απαιτηθεί η εφαρμογή περιορισμών στις πωλήσεις και στη μεταφορά προϊόντων από τη συγκεκριμένη περιοχή.
3. Ρύπανση από διαρροή σε υδροφορέα (όχι απαραίτητα συνοδευόμενη από βιολογικές βλάβες) για χρονική περίοδο η οποία υπερβαίνει το χρόνο που φυσιολογικά απαιτείται για να επιστρέψει η σύσταση του νερού σε φυσιολογικά επίπεδα έπειτα από μια μικρή (επουσιώδη) διακύμανση.
4. Διαρροή επικίνδυνου υλικού στον υδροφόρο ορίζοντα που προκαλεί παύση της χρήσης του ως πηγή πόσιμου νερού λόγω ακαταλληλότητας προς πόση.
5. Έκρηξη σε μία εγκατάσταση αποθήκευσης επικίνδυνων ουσιών που προκαλεί εκπομπή βλαπτικών αερίων σε μια κοντινή προστατευόμενη περιοχή η οποία λειτουργεί ως καταφύγιο για χιλιάδες υδρόβια και καλοβάτικα πτηνά.
6. Φωτιά που μπορεί να προκαλέσει μακροπρόθεσμα τη ρύπανση χαρακτηρισμένων περιοχών από τοξικά και χημικά (ουσίες οι οποίες ορίζονται στην οδηγία SEVESO Παράρτημα I ή παράγονται ή συμπαρασύρονται κατά την εκδήλωση ενός μεγάλου ατυχήματος) και να εμπλέκει την έκθεση των προστατευόμενων ειδών της περιοχής (π.χ. η ρύπανση να είναι τόσο σημαντική που να μπορεί να συγκριθεί με εκείνη των αστικών και βιομηχανικών περιοχών).
7. Φωτιά ή έκρηξη ή διαρροή που οδηγούν σε απώλειες δένδρων σε δρυμούς και/ή μεταβολές στα χαρακτηριστικά του εδάφους που μπορεί να προκαλέσουν μείωση της ικανότητας των οικοσυστημάτων στο δρυμό για φυσική παραγωγή και/ή να προκληθούν συνεχής απώλειες σε δένδρα για μεγάλη περίοδο χρόνων.
8. Απώλειες σε οργανισμούς που τα βασικά τους χαρακτηριστικά δεν θα αποκατασταθούν φυσιολογικά μέσα στα επόμενα χρόνια.

9. Επιβάρυνση/Ρύπανση οικοτόπων από χημικά από την οποία τίθεται σε κίνδυνο η ανθρώπινη υγεία και/ή ευαίσθητοι αποδέκτες χλώρια/πανίδα για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από λίγες μέρες ή εβδομάδες.
10. Διαρροές σε υδάτινους φορείς που προκαλούν θανάτους αρπακτικών πτηνών ή μεγάλων θηλαστικών ή μεγάλου αριθμού υδρόβιων και καλοβατίκων πτηνών.

Η παρούσα διατριβή λαμβάνει υπόψη τα παραπάνω σενάρια και τα χρησιμοποιεί ως οδηγό για την αναγνώριση επικίνδυνων ουσιών συναρτήσει αποδεκτών, συστημάτων και διόδων που μπορούν να δράσουν ως οδεύσεις προς του τελικούς αποδέκτες και προσδιορισμού κριτηρίων εκτίμησης επιπτώσεων. Επιπλέον για ατυχήματα υπό μορφή φωτιάς, έκρηξης ή διαρροής στο Κεφ. 7 αναπτύσσονται δένδρα γεγονότων περιβαλλοντικών βλαβών.

2.6.2 Κριτήρια Αναγνώρισης Περιβαλλοντικών Κινδύνων

Βάση της οδηγίας SEVESO ορίζονται συγκεκριμένα κριτήρια για την κοινοποίηση ατυχήματος με Άμεσες Βλάβες το Περιβάλλον (βλ. Κεφ. 6). Αναλύοντας τα χαρακτηριστικά ατυχημάτων με επιπτώσεις στο περιβάλλον (§ 2.6.1) προκύπτει ότι παράμετροι κομβικοί για την αναγνώριση των σεναρίων τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις είναι:

- Η χωρική κάλυψη / έκταση των ζωνών επιπτώσεων
- Η σοβαρότητα των επιπτώσεων σε πιθανούς αποδέκτες χλωρίδα, πανίδα (π.χ. πλήθος αποδεκτών, σημαντικότητα αποδεκτών, πληθυσμός του αποδέκτη στη ζώνη επιπτώσεων, κριτήρια περιβαλλοντικών βλαβών LC50s, LD50 κλπ)
- Ο χρόνος αποκατάστασης και
- Πληροφορία από ιστορικό ατυχημάτων

Η παρούσα ανάλυση χρησιμοποιεί την πληροφορία από το ιστορικό ατυχημάτων (επικίνδυνες ουσίες, κρίσιμος εξοπλισμός, συστήματα, οδεύσεις, βλάβες σε αποδέκτες κα.) με επιπτώσεις στο περιβάλλον για να παραμετροποιήσει το πρόβλημα ανάλυσης περιβαλλοντικών βλαβών και στοχεύει στον υπολογισμό έκτασης ζωνών επιπτώσεων για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών βλαβών λαμβάνοντας υπόψη την τρωτότητα (οριακές συγκεντρώσεις-δόσεις) των αποδεκτών (χλωρίδα, πανίδα) που υφίστανται στο περιβάλλον της εγκατάστασης.

Η αναγνώριση των κινδύνων που μπορούν να προκαλέσουν ατύχημα μεγάλης έκτασης απαιτεί την απόκτηση σημαντικής πληροφορίας για τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος γύρω από την εγκατάσταση, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή σε ευαίσθητους αποδέκτες (βλ. Κεφ 6) όπως είναι:

- οικολογικά και/ή ποιοτικά σημαντικούς ζώντες οργανισμούς και προστατευόμενα είδη (χλωρίδα και πανίδα) στο ευρύτερο περιβάλλον της εγκατάστασης και
- χαρακτηρισμένες περιοχές (δρυμοί, αγροτικές, δασικές εκτάσεις, αστικές περιοχές κτλ).

Από την ανάλυση των στοιχείων της προηγούμενης παραγράφου (§ 2.6.1) η παρούσα έρευνα καταλήγει πως οι κίνδυνοι Μεγάλου Ατυχήματος προς το Περιβάλλον είναι εκείνοι οι οποίοι έχουν την δυνατότητα:

- Να θέσουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία από μόλυνση τροφών και πόσιμου νερού ή μπορεί να προκαλέσουν επιπτώσεις σε συστήματα διαχείρισης αποβλήτων.
- Να επηρεάζουν μεγάλες εκτάσεις ευαίσθητων οικότοπων
- Να εμποδίζουν φυσικές διαδικασίες αποκατάστασης οργανισμών και να προκαλούν μακροπρόθεσμες επιπτώσεις σε οικοσυστήματα
- Να προκαλούν σημαντικές μόνιμες ή μακροπρόθεσμες βλάβες στο οικοσύστημα (άμεσες, έμμεσες), όπως π.χ. να επηρεάσουν την αναπαραγωγική φάση προστατευμένων ειδών ή να μειώνουν τη βιοποικιλότητα προστατευόμενων ειδών σε χλωρίδα και πανίδα (συμπεριλαμβανομένου τοπικών, εθνικών ή υπό εξαφάνιση προστατευόμενων ειδών) ή καταστροφή/μείωση στην περιοχή ενός σπάνιου οργανισμού.

Παραπάνω παρατέθηκαν συνοπτικά περιπτώσεις όπου ανεξέλεγκτα συμβάντα μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον ώστε να χαρακτηριστεί το ατύχημα ως Μεγάλης Έκτασης προς το Περιβάλλον. Οι συνέπειες όμως προκύπτουν ως το αποτέλεσμα μιας διαδοχής σταδίων όπου σε κάθε στάδιο αναγνωρίζονται οι επιμέρους παράγοντες και οι συνθήκες που πρέπει να ισχύουν προκειμένου η αλληλουχία στην αλυσίδα γεγονότων Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης να μην διακόπτεται. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στο προτεινόμενο πλαίσιο ανάλυσης περιβαλλοντικών κινδύνων για τις υφιστάμενες μελέτες ασφάλειας στις εγκαταστάσεις SEVESO.

2.7 Προτεινόμενο πλαίσιο Ανάλυσης Περιβαλλοντικών Κινδύνων στις Μελέτες Ασφάλειας

Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την εκτίμηση των επιπτώσεων από ΒΑΜΕ προϋποθέτει την αναγνώριση όλων των ατυχηματικών ενδεχομένων (σεναρίων) που δύνανται να προκαλέσουν επιπτώσεις τόσο στον άνθρωπο όσο και στο περιβάλλον. Ωστόσο στις Μελέτες Ασφάλειας (ΜΑ) όπως αυτές συντάσσονται μέχρι σήμερα σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες των αρμόδιων φορέων πραγματοποιείται εκτενής ανάλυση κινδύνου μόνον για συνέπειες που αφορούν τον άνθρωπο, ενώ ελάχιστες είναι οι περιπτώσεις που γίνεται αναφορά στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από ΒΑΜΕ (βλ. § 1.4).

Επομένως στις ΜΑ όπως κατατίθενται μέχρι σήμερα έχουν ήδη διερευνηθεί και αναλυθεί ατυχηματικά σενάρια στα οποία έχουν προσδιοριστεί οι σημαντικότερες πηγές κινδύνου στις μονάδες και στα συστήματα της εγκατάστασης που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες (κρίσιμος εξοπλισμός) και τα οποία τους ενδέχεται να προκαλέσουν ΒΑΜΕ.

Εφόσον λοιπόν στις ΜΑ έχουν ήδη εξεταστεί εναρκτήρια γεγονότα τα οποία αναφέρονται σε συγκεκριμένες πηγές κινδύνου (εξοπλισμός και διαδικασίες) τα οποία μέσα από συγκεκριμένες ακολουθίες γεγονότων μπορούν να οδηγήσουν σε ΒΑΜΕ προτείνεται η ανάλυση των περιβαλλοντικών κινδύνων από ΒΑΜΕ να έχει ως σημείο αφετηρίας τα ήδη αναλυμένα σενάρια και να χρησιμοποιούνται οι ήδη προσδιορισμένες πηγές κινδύνου (εξοπλισμός και διαδικασίες) ως αρχικά δεδομένα για την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Αρχικά προτείνεται να διερευνώνται από τις ήδη υπάρχουσες ΜΑ τα σενάρια για τα οποία έχουν προκύψει οι δυσμενέστερες επιπτώσεις σε έκταση ή ένταση -Worst Case Scenarios. Αν από την ανάλυση αυτών των σεναρίων δεν προκύψουν αξιοσημείωτες επιπτώσεις στο περιβάλλον τότε θεωρείται ότι δεν προκύπτει ανάγκη για περαιτέρω εξέταση άλλων σεναρίων με λιγότερο δυσμενής επιπτώσεις. Τα κριτήρια αξιολόγησης της σοβαρότητας των επιπτώσεων ορίζονται βάσει της διαδικασίας που περιγράφεται στα επόμενα κεφάλαια.

Σε αντίθετη περίπτωση, αν δηλαδή από την ανάλυση των δυσμενέστερων σεναρίων εκτιμηθούν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον (αποδέκτες και οικοσυστήματα) (βλ Κεφ. 6) τότε προτείνεται η ανάλυση περιβαλλοντικού κινδύνου να επεκταθεί και να συμπεριλάβει σενάρια μικρότερης έντασης ή έκτασης μέχρις ώσπου αναλυθούν σενάρια από τα οποία θα προκύψουν περιορισμένες επιπτώσεις στο περιβάλλον οπότε και η διαδικασία ολοκληρώνεται.

Ωστόσο θα μπορούσε η ανάλυση κινδύνου για το περιβάλλον από ΒΑΜΕ να μην περιοριστεί στα σενάρια εκείνα τα οποία έχουν ήδη διερευνηθεί στις ΜΑ αλλά να εμπλουτιστεί με νέα σενάρια τα οποία θα αναπτυχθούν αναγνωρίζοντας πηγές κινδύνου από τις οποίες αναμένεται να προκύψουν επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες που μέσω πιθανών οδεύσεων θα μπορέσουν να προκαλέσουν βλάβες σε τρωτούς αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης.

Κατά τη διαδικασία εκτίμησης των επιπτώσεων στο περιβάλλον είναι απαραίτητο στο αρχικό στάδιο της ανάλυσης, σύμφωνα και με τα στοιχεία του Πίνακα 2.5 να συγκεντρωθεί όλη η απαραίτητη πληροφορία ή να χρησιμοποιηθούν τα ήδη καταγεγραμμένα στοιχεία της ΜΑ σχετικά με:

- Τις επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες
- Την περιγραφή της εγκατάστασης και του σκοπού της λειτουργίας της
- Το Περιβάλλον της εγκατάστασης

Πραγματοποιώντας μια εκτενή και αναλυτική περιγραφή των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα σε κάθε μονάδα μιας εγκατάστασης και τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται οι επιμέρους διεργασίες π.χ. ισοζύγια μάζας υλικών σε βαθμίδες διεργασιών, μπορούν να εκτιμηθούν οι επικίνδυνες ουσίες και οι σχετικές ποσότητες οι οποίες εμπλέκονται στα επιμέρους συστήματα. Στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη τα ήδη αναλυμένα σενάρια ΒΑΜΕ από τη ΜΑ είναι δυνατό να καταγραφούν οι επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες, οι οποίες σχετίζονται με τον κρίσιμο εξοπλισμό όπως και οι διεργασίες με τις οποίες εμπλέκονται στα σενάρια ΒΑΜΕ. Από την ανάλυση κινδύνου της ΜΑ μπορούν να αντληθούν στοιχεία για τα συστήματα και τα μέσα ελέγχου, πρόληψης και καταστολής καθώς και για τις πιθανές οδεύσεις διαφυγής ή διαρροής των επικίνδυνων ουσιών εκτός των ορίων της εγκατάστασης.

Υπολογίζοντας και εκτιμώντας τις ποσότητες και τους ρυθμούς εκροής που διαφεύγουν οι επικίνδυνες ουσίες από την εγκατάσταση και με τη χρήση μοντέλων διασποράς (ατμόσφαιρα, έδαφος, ύδατα) σκοπός είναι να εκτιμηθεί η απόσταση στην οποία θα διασπαρθούν οι ουσίες καθώς και ο χρόνος της διασποράς τους. Από την περιγραφή του περιβάλλοντα χώρου μπορεί να αντληθεί πληροφορία αναφορικά στους τρωτούς αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης. Παραπάνω αποτυπώθηκε συνοπτικά η λογική αλληλουχία των γεγονότων που πρέπει να λάβουν χώρα προκειμένου να προκύψουν επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Στα επόμενα κεφάλαια αναλύονται οι παράμετροι του συστήματος της παρούσας προσέγγισης:

- Επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες και ιδιότητες επικίνδυνων για το Περιβάλλον ουσιών –
- Πηγές Περιβαλλοντικού Κινδύνου: Διαρροή Επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών (Ουσίες σε Ατυχηματικά Σενάρια),
- Οδεύσεις,
- Αποδέκτες και
- Τέλος αναπτύσσονται δένδρα γεγονότων που συνδέουν τα ατυχηματικά σενάρια με επιπτώσεις στο περιβάλλον, παρουσιάζονται αλληλουχίες γεγονότων προκειμένου να προκύψουν επιπτώσεις στο περιβάλλον όπως και παραδείγματα εκτίμησης ζωνών επιπτώσεων από διασπορά επικίνδυνων ουσιών σε ύδατα και ατμόσφαιρα.

Η σύνθεση των παραπάνω παραμέτρων και της ανάλυσης αυτών έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη πιλοτικού Οδηγού Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων ΒΑΜΕ και Δείκτη Περιβαλλοντικών Κινδύνων ΒΑΜΕ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

3.1 Γενικά στοιχεία

Η ΚΥΑ 12044/613 «Καθορισμός μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες, λόγω ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών» προβλέπει την καταγραφή, ταξινόμηση και υπολογισμό των ποσοτήτων των επικίνδυνων ουσιών που χειρίζονται σε μια εγκατάσταση και σύγκριση με τις προβλεπόμενες οριακές ποσότητες προκειμένου να εφαρμοστεί η οδηγία SEVESO. Ο έλεγχος και η ταξινόμηση των ουσιών σύμφωνα με το Παράρτημα 1 στο Μέρος 1 της ΚΥΑ αναφέρει ονομαστικά συγκεκριμένες ουσίες και τις οριακές ποσότητες αυτών για την εφαρμογή της οδηγίας, ενώ στο Μέρος 2 περιγράφονται οι κατηγορίες κινδύνου στις οποίες κατατάσσονται όσες ουσίες δεν αναφέρονται στο Μέρος 1 και οι αντίστοιχες οριακές τους ποσότητες.

Οι εγκαταστάσεις του Παραρτήματος Ι όταν οι αποθηκευμένες ποσότητες των ουσιών που προβλέπονται στη στήλη 1 του Πίνακα δεν ξεπερνούν τις οριακές ποσότητες της στήλης 2 υπόκεινται στην υποβολή Κοινοποίησης και Πολιτικής Πρόληψης Μεγάλων Ατυχημάτων (Άρθρο 6 και 7), ενώ αν ξεπερνούν τις οριακές ποσότητες της στήλης 3 ή αν το κλάσμα των επικίνδυνων ουσιών σύμφωνα με τον κανόνα της ΚΥΑ στη Σημείωση 4 προκύπτει μεγαλύτερο από ή ίσο προς 1, υπόκεινται στην υποβολή Μελέτης Ασφάλειας. Σημειώνεται ότι οι επικίνδυνες ουσίες οι οποίες λαμβάνονται υπόψη πρέπει να υπάρχουν στην εγκατάσταση σε ποσότητες το ελάχιστο ίσες με το 2% της σχετικής οριακής ποσότητας και να αντιστοιχούν στις μέγιστες ποσότητες οι οποίες βρίσκονται ή μπορεί να βρεθούν σ' έναν τόπο καθ' οποιαδήποτε στιγμή εντός της εγκατάστασης.

Για τον ακριβή καθορισμό των επικίνδυνων ιδιοτήτων μιας ουσίας που δεν καταγράφεται στο Μέρος 1 και κατά συνέπεια την ταξινόμηση της ουσίας στη σωστή κατηγορία ουσιών (Μέρος 2) χρησιμοποιούνται οι προσδιοριστικές φράσεις κινδύνου όπως αυτές προβλέπονται από τις Οδηγίες 67/548/ΕΟΚ και 2006/121/ΕΚ (βλ. Κεφ. 4).

Στο Παράρτημα 1 και στο Μέρος 2 της ΚΥΑ προβλέπεται ειδική κατηγορία ουσιών χαρακτηρισμένες ως «Επικίνδυνες για το (υδάτινο) Περιβάλλον» (Κατηγορία 9), γεγονός που επισημαίνει και την ιδιαίτερη σημασία που αποδίδεται στην ανάλυση και πρόληψη των περιβαλλοντικών κινδύνων. Συγκεκριμένα ως επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες ορίζονται:

i) **R50:** ουσίες πολύ τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς
   R50/53: ουσίες πολύ τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς **και** που μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον, και
ii) **R51/53:** ουσίες τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς **και** που μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον.

Για τις ουσίες αυτές οι οριακές ποσότητες σε τόνους (tn) για την εφαρμογή των άρθρων 6 (Κοινοποίηση) και 8 (Μελέτη Ασφάλειας) παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1, όπου με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται οι ποσότητες των ουσιών που ίσχυαν στην ΚΥΑ 5697/590 και με πράσινο οι τιμές που ισχύουν στην επικαιροποιημένη ΚΥΑ 12044/613 (αντικατάσταση της 5697/590).

Επικίνδυνες για το Περιβάλλον:	Άρθρα 6 , 7 tn	Άρθρο 8 tn
R 50, R50/53	200/**100**	500/**200**
R51/53	500/**200**	2000/**500**
Πετρελαϊκά προϊόντα	5000/**2500**	50000/**25000**

Πίνακας 3.1: Επικίνδυνες για το (υδάτινο) περιβάλλον ουσίες

Στον Πίνακα 3.1 αποτυπώνεται μια σημαντική μείωση στις οριακές ποσότητες που αφορούν τις επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες (πάνω από 50%), γεγονός που αποδίδει τη σημαντικότητα για αυξημένη πρόληψη αναφορικά στους περιβαλλοντικούς κινδύνους. Η παραπάνω τροποποίηση τεκμηριώνεται και από σχετική αναφορά του Joint Research Center, Major Accident Hazard Bureau όπου στο πλαίσιο έρευνας διερευνήθηκαν και αναλύθηκαν βιομηχανικά ατυχήματα με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι πολύ μικρές ποσότητες επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών προκάλεσαν σημαντικές βλάβες (TWG 7- Christou, 2000).

Για τις χημικές ουσίες πληροφορίες αναφορικά στους περιβαλλοντικούς κινδύνους μπορούν να αντληθούν από:

- Τα Έντυπα Δεδομένων Ασφάλειας-Material Safety Data Sheets (MSDS) των ουσιών, από βάσεις δεδομένων όπως:
- The Global Portal to Information on Chemical Substances[1],
- Την ειδική βάση δεδομένων «N-CLASS Database on Environmental Hazard Classification version 6.1» η οποία αποτελεί έργο του Nordic Council of Ministers σε συνεργασία με το European Chemicals Bureau[2] ,
- Databases: CHRIP, ESIS, HPVIS, INCHEM, NICNASPEC, OECD HPV, SIDS IUCLID, SIDS UNEP καθώς και
- Σχετικές μελέτες των εγκαταστάσεων π.χ. Μελέτες Ασφάλειας, Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων κ.α.

Σημειώνεται ότι στη N-CLASS Database καταγράφονται 2763 ουσίες σαν επικίνδυνες για το υδάτινο περιβάλλον (1169 ουσίες R50 και R50/53, και 1594 ουσίες R51/53), ενώ από JRC το 1996 είχαν καταγράφει ~154 ουσίες (R50, R50/51 και R51/53) αντίστοιχα.

Στην παράγραφο 3.8 πραγματοποιείται μια σύντομη αναφορά στις βασικές ιδιότητες των χημικών βάσει των οποίων χαρακτηρίζονται σαν επικίνδυνες για το (υδάτινο) περιβάλλον ενώ στο Παράρτημα 3 της παρούσας διατριβής παρουσιάζονται αναλυτικά οι αρχές, οι κανόνες, τα τεστ και τα κριτήρια βάσει των οποίων οι χημικές ουσίες και τα μείγματα χημικών ουσιών χαρακτηρίζονται σαν επικίνδυνα για το (υδάτινο) περιβάλλον.

[1] http://webnet3.oecd.org/echemportal/

[2] Η βάση δεδομένων δίνει πλήρη φάκελο για ταξινόμηση βάσει φυσικών/χημικών, υγείας και περιβαλλοντικών επιπτώσεων για ουσίες οι οποίες υπάρχουν στο Παράρτημα I της οδηγίας (Directive 67/548/EEC) http://apps.kemi.se/nclass/default.asp

3.2 Επικίνδυνες ουσίες που εμπλέκονται σε περιβαλλοντικά ατυχήματα

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκε έρευνα αναφορικά σε ατυχήματα που πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν και είχαν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η βιβλιογραφική έρευνα συμπεριλαμβάνει δεδομένα από:

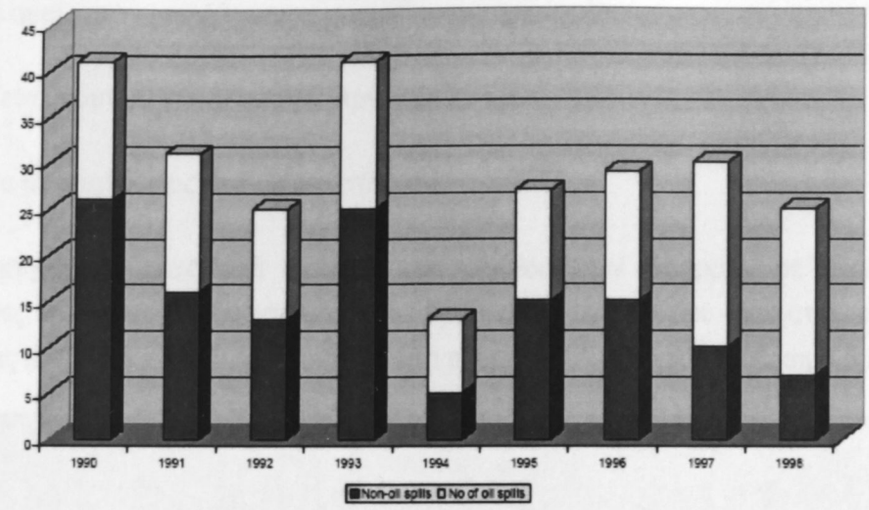
- Joint Research Center-JRC της Commision, TWG 7- Christou, 2000
- Major Accident Hazard Bureau MAHB, βάση δεδομένων MARS
- Environmental Protection Agency-EPA US
- DETR
- Web Sites: Europa, JRC

Επικίνδυνες ουσίες που έχουν συμμετάσχει σε ατυχήματα τα οποία έχουν καταχωρηθεί από το JRC ως μεγάλα ατυχήματα προς το περιβάλλον εμφανίζονται να είναι:

- Πολύ τοξικές ουσίες για τους υδρόβιους οργανισμούς και που μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον (**R50/53**). Οργανικές (π.χ pentachlorophenol) και ανόργανες (π.χ. cyanides).
- Πολύ τοξικές ουσίες για τους υδρόβιους οργανισμούς (**R50**) οι οποίες δεν μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον.
- Τοξικές ουσίες για τους υδρόβιους οργανισμούς **και** οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον (**R51/53**), π.χ. cryolite, cumene.

Επίσης παρακάτω παρουσιάζονται ειδικές κατηγορίες ουσιών που έχουν συμμετάσχει σε ατυχήματα με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον:

- **Εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, φυτοφάρμακα** (π.χ. **endosulfan, disulfoton, parathion, lindane**). Η πλειοψηφία των ενώσεων αυτών αναφορικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ανήκει στις κατηγορίες R50 και R50/53. Αναφέρονται ως ξεχωριστή κατηγορία ουσιών και διαχωρίζονται από τις παραπάνω εξαιτίας της συχνής τους ανάμειξης σε ατυχήματα με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον (συμπεριλαμβανομένων διαρροής πολλών ουσιών με αποτέλεσμα να λαμβάνει χώρα συνέργια επιπτώσεων).
- **Προϊόντα πετρελαίου** (π.χ. βενζίνη, κεροζίνη, πετρέλαιο diesel, fuel oil). Σύμφωνα με αναφορά του JRC το 2000 σημειώνεται ότι είχε προταθεί η πλειοψηφία αυτών των ουσιών να χαρακτηριστεί ως R51/53. Ομοίως με την παραπάνω κατηγορία αναφέρονται ως ξεχωριστή ομάδα εξαιτίας των διαφορετικών φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων σχετικά με την υδάτινη τοξικότητα τους και τις βλάβες (ποσοστό θανάτου) που μπορούν να προκαλέσουν. Οι ουσίες αυτές εμπλέκονται πολύ συχνά σε περιβαλλοντικά ατυχήματα και διαρροές. Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζεται ο αριθμός των διαρροών πετρελαιοειδών στον ποταμό Ρήνο σε σχέση το συνολικό αριθμό των διαρροών την δεκαετία 1990-2000. Από τον παρακάτω πίνακα γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι διαρροές πετρελαιοειδών κυμαίνονται από 40%-70% στο σύνολο των διαρροών. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι πολλά από τα ατυχήματα που εμπλέκονται πετρελαιοειδή έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια διαδικασιών μεταφοράς.



Πίνακας 3.2: Διαρροές στον ποταμό Ρήνο 1990-2000. Πηγή IRC

- **Ουσίες που χρησιμοποιούνται στην πυρόσβεση** (αφρός πυρόσβεσης) **και προϊόντα πυρόλυσης**. Οι ουσίες αυτές σχετίζονται με τη μόλυνση του υδάτινου περιβάλλοντος από τα απόνερα πυρόσβεσης έπειτα από μεγάλες φωτιές ιδιαίτερα σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης ουσιών (π.χ. φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων). Ιδιαίτερα τονίζεται η δυσκολία στον προσδιορισμό των προϊόντων πυρόλυσης και διάσπασης των προϊόντων.
- **Απορρίμματα από διαδικασίες εξόρυξης** και άλλες διαδικασίες διαχείρισης των εγκαταστάσεων. Οι ουσίες οι οποίες υπάρχουν στα απόνερα των εγκαταστάσεων αποτελούν μια ακόμα κατηγορία ρυπαντών ειδικού ενδιαφέροντος εφόσον και στην περίπτωση αυτή είναι δύσκολο να προσδιοριστεί η ακριβής σύσταση των απορριμμάτων. Τα ατυχήματα στην Aznalcollar της Ισπανία το 1998 και της Baia Mare στη Ρουμανία το 2000 στα οποία εμπλέκονται χημικά και απορρίμματα από διαδικασίες εξόρυξης, υποδεικνύουν τη σημαντικότητα της κατηγορίας αυτής.
- **Ακόμη ουσίες οι οποίες δεν χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνες για το περιβάλλον**. Είναι γεγονός ότι σε μεγάλα ατυχήματα με επιπτώσεις στο περιβάλλον έχουν εμπλακεί ουσίες οι οποίες δεν είναι χαρακτηρισμένες ως επικίνδυνες για το περιβάλλον. Αυτό οφείλεται στο ότι η ταξινόμηση των ουσιών σύμφωνα με την Οδηγία 67/548/EEC είναι μια δυναμική διαδικασία η οποία εξελίσσεται συνέχεια. Υπάρχουν σαφώς πολλές χημικές ουσίες οι οποίες δεν έχουν αξιολογηθεί ως επικίνδυνες για το περιβάλλον αλλά οι οποίες είναι πολύ πιθανό στο μέλλον να ταξινομηθούν ως επικίνδυνες και να πάρουν έναν από τους χαρακτηρισμούς R50, R50/51 κλπ. Επιπλέον άλλες κατηγορίες ουσιών όπως είναι οι διαβρωτικές (θειικό οξύ, νιτρώδη οξέα κλπ.) μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Για τους σκοπούς της παρούσας διατριβής αναπτύχθηκε ο Πίνακας 3.2 όπου παρουσιάζονται ουσίες οι οποίες έχουν συμμετάσχει σε μεγάλα ατυχήματα με επιπτώσεις στο περιβάλλον κατά την περίοδο 1974-2004. Περιλαμβάνονται ατυχήματα που έχουν συμμετάσχει επικίνδυνες ουσίες που ήταν αποθηκευμένες σε εγκαταστάσεις SEVESO και προκάλεσαν σημαντικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα. Για την περίοδο 1974-2000 αντλήθηκαν δεδομένα από εκτενή αναφορά του Joint Research Center- της Commision (TWG 7- Christou, 2000), ενώ για την περίοδο 2000-2004 από τη βάση δεδομένων κοινοποίησης Μεγάλων Ατυχημάτων MARS (Major Accident Reporting System).

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω κριτήρια επιλογής:

α. Διαρροή επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών και

β. Ατυχήματα με επιπτώσεις στα οικοσυστήματα.

Για να αποκτηθεί μια ρεαλιστική αντίληψη του μεγέθους των διαρροών σε αναλογία με τις αποθηκευμένες ποσότητες παρουσιάζονται οι ποσότητες των ουσιών που ήταν αποθηκευμένες στις εγκαταστάσεις και/ή που τελικά διέρρευσαν για όσα περιστατικά υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα.

	Ατύχημα	Ουσίες από Μεγάλα Ατυχήματα στο Περιβάλλον	Αποθη-κευμένες Ποσότητες	Ποσότητες που διέρρευσαν
1	15/12/74 Hattiesburg, Mississippi, USA	Pentachlorophenol	-	-
2	21/7/75 Strongstown, Pennsylvania, USA	Chlordane hystachlor, Dieldrin, Aldrin	-	9.5 l μίγματος σε 900 l νερού
3	23/7/80 Northern Sweden	Pentachloro-phenol, 2,3,4-tetra-chloro-phenol	-	3 m3
4	15/9/85 Drogobych, Ukraine, USSR	Potassium salt (powder)	-	Tons
5	1/11/86 Schweizerhalle, Switzerland	Pesticides: Organophoshphorus mercury-based, zinc based pesticides	680 tn	6-22 tn
6	4/12/86 Terminal Savannah River, Georgia, USA	Fuel oil	-	1700 tn
7	1986 Release in industry	Toluene	-	Μερικοί τόνοι
8	8/10/87 Isla Desola-cion, Magellan Strait	Light crude oil, fuel oil	70348 m3	533 m3
9	05 December 1987 Type of industry: pesticides, pharmaceuticals, other fine chemicals	MPEM 0,0-dimethyl-S-(carbomethoxy methyl) dithiophosphoric acid ester:	-	0,77 tn
10	2/1/88 Floreffe, Pennsylva-nia, USA	Diesel fuel oil	12 500 tn	2400 tn

11	8/6/88 Auzouer En Touraine, France	Phenol derivates, Toluene, heavy metals etc	-	-
12	22/8/88 Gueugnon, France	Nitric acid	-	500 l
13	10/10/88 Dampniat France	Lindane and Sodium pentachlorophenate	-	40 kg
14	22/12/88 Grays Harbour, Washington USA	Bunker C oil	70000bbl	5500bbl (730 tn)
15	20/3/89 Saint Andre de Majencoules, France	Oil fuel	20000 l	20000(~730tn)
16	28/3/89 Vierzon, France	Fuel oil	-	8000 l ~17 t
17	2/1/90 Arthur Kill Waterway, USA	Heating oil	-	13500 bbl ~1800t
18	8/4/90 Martelange,Esch, Luxemburg	Monochloroacetic acid	22 t	7t
19	3/12/90 Chavanay France	Hydrocarbon fuel	1760 m3	720 m3
20	21/1/95 Quebec, Canada	Sulphuric acid (concentrated)	-	234 m3
21	19/8/94, Rho, Italy	Acetone cyanohydrin (2-Methyllactonitrile, 2-hydroxy-2methyl-propionitrile, alfa-hydroxyisobutyronitrile, (CH3)2COHCH CAS No 75-86-5	-	298 tn
22	4/5/95, River Erre, France	Pesticides: Organophoshphorus, mercury-based, zinc based pesticides	-	-
23	28/2/96, Rotterdam, the Netherlands	Calcium hypochlorite CAS 7778-54-3 Trichloreisocyanicacid CAS 87-90-1	-	-
24	6/8/96, River Meurthe, France	Herbicides and pesticides	-	200 m3 απόνερων πυρόσβεσης με

				φυτοφάρμακα
25	5/4/97 Courant de Mimizan river,France	Solution of 50° Chlorimetric sodium hypochlorite	-	21 m3
26	2/9/97 River Meurthe, France	Ethoxylated Alkylphenol and its products when in contact with water	-	-
27	16/7/98 France	Cyanide, copper compounds and oxidable substances.	-	-
28	28/7/98 France	Javel water (sodium chlorite)	-	-
29	24/3/89 Prince William, Alaska, USA(Exxon Valde)	Crude oil	-	11 million gallons ~37,400 tn
30	31/5/98 Enns river, Steyr, Austria	Heating oil	700 m3	70 m3
31	31/1/2000 Baia Mare,Romania	Waste containing cyanide	-	-
32	19 February 2000 pesticides, pharmaceuticals, other fine chemicals	Nitric acid nitro-pendimethalin, nitroso- pendimethalin and pendimethalin	-	6.000 l
33	10 June 2000 petrochemical, refining, processing	Light catalytically cracked spirit (Naphtha)	11.5 tonnes.	
34	January 2001 Power supply and distribution Industry	Seveso II Substance Category: highly flammable	-	-
35	13 January 2001 pesticides, pharmaceuticals, other fine chemicals	Phenol	0	13.8 tonnes
36	12 June 2001 general chemicals manufacture	Phenol	-	21 m3
37	03 October 2001 handling and transportation centres	Lquefied ammonia	-	48 t
38	10 December 2001 general chemicals manufacture	Seveso II Category: dangerous for the environment (R50, 51/53), qty : 4750kg; n-methylpyrrolidone qty: 26200.0kg;		

		tars with high boiling point, qty: 800.0kg; therminol 66 - hydrogenated terphenyls, terphenyls (heat carrier oil) qty: 5880.0kg; hydrogen chloride (liquefied gas), qty: 7600.0kg; Seveso II Category: toxic CO ambient air, qty: 150.0kg; chloromethylphenyl-acetic acid, qty: 1850.0kg; 3-isochromanone, qty: 9000.0kg; 1,2-phenylenediacetic Acid, qty: 393.0kg; 2-methyl benzyl chloride; qty: 375.0kg; phthalan, qty: 357.0kg; 2-methylphenyl-acetic acid, qty: 1883.0kg		
39	07 January 2002 Type of industry agriculture	Ammonia fertilizer, Nitrogen		-
40	26 January 2002 Type of industry general chemicals manufacture	NPK (Nitrogen, phosphorus, potassium) fertiliser compound.	-	10.000 mt
41	24 July 2002 Type of industry general chemicals manufacture	Toluene diisocyanate (TDI).		~ 0.5 te
42	August 2002 Large flooding of Vltava River in	Chlorine ~80,841 tn	-	-
43	28 November 2002 Type of industry general chemicals manufacture Porto Marghera	Mixture of m-tolylidene diisocyanate	-	-
44	14 August 2003 Type of industry General chemicals manufacture	Unleaded petrol	-	~7400m3
45	23 July 2004 Petrochemical, Refining, processing Fire and explosion in a petrol desulphurisation plant	Substance Category: Extremely Flammable	-	~8000 kg

Πίνακας 3.2: Επικίνδυνες ουσίες σε μεγάλα ατυχήματα προς το περιβάλλον. JRC: TWG 7- Christou, 2000; Web Sites: Europa, MARS database

Από τον Πίνακα 3.2 και από τα δεδομένα αναφορών των ατυχημάτων που δίνουν λεπτομερής πληροφορίες για τις συνθήκες εκδήλωσης των ατυχημάτων και των επιπτώσεων η παρούσα ανάλυση καταδεικνύει τα παρακάτω συμπεράσματα

- Οι επικίνδυνες ουσίες οι οποίες είναι χαρακτηρισμένες ως R50, R50/53, R51/53 έχουν συμμετάσχει σε πολλά ατυχήματα με σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

- Σχετικά μικρές ποσότητες- αρκετά χαμηλότερες από τις οριακές ποσότητες της οδηγίας SEVESO- έχουν προκαλέσει σημαντικές περιβαλλοντικές βλάβες. Γενικά συμπεραίνεται ότι οι διαρρεύσασες ποσότητες είναι πολύ μικρότερες σχετικά με τις αποθηκευμένες στις εγκαταστάσεις. Συγκεκριμένα με εξαίρεση το αργό (crude oil) και το πετρέλαιο (fuel oil, heat oil) οι ποσότητες διαρροής είναι της τάξεως των μερικών τόνων.
- Σημαντικά περιβαλλοντικά ατυχήματα με συνέπειες στο υδάτινο περιβάλλον έχουν προκύψει από αγροτοβιομηχανικές εγκαταστάσεις και από χημικά όπως: φυτοφάρμακα, νιτρικό και θειικό οξύ, αμμωνία, υδροχλώριο, φαινόλες, τολουόλιο κλπ.
- Οι πετρελαιοχημικές ουσίες, μολονότι εμπλέκονται συχνά σε ατυχήματα με περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με άλλες ουσίες, προκαλούν πιο περιορισμένες βλάβες στο περιβάλλον σε σχέση με αντίστοιχες ποσότητες άλλων επικίνδυνων ουσιών.

Πηγές πληροφοριών που εντοπίστηκαν από την βιβλιογραφική έρευνα αναφορικά σε ατυχήματα του παρελθόντος και των συνεπειών τους είναι διεθνείς περιβαλλοντικοί οργανισμοί όπως EEA- European Environment Agency[3] (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος - ΕΟΠ), Europa-Environment:Civil Protection[4], Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών[5] (UNEP - United Nations Environment Programme), JRC της Commision, Major Accident Hazard Bureau MAHB-MARS Database, Environmental Protection Agency-EPA US[6], Institution of Chemical Engineers. IChemE, οργανισμοί της Βιομηχανίας, επιστημονικά περιοδικά: Journal of Hazardous Materials-Elsevier, Loss Prevention in Process Industries, Loss Prevention Bulletin και Industrial Emergency Journal κ.α.

3.3 Επικίνδυνες ουσίες σε Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης

Ένα ανεξέλεγκτο συμβάν (φωτιά, έκρηξη, μεγάλη διαρροή) χαρακτηρίζεται ως Μεγάλο Βιομηχανικό Ατύχημα βάσει της οδηγίας SEVESO μόνον αν συμμετέχουν σε αυτό σημαντικές ποσότητες «επικίνδυνων ουσιών» και προκαλέσουν σοβαρές επιπτώσεις άμεσες ή απώτερες στην ανθρώπινη υγεία και/ή στο περιβάλλον. Στα ατυχηματικά αυτά γεγονότα ενδέχεται να συμμετέχουν ή να σχηματιστούν επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες (R50,R50/53, R51/53) σαν προϊόντα καύσης ή αντίδρασης. Οι ουσίες αυτές σε αέρια μορφή ενδέχεται να διαρρεύσουν είτε με μορφή αέριου νέφους ή να μεταφερθούν με τα καυσαέρια στην ατμόσφαιρα σε υγρή μορφή, ή σαν υγρά να μεταφερθούν με τα νερά πυρόσβεσης σε επιφανειακά νερά και στο έδαφος.

Επομένως η διερεύνηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από ουσίες οι οποίες μπορεί να εμπλέκονται σε ατυχηματικά γεγονότα και οι οποίες προβλέπονται βάσει οδηγίας SEVESO αλλά δεν συγκαταλέγονται στις τοξικές για το υδάτινο περιβάλλον (R50, R50/53, R51/53), μπορεί να αποτελέσει ένα επιπλέον αντικείμενο στην ανάλυση περιβαλλοντικών κινδύνων.

[3] http://local.el.eea.eu.int/
[4] http://ec.europa.eu/environment/seveso/implementation
[5] http://www.unep.org/ http://www.chem.unep.ch/irptc/invent/igo.html
[6] http://www.epa.gov/

Σύμφωνα με το Παράρτημα 1 της οδηγίας SEVESO υπάρχουν επικίνδυνες ουσίες οι οποίες κατονομάζονται (Μέρος 1) και ουσίες οι οποίες περιγράφονται σε κατηγορίες. Οι κατηγορίες του Μέρους 2 περιλαμβάνουν :

Κατηγορίες Επικίνδυνων Ουσιών (στήλη 1)	**Οριακές Ποσότητες (σε τόνους) επικίνδυνης ουσίας κατά την έννοια του άρθρου για την εφαρμογή**	
	Των άρθρων 6 και 7 (Κοινοποίηση) (στήλη 2)	Του άρθρου 8 (Μελέτη Ασφάλειας) (στήλη 3)
1. ΠΟΛΥ ΤΟΞΙΚΕΣ	**5**	**20**
2. ΤΟΞΙΚΕΣ	**50**	**200**
3. ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ	**50**	**200**
4 ΕΚΡΗΚΤΙΚΕΣ	**50**	**200**
5. ΕΚΡΗΚΤΙΚΕΣ	**10**	**50**
6. ΕΥΦΛΕΚΤΕΣ	**5.000**	**50.000**
7α. ΠΟΛΥ ΕΥΦΛΕΚΤΕΣ	**50**	**200**
7β. ΠΟΛΥ ΕΥΦΛΕΚΤΑ ΥΓΡΑ	**5.000**	**50.000**
8. ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΕΥΦΛΕΚΤΕΣ	**10**	**50**
9. ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ: α. «Πολύ τοξική για τους υδρόβιους οργανισμούς» -R 50 β. Τοξική για τους υδρόβιους οργανισμούς, μπορεί να προκαλέσει μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον –R 50/51	**100** **200**	**200** **500**
10. ΚΑΘΕ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ που δεν καλύπτεται από τις ανωτέρω **α. Ουσίες που αντιδρούν βίαια με το νερό (συμπεριλαμβανομένου R 14)** **β. Ουσίες που με επαφή με το νερό εκλύουν τοξικά αέρια (R 29)**	**100** **50**	**500** **200**

Πίνακας 3.3.1: Κατάταξη επικίνδυνων ουσιών όπως προβλέπονται στο Μέρος ΙΙ της ΚΥΑ 12044/613

Οι ουσίες και οι οριακές ποσότητες στις οποίες επικεντρώνεται η παρούσα διατριβή είναι οι ουσίες των κατηγοριών 9α και 9β. Σημειώνεται ότι χαρακτηριστικές ποσότητες για υποβολή Κοινοποίησης και ΜΑ για τις κατηγορίες αυτές είναι οι 200 και 500 τόνοι αντίστοιχα. Οι ποσότητες αυτές θεωρούνται σχετικά μεγάλες αναφορικά στις ποσότητες που εμφανίζονται στις διαρροές στα παρελθόντα

ατυχήματα.Οι κατηγορίες του Πίνακα 3.3.1 αποδίδονται σύμφωνα με την Οδηγία 92/32/ΕΟΚ. Επιγραμματικά οι χρησιμοποιούμενοι ορισμοί αναφέρονται στην υποσημείωση[7].

---

[7] **Πολύ τοξικές** ουσίες και παρασκευάσματα που εισπνεόμενα, καταπινόμενα ή απορροφούμενα μέσω του δέρματος ακόμη και σε ελάχιστη ποσότητα προκαλούν το θάνατο ή οξείες ή χρόνιες βλάβες της υγείας.

Τοξικές ουσίες και παρασκευάσματα που εισπνεόμενα, καταπινόμενα ή απορροφούμενα μέσω του δέρματος ακόμα και σε μικρές ποσότητες προκαλούν το θάνατο ή οξείες ή χρόνιες βλάβες της υγείας.

Εκρηκτικές: στερεές, υγρές, παχύρευστες ή ζελατινώδεις ουσίες και παρασκευάσματα που αντιδρούν εξώθερμα και με ταυτόχρονη ταχεία έκλυση αερίων ακόμη και χωρίς την παρουσία ατμοσφαιρικού οξυγόνου και που υπό καθορισμένες συνθήκες δοκιμής εκπυρσοκροτούν, αναφλέγονται έντονα και γρήγορα ή εκρήγνυνται υπό την επίδραση θερμότητας και περιορισμού.

Οξειδωτικές: ουσίες και παρασκευάσματα τα οποία, σε επαφή με άλλες ουσίες και ιδίως εύφλεκτες ουσίες, προκαλούν ισχυρώς εξώθερμη αντίδραση.

Εξαιρετικά εύφλεκτες ουσίες και παρασκευάσματα με εξαιρετικά χαμηλό σημείο ανάφλεξης και χαμηλό σημείο ζέσεως, καθώς και αέριες ουσίες και παρασκευάσματα οι οποίες, υπό κανονική θερμοκρασία και πίεση, αναφλέγονται στον αέρα.

Πολύ εύφλεκτες: ουσίες και παρασκευάσματα:

- που μπορεί να θερμανθούν και τελικά να αναφλεγούν στον αέρα σε κανονική θερμοκρασία χωρίς έξωθεν παροχή ενέργειας ή
- σε στερεά κατάσταση, που μπορούν να αναφλεγούν εύ□ολα μετά από σύ□□ομη επίδραση πηγής ανάφλεξης και που εξακολουθούν να φλέγονται ή να καίονται μετά την απόσυρση της πηγής ανάφλεξης ή
- σε υγρή κατάσταση, με πολύ χαμηλό σημείο ανάφλεξης ή
- που σε επαφή με το νερό ή με υγρό αέρα εκλύουν εξαιρετικά ευφλεκτα αέρια σε επικίνδυνες ποσότητες.

Εύφλεκτες υγρές ουσίες και παρασκευάσματα με πολύ χαμηλό σημείο ανάφλεξης.

Οι παραπάνω ουσίες αποδίδονται από τις παρακάτω φράσεις κινδύνου. Σημειώνεται ότι Σύμβολα και ενδείξεις κινδύνου για επικίνδυνες ουσίες και παρασκευάσματα συμφωνούν με τις υποδείξεις της Οδηγίας 2001/59/ΕΚ[7]:

Φύση των ειδικών κινδύνων που αφορούν επικίνδυνες ουσίες και παρασκευάσματα:	**R-φράσεων**
R2	Κίνδυνος εκρήξεως από κρούση, τριβή, φωτιά ή άλλες πηγές αναφλέξεως
R3	Πολύ μεγάλος κίνδυνος εκρήξεως από κρούση, τριβή, φωτιά ή άλλες πηγές αναφλέξεως
R10	Εύφλεκτο
R11	Πολύ εύφλεκτο
R12	Εξαιρετικά εύφλεκτο
R14	Αντιδρά βίαια με νερό
R17	Αυτοαναφλέγεται στον αέρα
R29	Σε επαφή με το νερό ελευθερώνονται τοξικά αέρια
R14/15	Αντιδρά βίαια σε επαφή με νερό εκλύοντας αέρια εξόχως εύφλεκτα

Πίνακας 3.3.2: Φράσεις κινδύνου επικίνδυνων ουσιών στην ΚΥΑ 12044/613

Από τις ουσίες όπως προβλέπονται στο Μέρος 1 του Παραρτήματος 1 της οδηγίας SEVESO (βλ. Παράρτημα 2 στης παρούσας) και τις παραπάνω ουσίες (Μέρος 2) οι οποίες ενδέχεται να εμπλέκονται σε ατυχηματικά γεγονότα σε μια εγκατάσταση SEVESO μπορούν να προκύψουν επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες είτε ως προϊόντα καύσης ή αντίδρασης (βλ. 3.4).

Αναλυτικά στοιχεία για τις επικίνδυνες ουσίες και τις ποσότητες με τις οποίες έχουν συμμετάσχει σε ατυχήματα μεγάλης έκτασης παρατίθενται στην επίσημη βάση δεδομένων της ΕΕ MARS του Major Accident Hazard Bureau.

3.4 Δημιουργία τοξικών προϊόντων καύσης

3.4.1 Φαινόμενα κατά την εκδήλωση Φωτιάς

Τα προϊόντα των αντιδράσεων καύσης ουσιών αποτελούν μια σημαντική ομάδα ουσιών τα οποία μπορούν να προκύψουν κατά την εκδήλωση μεγάλων ατυχημάτων (φωτιές και εκρήξεις). Συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια εκδήλωσης μιας φωτιάς λαμβάνουν χώρα μια σειρά από φυσικές και χημικές διεργασίες όπως: θέρμανση και εξάτμιση, καύση, πυρόλυση, αποσύνθεση και αντιδράσεις μεταξύ των προϊόντων καύσης (Green Book; TNO 1989).

Μετά από μια διαρροή η ουσία αρχίζει να εξατμίζεται ως αποτέλεσμα του θερμικού της φορτίου ενώ μια σειρά από διαφορετικές χημικές διεργασίες μπορούν να πραγματοποιηθούν ανάλογα και εξαρτώμενες από πολλούς παράγοντες όπως είναι: η θερμοκρασία, η έκταση της φωτιάς, η κατανομή θερμότητας κ.α.

Στις περιπτώσεις φωτιάς πρέπει να γίνεται διαχωρισμός μεταξύ της τέλειας και ατελούς καύσης. Σε μια τέλεια καύση η θερμοκρασία και η συγκέντρωση οξυγόνου είναι αρκετά υψηλές (ικανές) για να οξειδώσουν πλήρως την ουσία. Οι ουσίες που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο όταν καούν πλήρως δίνουν CO_2 και H_2O. Αντίθετα σε μια ατελή καύση δεν πραγματοποιείται ολοκληρωμένη οξείδωση και τότε εκτός από CO, CO_2 και H_2O μπορούν να παραχθούν και άλλα προϊόντα. Τα προϊόντα αυτά ονομάζονται δευτερεύοντα προϊόντα καύσης και σχηματίζονται από τα προϊόντα διάσπασης της αρχικής ουσίας. Ακόμη ένα φαινόμενο της ατελούς καύσης είναι η δημιουργία καπνού.

Το φαινόμενο της πυρόλυσης λαμβάνει χώρα στην περίπτωση όπου μια ουσία θερμαίνεται χωρίς την παροχή οξυγόνου. Στην πυρόλυση μπορεί να προκύψει τόσο μεγάλος αριθμός προϊόντων που είναι αδύνατον να προσδιοριστούν εκ των προτέρων ποια μείγματα ή ποιοι τύποι μειγμάτων μπορούν να παραχθούν.

Εκτός από την πυρόλυση μία ουσία μπορεί ως συνέπεια της καύσης της να αποσυντεθεί, δηλαδή να διαχωριστεί σε προϊόντα τα οποία είναι πιο απλά από την αρχική ουσία.
Επιπλέον είναι δυνατόν στο επίκεντρο της φωτιάς και στον άμεσο περιβάλλοντα χώρο της να λάβουν χώρα αλυσιδωτές αντιδράσεις μεταξύ των διαφορετικών προϊόντων καύσης. Ως αποτέλεσμα αυτού του τύπου των αντιδράσεων μπορεί να προκύψει μια ολόκληρη σειρά από άλλες ουσίες, οι οποίες θα παραχθούν από προϊόντα αποσύνθεσης και από προϊόντα αντίδρασης της αρχικής ουσίας.

Εξετάζοντας το αντικείμενο του σχηματισμού τοξικών προϊόντων πρέπει να γίνει σαφές ότι η φωτιά είναι ένα πολύ πολύπλοκο φαινόμενο, όπου πολλές διαφορετικές αντιδράσεις μπορούν να αναπτυχθούν ταυτόχρονα. Παρακάτω θα παρατεθούν τα κύρια προϊόντα καύσης τα οποία αναμένονται να σχηματιστούν. Εξαιτίας της έλλειψης σχετικής πληροφορίας δεν είναι δυνατόν να παρατεθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα για όλα τα προϊόντα καύσης που ενδέχεται να σχηματιστούν και γι' αυτό το λόγω γίνονται παραδοχές.

3.4.2 Πιθανά τοξικά προϊόντα καύσης

Τα προϊόντα καύσης τα οποία μπορούν θεωρητικά να παρουσιαστούν κατά την εκδήλωση φωτιάς , κυρίως προσδιορίζονται από τη χημική σύνθεση της ουσίας.

Για παράδειγμα, ουσίες που περιέχουν μόνον άνθρακα και υδρογόνο θα παράγουν CO, CO_2 και H_2O. Αν εκτός από C και H υπάρχουν και ετεροάτομα (hetero-atoms) π.χ. χλώριο, θείο κτλ, τότε εκτός από τα CO, CO_2 και H_2O θα παρουσιαστούν επιπλέον Cl_2, HCl, SO_2 και COS.

Εκτός από τα κύρια (πρωτογενή) προϊόντα καύσης αναμένονται να παραχθούν και δευτερεύοντα προϊόντα. Η έννοια «δευτερεύοντα προϊόντα καύσης» αναφέρεται στα μείγματα τα οποία προκύπτουν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της καύσης εξαιτίας των παράλληλων αντιδράσεων που πραγματοποιούνται μεταξύ των προϊόντων καύσης. Γενικά αναφορικά στο σχηματισμό τέτοιου είδους προϊόντων δεν υπάρχει διαθέσιμη σχετική πληροφορία και δεν είναι πιθανό υπό κανονικές συνθήκες να γίνουν εκτιμήσεις (Green Book; TNO 1989).

Είναι γνωστό ότι από την καύση των πολυχλωριωμένων αρωματικών υδρογονανθράκων (polychlorinated aromats) μπορούν να σχηματιστούν πολυχλωροδιβενζοδιοξίνες (polychlorodibenzo-p-dioxines) και πολυχλωρόδιβενζομφουράνια (polychlorodibenzofurans) (PCDD's και PCDF's αντίστοιχα). Σημειώνεται ότι οι διοξίνες και τα φουράνια συγκαταλέγονται στους επικίνδυνους οργανικούς ρύπους (βλ. § 3.5).

Παραδείγματα πολυχλωριωμένων αρωματικών υδρογονανθράκων είναι:
-dichlorobenzene (συγκαταλέγεται στη λίστα προτεραιότητας επικίνδυνων ουσίών)
-trichlorophenol (συγκαταλέγεται στη λίστα προτεραιότητας επικίνδυνων ουσίών)
-fenoprop (φυτοφάρμακο)
-dicamba (φυτοφάρμακο)

Έχοντας ως βάση τη χημική σύνθεση μιας ουσίας τα προϊόντα καύσης τα οποία αναμένονται, μπορεί να διαφέρουν σημαντικά για διαφορετικές ουσίες.

Στον Πίνακα 3.4.2.1 παρουσιάζονται για σημαντικές ομάδες ουσιών τα αναμενόμενα προϊόντα καύσης τους(Green Book; TNO 1989):

Ομάδες Ουσιών	Προϊόντα Καύσης
Ουσίες που περιέχουν αλογόνα (ιδιαίτερα ουσίες που περιέχουν χλώριο)	**HCl**, Cl2 COCl2, HF
Ουσίες που περιέχουν άζωτο	**NOx**, HCN
Ουσίες που περιέχουν θείο	**SO2**, H2S, COS
Ουσίες που περιέχουν κυάνιο (π.χ. isocyanates)	HCN, **NOx**, NH3
Polychloro-aromats Χλωριωμένοι αρωματικοί υδρογανάνθρακες	**PCDD's**, PCDF's
Polychloro-biphenyls Χλωριωμένα διφαινύλια	**PCDD's**, PCDF's

Πίνακας 3.4.2.1:Ομάδες χημικών ουσιών και προϊόντα καύσης

Τα προϊόντα καύσης τα οποία είναι υπογραμμισμένα θεωρούνται ως τα κύρια προϊόντα καύσης. Στις Μελέτες Ασφάλειας ως κύρια προϊόντα καύσης λαμβάνονται τα SO2 και NOx όπως επισημαίνονται και από τον Πίνακα 3.4.2.1.Πρέπει ωστόσο να τονισθεί ότι ουσίες όπως το HCl, το φωσγένιο (COCl2), το H2S και οι διοξίνες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στις διασπορές και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι παραπάνω ουσίες περιλαμβάνονται στη λίστα των κυριότερων ουσιών που πρέπει να εξετάζονται για περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως προκύπτει από σύγκριση που γίνεται στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας και παρουσιάζεται παρακάτω στον Πίνακα 3.4.2.4. .

Τα προϊόντα καύσης που παρατίθενται στον Πίνακα 3.4.2 μπορούν να δημιουργηθούν κατά την εκδήλωση μιας φωτιάς ενώ για τον υπολογισμό του μεγέθους σχηματισμού τους υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Το προϊόν καίγεται πλήρως το οποίο σημαίνει ότι καταναλώνεται το 100% της ουσίας και παράγονται τα αντίστοιχα προϊόντα.
- Μπορεί να θεωρηθεί μια ποσοτική μετατροπή ενός hetero-atom σε ένα τυπικό προϊόν καύσης. Π.χ. μια ποσοτική μετατροπή του χλωρίου σε HCl είναι να θεωρηθεί ότι όλο το χλώριο μετατρέπεται σε HCl.
- Επίσης μπορεί να θεωρηθεί μια τμηματική μετατροπή εκτός από HCl και σε COCl2.
- Επιπλέον στα προϊόντα καύσης όπως παρατίθενται στον παραπάνω πίνακα θα υπάρχει πάντα σχηματισμός CO σε υψηλότερες ή χαμηλότερες αναλογίες ως συνέπεια της ατελούς καύσης.

Εξαιτίας της καύσης των Πολυχλωριωμένων Αρωματικών Υδρογονανθράκων ή των Πολυχλωριωμνένων Διφαινυλίων εκτός από τη δημιουργία PCDD's, PCDF's μπορούν να παραχθούν και προϊόντα εξαιτίας της ατελούς καύσης (Green Book; TNO 1989).

Ως αποτέλεσμα της φωτιάς ένα μέρος της ουσίας εξαιτίας της εξάτμισης μπορεί να διαρρεύσει χωρίς να έχει καεί. Σε αυτήν την περίπτωση η ουσία αυτή δεν μπορεί να θεωρηθεί ως προϊόν καύσης και διαχειρίζεται ως μια ουσία η οποία διαρρέει ως συνέπεια της φωτιάς. Ωστόσο η διασπορά άκαυστης ουσίας παρουσιάζει ενδιαφέρον για περαιτέρω διερεύνηση μονάχα για ουσίες με υψηλό βαθμό τοξικότητας (π.χ. φυτοφάρμακα κ.α.)

Κατά την καύση προϊόντων πετρελαίου προκύπτουν και **άκαυστοι υδρογονάνθρακές** που εκλύονται στην ατμόσφαιρα. Η ποσότητα των άκαυστων υδρογονανθράκων ποικίλλει. Για ουσίες με υψηλό σημείο βρασμού μπορεί να κυμαίνονται από 1-2% του προϊόντος που καίγεται. Για ουσίες με χαμηλό σημείο βρασμού το ποσοστό αυτό κυμαίνεται το μέγιστο μέχρι το ~10%. Ως ουσίες με χαμηλό σημείο βρασμού λαμβάνονται υπόψη ουσίες για τις οποίες το flash point <100oC (Green Book, TNO).

Ιδιαίτερη σημαντικότητα παρουσιάζουν οι άκαυστοι **Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες** (ΠΑΥ) (**Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH's))** που είναι σε μορφή σωματιδίων, διότι είναι πολύ τοξικοί και μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές βλάβες στους οργανισμούς και στα οικοσυστήματα του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με Health *and* Consumer Protection Directorate-GENERAL συντάχθηκε οδηγία της Commission το 2002 «**Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food»** που αναφέρεται στην προστασία των καταναλωτών από έκθεση των τροφίμων που διακινούνται στην Ευρώπη σε Πολυκυκλικούς Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες. Σκοπός της οδηγίας είναι να παρέχει πληροφορίες και να προσδιορίσει τις κρίσιμες ποσότητες ώστε να θεσπιστούν όρια για τη μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση ΠΑΥ στα τρόφιμα. Οι λίστα των PAHs περιλαμβάνει τις παρακάτω ουσίες:

Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ)-PAHs			
1	Acenaphthene*	18	Cyclopenta[cd]pyrene
2	Acenaphthylene*	19	Dibenz[a,h]anthracene*
3	Anthanthrene	20	Dibenzo[a,e]pyrene
4	Anthracene*	21	Dibenzo[a,h]pyrene
5	Benz[a]anthracene*	22	Dibenzo[a,i]pyrene
6	Benzo[a]fluorene	23	Dibenzo[a,l]pyrene
7	Benzo[b]fluorene	24	Fluoranthene*
8	Benzo[b]fluoranthene*	25	Fluorene*
9	Benzo[ghi]fluoranthene	26	Indeno[1,2,3-cd]pyrene*
10	Benzo[j]fluoranthene	27	5-Methylchrysene
11	Benzo[k]fluoranthene*	28	1-Methylphenanthrene
12	Benzo[ghi]perylene*	29	Naphtalene *
13	Benzo[c]phenanthrene	30	Perylene
14	Benzo[a]pyrene*	31	Phenanthrene*
15	Benzo[e]pyrene	32	Pyrene*
16	Chrysene*	33	Triphenylene
17	Coronene		

*Συμπεριλαμβάνονται στη λίστα προτεραιότητας ρυπαντών της US Environmental Protection Agency

Πίνακας 3.4.2.2:Λίστα PAHs

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι PAHs οι οποίοι αποτελούν πιθανά τοξικά προϊόντα καύσης πετρελαιοειδών (βλ. Πίνακα 3.4.2.3) είναι οργανικές ενώσεις με δύο ή περισσότερους ενωμένους βενζολικούς δακτυλίους στο μόριο τους οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνοι ρυπαντές με μεταλλαξιογενή και καρκινογενετική ικανότητα. Οι PAH's παρουσιάζουν χαμηλή βιοαποικοδομησιμότητα, υψηλή υδροφοβικότητα, ημι-πτητικότητα ενώ 16 PAH's περιλαμβάνονται στη λίστα προτεραιότητας ρυπαντών της US Environmental Protection Agency (βλ. § 4.2). Αναλυτικά οι οριακές τιμές συγκεντρώσεων για τις παραπάνω ουσίες παρατίθενται στην παραπάνω οδηγία. Οι

παραπάνω ενώσεις προτείνεται να λαμβάνονται ιδιαίτερα υπόψη στις περιπτώσεις όπου στο περιβάλλον της εγκατάστασης υπάρχουν καλλιεργήσεις εκτάσεις, πηγές πόσιμου νερού και/ή ευαίσθητοι οικότοποι που μπορούν να υποστούν βλάβες από την εναπόθεση σωματιδίων ΠΑΥ μέσω απορροής επικίνδυνων ουσιών (διαρροή στο έδαφος) ή μέσω της ατμόσφαιράς από κατακρήμνιση από τα νερά της βροχής.

Επιπλέον αναφορικά στα προϊόντα καύσης σύμφωνα με αναφορά του Health Protection Agency της Αγγλίας τα προϊόντα καύσης τα οποία ενδέχεται να προκύψουν από φωτιάς παραρατίθενται στον Πίνακα 3.4.2.3, όπου με κόκκινο χρώμα παρουσιάζοντα τα αναμενόμενα προϊόντα καύσης από φωτιές σε εγκαταστάσεις: Πετρελαιοειδών και δεξαμενισμού (αποθήκευση) προϊόντων, φυτοφαρμάκων, σταθμών καυσίμων και προϊόντων φωσφόρου.

Σαν Zone 1 λαμβάνεται υπόψη ο τόπος πολύ κοντά στην πηγή. Οι κύριοι κίνδυνοι προέρχονται από τη θερμική ακτινοβολία, τον τοξικό καπνό και τα ασφυξιογόνα αέρια που μπορούν να προκαλέσουν θανατηφόρες βλάβες σε ανθρώπους και ζώα.
Σαν Zone 2 ορίζεται η ζώνη αμέσως έξω από τη ζώνη πυρός (εξαρτάται από το μέγεθος της φωτιάς και τις χημικές ιδιότητες της ουσίας). Σε αυτή τη ζώνη οι μεγαλύτεροι κίνδυνοι περιλαμβάνουν καπνό, ερεθιστικά αέρια και σωματίδια και σημαντικές ποσότητες χημικών αερίων εφόσον υπάρχουν.
Σαν Zone 3 ορίζεται περιμετρικά στο περιβάλλον μιας εγκατάστασης. Αναμένονται οι ίδιοι κίνδυνοι με τη ζώνη 2 αλλά σε μικρότερη ένταση.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.4.2.3 για τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης πετρελαιοειδών προκύπτει πως για τη Ζώνη 2 και τη Ζώνη 3 που παρουσιάζουν ενδιαφέρον αναφορικά σε επιπτώσεις σε τρωτούς αποδέκτες στον περιβάλλοντα χώρο, έπειτα από την εκδήλωση φωτιάς προκύπτει «μέτριος» κίνδυνος από irritants (ερεθιστικές ουσίες) π.χ. acrolein και από σωματίδια, χαμηλός από διοξίνες και SO_2, και πιθανός κίνδυνος από PAH's (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) π.χ. βενζόλιο. Αξιοσημείωτο είναι ότι δεν καταγράφονται ως αναμενόμενα προϊόντα καύσης σε σημαντικές συγκεντρώσεις οι εξής ουσίες:CO, HCN, HCl, P_2O_5, Isocyanate-NCO, HF, HBr, NO_2, NH_3, και O_3.

ΤύποςΦωτιάς	Risk Assessment Zone	CO	HCN	HCl	P2O5	Isocyanate -NCO	Irritants eg Acrolein	HF &HBr	PAH's eg Benzene	NO2	SO2	NH3	Particles	Exotics eg dioxins	O3
Oil Refineries Storage Tanks	Emmisions	+	-	-	-	-	++	-	+++	-	+	-	+++	+	++
	Zone 2 Risk	-	-	-	-	-	++	-	±	-	+	-	++	+	
	Zone 3 Risk	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	
Pesticide and especially OP stores	Emmisions	+++	-	++	++	++	++	-	+	-	-	-	++	++	+
	Zone 2 Risk	+	-	++	++	++	+	-	±	-	-	-	+	++	
	Zone 3 Risk	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	++	
Petrol storage eg petrol Station	Emmisions	++	-	-	-	-	++	-	+	-	-	-	+++	+	+
	Zone 2 Risk	-	-	-	-	-	+	-	±	-	-	-	++	-	
	Zone 3 Risk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	
Phosphorous fires	Emmisions	+++	-	+	+++	++	++	-	+	-	-	-	++	++	+
	Zone 2 Risk	±	-	+	++	++	+	-	±	-	-	-	+	++	
	Zone 3 Risk	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	++	

Πίνακας 3.4.2.3 : Αναμενόμενα Προϊόντα Καύσης διαφορετικού τύπου επικίνδυνων εγκαταστάσεων

+++ Υψηλός κίνδυνος
++Μέτριος Κίνδυνος
+Χαμηλός Κίνδυνος
±Πιθανός κίνδυνος
-Απίθανος

Αναφορικά στο σχεδιασμό δράσεων έκτακτης ανάγκης σύμφωνα με το διεθνή οργανισμό TNO θεωρείται ότι η μέγιστη τιμή (ρυθμός) παραγωγής τοξικών προϊόντων καύσης είναι 0.025kg/m^{2}s για τα στερεά και 0.1 kg/m^{2}s για τα υγρά. Από τη βιβλιογραφία προκύπτουν ότι τα σημαντικότερα προϊόντα καύσης είναι τα NOx, SO_2, HBr, HF, HCl, διοξίνες και Polyaromatic Hydrocarbons-PAHs . Τα προϊόντα αυτά επιβεβαιώνονται από πειραματικά αποτελέσματα καύσης φυτοφαρμάκων. Επιπλέον γίνεται αναφορά στην πιθανότητα παραγωγής προϊόντων καύσης όπου σημειώνεται ότι αν υπάρχει πιθανότητα σχηματισμού διοξινών τότε θα προκύψει και HCl, ενώ αν υπάρχουν στο μείγμα καύσης κυανίδια τότε θα προκύψει CN στα προϊόντα καύσης. Ο σχηματισμός PAHs και διοξινών εξαρτάται σημαντικά από τις συνθήκες καύσης. Από πειραματικά αποτελέσματα καύσης φυτοφαρμάκων προέκυψε ότι μονάχα μικρές ποσότητες PAHs και διοξινών μπορούν να σχηματιστούν. Ωστόσο λαμβάνοντας υπόψη την επικίνδυνη φύση αυτών των μειγμάτων ενδείκνυται η λήψη κατάλληλων μέτρων προκειμένου το προσωπικό επέμβασης (πυροσβεστικό σώμα) να προστατεύεται από τέτοιου είδους έκθεση σε PAH's και διοξίνες εφόσον κρίνεται ότι υπάρχει βάσιμη υποψία για το σχηματισμό αυτών των ουσιών (Damage Distances Handbook, TNO, 1994).

Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας προκειμένου να προσδιοριστούν τα πιο αναμενόμενα τοξικά προϊόντα καύσης και αντίδρασης χημικών με το νερό αναπτύχθηκε επιπλέον ο Πίνακας 3.4.2.4. Στο Πίνακα παρατίθεται μια λίστα 82 ουσιών:

Α. Εύφλεκτων (3),

Β. Τοξικών (32) και

Γ. Τοξικών εύφλεκτων ουσιών (47) με αναφορά:

-αν έχουν επισημανθεί ως επικίνδυνες για το περιβάλλον,

-αν αντιδρούν με το νερό και ποια είναι τα βασικά τους προϊόντα,

-σε περίπτωση που εμπλέκονται σε φωτιά ποιες τοξικές ουσίες σχηματίζουν.

Τα συμπεράσματα του Πίνακα 3.4.2.4 συγκρίνονται με τα αποτελέσματα των προηγούμενων συγκρίσεων (Πίνακας 3.4.2.3) για την ανάπτυξη λίστας σημαντικότερων τοξικών ουσιών προς εξέταση.

Οι λίστα αναπτύχθηκε βάσει εκτενούς λίστας που διατίθεται από τον TNO αναφορικά σε εύφλεκτες, τοξικές και τοξικές και εύφλεκτες ουσίες για τις οποίες δίδονται οι ζώνες επιπτώσεων (βλ. Παράρτημα 2 παρούσας) λόγω ατυχηματικών γεγονότων (BLEVE, Pool Fire, Flash Fire, Τοξικό Νέφος) εξαιτίας διαρροής επικίνδυνων ουσιών. Για τα τοξικά δίδονται τρεις ζώνες επιπτώσεων (lethal, injured, unsafe) (Damage Distances Handbook, TNO, 1994). Από τις ουσίες αυτές επιλέχθηκαν και καταγράφτηκαν στοιχεία μονάχα για τις ουσίες που παρουσιάζουν τοξικά προϊόντα στα προϊόντα καύσης τους ή αντιδρούσαν με το νερό δίνοντας ενδεχομένως τοξικά προϊόντα (Damage Distances Handbook, TNO, 1994, N-CLASS Database).

Στον Πίνακα 3.4.2.4 Τοξικά Προϊόντα Καύσης Εύφλεκτων και Τοξικών Ουσιών καταγράφονται συνολικά 47 ουσίες σαν τοξικές και εύφλεκτες, 32 τοξικές ουσίες και 1 εύφλεκτη ουσία. Τα συχνότερα εμφανιζόμενα τοξικά προϊόντα καύσης είναι: SO_2, NOx, HCN, HCl , φωσγένιο (COCl2), HBr και HF.

	ΕΥΦΛΕΚΤΕΣ			
A/A		Considered Environmentally Polluting	React with Water	Toxic Product by Fire
1	GASOLINE*	WATER & SOIL POLLUTANT	X	X
2	*LPG**	*X*	*X*	*X*
3	*BUTANE,PROPANE*	*X*	*X*	*X*
	ΤΟΞΙΚΕΣ			
1	SELENIUM HEXAFLUORIDE	X	X	HF
2	CHLORINE DIOXIDE	X	PERCHLORIC ACID (HClO4)	HCl
3	SULFURTRIOXIDE	X	SULFURIX ACID	X
4	HYDROGEN CHLORIDE*	X	GIVES OFF HEAT	X
5	NITROGEN DIOXIDE	X	NITRIX ACID	X
6	METHYL ISOCYANATE	X	CO2 and HEAT	NOx,HCN
7	PHOSGENE	X	HCl, CO2	HCl
8	BORON TRICLORIDE	X	HCl. BORE ACID	HCl
9	HYDROGEN FLUORIDE*	AIR POLLUTANT	HEAT	X
10	TETRAMETHYL LEAD*	YES	X	X
11	NITROGEN MONOIDE	YES	X	X
12	CHLORINE *	YES	X	HCl
13	PERCHLOROMETHYLMERCAPTAN	X	HCl	HCl & PHOSGENE, SO2
14	CHLOROCYANE	X	SLOWLY	HCL HCN
15	SULFUR DIOXIDE	YES	SULFUROUS ACID	X
16	PHOSPHORUS OXYCHLORIDE	X	HCl PHOSPHORIC ACID	HCl
17	BROMINE CYANIDE	SOIL POLLUTANT	HBR, HCN	HBR, HCN
18	CHLOROPICRINE	X	X	HCl, NOx
19	TINTETRACLORIDE	X	HCl, TINOCIDE	HCl
20	CARBON FLUORIDE		X	HF
21	PROPYLMERCAPTANE*	X	X	SO2
22	CHLOROACETYLCHLORIDE	X	HCl	HCl
23	CHLOROFORM	YES	X	HCl & PHOSGENE
24	CHLORO ACETALDEHYDE	X	X	HCl

25	TETRACHLOROMETHANE	WATER &AIR POLLUTANT	X	HCl
26	PERCHLOROETHYLENE	WATER	X	HCl & PHOSGENE
27	SULFURYLCHLORIDE	X	HYDROCHLORIC ACID SULFURIS ACID	SO2, HCl
28	FORMALDEHYDE	X	X	FORMIC ACID
29	BORON TRIBROMIDE	X	-	HBR, HCN
30	PHOSPHORUS TRICHLORIDE	X	FOSFINE, HCl, PHOSFHORIC ACID	HCl
31	NITRIC ACID*	X	GIVES OFF HEAT	NOx
32	BORIUM TRIFLURIDE	X	HF, BORIC ACID	HF

ΤΟΞΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΥΦΛΕΚΤΕΣ				
A/A		**Considered Environmentally Polluting**	**React with Water**	**Toxic Product by Fire**
1	CARBONSULFIDE	x	x	SO2
2	SILANE	x	HYDROGEN	x
3	ACROLEIN	YES	X	X
4	ETHYLISOCYANATE	X	EXPLOSIVELY	NOx, HCN
5	METHYL MERCAPTANE*	X	X	SO2
6	HYDROGEN SULFIDE*	YES	X	SO2
7	ETHYL MERCAPTANE*	X	X	SO2
8	ALLYL CHLORIDE	WATER POLLUTANT	HCl	HCl
9	DICYANE	X	X	HCN
10	HYDROGEN CYANIDE	SOIL POLLUTANT	EXPLOSIVELY	NOx
11	DIMETHYL HYDRAZINE	X	X	NOx
12	CHLOROPRENE	SOIL & WATER POLLUTANT	X	HCl & PHOSGENE
13	ALLYLAMINE	X	X	NOx
14	ETHYLENEIMINE	X	YIELDING A STRONG BASE	NOx
15	PROPYL AMINE*	X	X	NOx
16	ETHYL AMINE*	X	X	NOx
17	1,1 DICHLOROETHYLENE	SOIL & WATER POLLUTANT	X	HCL & PHOSGENE
18	ISOPROPYLAMINE	X	X	NOx
19	AMMONIA*	YES	DISSOLVES UNDER VIOLENT HEAT RELEASE	NOx

20	ISOBUTYLAMINE*	X	X	NOx
21	HYDRAZINE	WATER POLLUTANT	X	NOx
22	DICHLOROMETHYLETHER	X	HCl	HCl & PHOSGENE
23	METHYL BROMIDE	X	YIELDS HYDRAAT	HBr
24	ETHYLENE OXIDE	SOIL & WATER POLLUTANT	X	X
25	METHYLCLORIDE	X	X	HCl
26	METHYL AMINE*	X	X	NOx
27	ACRYLONITRILE	WATER & AIR	X	NOx & HCN
28	CARBON DISULFIDE	X	X	SO2
29	ALLYBROMIDE	WATER	X	HBr
30	TRIMETHYLAMINE*	X	X	NOx
31	N-BUTYLAMINE	X	X	NOx
32	DIMETHYLAMINE*	X	X	NOx
33	ACETONITRIL	X	YIELDS ACETIC ACID & AMMONIA	HCN
34	METHYLMETACRYLATE	X	X	HCN
35	TRIMETHYLCHLOROSILANE	X	YIELDS HCl	HCl & PHOSGENE
36	METHYL TRICHLOROSILANE	X	YIELDS HCl	HCl & PHOSGENE
37	CHLOROMETHYLETHER	WATER POLLUTANT	YIELDS HCl & FORMALDEHYDE	HCl & PHOSGENE
38	DICHLORO DIMETHYLSILANE	X	YIELDS HCl	HCl & PHOSGENE
39	ETHYLCHLOROFORMIATE	X	HCl, CO2, ETHANOL	HCl & PHOSGENE
40	ACETIC CHLORIDE	X	YIELDS HCl	HCl & PHOSGENE
41	PROPIONYL CHLORIDE	X	YIELDS HCl	HCl & PHOSGENE
42	VINYL CHLORIDE	WATER POLLUTANT	YIELDS HCl	HCl & PHOSGENE
43	TRICLOROSILANE	X	HCl & HYDROGEN	HCl & PHOSGENE
44	DICLOROACETYLENE	X	-	HBr
45	ETHYL TRICHLOROSILANE	X	HCl	HCl & PHOSGENE
46	PROPYLTRICHLOROSILANE	X	HCl	HCl
47	VINYLTRICHLOROSILANE	X	HCl	HCl & PHOSGENE

Πίνακας 3.4.2.4 Τοξικά Προϊόντα Καύσης Εύφλεκτων, Τοξικών και Τοξικών και Εύφλεκτων Ουσιών

***Ουσίες συχνά εμφανιζόμενες σε μονάδες διυλιστηρίων**

Ένα συμπέρασμα το οποίο μπορεί να εξαχθεί από τη σύγκριση των στοιχείων των Πινάκων 3.4.2.3 και 3.4.2.4 είναι πως για την περίπτωση εγκαταστάσεων αποθήκευσης καυσίμων και διυλιστηρίων τα πιο πιθανά τοξικά προϊόντα καύσης που αναμένεται να προκύψουν είναι: **Acrolein, SO_2, NOx, HCl, φωσγένιο (COCl2),διοξίνες, Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (Polyaromatic Hydrocarbons (PAH's)) π.χ. βενζόλιο.**

Από τις ουσίες αυτές ως επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες χαρακτηρίζονται οι: Acrolein, SO_2, διοξίνες και οι Πολυκυκλικοί Υδρογονάνθρακες (Polyaromatic Hydrocarbons (PAH's)) π.χ. βενζόλιο. Στο κεφάλαιο 7 παρατίθεται Γράφημα Επιπτώσεων -Βλαβών (θάνατος) τοξικών προϊόντων καύσης συναρτήσει της απόστασης για διαφορετικού μεγέθους φωτιά και παρουσιάζονται παραδείγματα υπολογισμού ζωνών επιπτώσεων από διασπορά τοξικού νέφους.

3.5 Έμμονοι Οργανικοί Ρύποι - Persistent Organic Pollutants –POPs

Μια ακόμα κατηγορία ουσιών η οποία χρήζει ιδιαίτερης αναφοράς είναι οι Έμμονοι Οργανικοί Ρύποι Persistent Organic Pollutants-POPs οι οποίοι είναι οργανικά μείγματα φυσικής και ανθρωπογενούς προέλευσης που αντέχουν στη φωτολυτική, χημική και βιολογική διάσπαση. Χαρακτηρίζονται από χαμηλή διαλυτότητα στο νερό και υψηλή λιπιδιακή διαλυτότητα με συνέπεια τη βιοσυσσώρευση τους σε λιπιδιακούς ιστούς ζώντων οργανισμών. Οι POPs μεταφέρονται στο περιβάλλον σε χαμηλές συγκεντρώσεις μέσω γλυκών και υφάλμυρων νερών και είναι ημί-ασταθής (semi-volatile) ουσίες που μπορούν να μετακινηθούν στην ατμόσφαιρα σε πολύ μακρινές αποστάσεις δημιουργώντας μεγάλα νέφη διασποράς με αποτέλεσμα να μεταφέρονται και να παραμείνουν σε περιοχές όπου ποτέ δεν είχαν χρησιμοποιηθεί ή παραχθεί. Το αποτέλεσμα είναι σε πολλές περιπτώσεις τόσο οι άνθρωποι όσο και λοιποί ζώντες οργανισμοί σε όλο τον κόσμο να έχουν εκτεθεί σε POPs για εκτενής περιόδους (UNEP,1999). Οι POP συσσωρεύονται στους ζωντανούς οργανισμούς, διασπείρονται μέσω του αέρα, των υδάτων και των αποδημητικών ειδών και συσσωρεύονται στα χερσαία και τα υδάτινα οικοσυστήματα.

Στο πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών και σύμφωνα με τη Σύμβαση της Στοκχόλμης Proposed UNEP Global Convention on Persistent Organic Pollutants (Governing Council Decision 19/13C, February 1997)- Απόφαση 2006/507/ΕΚ συντάχθηκε ένας πρώτος κατάλογος με τις πιο επικίνδυνες χημικές ενώσεις. Στον κατάλογο αυτό περιλαμβάνονται 12 χημικές ενώσεις για τις οποίες απαιτείται η εξάλειψη της απρόσκοπτης παραγωγής και χρήσης τους (UNEP,1999)[8]. Οι ενώσεις αυτές είναι:

ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ

1. Εξαχλωροβενζόλιο (HCB): Χρησιμοποιείται ως μυκητοκτόνο για την προστασία των σπόρων των σιτηρών. Χρησιμοποιείται επίσης στην παραγωγή χλωριωμένων παραγώγων, σε πυροτεχνικές

[8] http://www.chem.unep.ch/irptc/invent/igo.html

συνθέσεις για στρατιωτικές χρήσεις, ως ενδιάμεση ουσία στις βιομηχανίες χρωστικών και τις οργανικές συνθέσεις και ως συντηρητικό ξυλείας. Προκαλεί βλάβες στο ενδοκρινικό σύστημα και θεωρείται ύποπτο καρκινογένεσης.

2. Mirex: Εντομοκτόνο και επιβραδυντικό καύσης σε πλαστικά, ελαστικά και ηλεκτρονικά προϊόντα.

3. Chlordane: Εντομοκτόνο. Προκαλεί βλάβες στο ενδοκρινικό σύστημα και θεωρείται ύποπτο καρκινογένεσης.

4. DDT: Το DDT είναι ένα χλωριωμένο εντομοκτόνο που χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα κατά το παρελθόν, αλλά έχει απαγορευτεί σε πολλές χώρες (και στην Ελλάδα) λόγω της τοξικότητάς του και των περιβαλλοντικών προβλημάτων που δημιούργησε η χρήση του. Συνεχίζει παρόλα αυτά να χρησιμοποιείται σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες. Προκαλεί βλάβες στο ενδοκρινικό σύστημα και θεωρείται ύποπτο καρκινογένεσης.

5. Endrin: Εντομοκτόνο.

6. Toxaphene: Μίγμα 670 περίπου χημικών ουσιών. Χρησιμοποιείται ως εντομοκτόνο.

7. Heptachor: Εντομοκτόνο. Έχει αναγνωρισθεί ως καρκινογόνο.

8. Aldrin: Εντομοκτόνο.

9. Dieldrin: Εντομοκτόνο. Τα aldrin και dieldrin χρησιμοποιήθηκαν ευρέως στο παρελθόν, ενώ η χρήση τους έχει απαγορευτεί σε πολλές χώρες (και στην Ελλάδα, αν και τα βρίσκει ακόμη κανείς παράνομα σε μικρές ποσότητες). Προκαλούν βλάβες στο ενδοκρινικό σύστημα και θεωρούνται ύποπτα καρκινογένεσης.

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

10. PCBs: Γνωστά και με τις εμπορικές ονομασίες κλοφέν ή αροκλόρ. Τα PCBs (χλωριωμένα διφαινύλια) είναι μια οικογένεια 209 ενώσεων, στα εμπορικά σκευάσματα όμως ανιχνεύονται περί τις 100. Συγκαταλέγονται στις πιο τοξικές και επικίνδυνες ουσίες που γνωρίζει ο άνθρωπος. Χρησιμοποιούνται ως μονωτικό λάδι πυκνωτών και μετασχηματιστών, ως λιπαντικό αντλιών κενού, κομπρεσέρ και ως υδραυλικά υγρά, ως πλαστικοποιητές σε χρώματα, ως πρόσθετα σε ορυκτέλαια κ.λπ. Η παραγωγή τους έχει πρακτικά σταματήσει αν και υπάρχουν αναφορές πως συνεχίζεται ακόμη στη Ρωσία. Από τους εκατοντάδες χιλιάδες τόνους που έχουν παραχθεί και βρίσκονται ακόμη σε χρήση, εκτιμάται πως το 1/3 περίπου έχει διαφύγει ήδη στο περιβάλλον.

Η έκθεση με οποιοδήποτε τρόπο στις ουσίες αυτές (αναπνοή, κατάποση, επαφή με το δέρμα) μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπλοκές, όπως δερματολογικές παθήσεις (χλωρακμή), μείωση σχηματισμού ερυθρών αιμοσφαιρίων, αλλαγές στο μεταβολισμό, αποβολές σε εγκύους, βλάβες σε \ διάφορα όργανα και κυρίως στο συκώτι, εξασθένηση του ανοσοποιητικού συστήματος, βλάβες στην αναπαραγωγή, καρκίνο κ.λπ.

ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΑ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ

11. Διοξίνες (βλ. Φουράνια)

12. Φουράνια: Οι χλωριωμένες διοξίνες είναι μια κατηγορία 75 ουσιών και έχουν χαρακτηριστεί ως οι πιο τοξικές ενώσεις του βιομηχανικού πολιτισμού. Συνήθως στην ίδια κατηγορία κατατάσσονται και

εκατοντάδες άλλες συγγενείς ουσίες όπως τα φουράνια (135 ενώσεις) και τα PCBs (209 ενώσεις). Για να υπάρχει ένα μέτρο σύγκρισης της τοξικότητας όλων αυτών των ουσιών, συνήθως εκφράζονται ως ισοδύναμο της πιο τοξικής διοξίνης, η οποία είναι γνωστή και ως "Διοξίνη Σεβέζο". Η διοξίνη δεν είναι κάποιο χρήσιμο προϊόν της χημικής βιομηχανίας, αλλά άχρηστο παραπροϊόν των διεργασιών όπου εμπλέκεται το χλώριο.

Βιοχημικές έρευνες έχουν δείξει πως οι διοξίνες δρουν ως ισχυρές "περιβαλλοντικές ορμόνες". Όπως και οι φυσικές ορμόνες, οι διοξίνες μπορούν να διαπεράσουν τη μεμβράνη των κυττάρων και να αλλάξουν τη δράση των γονιδίων που ρυθμίζουν τη διαδικασία της ανάπτυξης. Ακόμη και απειροελάχιστες συγκεντρώσεις διοξινών μπορούν να επηρεάσουν το ανοσοποιητικό και νευρικό σύστημα των οργανισμών. Σε πειραματόζωα, η έκθεση σε διοξίνες έχει προκαλέσει ένα ευρύ φάσμα τοξικολογικών επιπτώσεων. Μερικές απ' αυτές εμφανίστηκαν σε εξαιρετικά μικρές δόσεις διοξινών, της τάξης των λίγων τρισεκατομμυριοστών του γραμμαρίου. Στις επιπτώσεις αυτές συγκαταλέγονται η ενδομητρίωση και η ενίσχυση θηλυκών χαρακτηριστικών σε αρσενικά πειραματόζωα. Κάποιες διοξίνες μπορούν ακόμη να προκαλέσουν καρκίνο, όπως καταδεικνύεται από πολλές πρόσφατες μελέτες. Έρευνα που δημοσιεύτηκε στο ιατρικό επιστημονικό περιοδικό Lancet τον Μάϊο του 2000 και αφορά στις επιπτώσεις των διοξινών στην ευρύτερη περιοχή του Σεβέζο της Ιταλίας (όπου είχε υπάρξει σημαντική έκλυση διοξίνης το 1976) έδειξε πως η έκθεση του πληθυσμού στις διοξίνες έχει επηρεάσει σημαντικά τον καθορισμό του φύλου των νεογέννητων παιδιών. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μία σημαντική αύξηση των γεννήσεων κοριτσιών στις περιπτώσεις εκείνες που ο πατέρας είχε εκτεθεί σε υψηλά επίπεδα διοξίνης (Greenpeace).

Η διεθνής έρευνα στις επιπτώσεις του ατυχήματος SEVESO διήρκεσαν δεκαετίες με αμφιλεγόμενα αποτελέσματα σχετικά με τις άμεσες επιπτώσεις της διαρροής.

Τα σύνθετα μείγματα διοξινών, φουρανίων και PCBs είναι πιθανό να εκλυθούν σε μερικά ατυχήματα π.χ. φωτιά ή εκρήξεις. Για αυτά τα μείγματα η γενική τοξική ισοδυναμία (TEQ) θα πρέπει να εκτιμάται από τους μεμονωμένους παράγοντες ισοδυναμίας τοξικότητας.

Επιδιώκεται επίσης να συμπεριληφθούν στη σύμβαση και στο πρωτόκολλο του 1999 οι ακόλουθες ουσίες:

- εξαχλωροβουταδιένιο,
- οκταβρωμοδιφαινυλαιθέρας,
- πενταχλωροβενζόλιο,
- πολυχλωροναφθαλίνια και
- χλωριωμένες παραφίνες βραχείας αλυσίδας.

3.6 Κατηγορίες επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών εκτός ΚΥΑ 12044/613(SEVESO II)

Εκτός από τις ουσίες οι οποίες περιλαμβάνονται στην οδηγία SEVESO (Μέρη I και II) για συμμετοή σε ΒΑΜΕ και οι οποίες εξετάζονται ως προς τις επιπτώσεις τους στο (υδάτινο) περιβάλλον υπάρχουν και άλλες «επικίνδυνες» ουσίες και παρασκευάσματα σύμφωνα με την Οδηγία 92/32/ΕΟΚ που μπορεί να

αποτελέσουν πηγή περιβαλλοντικού κινδύνου. Η φύση των ειδικών κινδύνων που έχουν αναγνωριστεί στις ουσίες αυτές εκφράζονται με τις «φράσεις κινδύνου» R και «φράσεις ασφάλειας» S από την Οδηγία 2001/59/ΕΚ και αφορούν καθαρές ουσίες και παρασκευάσματα. Οι κατηγορίες των ουσιών που σχετίζονται με αρνητικές προς το περιβάλλον επιπτώσεις παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

- **R52:** Επιβλαβείς για τους υδρόβιους οργανισμούς
- **R53:** Μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον
- **Μέταλλα (metals and inorganic metal compounds):** Ταξινόμηση μετάλλων και ανόργανων μεταλλικών μειγμάτων (lithium, beryllium, sodium, magnesium, aluminium, potassium, calcium, titanium, vanadium, chromium, manganese, cobalt, nickel, copper, zinc, arsenic, zirconium, molybdenium, silver, cadmium, antimony, barium, osmium, platinum, mercury, thallium, lead, uranium).
- **Πολύπλοκοι Υδρογονάνθρακες (Complex hydrocarbons):**Ταξινόμηση πολύπλοκών υδρογονανθράκων που περιέχονται στον γαιάνθρακα και στο πετρέλαιο: πρόκειται για πολύπλοκες ουσίες οι οποίες πρόσφατα προστέθηκαν στο Παράρτημα Ι της οδηγίας 67/548/ΕΕC και χαρακτηρίζονται με τη Σήμανση "Η", που σημαίνει ότι μονάχα μερικές επιπτώσεις αυτών των πολύπλοκων ουσιών έχουν εκτιμηθεί (π.χ. καρκινογένεση και εισπνοή-προσρόφηση) από την ευρωπαϊκή επιτροπή. Όλες οι υπόλοιπες επιπτώσεις υπόκειται στην διαδικασία self-classification-αυτό-ταξινόμηση.
- **Επικίνδυνες για το όζον Ν; R 59 (Substances dangerous to the ozone layer):** Ταξινόμηση ουσιών ως επικίνδυνες για το Όζον. Ουσίες οι οποίες βάση των διαθέσιμων στοιχείων αναφορικά στις ιδιότητες τους και στις εκτιμώμενες ή παρατηρούμενες επιπτώσεις που προκαλούν αποτελούν κίνδυνο για το στρώμα του Όζοντος. Στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται ουσίες που παρατίθενται στο Παράρτημα Ι του ευρωπαϊκού οργανισμού EC No 2037/2000 για τις ουσίες που μειώνουν τη στρώμα του όζοντας (O.J No L 244, 29.9.2000, p.l.) και τις τροποποιήσεις αυτού. Τέτοιες ουσίες είναι Methane, Tetrachloro-ethane, 1,1,1-trichloro- ethane κ.α.

Οι παραπάνω κατηγορίες ουσιών απαντώνται και στη βάση δεδομένων «**N-CLASS Database on Environmental Hazard Classification version 6.1**» η οποία περιλαμβάνει ουσίες τις οποίες έχει διαχειριστεί εξειδικευμένη ομάδα της Ε.Ε.: **Commision Working Group on the Classification and Labeling for environmental effects.** Η βάση δεδομένων δεν περιλαμβάνει μονάχα ουσίες οι οποίες ταξινομούνται ως επικίνδυνες σύμφωνα με το Διεθνές Εναρμονισμένο Σύστημα (Globally Harmonized System (GHS)) για την ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικίνδυνων ουσιών αλλά και άλλες ουσίες οι οποίες δεν έχουν αξιολογηθεί ως επικίνδυνες ή δεν υπάρχουν ακόμα γι' αυτές επαρκή δεδομένα.

Επιπλέον ουσίες οι οποίες ενδέχεται να αναγνωριστούν κατά την εκτίμηση των επιπτώσεων σε τρωτούς αποδέκτες στο περιβάλλον συμπεριλαμβάνουν τις κάτωθι κατηγορίες:

- R 54: Τοξικές για την χλωρίδα
- R 55: Τοξικές για την πανίδα
- R 56: Τοξικές για στερεούς οργανισμούς
- R 57: Τοξικές για τις μέλισσες

- R 58: Ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο περιβάλλον

Ωστόσο για όλες τις επικίνδυνες ουσίες που δεν περιλαμβάνονται στην οδηγία SEVESO δεν υπάρχει νομοθετική ρύθμιση που να προβλέπει την επίσημη ποιοτική και ποσοτική καταγραφή τους σε εγκαταστάσεις, καθιστώντας τη διερεύνηση αυτών των ουσιών συμπληρωματική της κύριας ανάλυσης που προβλέπεται για τη μελέτη μεγάλων ατυχηματικών γεγονότων από συμμετοχή επικίνδυνων ουσιών βάση της ΚΥΑ 12044/613.

3.7 Μείγματα- «Cocktails» χημικών ουσιών

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι επιπτώσεις σε περιβαλλοντικούς αποδέκτες προκύπτουν όχι ως αποτέλεσμα από διαρροή μιας μεμονωμένης ουσίας αλλά ως αποτέλεσμα από της έκθεση τους σε μείγματα--«cocktail» χημικών ουσιών (π.χ. περιπτώσεις φωτιάς ή εξώθερμες αντιδράσεις (SEVESO, 1976)). Π.χ. Για την περίπτωση της φωτιάς τα συστατικά ενός μείγματος μπορούν να προσδιοριστούν σχετικά εύκολα ωστόσο προβλέπεται σημαντική αβεβαιότητα και ανακρίβεια σχετικά με τις ποσότητες με τις οποίες συμμετέχουν καθώς και με τη χρονική στιγμή δημιουργίας τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις η διαδικασία εκτίμησης των επιπτώσεων στο περιβάλλον είναι ιδιαίτερη πολύπλοκη για τον μελετητή.

Επομένως εκτός από τις ουσίες οι οποίες συνδέονται με τις διαδικασίες και/ή τον κρίσιμο εξοπλισμό της εγκατάστασης σημαντικό είναι στην ανάλυση περιβαλλοντικών κινδύνων να λαμβάνονται υπόψη και άλλες επικίνδυνες ουσίες που μπορούν να δημιουργηθούν κατά την εξέλιξη των ατυχημάτων όπως τα προϊόντα καύσης, τα προϊόντα αντίδρασης, τα απόνερα πυρόσβεσης και οποιοδήποτε άλλα υλικά μπορεί να συμπαρασυρθούν κατά τη διάρκεια του ατυχήματος. Τα μείγματα που προκύπτουν από αυτές τις ουσίες είναι τελικά εκείνα που θα προσβάλουν τους ευαίσθητους αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης.

Στην παρούσα προσέγγιση προτείνεται αρχικά να προσδιορίζονται οι επιμέρους ουσίες (τύπος και ποσότητες-συγκεντρώσεις) που μπορούν να διαρρεύσουν λόγω του ατυχήματος και στη συνέχεια να εκτιμάται η τυπική σύσταση του μείγματος που προκύπτει. Η τυπική αρχική σύσταση θεωρείται ότι παραμένει αμετάβλητη. Δηλαδή η αναλογία των συστατικών στην αρχική φάση προσδιορισμού του μείγματος θεωρείται ότι παραμένει η ίδια έπειτα και από όλες τις πιθανές διεργασίες π.χ. εξάτμιση, διάλυση στον νερό στις οποίες μπορεί να υποβληθεί το μείγμα .

Για την εκτίμηση περιβαλλοντικών κινδύνων από μείγματα επικίνδυνων ουσιών που εμπλέκεται σε μια διεργασία μιας εγκατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα εργαλείο από τη βάση δεδομένων **N-CLASS** Database το οποίο βασίζεται στη λεγόμενη μέθοδο summation of classified components του **Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals –GHS** (βλ Παράρτημα 3). Η μέθοδος χρησιμοποιώντας την εκατοστιαία σύσταση του μείγματος και τη φύση των ειδικών κινδύνων των ουσιών-συστατικών του μείγματος αναφορικά στην τοξικότητα τους (R50, R52, R53, R50/51, R51/53, R52/53) εκτιμά την αθροιστική τοξικότητα του μείγματος. Αποτέλεσμα είναι να προκύπτουν και να αποδίδονται ειδικές φράσεις κινδύνου σε μείγματα επικίνδυνων ουσιών.

Παρακάτω παρατίθενται σχετικά απλές προσεγγίσεις οι οποίες απαντώνται στη βιβλιογραφία και χρησιμοποιούνται στις προβλέψεις εκτίμησης κινδύνου από μείγματα ουσιών:

- Αντί να πραγματοποιείται προσπάθεια να ληφθούν υπόψη όλα τα στοιχεία/ουσίες του cocktail προτείνεται η επιλογή ενός κατάλληλου αντιπροσωπευτικού δείγματος «δείκτη» (marker) που θα λειτουργεί ως δείκτης για την εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων που μπορούν να προκληθούν. Η αρμόδια αρχή θα πρέπει να κατευθύνει και να ελέγχει την επιλογή του «δείκτη» (DETR, 1999a).
- Να πραγματοποιείται ανασκόπηση ατυχημάτων και όλης της σχετικής πληροφορίας που αφορούν παρόμοια μείγματα ουσιών προκειμένου να διαπιστωθούν **ποιες** ήταν οι ακριβείς επιπτώσεις των ατυχημάτων αυτών και **σε ποιους αποδέκτες** αυτές σημειώθηκαν. Στη συνέχεια κατάλληλη χρήση αυτής της πληροφορίας για αναγνώριση οποιονδήποτε όμοιων στοιχείων με το υπό εξέταση ατυχηματικό γεγονός έτσι ώστε να ενισχύεται η ορθή εκτίμηση των πιθανών συνεπειών (DETR, 1999a).
- Οι ισπανικές αρχές προτείνουν παραμετροποίηση τους συστήματος Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης και εφαρμογή ποσοτικοποίησης των παραγόντων αυτών (βάση ποιοτικών χαρακτηριστικών κλίμακας 1-10 κτλ.). Ο πρώτος παράγοντας που αναγνωρίζεται και διερευνάται είναι η **πηγή κινδύνου: επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες**. Στον παράγοντα αποδίδεται ένα σκορ βάσει των φυσικοχημικών ιδιοτήτων της ουσίας που συμμετέχει στο ατύχημα και της πιθανότητας ύπαρξης μειγμάτων χημικών ουσιών και σύμπραξης γεγονότων. Στις περιπτώσεις μειγμάτων ουσιών όπου δεν σημειώνεται σύμπραξη παράλληλων γεγονότων και σε περιπτώσεις μειγμάτων ουσιών που λαμβάνει χώρα και σύμπραξη παράλληλων γεγονότων αποδίδεται στον παράγοντα που αφορά τις επικίνδυνες ουσίες extra bonus (4/3 και 5/4 αντίστοιχα) καθιστώντας την πηγή πιο επικίνδυνη για το περιβάλλον, (DGCPE-Spain, 2003).

Η γενικότητα των παραπάνω κανόνων χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό υποκειμενικότητας και ποιοτικής εκτίμησης γεγονός το οποίο ο μελετητής θα πρέπει να λάβει σοβαρά υπόψη του όταν λαμβάνει οποιεσδήποτε αποφάσεις σχετικά με τους προβλεπόμενους κινδύνους.

Αναμένεται ότι θα υπάρχουν κάποιες περιπτώσεις όπου η χρήση του χαρακτηριστικού «δείκτη» για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς όλου του μείγματος δεν θα αποτελεί την κατάλληλη προσέγγιση π.χ. αναλύοντας τις συνέπειες συγκεκριμένων ισομερών και χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα αυτά για την πρόβλεψη των συνεπειών από μείγματα των ισομερών, είναι αβέβαιο αν θα προκύψουν τεκμηριωμένα αποτελέσματα. Ακόμη αλληλεπιδράσεις μεταξύ χημικών ουσιών μπορεί να προκαλέσουν αξιοσημείωτα και εντελώς διαφορετικά αποτελέσματα από αυτά τα οποία προκαλούνται από απλές χημικές διασπορές. Γι' αυτό το λόγο είναι σημαντικό να διερευνηθούν οι συνέπειες οι οποίες προκύπτουν ως αποτέλεσμα των πιθανών ανταγωνιστικών ή συνεργιστικών συνεπειών των μειγμάτων των χημικών ουσιών στο περιβάλλον. (DETR 1999a). Για κάποιους συνδυασμούς χημικών ουσιών και περιβαλλοντικών συνθηκών οι συνέπειες μπορεί να είναι τόσο δύσκολο να προβλεφθούν με αποτέλεσμα να κρίνεται απαραίτητη η διενέργεια τοξικολογικών τεστ στο μείγμα των χημικών ουσιών. Σαφώς μια τέτοια πολιτική είναι μια πολυδάπανη διαδικασία για τους εμπλεκόμενους φορείς ωστόσο θα αποτελούσε την πιο έγκυρη πηγή άντλησης δεδομένων για τη συμπεριφορά των μειγμάτων.

Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί η διενέργεια μιας λεπτομερούς εκτίμησης της επικινδυνότητας να αποτελεί μια τόσο δαπανηρή σε πόρους και χρόνο διαδικασία που η μόνη πρακτική εναλλακτική που προτείνεται είναι η λήψη και η εφαρμογή κατάλληλων μέτρων και πρακτικών διαχείρισης επικινδυνότητας και εφαρμογή συστημάτων ασφάλειας με στόχο τη μείωση της επικινδυνότητας στην πηγή κινδύνου.

3.8 Ιδιότητες ουσιών

Στις παραπάνω παραγράφους ιδιαίτερη σημαντικότητα δόθηκε στη τοξικότητα των ουσιών σε υδάτινο περιβάλλον όπως προβλέπεται από τις απαιτήσεις της οδηγίας SEVESO. Σύμφωνα με το Διεθνές εναρμονισμένο σύστημα (Globally Harmonized System (GHS)) προβλέπονται τρεις κατηγορίες οξείας τοξικότητας και τέσσερις κατηγορίες χρόνιας τοξικότητας στις οποίες κατατάσσονται τα χημικά συναρτήσει των τιμών των χαρακτηριστικών τους ιδιοτήτων. Οι βασικές χαρακτηριστικές ιδιότητες που χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών είναι :

- Η οξεία υδάτινη τοξικότητα
- Η πιθανότητα πραγματικής βιοσυσσώρευσης
- Η διάσπαση (βιοτική ή αβιοτική) των οργανικών χημικών ουσιών και
- Η χρόνια υδάτινη τοξικότητα.

Οι βασικές αυτές ιδιότητες οι οποίες προτείνονται αφορούν την χλωρίδα και την πανίδα σε υδάτινο περιβάλλον. Οι ιδιότητες αυτές εξαιτίας της γενικής αποδοχής τους από τις αρμόδιες αρχές και από τη χημική βιομηχανία προτάθηκαν και θεσπίστηκαν από την ευρωπαϊκή ένωση και το διεθνές σύστημα GHS για την ταξινόμηση των επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών. Για αποδέκτες (χλωρίδα, πανίδα) στο έδαφος και στην ατμόσφαιρα δεν έχουν καταγραφεί αντίστοιχες κατευθυντήριες οδηγίες και η ταξινόμηση των επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών βασίζεται μόνο στις ιδιότητες των ουσιών για το υδάτινο περιβάλλον.

Στην παρούσα μελέτη προκειμένου να μελετηθούν οι ιδιότητες των επικίνδυνων ουσιών βάσει των οποίων οι χημικές ουσίες χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνες για το περιβάλλον, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα και καταγράφτηκαν οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των χημικών βάσει τον οποίων αποδίδονται στις ουσίες οι χαρακτηριστικές φράσεις κινδύνου R50, R50/51 και R51/53. Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε προκειμένου να αποτυπωθεί το εννοιολογικό πλαίσιο στο οποίο βασίζεται η διακινδύνευση των περιβαλλοντικών αποδεκτών από την έκθεση τους σε επικίνδυνες ουσίες, καθώς και για να καταγραφούν εργαλεία για τη μελέτη μειγμάτων χημικών αναφορικά στις περιβαλλοντικές βλάβες που μπορούν να προκαλέσουν. **Αναλυτικά τα αποτελέσματα τη έρευνας, οι ορισμοί των ιδιοτήτων των επικίνδυνων για το (υδάτινο) περιβάλλον ουσιών και μειγμάτων, τα τεστ μετρήσεων, τα όρια και οι τιμές τους καθώς και η διαδικασία ταξινόμησης τους σε κατηγορίες επιπτώσεων για το (υδάτινο) περιβάλλον παρουσιάζονται στο Παράρτημα 3.**

Στην συνέχεια παρατίθενται Πίνακας 3.8.1 και τα Διαγράμματα 3.8.1 και 3.8.2 του Παραρτήματος 3 που παρουσιάζουν συνοπτικά τα κριτήρια ταξινόμηση χημικών ουσιών και μειγμάτων χημικών ουσιών στις κατηγορίες τοξικότητας. Αναλυτικές περιγραφές και οδηγίες στο Παράρτημα 3.

Στοιχεία Κριτηρίων Ταξινόμησης				Κατηγορίες Ταξινόμησης	
Τοξικότητα		Διάσπαση Σημ. 3	Βιοσυσσώρευση Σημ. 4		
Οξεία Σημ. 1α και 1β	Χρόνια Σημ. 2 α και 2 β			Οξεία	Χρόνια
Box 1: τιμή *≤ 1.00 mg/l		Box 5:	Box 6:	Κατηγορία : Οξεία 1 Box 1	Κατηγορία : Χρόνια 1 Boxes 1+5+6 Boxes 1+5 Boxes 1+6
Box 2: 1.00 < τιμή ≤ 10.0 mg/l		**Μη ταχεία διάσπαση** lack of rapid degradability	BCF ≥ 500 ή αν δεν υπάρχουν δεδομένα να ισχυει, log Kow ≥ 4	**Κατηγορία : Οξεία 2 Box 2**	**Κατηγορία : Χρόνια 2 Boxes 2+5+6 Boxes 2+5 Boxes 2+6 Εκτός αν ισχύει Box 7**
Box 3: 10.0 < τιμή ≤ 100 mg/l				Κατηγορία : Οξεία 3 Box 3	Κατηγορία : Χρόνια 3 Boxes 3+5+6 Boxes 3+5 Boxes 3+6 Εκτός αν ισχύει Box 7
Box 4: Δεν υπάρχει τιμή για την οξεία τοξικότητα	**Box 7: NOEC τιμή > 1.00 mg/l**				**Κατηγορία : Χρόνια 4 Boxes 4+5+6 Εκτός αν ισχύει Box 7**
* τιμή = τιμή οξείας τοξικότητας LC50, EC50, ErC50					

Πίνακας 3.8.1: Πλαίσιο ταξινόμησης για ουσίες επικίνδυνες για το υδάτινο περιβάλλον

Στις δύο τελευταίες στήλες του Πίνακα 3.8.1 παρουσιάζονται οι συνδυασμοί των τιμών των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων των χημικών ουσιών που πρέπει να προκύψουν προκειμένου να ταξινομηθεί μια ουσία στις κατηγορίες οξέων και χρόνιων κινδύνων.

Ουσία: Υπάρχει επαρκείς πληροφορία (τοξικότητα, διάσπαση, βιοσυσσώρευση) για χρήση στην ταξινόμηση?

Όχι → Τιμές L(E)C50 του μείγματος σύμφωνα με τη λογική Παράρτημα 3: §1.1.2

Ναι

Οξεία : Υπάρχει
96 hr LC50 (για ψάρια) ≤ 1 mg/l και/ή
48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα) ≤ 1 mg/l και/ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά) ≤ 1 mg/l ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 1



Warning

Όχι

και

Χρόνια:
Δεν υπάρχει η δυνατότητα για ταχεία διάσπαση? και/ή
Υπάρχει η δυνατότητα να βιοσυσσωρευτεί
((BCF≥500 ή αν δεν υπάρχει log Kow ≥4) ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 1



Warning

Οξεία : Υπάρχει
96 hr LC50 (για ψάρια) ≤ 10 mg/l και/ή
48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα) ≤ 10mg/l και/ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά) ≤ 10 mg/l ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 2

Όχι

και

Χρόνια:
Δεν υπάρχει η δυνατότητα για ταχεία διάσπαση? και/ή
Υπάρχει η δυνατότητα να βιοσυσσωρευτεί
((BCF ≥500 ή αν δεν υπάρχει log Kow ≥4) ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 2



Εκτός αν οι NOECs > 1 mg/l

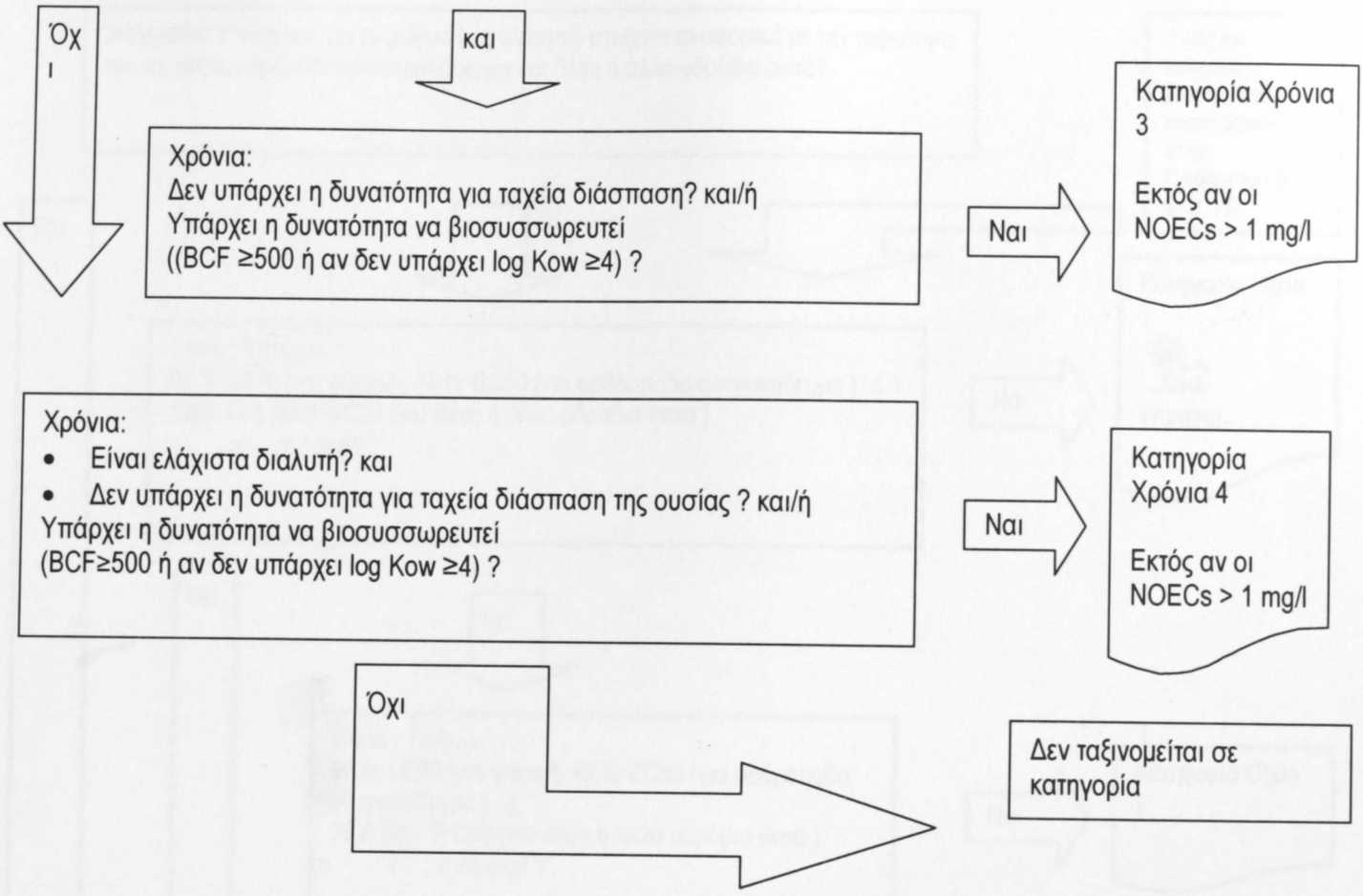
Όχι

Οξεία : Υπάρχει
96 hr LC50 (για ψάρια) ≤ 100 mg/l και/ή
48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα) ≤ 100mg/l και/ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά) ≤ 100 mg/l ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 3

Όχι

Συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα



Διαγράμματα 3.8.1 :Λογικό Διάγραμμα Ταξινόμησης Επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών

Μείγματα: Υπάρχουν για το μείγμα (ως ολότητα) στοιχεία αναφορικά με την τοξικότητα του σε ψάρια, αρθρόποδα οστρακόδερμα και άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά?

Τιμές του μείγματος /λογική που αναπτύσσεται στην Παράρτημα 3 : §1.7-1.9

Όχι

Ναι

Οξεία : Υπάρχει
96 hr LC50 (για ψάρια) , 48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα) ≤ 1 mg/l, 72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)

- ≤ 1 mg/l ?

Ναι

Κατηγορία Οξεία 1



Warning

και

όχι

Οξεία : Υπάρχει
96 hr LC50 (για ψάρια), 48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα) , ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)

- ≤ 10 mg/l ?

Ναι

Κατηγορία Οξεία 2

και

όχι

Οξεία : Υπάρχει
96 hr LC50 (για ψάρια), 48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα) , ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)

- ≤ 100 mg/l ?

Ναι

Κατηγορία Οξεία 3

και

Όχι

Δεν ταξινομείται σε κατηγορία

Βλ. Παράρτημα 3 Λογικό Πλαίσιο § 1.7-1.9 για Χρόνια ταξινόμηση

Συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

όχι

Μπορούν να εφαρμοστούν bridging principles

Ναι → Κατηγοριοποίηση σε κατάλληλη κατηγορία

όχι

Χρήση όλης της διαθέσιμης πληροφορίας αναφορικά με τα συστατικά του μείγματος κατά την εφαρμογή της αθροιστικής μεθόδου ως εξής:

- Για συστατικά για τα οποία υπάρχουν διαθέσιμες τιμές για την τοξικότητα εφαρμογή της αθροιστικής μεθόδου (Παράρτημα 3: §1.12-1.13), προσδιορισμός της κατηγορίας ταξινόμησης για το γνωστό μέρος το μείγματος και χρήση των τιμών στη αθροιστική μέθοδο
- Τα συστατικά τα οποία είναι ήδη ταξινομημένα εισάγονται απευθείας στο μοντέλο της αθροιστικής μεθόδου(βλ. παρακάτω)

Ναι

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται στην κατηγορία:

- Οξεία 1 X M* ≥ 25 %

Ναι → Κατηγορία Οξεία 1  Warning

και

Όχι

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται ως:

- (Οξεία 1 x M* x 10) + Οξεία 2 ≥ 25 % ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 2

όχι

Όχι

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται ως:

- (Οξεία 1 x M* x 10) + (Οξεία 2 x 10) + Οξεία 3 ≥ 25 % ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 3

και

Όχι → Δεν ταξινομείται σε κατηγορία

Χρόνια

Βλ Παράρτημα 3: § 1.7-1.9 Πλαίσιο για ταξινόμηση στις Χρόνιες Κατηγόριες

Συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

Αθροιστική μέθοδος
Παράρτημα 3 § 1.13

Εφαρμογή της αθροιστικής μεθόδου

$$\frac{\sum C_i}{L(E)C_{50m}} = \sum_n \frac{C_i}{L(E)C_{occ}}$$

Ci: η συγκέντρωση του συστατικού i (weight percentage)
$L(E)C_{50occ}$: (mg/l) LC 50 ή EC 50 του συστατικού i
n: ο αριθμός των συστατικών με i: 1-n
$L(E)C_{50m}$: LC 50 του μέρους του μείγματος όπου υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα από τεστ

Τιμές σύμφωνα με την § 1.7-1.10
Παράρτημα 3

Αθροιστική μέθοδος Παράρτημα 3: § 1.12-1.13

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται στην κατηγορία:
- Χρόνια 1 X M ≥ 25 %

Ναι → Κατηγορία Χρόνια 1  Warning

Όχι

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται ως:
- (Χρόνια 1 x M* x 10) + Χρόνια 2 ≥ 25 % ?

Ναι → Κατηγορία Χρόνια 2

Όχι

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται ως:
- (Χρόνια 1 x M* x 10) + (Χρόνια 2 x 10) + Χρόνια 3 ≥ 25 % ?

Ναι → Κατηγορία Χρόνια 3

Όχι

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται ως:
- **Χρόνια 1 + Χρόνια 2 +Χρόνια 3 +Χρόνια 4** ≥ 25 % ?

Ναι → Κατηγορία Χρόνια 4

Όχι → Δεν ταξινομείται σε κατηγορία Χρόνιας Τοξικότητας

*** βλ. Παράρτημα 3: § 1.13.3**

Διαγράμματα 3.8.2 :Λογικό Διάγραμμα Ταξινόμησης Μειγμάτων για το περιβάλλον ουσιών

3.9 Επιλογή Χαρακτηριστικών Ιδιοτήτων – Οριακές τιμές (συγκεντρώσεις)

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική έρευνα στις ιδιότητες των χημικών ουσιών προκύπτουν χαρακτηριστικές οριακές τιμές-συγκεντρώσεις που καθορίζουν την κατάταξη των ουσιών στις διαφορετικές κατηγορίες (βλ Πίνακα 3.8.1). Λαμβάνοντας υπόψη στοιχεία από τη ειδική βάση δεδομένων για περιβαλλοντικούς κινδύνους «**N-CLASS Database on Environmental Hazard Classification version 6.1**» στον Πίνακα 3.9 παρουσιάζονται οι «φράσεις κινδύνου» R που αφορούν τις επικίνδυνες για το υδάτινο περιβάλλον ουσίες σύμφωνα με την οδηγία SEVESO συναρτήσει των τους οριακών συγκεντρώσεων (τοξικότητας) που χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση GHS για τις R50, R50/53, R51/53 καθώς και για τις R52 και R53 [9](**N-CLASS Database, JRC TWG 7- Christou, 2000**)..

Φράση Κινδύνου/ Κατηγορία τοξικότητας	**Ονομαστική ή πειραματική Τοξικότητα [10]**
Δεν εφαρμόζεται	LC50 > 100 mg/l
R52-53	10 mg/l < LC50 < 100 mg/l
R51-53	**1 mg/l < LC50 < 10 mg/l**
R50 ή R50-53	**LC50 < 1 mg/l**

Πίνακας 3.9: Φράσεις Περιβαλλοντικού Κινδύνου και οριακές συγκεντρώσεις τοξικότητας

Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.9 προκύπτει ότι για τις κατηγορίες ουσιών R 50, R 50/53, R 51/53 οι οποίες προβλέπονται στις επικίνδυνες ουσίες σύμφωνα με το Παράρτημα 1, Μέρος 2 της οδηγίας SEVESO η ιδιότητα των ουσιών η οποία λαμβάνεται υπόψη και βάσει της οποίας πραγματοποιείται η ταξινόμηση των ουσιών ως επικίνδυνες για το περιβάλλον είναι η οξεία τοξικότητα εκφρασμένη ως θανατηφόρος συγκέντρωση Lethal Concentration που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες στο 50% του πληθυσμού του υπό εξέταση οργανισμού. Οι οριακές συγκεντρώσεις LC50 (ψάρια), EC50 (δαφνίδες), ErC50 (υδρόβια φυτά) αφορούν επιπτώσεις σε οργανισμούς για συγκεκριμένο χρόνο έκθεσης.

Η παρούσα διατριβή τεκμηριώνει με τα παραπάνω στοιχεία την πρόταση της για υιοθέτηση ως κριτήριο ελέγχου βλαβών τις τιμές θανατηφόρου συγκέντρωσης, δηλαδή τις οριακές συγκεντρώσεις LC50. Οι οριακές συγκεντρώσεις LC50 τοξικής ουσίας για συγκεκριμένο χρόνο έκθεσης υδάτινων αποδεκτών προκύπτουν 1 mg/l < LC50 < 10 mg/l για τις ουσίες R50 ή R50-53 και LC50 <1 mg/l για τις R51-53 αντίστοιχα.

---

[9] **R50:** ουσίες πολύ τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς,
R50/53: ουσίες πολύ τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς **και** που μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον, και
R51/53: ουσίες τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς **και** μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον.
Επιπλέον παρουσιάζονται και οι χαρακτηριστικές τιμές για τις φράσεις κινδύνου
R 52: Επιβλαβείς για τους υδρόβιους οργανισμούς
R53: Μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον

[10] Συνήθως χρησιμοποιούνται κατηγορίες κινδύνων βάση τα L(E)C50s για τιμές των 100 mg/l, ωστόσο μπορεί στο πλαίσιο κάποιων εφαρμογών να χρησιμοποιηθούν και κατηγορίες μέχρι τα 1000 mg/l ή μέχρι 10 mg/l.

Ωστόσο μια ολοκληρωμένη διερεύνηση των περιβαλλοντικών βλαβών προϋποθέτει την υιοθέτηση της ολοκληρωμένης ανάλυσης βάσει GHS για την διεξαγωγή πλήρως αξιόπιστων συμπερασμάτων. Για κάθε ατυχηματικό σενάριο που εξετάζεται θεωρείται σκόπιμο σύμφωνα με τις αρχές του GHS και τις οδηγίες του OECD να προσδιορίζονται για τις επικίνδυνες ουσίες οι οποίες εμπλέκονται στο σενάριο οι εξής ιδιότητες:

- Οξεία Τοξικότητα
- Χρόνια Τοξικότητα
- Βιοσυγκέντρωση, Βιοσυσσώρευση
- Διαλυτότητα
- Βιοδιαλυτότητα
- Διάσπαση
- BOD/COD

Η καταγραφή της παραπάνω πληροφορίας θα συνέβαλε στην ταξινόμηση των ουσιών στις κατηγορίες Οξέων και Χρόνιων Κινδύνων σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια και κατά συνέπεια θα προέκυπτε μια τεκμηριωμένη ανάλυση περιβαλλοντικών βλαβών. Ασφαλώς μια τέτοια διαδικασία για μεγάλο αριθμό ουσιών είναι ιδιαίτερα σύνθετη και χρονοβόρα. Γι' αυτό το λόγο συστήνεται το μέγεθος της ανάλυσης να προσαρμόζεται ανά περίπτωση και να τεκμηριώνεται ανάλογα.

Θεωρείται ότι το εννοιολογικό πλαίσιο όπως αυτό διαμορφώνεται από τις αρχές, τους κανόνες και τις κατευθυντήριες οδηγίες του GHS αποτελεί γνώμονα για τη χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής καθώς και σημαντικό εργαλείο κατά το σχεδιασμό μέτρων πρόληψης και περιορισμού επιπτώσεων καθώς και επεμβατικών παρεμβάσεων για ταχεία εξυγίανση περιοχών που έχουν πληγεί.

Ολοκληρώνοντας τα αποτελέσματα της έρευνας αναφορικά στις επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες οι οποίες πιθανόν να εμπλέκονται σε ένα Βιομηχανικό Ατύχημα Μεγάλης Έκτασης η παρούσα ανάλυση συνεχίζει στον πρώτο παράγοντα του συστήματος **Πηγή**-Όδευση-Αποδέκτης. Σύμφωνα με τις αρχές ανάπτυξης της έρευνας (βλ. § 2.3) δεν είναι στόχος παρούσας να περιγράψει αναλυτικά τις μεθόδους σχετικά με τον προσδιορισμό των πηγών κινδύνου ή των αστοχιών που συνδέονται με τη λειτουργία της εγκατάστασης αλλά να χρησιμοποιήσει την υφιστάμενη ανάλυση κινδύνου των Μελετών Ασφάλειας των εγκαταστάσεων SEVESO και να ενσωματώσει σε αυτή στοιχεία αναφορικά στην εκτίμηση περιβαλλοντικών κινδύνων.

Υπό αυτό το πρίσμα το Κεφάλαιο 3 μπορεί να λειτουργήσει ως βάση δεδομένων επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών οι οποίες ενδέχεται να διακινούνται στην εγκατάσταση βάσει οδηγίας SEVESO ουσίες **R50, R50/51 και R51/53** ή να παραχθούν από επικίνδυνες καταστάσεις (σενάρια ατυχημάτων). Π.χ. για την περίπτωση των εγκαταστάσεων διακίνησης πετρελαιοειδών και διυλιστηρίων σύμφωνα μρ την § 3.4 έρευνα κατέδειξε ως τα πιο πιθανά τοξικά προϊόντα καύσης τα οποία είναι και επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες τα παρακάτω: **Acrolein, SO_2, διοξίνες και τους Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (Polyaromatic Hydrocarbons (PAH's)) π.χ. βενζόλιο.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΗΓΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

4.1 Πηγές Κινδύνου-Προσδιορισμός Επικίνδυνων Ουσιών

Στο πρώτο Κεφάλαιο έχουν ήδη παρουσιαστεί οι αρχές που διέπουν το πλαίσιο ανάλυσης στην παρούσα έρευνα και έγινε μια σύντομη αναφορά στα εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανάλυση κινδύνου Βιομηχανικών Ατυχημάτων (βλ. § 1.4). Σύμφωνα με την τρίτη αρχή δηλώνεται ότι η παρούσα δεν έχει ως αντικείμενο την αναλυτική περιγραφή μεθόδων σχετικά με τον προσδιορισμό των αστοχιών ή των γεγονότων απώλειας περιεχομένου ΒΑΜΕ που συνδέονται με τη λειτουργία της εγκατάστασης, και θεωρεί τα αποτελέσματα αυτών των μελετών ως δεδομένα για την περαιτέρω μελέτη πηγών περιβαλλοντικού κινδύνου.

Διερευνώντας μια πηγή κινδύνου που συνδέεται με ένα ενδεχόμενο ατυχηματικό σενάριο ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει, το επόμενο βήμα και στόχος του παρόντος Κεφαλαίου είναι να αναγνωριστούν οι επικίνδυνες ουσίες οι οποίες συνδέονται με αυτή την πηγή και να προσδιοριστούν οι ποσότητες και οι φυσικοχημικές ιδιότητες των ουσιών προκειμένου να εκτιμηθούν οι αναμενόμενες βλάβες στους περιβαλλοντικούς αποδέκτες στην ευρύτερη περιοχή της εγκατάστασης.

Συγκεκριμένα για κάθε πιθανό σενάριο ΒΑΜΕ το οποίο διερευνάται ως προς τις επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει στο περιβάλλον και αναφορικά στον κρίσιμο εξοπλισμό προτείνεται:

- **Να αναγνωρίζονται οι επικίνδυνες για το (υδάτινο) περιβάλλον ουσίες που συμμετέχουν, παράγονται ή συμπαρασύρονται κατά την εκδήλωση του ατυχήματος**, σύμφωνα με τις υποδείξεις της οδηγίας SEVESO.
- **Να υπολογίζονται ή να εκτιμώνται οι ποσότητες** με τις οποίες συμμετέχουν οι ουσίες στο ατυχηματικό σενάριο)
- **Να προσδιορίζονται οι χαρακτηριστικές οριακές συγκεντρώσεις των ουσιών συναρτήσει με τους τρωτούς αποδέκτες της περιοχής (βλ. § 3.8 και Παράρτημα 3).**

Ολοκληρώνοντας τα παραπάνω θα έχει προσδιοριστεί ο πρώτος παράγοντα του συστήματος **Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης.**

4.2 Λίστα χημικών ουσιών

Ο μεγάλος αριθμός των επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών που μπορεί να εμπλέκονται σε κάθε ένα από τα πιθανά ατυχηματικά σενάρια, ο υπολογισμός των τελικών ποσοτήτων που τελικά διαρρέουν από μια εγκατάσταση και ο υπολογισμός των ιδιοτήτων τους για τους πιθανούς αποδέκτες καθιστά τη διερεύνηση όλων των πιθανών επιπτώσεων που μπορούν να προκύψουν διαδικασία ιδιαίτερα δαπανηρή σε κόστος και πόρους. Θεωρείται ότι θα ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικό να

καθιερωθεί μια λίστα βασικών ουσιών και των βασικών τους ιδιοτήτων στην οποία θα μπορούσαν να προστεθούν επιπλέον ουσίες ή να εξαιρεθούν κάποιες ουσίες ανάλογα με την δραστηριότητα της κάθε εγκατάστασης. Μια λίστα με τις πιο «επικίνδυνες» για το (υδάτινο) περιβάλλον ουσιών θα μπορούσε να λειτουργήσει ως αφετηρία για την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Η ανάπτυξη της λίστας ουσιών πρέπει να βρίσκεται σε συμφωνία με τους όρους της Οδηγίας SEVESO και να περιλαμβάνει επικίνδυνες ουσίες οι οποίες παρουσιάζονται υπό κανονικές ή ανεξέλεγκτες συνθήκες και συνδέονται με τα ατυχηματικά σενάρια. Στη λίστα αυτή προτείνεται επιπλέον να συμπεριλαμβάνονται ουσίες οι οποίες μπορεί να παράγονται κατά την εκδήλωση του ατυχήματος π.χ. προϊόντα καύσης ή προϊόντα αντιδράσεων ή άλλες ουσίες οι οποίες μπορεί να συμπαρασυρθούν από τη φωτιά όπως υλικά κατασκευής εξοπλισμού υλικού (π.χ. σκεπές αμιάντου), άκαυστες ύλες καθώς επιπλέον υλικά που χρησιμοποιούνται για την πυρόσβεση εκτός από το νερό π.χ. φωτοστέφανα, ξηρά σκόνη που είναι ουσίες που δύνανται να προκαλέσουν σημαντικές περιβαλλοντικές βλάβες. Η λίστα αυτή μπορεί να προκύψει σύμφωνα με την πολιτική ασφάλειας οργανισμών, επιχειρήσεων, αρμόδιων φορέων και να επικαιροποιείται και να διαμορφώνεται κατάλληλα στις επιμέρους εγκαταστάσεις.

Η πρόταση της EE-Proposal COM 397 final το 2006 θεσπίζει κριτήρια περιβαλλοντικής ποιότητας για τα επιφανειακά νερά και προσδιορίζει 41 επικίνδυνες χημικές ουσίες εκ των οποίων δίνεται προτεραιότητα σε 33 κρίσιμες ουσίες και στη συνέχεια σε άλλους 8 ρυπαντές (Απόφαση 2455/2001/ΕΚ: Θέσπιση καταλόγου ουσιών προτεραιότητας στον τομέα τις πολιτικής των υδάτων και τροποποίηση οδηγίας 2000/60/ΕΚ). Σκοπός της πρότασης είναι να διασφαλιστεί για το υδάτινο περιβάλλον ή μέσω αυτού υψηλό επίπεδο προστασίας από κινδύνους οι οποίοι οφείλονται στις 33 αυτές ουσίες προτεραιότητας και σε ορισμένους άλλους ρύπους με τον καθορισμό Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ).

Σύμφωνα με το άρθρο 16 της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/ΕΚ (ΟΠΥ) στο πρώτο μέτρο της στρατηγικής για την αντιμετώπιση της χημικής ρύπανσης του ύδατος εγκρίθηκε **κατάλογος ουσιών προτεραιότητας** (απόφαση αριθ. 2455/2001/ΕΚ) στις οποίες αποτυπώνονται συγκεκριμένες χημικές ουσίες, plant protection products, βιοκτόνες ουσίες (biocides), μέταλλα και άλλα γκρουπ όπως Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)) που κυρίως είναι παραπροϊόντα καύσης (αποτέφρωσης) και τέλος Polybrominated Biphenylethers (PBDE) που χρησιμοποιούνται ως επιβραδυντικά φωτιάς (βλ. § 3.4).

Στον κατάλογο με τις ουσίες προτεραιότητας που ακολουθεί σύμφωνα με την ανάλυση του τρίτου Κεφαλαίου, στις τρεις τελευταίες στήλες σημειώνονται ποιες από τις ουσίες αυτές ανήκουν στους Πολυκυκλικούς Αρωματικούς Υδρογονάθρακες –PAHs (βλ. § 3.4), στους έμμονους οργανικούς ρύπους POPs (βλ.§ 3.5) και έχουν καταγραφεί στα Μεγάλα Ατυχήματα με εκτενής περιβαλλοντικές επιπτώσεις (βλ.§ 3.2) Παρακάτω παρατίθεται αναλυτικά η λίστα με τις 33 ουσίες προτεραιότητας και τους άλλους 8 ρυπαντές:

	CAS number	EU number	Επικίνδυνη Ουσίες Προτεραιότητας Priority substance	Πολυκ. Αρωματικ. Υδρογον-ανθράκων	POPs	Ουσίες σε Περιβαλλ. Ατυχήματα
1	15972-60-8	240-110-8	Alachlor			
2	120-12-7	204-371-1	Ανθρακένιο	PAH		
3	1912-24-9	217-617-8	Ατραζίνη			
4	71-43-2	200-753-7	Βενζόλιο[1]	PAH		
5	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται	Βρωμιούχος διφαινυλαιθέρας(**)			
6	7440-43-9	231-152-8	Κάδμιο και ενώσεις του			
7	85535-84-8	287-476-5	Χλωροαλκάνια, C10-13			
8	470-90-6	207-432-0	Chlorfenvinphos			
9	2921-88-2	220-864-4	Chlorpyrifos			
10	107-06-2	203-458-1	1,2-Διχλωροαιθάνιο			
11	75-09-2	200-838-9	Διχλωρομεθάνιο			
12	117-81-7	204-211-0	Φθαλικό δι(2-αιθυλεξυλιο) (ΦΔΑΕ - DEHP)			
13	330-54-1	206-354-4	Diuron			
14	115-29-7	204-079-4	Ενδοσουλφάνιο		✓	✓
	959-98-8	n.a.	(Άλφα-ενδοσουλφάνιο)			
15	206-44-0	205-912-4	Φθορανθένιο	PAH		
16	118-74-1	204-273-9	Εξαχλωροβενζόλιο			
17	87-68-3	201-765-5	Εξαχλωροβουταδιένιο			
18	608-73-1	210-158-9	Εξαχλωροκυκλοεξάνιο			
	58-89-9	200-401-2	(Λινδάνιο, γ-ισομερές)		✓	✓
19	34123-59-6	251-835-4	Isoproturon			
20	7439-92-1	231-100-4	Μόλυβδος και ενώσεις του			
21	7439-97-6	231-106-7	Υδράργυρος και ενώσεις του		✓	✓
22	91-20-3	202-049-5	Ναφθαλίνιο	PAH		
23	7440-02-0	231-111-4	Νικέλιο και ενώσεις του			
24	25154-52-3	246-672-0	Εννεϋλοφαινόλη		✓	✓
	104-40-5	203-199-4	(4-(παρα)εννεϋλοφαινόλη		✓	✓
25	1806-26-4	217-302-5	Οκτυλοφαινόλη		✓	✓

[1] **Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες –Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH's)**

	140-66-9	n.a.	(Παρατετραοκτυλοφαινόλη)		✓	✓
26	608-93-5	210-172-5	Πενταχλωροβενζόλιο			
27	87-86-5	201-778-6	Πενταχλωροφαινόλη		✓	✓
28	n.a.	n.a.	Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες			
	50-32-8	200-028-5	(Βενζο(α)πυρένιο)	PAH		
	205-99-2	205-911-9	(Βενζο(β)φθορανθένιο)	PAH		
	191-24-2	205-883-8	(Βενζο(ζ,η,θ)περυλένιο	PAH		
	207-08-9	205-916-6	(Βενζο(κ)φθορανθένιο)	PAH		
	193-39-5	205-893-2	(Ινδενο(1,2,3-γδ)πυρένιο	PAH		
29	122-34-9	204-535-2	Σιμαζίνη			
30	688-73-3	211-704-4	Ενώσεις τριβουτυλτίνης			
	36643-28-4	n.a.	Κατιόν τριβουτυλτίνης			
31	12002-48-1	234-413-4	Τριχλωροβενζόλια			
	120-82-1	204-428-0	(1,2,4-τριχλωροβενζόλιο)			
32	67-66-3	200-663-8	Τριχλωρομεθάνιο (Χλωροφόρμιο)			
33	1582-09-8	216-428-8	Τριφθοραλίνη			

Πίνακας 4.2.1: Λίστα χημικών προτεραιότητας

Άλλοι ρυπαντές

Οι υπόλοιποι 8 ρυπαντές που δεν ανήκουν στη λίστα προτεραιότητας εμπίπτουν στο πρίσμα της οδηγίας 86/280/EEC και συμπεριλαμβάνονται στη Λίστα I του παραρτήματος της οδηγίας 76/464/EEC.

	CAS number	**Name of other pollutant**	**PAH**	**POPS**	**Ουσίες σε Περιβαλλ. Ατυχήματα**
1	*not applicable*	DDT ^		✓	
	50-29-3	para-para-DDT ^		✓	
2	309-00-2	Aldrin *^		✓	✓
3	60-57-1	Dieldrin * ^		✓	✓
4	72-20-8	Endrin ^		✓	
5	465-73-6	Isodrin			
6	56-23-5	Ανθρακοτετραχλωρίδιο			
7	127-18-4	Ανθρακοτετραχλωρίδιο			
8	79-01-6	Τριχλωροαιθυλένιο			

Πίνακας 4.2.2:Λίστα υπόλοιπων 8 ρυπαντών

Στην παρούσα προτείνεται η παραπάνω λίστα με τις ουσίες προτεραιότητας βάση της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/ΕΚ να λειτουργήσει σαν οδηγός για την αναγνώριση επικίνδυνων για

το περιβάλλον ουσιών σε μια εγκατάσταση SEVESO, είτε αναφορικά στις ουσίες οι οποίες αποθηκεύονται και διαχειρίζονται στην εγκατάσταση είτε αναφορικά στις ουσίες που μπορεί να προκύψουν από ατυχηματικά γεγονότα. Επιπλέον επικίνδυνες ουσίες που μπορούν να προστεθούν σε μια «Κρίσιμη Λίστα Ουσιών» βάσει των όσων αναπτύχθηκαν στις § 3.2-3.6 περιλαμβάνουν χημικά που έχουν καταγραφεί σε καταλόγους από :

- Παρελθόντα ατυχήματα με επιπτώσεις BAME στο περιβάλλον (§ 3.2&3.3) και/ή
- Τα κύρια προϊόντα καύσης από επικίνδυνες ουσίες και τους Πολυκυκλικούς Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες (§3.4) και/ή
- Έμμονους οργανικούς ρύπους (§ 3.5) και
- Άλλες ουσίες (§ 3.6)

Είναι σαφές πως οι προτεινόμενες λίστες με τις παραπάνω ουσίες είναι ενδεικτικές και όχι εξαντλητικές μολονότι έχουν βασιστεί σε εκτενή βιβλιογραφική έρευνα. **Ενδείκνυται κάθε εγκατάσταση ή εταιρία να αναπτύξει μια λίστα με τις επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες που υφίστανται εντός της εγκατάστασης και/ή ενδέχεται να παραχθούν σε περίπτωση ατυχήματος προκειμένου να διαμορφώσει ένα πλαίσιο ανάλυσης αναφορικά με τον παράγοντα «Πηγή» (διαρροή επικίνδυνων ουσιών) του συστήματος Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης που εφαρμόζεται για την ανάλυση περιβαλλοντικών κινδύνων.** Η επιλογή των ουσιών αυτών θα οριοθετήσει και την έρευνα αναφορικά με τις ιδιότητες των ουσιών που απαιτούνται να προσδιοριστούν προκειμένου να εκτιμηθεί η σοβαρότητα των επιπτώσεων στο περιβάλλον.

4.3 Καταγραφή Επικίνδυνων για το Περιβάλλον Ουσιών για κάθε Ατυχηματικό Σενάριο

Για κάθε πηγή κινδύνου η οποία συνδέεται με ένα ατυχηματικό σενάριο, η αρχική προϋπόθεση είναι να προσδιοριστεί σαφώς ο κρίσιμος εξοπλισμός, τα υποσυστήματα και οι διαδικασίες οι οποίες σχετίζονται με αυτό (βλ. Κεφ.1). Στη συνέχεια πρέπει να καταγραφούν με μεγαλύτερη ακρίβεια ποιες επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες σχετίζονται με τον κρίσιμο εξοπλισμό και με τις κρίσιμες διεργασίες του ατυχηματικού σεναρίου.

Οι ουσίες οι οποίες καταγράφονται είναι αυτές οι οποίες αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 3 (Δραστικές ουσίες R50/53, R50, R51/53, οργανικές και ανόργανες που περιλαμβάνονται σε προϊόντα και μείγματα π.χ. εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, φυτοφάρμακα, πετρελαιοειδή όπως βενζίνες, κηροζίνη, ντίζελ κ.α, νερά πυρόσβεσης, απορρίμματα από διαδικασίες εξόρυξης και άλλες). Επιπλέον μπορούν να καταγραφούν και ουσίες οι οποίες μπορεί να συμμετέχουν ή παράγονται κατά την εκδήλωση του ατυχήματος π.χ. προϊόντα καύσης ή προϊόντα αντιδράσεων φωτιάς, απόνερα πυρόσβεσης καθώς και άλλες ουσίες οι οποίες ενδέχεται να συμπαρασυρθούν από τη φωτιά όπως άκαυστες ύλες ή υλικά κατασκευής εξοπλισμού (π.χ. σκεπές αμιάντου) (§ 3.3-3.4).

Στην παρούσα προτείνεται να λαμβάνονται υπόψη κατά προτεραιότητα οι ουσίες που προβλέπονται στην Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα:Πίνακες 4.2.1-4.2.2, οι χαρακτηρισμένες ουσίες ως R50/53, R50, R51/53, τα προϊόντα καύσης ή αντίδρασης τα οποία μπορούν να παραχθούν και να διαρρεύσουν κατά τη διάρκεια του ατυχηματικού γεγονότος της φωτιά (και άκαυστοι υδρογονάνθρακες βλ.§ 3.4.2), οι Έμμονοι Οργανικοί Ρύποι (βλ. 3.5) και μείγματα ουσιών καθώς και διαλύματα όπως προκύπτουν π.χ. από απόνερα πυρόσβεσης.

Με την ολοκλήρωση της καταγραφή των ουσιών για κάθε σενάριο που εξετάζεται προκύπτει μια λίστα με επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες που συνδέονται με τον κρίσιμο εξοπλισμό ή διεργασία του σεναρίου.

Στο στάδιο της **καταγραφής των ουσιών** που συμμετέχουν στις διαδικασίες της εγκατάστασης καθώς και στον προσδιορισμό της **πηγής διαρροής** της επικίνδυνης ουσίας (π.χ. δοχείο, δεξαμενή, σωλήνωση κλπ.) σχετική πληροφορία μπορεί να αντληθεί από:

- Μελέτες Ασφάλειας των εγκαταστάσεων,
- Περιγραφές διαδικασιών,
- Σχέδια και διαγράμματα της εγκατάσταση (Τοπογραφικό εγκατάστασης, P& IDs Diagrams, flow diagrams κ.α.),
- Δελτία Δεδομένων Ασφάλειας-Material Safety Data Sheets (MSDS)των ουσιών που διαχειρίζεται η εγκατάσταση,
- Βάσεις δεδομένων των εγκαταστάσεων, και
- Από άλλες σχετικές μελέτες της εγκατάστασης Μελέτη περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) κ.α.).

Ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο πριν την καταγραφή των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων των ουσιών και των ποσοτήτων που τελικά διαρρέουν εκτός της εγκατάστασης είναι η καταγραφή και ο προσδιορισμός των κρίσιμων αποδεκτών της ευρύτερης περιοχής της εγκατάστασης. Η παρούσα ανάλυση επικεντρώνεται στα υδάτινα οικοσυστήματα ωστόσο παράλληλα πραγματοποιείται αναφορά και σε άλλους ευαίσθητους αποδέκτες (χλωρίδα, πανίδα) οικοσυστημάτων (έδαφος και ατμόσφαιρα). Αναλυτικά στοιχεία για τους αποδέκτες και τα εργαλείο καταγραφής και εντοπισμού τους στο Κεφ 6.

4.4 Ποσότητες επικίνδυνων ουσιών

4.4.1 Κριτήρια στην Απώλεια Περιεχομένου (Loss of Containment-LOCs)

Για κάθε ουσία που τελικά διαφεύγει από το δοχείο περιεχομένου της όπως προσδιορίστηκε § 4.3 αρχικά πρέπει να προσδιοριστεί η φυσική της κατάσταση. Η φυσική κατάσταση μιας ουσίας ή ενός μείγματος μπορεί να είναι αέρια, υγρή ή στερεή. Η φυσική κατάσταση της ουσίας αποτελεί το πρώτο δεδομένο το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο και τη μελέτη της περαιτέρω εξέλιξης της διαρροής της επικίνδυνης ουσίας από το σημείο διαρροής προς το περιβάλλον.

Σύμφωνα με την § 4.3 για κάθε σενάριο που διερευνάται έχει προκύψει μια λίστα με τις πιθανές επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες. Σε μια εγκατάσταση «Seveso» τα σενάρια που εξετάζονται διερευνούν κατά κύριο λόγο τις επιπτώσεις στον άνθρωπο και μπορεί να είναι δεκάδες ή εκατοντάδες ανάλογα με τις επικίνδυνες ουσίες και τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην εγκατάσταση. Επομένως προκύπτει ένας πολύ μεγάλος αριθμός σε αναλύσεις κινδύνου προκειμένου να διερευνηθούν όλες οι ουσίες που συνδέονται με κάθε κρίσιμο εξοπλισμό για κάθε σενάριο ως προς τη δυνατότητα τους να προκαλέσουν επιπτώσεις σε περιβαλλοντικούς αποδέκτες. Γι' αυτό το λόγο

κρίνεται απαραίτητη για κάθε σενάριο η επιλογή των σημαντικότερων ουσιών που σε κατάλληλες ποσότητες μπορούν να προκαλέσουν βλάβες.

Επομένως προτού εξακριβωθεί η δυνατότητα διαρροής μιας ουσίας εκτός της ορίων της εγκατάστασης (ύδατα, έδαφος, ατμόσφαιρα) θεωρήθηκε πολύ σημαντικό να αναπτυχθούν κάποια κριτήρια για την επιλογή των κρίσιμων περιβαλλοντικών σεναρίων με σύγκριση των συγκεντρώσεων των ουσιών που διαρρέουν με τις οριακές τιμές-συγκεντρώσεις των ουσιών για συγκεκριμένους αποδέκτες. Οι οριακές τιμές-συγκεντρώσεις που θεωρούνται σημαντικοί και προτείνονται στην παρούσα έρευνα είναι:

- **No Observed Effect Concentration NOECs,** Συγκεντρώσεις μη παρατηρούμενου αποτελέσματος,
- **Environmental Quality Standards (EQSs),** Κριτήρια Περιβαλλοντικής Ποιότητας,
- **LC50s /LD50s** θανατηφόρος συγκέντρωση/δόση 50% για πανίδα, **LL50 (για τα ψάρια),**
- **EC50 (αρθόποδα οστρακόδερμα-δαφνίδες),**
- **ErC50 (άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)**[2].

Στην βιβλιογραφία υπάρχουν και άλλα όρια τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως τα **NOEAEC (No lasting Observed Adverse Effects Concentration)** ή **EAC (Ecologically Acceptable Concentration)** για τα οποία όμως υπάρχουν λιγότερα διαθέσιμα δεδομένα από βιβλιογραφικές πηγές[3]. Ορισμοί των παραπάνω οριακών συγκεντρώσεων παρατίθενται στο Παράρτημα 1.

Αρχικά λαμβάνοντας υπόψη μια περιοχή κάλυψης π.χ. ίση με αυτή που έχει προκύψει από τις ζώνες επιπτώσεων για το worst case scenario της Μελέτης Ασφάλειας ή έκταση περιμετρικά της εγκατάστασης σύμφωνα με την πολιτική του τμήματος περιβάλλοντος της εγκατάστασης π.χ ακτίνα 10 km γύρω από την εγκατάσταση (DETR, 1999a), στη συνέχεια προτείνεται η καταγραφή αποδεκτών στην ευρύτερη περιοχή της εγκατάστασης και η ανάπτυξη μιας λίστας τρωτών αποδεκτών [4] **(βλ Κεφ 6).**

Δεδομένου ότι τα διάφορα είδη και τα οικοσυστήματα έχουν διαφορετική ευαισθησία στις χημικές ουσίες είναι σημαντικό κατά τη εξέταση μιας συγκεκριμένης χημικής ουσίας στο περιβάλλον να λαμβάνονται υπόψη όσο το δυνατό περισσότερα είδη ούτως ώστε να επιτυγχάνεται μια ευρύτερη εκτίμηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης. Ωστόσο σε περιπτώσεις που κάποιο είδος οργανισμού παρουσιάζει ιδιαίτερη σημαντικότητα (π.χ.ενδιαιτήματα NATURA) ή κυριαρχεί πληθυσμιακά η παρούσα προτείνει να εξετάζονται οι επιπτώσεις ως προς το συγκεκριμένο αποδέκτη .

---

[2] Όσο αφορά τις επιπτώσεις από μεγάλο ατύχημα ο παρόν οδηγός λαμβάνει υπόψη του κυρίως τις επιπτώσεις λόγω τοξικότητας των επικίνδυνων ουσιών ή μιγμάτων αυτών που ελευθερώνονται απευθείας κατά τη διάρκεια ενός ατυχήματος (ΚΥΑ 12044/613/2007, GHS; United Nations 2005). Για τον προσδιορισμό της τοξικότητας μιας ουσίας ή ενός μίγματος υιοθετείται η επίσημη μεθοδολογία από το Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (βλ. Κεφ.4).

[3] www. pesticides.gov.uk/publications

[4] Επιφανειακά νερά, ποταμοί, λίμνες, υπόγεια νερά, πηγές πόσιμου νερού, βύθιοι οργανισμοί, υδρόβια χλωρίδα, δαφνίδες, φύκια, ψάρια, ασπόνδυλα, έντομα, πουλιά, παράκτια είδη οργανισμών, είδη που τρέφονται από μολυσμένους οργανισμούς, πληθυσμοί που πίνουν μολυσμένο νερό από ποτάμια, λίμνες, αποδημητικά πουλιά ή ζώα τα οποία τρέφονται από το υδάτινο περιβάλλον, καλλιέργειες ψαριών και υδάτινων οργανισμών, Έδαφος: Καλλιέργειες, Είδη πληθυσμών υπό Προστασία Natura 2000

Αν οι συγκεντρώσεις κάποιων ρυπαντών είναι μικρότερες από τα όρια Environmental Quality Standards EQSs ή No Observed Effect Concentration NOECs όπως αυτά προκύπτουν για τη λίστα των ευαίσθητων αποδεκτών τότε δεν κρίνεται απαραίτητη η διερεύνηση των συγκεκριμένων ρυπαντών διότι δεν μπορούν να προκαλέσουν αξιοσημείωτες επιπτώσεις στο περιβάλλον (DETR, 1999a; Ecological Risk Assessment).

Επομένως ένα πρώτο κριτήριο για την επιλογή πηγών κινδύνου προς περαιτέρω διερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που μπορούν να προκαλέσουν, μπορεί να είναι ο λόγος της **συγκέντρωσης μιας ουσίας (i) στην πηγή διαρροής** με τα όρια **EQSs** ή **NOECs του αποδέκτη j**:

$$\frac{C_i}{NOECs_i^j} < 1 \quad (1)$$

Αν ο παραπάνω λόγος προκύπτει <1 τότε η συγκεκριμένη πηγή κινδύνου αποκλείεται από περαιτέρω ανάλυση. Αντιθέτως αν ο λόγος προκύψει > 1 τότε επιβάλλεται η περαιτέρω διερεύνηση της ουσίας ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε κρίσιμο εξοπλισμό/διαδικασία που εξετάζεται και για όλες τις σχετικές με αυτόν επικίνδυνες ουσίες σε συνάρτηση με τα αντίστοιχα όρια EQSs ή NOECs της κάθε ουσίας για κάθε αποδέκτη της λίστας αποδεκτών. Προτού ένας κίνδυνος αποκλειστεί από περαιτέρω ανάλυση θα πρέπει να έχει διαπιστωθεί ότι δεν προκαλεί σημαντικές επιπτώσεις σε όλους τους υπό εξέταση αποδέκτες.

Για τις ουσίες εκείνες που δεν έχουν αποκλειστεί από τον παραπάνω έλεγχο προτείνεται η συλλογή δεδομένων αναφορικά με ένα άλλο μέγεθος σύγκρισης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της σοβαρότητας των αναμενόμενων συνεπειών. Δεδομένου ότι ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην τοξικότητα των ουσιών προτείνεται η χρήση των LC50s (θανατηφόρα συγκέντρωση για το 50% του πληθυσμού). Τα LC50s ορίζονται για συγκεκριμένα είδη και καθορίζονται μέσα από επίσημα τεστ τοξικότητας για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους (βλ. Κεφ. 4).

Το δεύτερο κριτήριο κατά την επιλογή πηγών κινδύνου μπορεί επομένως να είναι ο λόγος της συγκέντρωσης μιας επικίνδυνης ουσίας (i) στην πηγή διαρροής (t=0) με τα όρια **LC50s (π.χ. ψάρια) /LD50s/ LL50(ψάρια), EC50 (αρθόποδα οστρακόδερμα), ErC50 (άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)** κτλ στον j αποδέκτη:

$$\frac{C_i}{LC_{50}^j} < 1 \quad (2)$$

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε κρίσιμο εξοπλισμό/διαδικασία που εξετάζεται και για όλες τις σχετικές με αυτόν επικίνδυνες ουσίες σε συνάρτηση με τα αντίστοιχα όρια **LC50s/ LD50s/ LL50/ EC50/ ErC50** της κάθε ουσίας για κάθε αποδέκτη. Σε περίπτωση που ο παραπάνω λόγος προκύψει < 1 για όλους τους υπό εξέταση αποδέκτες τότε η συγκεκριμένη πηγή κινδύνου αποκλείεται από περαιτέρω ανάλυση. Προτού ένας κίνδυνος αποκλειστεί από περαιτέρω ανάλυση θα πρέπει να έχει διαπιστωθεί ότι δεν προκαλεί σημαντικές επιπτώσεις σε όλους τους υπό εξέταση αποδέκτες.

Η σύγκριση με τα LC50s κατά συνέπεια μπορεί να μειώσει τον αριθμό των σεναρίων που απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Από την εφαρμογή των παραπάνω κριτηρίων μπορεί να αποκλειστούν από περαιτέρω ανάλυση:

- Η διερεύνηση των επιπτώσεων για συγκεκριμένους αποδέκτες (να ικανοποιούνται οι (1) και/ή (2) για συγκεκριμένους αποδέκτες),
- Επικίνδυνες ουσίες που συνδέονται με κρίσιμο εξοπλισμό (να ικανοποιούνται οι (1) και/ή (2) για όλους τους αποδέκτες),
- Πηγές κινδύνου που συνδέονται με ατυχηματικά σενάρια- Εξαίρεση σεναρίου (να ικανοποιούνται οι (1) και/ή (2) για όλες τις ουσίες και για όλους τους αποδέκτες που συνδέονται με μια πηγή κινδύνου).

Η πληροφορία που θα χρησιμοποιείται όσο αφορά τις ουσίες και τα στοιχεία των αποδεκτών θα πρέπει να είναι επίσημη και αξιόπιστη. Πληροφορία για τα LC50s, EQSs ή NOECs, διατίθεται στα MSDS των επικίνδυνων ουσιών, σε Βάσεις δεδομένων **The Global Portal to Information on Chemical Substances**[5], **Databases: CHRIP, ESIS, HPVIS, INCHEM, NICNASPEC, OECD HPV, SIDS IUCLID, SIDS UNEP**, **ECOTOXicology database** EPA[6], κ.α.(βλ. Κεφ. 6).

4.4.2 Εξέλιξη Διαρροής-Κριτήρια στις ποσότητες διαφυγής εκτός εγκατάστασης

Έχοντας προσδιορίσει τις επικίνδυνες ουσίες που συνδέονται με κρίσιμο εξοπλισμό και διαδικασίες, την αρχική τους ποσότητα, συγκέντρωση και τη φυσική τους κατάσταση, εξετάζονται τα πιθανά ατυχηματικά σενάρια που μπορούν να προκύψουν λόγω απώλειας περιεχομένου. Οι διαρροές μπορεί να αποτελέσουν αρχικά γεγονότα που μέσα από ανάφλεξη οδηγούν σε φωτιά ή έκρηξη. Οι διαφορετικές τελικές καταστάσεις μετά από ανάφλεξη είναι: BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), Γλώσσα φωτιάς ή πυρσός (flame jet/flare), Στιγμιαία ανάφλεξη (flash fire), Έκρηξη νέφους (vapor cloud explosion), Σχηματισμός λίμνης και ανάφλεξή της (pool fire), Σχηματισμός πύρινης σφαίρας (fireball). Αναλυτική αναφορά των σεναρίων που μπορούν οδηγήσουν σε BAME με πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον παρουσιάζεται στο Κεφ. 7 στα δένδρα γεγονότων περιβαλλοντικών κινδύνων.

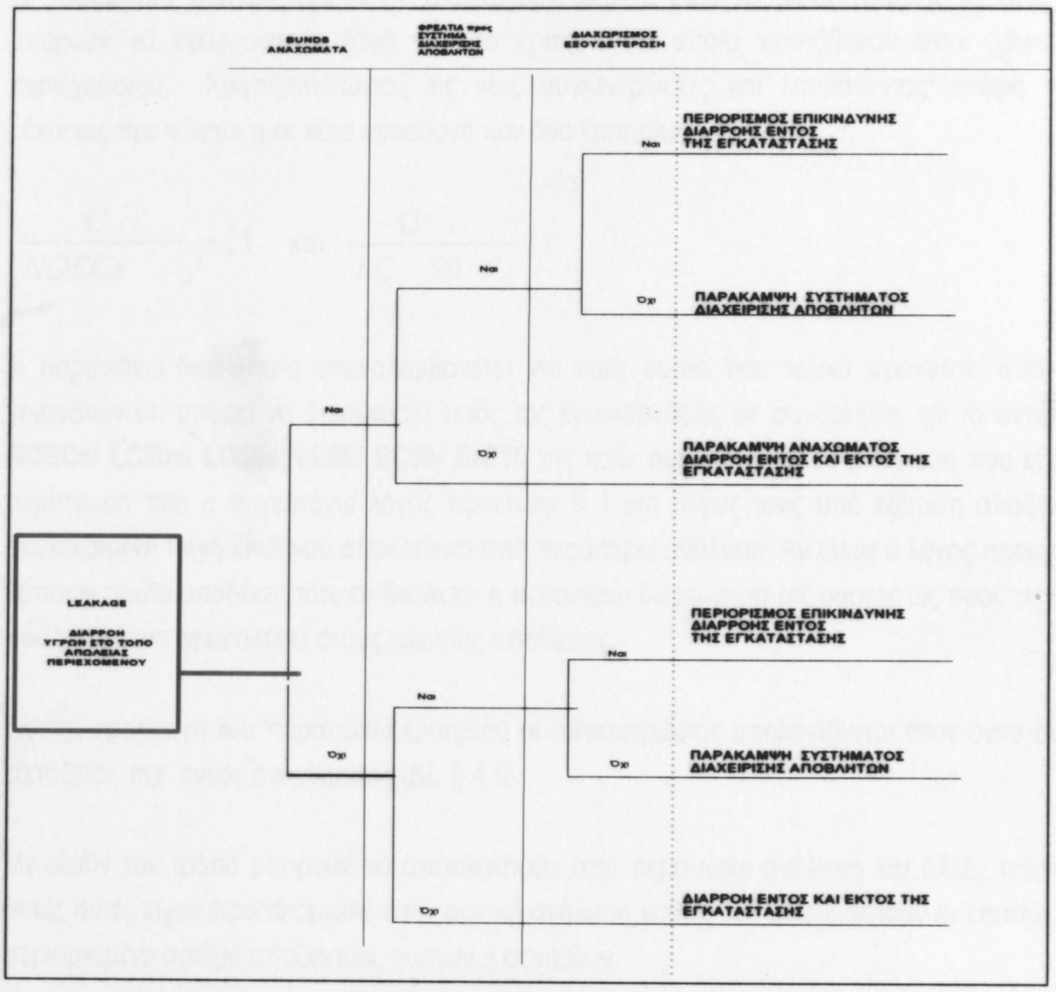
Η διαρροή μιας επικίνδυνης ουσίας δεν συνεπάγεται και την εκδήλωση φωτιάς ή έκρηξης. Μπορεί μια εκτενής διαρροή επικίνδυνης για το περιβάλλον ουσίας να προκαλέσει σημαντικές βλάβες χωρίς να υπάρχει ανάφλεξη π.χ. διασπορά τοξικού νέφους, κατακρήμνιση ρύπων με το νερό της βροχής, επιφανειακή απορροή επικίνδυνων ουσιών σε υγρή κατάσταση.

Στο Κεφάλαιο 7 και για τις δύο παραπάνω περιπτώσεις: **διαρροή και ανάφλεξη επικίνδυνων ουσιών ή διαρροή επικίνδυνων ουσιών χωρίς ανάφλεξη,** εξετάζεται η εξέλιξη της διαρροής εντός και εκτός των ορίων της εγκατάστασης με τη βοήθεια δένδρων γεγονότων "Event Tree" .

---

[5] http://webnet3.oecd.org/echemportal/
[6] http://cfpub.epa.gov/ecotox/

Τα δένδρα αυτά αναπτύσσονται ως λογικά διαγράμματα αλληλουχίας γεγονότων που αναμένονται να συμβούν μετά τη διαρροή μιας ουσίας. Στα δένδρα ενσωματώνονται τα συστήματα έλεγχου καθώς και τα μέσα πρόληψης και καταστολής που συνδέονται με το σχετικό εξοπλισμό της εγκατάστασης (π.χ. συστήματα πυρόσβεσης, αναχώματα, φρεάτια κτλ) τα οποία μπορεί να αποτελέσουν φραγή για τη διαφυγή της ουσίας. Στο διάγραμμα που ακολουθεί αποτυπώνεται μια πιθανή αλληλουχία γεγονότων από απώλεια περιεχομένου μιας επικίνδυνης ουσίας εντός των ορίων της εγκατάστασης.



Διάγραμμα 4.4.2: Δένδρο γεγονότων Διαρροή Επικίνδυνης ουσίας σε υγρή φάση.

Στο παραπάνω διάγραμμα σε στήλες καταγράφεται η ύπαρξη ή μη συστήματος ελέγχου και περιορισμού της διαρροής εντός της εγκατάστασης. Με τον όρο «Ναι» αποδίδεται η επιτυχής λειτουργία του συστήματος ή της φραγής, ενώ με τον όρο «Όχι» αποδίδεται η αστοχία του συστήματος ή της φραγής για περιορισμό της απώλειας περιεχομένου. Επομένως προκύπτουν περιπτώσεις περιορισμού της διαρροής εντός των ορίων της εγκατάστασης αλλά και περιπτώσεις διαρροής εκτός των ορίων της. Στις περιπτώσεις εκείνες όπου οι επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες τελικά διαρρέουν εκτός των ορίων της εγκατάστασης προσδιορίζονται οι οδεύσεις προς το περιβάλλον και υπολογίζεται η συγκέντρωση διαφυγής της ουσίας για τη συγκεκριμένη όδευση (ατμόσφαιρα, έδαφος, ύδατα). Αναλυτικά «δένδρα γεγονότων» παρουσιάζονται στο Κεφ 7.

Λαμβάνοντας υπόψη την παρεμβολή και τη δράση των μέσων και συστημάτων καταστολής η ποσότητα της ουσίας που τελικά διαφεύγει μέσω των οδεύσεων πρέπει να επανεκτιμάται π.χ. για αρχική διαρροή 100 τόνων μιας τοξικής ουσίας, αν η μέγιστη χωρητικότητα του τσιμεντένιου

αναχώματος επιτρέπει τον περιορισμό και/ή την ασφαλή απομάκρυνση στο δίκτυο διαχείρισης υγρών αποβλήτων συνολικής χωρητικότητας 70 τόνων του προϊόντος εντός του χρόνου διαρροής, τελικά οι υπόλοιποι 30 τόνοι θεωρείται ότι πιθανόν να διαφύγουν από την εγκατάσταση λόγω π.χ. υπερχείλισης του αναχώματος της δεξαμενής αποθήκευσης- αστοχίας του αναχώματος.

Έχοντας προσδιορίσει τη φυσική κατάσταση και υπολογίσει τις συγκεντρώσεις των επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών που τελικά διαφεύγουν από τα όρια της εγκατάστασης σε αυτό το στάδιο μπορούν να εφαρμοστούν ξανά τα δύο κριτήρια τα οποία προτάθηκαν στην αρχική απώλεια περιεχομένου. Χρησιμοποιώντας τις νέες συγκεντρώσεις και λαμβάνοντας υπόψη τις πιθανές οδεύσεις προτείνεται η εκ νέου εφαρμογή των δύο κριτηρίων.

$$\frac{C'_i}{NOECs_i^j} < 1 \quad \text{και} \quad \frac{C'_i}{LC\ 50_i^j} < 1$$

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε ουσία που τελικά προκύπτει από τα δένδρα γεγονότων ότι μπορεί να διαρρεύσει εκτός της εγκατάστασης σε συνάρτηση με τα αντίστοιχα όρια **NOECs/ LC50s/ LD50s/ LL50/ EC50/ ErC50** της κάθε ουσίας για κάθε αποδέκτη που εξετάζεται. Σε περίπτωση που ο παραπάνω λόγος προκύψει < 1 για όλους τους υπό εξέταση αποδέκτες τότε η συγκεκριμένη πηγή κινδύνου αποκλείεται από περαιτέρω ανάλυση. Αν όμως ο λόγος προκύψει > 1 για κάποιον τρωτό αποδέκτη τότε επιβάλλεται η περαιτέρω διερεύνηση της ουσίας ως προς τις επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει στους τρωτούς αποδέκτες.

Για την εφαρμογή του παραπάνω κριτηρίου οι συγκεντρώσεις υπολογίζονται στον όγκο ελέγχου που εξετάζεται, π.χ. όγκος αναχώματος (βλ. § 4.5).

Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να αποκλειστούν από περαιτέρω ανάλυση και άλλες πηγές κινδύνου όπως αυτές είχαν προσδιοριστεί στην αρχική ανάλυση καθώς και να εξεταστούν οι επιπτώσεις σε πιο περιορισμένο αριθμό αποδεκτών, ουσιών ή σεναρίων.

Επιπλέον κατά την επιλογή αλληλουχίας γεγονότων στα «δένδρα γεγονότων» είναι δυνατό σε κάθε κλάδο να αποδοθεί μια πιθανότητα π.χ. πιθανότητα αστοχίας αναχώματος λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των μέσων/συστημάτων καταστολής (π.χ. χωρητικότητα αναχωμάτων, φρεατίων βλ. Κεφ. 7) και αξιόπιστα στοιχεία από τη βιβλιογραφία. Κατά συνέπεια μπορεί να προσδιοριστεί η πιθανότητα διαφυγής της ουσίας εκτός των ορίων της εγκατάσταση ως το γινόμενο των πιθανοτήτων να συμβούν τα προγενέστερα στάδια που δίδουν τελικά τη διαφυγή της ουσίας εκτός της εγκατάστασης. **Αν η πιθανότητα (συχνότητα) διαρροής της επικίνδυνης ουσίας εκτός των ορίων της εγκατάστασης προκύψει αμελητέα τότε το γεγονός μπορεί να εξαιρεθεί από περαιτέρω ανάλυση**. Αντίστοιχα γεγονότα με υψηλή πιθανότητα εμφάνισης προτείνεται να εξετάζονται κατά προτεραιότητα όπου θεωρηθεί ότι από την αντίστοιχη ανάλυση θα προκύψουν σημαντικά συμπεράσματα. Τα μέτρα ελέγχου και τα όρια (οριακές τιμές-συγκεντρώσεις) αποδεκτών εξαρτώνται από το φαινόμενο που εξετάζεται σε κάθε περίπτωση.

4.5 Ισοζύγιο Μάζας σε όγκο ελέγχου

Σύμφωνα με τα παραπάνω ιδιαίτερα σημαντικό είναι να προσδιοριστεί με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια η συγκέντρωση της επικίνδυνης ουσίας ή των επικίνδυνων ουσιών στη **διαρροή, στα ενδιάμεσα στάδια κατακράτησης και επεξεργασίας και στις εκροές προς το περιβάλλον** που εξετάζονται ως προς την περιβαλλοντική τους επικινδυνότητα. Είναι γεγονός πως η συμπεριφορά των χημικών ουσιών ποικίλει εξαρτώμενη από τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες και τις συνθήκες διαρροής π.χ διαλυτότητα στο νερό, πτητικότητα, θερμοκρασία εξάτμισης κλπ. Στην παρούσα θεωρείται πως η γενική εκτίμηση της τελικής συγκέντρωσης (f) μιας επικίνδυνης ουσίας σε έναν όγκο ελέγχου θα βοηθούσε στην προκαταρκτική εκτίμηση των πιθανών περιβαλλοντικών κινδύνων. Η προσεγγιστική εκτίμηση απαιτεί ένα ισοζύγιο μάζας σε κάθε βαθμίδα διεργασίας μέσα στην οποία η επικίνδυνη ουσία υπόκειται σε π.χ. αραίωση, μεταφορά, εξουδετέρωση κλπ.

Στο σύστημα του Σχήματος 4.5 γίνεται η παραδοχή ότι λαμβάνει χώρα απώλεια περιεχομένου LOC μιας επικίνδυνης ουσίας π.χ. διαρροή επικίνδυνης για το περιβάλλον ουσίας από δεξαμενή σε ανάχωμα και η επέμβαση στο περιστατικό γίνεται με πυροσβεστικά οχήματα και άνοιγμα του πυροσβεστικού δικτύου με παράλληλη παροχή νερών πυρόσβεσης.

Εφαρμόζοντας ισοζύγια μάζας ολικό και για κάθε υλικό, σε κάθε βαθμίδα ισχύει:

εισερχόμενα υλικά +παραγόμενα προϊόντα αντίδρασης = εξερχόμενα υλικά + συσσωρευμένα υλικά

Προκύπτει ότι το ολικό ισοζύγιο μάζας για τη βαθμίδα (i) δίδεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$\dot{g}_{L,i-1} + \dot{g}_{w,i} = \dot{g}_{ev,i} + \dot{g}_{s,i} + \dot{g}_{L,i}$$

Όπου:

$\dot{g}_{L,i-1}$ ο ρυθμός παροχής υλικού στη βαθμίδα (i)

$\dot{g}_{w}$: ο ρυθμός παροχής νερών πυρόσβεσης

$\dot{g}_{ev}$:ο ρυθμός εξάτμισης που αναμένεται στη βαθμίδα (i)

$\dot{g}_{s}$:ο ρυθμός παροχέτευσης από τη βαθμίδα (i), και

$\dot{g}_{L,i}$ ο ρυθμός εκροής από τη βαθμίδα (i)

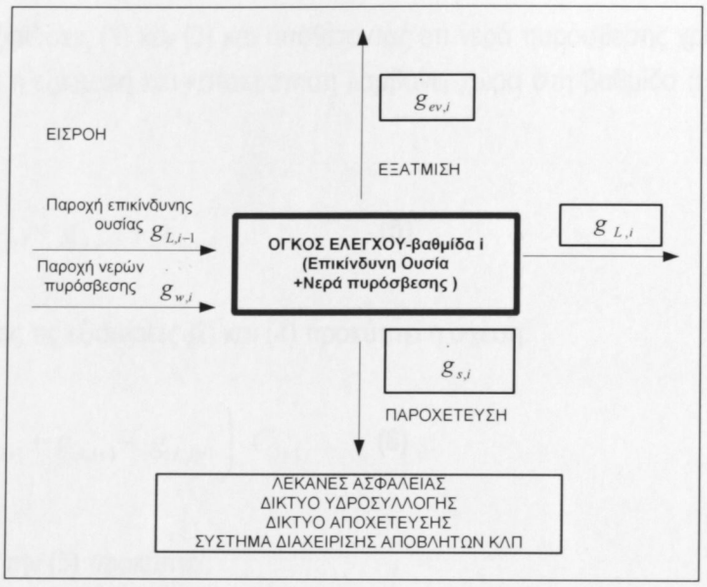
C_{i-1} : συγκέντρωση του υλικού (επικίνδυνης ουσίας) στο αρχικό διάλυμα

C_i :συγκέντρωση του υλικού (επικίνδυνης ουσίας) στο διάλυμα εκροής

Το ισοζύγιο μάζας του υλικού[7] για το Σχήμα 4.5 δίνεται από τη σχέση:

$$\dot{g}_{L,i-1} C_{i-1} = \left(\dot{g}_{ev,i} + \dot{g}_{s,i} + \dot{g}_{L,i} \right) \cdot C_i$$

[7] Το υλικό δεν αντιδρά με το νερό οπότε δεν παράγονται προϊόντα αντίδρασης.



Σχήμα 4.5 : Ισοζύγιο σε όγκο ελέγχου

Αν θεωρηθεί ότι λαμβάνουν χώρα διαδοχικά γεγονότα παροχέτευσης, εξάτμισης σε δεδομένα διακριτά χρονικά διαστήματα τότε μπορεί να εκτιμηθεί κατά προσέγγιση η συγκέντρωση της επικίνδυνης ουσίας στο τελικό διάλυμα.

Για κάθε βαθμίδα θεωρούμε η εκροή στη βαθμίδα (i-1) $\dot{g}_{L,i}$ είναι η εισροής τη βαθμίδα i.

Η τελική εκροή στο περιβάλλον πρέπει να εκτιμηθεί λαμβάνοντας υπόψη τις διεργασίες και τις φραγές στις βαθμίδες διεργασιών που περιλαμβάνονται μεταξύ διαρροής επικίνδυνου υλικού και εκροής εκτός της εγκατάστασης.

Για παράδειγμα εφαρμόζεται το ολικό ισοζύγιο μάζας και το ισοζύγιο μάζας υλικού για δύο διαδοχικές βαθμίδες την (i) και την (i+1).
Για τη βαθμίδα (i) ισχύουν οι σχέσεις:

$$\dot{g}_{L,i-1} + \dot{g}_{w,i} = \dot{g}_{ev,i} + \dot{g}_{s,i} + \dot{g}_{L,i} \qquad (1)$$

$$\dot{g}_{L,i-1}\, C_{i-1} = \left(\dot{g}_{ev,i} + \dot{g}_{s,i} + \dot{g}_{L,i} \right) \cdot C_i \qquad (2)$$

Και για τη βαθμίδα (i+1) ισχύουν οι σχέσεις:

$$\dot{g}_{L,i} + \dot{g}_{w,i+1} = \dot{g}_{ev,i+1} + \dot{g}_{s,i+1} + \dot{g}_{L,i+1} \qquad (3)$$

$$\dot{g}_{L,i-1}\, C_i = \left(\dot{g}_{ev,i} + \dot{g}_{s,i} + \dot{g}_{L,i} \right) \cdot C_{i+1} \qquad (4)$$

Προσθέτοντας τις εξισώσεις (1) και (3) και υποθέτοντας ότι νερά πυρόσβεσης χρησιμοποιούνται μόνο στη βαθμίδα (i) ενώ η εξάτμιση και κατακράτηση λαμβάνει χώρα στη βαθμίδα (i+1) τότε προκύπτει η σχέση:

$$\dot{g}_{L,i-1} + \dot{g}_{w,i} = \dot{g}_{ev,i+1} + \dot{g}_{s,i+1} + \dot{g}_{L,i+1} \qquad \textbf{(5)}$$

Ομοίως προσθέτοντας τις εξισώσεις (2) και (4) προκύπτει η σχέση:

$$\dot{g}_{L,i-1}\, C_{i-1} = \left(\dot{g}_{ev,i+!} + \dot{g}_{s,i+1} + \dot{g}_{L,i+!} \right) \cdot C_{i+1} \qquad \textbf{(6)}$$

και αντικαθιστώντας την **(5)** προκύπτει:

$$\dot{g}_{L,i-1}\, C_{i-1} = \left(\dot{g}_{L,i-1} + \dot{g}_{w,i} \right) \cdot C_{i+1} \qquad \textbf{ή} \qquad C_{i+1} = \frac{\dot{g}_{L,i-1}}{\dot{g}_{L,-1} + \dot{g}_{w,i}} C_{i-1} \qquad \textbf{ή}$$

$$C_{i+1} = \frac{1}{1 + \dfrac{\dot{g}_{w,i}}{\dot{g}_{L,i-1}}} C_{i-1} \qquad \textbf{(7)}$$

Για παράδειγμα σύμφωνα με την ανάλυση που προηγήθηκε στην § 4.2, κρίσιμη κατάσταση μπορκύπτει αν ο τελικός αποδέκτης δεχτεί τοξική συγκέντρωση μεγαλύτερη από LC50/LL50(για ψάρια) σε όγκο ελέγχου όπου πιθανολογείται η ύπαρξη του. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η τελική αραίωση της εκροής στο περιβάλλον του τελικού αποδέκτη. Θεωρείται ότι λαμβάνει χώρα εκροή στη θάλασσα και εξετάζονται οι επιπτώσεις σε είδος ψαριού π.χ με LL50=10mg/m^3. Για αραίωση σε θαλάσσιο όγκο 1:1000 προκύπτει κρίσιμη συγκέντρωση εκροής τοξικής ουσίας είναι 10g/m^3 εκροής.

Αν στη διαρροή της επικίνδυνης ουσίας υπάρχει τοξική συγκέντρωση 0,1% κ.ο. (1kg/m^3) , σύμφωνα με τους παραπάνω απλοποιημένους υπολογισμούς για να είναι η συγκέντρωση τοξικού στην εκροή μικρότερη από την κρίσιμη συγκέντρωση 10g/m^3 (που μπορεί να προκαλέσει βλάβες στον υπό εξέταση αποδέκτη αν παραμείνει για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από το χρόνο των 96h που ισχύει από το τεστ τοξικότητας για τα ψάρια) πρέπει η αραίωση στις ενδιάμεση βαθμίδα να είναι μεγαλύτερη από **1:100**, όπως προκύπτει από τη σχέση (**6**):

$$\frac{C_{i+1}}{C_{i-1}} = \frac{C_{\text{ΕΚΡΟΗΣ}}}{C_{\text{ΔΙΑΡΡΟΗΣ}}} = \frac{1}{1 + \dfrac{\dot{g}_{w,i}}{\dot{g}_{L,i-1}}} = \frac{1}{1+\alpha} \qquad \textbf{ή} \qquad \frac{1}{1+\alpha} \geq \frac{10^{-2}\,\dfrac{kg}{m^3}}{1\,\dfrac{kg}{m^3}} \qquad \textbf{ή} \quad \sim \quad a \geq 99$$

4.6 Μεθοδολογικά Βήματα αναφορικά στις Πηγές Περιβαλλοντικών Κινδύνων

Σύμφωνα με τα δεδομένα ανάλυσης των παραπάνω παραγράφων στην παρούσα έρευνα αναπτύχθηκαν τα παρακάτω μεθοδολογικά βήματα εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων που περιλαμβάνουν όλους τους απαιτούμενους ελέγχους για προσδιορισμό της τελικής ανάλυση επικινδυνότητας . Επιγραμματικά προτείνονται:

1. **Εντοπισμός κρίσιμου εξοπλισμού και διεργασιών και προσδιορισμός σεναρίων (k), που συμπεριλαμβάνονται στη ΜΑ.**
2. **Καταγραφή επικίνδυνων ουσιών για κάθε σενάριο και ανάπτυξη λίστας επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών.**
3. **Προσδιορισμός αρχικής ποσότητας διαρροής και της συγκέντρωσης της επικίνδυνης ουσίας από την απώλεια περιεχόμενου της LOC στον όγκο ελέγχου.**
4. **Σύγκριση της αρχικής συγκέντρωσης με No Observed Effect Concentration NOECs, LC50s /LD50s/ LL50, EC50 (αρθόποδα οστρακόδερμα), ErC50 (άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά).**

   -Εξαίρεση ουσιών (i) όταν ικανοποιούνται τα κριτήρια:

   $$\frac{C_i}{NOECs_i^j} < 1 \text{ και } \frac{C_i}{LC\ 50_i^j} < 1 \text{ για κάθε αποδέκτη (j).}$$

   -Εξαίρεση του σεναρίου από την ανάλυση επικινδυνότητα όταν ικανοποιούνται τα παραπάνω κριτήρια για όλες τις ουσίες (i) που σχετίζονται με το σενάριο.
5. **Ανάλυση εξέλιξης διαρροής σε φωτιά ή έκρηξη, ή σε διαρροή χωρίς ανάφλεξη, και ανάπτυξη «δένδρων γεγονότων» μέχρι τα όρια της εγκατάστασης λαμβάνοντας υπόψη τα μέσα και συστήματα καταστολής. Ανάλυση παρουσιάζεται στο Κεφ. 7.**
6. **Υπολογισμός συγκέντρωσης διαρροής επικίνδυνων ουσιών στα όρια της εγκατάστασης λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των φραγών ασφάλειας, των μέσων και συστημάτων καταστολής. Σε περιπτώσεις εφαρμογής πυροσβεστικών μέσων υπολογισμός συγκέντρωσης της ουσίας λόγω διάλυσης σε νερό.**
7. **Σύγκριση της νέας συγκέντρωσης με No Observed Effect Concentration NOECs, LC50s /LD50s/ LL50, EC50 (αρθόποδα οστρακόδερμα), ErC50 (άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά).**

   Εξαίρεση ουσιών (i) όταν ικανοποιούνται τα κριτήρια

   $$\frac{C'_i}{NOECs_i^j} < 1 \text{ και } \frac{C'_i}{LC\ 50_i^j} < 1 \text{ για κάθε αποδέκτη (j).}$$

   -Εξαίρεση σεναρίου όταν ικανοποιούνται τα παραπάνω κριτήρια για όλες τις ουσίες (i) που σχετίζονται με το σενάριο.
8. **Σε περιπτώσεις απόδοσης πιθανοτήτων στις διακλαδώσεις του ¨δένδρου γεγονότων¨ υπολογισμός πιθανότητας διαρροής ουσίας εκτός των ορίων της εγκατάστασης λαμβάνοντας υπόψη την πιθανότητα αστοχίας των συστημάτων. Εξαίρεση σεναρίου όταν η πιθανότητα είναι αμελητέα.**
9. **Ανάπτυξη λίστας σεναρίων που δεν έχουν εξαιρεθεί σε συνδυασμό με τις ουσίες που δεν αποκλείονται από περαιτέρω ανάλυση (συναρτήσει των αποδεκτών) και διερεύνηση του συστήματος Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης.**

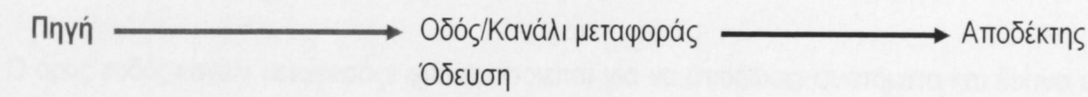
Σχετικά με τα μείγματα χημικών ουσιών προτείνεται ο προσδιορισμός της αρχικής σύστασης του μείγματος που θεωρείται αμετάβλητη και εφαρμογή της μεθοδολογίας του GHS για εκτίμηση των συνεπειών σε τρωτούς αποδέκτες όπως αυτή παρουσιάζεται στο Παράρτημα 3.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΟΔΕΥΣΕΙΣ

5.1 Γενικά Στοιχεία

Σύμφωνα με το σύστημα Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης προκειμένου να προκύψουν επιπτώσεις στο Περιβάλλον από την εκδήλωση ενός ατυχηματικού κινδύνου –διαρροή επικίνδυνης ουσίας πρέπει να μην διακόπτεται η παρακάτω αλληλουχία.



Τα στάδια της αλληλουχίας αυτής προϋποθέτουν την ύπαρξη οδού (κανάλι) μεταφοράς μέσω της οποίας τελικά θα διαφύγει η επικίνδυνη ουσία στο περιβάλλον. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει τέτοια οδός ή όταν η εφαρμογή κατάλληλων φραγών διακόπτει πλήρως την όδευση της ουσίας τότε δεν μπορούν να προκύψουν επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Ο όρος «οδός-κανάλι μεταφοράς» χρησιμοποιείται για να αποδώσει όλα τα συστήματα και δίκτυα εντός και εκτός της εγκατάστασης τα οποία θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως δίοδος για τη μεταφορά της ουσίας στο περιβάλλον της εγκατάστασης. Ως δίοδοι ή φραγές διαρροών μπορούν να λειτουργήσουν οι λεκάνες ασφάλειας (αναχώματα) των δεξαμενών αποθήκευσης, τα φρεάτια απορροής ομβρίων (υπερχείλιση), το δίκτυο υδροσυλλογής/αποστράγγισης (έξοδος, τόπος εναπόθεσης), οι δεξαμενές εξισορρόπησης ομβρίων (υπερχείλιση), υπόγειοι αγωγοί (διάρρηξη), αποχετευτικό δίκτυο (έξοδος, τόπος εναπόθεσης) κ.α.

Σε συμβάν απώλειας περιεχομένου έχοντας προσδιορίσει την ουσία (ή το μείγμα), την ποσότητα στο σημείο διαρροής και τις διόδους μέσα από τις οποίες μπορεί να διαφύγει στο περιβάλλον το επόμενο βήμα είναι προσδιορισθεί σε ποια περιβαλλοντική όδευση τελικά θα διοχετευτεί η διαρροή. Οι βασικές περιβαλλοντικές οδεύσεις είναι: α) ύδατα, β) ατμόσφαιρα και γ) έδαφος. Σε περιπτώσεις αστοχίας των συστημάτων ελέγχου και περιορισμού προκύπτει διασπορά/διάχυση της ουσία στο περιβάλλον σε κάποια περιβαλλοντική όδευση η οποία μπορεί να λειτουργήσει ως δίοδος μεταφοράς σε άλλο περιβαλλοντικό τμήμα ή η ίδια να αποτελέσει το τελικό περιβάλλον αποδοχής της ουσίας. Η περαιτέρω διασπορά, διάχυση της ουσίας και η εναπόθεση της στους τελικούς αποδέκτες εξαρτάται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες των χημικών ουσιών και των οδεύσεων.

Στόχος είναι μέσα από τον προσδιορισμό διαδοχής διόδων και οδεύσεων να εφαρμοστούν κατάλληλα μοντέλα διασποράς τα οποία θα δώσουν τις συγκεντρώσεις των επικίνδυνων ουσιών συναρτήσει του χρόνου και της απόστασης από τον τόπο διαρροής. Οι συγκεντρώσεις θα χρησιμοποιηθούν για να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις στους υπό εξέταση αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης, να προσδιορισθεί η σοβαρότητα των επιπτώσεων και κατά συνέπεια να αξιολογηθεί αν προκύπτει Μεγάλο Ατύχημα προς το Περιβάλλον βάση των κριτηρίων της ΚΥΑ (βλ. §5.6), προκειμένου να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης, καταστολής και αντιμετώπισης.

Στη συνέχεια ακολουθούν:

- Σύντομη περιγραφή των διόδων εντός και εκτός της εγκατάστασης (συστήματα και δίκτυα) που μπορούν να αποτελέσουν κανάλια διαφυγής της ουσίας εκτός της εγκατάστασης
- Περιγραφή των περιβαλλοντικών οδεύσεων και των πιο σημαντικών μεταβλητών που τις χαρακτηρίζουν καθώς επίσης και στοιχεία για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφορετικών οδεύσεων με χρήση εργαλείων (ερευνητικές παραδοχές, εξισώσεις, μοντέλα, λογισμικά) για τη μοντελοποίηση της διασποράς .

5.2 Δίοδοι- Συστήματα και Δίκτυα

Ο όρος «οδός-κανάλι μεταφοράς» χρησιμοποιείται για να αποδώσει συστήματα και δίκτυα εντός και εκτός της εγκατάστασης τα οποία θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως δίοδοι (ή ως φραγές) για τη μεταφορά της ουσίας στο περιβάλλον της εγκατάστασης. Τέτοια συστήματα και δίκτυα περιλαμβάνουν;

- Λεκάνες Ασφάλειας-Αναχώματα
- Φρεάτια εξυδατώσεων δεξαμενών
- Φρεάτια Απορροής ομβρίων
- Δίκτυο Υδροσυλλογής / Σύστημα Αποστράγγισης
- Δεξαμενές Εξισορρόπησης ομβρίων (υπερχείλιση)
- Υπόγειοι Αγωγοί
- Αποχετευτικό σύστημα
- Αγωγοί διάθεσης υγρών αποβλήτων

Κατά τον αρχικό σχεδιασμό των εγκαταστάσεων επιβάλλεται να συμπεριλαμβάνεται πρόβλεψη για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων από τις διάφορες εργασίες και διεργασίες στην εγκατάσταση και των απόνερων πυρόσβεσης με κατασκευή π.χ. κατάλληλων καναλιών απορροής, λεκανών/φρεατίων συλλογής κλπ. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι κατά τη συντήρηση των παραπάνω δικτύων και συστημάτων να χρησιμοποιούνται κατάλληλα υλικά π.χ. στεγανωτικές ουσίες οι οποίες πιθανόν να μπορέσουν να αποτρέψουν αστοχίες σε εξοπλισμό π.χ. σε αναχώματα, σε συνδέσμους και ενώσεις στις κατασκευές, σε δίκτυα σωληνώσεων κ.α. που θα οδηγήσουν σε ανεξέλεγκτες διαρροές.

Αναφορικά με τις επιπτώσεις από διαρροές και απώλεια περιεχόμενου από δεξαμενές αποθήκευσης επικίνδυνων ουσιών σε αγωγό που καταλήγει π.χ. σε τάφρο, ρέμα, ποταμό ή θάλασσα ή στο έδαφος ενδέχεται η υδάτινη και η θαλάσσια ζωή να επηρεαστεί σημαντικά ενώ είναι πιθανό να σημειωθούν σημαντικές βλάβες σε ευαίσθητα οικοσυστήματα στο περιβάλλον της εγκατάστασης. Επομένως προτείνεται να αναγνωρίζονται αναλυτικά οι δίοδοι προς το περιβάλλον εντός και εκτός των ορίων της εγκατάστασης καθώς και τα πιθανά σημεία εξόδου και παροχέτευσης τους, όπως προκύπτουν είτε από σημειακά σημεία εκροής π.χ. απορροή αποβλήτων αποχέτευσης είτε ως αποτέλεσμα επιφανειακής απορροής από π.χ. υπερχείλιση σε δρόμους, προκειμένου να υπάρχουν καταγεγραμμένες οι διαδρομές των διαρροών και οι πιθανοί τόποι εναπόθεσης τους.

Τα παραπάνω συστήματα και τα δίκτυα όπως προκύπτουν από την περιγραφή της εγκατάστασης προτείνεται να λαμβάνονται υπόψη ως κόμβοι ανάλυσης για την ανάπτυξη «δένδρων γεγονότων» (event trees) που ενδείκνυνται για τη συστημική αποτύπωση των φάσεων εξέλιξης γεγονότων από τη

στιγμή και τον τόπο διαρροής της ουσίας μέχρι την εναπόθεση της στους τελικούς αποδέκτες. Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάστηκε ήδη παράδειγμα ανάλυσης δένδρου για γεγονός απώλειας περιεχομένου επικίνδυνης ουσίας και την εξέλιξη της διαρροής μέχρι τα όρια της εγκατάστασης. Αναλυτικά δένδρα γεγονότων για ατυχηματικά σενάρια παρατίθενται στο Κεφ.7.

5.2.1 Αναχώματα

Οι δεξαμενές αποθήκευσης επικίνδυνων ουσιών συνήθως περιβάλλονται από λεκάνες ασφάλειες – αναχώματα σκοπός των οποίων είναι να διασφαλίζουν τον περιορισμό πιθανών διαρροών από τις δεξαμενές καθώς και να συγκρατούν τα απόνερα πυρόσβεσης. Η διάταξη των αναχωμάτων βοηθά στη διαδικασία της πυρόσβεσης και εμποδίζει τους ρυπαντές να διαχυθούν και να επιβαρύνουν το έδαφος.

Καλές βιομηχανικές πρακτικές προτείνουν την κατασκευή λεκανών ασφάλειας από μπετό και χώμα καθώς και τη δημιουργία διαδοχικών στρωμάτων περιφερειακά των δεξαμενών από παρόμοια υλικά. Οι προδιαγραφές προβλέπουν ότι η συνολική χωρητικότητα του αναχώματος δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από το 110% της μεγαλύτερης δεξαμενής που βρίσκεται εντός του αναχώματος ή το 25% της συνολικής χωρητικότητας των μεγαλύτερων δεξαμενών που βρίσκονται εντός του αναχώματος. Από τα δύο όρια εφαρμόζεται το μεγαλύτερο.

Για τον εντοπισμό σημείων πιθανών διαρροών και οδεύσεων κατά την ανάλυση γεγονότων απώλειας περιεχομένου έχει ιδιαίτερη σημασία να εξεταστούν τα χαρακτηριστικά των λεκανών ασφάλειας (αναχώματα) των δοχείων αποθήκευσης επικίνδυνων ουσιών. Σύμφωνα με έρευνα σε 86 εγκαταστάσεις η οποία πραγματοποιήθηκε από τις βρετανικές αρχές, έπειτα από το μεγάλο Βιομηχανικό Ατύχημα στο Buncefield το 2006 διερευνήθηκε η σημασία ύπαρξης και αποτελεσματικής λειτουργίας των αναχωμάτων ως προς την αποφυγή δυσμενών επιπτώσεων από ατυχηματικό γεγονός (SEPA, HSE, Env. Agency,2007*). Σημειώνεται ότι η αστοχία περιορισμού διαρροής εντός των λεκανών μπορεί να προκαλέσει διάχυση του υλικού σε λεκάνες γειτονικών δεξαμενών και υπό συνθήκες να προκαλέσει πολλαπλασιαστικά φαινόμενα (domino). Η επάρκεια των εγκαταστάσεων σε εξοπλισμό και σε εφαρμογή καλών πρακτικών προτείνεται να εξετάζεται αναφορικά:

- Στην τοποθεσία και στη διάταξη των λεκανών ασφάλειας των δεξαμενών και του εξοπλισμού
- Στο σχεδιασμό για primary containment (αρχικό περιορισμό περιεχομένου)
- Στο σχεδιασμό για Secondary containment (δευτερεύοντα περιορισμό περιεχομένου) και μέτρα καταστολής
- Στα διαχειριστικά μέτρα ελέγχου
- Στα συστήματα ελέγχου και συντήρησης

Τα παραπάνω προτείνονται γενικότερα προς διερεύνηση σε μια εγκατάσταση SEVESO, ενώ ειδικά για τον έλεγχο των πιθανών επιπτώσεων στο περιβάλλον από διαρροές πετρελαίου/υγρών καυσίμων προτείνεται η εφαρμογή των παρακάτω κριτηρίων (SEPA, HSE, Environment Egency, 2006):

* COMAY COMPETENT AUTHORITY, Report on the findings of oil/fuel Depot safety and Environmnetal Reviews

- ✓ Ευστάθεια των λεκανών ασφάλειας-αναχωμάτων
- ✓ Χωρητικότητα των λεκανών ασφάλειας
- ✓ Ικανότητα των λεκανών να συγκρατήσουν μεγάλους όγκους νερού (νερά πυρόσβεσης)
- ✓ Ικανότητα των λεκανών να παραμένουν επισκευάσιμες έπειτα από την εκδήλωση μιας φωτιάς λίμνης (pool fire), ελέγχοντας το υλικό κατασκευής, τις φραγές του νερού και τους συνδέσμους διαστολής των αναχωμάτων
- ✓ Έλεγχος για διείσδυση στο δίκτυο σωληνώσεων μέσω των αναχωμάτων είτε ως αποτέλεσμα διαρροής στην περίπτωση της φωτιάς είτε στη δράση τους ως κανάλι μεταφοράς των προϊόντων καύσης, των απόνερων πυρόσβεσης και του άκαυστου υλικού εκτός της εγκατάστασης
- ✓ Έλεγχος για διαρροή υγρού και η κατακράτηση του εντός των ορίων της εγκατάστασης στην περίπτωση αστοχίας των αντλιών, των ασφαλιστικών βαλβίδων και της κατακράτησης του υγρού εντός των αναχωμάτων.
- ✓ Αποχετευτικές δίοδοι προς το περιβάλλον

Τα παραπάνω αποτυπώνουν βασικά **κριτήρια ελέγχου** για τη φραγή των διαρροών και τον περιορισμό των επιπτώσεων εντός της εγκατάστασης.

Υπάρχει σχετική βιβλιογραφία[2] αναφορικά στην αποθήκευση πετρελαίου/υγρών καυσίμων από περιβαλλοντική σκοπιά η οποία καταγράφτηκε και λαμβάνεται υπόψη στην παρούσα μελέτη.

5.2.2 Σύστημα Αποστράγγισης (Drainage System)

Το σύστημα αποστράγγισης μιας εγκατάστασης αποτελεί βασικό στοιχείο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διερεύνηση των περιβαλλοντικών κινδύνων. Η διάταξη, ο εξοπλισμός και τα χαρακτηριστικά των επιμέρους τμημάτων του συστήματος μπορεί να δώσουν χρήσιμη πληροφορία αναφορικά στις διόδους διοχέτευσης των διαρροών προς το περιβάλλον και στους τελικούς αποδέκτες των διαρροών. Ένα τυπικό σύστημα αποστράγγιση το οποίο θα χρησιμοποιηθεί και στην ανάπτυξη δένδρων γεγονότων από διαρροές επικίνδυνων ουσιών (βλ. Κεφ. 7) αποτελείται από τα παρακάτω (Nijland et al. 2005):

-Field drains. Τα Field drains διατηρούν το στεγανό και συλλέγουν το πλεονάζον νερό του εδάφους ή των υπόγειων υδάτων και διοχετεύουν τις απορροές προς τα collector drains -φρεάτια συλλογής.

-Collector drains- Αγωγοί συλλογής: Οι αγωγοί συλλογής μπορεί να είναι ανοικτοί ή σωληνώσεις. Οι ανοικτοί αγωγοί διαβιβάζουν τα νερά της βροχής και τα υπόγεια ύδατα προς το κύριο σύστημα

[2] -Sector Guidance Note IPPC S1.02 (draft) Guidance for the Gasification, Liquefaction and Refining Sector.
-Managing Fire Water and Major Spillages: PPG 18 - Pollution Prevention Guidelines Series - Joint publication of the Environment Agency, Scottish
-Environment Protection Agency and the Environment and Heritage Service for Northern Ireland. Ref HO-6/00-12K-C-BBUD.
-CIRIA Report 164 "Design of containment systems for the prevention of water pollution from industrial incidents" published by Construction Industry Research & Information Association. ISBN.
-BS8007: 1987 "Code of Practice for Design of concrete structures for retaining aqueous liquids".
-CIRIA C598 (Report RP658) "Chemical Storage Tank Systems – Good Practice" published by Construction Industry Research & Information Association. ISBN 0 86017 598 7.

αποστράγγισης ενώ οι συλλέκτες σε αγωγούς απλά διοχετεύουν τα αποστραγγιστικά νερά από τα field drains προς το κύριο σύστημα αποστράγγισης.

-Sub main and main drains-Δευτερεύοντες και κύριοι αγωγοί. Το κύριο σύστημα αποστράγγισης, το οποίο αποτελείται από αρκετούς δευτερεύοντες (όταν υπάρχουν) και από ένα μεγάλο κύριο αγωγό, διοχετεύει το νερά αποστράγγισης από τους συλλέκτες προς την εγκατάσταση/τόπο εκφόρτωσης. Οι κύριοι αγωγοί συνήθως είναι ανοικτοί αγωγοί, παρόλο που θεωρητικά αυτοί οι κύριοι αγωγοί μπορεί να είναι σωληνώσεις, ενώ οι απαιτούμενες διαστάσεις τους (διάμετροι) είναι γενικά μεγάλες.

-Discharge site-Εγκατάσταση/τόπος εναπόθεσης: Ο τόπος εναπόθεσης είναι η έξοδος στο τερματικό σημείο ολόκληρου του συστήματος από όπου πραγματοποιείται η εκκένωση/εκφόρτωση σε κάποιο ποταμό, λίμνη ή θάλασσα. Η έξοδος μπορεί να αποτελεί μια έξοδο που τα απόβλητα διοχετεύονται και οδηγούνται με βαρύτητα ή μπορεί να συμπεριλαμβάνει βοηθητικό αντλητικό σύστημα. Μια έξοδος δομημένη βάση βαρύτητας είναι μια αποχετευτική διάταξη σε μια περιοχή με διαφορετικά εξωτερικά επίπεδα υδάτων όπου η ροή μπορεί και πραγματοποιείται λόγω βαρύτητας όταν τα εξωτερικά επίπεδα των υδάτων είναι χαμηλά. Σε περιοχές δέλτα η ροή λόγω βαρύτητας είναι συνήθως περιορισμένη σε μερικές ώρες την ημέρα. Σε περιοχές ποταμών στις οποίες υπάρχει κίνηση νερών αντίθετη από το ρεύμα η ροή λόγω βαρύτητας περιορίζεται σε μερικές εβδομάδες κατά τη διάρκεια περιόδων με μεγάλες εκφορτώσεις στο ποτάμι. Για τις περιπτώσεις που τα επίπεδα υδάτων στο αποχετευτικό σύστημα είναι χαμηλότερα από το επίπεδο του νερού στον ποταμό, λίμνη ή θάλασσα εναπόθεσης απαιτείται εγκατάσταση αντλητικού συστήματος (Nijland et al. 2005).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω χαρακτηριστικά τμήματα ενός συστήματος αποστράγγισης (υδροσυλλογής) προτείνεται η καταγραφή αντίστοιχων δικτύων και εξοπλισμού εντός και εκτός των ορίων μιας εγκατάστασης SEVESO προκειμένου να προσδιοριστούν:

α) πιθανά σημεία διαρροών σε περιβαλλοντικά τμήματα και/ή αποδέκτες λόγω αστοχίας εξοπλισμού και

β) η τελική έξοδος (εκροή) των επικίνδυνων διαλυμάτων σε περιβαλλοντικά τμήματα και/ή αποδέκτες στην έξοδο των αποχετευτικών συστημάτων.

Ιδιαίτερα σημαντικό είναι στα **πιθανά σημεία απορροής και στο τόπο εναπόθεσης (έξοδος) των δικτύων αποστράγγισης/υδροσυλλογής/αποχέτευσης να υπολογίζεται ο ρυθμός εκροής** με τον οποίο τυχόν διαρροές τοξικών διαλυμάτων (και/ή με απόνερα πυρόσβεσης) απορρέουν στα ύδατα.

5.2.3 Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων

Οι σύγχρονες βιομηχανικές εγκαταστάσεις διαθέτουν συστήματα διαχείρισης αποβλήτων για την ασφαλή απομάκρυνση των υγρών αποβλήτων. Ομοίως με το σύστημα αποστράγγισης το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων μιας εγκατάστασης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην ανάλυση περιβαλλοντικών κινδύνων προκειμένου να εντοπίζονται πιθανά σημεία διοχέτευσης μιας διαρροής σε οδεύσεις και να εκτιμώνται οι επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ένα σύστημα διαχείρισης αποβλήτων σε μια εγκατάσταση η οποία περιλαμβάνει δεξαμενές αποθήκευσης επικίνδυνων ουσιών, σταθμό φόρτωσης/εκφόρτωσης βυτιοφόρων οχημάτων και λοιπούς εργασιακούς χώρους προσωπικού περιγράφεται στη συνέχεια:

Δίκτυο συλλογής Ομβρίων, Νερών Ασκήσεων Πυρόσβεσης από Λεκάνες Ασφάλειας Δεξαμενών. Το δίκτυο πρέπει να αποτελείται από ικανό αριθμό φρεατίων υδροσυλλογής στα χαμηλά σημεία κάθε λεκάνης και από δίκτυο αγωγών οι οποίοι να οδηγούν τα υγρά απόβλητα με βαρύτητα ή με την υποβοήθηση αντλιών σε μία νέα δεξαμενή εξισορρόπησης. Συνήθως στο τελικό φρεάτιο εκροής κάθε λεκάνης υπάρχει δικλείδα απομόνωσης.

Κανάλι απορροών στην πλατεία κίνησης Βυτιοφόρων οχημάτων: Στο κανάλι αυτό πραγματοποιείται συλλογή των ενδεχόμενων διαρροών κατά τις διαδικασίες φόρτωσης/εκφόρτωσης βυτιοφόρων οχημάτων καθώς ακόμη ομβρίων και νερών έκπλυσης. Τα υγρά απόβλητα μπορεί να οδηγούνται με βαρύτητα ή με την υποβοήθηση αντλιών στο δίκτυο συλλογής των λεκανών και έπειτα σε δεξαμενή εξισορρόπησης.

Κανάλι υδροσυλλογής στην είσοδο της εγκατάστασης: Για την περισυλλογή υγρών αποβλήτων στο όριο της εγκατάστασης.

Δεξαμενή εξισορρόπησης: Η δεξαμενή συνήθως σχεδιάζεται για να μπορεί να αντιμετωπίσει παροχές ομβρίων που αντιστοιχούν στη μέγιστη αναμενόμενη βροχόπτωση. Συνήθως η δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με αντλίες που υποβοηθούν τη διοχέτευση ομβρίων από τα φρεάτια και τα κανάλια της εγκατάστασης.

Αγωγός τελικής διάθεσης υγρών αποβλήτων: Τα υγρά απόβλητα που συγκεντρώνονται στη δεξαμενή εξισορρόπησης μεταφέρονται μέσω αγωγού σε απορροφητική τάφρο.

Σε μια εγκατάσταση SEVESO προτείνεται η εξέταση αστοχιών στον παραπάνω εξοπλισμό π.χ. υπερχείλιση, παράκαμψη, διάρρηξη και η διερεύνηση της περαιτέρω διαδρομής της διαρροής, εντοπίζοντας τις οδεύσεις στις οποίες πιθανόν να καταλήξουν οι διαρροές και κατά συνέπεια τους υπό εξέταση τρωτούς αποδέκτες.

Για τις περιπτώσεις εκείνες όπου ο αγωγός διάθεσης υγρών αποβλήτων καταλήγει όχι σε απορροφητική τάφρο αλλά σε ελαιοδιαχωριστή τότε έπεται επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Στη συνέχεια περιγράφεται ενδεικτικά ένα σύστημα διαχείρισης αποβλήτων (εξοπλισμός, διάταξη):.

- **Ελαιοδιαχωριστης,** χρησιμοποιείται για την πρωτοβάθμια απομάκρυνση της λάσπης και ελαίου. Ο ελαιοδιαχωριστής μπορεί να διαθέτει αλυσωτό ξέστρο (επιφανείας και πυθμένα), επιπλέοντα διαφράγματα (οροφές) κ.α.
- **Μονάδα επίπλευσης με διαλελυμένο αέρα (dissolved air flotation)** στην οποία διοχετεύονται τα ελαιώδη για δευτεροβάθμιο διαχωρισμό του περιεχομένου ελαίου ο οποίος υποβοηθείται με την προσθήκη χημικών.
- **Αμμόφιλτρα** για την απομάκρυνση τυχόν υπολειπομένου ελαίου που μπορεί να προκαλέσει δυσλειτουργία των βιόφιλτρων που πιθανόν να έπονται.
- **Βιόφιλτρα** που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση οργανικού φορτίου (εκπεφρασμένου σαν BOD_5 και COD).
- Το νερό έκπλυσης των βιόφιλτρων ενδέχεται να επεξεργάζεται σε **μονάδα επίπλευσης** για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών.
- Η παραγόμενη ιλύς αφυδατώνεται σε φυγόκεντρο και συμπιέζεται πριν την τελική της διάθεση. Ενώ τα επεξεργασμένα απόβλητα μέσω αγωγών οδηγούνται προς διάθεση σε υδάτινο φορέα π.χ. ποταμό, λίμνη, θάλασσα.

Ομοίως με τα παραπάνω συστήματα προτείνεται ο εντοπισμός πιθανών αστοχιών και παράκαμψη εξοπλισμού π.χ. υπερχείλιση, διάρρηξη καθώς και τον τόπο εναπόθεσης και το ρυθμό εξόδου προκειμένου να εντοπίζονται οι οδεύσεις και οι τελικοί αποδέκτες από τις ενδεχόμενες διαρροές επικίνδυνων ουσιών.

5.2.4 Κρίσιμες Οδεύσεις από Παρελθόντα Ατυχήματα

Σύμφωνα με τα παραπάνω η διερεύνηση των πιθανών διόδων μεταφοράς ρυπαντών είναι πολύ σημαντική και ιδιαίτερα κατά το στάδιο σχεδιασμού των διάφορων βοηθητικών δικτύων και συστημάτων σε μια εγκατάσταση (σύστημα πυρόσβεσης, σύστημα απορροής ομβρίων κ.α.) καθώς και για το σχεδιασμό δράσεων έκτακτης ανάγκης και αντιμετώπισης. Οι σημαντικότεροι δίοδοι μεταφοράς ρυπαντών που προέκυψαν από την ανάλυση παρελθόντων ατυχημάτων (DETR, 1999b, TWG 7-Christou, 2000; Web Sites: Europa, JRC, MARS) που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Απορροή-Εναπόθεση νερών πυρόσβεσης στο υδάτινο περιβάλλον (ποταμός, λίμνη, θάλασσα)
- Απορροή-Εναπόθεση μέσω του αποχετευτικού συστήματος
- Απορροή-Εναπόθεση μέσω του συστήματος αποστράγγισης (υδροσυλλογής)
- Απορροή-Εναπόθεση μαζί με υγρά απόβλητα σε εγκαταστάσεις διαχείρισης αποβλήτων
- Απευθείας διαρροή (π.χ. από διάρρηξη σωλήνωσης, ή αστοχία βαλβίδας)
- Υπερχείλιση αποθηκευτικού δοχείου
- Διαρροή κατά τη διάρκεια διαδικασιών φόρτωσης/εκφόρτωσης (π.χ. από καράβι, δεξαμενόπλοιο)
- Διαρροή από καράβι/δεξαμενόπλοιο
- Διαρροή μέσω του συστήματος ψύξης
- Διασπορά νέφους στην ατμόσφαιρα και στη συνέχεια μόλυνση του υδάτινου περιβάλλοντος μέσω κατακρήμνισης (σωματίδια στο νερό βροχής)
- Εναπόθεση μέσω του εδάφους (π.χ. επικίνδυνες ουσίες διαρρέουν και διαποτίζουν το έδαφος και εισέρχονται σε υδάτινο περιβάλλον ή σε υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες

Οι παραπάνω δίοδοι πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά την διερεύνηση των περιβαλλοντικών κινδύνων από ατυχήματα και προτείνεται να δίνεται προτεραιότητα στην εξέταση τους εφόσον προκύπτουν ως οι πιο κρίσιμες σύμφωνα με την ανάλυση μεγάλων ατυχημάτων προς το περιβάλλον. Ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας αποτελεί και ο χρόνος ο οποίος παρεμβάλλεται για την εναπόθεση της ουσίας σε κάποια περιβαλλοντική όδευση καθώς και ο ρυθμός εξόδου.

Σημαντική πληροφορία αναφορικά με τα παραπάνω μπορεί να αντληθεί από ήδη εκπονημένες μελέτες στις εγκαταστάσεις. Σχετικές μελέτες αποτελούν:

- ✓ Μελέτες Διαχείρισης Αποβλήτων,
- ✓ Μελέτες Πυρασφάλειας,
- ✓ Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC),
- ✓ Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων,
- ✓ Μελέτες Ασφάλειας κ.α.

Έχοντας εντοπίσει τα δίκτυα και τα συστήματα τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν ως δίοδοι ή ως φραγές στη διαρροή των ουσιών εκτός των ορίων της εγκατάστασης έχουν ήδη προσδιοριστεί οι κόμβοι στα δένδρα ανάλυσης γεγονότων που καθορίζουν την περαιτέρω διάχυση/διασπορά της ουσίας σε κάποια όδευση μέχρι την τελική εναπόθεση της στους αποδέκτες του περιβάλλοντος (βλ. Κεφ7). Ο εξοπλισμός και τα δίκτυα πρέπει να διερευνώνται ως προς την τεχνική και λειτουργική τους επάρκεια προκειμένου να προσδιοριστούν οι πιο πιθανές εξελίξεις των ατυχηματικών διαρροών. Ακόμη μια πιθανολογική προσέγγιση η οποία θα απέδιδε πιθανότητες αστοχίας των συστημάτων θα καθιστούσε δυνατή τη διεξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά στις πιο πιθανές διόδους διαρροής ουσιών και θα μπορούσε να λειτουργήσει ως κριτήριο επιλογής τον πιο πιθανών σεναρίων προς περαιτέρω διερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθώς και στην υποστήριξη αποφάσεων για λήψη μέτρων πρόληψης και καταστολής. Επιπλέον δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση και προτεραιότητα στις σημαντικότερες οδούς μεταφοράς όπως αυτές προέκυψαν από ανάλυση παρελθόντων ατυχημάτων το επόμενο στάδιο ανάλυσης περιλαμβάνει αναφορά στις οδεύσεις και στους μηχανισμούς αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους.

5.3 Οδεύσεις

Η λέξη όδευση χρησιμοποιείται για να αποδώσει τα κύρια περιβαλλοντικά τμήματα: ατμόσφαιρα, ύδατα (επιφανειακά και υπόγεια), ιζήματα και έδαφος. Κάθε μια όδευση χαρακτηρίζεται από διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες λόγω των διαφορετικών χημικών, φυσικών, βιολογικών και χωρικών (τοπικών) παραγόντων/παραμέτρων που τη χαρακτηρίζουν. Επιπλέον ο τρόπος με τον οποίο αλληλεπιδρούν μεταξύ τους οι οδεύσεις και που μπορεί μια ουσία να μεταπηδήσει από το ένα τμήμα στο άλλο, εξαρτάται από πολλαπλούς παράγοντες και φαινόμενα και κατά συνέπεια αποτελεί μια διαδικασία εξαιρετικά πολύπλοκη (Dick de Zwart, 2005).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ερευνητικού προγράμματος EXPECT (Extrapolation Practice for Ecological Effects and Exposure Characterization of Chemicals*) στο αντικείμενο του οποίου εμπίπτει η επίλυση προβλημάτων που αφορούν αλληλεπιδράσεις οδεύσεων με διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες οι τύποι των αλληλεπιδράσεων που μπορούν να διερευνηθούν και να χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση κινδύνου συμπεριλαμβάνουν:

- Αλληλεπιδράσεις μεταξύ οδεύσεων (και προς τις δύο κατευθύνσεις)
  - Ατμόσφαιρα-Ύδατα
  - Ατμόσφαιρα-Έδαφος
  - Ύδατα-Ιζήματα
  - Υπόγεια Ύδατα-Έδαφος

* Το EXPECT είναι το τελικό αποτέλεσμα μια διεθνούς συνεργασίας ερευνητικών ομάδων που διοργανώθηκε από American Chemistry Councils (ACC) και το πρόγραμμα Long Range Initiative Program. Οι συμμετέχοντες ήταν:Centre for Toxicology at the University of Guelph/Canadian Network of Toxicology Centres (Canada) , Human & Environmental Safety Division, Procter & Gamble Company (USA), ALTERRA – Green World Research, Wageningen University and Research Centre, Laboratory for Ecotoxicology, και RIVM –National Institute of Public Health and the Environment (Netherlands).

- Αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των οδεύσεων
  - Υφάλμυρα Ύδατα- Καθαρά Ύδατα
  - Ύδατα Υψηλής Σκληρότητας – Ύδατα χαμηλής Σκληρότητας
  - Ποταμός- λίμνη- χείμαρρος- μικρή λίμνη
  - Ρυθμίσεις διαχείρισης αποβλήτων
  - Συνθήκες διεξαγωγής εργαστηριακών τοξικολογικών τεστ- συνθήκες πεδίου

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο αριθμός των πιθανών αλληλεπιδράσεων προκύπτει πολύ μεγάλος, ενώ κάθε συνδυασμός έχει τις δικές του παραμέτρους και δυσκολίες που πρέπει κάθε φορά να λαμβάνονται υπόψη κατά την εξέταση των φαινομένων.

Η εκτίμηση κινδύνου λόγω διαρροής επικίνδυνων χημικών ουσιών απαιτεί πληροφορία σχετική με τη θνησιμότητα (fate), την έκθεση (exposure) και τη βιολογική τρωτότητα (biological sensitivity) των αποδεκτών στο περιβάλλον της εγκατάστασης βλ. Πίνακα 5.1. Τα αποτελέσματα που μπορεί να προκύψουν από τις αλληλεπιδράσεις, όπως αυτές αναφέρθηκαν παραπάνω (οδεύσεις και φυσικοχημικές ιδιότητες των οδεύσεων), είναι δυνατό να διαχωριστούν σε ζητήματα που αφορούν:
α) Στην **έκθεση** των υπό εξέταση αποδεκτών στις χημικές ουσίες και
β) Στις αναμενόμενες **επιπτώσεις** στους αποδέκτες αυτούς.
Σημειώνεται ότι η έκθεση ενός οργανισμού σε μια τοξική ουσία και το αναμενόμενο ποσοστό θνησιμότητας εξαρτώνται από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ της τοξικής ουσίας και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των οδεύσεων.

Οι αλληλεπιδράσεις της χημικής ουσίας και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των οδεύσεων είναι ιδιαίτερα πολύπλοκες και κατά συνέπεια είναι δύσκολο να γίνει διαχωρισμός μεταξύ των θεμάτων που αφορούν την «έκθεση» εξαιτίας των ιδιοτήτων της τοξικής ουσίας και τις «συνέπειες» εξαιτίας των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των οδεύσεων. Οι διαφορές στις συνέπειες στους αποδέκτες από διαφορετικές οδεύσεις με διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες μπορεί να σχετίζονται με τις διαφορές οι οποίες αφορούν την εγγενή ευαισθησία (τρωτότητα) την εκτιθέμενης χλωρίδας και πανίδας του συστήματος (πληθυσμοί διαφορετικών ειδών) και/ή με τις διαφορές στις διόδους αναρρόφησης και απέκκρισης της χημικής ουσίας (Dick de Zwart, 2005).

Το ποσοστό θνησιμότητας πληθυσμών διαφόρων ειδών που μπορεί να προκληθεί από μια χημική ουσία σχετίζεται σημαντικά με την ικανότητα της ουσίας να μεταφέρεται μέσω διόδων σε αποστάσεις και να ελευθερώνει την τοξική της δράση. Λεπτομέρειες αναφορικά με τη μεταφορά ουσιών σε σχέση με τις αλληλεπιδράσεις των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των οδεύσεων παρατίθενται στο SETAC, πηγή η οποία αναφέρεται στη μεταφορά των χημικών στο περιβάλλον (Klecka et al. 2000).

Στον Πίνακα 5.3.1 παρατίθενται οι σημαντικότερες μεταβλητές που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διεξαγωγή συμπερασμάτων για τις αλληλεπιδράσεις **μεταξύ και εντός** των οδεύσεων. Στις στήλες από 3 έως 5 αποτυπώνονται οι σημαντικότερες επιδράσεις των μεταβλητών στη θνησιμότητα που μπορεί να προκαλέσει μια ουσία, στην έκθεση της χλωρίδας και πανίδας του συστήματος (στην ουσία) και στη βιολογική ευαισθησία-τρωτότητα των αποδεκτών αντίστοιχα (EXPECT, Dick de Zwart 2005).

Κατηγορία	*Μεταβλητή*	*Θνησιμότητα Fate*	*Έκθεση Exposure*	*Ευαισθησία Τρωτότητα Sensitivity*
Χημικές Ιδιότητες Ουσίας	Τάση Διαφυγής (Fugacity)	✓	✓	
	Διαλυτότητα	✓	✓	
	Πολικότητα Polarity	✓	✓	✓
	Δραστικότητα	✓		✓
	.....			
Οδεύσεις / Φυσικοχημικές Ιδιότητες οδεύσεων	Θερμοκρασία	✓		✓
	Φως	✓		✓
	Οξειδοαναγωγή	✓		✓
	pH	✓	✓	✓
	Ιόντα/σκληρότητα	✓	✓	
	Σωματίδια (μέγεθος/φυσική κατάσταση)	✓	✓	
	Οργανικές ουσίες Organic carbon	✓	✓	
	Κολλοειδή	✓	✓	
	Χώρος-όγκος μεταφοράς	✓	✓	
	Σύνθεση Complexation	✓	✓	
	.....			
Ιδιότητες Αποδεκτών	Ταξινόμηση			✓
	Τροφική κατάσταση		✓	
	Επιλογή πληθυσμών		✓	✓
	Συμπεριφορά		✓	✓
	Μέγεθος		✓	✓
	Τύπος κύκλου ζωής			✓
	Χρόνος έκθεσης σχετικά με τον κύκλο ζωής		✓	✓
	Παρουσία και άλλων οργανισμών			✓
	Δίοδος έκθεσης		✓	✓
	.....			

Πίνακας 5.3.1: Κύριες Μεταβλητές που επηρεάζουν τη θνησιμότητα, την έκθεση και την τρωτότητα (EXPECT, Dick de Zwart, 2005)

Προκειμένου να γίνουν πιο εύκολα αντιληπτά ζητήματα που αφορούν τις οδεύσεις και τις φυσικοχημικές ιδιότητες και να εξαχθούν ορισμένα συμπεράσματα πρέπει οι διαφορετικοί τύποι των παραπάνω αλληλεπιδράσεων να ταξινομηθούν και χαρακτηριστούν με σαφή τρόπο. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι οδεύσεων: **ύδατα, ατμόσφαιρα και έδαφος**. Μέσα σε αυτές τις τρεις βασικές κατηγορίες υπάρχουν παρόμοιες μεταξύ τους αλλά και πολύ πολύπλοκες φυσικοχημικές ιδιότητες που πρέπει να διερευνώνται ανεξάρτητα.

Πρέπει να τονιστεί ότι οι οδεύσεις και οι τελικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην παρούσα έρευνα εξετάζονται για μεγάλες διαρροές μικρής διάρκειας που τεκμηριώνονται από ένα BAME σε εγκαταστάσεις SEVESO. Οι χρόνιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από κανονική λειτουργία μιας μονάδας δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά γενικά στοιχεία αναφορικά στις οδεύσεις και τον τρόπο διασποράς των ουσιών σε αυτές. Σημειώνεται ότι βάση του πλαισίου της Οδηγίας SEVESO γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στα στοιχεία που αφορούν την τοξικότητα των χημικών ουσιών σε υδάτινο περιβάλλον.

5.4 Ύδατα

5.4.1 Γενικά Στοιχεία για τα Ύδατα

Επιφανειακά ύδατα μπορούν να οριστούν ως οποιοδήποτε ποταμός, λίμνη, χείμαρρος, μικρή λίμνη, βάλτος, έλος, έδαφος με μεγάλη υγρασία (wetland), ο πάγος και το χιόνι καθώς και παραλιακά και θαλάσσια ύδατα τα οποία είναι από τη φύση είναι ανοιχτά προς την ατμόσφαιρα. Οι βασικές ιδιότητες που διαχωρίζουν τους τύπους των υδάτων μεταξύ τους είναι τα ύδατα υψηλής και χαμηλής σκληρότητας, και τα υφάλμυρα και γλυκά νερά. Τα υπόγεια ύδατα τυπικά ορίζονται ως τα ύδατα που μπορούν να εντοπιστούν στην κορεσμένη ζώνη του εδάφους. Τα υπόγεια νερά κινούνται αργά από τόπους με υψηλό υψόμετρο και πίεση σε τόπους με πιο χαμηλό υψόμετρο και πιο χαμηλή πίεση, π.χ. ποταμοί και λίμνες. Ιδιαίτερα σημαντική είναι ανάλυση και ο προσδιορισμός των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των υπόγειων υδάτων και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του στερεού εδάφους εφόσον αποτελεί κύριο παράγοντα για τον προσδιορισμό της θνησιμότητας που μπορεί να προκαλέσει μια τοξική ουσία. Οι φυσικοχημικές ιδιότητες των υδάτων που μπορούν να επηρεάσουν την τοξικότητα των χημικών ουσιών σε όλους τους τύπους υδάτων παρατίθενται στον Πίνακα 5.4.1.

Ιδιότητα	Επεξήγηση
Θερμοκρασία ύδατος	Υποδεικνύει το ποσοστό εξάτμισης των χημικών, επηρεάζει την χημική δράση των ρυπαντών και τη φυσιολογικές διεργασίες των οργανισμών.
Ταχύτητα του ύδατος	Επηρεάζει τη μεταφορά και τη διάλυση των χημικών ουσιών
Ιξώδες (ύδατος)	Επηρεάζει την κίνηση του νερού και τη διάχυση της διαλυμένης ύλης
Διαλυμένο οξυγόνο	Μείωση του οξυγόνου προκαλεί αύξηση της διαλυτότητας των τοξικών.
pH	Επηρεάζει τη μορφή, την δραστικότητα, τη διαλυτότητα και την τοξικότητα κάποιων ρυπαντών
Αλμυρότητα	Τα άλατα μπορεί να επιτρέπουν στις χημικές ουσίες να γίνουν βιολογικά ανενεργές.

Διείσδυση φωτός	Το φως μπορεί να επιταχύνει την χημική αποικοδόμηση κάποιων χημικών ή να δημιουργήσουν επιβλαβή προϊόντα μεταβολισμού τα οποία να είναι πιο τοξικά από τα αυτά που ήταν στην αρχική τους μορφή

Πίνακας 5.4.1 : Παράγοντες υδάτων που μπορεί να τροποποιήσουν την τοξικότητα των χημικών ουσιών στους υδάτινους οργανισμούς (Dick de Zwart, 2005).

5.4.2 Αλληλεπιδράσεις: Έδαφος-Επιφανειακά Ύδατα, Έδαφος-Υπόγεια Ύδατα, Ατμόσφαιρα-Επιφανειακά Ύδατα

Οι βασικές δίοδοι εισόδου των χημικών στα επιφανειακά ύδατα περιλαμβάνουν α) επιφανειακές απορροές από διαρροές επικίνδυνων ουσιών σε αγροτικές περιοχές και βιομηχανίες, β) κατακρήμνιση (από νερά βροχοπτώσεων), γ) εκβολές (εκροή) αποχετευτικών συστημάτων και δικτύων, δ) νερά υπερχείλισης υπογείων υδροφόρων συστημάτων και απορροής και στράγγισης γης .

Οι πηγές ρύπανσης των υδάτων ποταμών και λιμνών μπορούν να διαχωριστούν σε μη σημειακές και σημειακές. Σημαντικές πηγές μη σημειακής ρύπανσης επιφανειακών νερών αποτελούν η επιφανειακή απορροή (surface run off) υδάτων (π.χ. νερά πυρόσβεσης που συμπαρασύρουν χημικές ουσίες, ή μείγματα χημικών σε υγρή κατάσταση και διαρρέουν μέσω δρόμων), τα νερά αποστράγγισης (π.χ. αγροτικής γης), η κατακρήμνιση οργανικών κυρίως ρύπων με το νερό της βροχής (π.χ. διασπορά τοξικού νέφους). Αντιθέτως, σημαντικές πηγές σημειακής ρύπανσης αποτελούν αστικές και αγροτικές βιομηχανίες π.χ. που απορρίπτουν τα απόβλητα τους στα νερά παρακείμενων ποταμών, μη ορθολογικές αγροτικές δραστηριότητες όπως προετοιμασία ή καθαρισμός ψεκαστικών μηχανημάτων, μη ασφαλή αποθήκευση αγροχημικών ουσιών (Παπαδοπούλου-Μουρκίδου; 2002).

<u>Έδαφος-Ύδατα</u>

Κατά την διάρκεια της επιφανειακής απορροής (surface run-off) νερό και διαλυμένα σε αυτό σωματίδια μετακινούνται επιφανειακά από το τον τόπο διαρροής τους σε παρακείμενα επιφανειακά υδροφόρα συστήματα (Leonard 1990). Οι ποσότητες των οργανικών κυρίως ρύπων που μεταφέρονται με το νερό απορροής στα επιφανειακά υδροφόρα συστήματα εξαρτάται από τις συγκεκριμένες εδαφικές (σύσταση εδάφους, υδρογεολογικά χαρακτηριστικά) και κλιματικές συνθήκες (υψηλή βροχόπτωση), τις φυσικοχημικές ιδιότητες των ουσιών (πτητικότητα, υδατοδιαλυτότητα) και τις ποσότητες τους. Οι παραπάνω παράγοντες δεν δρουν μεμονωμένα αλλά οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό τις ποσότητες των ρύπων που θα μεταφερθούν στα παρακείμενα υδατικά συστήματα.

Από στοιχεία της βιβλιογραφίας καταγράφεται ότι στην περίπτωση εφαρμογής φυτοφαρμάκων σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις έχει πλέον αποδειχθεί ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των ποσοτήτων των γεωργικών φαρμάκων που χρησιμοποιούνται σε μία περιοχή και των συγκεντρώσεων τους που ανιχνεύονται στα παρακείμενα υδροφόρα συστήματα (Kreuger 1998; Battaglin et al, 2000). Το ποσοστό της εφαρμοζόμενης ποσότητας ενός γεωργικού φαρμάκου που μεταφέρεται στα επιφανειακά νερά λόγω απορροής κυμαίνεται συνήθως <u>*από 0.1-2% αναλόγως* με τις φυσικοχημικές ιδιότητες του</u>

φαρμάκου και της εδαφοκλιματικές συνθήκες (Larson et al, 1995; Hayo & van de Werf 1996; Kreuger 1998). Επιπλέον άλλοι ανόργανοι ρύποι όπως διάφορες μορφές φωσφορικών αλάτων και αζώτου καθώς και βαρέα μέταλλα συμβάλουν στην υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών νερών.

Η στράγγιση του νερού με την ταυτόχρονη έκπλυση θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος, κυρίως νιτρικών ενώσεων, είναι άλλη μία μη-σημειακή πηγή ρύπανσης επιφανειακών υδατοσυστημάτων σε γεωργικές ή βιομηχανικές περιοχές. Οι Squillance & Thurman (1992) υπολόγισαν ότι οι κύριες ποσότητες των φυτοφαρμάκων που ρυπαίνουν τον ποταμό Cedar της Iowa προέρχονται από επιφανειακή απορροή. Για τα γεωργικά φάρμακα alachlor, atrazine, cyanazine, metolachlor και metribuzin βρήκαν ότι οι συγκεντρώσεις τους στο νερό του ποταμού, όταν νερά προερχόμενα από υπόγεια στράγγιση εδαφών που συνιστούσαν το κύριο όγκο του νερού, ήταν <0.1 μg/l (μέση τιμή 0.2 μg/l) ενώ όταν ο κύριος όγκος του νερού προέρχονταν από νερά επιφανειακής απορροής όπου οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις υπερέβαιναν τα 50 μg/l. Συνεπώς η διάβρωση εδαφών με την επιφανειακή απορροή νερού συνιστά την σημαντικότερη μη σημειακή πηγή ρύπανσης επιφανειακών υδατοσυστημάτων.

Ατμόσφαιρα-Ύδατα

Η κατακρήμνιση οργανικών ρύπων με το νερό της βροχής αποτελεί μια άλλη οδό για την μεταφορά οργανικών ρύπων στα επιφανειακά υδροφόρα συστήματα. Ερευνητικά αποτελέσματα καταγράφουν ότι σημαντικός αριθμός χημικών (φυτοφάρμακα) που χρησιμοποιούνται σε αγροτοβιομηχανικές εγκαταστάσεις όπως molinate, atrazine, metolachlor, alachlor και διάφορα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα (parathion methyl, diazinon) ανιχνεύθηκαν στο νερό της βροχής της λεκάνης του Αξιού, γεγονός που αποδεικνύει λαμβάνει χώρα εξάτμιση των ουσιών και διάχυση τους στην ατμόσφαιρα (Charizopoulos & Papadopoulou-Mourkidou, 1999). Παρόμοιες εργασίες τεκμηριώνουν την ύπαρξη σημαντικών ποσοτήτων γεωργικών φαρμάκων στο βρόχινο νερό και σε άλλες περιοχές της Ευρώπης και της Αμερικής (Tung & Wu, 1981; Richards et al, 1987; Trevisan et al, 1993). Η εισροή ποσοτήτων χημικών ουσιών στα επιφανειακά νερά με το νερό της βροχής αποτελεί σημαντική οδό κυρίως για πτητικά ουσίες που διαρρέουν σε επιφάνειες (έδαφος) (Hayo & van der Werf, 1996).

Σύμφωνα με τα παραπάνω στο πλαίσιο της παρούσας προσέγγισης θεωρείται ότι σε περιπτώσεις που τη διαρροή μια επικίνδυνης ουσίας από το δοχείο περιεχομένου της μπορεί να ακολουθεί:

- ✓ Εξάτμιση από υγρή φάση της επικίνδυνης για το περιβάλλον ουσίας,
- ✓ Διασπορά νέφους τοξικού αερίου
- ✓ Διασπορά καυσαερίων λόγω καύσης (ατυχηματικά γεγονότα-φωτιάς) και άκαυστου υλικού

Τότε είναι πιθανό να προκύψουν επιπτώσεις σε υδάτινα συστήματα (ποταμοί, λίμνες, θάλασσα, υδάτινοι οργανισμοί (ψάρια, δαφνία, φύκη) κ.α.) αλλά και σε λοιπούς αποδέκτες (χλωρίδα, πανίδα, καλλιέργειες, πηγές πόσιμου νερού) εξαιτίας κατακρύμνισης οργανικών ρύπων.

Εκτός όμως από τις μη-σημειακές πηγές ρύπανσης, οι ποταμοί έχουν και σημαντικές **σημειακές πηγές** ρύπανσης σε φωσφορικά, νιτρικά, μέταλλα, διάφορα ανόργανα ανιόντα, οργανική ύλη, μικροοργανισμούς, γεωργικά φάρμακα, πολυ-χλωριωμένες και πολύ- αρωματικές οργανικές ενώσεις και διάφορους υδρογονάνθρακες. Οι σημειακές αυτές πηγές εντοπίζονται σε θέσεις εκροής βιομηχανικών, γεωργικών, και αστικών αποβλήτων, σε εκροές προερχόμενες από ατυχήματα

διαρροής εργοστασίων της βιομηχανίας χημικών προϊόντων, όπως αυτά που συνέβηκαν την περασμένη δεκαετία στην Βασιλεία της Ελβετίας με αποτέλεσμα σημαντικές ποσότητες γεωργικών φαρμάκων να διαρρεύσουν στο νερό του Ρήνου ποταμού, καθώς και σε αμέλεια όπως το πλύσιμο ψεκαστικών μηχανημάτων ή απόχυση ψεκαστικού διαλύματος γεωργικών φαρμάκων απευθείας σε κάποιο ποταμό (Παπαδοπούλου- Μουρκίδου; 2002).

Ερευνητικά δεδομένα από περιοχές της Βόρειας Ευρώπης καταδεικνύουν τον σημαντικό ρόλο των σημειακών πηγών στην ρύπανση των επιφανειακών και υπογείων υδροφόρων συστημάτων (Helweg 1994; Kreuger, 1999). Πειραματικά δεδομένα από την Γερμανία υποστηρίζουν ότι περίπου το **90%** των ποσοτήτων των γεωργικών φαρμάκων που βρέθηκαν σε γειτονικά υδροφόρα συστήματα μετακινήθηκαν εκεί από σημειακές πηγές ρύπανσης (Frede et al, 1998). Σημειώνεται ότι υψηλές συγκεντρώσεις του εντομοκτόνου dimethoate που μετρήθηκαν μεμονωμένα στα νερά του ποταμού Elbe (>2 μg/l) οφείλονταν σε βιομηχανία παραγωγής αγροχημικών που βρισκόταν στις όχθες του ποταμού (Gotz et al, 1998). Οι υψηλές συγκεντρώσεις των ισομερών α και γ- εξαχλωρο κυκλοεξανίου που ανιχνεύθηκαν καθόλη την διάρκεια του έτους στα νερά του ποταμού Αξιού την περίοδο 1992-98 οφείλονταν σε απόρριψη βιομηχανικών αποβλήτων από εργοστάσιο παραγωγής εξαχλωροκυκλοεξανίου που εδρεύει στη FYROM (Έκθεση προγράμματος INTERREG I & II, 1992-98). Επίσης, υψηλές συγκεντρώσεις αγροχημικών σε ποταμούς της Αμερικής οφειλόταν στην απόρριψη βιομηχανικών και αγροτικών αποβλήτων στα νερά των ποταμών από παρακείμενες βιομηχανίες (Frieberg 1991;Gannon 1992).

Τα παραπάνω συμπεράσματα υποδεικνύουν τη σημαντικότητα για κατάλληλο σχεδιασμό των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων και των αποχετευτικών δικτύων των εγκαταστάσεων και πως αστοχία στον τεχνικό σχεδιασμό και/ή στη λειτουργία αυτών μπορεί να προκαλέσει εκτεταμένες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Επιπλέον ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά τις συγκεντρώσεις των χημικών ουσιών στα επιφανειακά νερά π.χ. ποταμών είναι η ροή τους π.χ. ροή κάθε ποταμού. Έχει παρατηρηθεί ότι υψηλότερες συγκεντρώσεις οργανικών ρύπων και δη γεωργικών φαρμάκων ανιχνεύονται σε ποταμούς με μικρότερη ροή. Αντίθετα, χαμηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται σε ποταμούς με υψηλή ροή νερού λόγω του διάλυσης των οργανικών ρύπων σε μεγαλύτερο όγκο νερού (Larson et al, 1995).

Υπόγεια ύδατα

Τα χημικά μπορούν να εισαχθούν στα υπόγεια ύδατα σαν προϊόντα διήθησης λόγω διήθησης από το έδαφος ή από το νερό ή από σηπτικές δεξαμενές ή από εγχύσεις χώρων εναπόθεσης επικίνδυνων αποβλήτων ή ακόμα από περιοχές υγειονομικής ταφής σκουπιδιών. Τα υπόγεια ύδατα μπορεί να συλλέγονται για ανθρώπινη χρήση ή να εκρέουν σε επιφανειακά ύδατα μέσω φυσικής ροής.

Έδαφος-Υπόγεια Ύδατα (Υδροφόροι Ορίζοντες)

Η κάθετη μετακίνηση των οργανικών και ανοργάνων (νιτρικά) ρύπων στα βαθύτερα εδαφικά στρώματα ονομάζεται έκπλυση και έχει ως συνέπεια την ρύπανση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων. Η πιθανότητα έκπλυσης μιας χημικής ουσίας στα υπόγεια νερά εξαρτάται από τις φυσικοχημικές

ιδιότητες της ουσίας (υδατοδιαλυτότητα, πτητικότητα), φυσικοχημικές ιδιότητες (σύσταση εδάφους, οργανική ουσία, pH) και υδρογεολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους (βάθος υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα) τις κλιματικές συνθήκες ύψος βροχόπτωσης) καθώς και από τον χρόνο παραμονής της στον τόπο διαρροής. Ο Gustafson (1989) πρότεινε ένα απλό και ταυτόχρονα αποτελεσματικό τρόπο για την κατάταξη των δραστικών ουσιών με βάση την πιθανότητα έκπλυσης τους. Η σταθερά GUS που χρησιμοποίησε υπολογίζεται για κάθε ουσία από την εξίσωση:

GUS=log(DT50) x (4-log(Koc))

Όπου **Koc** είναι η σταθερά προσρόφησης της χημικής ουσίας στο έδαφος ως προς την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανικό C και **DT50** είναι ο χρόνος που απαιτείται για την αποικοδόμηση του 50% της εφαρμοζόμενης δόσης. Γενικά χημικές ουσίες που συχνά ανιχνεύονται στα υπόγεια νερά έχουν τιμές μεγαλύτερες από 2.8 ενώ ουσίες με τιμές μικρότερες από 1.8 συνήθως δεν ανιχνεύονται στα υπόγεια νερά (δεδομένα από γεωργικά φάρμακα). Όπως φαίνεται και από την εξίσωση υψηλή υπολειμματικότητα (υψηλή τιμή DT50) και χαμηλή περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία ευνοούν την έκπλυση ενός φαρμάκου. Η πιθανότητα έκπλυσης αυξάνεται σε εδάφη με σχισμές και γενικά εκτεταμένο μακροπορώδες μέσω του οποίου νερό και διαλυμένα εδαφικά κολλοειδή μπορούν να μετακινηθούν γρήγορα στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες.

Η εξίσωση του Gustafson μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις περιπτώσεις όπου προκύπτει διαρροή διαλύματος χημικής ουσίας ή διαλύματος (φυτοφάρμακα) με απόνερα πυρόσβεσης στο έδαφος προκειμένου να διερευνηθεί αν τα υπόγεια ύδατα θα επηρεαστούν από τη διαρροή αυτή. Αν προκύψει από την εξίσωση τιμή GUS > 2.8 τότε θεωρείται ότι η ουσία είναι πολύ πιθανό να ανιχνευτεί στα υπόγεια ύδατα και πιθανώς να επηρεάσει και τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες.

Ακόμη σε αρκετές περιπτώσεις τα υπόγεια νερά καταλήγουν σε επιφανειακούς υδροφόρους ορίζοντες όπως λίμνες ή ποτάμια της ευρύτερης περιοχής ή χρησιμοποιούνται για την ύδρευση παρακείμενων αστικών περιοχών (Spliid & Koppen 1998). Ο έλεγχος της ποιότητα των υπογείων νερών ξεκίνησε κατά τα τέλη της δεκαετίας του 70 ύστερα από την επανειλημμένη εμφάνιση υπολειμμάτων γεωργικών φαρμάκων (US Environmental Protection Agency 1977; Cohen et al, 1994; Leistra & Boesten 1989).

Παραπάνω πραγματοποιήθηκε αναφορά στις διόδους εισόδου χημικών σε επιφανειακά και υπόγεια ύδατα. Από τη στιγμή που βρίσκονται στα επιφανειακά ύδατα τα χημικά μπορεί να σημειωθούν τα παρακάτω:

- ✓ να μεταφερθούν μέσω κίνησης αέριων μαζών (μαζική κίνηση από ρεύματα),
- ✓ να υπάρξει μοριακή διάχυση (εξαιτίας της τυχαίας θερμικής κίνησης των μορίων),
- ✓ να υπάρξει τυρβώδης διάχυση (ανάμειξη) και
- ✓ να λάβει χώρα διασπορά.

Αντίστοιχα η διάχυση και η κίνηση των αέριων μαζών αποτελούν τους κύριους μηχανισμούς της μεταφοράς των χημικών στα υπόγεια ύδατα.

Για την ανάλυση διασποράς χημικών σε υδάτινους φορείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα λογισμικά τα οποία λαμβάνουν υπόψη τους τις φυσικοχημικές ιδιότητες των υδάτων και των χημικών ουσιών που εισέρχεται στον υδάτινο φορέα. Δύο από τα λογισμικά τα οποία χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία για την ανάλυση ατυχημάτων που προκύπτουν από διασπορά χημικού σε υδάτινο φορέα είναι το ADIOS 2* (National Oceanic and Atmospheric Administration U.S. Department-NOAA's) και το EFFECTS 7.4 Modelling the Effects of Accidental Release of hazardous substances (TNO). Με τη χρήση των λογισμικών προσομοιώνοντας μοντέλα για διάφορα φαινόμενα διάχυση, εξάτμιση, διασπορά, νέφος ατμών κτλ έχοντας εισάγει τις φυσικοχημικές ιδιότητες της χημικής ουσίας, το ρυθμό διαρροής, τα χαρακτηριστικά υδάτινου φορέα κ.α. προκύπτουν οι τελικές συγκεντρώσεις των χημικών συναρτήσει τόπου και χρόνου. Οι συγκεντρώσεις αυτές θα χρησιμοποιηθούν για να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις στους υπό εξέταση αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης. Στο Κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα προσομοιώσεων στα ύδατα με χρήση του λογισμικού EFFECTS 7.4.

Ακόμη ένα λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε από το γαλλικό «Ecole des Mines d'Ales, the Cedre, Ifremer, Meteo france and Ineris (Arc Unit) για την άμεση μοντελοποίηση ατυχηματικών διαρροών επικίνδυνων ουσιών στη θάλασσα είναι το CLARA (Arpin et. al. 2006). Στο μοντέλο προσομοιώνονται διαρροές και υπολογίζεται η ποσότητα της επικίνδυνης ουσίας που εξατμίζεται, διαλύεται, παραμένει αδιάλυτη στην επιφάνεια και που βυθίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις φυσικοχημικές ιδιότητες της ουσίας, και εφαρμόζοντας μοντέλα της υδροδυναμικής. Παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα μοντελοποίησης της διασποράς του νέφους που εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα για εκτίμηση μέσω Gaussian μοντέλου. Επόμενο βήμα του project είναι να παρέχεται τη δυνατότητα εκτίμησης τοξικολογικών επιπτώσεων σε υδάτινους αποδέκτες (χλωρίδα, πανίδα).

Επιπλέον στοιχεία σχετικά με το μέγεθος των επιπτώσεων έκταση και ενεργός χρόνος διάρκειας φαινομένου μπορούν να συγκριθούν με κριτήρια που ισχύουν βάση ΚΥΑ (βλ. Κεφ.6) για το χαρακτηρισμό του ατυχήματος ως Μεγάλο Ατύχημα προς το Περιβάλλον. Τα παραπάνω χρήσιμα συμπεράσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την προκαταρκτική ανάλυση κινδύνου στις εγκαταστάσεις αλλά και στη λήψη αποφάσεων σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.

* http://response.restoration.noaa.gov/adios (μόνο για πετρελαιοειδή)

5.5 Έδαφος

5.5.1 Γενικά Στοιχεία για το Έδαφος

Υπάρχουν διαφορετικά είδη εδάφους κάθε ένα από τα οποία έχει διαφορετικά ποσοστά σε άμμο (από 2.0 έως 0.05mm), ιλύς (από 0.05 έως 0.002 mm), χώμα (<0.002 mm), οργανικές ουσίες διαφορετικών τύπων, περιεχόμενο σε νερό, αλκαλικά μέταλλα και άλλες ανόργανες ουσίες. Η δομή του εδάφους εξαρτάται σημαντικά από τα αβιοτικά χαρακτηριστικά που αναφέρονται παραπάνω. Η σύνθεση και η δομή του εδάφους επηρεάζει τη σύνθεση των ειδών της χλωρίδας και της πανίδας του συστήματος και αντίστροφα. Ενώ γενικά τα μεγάλα σωματίδια είναι ανενεργά, τα μικρά σωματίδια μπορεί να είναι χημικά ενεργά και να περιπλέκουν την εξαγωγή συμπερασμάτων για διαφορετικούς τύπους εδάφους. Τα κολλοειδή μπορούν να αποκτήσουν ιδιότητες που επηρεάζουν την απορρόφηση των αερίων, των ιόντων και της οργανικής ύλης. Η εξαγωγή συμπερασμάτων για τα διαφορετικά είδη εδαφών καθίσταται πιο δύσκολη εξαιτίας των φυσικοχημικών ιδιοτήτων που παρουσιάζουν τα διάφορα εδάφη. Οι ιδιότητες του εδάφους που μπορούν να επηρεάσουν την τοξικότητα μιας χημικής ουσίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.6.1 (Dick de Zwart 2005):

Ιδιότητα	Επεξήγηση
Πυκνότητα	Υποδεικνύει το διαθέσιμο χώρο των πόρων για νερό και ρίζες. Επηρεάζεται από τη σύνθεση του εδάφους (περιεχόμενο ορυκτά, τύπος ορυκτών και οργανικών ουσιών) και η υφή του εδάφους
Τύπος ορυκτών	Επηρεάζει την προσρόφηση της χημικής ουσίας
Κατανομή μεγέθους κόκκων	Επηρεάζει την επιφάνεια που πραγματοποιείται η προσρόφηση
Περιεχόμενο σε νερό	Επηρεάζει τη διάλυση και τη διάσπαση των χημικών
Διαπερατότητα	Επηρεάζει την ικανότητα ενός εδάφους να διαπερνάται από τον αέρα και το νερό
Δομή-Σύνθεση	Υποδεικνύει το πορώδες του εδάφους
pH	Επηρεάζει τη μορφή, την αντιδραστικότητα, την διαλυτότητα τη διασπασιμότητα και την τοξικότητα κάποιων ρυπαντών
Περιεχόμενο σε μέταλλα	Επηρεάζει την τοξικότητα κάποιων ουσιών (κυρίως βαριών μετάλλων) σε ανταγωνιστικούς μηχανισμούς ή σε μηχανισμούς δημιουργίας δεσμών
Περιεχόμενο σε οργανικές ουσίες, τύποι και % άνθρακας	Επηρεάζει τις ιδιότητες απορρόφησης του εδάφους σε βαριά μέταλλα και οργανικές χημικές ουσίες
Θερμοκρασία	Επηρεάζει τη χημική δράση των ρυπαντών και τις φυσικές διαδικασίες των οργανισμών
Πορώδες του εδάφους	Επηρεάζει τη διήθηση
Ανόργανα ιόντα	Μπορούν να ενώσουν χημικά καθιστώντας τα ανενεργά και επηρεάζοντας τη μεταφορά τους

Πίνακας 5.6.1: Παράγοντες του εδάφους που μπορούν να τροποποιήσουν την τοξικότητα των ουσιών στους οργανισμούς του εδάφους

Ατμόσφαιρα-Έδαφος

Η μεταφορά των ρύπων από την ατμόσφαιρα στο έδαφος ονομάζεται απόθεση ή κατακρήμνιση μέσω βροχής (Μελάς, Ατμοσφαιρική Ρύπανση).

Γενικά ξεχωρίζουμε τρεις διαφορετικούς τύπους απόθεσης:

I. Καθίζηση ονομάζεται η πτώση λόγω βαρύτητας των σχετικά μεγάλων και βαρέων σωματιδίων.

II. Ξηρή απόθεση υφίστανται τα μικρά σωματίδια και οι αέριες ενώσεις τα οποία ακολουθούν αδρανώς τις κινήσεις του αέρα και τα οποία κατακρατούνται, όταν έρθουν σε επαφή, από την υποκείμενη επιφάνεια

III. Υγρή απόθεση λαμβάνει χώρα σε περίπτωση υετού οπότε μπορούν να συμβεί κάποιο από τα παρακάτω ενδεχόμενα: Είτε σάρωση των ρύπων οι οποίοι βρίσκονται στην ατμόσφαιρα από την βροχή ή το χιόνι (απόπλυση) είτε πρόσληψη των ρύπων σε ένα προηγούμενο στάδιο από τα μικρά σταγονίδια του νέφους, τα οποία αργότερα ενώνονται μεταξύ τους φτιάχνοντας σταγόνες βροχής.

Σε κάθε περίπτωση είναι πολύ σημαντικό όταν μελετάμε τους αέριους ρύπους και τις επιπτώσεις τους να ξεχωρίσουμε από την μία την αέρια ρύπανση και τις επιπτώσεις της και από την άλλη την αποτιθέμενη ρύπανση με τις αντίστοιχες επιπτώσεις. Ο λόγος για τον οποίο είναι τόσο σημαντικός αυτός ο διαχωρισμός είναι ότι η κλίμακα των δύο φαινομένων είναι πολύ διαφορετική. Οι απευθείας επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης είναι περισσότερο τοπικό πρόβλημα και οι επιδράσεις είναι συνήθως μεγαλύτερες στις περιοχές κοντά στην πηγή της ρύπανσης. Από την άλλη πλευρά, η επίδραση της απόθεσης εξαπλώνεται σε πολλές εκατοντάδες ή χιλιάδες χιλιόμετρα (Μελάς).

Ιζήματα

Τα ιζήματα μπορούν να οριστούν ως οι εναποθέσεις των στερεών υλικών που κατακάθονται στους υδροφόρους ορίζοντες. Συνήθως στα ιζήματα κυριαρχούν τα ορυκτά αλλά τα ιζήματα μπορεί να περιλαμβάνουν οργανικές ουσίες, συμπεριλαμβανομένων οργανικών ενώσεων διαφορετικής φυσικής κατάστασης. Τα ιζήματα μπορεί να θεωρηθούν ως η τελική δεξαμενή των υδρόφοβων χημικών. Ενώ τα ιζήματα έχουν πολλές ίδιες ιδιότητες μα τα εδάφη, το υψηλό περιεχόμενο σε νερό και οι πιθανές αναερόβιες συνθήκες διαχωρίζουν τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες σε ξεχωριστή κατηγορία.

5.5.2 Δίοδοι εισόδου στο έδαφος και έκθεση

Γενικά τα εδάφη μπορεί να εκτίθενται στα τοξικά μέσω:

- ✓ άμεσης εισαγωγής των χημικών σε χώρους εναπόθεσης απορριμμάτων μέσω δικτύων αποχετεύσεων,
- ✓ εξαιτίας της χρήσης φυτοφαρμάκων,
- ✓ ατυχηματικών διαρροών,
- ✓ κατακρήμνισης τοξικών ρύπων από βροχή

Σε περίπτωση που αρχικά η διαρροή των τοξικών έχει γίνει στον αέρα ή στο νερό, πολλές τοξικές ουσίες προκαλούν επιπτώσεις τόσο στις ενδιάμεσες οδεύσεις όσο και στο έδαφος και στα ιζήματα.

5.6 Ατμόσφαιρα

5.6.1 Γενικά Στοιχεία για την Ατμόσφαιρα

Η ατμόσφαιρα αποτελείται από 78.09% άζωτο, 20.94% οξυγόνο, 0.93% αέρια (rare gases) 0.03% διοξείδιο του αζώτου και 0.1ίχνη διάφορων στοιχείων, καθώς και σκόνη, ατμούς ύδατος, ανθρωπογεννητικές εκπεμφθείς ουσίες (Crosby 1998). Ο χρόνος παραμονής μιας χημικής ουσίας στον αέρα εξαρτάται από την πίεση ατμών της και την τάση διαφυγής από τη μία φάση προς μία άλλη. Τα σωματίδια των χημικών ουσιών μπορούν να ταξιδέψουν και να μεταφερθούν σε πολύ μακρινές αποστάσεις, ενώ ένα από το βασικά φαινόμενα τα οποία μπορούν να υποστούν τα σωματίδια κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους είναι η φωτοαποσύνθεση. Σημειώνεται ότι οι δύσκολα διασπώμενοι «επικίνδυνοι» οργανικοί ρυπαντές (persistent organic pollutants –POPs, βλ. Κεφ. 3) σε χαμηλές θερμοκρασίες (polar region) μπορούν να μεταφερθούν σε πολύ μακρινές αποστάσεις μέσω υδάτινων μαζών ή μαζών χιονιού και πάγου.

Κατά τον χρόνο της παραμονής τους στην ατμόσφαιρα οι αέριοι ρύποι υφίστανται διάφορους χημικούς μετασχηματισμούς λόγω αντιδράσεων είτε μεταξύ τους είτε με τα συστατικά της καθαρής ατμόσφαιρας. Η ατμόσφαιρα είναι ένα αποτελεσματικό εργαστήριο αντιδράσεων μέσα στο οποίο διοχετεύονται χημικά ενεργά συστατικά με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός αριθμού καινούργιων ουσιών. Οι καινούργιες ουσίες παράγονται από αέρια και υγρά τα οποία αντιδρούν μεταξύ τους και με τα σωματίδια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Οι χημικές αντιδράσεις των ρύπων μπορεί να δώσουν και ουσίες οι οποίες δεν είναι ρύποι. Σε πολλές περιπτώσεις όμως στα προϊόντα των χημικών αντιδράσεων περιλαμβάνονται και νέοι ρύποι οι οποίοι ονομάζονται δευτερογενείς ρύποι σε αντιδιαστολή με αυτούς που εκπέμπονται από τις πηγές οι οποίοι ονομάζονται πρωτογενείς ρύποι (Μελάς, Ατμοσφαιρική Ρύπανση).

Ένα μέρος της ρύπανσης διαφεύγει από το στρώμα ανάμειξης στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Η απουσία αναταρακτικών κινήσεων στην ελεύθερη ατμόσφαιρα έχει σαν αποτέλεσμα η διάχυση και η κατακόρυφη μεταφορά των ρύπων να γίνεται με πολύ βραδύτερους ρυθμούς.

Όσο αφορά τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και τα ατυχήματα μεγάλης έκτασης που εξετάζονται στην παρούσα οι περιπτώσεις που παρουσιάζουν ενδιαφέρον προκύπτουν όταν ένα αέριο διαφύγει στην ατμόσφαιρα από το δοχείο στο οποίο βρίσκεται αποθηκευμένο ή να καταλήξει στην ατμόσφαιρα με εξάτμιση στη περίπτωση λίμνης πτητικού υγρού μετά από διαρροή. Η διασπορά αερίου διαχωρίζεται ανάλογα με τον τύπο του σε διασπορά αερίου βαρύτερου ή ελαφρύτερου από τον αέρα. Όπως είναι φυσικό, διαφορετικά υπολογιστικά μοντέλα εφαρμόζονται για διασπορά διαφορετικών αερίων.

Σε περίπτωση που το αέριο είναι τοξικό είναι πολύ σημαντικό να καταγράφονται οι μέγιστες αποδεκτές τιμές συγκέντρωσης του (π.χ. ανώτατη τιμή οροφής), καθώς και οι συγκεντρώσεις εκείνες που μπορούν να προκαλέσουν οξεία δηλητηρίαση (toxic concentration) ή και θάνατο (lethal concentration) για συγκεκριμένο χρόνο έκθεσης (βλ. Κεφ 3&4). Γενικά η διασπορά αερίων βαρύτερων από τον αέρα είναι και η πιο επικίνδυνη, εξαιτίας της παρατεταμένης παραμονής του αερίου σε χαμηλό ύψος με την επίδραση της βαρύτητας, μέχρι να διαλυθεί πλήρως από μάζες αέρα.

Για διασπορά αερίου ελαφρύτερου από τον αέρα (light gas) θεωρείται ότι, η συγκέντρωση του αερίου ακολουθεί την κατανομή τύπου Gauss και υπολογίζεται από λογισμικά μοντέλα όπως π.χ. το AFTOX και το INPUFF τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία. Το πρώτο μπορεί να υπολογίσει διασπορές σε περιπτώσεις στιγμιαίας, συνεχούς ή πεπερασμένης διάρκειας διαφυγής, όταν αυτή προέρχεται από πηγή έκλυσης αερίου σε δεδομένο ύψος (π.χ. μια καπνοδόχο) ή από λίμνη πτητικού υγρού. Το δεύτερο είναι πιο ειδικό και υπολογίζει μόνο τη διασπορά αερίου από πηγές κατακόρυφης διεύθυνσης. Και τα δύο μοντέλα δεν λαμβάνουν υπόψη τους πιθανά εμπόδια στο πεδίο ροής και ενδεχόμενη κλίση του εδάφους, ενώ υποθέτουν ομοιόμορφη κατανομή ταχυτήτων αέρα καθ' ύψος και δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε περίπτωση που κατά τη διασπορά συμβαίνουν χημικές αντιδράσεις (Ρήγας, 2005).

Για τη διασπορά αερίου βαρύτερου του αέρα (heavy gas), το εκλυόμενο νέφος επηρεάζεται από τη βαρύτητα και παρασυρόμενο από τον αέρα ακολουθεί πτωτική πορεία, έως ότου φτάσει στο έδαφος και αρχίσει να μετακινείται παράλληλα με αυτό. Η απελευθέρωση ενός πυκνού αερίου μπορεί να αρχίσει σε θερμοκρασίες σημαντικά χαμηλότερες από την ατμοσφαιρική, είτε ως αποτέλεσμα διαφυγής αερίου που διατηρείται σε υγρή μορφή υπό ψύξη, είτε ως αποτέλεσμα της απότομης εκτόνωσης ενός δοχείου που αποθηκεύει αέριο σε υγρή μορφή υπό πίεση.

Για τον υπολογισμό της διασποράς πυκνού αερίου χρησιμοποιούνται διάφορα μοντέλα . Δύο μοντέλα που χρησιμοποιούνται ευρέως από της βιομηχανία είναι το SLAB και το DEGADIS+.
Το μοντέλο SLAB εεπεξεργάζεται περιπτώσεις:

- Εξάτμιση λίμνης πτητικού υγρού
- Συνεχής ή πεπερασμένης διάρκειας απελευθέρωση αερίου με τη μορφή πίδακα οριζόντιας διεύθυνσης-jet.
- Στιγμιαίες εκλύσεις αερίου

Το μοντέλο DEGADIS+ επεξεργάζεται τις περιπτώσεις:

- Συνεχείς ή πεπερασμένης διάρκειας απελευθέρωση αερίου με τη μορφή πίδακα οριζόντιας διεύθυνσης-jet.
- Εξάτμιση λίμνης πτητικού υγρού
- Συνεχείς ή πεπερασμένης διάρκειας εκλύσεις που γίνονται σε μηδενικό ύψος από το έδαφος (όπως π.χ. η έκλυση αερίων από πυρκαγιά σε λίμνη καυσίμου υγρού)

Και τα δύο μοντέλα υπόκεινται στους ακόλουθους περιορισμούς:

- Δεν μπορούν να υπολογίσουν τη διασπορά πάνω από επικλινές έδαφος
- Το SLAB είναι κατάλληλο για οριζόντιους πίδακες ενώ το DEGADIS+ για κατακόρυφους
- Δεν συνεκτιμούν την επίδραση που έχουν στη διασπορά όπως δένδρα και σπίτια.

Ένα εξειδικευμένο πακέτο λογισμικού που χρησιμοποιείται στην πρόβλεψη φυσικών επιπτώσεων (συγκεντρώσεις αερίων, θερμικής ακτινοβολίας, υπερπίεσης κτλ.) από διαρροή επικίνδυνων ουσιών είναι το EFFECTS. Το EFFECTS βασίζεται στις αρχές του YELLOW BOOK (3rd edition) και αποτελεί έργο και εργαλείο του διεθνή οργανισμού ΤΝΟ. Για γεγονότα απώλειας περιεχομένου χρησιμοποιούνται κατάλληλα μοντέλα διαρροής για υγρή, αέρια, υγρή και αέρια φάση και υπολογίζεται ο ρυθμός διαρροής λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες διαρροής π.χ. θερμοκρασία, πίεση, σημείο διαρροής, εξοπλισμός κτλ. Ο υπολογισμός της συγκέντρωσης αερίου στο νέφος μπορεί να

υπολογιστεί μέσω μοντέλων διασποράς στην ατμόσφαιρα. Στο λογισμικό χρησιμοποιούνται τρεις διαφορετικοί τύποι μοντέλων διασποράς:
-Neutral gas dispersion
-Dense gas dispersion
-Plume rise
Turbulent free jet.

Στα μοντέλα διασποράς λαμβάνονται υπόψη οι ατμοσφαιρικές συνθήκες δηλαδή η σταθερότητα και η ταχύτητα του ανέμου, κατάταξη Pasquill καταστάσεις (A-F). Οι διαστάσεις της πηγής λαμβάνονται υπόψη μέσω ενός εικονικού σημείου για κατακόρυφους και οριζόντιος πίδακες για το οποίο οι διαστάσεις της διασποράς στο ακριβές σημείο της πηγής είναι ίσες με αυτές του πραγματικού σημείου. Τα μοντέλα διασποράς εφαρμόζονται αποκλειστικά για ανοικτό χώρο ωστόσο υπάρχει η δυνατότητα επιλογής της τραχύτητας (ανάγλυφο) του εδάφους. Επιρροές από εμπόδια δένδρα, σπίτια κτλ μπορούν να προσδιοριστούν μέσω επιλογής του μέτρου της τραχύτητας (User Manual EFFECTS 7, TNO). Στο Κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται αποτελέσματα προσομοιώσεις διασποράς τοξικών αερίων με χρήση του λογισμικού.

Σε φαινόμενα διασποράς αερίου χρησιμοποιούνται επίσης κώδικες υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (CFD), οι οποίοι έχουν δώσει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα σε σύγκριση με πειραματικά δεδομένα. Στους κώδικες αυτούς πραγματοποιείται επίλυση εξισώσεων μεταφορά μάζας, ενέργειας και ορμής στις τρεις διαστάσεις, ενώ μπορεί να εκτιμηθεί η επίδραση εμποδίων που παρεμβάλλονται στο πεδίο ροής μέσω της επίλυσης μαθηματικών μοντέλων περιγραφής της τυρβώδους κίνησης των μορίων στην περιφέρεια αυτών. Μελέτες σχετικά με την αποτελεσματικότητα διάφορων μοντέλων υπολογισμού τριβής σε προσομοιώσεις ροής πυκνού αερίου, όταν στο πεδίο ροής παρεμβάλλονται εμπόδια έχουν δείξει ότι αυτού του είδους τα υπολογιστικά εργαλεία μπορούν να προσομοιώσουν επιτυχώς διασπορές σε πολύπλοκής γεωμετρίας πεδία, όπου τα απλούστερα μονοδιάστατα μοντέλα (box models) αδυνατούν να δώσουν αποτελέσματα υψηλής ακρίβειας (Ρήγας, 2005).

Οι κώδικες υπολογιστικής ρευστοδυναμικής μπορούν να αποτελέσουν λοιπόν ένα ισχυρό εργαλείο σε περιπτώσεις προσομοίωσης διασπορών αερίων. Παρόλο τα πλεονεκτήματα τους παρουσιάζουν όμως και σημαντικούς περιορισμούς όπως μεγάλος υπολογιστικός χρόνος, το υψηλό κόστος καθώς και το ότι απαιτούν αρκετό χρόνο εξοικείωσης με το χρήστη.

Η προσομοίωση της διασποράς στοχεύει στη λήψη καμπυλών μεταβολής της συγκέντρωσης με το χρόνο σε ένα συγκεκριμένο σημείο, προκειμένου αυτές να ολοκληρωθούν για να αποδώσουν τη συνολική δόση σε τοξική ένωση. Τα τελικά συμπεράσματα προκύπτουν κατόπιν σύγκρισης μεταξύ των τιμών των συνολικών δόσεων και δεδομένων τοξικότητας για την εκάστοτε ένωση. Τέτοιου είδους δεδομένα παρέχονται από βιβλιογραφικές πηγές.

Επιπλέον είναι πιθανόν ως αποτέλεσμα της φωτιάς ένα μέρος της επικίνδυνης ουσίας εξαιτίας της εξάτμισης να διαρρεύσει χωρίς να έχει καεί ή ακόμη κατά την καύση προϊόντων πετρελαίου να προκύψουν και άκαυστοι υδρογονάνθρακες που θα εκλυθούν στην ατμόσφαιρα. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι ουσίες διαχειρίζονται ως ουσίες που διαρρέουν ως συνέπεια της φωτιάς και διασπείρονται στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο η διασπορά άκαυστης ουσίας παρουσιάζει ενδιαφέρον για

περαιτέρω διερεύνηση μονάχα για ουσίες με υψηλό βαθμό τοξικότητας (π.χ. φυτοφάρμακα κ.α.). **Το ποσοστό των ουσιών που μεταφέρονται ως άκαυστες ουσίες σε μια απόσταση ίδια με αυτή του νέφους καυσαερίων κυμαίνεται από 1-10%. Οι ουσίες αυτές στο ποσοστό αυτό σε περίπτωση βροχής μπορούν μέσω της κατακρήμνισης να καταλήξουν σε επιφανειακά ύδατα με συνέπειες σε υδάτινους οργανισμούς ή στο έδαφος σε τρωτούς αποδέκτες π.χ. πανίδα, καλλιεργήσιμες εκτάσεις, πηγές πόσιμου νερού κ.α.**

Σε περιπτώσεις διασποράς τοξικού νέφους οι τελικές συγκεντρώσεις που προκύπτουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις στους υπό εξέταση αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης. Οι συγκεντρώσεις αυτές προτείνεται να συγκρίνονται με τα όρια LC50 των τρωτών αποδεκτών στο περιβάλλον της εγκατάστασης π.χ. πανίδα (εισπνοή). Όταν διερευνώνται τα όρια αυτά πρέπει να λαμβάνεται προσεκτικά υπόψη το φάσμα των διαφορετικών ειδών που πρέπει να διερευνηθεί, αλλά και ο χρόνος ο οποίος συνδέεται με την διάχυση, διασπορά κτλ. της συγκεκριμένης συγκέντρωσης σχετικά με το χρόνο στον οποίο ορίζονται τα LC50s. Π.χ αν μια προβλεπόμενη συγκέντρωση είναι κοντά στο LC50 ενός ιδιαίτερα ευαίσθητου είδους αλλά για πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα από αυτό που χρησιμοποιήθηκε για να καθοριστεί το LC50, τότε μπορεί να κριθεί ότι η συγκεκριμένη συγκέντρωση της ουσίας δεν προβλέπεται να προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν σχετικά με το μέγεθος των επιπτώσεων έκταση και ενεργός χρόνος διάρκειας φαινομένου μπορούν να συγκριθούν με κριτήρια που ισχύουν βάση ΚΥΑ (βλ. § 6) για το χαρακτηρισμό του ατυχήματος ως Μεγάλο Ατύχημα προς το Περιβάλλον. Τα παραπάνω χρήσιμα συμπεράσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την προκαταρκτική ανάλυση κινδύνου στις εγκαταστάσεις (Preliminary Hazard Analysis) αλλά και στη λήψη αποφάσεων σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης (Emergency Planning). Και τα δύο αυτά στάδια σύμφωνα είναι απαραίτητα στην ολοκλήρωση μια Μελέτης Ασφάλειας SEVESO (βλ. § 1.3-1.4).

5.6.2 Δίοδοι εισόδου στην ατμόσφαιρα και έκθεση

Τα ασταθή χημικά φθάνουν την ατμόσφαιρα μέσω άμεσης εκπομπής στον αέρα ή μέσω εξάτμισης από τα ύδατα, το έδαφος, τις επιφάνειες και από την αναπνοή των φυτών και των ζώων. Από τη στιγμή που θα βρεθούν στον αέρα οι μηχανισμοί που μπορεί να προκύψουν είναι:

- ✓ η διάχυση,
- ✓ η κίνηση της αέριας μάζας και
- ✓ η εναπόθεση/καθίζηση.

5.7 Ατμοσφαιρικές Συνθήκες

Η εξέλιξη της διασποράς ή διάχυσης επικίνδυνων ουσιών καθώς και το μέγεθος των συνεπειών σε περιπτώσεις εκδήλωσης ατυχηματικών γεγονότων εξαρτάται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, δηλαδή την ατμοσφαιρική σταθερότητα και την ταχύτητα.

Κατά την κατάταξη Pasquill, η ατμοσφαιρική σταθερότητα μεταβάλλεται από την κατάσταση -A- (πολύ τυρβώδης), σε -D- (ουδέτερη), έως -G- (πολύ σταθερή). Οι υπολογισμοί που συνήθως πραγματοποιούνται στηρίζονται στην επιλογή των αντι-προσωπευτικών τιμών D5 (σταθερότητα D και ταχύτητα ανέμου 5m/s) και F2 (σταθερότητα F και ταχύτητα ανέμου 2m/s). Επίσης επιλέγεται τιμή υγρασίας 65% για τον υπολογισμό των αποστάσεων διάχυσης/διάδοσης.

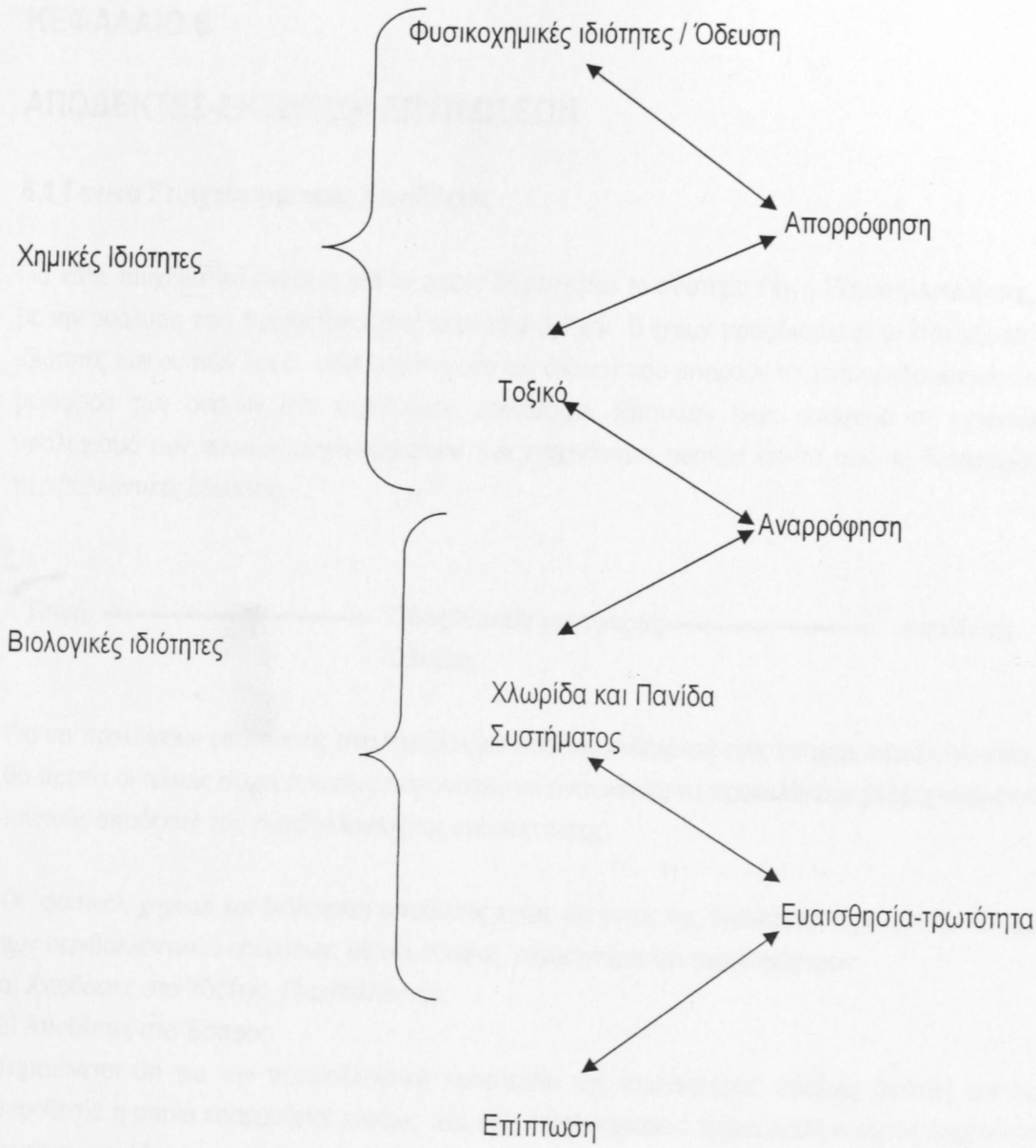
Οι επιλογές αυτές έχουν γίνει δεκτές σε εθνικό επίπεδο λόγω του ότι οι μετεωρολογικές συνθήκες σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας έχουν καταδείξει ότι οι συχνότερες συνθήκες προκύπτουν στατιστικά κοντά στις δύο αυτές καταστάσεις ευστάθειας κατά τη διάρκεια της μέρας και της νύκτας. Μια ακόμη πιο ολοκληρωμένη ανάλυση θα απαιτούσε την εξέταση καταστάσεων ευστάθειας και ταχύτητας ανέμου από τα τοπικά μετεωρολογικά στοιχεία για την πιο έγκυρη εξέταση πιθανών ατυχηματικών σεναρίων.

5.8 Οδεύσεις και φυσικοχημικές ιδιότητες σε σχέση με την έκθεση

Βασικός στόχος της παρούσας έρευνας είναι η διεξαγωγή συμπερασμάτων για την πρόβλεψη συνεπειών σε αποδέκτες από έκθεση σε επικίνδυνη χημική ουσία. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη μεταφορά και την τελική εναπόθεση των ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον γεγονός το οποίο οφείλεται στις απαιτήσεις της Οδηγίας SEVESO όπου δίνεται προτεραιότητα σε διερεύνηση των επιπτώσεων σε υδάτινους αποδέκτες. Έχοντας πλέον προσδιορίσει τα χαρακτηριστικά, τις πιθανές διόδους και οδεύσεις στο περιβάλλον, τις τελικές ποσότητες που προκύπτουν έπειτα από τη διασπορά-διάχυση των ουσιών στις οδεύσεις αυτές, το επόμενο στάδιο είναι να εντοπιστούν οι αποδέκτες στο περιβάλλον μιας εγκατάστασης που τελικά καταλήγει μια χημική ουσία ή ένα μίγμα προκειμένου να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις.

Είναι γεγονός ότι η παραπάνω διαδικασία μπορεί να γίνει εξαιρετικά πολύπλοκή δεδομένου των πιθανών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των φυσικό-χημικών (θνησιμότητα και έκθεση) της ουσίας και των βιολογικών (τρωτότητα-ευαισθησία) χαρακτηριστικών των αποδεκτών που τελικά θα απορροφήσουν τη χημική ουσία. Τα στοιχεία της ανάλυσης και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φυσικοχημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών των χημικών ουσιών και των τρωτών αποδεκτών που εμπλέκονται στην ανάλυση κινδύνου από έκθεση ενός οργανισμού σε μια επικίνδυνη ουσία παρουσιάζονται σχηματικά στο Διάγραμμα 5.8.

Η ανάπτυξη μεθόδων για όλα τα πιθανά στάδια βασίζεται τόσο σε θεωρητικά όσο και σε ποιοτικά διαθέσιμα δεδομένα. Έρευνες οι οποίες έχουν διεξαχθεί επικεντρώνονται σε γενικές θεωρίες οι οποίες βρίσκουν εφαρμογή σε όλες τις καταστάσεις αλλά ενδέχεται να ισχύουν μόνο για το συνδυασμό των υπό διερεύνηση αντικειμένων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να αποδίδεται στα αποτελέσματα της δεύτερης περίπτωσης όπου η εφαρμοστικότητα τους ισχύει μόνο σε περιπτώσεις όπου διερευνώνται παρόμοιες ουσίες και διαδικασίες.



Διάγραμμα5.8: *Σχηματική απεικόνιση των ιδιοτήτων και των διαδικασιών που ελέγχουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οδεύσεων και των ιδιοτήτων τους* (Dick de Zwart 2005).

Στο επόμενο κεφάλαιο παρατίθενται στοιχεία και εργαλεία καταγραφής και εκτίμησης της σοβαρότητας επιπτώσεων για την υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων αναφορικά στα μέτρα ελέγχου και περιορισμού, στο σχεδιασμό σχεδίων δράσης και αποκατάστασης βλαβών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ-ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

6.1 Γενικά Στοιχεία για τους Αποδέκτες

Για κάθε ατυχηματικό σενάριο για το οποίο διερευνάται το σύστημα Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης, σύμφωνα με την ανάλυση που προηγήθηκε στα Κεφάλαια 3,4 και 5 έχουν προσδιοριστεί οι επικίνδυνες ουσίες, οι ιδιότητες των ουσιών και οι οδοί (συστήματα και δίκτυα) που μπορούν να λειτουργήσουν ως δίοδοι για τη μεταφορά των ουσιών στο περιβάλλον, αντίστοιχα. Επιπλέον έγινε αναφορά σε εργαλεία για τον υπολογισμό των τελικών συγκεντρώσεων των επικίνδυνων ουσιών έπειτα από τη διασπορά τους στις περιβαλλοντικές οδεύσεις.

Πηγή ⟶ **Οδός/Κανάλι μεταφοράς Όδευση** ⟶ Αποδέκτης

Για να προκύψουν επιπτώσεις στο περιβάλλον από την εκδήλωση ενός ατυχηματικού γεγονότος ωστόσο, θα πρέπει οι τελικές συγκεντρώσεις των ουσιών να είναι ικανές να προκαλέσουν βλάβες στους υπάρχοντες τρωτούς αποδέκτες του περιβάλλοντος της εγκατάστασης.

Οι φυσικοί, χημικοί και βιολογικοί αποδέκτες εντός και εκτός της εγκατάστασης εντοπίζονται συναρτήσει των περιβαλλοντικών οδεύσεων: ύδατα, έδαφος, ατμόσφαιρα και περιλαμβάνουν:
α) Αποδέκτες στο Υδάτινο Περιβάλλον και
β) Αποδέκτες στο Έδαφος.
Σημειώνεται ότι για την περιβαλλοντική προστασία της ατμόσφαιρας υπάρχει διεθνής και ευρωπαϊκή νομοθεσία η οποία εφαρμόζεται ευρέως και πως στην παρούσα προσέγγιση ο αέρας λαμβάνεται υπόψη μονάχα ως όδευση προς τους αποδέκτες των άλλων περιβαλλοντικών τμημάτων (ύδατα και έδαφος) (DETR,1999a).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής έρευνας αναφορικά σε ατυχήματα που πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν και είχαν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, παρατηρήθηκε ότι υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και πως οι αναλυτές εστιάζουν σε επιπτώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα (επιφανειακά ύδατα -ποταμούς, λίμνες, παραθαλάσσιες περιοχές και θάλασσες) συμπεριλαμβανομένου όχι μόνον των υδάτινων οργανισμών ενδιαιτημάτων* αλλά και άλλων ειδών (π.χ. έντομα, πτηνά) που τρέφονται από αυτούς τους οργανισμούς (Joint Research Center-JRC της Commision, TWG 7- Christou, 2000, DETR, MARS) :

- Βύθιους οργανισμούς
- Υδρόβια φυτά, Δαφνία/άλγη
- Ψάρια , Ασπόνδυλα
- Ενδιαιτήματα NATURA
- Έντομα
- Πουλιά

* habitats

- Καλλιέργειες ψαριών και υδάτινων ειδών
- Παράκτια είδη οργανισμών
- Είδη που τρέφονται από μολυσμένους οργανισμούς –Τροφική Αλυσίδα
- Είδη που πίνουν νερό που έχει υποστεί αλλοιώσεις από ποτάμια, λίμνες
- Αποδημητικά πουλιά ή ζώα τα οποία τρέφονται από το υδάτινο περιβάλλον

Σημειώνεται ότι οι τελικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην παρούσα έρευνα εξετάζονται για μεγάλες διαρροές μικρής διάρκειας που τεκμηριώνονται από ένα ΒΑΜΕ σε εγκαταστάσεις SEVESO. Οι χρόνιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από κανονική λειτουργία μιας μονάδας δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας.

6.2 Αναγνώριση και Καταγραφή Αποδεκτών

Για να αναγνωριστούν οι αποδέκτες στο περιβάλλον μιας εγκατάστασης απαραίτητη διαδικασία αποτελεί η κατάλληλη περιγραφή του περιβάλλοντα χώρου της. Η έκταση του περιβάλλοντα χώρου που θα περιγραφεί και η οποία χρήζει διερεύνησης προσδιορίζεται από τη φύση των κινδύνων που σχετίζονται με την εγκατάσταση και το βαθμό διασποράς και διάχυσης των επικίνδυνων ουσιών στο περιβάλλον. Σε γενικό πλαίσιο, προτείνεται για τις εγκαταστάσεις να οριστεί μια **προκαθορισμένη έκταση** για την οποία θα συλλέγεται όλη η σχετική πληροφορία αναφορικά με τους τρωτούς αποδέκτες. Η έκταση αυτή μπορεί να οριστεί από τους αρμόδιους φορείς και/ή από τα υπεύθυνα τμήματα των εγκαταστάσεων λαμβάνοντας υπόψη τις επικίνδυνες ουσίες, τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στις εγκαταστάσεις και τη γεωγραφική τους θέση.

Ωστόσο σε περιπτώσεις που από την ανάλυση των περιβαλλοντικών κινδύνων και τον προσδιορισμό των αναμενόμενων συνεπειών προκύψουν σημαντικές διαφορές τότε ενδέχεται η έκταση αυτή να πρέπει και να μπορεί να αναπροσαρμόζεται (να περιορίζεται ή να επεκτείνεται) προκειμένου να συμμορφωθεί με τα προκύπτοντα στοιχεία της ανάλυσης. Επιπλέον όπου είναι δυνατό να διασπαρθεί επικίνδυνη ουσία ή μείγμα ουσιών σε μεγάλη απόσταση με σχετικά μικρή διάλυση (υψηλές συγκεντρώσεις) όπως π.χ. συμβαίνει σε κάποιους ποταμούς και/ή σε αποχετευτικά συστήματα, ενδέχεται να είναι απαραίτητο να καταγραφούν οι αποδέκτες για μεγαλύτερες αποστάσεις.

Στην παρούσα προσέγγιση η τυπική έκταση για καταγραφή των αποδεκτών στο περιβάλλον μιας εγκατάστασης προτείνεται να αντιστοιχεί στην έκταση που προκύπτει από τα αναμενόμενα worst-case ατυχηματικά σενάρια που εξετάζονται στην Μελέτη Ασφάλειας της εγκατάστασης ή να συμφωνεί με μια προτεινόμενη έκταση όπως αυτή θα ορίζεται από τους αρμόδιους φορείς σε συμφωνία με την πολιτική των εγκαταστάσεων π.χ. οι Αγγλικές αρχές (DETR, 1999a), ενδεικτικά προτείνουν μια έκταση καταγραφής αποδεκτών σε ακτίνα 10 Km περιμετρικά της εγκατάστασης.

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης η περιγραφή προτείνεται να περιλαμβάνει όλη τη σχετική πληροφορία αναφορικά στα οικοσυστήματα που περιλαμβάνονται στο:

Φυσικό Περιβάλλον

- Μορφολογία-Γεωγραφική Θέση
- Στοιχεία Γεωλογικής δομής
- Υδρογεωλογικά Στοιχεία

Υδάτινο περιβάλλον: Χλωρίδα, πανίδα

- Εσωτερικά ύδατα
- Επιφανειακά ύδατα
- Υπόγεια ύδατα
- Μεταβατικά ύδατα
- Παράκτια ύδατα
- Λεκάνη απορροής ποταμού
- Περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού
- Ύδατα κολύμβησης
- Πηγές Πόσιμου νερού

Βιοτικό Χερσαίο Περιβάλλον, Έδαφος: Χλωρίδα, Πανίδα

- Οργανισμοί και είδη υπό προστασία (Natura 2000)
- Σπάνια ή υπό εξαφάνιση είδη. Άγρια Πτηνά
- Δασικές Περιοχές

Ανθρωπογενές Περιβάλλον

- Ιστορικό-αρχαιολογικό και πολιτιστικό περιβάλλον (αρχαιολογικά και ιστορικά μνημεία)
- Γη με ιδιαίτερη οικονομική σπουδαιότητα (π.χ αστική ή γεωργική γη)
- Πηγές Πόσιμου νερού - Παροχές νερού
- Αλιεία
- Δίκτυα μεταφοράς και επικοινωνίας
- Ανθρώπινοι πληθυσμοί

Προτείνεται για μεγαλύτερη ευκολία η χρήση κατάλληλων χαρτών (όπου υπάρχουν διαθέσιμοι) για αναγνώριση υδάτων (επιφανειακά νερά, ποταμοί, λίμνες, παράκτιες ζώνες, θάλασσες κτλ), λοιπών οικοσυστημάτων: πληθυσμοί (χλωρίδας, πανίδας), καλλιέργειες, πηγές πόσιμου νερού στο περιβάλλον της εγκατάστασης καθώς και του λοιπού φυσικού περιβάλλοντος. Χάρτες αυτού του είδους αποτελούν:

- ✓ Χάρτες «Ευρύτερης Περιοχής της Εγκατάστασης»,
- ✓ Χάρτες «Χρήσεων Γης» της εγκατάστασης,
- ✓ Χάρτες του «Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου-ΓΠΣ» της περιοχής όπως και
- ✓ Χάρτες του Ινστιτούτου Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών-ΙΓΜΕ.
- ✓ Ακόμη ένα σημαντικό εργαλείο με ευρωπαϊκή εφαρμογή και ισχύ είναι το CORINE. Το CORINE αποτελεί ένα εργαλείο καταγραφής χρήσεων γης το οποίο μέσω δορυφορικών εικόνων αποδίδει τις χρήσεις γης περιοχών χρησιμοποιώντας συγκεκριμένους κωδικούς κάλυψης γης και επεξηγήσεις των κωδικών αυτών (European Community Biodiversity Clearing House Mechanism, 2004). Βάσει του προγράμματος CORINE αποτυπώνονται τόποι υψηλής περιβαλλοντικής σημασίας που χρήζουν ιδιαίτερης προστασίας και διατήρησης.

Έπειτα από τη συλλογή όλης της σχετικής πληροφορία για την υπό εξέταση περιοχή ιδιαίτερα χρήσιμη θεωρείται η καθολική αποτύπωση όλων των παραπάνω στοιχείων σε χάρτη ανάλογης κλίμακας (*τουλάχιστον 1:15000*) στον οποίο θα απεικονίζονται όλοι οι ευαίσθητοι αποδέκτες για τους οποίους θα εξεταστεί αν προκύπτουν περιβαλλοντικές βλάβες.

6.3 Εκτίμηση Επιπτώσεων

6.3.1 Πολυπλοκότητα Εκτίμησης

Είναι γεγονός ότι δεν είναι δυνατό να αποδοθεί ένας επιστημονικός ορισμός των αλλαγών που προκαλούνται στο περιβάλλον εξαιτίας ενός ατυχηματικού γεγονότος που λαμβάνει χώρα σε μια εγκατάσταση Seveso, ο οποίος θα απέδιδε το τι είναι ένα σημαντικό ατύχημα ως προς στο περιβάλλον.

Ωστόσο, όσο πιο εκτενής είναι οι περιοχές και οι ποσότητες φυσικών και ημι-φυσικών πόρων που επιβαρύνονται και/ή καταστρέφονται, τόσο περισσότερο χρόνο αναμένεται να διαρκέσουν οι αρνητικές συνέπειες, και όσο μεγαλύτερη είναι η σφοδρότητα και η ένταση των επιπτώσεων τόσο πιο πιθανό είναι για ένα συμβάν να θεωρηθεί Μεγάλο Ατύχημα προς το Περιβάλλον, από την Αρμόδια Αρχή (DETR, 1999b).

Η σοβαρότητα των επιπτώσεων εξαρτάται σημαντικά από τη **φύση των αποδεκτών του περιβάλλοντος**. Δηλαδή μια διαρροή μπορεί να έχει περιορισμένες επιπτώσεις στους αποδέκτες (χλώριδα, πανίδα κ.α.) σε ένα περιβάλλοντα χώρο Α ενώ η ίδια διαρροή σε διαφορετικό περιβάλλον Β να μπορεί προκαλέσει σοβαρές βλάβες στους υφιστάμενους αποδέκτες της περιοχής Β. **Π.χ. στην πρώτη περίπτωση δεν υπάρχουν ευαίσθητοι αποδέκτες στον περιβάλλοντα χώρο Α ή είναι ήδη βεβαρημένοι από τις ήδη υπάρχουσες συνθήκες οπότε δεν προκύπτουν αξιοσημείωτες νέες επιπτώσεις/επιβαρύνσεις, ενώ στη δεύτερη περίπτωση θα μπορούσε να προκαλέσει θάνατο σε ένα σπάνιο είδος άγριας χλωρίδας/πανίδας που ζει στην περιοχή** ή βλάβες σε ένα οικοσύστημα ή να προκαλέσει επιπτώσεις σε άλλες εγκαταστάσεις και χρήσεις της περιοχής Β (π.χ. πηγές πόσιμου νερού, καλλιέργειες εδάφους κλπ.).
Σε οποιαδήποτε περίπτωση πριν εκτιμηθούν οι επιπτώσεις από ΒΑΜΕ στο περιβάλλον η παρούσα έρευνα θεωρεί απαραίτητη την ακριβή αποτύπωση και καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης επιβάρυνσης στην οποία βρίσκονται οι αποδέκτες στην υπό εξέταση περιοχή.

Εξίσου σημαντικός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει τον τρόπο εξέλιξης και την έκβαση ενός ατυχηματικού γεγονότος είναι η **εποχή του χρόνου** που λαμβάνει χώρα το ατυχηματικό γεγονός. Π.χ. μελετώντας τις επιπτώσεις σε μια γεωργική έκταση από μια διαρροή εκτός όμως της εποχής καλλιέργειας προϊόντων μπορεί να μην προκύψει καμία αρνητική επίδραση στις τελικές σοδιές και συγκομιδές. Παρομοίως ένα ατύχημα που επηρεάζει ένα οικοσύστημα που αποτελεί αποδημητικό τόπο για τους χειμερινούς πληθυσμούς άγριων πτηνών μπορεί να θέσει σε μικρότερο κίνδυνο τα πουλιά, αν σημειωθεί το καλοκαίρι, με αποτέλεσμα να μην αφήσει μόνιμα υπολείμματα τοξικών ουσιών.
Οι επιπτώσεις στους αποδέκτες από ατυχηματικές διαρροές επικίνδυνων ουσιών διαφέρον στο βαθμό σοβαρότητας επιπτώσεων. Από ατυχήματα στο παρελθόν έχουν καταγραφεί οι παρακάτω βλάβες (JRC, TWG 7- Christou, 2000):

- Απόλυτη καταστροφή ολόκληρου του υπό εξέταση πληθυσμού του οργανισμού
- Θάνατος συγκεκριμένου ποσοστού του πληθυσμού χωρίς ωστόσο να παρατηρηθούν επιπτώσεις στους λειτουργικούς μηχανισμούς του υπόλοιπου πληθυσμού
- Θάνατος συγκεκριμένου ποσοστού του πληθυσμού με επιπτώσεις στους λειτουργικούς μηχανισμούς του υπόλοιπου πληθυσμού
- Βλάβες σε πληθυσμούς, δίχως απώλειες-θανάτους (π.χ. μείωση της αναπαραγωγικότητας)
- Ρύπανση/επιβάρυνση οργανισμών, δίχως απώλειες (πιθανότητα εισαγωγής ρυπαντή στην τροφική αλυσίδα)
- Ρύπανση/επιβάρυνση τμήματος ποταμού ή λίμνης

Είναι γεγονός ότι οι οργανισμοί-αποδέκτες στο περιβάλλον δεν εκτίθενται μεμονωμένα σε μια μόνο επικίνδυνη ουσία αλλά σε πολλαπλούς ρυπαντές. Οι περισσότερες οικοτοξικολογικές μελέτες για την εκτίμηση των επιπτώσεων σε αποδέκτες επικεντρώνονται στην εξέταση των επιπτώσεων από έκθεση σε διάλυμα μιας συγκεκριμένης ουσίας (Yang 1994), ενώ οι περισσότερες και πιο συνηθισμένες μέθοδοι μελέτης χημικών μειγμάτων βασίζονται σε εκτιμήσεις μιας μόνο επικίνδυνης ουσίας σε συνδυασμό με τα βασικά τοξικολογικά μοντέλα για την πρόβλεψη αθροιστικών βλαβών χημικών μειγμάτων σε μεμονομένους οργανισμούς (Bliss 1939, Plackett and Hewlett 1952, Vouk et al. 1987, Yang 1994, Henschler et al. 1996). Τα μοντέλα αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί δίνοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα για μείγματα τα οποία αποτελούνταν από λίγα συστατικά με υψηλές συγκεντρώσεις. Ωστόσο η εκτίμηση επιπτώσεων από έκθεση οργανισμών σε σύνθετα μείγματα (πολλά συστατικά) με σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις συστατικών προσθέτει σημαντικό βαθμό πολυπλοκότητας (Chapin 2004, Teuschler et al. 2004). Η φυσική κατάσταση των χημικών στο μείγμα, οι οδεύσεις έκθεσης και οι ποικιλία των αποδεκτών και η τρωτότητας τους στις ουσίες αποτελούν σημαντικούς παράγοντες κατά τον προσδιορισμό του τύπου και έντασης των αποκρίσεων.

Οι θεωρητικές προσεγγίσεις αναφορικά στην εκτίμηση επιπτώσεων σε διαφορετικά είδη αποδεκτών και η εξαγωγή πειραματικών δεδομένων είναι γενικά ελάχιστες. Ωστόσο υπάρχει μεγάλη ανάγκη για ανάπτυξη μεθόδων εκτίμησης επιπτώσεων από πολλαπλούς ρύπους δεδομένης της σύνθετης περιβαλλοντικής επιβάρυνσης. Από τον Ολλανδό Dick de Zwart θεωρείται ότι μπορεί να μην μπορούν να αναπτυχθούν έγκυρες μέθοδοι που θα καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες για εκτίμηση επιπτώσεων από σύνθετα μείγματα. Ωστόσο στην έρευνα του τεκμηριώνει τον προσδιορισμό διαδικασιών εκτίμησης επικινδυνότητας σύνθετων τοξικών μειγμάτων σε βιολογικά συστήματα πολλαπλών αποδεκτών, μέσα από μια ανασκόπηση προσεγγίσεων εκτίμησης επιπτώσεων σε συγκεκριμένα είδη από έκθεση σε μείγματα, χρησιμοποιώντας υφιστάμενες τεχνικές διαδικασίες (Impact of Toxicants on Species Composition of Aquatic Communities, Dick de Zwart, 2005). Εν συντομία παρουσιάζονται παρακάτω οι ορισμοί τον τοξικολογικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των χημικών που μπορεί να λάβουν χώρα:

Additivity (Αθροιστική Ιδιότητα)

Είναι η περίπτωση όπου μια επίπτωση προκύπτει ως αποτέλεσμα είτε συνδυασμού λόγω της συνολικής έκθεσης σε διαφορετικούς ρυπαντές είτε ως αποτέλεσμα από επιμέρους επιπτώσεις που προκαλούνται από διαφορετικές χημικές ουσίες. Ο όρος επίπτωση μπορεί να αναφέρεται στην μετρηθείσα αντίδραση ή ανεπιθύμητη συνέπεια που προκαλείται στον αποδέκτη. Η συνολική έκθεση μπορεί να είναι ένα σταθμισμένο άθροισμα (άθροισμα δόσεων) ή ένα υπό όρους άθροισμα (Άθροισμα αντιδράσεων)

Antagonism (Ανταγωνισμός)

Πρόκειται για την περίπτωση όπου το αποτέλεσμα του συνδυασμού των ουσιών είναι πιο ήπιο από τις τοξικολογικές επιπτώσεις που θα προέκυπταν από τα επιμέρους «συστατικά»- ουσίες. Στον ανταγωνισμό η τοξικότητα μίας ουσίας μειώνεται με την παράλληλη παρουσία μίας δεύτερης.

Χημικός ανταγωνισμός

Όταν μια αντίδραση μεταξύ των χημικών προκύπτει και μια νέα χημική ουσία σχηματίζεται. Η τοξικολογική συνέπεια που προκύπτει είναι πιο ήπια από εκείνες των συστατικών ουσιών.

Χημική Συνέργια

Πρόκειται για την περίπτωση που πραγματοποιείται μια αντίδραση μεταξύ χημικών ουσιών και προκύψει μια διαφορετική χημική ουσία. Η προκύπτουσα τοξική επίδραση είναι μεγαλύτερη από αυτή που θα προέκυπτε από τα επιμέρους συστατικά και μπορεί να είναι διαφορετική από τις επιμέρους επιπτώσεις που προκαλεί το κάθε ένα συστατικό-ουσία.

Σύνθετη αλληλεπίδραση

Μια σύνθετη αλληλεπίδραση προκύπτει όταν τρεις ή περισσότερες ενώσεις που συνδυάζονται παράγουν μια αλληλεπίδραση που δεν μπορεί να αξιολογηθεί σύμφωνα με άλλους ορισμούς αλληλεπίδρασης.

Προσθήκη δόσεων

Όταν κάθε χημική ουσία συμπεριφέρεται ως συγκέντρωση ή διάλυση κάθε άλλης χημικής ουσίας στο μείγμα. Η απόκριση του συνδυασμού είναι η απόκριση που αναμένεται από την ισοδύναμη δόση ενός δείκτη μιας χημικής ουσίας. Η ισοδύναμη δόση είναι το άθροισμα των δόσεων των ουσιών διαβαθμισμένες από την τοξική τους δυνατότητα στον σχετικό δείκτη.

Δείκτης χημικών ουσιών

Τα χημικά τα οποία επιλέγονται ως βάση για την τυποποίηση της τοξικότητας των συστατικών σε ένα μείγμα. Ο δείκτης χημικών ουσιών πρέπει να έχει μια σαφώς καθορισμένη σχέση δόσης-απόκρισης.

Inhibition (Παρεμπόδιση)

Είναι η περίπτωση όπου μια ουσία δεν προκαλεί τοξική συνέπεια σε ένα συγκεκριμένο οργανικό σύστημα αλλά όταν προστίθεται σε μια τοξική ουσία την καθιστά λιγότερο τοξική.

Masking (Κάλυψη)

Η περίπτωση όπου οι ενώσεις-συστατικά παράγουν αντίθετα ή λειτουργικά ανταγωνιστικά αποτελέσματα στην ίδια ή σε διαφορετική εγκατάσταση, έτσι ώστε οι συνέπειες που προκύπτουν από τον συνδυασμό είναι πιο ήπιες από τις τοξικές επιπτώσεις των επιμέρους συστατικών.

Καμία προφανής επιρροή

Η περίπτωση όπου μια ουσία δεν έχει τοξική επίδραση σε ένα ορισμένο αποδέκτη ή ένα σύστημα, και όταν προστιθέμενη σε μια τοξική χημική ουσία, δεν έχει καμία επιρροή, θετική ή αρνητική, στην τοξικότητα της ουσίας.

Καμία παρατηρηθείσα αλληλεπίδραση

Όταν κανένα από τα συστατικά του μείγματος προκαλεί και ακόμη καμία επίδραση δεν παρατηρείται όταν η χημικές ουσίες δρουν από κοινού.

Ενδυνάμωση

Η περίπτωση που μια ουσία δεν έχει μια τοξική επίδραση σε έναν ορισμένο οργανισμό ή ένα σύστημα, αλλά όταν προστίθεται σε μια τοξική χημική ουσία, καθιστά την τελευταία πιο τοξική.

Πρόσθεση Αποκρίσεων

Η περίπτωση που μια τοξική απόκριση (ποσοστό, επίπτωση, επικινδυνότητα, ή πιθανότητα συνεπειών) που προκύπτει από έκθεση σε συνδυασμό ουσιών είναι ίση με το υπό συνθήκες άθροισμα των αποκρίσεων των συστατικών όπως καθορίζεται από τον τύπο για το άθροισμα των ανεξάρτητων πιθανοτήτων γεγονότων. Για δύο μείγματα χημικών ουσιών η απόκριση του αποδέκτη στο πρώτο χημικό είναι η ίδια ανεξαρτήτως της παρουσίας του δεύτερου.

Synergism -Συνεργική ή συνεργιστική δράση

Όταν η επίπτωση που προκύπτει από το συνδυασμό των ουσιών είναι μεγαλύτερη από αυτή που προκαλείται ως τοξική επίδραση από τα επιμέρους συστατικά-ουσίες .

Αδύνατη να αξιολογηθεί

Η προκύπτουσα συνέπεια δεν μπορεί να ανήκει σε μια από τις ανωτέρω ταξινομήσεις. Οι συνήθεις λόγοι είναι έλλειψη κατάλληλων ομάδων ελέγχου, έλλειψη στατιστικής σημασίας, και τα ελλιπή ή αναποτελεσματικά στοιχεία.

Η πολυπλοκότητα που συνεπάγεται από την εξέταση των παραπάνω φαινομένων καθιστά αδύνατη στην παρούσα φάση την υιοθέτηση οποιασδήποτε πολύπλοκης προσέγγισης για τον υπολογισμό συνεπειών από έκθεση σε πολύπλοκα μείγματα ουσιών σε διαφορετικά είδη αποδεκτών. Δεδομένα αναφορικά με τα παραπάνω φαινόμενα προκύπτουν μονάχα από εξειδικευμένες έρευνες και για συγκεκριμένες οδεύσεις απορρόφησης ουσιών και αλληλεπιδράσεις βάσει των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των ουσιών, των οδεύσεων και των αποδεκτών (Dick de Zwart, 2005).

6.3.2. Εκτίμηση Βλαβών στην παρούσα έρευνα

Στην παρούσα έρευνα προκειμένου να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις σε αποδέκτες στα ύδατα, στο έδαφος και στην ατμόσφαιρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχετικοί δείκτες- οριακές δόσεις έκθεσης, όρια βάση της εθνικής και της διεθνούς νομοθεσίας ή αξιόπιστα δεδομένα από επίσημους φορείς και οργανισμούς που αφορούν μεμονωμένες και συγκεκριμένους αποδέκτες. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι όπου υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία να καταγραφούν σχέσεις δόσης-απόκρισης για τις επικίνδυνες ουσίες (και/ή μείγματα) όπως αυτές προκύπτουν για κάθε ατυχηματικό σενάριο που εξετάζεται. Δυστυχώς όμως οι σχέσεις αυτές αποτυπώνονται μέσω PROBIT συναρτήσεων κατά κανόνα για τον άνθρωπο και δεν έχουν αναπτυχθεί εκτενώς για τους περιβαλλοντικούς κίνδυνους (Green Book, TNO).

Ωστόσο για συγκεκριμένους ζωντανούς οργανισμούς και για δεδομένες ουσίες υπάρχουν σχέσεις που δίδουν κατά προσέγγιση την αντιστοιχία μεταξύ οριακών δόσεων για τον άνθρωπο και για τα ζώα.

Συγκεκριμένα στο Green Book δίδεται ενδεικτικά η σχέση που αφορά την εισπνοή τοξικού για 30min:

LC50 (human)=fd • LC50 (animal)

Με τιμές fd από 0.2 έως 0.5 παράγοντα για διαφορετικά ζώα

Από την οποία προκύπτει ότι η συγκέντρωση η οποία απαιτείται για να προκληθούν αρνητικές επιπτώσεις σε έναν οργανισμό (τρωκτικά) είναι μεγαλύτερες από αυτές που αφορούν τον άνθρωπο και το γεγονός αυτό εξηγείται εξαιτίας της μικρότερης επιφάνειας προσρόφησης (πνεύμονες) στα ζώα σε σχέση με τον άνθρωπο.

Σημειώνεται ότι οι βλάβες που μια επικίνδυνη ουσία μπορεί να προκαλέσει π.χ. στο αναπνευστικό σύστημα εξαρτάται από την τοξικότητα της ουσίας, την τρωτότητα του αποδέκτη, τη συνολική ποσότητα που εισπνέεται και από την επιφάνεια των πνευμόνων πάνω στην οποία επικάθεται η ουσία.

D΄= D/A

D=breathed in dose [mg], A=area of the lungs [m2]

Η εκτίμηση των οικοτοξικολογικών επιπτώσεων μπορεί να υποβοηθηθεί από στοιχεία, βάσεις δεδομένων, εργαστηριακές έρευνες που μπορούν να αντληθούν από:

- ✓ Τα Δελτία Δεδομένων Ασφάλειας -**Material Safety Datasheets** –MSDS των επικίνδυνων ουσιών της εγκατάστασης. Από τα MSDS πρέπει να αντλούνται στοιχεία για τις οικοτοξικολογικές επιπτώσεις των ουσιών σε οργανισμούς. Τέτοια στοιχεία αποτυπώνονται στις οριακές τιμές (συγκεντρώσεις) **(NOECs, LC50s /LD50s/ LL50 για τα ψάρια, EC50 (αρθόποδα οστρακόδερμα), ErC50 (άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά) κ.α.), LC50 (χλωρίδα, πανίδα).**
- ✓ Βάσεις δεδομένων MSDS ή βάσεις δεδομένων που παρέχουν στοιχεία π.χ. ποσοστό θνησιμότητας, επιρροή στον κύκλο ζωής, επιπτώσεις στην αναπαραγωγική διαδικασία αναφορικά σε συγκεκριμένους υδάτινους και χερσαίους αποδέκτες για συγκεκριμένες χημικές ενώσεις όπως έχουν προκύψει από έρευνες: Database: **ECOTOXicology database** EPA[1], European Virtual Institute for Speciation Analysis (EVISA)[2], I **The Global Portal to Information on Chemical Substances[3], Databases: CHRIP, ESIS, HPVIS, INCHEM, NICNASPEC, OECD HPV, SIDS IUCLID, SIDS UNEP** κ.α.
- ✓ Εργαστηριακές έρευνες οργανισμών, ιδρυμάτων και μελετητών π.χ. **Impact of Toxicants on Species Composition of Aquatic Communities, Dick de Zwart, 2005; Environmental Contaminants Encyclopedia, Irwin et al, 1997; Ecological Risk Assessment for PCB Sites A Guide for Determining The Risk of PCB Exposure to Ecological Receptors, 2005 κ.α** που αφορούν επιπτώσεις σε συγκεκριμένες κατηγορίες ή είδη αποδεκτών (χλωρίδα, πανίδα) σε ύδατα, έδαφος και ατμόσφαιρα και για έκθεση σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις επικίνδυνων ουσιών κ.α. Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει η δυνατότητα διενέργειας τεστ για τον υπολογισμό της οξείας υδάτινης τοξικότητας, της χρόνιας τοξικότητας, του συντελεστή βιοσυγκέντρωσης και των λοιπών ιδιοτήτων όπως αυτές αναφέρονται στην § 3.8 και περιγράφονται στο Παράρτημα 3, τότε μπορεί να προκύψουν πιο συγκεκριμένα δεδομένα για τις επιπτώσεις που μπορούν να προκαλέσουν οι επικίνδυνες ουσίες και μείγματα σε συγκεκριμένους αποδέκτες.

Σημειώνεται ότι υπάρχουν όρια (οριακές συγκεντρώσεις) της εθνικής και διεθνούς νομοθεσίας αναφορικά σε ύδατα, έδαφος και ατμόσφαιρα (βλ. Παράρτημα 4). Το όρια αυτά αναφέρονται κατά κανόνα σε συνεχείς εκπομπές εξαιτίας κανονικής λειτουργίας των εγκαταστάσεων και δεν θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ως κριτήρια κατά το χαρακτηρισμό ενός συμβάντος ως Μεγάλο Ατύχημα προς το Περιβάλλον. Ωστόσο τα όρια

[1] http://cfpub.epa.gov/ecotox/
[2] http://www.speciation.net/
[3] http://webnet3.oecd.org/echemportal/

αυτά μπορούν να χρησιμοποιούνται κατά το σχεδιασμό μέσων και μέτρων αντιμετώπισης και αποκατάστασης βλαβών από εκδήλωση ατυχημάτων μεγάλης έκτασης.

Στη συνέχεια παρατίθενται τα κριτήρια κοινοποίησης ενός ατυχήματος αναφορικά με επιπτώσεις στο Περιβάλλον.

6.4 Κριτήρια Κοινοποίησης Ατυχήματος

Τα κριτήρια κοινοποίησης ενός ατυχήματος αναφορικά με επιπτώσεις στο Περιβάλλον βάσει του παραρτήματος VI , § 3 της Οδηγίας SEVESO περιλαμβάνουν:

Άμεσες βλάβες στο περιβάλλον (Βιομηχανικό Ατύχημα Μεγάλης Έκτασης στο Περιβάλλον)

Μόνιμες ή μακροπρόθεσμες βλάβες χερσαίων οικοτόπων

- ✓ 0,5 ή περισσότερα εκτάρια οικοτόπου σημαντικού από την άποψη του περιβάλλοντος ή της προστατευόμενου από την νομοθεσία
- ✓ 10 ή περισσότερα εκτάρια πιο εκτεταμένου οικοτόπου συμπεριλαμβανομένων των γεωργικών γαιών

Ουσιαστικές ή μακροπρόθεσμες βλάβες οικοτόπων επιφανειακών ή θαλάσσιων υδάτων

- ✓ 10 ή περισσότερα χιλιόμετρα ποταμού ρυακιού ή καναλιού,
- ✓ 1 ή περισσότερα εκτάρια δέλτα.
- ✓ 2 ή περισσότερα εκτάρια παράκτιας ζώνης ή θάλασσας
- ✓ Ουσιαστικές βλάβες υδροφόρου ορίζοντα ή υπόγειων υδάτων πάνω από 1 εκτάριο

Η γενικότητα των παραπάνω κριτηρίων και η υποκειμενική επεξήγηση μερικών εξ αυτών (π.χ. τι /ποιες επιπτώσεις ή ποια σοβαρότητα βλαβών προβλέπεται σε έκταση 10 εκταρίων;) επιβάλει την καθιέρωση περαιτέρω παραγόντων για την αξιολόγηση ενός ατυχήματος ως προς τις περιβαλλοντικές του βλάβες. Κομβικοί παράμετροι που προτείνονται στην παρούσα ερεύνα κα σύμφωνα με την ανάλυση που έχει παρουσιάζεται στα προηγούμενα κεφάλαια για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών βλαβών είναι:

- ♦ **Η σοβαρότητα των επιπτώσεων σε πιθανούς αποδέκτες χλωρίδα, πανίδα (π.χ. πλήθος αποδεκτών, σημαντικότητα αποδεκτών, πληθυσμός του αποδέκτη στη ζώνη επιπτώσεων, κριτήρια περιβαλλοντικών βλαβών LC50 (πανίδα), NOECs, LC50s /LD50s/ LL50, EC50 (δαφνίδες), ErC50 (άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά) κλπ)**
- ♦ Ο χρόνος εξυγίανσης (αποκατάστασης)

Για τις παραμέτρους αυτές μπορούν να δοθούν οδηγίες και κρίσιμες τιμές από αρμόδιους φορείς (υπεύθυνες αρχές, ερευνητές, περιβαλλοντικούς οργανισμούς) και/ή από τα αρμόδια τμήματα των εγκαταστάσεων ώστε να προσδιοριστούν με πιο σαφή τρόπο οι επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Σημειώνεται ότι βάσει οδηγιών του ερευνητικού κέντρου της Commission JRC δίδονται γενικά κριτήρια (ποσοστό πληθυσμού, κόστος παραγωγής, όγκο νερού, μήκος ακτογραμμής που πρέπει να εξυγιανθεί, κόστος εξυγίανσης κ.α) συναρτήσει ζωνών επιπτώσεων αναφορικά σε βλάβες σε άγρια πτηνά και ζώα, σε οικονομικές επιβαρύνσεις λόγω επιπτώσεων σε γειτονικές εγκαταστάσεις, σε μόλυνση υδάτων, σε δράσεις

αποκατάστασης κ.α (JRC, Rasmussen, 1996). Τα κριτήρια αυτά εκτίμησης επιπτώσεων δεν προτείνονται επίσημα από κατευθυντήριες οδηγίες στην Ελλάδα.

6.5 Λίστα τρωτών Αποδεκτών

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία (χάρτες και σχέδια, έκταση και σοβαρότητα επιπτώσεων) καθώς και λοιπών δεδομένων όπως αυτά προκύπτουν από άλλες μελέτες των εγκαταστάσεων ΣΕΩΕΣΟ: Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Μελέτες Ασφάλειας κ.α. έχει αναπτυχθεί στην παρούσα έρευνα μια λίστα με τους τρωτούς αποδεκτές στο περιβάλλον της εγκατάστασης οι οποίοι προτείνεται να διερευνούνται προς τις αναμενόμενες επιπτώσεις από ένα ατυχηματικό γεγονός. Στη λίστα αυτή περιλαμβάνονται:

- ✓ **Επιφανειακά νερά: ποταμοί, λίμνες, θάλασσες**
- ✓ **Υπόγεια νερά, Υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας**
- ✓ **Πηγές πόσιμου νερού**
- ✓ **Σπάνια ή υπό εξαφάνιση είδη (NATURA 2000)**
- ✓ **Καλλιέργειες ψαριών και υδάτινων ειδών**
- ✓ **Βύθιοι οργανισμοί, ασπόνδυλα, υδρόβια χλωρίδα,**
- ✓ **Δάφνια, άλγη, φύκη**
- ✓ **Πτηνά**
- ✓ **Παράκτια είδη οργανισμών**
- ✓ **Είδη που τρέφονται από μολυσμένους οργανισμούς –Τροφική Αλυσίδα**
- ✓ **Είδη που πίνουν νερό που έχει υποστεί αλλοιώσεις από ποτάμια, λίμνες**
- ✓ **Αποδημητικά πουλιά ή ζώα τα οποία τρέφονται από το υδάτινο περιβάλλον**
- ✓ **Έδαφος**
- ✓ **Γη με ιδιαίτερη οικονομική σπουδαιότητα (π.χ αστική ή γεωργική γη)**

Η διαμόρφωση μιας λίστας τρωτών αποδεκτών συναρτήσει της απόστασης από την εγκατάσταση, οι οποίοι χρήζουν περιβαλλοντικής προσοχής για προστασία και διατήρηση του περιβάλλοντος της εγκατάστασης θα διευκόλυνε την εκπόνηση ανάλυσης περιβαλλοντικών κινδύνων εφόσον:

Α) Καθιστά πιο εύκολη την καταγραφή δεικτών-οριακών τιμών και δόσεων π.χ. **NOECs/ LC50s/ LD50s/ LL50/ EC50/ ErC50** για κάθε αποδέκτη και για κάθε ουσία που εξετάζεται κατά την ανάλυση κάθε ατυχηματικού σεναρίου. Κατά συνέπεια εξυπηρετεί στον αρχικό έλεγχο των ποσοτήτων που διαρρέουν από τον κρίσιμο εξοπλισμό και στον έλεγχο των συγκεντρώσεων στα όρια διαφυγής από την εγκατάσταση. Ο έλεγχος εξυπηρετεί στο να εξαιρεθούν από περαιτέρω ανάλυση περιβαλλοντικοί κίνδυνοι-ουσίες και σενάρια, όταν ο λόγος της ποσότητας με τις παραπάνω οριακές δόσεις προκύπτει μικρότερος της μονάδα για μια ουσία ή για όλες τις ουσίες και για όλους του αποδέκτες που σχετίζονται με ένα σενάριο αντίστοιχα(βλ. Κεφ. 4).

Β) Διευκολύνει στην αναγνώριση πιθανών διόδων και οδεύσεων των διαρροών, που προκύπτουν από αστοχία συγκεκριμένου εξοπλισμού προς τους τελικούς αποδέκτες. Κάθε ουσία η οποία διαρρέει μέσω συγκεκριμένης όδευση μπορεί να συσχετιστεί με έναν συγκεκριμένο αποδέκτη. Προκύπτουν συνδυασμοί αλληλουχιών Πηγής:Επικίνδυνης ουσίας-Όδευσης Αποδέκτη για κάθε ατυχηματικό σενάριο.

Γ) Καθιστά πιο εύκολο τον έλεγχο των ποσοτήτων των ουσιών που τελικά εναποτίθενται στους τρωτούς αποδέκτες, έπειτα από την εφαρμογή μοντέλων διασποράς/διάχυσης των επικίνδυνων ουσιών στις οδεύσεις, σε σύγκριση με τις οριακές δόσεις π.χ. NOECs/ LC50s/ LD50s/ LL50/ EC50/ ErC50 προκειμένου

να διαπιστωθεί αν προκύπτουν σημαντικές περιβαλλοντικές βλάβες (συγκέντρωση ουσίας μεγαλύτερη από την οριακή τιμή). Έχοντας τα αποτελέσματα των παραπάνω συγκρίσεων μπορεί τελικά να εξαχθεί το συμπέρασμα αν το συμβάν προκύπτει ως Μεγάλο Ατύχημα προς το Περιβάλλον σύμφωνα με τα κριτήρια αναφοράς.

Δ) Ακόμη από την αναλυτική λίστα των αποδεκτών μιας εγκατάστασης μπορεί να προκύψει πληροφορία για τις ουσίες εκείνες και τις ικανές ποσότητες αυτών, που μπορούν να βλάψουν τους συγκεκριμένους αποδέκτες και να χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία αυτά για τον εντοπισμό και/ή τον έλεγχο ύπαρξης ή παραγωγής επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών κατά τη διάρκεια εκδήλωσης ενός ατυχήματος.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται στοιχεία αναφορικά στις οριακές τιμές, συγκεντρώσεις και στην ισχύουσα νομοθεσία χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της περιβαλλοντικής ποιότητας των υδάτων, του έδαφος και της ατμόσφαιρα.

6.6 Αποδέκτες και Επιπτώσεις στα Ύδατα

Σύμφωνα με τα κριτήρια Κοινοποίησης ατυχήματος § 6.3 τα πέντε από τα οκτώ κριτήρια αφορούν βλάβες σε υδάτινους αποδέκτες:

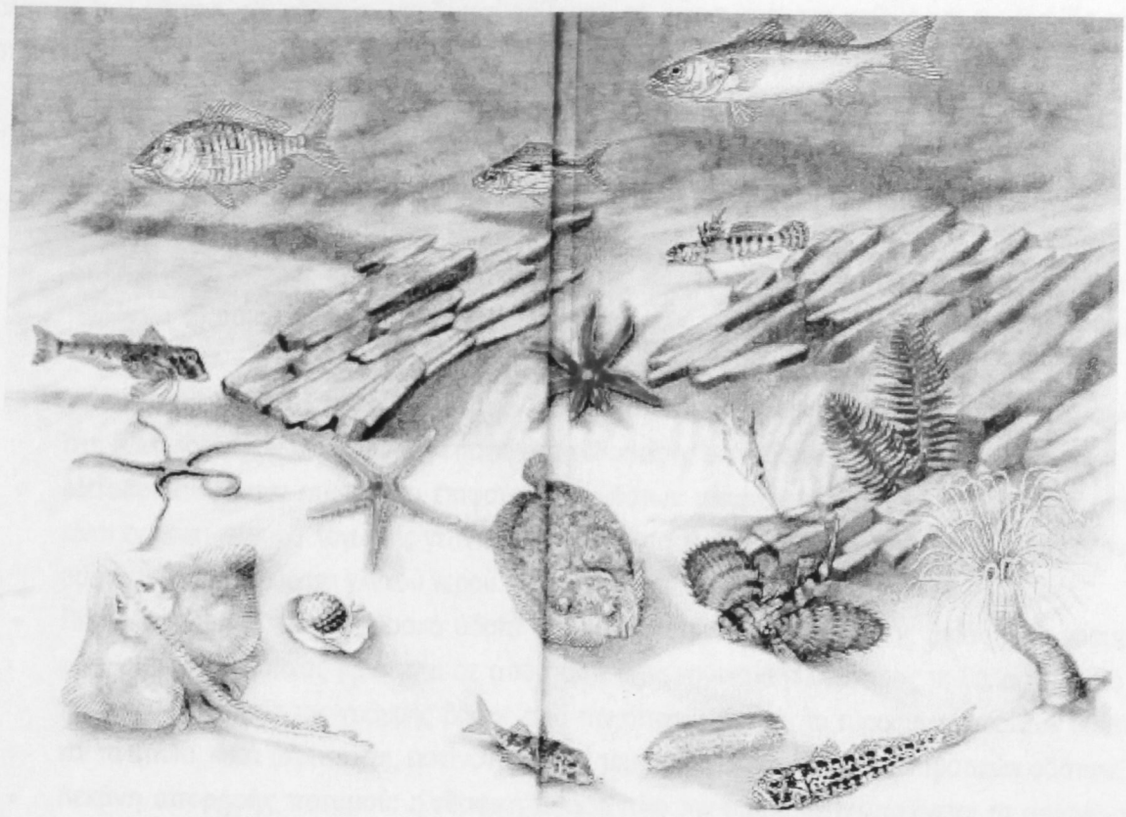
Ουσιαστικές ή μακροπρόθεσμες βλάβες οικοτόπων επιφανειακών ή θαλάσσιων υδάτων

- ✓ 10 ή περισσότερα χιλιόμετρα ποταμού ρυακιού ή καναλιού,
- ✓ 1 ή περισσότερα εκτάρια δέλτα.
- ✓ 2 ή περισσότερα εκτάρια παράκτιας ζώνης ή θάλασσας
- ✓ Ουσιαστικές βλάβες υδροφόρου ορίζοντα ή υπόγειων υδάτων πάνω από 1 εκτάριο

Όπως έχει αναφερθεί στην οδηγία Seveso ορίζονται ειδικά ως επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες εκείνες που προκαλούν βλάβες στο υδάτινο περιβάλλον. Επιπλέον σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στο Κεφάλαια 3[4] η ταξινόμηση των ουσιών ως επικίνδυνες για το περιβάλλον ορίζεται σύμφωνα με στην οξεία υδάτινη τοξικότητα, την πιθανότητα πραγματικής βιοσυσσώρευσης (υδάτινη όδευση), την αποικοδόμηση (βιοτική ή αβιοτική) των οργανικών χημικών ουσιών και τη χρόνια υδάτινη τοξικότητα. Τα παραπάνω τεκμηριώνουν την σημαντικότητα και την προτεραιότητα η οποία αποδίδεται για την εκτίμηση επιπτώσεων στο υδάτινο περιβάλλον.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 3 έγινε αναφορά στις ιδιότητες χημικών ουσιών αναφορικά στο υδάτινο περιβάλλον βάση του Global Harmonized System-GHS, ενώ στο Κεφάλαιο 4 ορίστηκε ο πρώτος κατάλογος 33 ουσιών και 8 άλλων ρυπαντών που έχει δοθεί προτεραιότητα για δράση σε κοινοτικό επίπεδο. Ακόμη στο Κεφάλαιο 5 στην § 5.4.1 έγινε γενική περιγραφή των υδάτων, των ιδιοτήτων τους, των αλληλεπιδράσεων τους με τις υπόλοιπες οδεύσεις: Έδαφος-Επιφανειακά Ύδατα, Έδαφος-Υπόγεια Ύδατα, Ατμόσφαιρα-Επιφανειακά Ύδατα, όπως και προτάθηκαν εργαλεία για τον υπολογισμό των τελικών ποσοτήτων των επικίνδυνων ουσιών ή των διαλυμάτων τους που τελικά προκύπτουν έπειτα από τη διασπορά και διάχυση τους στις περιβαλλοντικές οδεύσεις.

[4] Βλ. Αναλυτική Αναφορά Παράρτημα 3



Εικόνα 6.5: Οι υδρόβιοι οργανισμοί και το υδάτινο περιβάλλον αποτελούν ακρογωνιαίο παράγοντα ζωής και βιοποικιλότητας στον πλανήτη μας.

Στην επόμενη παράγραφο ορίζονται σαν αποτέλεσμα της ανάλυσης της παρούσας έρευνας οι υδάτινοι αποδέκτες και θα παρουσιαστούν οι οριακές δόσεις και τα πρότυπα που προτείνονται να εφαρμόζονται (για τις ουσίες προτεραιότητας) κατά την εκτίμηση των βλαβών και κατά τη διαμόρφωση δράσεων περιορισμού των επιπτώσεων και αποκατάστασης.

6.6.1 Υδάτινοι Αποδέκτες

Η χημική ρύπανση επιφανειακών υδάτων μπορεί να προκαλέσει διαταραχές σε υδατικά οικοσυστήματα, προκαλώντας απώλεια ενδιαιτημάτων (οικοτόπων) και βιοποικιλότητας. Οι ρύποι είναι δυνατόν να συσσωρεύονται στην τροφική αλυσίδα με επιβλαβείς επιπτώσεις για αυτούς που καταναλώνουν μολυσμένους ιχθύες. Ο άνθρωπος εκτίθεται σε ρύπους μέσω του υδατικού περιβάλλοντος με την κατανάλωση ιχθύων ή θαλασσινών, την πόση ύδατος και ενδεχομένως με ψυχαγωγικές δραστηριότητες. Ρύποι ενδέχεται να συναντώνται στο περιβάλλον πολλά έτη μετά την παύση της συσσώρευσής τους. Ενίοτε ορισμένοι μεταφέρονται σε μακρές αποστάσεις και να απαντούν σε απομακρυσμένες περιοχές. Η χημική ρύπανση των επιφανειακών υδάτων συνιστά απειλή για το υδάτινο περιβάλλον με επιπτώσεις όπως η οξεία και η χρόνια τοξικότητα για υδρόβιους οργανισμούς, η σώρευση στο οικοσύστημα και οι απώλειες ενδιαιτημάτων και βιοποικιλότητας, ομοίως και για την ανθρώπινη υγεία.

Στην παρούσα ανάλυση σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Οκτωβρίου 2000, για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της

πολιτικής των υδάτων ως υδάτινοι αποδέκτες ορίζονται τα οικοσυστήματα καθώς και η χλωρίδα και η πανίδα εντός των παρακάτω οικοσυστημάτων:

- **Εσωτερικά ύδατα:** το σύνολο των στάσιμων ή των ρεόντων επιφανειακών υδάτων και όλα τα υπόγεια ύδατα που βρίσκονται προς την πλευρά της ξηράς σε σχέση με τη γραμμή βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων.
- **Επιφανειακά ύδατα:** τα εσωτερικά ύδατα, εκτός των υπόγειων υδάτων· τα μεταβατικά και τα παράκτια ύδατα, εκτός εάν πρόκειται για τη χημική τους κατάσταση, οπότε περιλαμβάνουν και τα χωρικά ύδατα.
- **Υπόγεια ύδατα:** το σύνολο των υδάτων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους στη ζώνη κορεσμού και σε άμεση επαφή με το έδαφος ή το υπέδαφος.
- **Μεταβατικά ύδατα:** συστήματα επιφανειακών υδάτων πλησίον του στομίου ποταμών τα οποία είναι εν μέρει αλμυρά λόγω της γειτνίασής τους με παράκτια ύδατα αλλά τα οποία επηρεάζονται ουσιαστικά από ρεύματα γλυκού νερού.
- **Παράκτια ύδατα**: τα επιφανειακά ύδατα που βρίσκονται στην πλευρά της ξηράς μιας γραμμής κάθε σημείο της οποίας βρίσκεται σε απόσταση ενός ναυτικού μιλίου προς τη θάλασσα από το πλησιέστερο σημείο της γραμμής βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων και τα οποία, κατά περίπτωση, εκτείνονται μέχρι του απώτερου ορίου των μεταβατικών υδάτων.
- **Λεκάνη απορροής ποταμού:** η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω διαδοχικών ρευμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών και παροχετεύεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα.
- **Περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού:** η θαλάσσια και χερσαία έκταση, που αποτελείται από μία ή περισσότερες γειτονικές λεκάνες απορροής ποταμού μαζί με τα συναφή υπόγεια και παράκτια ύδατα, και η οποία προσδιορίζεται ως η βασική μονάδα διαχείρισης λεκανών απορροής ποταμού.

6.6.2 Εκτίμηση Επιπτώσεων στο Υδάτινο Περιβάλλον

Για τις επικίνδυνες ουσίες που έχουν διαρρεύσει εκτός των ορίων της εγκατάστασης έχοντας έπειτα από τη διασπορά και διάχυση τους στις διόδους και στις οδεύσεις για κάθε σύστημα Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης για κάθε ατυχηματικό σενάριο θα πρέπει να συγκριθούν οι συγκεντρώσεις τους με τις αντίστοιχες οριακές συγκεντρώσεις των υδάτινων αποδεκτών NOECs, LL50s για τα ψάρια, EC50 για τα αρθρόποδα οστρακόδερμα, δαφνίδες και ErC50 για τα άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά προκειμένου να διεξαχθεί το συμπέρασμα αν προκύπτουν σημαντικές βλάβες στο περιβάλλον.

Αρχικά προσδιορίζεται ένας όγκος ελέγχου στον οποίο θα καταγραφούν ποιοι αποδέκτες ενδέχεται να βρίσκονται εντός του όγκου. Ο όγκος αυτός μπορεί να προκύψει από τη μοντελοποίηση διασποράς της ουσίας η οποία θα δώσει τις ζώνες εμβέλειας επιπτώσεων οι οποίες προκύπτουν βάσει τον συγκεντρώσεων των ουσιών στα ύδατα συναρτήσει του χρόνου. Επομένως για τις νέες συγκεντρώσεις C^F όπως αυτές προκύπτουν έπειτα από τη διασπορά τους επαναλαμβάνεται ο έλεγχος ο οποίος αρχικά εφαρμόστηκε για τις συγκεντρώσεις των ουσιών στον τόπο απώλειας περιεχομένου και στο όριο της εγκατάστασης (βλ § 4.4):

$$\frac{C^{F}_{i}}{NOECs^{J}_{i}} < 1 \quad \text{και} \quad \frac{C^{F}_{i}}{LC\ 50^{J}_{i}} < 1$$

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε ουσία που τελικά εναποτίθενται στους τρωτούς αποδέκτες (λίστα αποδεκτών) και συγκρίνεται η τελική συγκέντρωση με τα αντίστοιχα όρια NOECs, LL50s, EC50 και ErC50 της κάθε ουσίας για κάθε αποδέκτη που εξετάζεται. Σε περίπτωση που ο παραπάνω λόγος προκύψει < 1 για τους υπό εξέταση αποδέκτες τότε η συγκεκριμένη πηγή κινδύνου δεν προκαλεί επιπτώσεις στο συγκεκριμένο αποδέκτη. Αν όμως ο λόγος προκύψει > 1 για κάποιον τρωτό αποδέκτη τότε η τιμή του παραπάνω λόγου προτείνεται:

α) να συγκρίνεται με τα αντίστοιχα πρότυπα περιβαλλοντικής ποιότητας όπως αυτά ορίζονται από τη νομοθεσία (εφόσον υπάρχουν),

β) να εκτιμάται η επίπτωση και η σοβαρότητα της έτσι ώστε στη συνέχεια

γ) να μπορούν να προσδιοριστούν έγκυρα τα μέτρα περιορισμού των επιπτώσεων, αντιμετώπισης και αποκατάστασης των βλαβών.

Με χρήση των παραπάνω αποτελεσμάτων και λαμβάνοντας υπόψη της φυσικοχημικές ιδιότητες των οδεύσεων και των αποδεκτών μπορεί να εκτιμηθεί η ένταση-έκταση των επιπτώσεων και να τεκμηριωθεί περαιτέρω αν οι επιπτώσεις προκαλούν άμεσες βλάβες στο περιβάλλον και κατά συνέπεια αν σύμφωνα με τα κριτήρια της Κοινοποίηση Ατυχήματος προκύπτει Μεγάλο Ατύχημα προς το Περιβάλλον.

6.6.3 Πρότυπα Ποιότητα Περιβάλλοντος στο υδάτινο περιβάλλον

Στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης η οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 23ης Οκτωβρίου 2000, για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, καθορίζει στρατηγική κατά της ρύπανσης των υδάτων ενώ το άρθρο 16 απαιτεί περαιτέρω ειδικά μέτρα για τον έλεγχο της ρύπανσης και Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ). Σύμφωνα με την υποβληθείσα από 17.07.2006 Πρόταση **Οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της υδατικής πολιτικής και σχετικά με την τροποποίηση της οδηγίας 2000/60/ΕΚ** καθορίζονται Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος για τις 33 ουσίες προτεραιότητας και τους 8 άλλους ρύπους (βλ. § 4.2).

Τα ΠΠΠ ορίστηκαν από ειδικούς επιστήμονες των κρατών μελών και της βιομηχανίας οι οποίοι αποφαίνονταν μέσω του Συμβουλευτικού Φόρουμ Ειδικών. Επιπλέον ζητήθηκε η γνώμη της Επιστημονικής Επιτροπής για την Τοξικότητα, την Οικοτοξικότητα και το Περιβάλλον (ΕΕΤΟΠ - SCTEE) σχετικά με τον καθορισμό ΠΠΠ (η τελική γνώμη εγκρίθηκε από την ΕΕΤΟΠ κατά τη 43η ολομελή συνεδρίασή της στις 28 Μαΐου 2004). Η γνώμη αυτή λήφθηκε υπόψη για την οριστικοποίηση των τιμών ΠΠΠ ενώ αναλυτικές πληροφορίες είναι διαθέσιμες στην έκθεση σχετικά με τα ΠΠΠ και στα επιμέρους δελτία δεδομένων. Επιπλέον συνέβαλλαν και συνεργάστηκαν διάφοροι επιστημονικοί και τεχνικοί ειδικοί και από τα 25 κράτη μέλη και τη Νορβηγία για τη χημική ρύπανση εν γένει, για την ανάλυση και την παρακολούθηση, τους ελέγχους εκπομπών, τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος, τις υφιστάμενες χημικές ουσίες (με βάση τον κανονισμό αριθ. 793/93) και τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα (κατά 91/414/ΕΟΚ).

Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ τα κράτη μέλη πρέπει να διασφαλίζουν ότι η σύνθεση των επιφανειακών υδάτων τους ανταποκρίνεται στα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος για τις ουσίες προτεραιότητας, εκφραζόμενα ως ετήσιος μέσος όρος ή ως μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση, όπως ορίζεται στο Μέρος Α του Παραρτήματος Ι, και στα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος για ρύπους που παρατίθενται στο Μέρος Β του Παραρτήματος Ι*. Επιπλέον προβλέπεται τα κράτη μέλη να διασφαλίζουν ότι δεν σημειώνεται υπέρβαση των ακόλουθων συγκεντρώσεων εξαχλωλοβενζολίου, εξαχλωροβουταδιενίου και υδραργύρου στους ιστούς (υγρό βάρος) θηρευόμενων ιχθύων, μαλακίων, οστρακόδερμων και άλλων ζώντων οργανισμών:

α) 10 μg/kg για το εξαχλωλοβενζόλιο,

β) 55 μg/kg για το εξαχλωροβουταδιένιο,

γ) 20 μg/kg για το μεθυλικό υδράργυρο.

Στους Πίνακες ΠΠΠ που παρουσιάζονται στην Οδηγία παρουσιάζονται αναφορικά στις ουσίες προτεραιότητας:

Στις στήλες 4 και 5 ο αριθμητικός μέσος των μετρούμενων συγκεντρώσεων σε διάφορους χρόνους που για κάθε δεδομένη επιφάνεια υδάτινης μάζας, η συμμόρφωση προς το ΠΠΠ-ΕΜΤ απαιτεί ότι, για οποιοδήποτε αντιπροσωπευτικό σημείο παρακολούθησης εντός της υδάτινης μάζας, κατά τη διάρκεια του έτους είναι μικρότερος απ' ό,τι στο πρότυπο και

Στις στήλες 6 και 7 η μετρηθείσα συγκέντρωση για πού για κάθε δεδομένη επιφάνεια υδάτινης μάζας, η συμμόρφωση προς το ΠΠΠ-ΜΕΣ σημαίνει ότι σε οποιοδήποτε αντιπροσωπευτικό σημείο παρακολούθησης εντός της υδάτινης μάζας δεν πρέπει να είναι υψηλότερη απ' ό,τι στο πρότυπο.

Στην παρούσα έρευνα πραγματοποιείται ανάλυση κινδύνου από πιθανές διαρροές από ΒΑΜΕ και κατά συνέπεια εξετάζονται οι βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον προς χρήση παρουσιάζουν οι τιμές των στις **στήλες 6 και 7** όπου οι τελικές συγκεντρώσεις των ουσιών όπως προκύπτουν έπειτα από τη διασπορά τους μπορούν να συγκριθούν με τα ΠΠΠ και να εξαχθούν συμπεράσματα αναφορικά στις αναμενόμενες επιπτώσεις και στην αποκατάσταση των βλαβών.

Επομένως χρησιμοποιώντας ως όρια σύγκρισης, τις τιμές των στηλών 6 και 7 η παρούσα έρευνα προτείνει να υιοθετούνται τα ΠΠΠ ως κριτήριο ελέγχου για τις αναμενόμενες βλάβες στο περιβάλλον από την εκδήλωση ατυχηματικού γεγονότος αναφορικά στις ουσίες προτεραιότητας που σύμφωνα με την ανάλυση στο Κεφάλαιο 4 (βλ. § 4.2) μπορεί να αποτελέσουν τη βάση εκκίνησης καταγραφής και ανάλυσης περιβαλλοντικών κινδύνων.

Για παράδειγμα για το βενζόλιο το οποίο συμπεριλαμβάνεται στη λίστα προτεραιότητας επικίνδυνων ουσιών σύμφωνα με τη στήλη 6 του παρακάτω Πίνακα ΠΠΠ, για τα επιφανειακά ύδατα ορίζεται μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση 50μg/l. Σαφώς μια ολοκληρωμένη διαδικασία εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων από ΒΑΜΕ προϋποθέτει αρχικά την καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης επιβάρυνσης στο περιβάλλον μιας εγκατάστασης SEVESO, ούτως ώστε να εξάγονται έγκυρα συμπεράσματα. Συγκεκριμένα στο παράδειγμα μας θα πρέπει να υπάρχει καταγεγραμμένη η συγκέντρωση του βενζολίου στα επιφανειακά ύδατα πριν και μετά το ατύχημα προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων και

* Η περίοδος αναφοράς για τη μέτρηση τιμών ρύπων προς καταχώριση στους καταλόγους που αναφέρονται στην παράγραφο 1 είναι ένα έτος μεταξύ των ετών 2007 και 2009.
Όμως, για ουσίες προτεραιότητας ή ρύπους που καλύπτονται από την οδηγία 91/414/ΕΟΚ, οι καταχωρήσεις είναι δυνατό να υπολογίζονται ως η μέση τιμή των ετών 2007, 2008 και 2009.

να εκτιμηθεί η σοβαρότητα των επιπτώσεων μετά το ΒΑΜΕ. Για λόγους σύγκρισης αναφέρεται ότι το LC50 για έκθεση 24 hr χρυσόψαρου σε βενζόλιο είναι 46mg/l [5], δηλαδή η οριακή τιμή ελέγχου κρίσιμης έκθεσης προκύπτει μεγαλύτερος κατά 3 τάξεις μεγέθους από το όριο βάσει ΠΠΠ.

Παρακάτω παρουσιάζεται απόσπασμα από τον Πίνακα με τα πρότυπα περιβαλλοντικής ποιότητας για το υδάτινο περιβάλλον με αναφορά σε μερικές από τις ουσίες προτεραιότητας, σύμφωνα με τα οποία προτείνεται να πραγματοποιείται και να εκτιμώνται οι επιπτώσεις στα ύδατα. Η συνδυασμένη εφαρμογή των κρίσιμων δεικτών των υδάτινων αποδεκτών (NOECs, LC50s, EC50 και ErC50) μαζί με τα ΠΠΠ μπορεί να παρέχει μια πιο ολοκληρωμένη τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων εκτίμησης των βλαβών και κατ' επέκταση των Σχεδίων Δράσης Έκτακτης ανάγκης και Εξυγίανσης. Ολοκληρωμένος ο πίνακας ΠΠΠ παρατίθεται στο Παράρτημα 4.

Στην οδηγία διατυπώνεται ότι σε περίπτωση απουσίας εκτεταμένων και αξιόπιστων πληροφοριών σχετικά με συγκεντρώσεις για ουσίες προτεραιότητας σε ζώντες οργανισμούς και ιζήματα σε κοινοτικό επίπεδο και επειδή οι πληροφορίες σχετικά με τα επιφανειακά ύδατα φαίνεται ότι παρέχουν επαρκή βάση για τη διασφάλιση συνολικής προστασίας και αποτελεσματικού ελέγχου της ρύπανσης, ο καθορισμός τιμών για τα ΠΠΠ θα πρέπει, κατά την παρούσα φάση, να περιορίζεται μόνο στα επιφανειακά ύδατα (17.07.2006 Πρόταση ΠΠΠ 2000/60/ΕΚ).

[5] Material Safety Data Sheet Benzene- https://fscimage.fishersci.com/msds/02610.htm

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

(Πρότασης Οδηγίας 2006/0129 σχετικά με την τροποποίηση της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ):

ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΓΙΑ ΟΥΣΙΕΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΕΝΟΥΣ ΑΛΛΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ

ΜΕΡΟΣ Α : Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για ουσίες προτεραιότητας σε επιφανειακά ύδατα

ΕΜΤ: Ετήσια Μέση τιμή·

ΜΕΣ: Μέγιστη Επιτρεπόμενη Συγκέντρωση

Μονάδα: [μg/l].

Μονάδα: [μg/l].

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Νº	**Ονομασία ουσίας**	**Αριθμός CAS**	**ΕΜΤ-ΠΠΠ[21]** **Επιφανειακά ύδατα ενδοχώρας**	**ΕΜΤ-ΠΠΠ[21]** **Λοιπά επιφανειακά ύδατα**	**ΜΕΣ-ΠΠΠ[22]** **Επιφανειακά ύδατα ενδοχώρας**	**ΜΕΣ-ΠΠΠ[22]** **Λοιπά επιφανειακά ύδατα**
(1)	Alachlor	15972-60-8	0.3	0.3	0.7	0.7
(2)	Ανθρακένιο	120-12-7	0.1	0.1	0.4	0.4
(3)	Ατραζίνη	1912-24-9	0.6	0.6	2.0	2.0
(4)	Βενζόλιο	71-43-2	10	8	50	50
(5)	Πενταβρωμοδιφαινυλαιθέρας[23]	32534-81-9	0.0005	0.0002	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(6)	Κάδμιο και ενώσεις του *(ανάλογα με τις κατηγορίες σκληρότητας ύδατος[24])*	7440-43-9	≤ 0.08 (Κατηγορία 1) 0.08 (Κατηγορία 2) 0.09 (Κατηγορία 3) 0.15 (Κατηγορία 4) 0.25 (Κατηγορία 5)	0.2	≤ 0.45 (Κατηγορία 1) 0.45 (Κατηγορία 2) 0.6 (Κατηγορία 3) 0.9 (Κατηγορία 4) 1.5 (Κατηγορία 5)	
(7)	Χλωροαλκάνια C10-13	85535-84-8	0.4	0.4	1.4	1.4
(8)	Chlorfenvinphos	470-90-6	0.1	0.1	0.3	0.3

6

21. Η παράμετρος αυτή είναι το Πρότυπο Ποιότητας Περιβάλλοντος εκφραζόμενο ως Ετήσια Μέση Τιμή (ΠΠΠ-ΕΜΤ).

22 Η παράμετρος αυτή είναι το Πρότυπο Ποιότητας Περιβάλλοντος εκφραζόμενο ως Μέγιστη Επιτρεπόμενη Συγκέντρωση (ΠΠΠ-ΜΕΣ). Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες για το ΠΠΠ-ΜΕΣ σημειώνεται «δεν εφαρμόζεται», οι τιμές ΕΜΤ-ΠΠΠ προστατεύουν και έναντι των βραχυπρόθεσμων αιχμών ρύπανσης εφόσον είναι σημαντικά χαμηλότερες σε σχέση με τις τιμές που προκύπτουν με βάση την οξεία τοξικότητα.

23 Για την ομάδα ουσιών προτεραιότητας την καλυπτόμενη από βρωμιούχοι διφαινυλαιθέρες (αριθ. 5) που αναφέρεται στην απόφαση αριθ. 2455/2001/ΕΚ καθορίζεται ΠΠΠ μόνο για τον πενταβρωμοδιφαινυλαιθέρα.

24 Για το κάδμιο και τις ενώσεις του (αριθ. 6) οι τιμές ΠΠΠ κυμαίνονται ανάλογα με τη σκληρότητα του ύδατος όπως ορίζεται στις 5 κατηγορίες κατάταξης (Κατηγορία 1: <40 mg CaCO3/l, Κατηγορία 2: 40 έως <50 mg CaCO3/l, Κατηγορία 3: 50 έως <100 mg CaCO3/l, Κατηγορία 4: 100 έως <200 mg CaCO3/l και Κατηγορία 5: ≥200 mg CaCO3/l).

Έχοντας τα αποτελέσματα της παραπάνω ανάλυσης, δηλαδή του καθορισμού ζωνών εμβέλειας – επιπτώσεων και των συγκρίσεων των συγκεντρώσεων των ουσιών που καταλήγουν στους ευαίσθητους αποδέκτες σε μια δεδομένη απόσταση από την εγκατάσταση **με τις κρίσιμες δόσεις (NOECs, LC50s, EC50, ErC50) και με τα Πρότυπα Περιβαλλοντικής Ποιότητας** καθίσταται πλέον πιο τεκμηριωμένη η εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά στις βλάβες στο υδάτινο περιβάλλον. Τα συμπεράσματα στη συνέχεια θα τεκμηριώσουν τη λήψη μέτρων ελέγχου των βλαβών και εξυγίανσης των πληγεσθέντων περιοχών. Σαφώς αντίστοιχες οριακές τιμές (βλ. 6.6.2) προτείνεται να καταγράφονται και να εφαρμόζονται αναφορικά σε όλες τις τοξικές ουσίες που περιλαμβάνονται στην προτεινόμενη λίστα (βλ. Κεφ. 3 και § 4.2) με τις επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες μιας εγκατάστασης SEVESO προκειμένου να επιτευχθεί μια ολοκληρωμένη ανάλυση.

Εκτός από τα Πρότυπα Περιβαλλοντικής Ποιότητας για τον τομέα της υδατικής πολιτικής υπάρχουν και άλλα πρότυπα ποιότητας τα οποία αναφέρονται σε ύδατα και πόσιμο νερό. Τα πρότυπα αυτά αποσκοπούν στην προστασία και στη διατήρηση των οικοσυστημάτων* ενώ παράλληλα παρέχουν ένα μέτρο σύγκρισης των εκτιμώμενων επιπτώσεων ενός ατυχηματικού σεναρίου καθώς και μπορούν να αποτελέσουν κατευθυντήριες οδηγίες για τον ορισμό μέτρων αντιμετώπισης και αποκατάστασης. Στο Παράρτημα 4 αναφέρονται συνοπτικά σχετικές νομοθετικές πράξεις και πρότυπα αναφορικά σε αποδέκτες που μπορούν να προσβληθούν κατά την εκδήλωση ατυχήματος: θάλασσα, ύδατα κολύμβησης, πόσιμο νερό καθώς και όρια αναφορικά σε συγκεκριμένες κατηγορίες ουσιών:χλωριωμένα διφαινύλια –**PCBs και Πολυκυκλικούς Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες -ΠΑΥ**. Τα μέτρα, πράξεις, νομοθετήματα που παρατίθενται στο Παράρτημα 4 μπορούν να λειτουργήσουν βοηθητικά στην εκτίμηση των βλαβών και στον προσδιορισμό δράσεων περιορισμού των επιπτώσεων, μέτρων αντιμετώπισης και αποκατάστασης.

6.7 Αποδέκτες στο Έδαφος

6.7.1 Γενικά Στοιχεία

Εκτός από τους αποδέκτες στο υδάτινο περιβάλλον υπάρχει πιθανότητα οι επιπτώσεις ενός ατυχηματικού γεγονότος να επηρεάσουν τους αποδέκτες στο χερσαίο περιβάλλον. Το έδαφος ορίζεται εν γένει ως το ανώτατο τμήμα του γήινου φλοιού. Πρόκειται για ένα ιδιαζόντως δυναμικό σύστημα το οποίο έχει πολυάριθμες λειτουργίες*και διαδραματίζει καθοριστικής σημασίας ρόλο στις ανθρώπινες δραστηριότητες και στην επιβίωση των οικοσυστημάτων. Οι διαδικασίες που επιτρέπουν το σχηματισμό και την αναγέννηση του εδάφους είναι ιδιαίτερα αργές με αποτέλεσμα το έδαφος να θεωρείται μη ανανεώσιμος πόρος (web site:www.europa.eu).

---

* **Οικοσύστημα:** αυτόνομο σύστημα το οποίο αποτελείται από ένα ή περισσότερα οικολογικά ενδιαιτήματα και βιολογικά είδη που διαμένουν σε αυτά. Ρυθμίζεται από τις σχέσεις μεταξύ των επιμέρους στοιχείων του.

*__Λειτουργίες του εδάφους (εδαφικές λειτουργίες):__ βασικές λειτουργίες του εδάφους είναι η παροχή φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος στον άνθρωπο για τις δραστηριότητές του, η παραγωγή βιομάζας (τροφής κ.λπ.) και πρώτων υλών, η αποθήκευση, η διήθηση και η μεταποίηση των θρεπτικών συστατικών, διαφόρων ουσιών και του νερού, η παροχή φυσικού υπόβαθρου για την ανάπτυξη της βιοποικιλότητας (οικολογικά ενδιαιτήματα, βιολογικά είδη κ.λπ.), η συγκρότηση αποθέματος άνθρακα, καθώς και η διαφύλαξη της γεωλογικής και αρχαιολογικής κληρονομιάς.

Οι κύριες διαδικασίες εδαφικής υποβάθμισης που μπορούν να προκύψουν ή να ενισχυθούν από ατυχηματικό γεγονός (διαρροή επικίνδυνης ουσίας ή κατακρήμνιση ρύπων από την ατμόσφαιρα λόγω βροχής) είναι η μόλυνση, η μείωση της περιεκτικότητας σε οργανικό υλικό, η υποβάθμιση της εδαφικής βιοποικιλότητας.

Η υποβάθμιση του εδάφους αποτελεί σοβαρό πρόβλημα που οι συνέπειές της είναι, μεταξύ άλλων, η μείωση της εδαφικής γονιμότητας, απώλειες άνθρακα και βιοποικιλότητας, ο περιορισμός της ικανότητας του εδάφους να συγκρατεί το νερό, η διατάραξη των κύκλων των αερίων και των θρεπτικών συστατικών και η μείωση της αποδόμησης των ρυπογόνων ουσιών. Η υποβάθμιση των εδαφών επηρεάζει τοιουτοτρόπως άμεσα την ποιότητα του νερού και του αέρα, τη βιοποικιλότητα και τις κλιματικές αλλαγές. Παράλληλα μπορεί να επηρεάσει την υγεία του πληθυσμού ή να απειλήσει την ασφάλεια των ειδών ανθρώπινης και ζωικής διατροφής.

Η θεματική στρατηγική για την προστασία του εδάφους στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) προτείνει μέτρα με στόχο την προστασία του εδάφους και τη διαφύλαξη της ικανότητάς του να επιτελεί τις οικολογικές, οικονομικές, κοινωνικές και πολιτιστικές λειτουργίες του και εκφράζεται από τις εξής προτάσεις:

1. Ανακοίνωση της Επιτροπής της 22ας Σεπτεμβρίου 2006 με τίτλο: «Θεματική στρατηγική για την προστασία του εδάφους» [COM(2006) 231 τελικό - Δεν έχει δημοσιευθεί στην Επίσημη Εφημερίδα].

2. Πρόταση οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Σεπτεμβρίου 2006 με την οποία καθορίζεται το πλαίσιο για την προστασία του εδάφους και τροποποιείται η οδηγία 2004/35/ΕΚ.

Η ευρωπαϊκή 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 μολυσμένων εκτάσεων.

Σημειώνεται ότι από τη βιβλιογραφική έρευνα καταγράφτηκε συστημική προσέγγιση για την πρόβλεψη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο έδαφος/υπέδαφος (όχι στην ατμόσφαιρα) από διαρροή χημικής ουσίας προτείνεται από τους **Asa Scott Andersson, Mats Tysklind και Ingrid Fangmark το 2006 «A method to relate chemical accident properties and expert judgements in order to derive useful information for the development of Environment-Accident Index».** Το έργο τους αποτελεί μια πρότυπη μεθοδολογία στην οποία προτείνεται ένα μοντέλο το οποίο συνδυάζει τις χαρακτηριστικές φυσικοχημικές ιδιότητες της χημικής ουσίας: οξεία τοξικότητα σε υδρόβιους οργανισμούς-toxicity Tox, αποικοδόμηση-consistency – Con, υδάτινη διαλυτότητα solubility-Sol κ.α μαζί με χαρακτηριστικές μεταβλητές της υπό εξέταση εγκατάστασης: απόσταση από το κοντινότερο υδάτινο αποδέκτη, βάθος υπόγειων υδάτων, κλίση οικοπέδου εγκατάστασης και ευρύτερης περιοχής προς υδάτινους φορείς, ο τύπος του εδάφους-Sur κτλ. Η

ονομασία του μοντέλου είναι Environment-Accident Index και αποδίδεται από μαθηματικές σχέσεις. Αρχικά η εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε ήταν:

EAI=Tox · Am (Con+Sol+Sur)

Το μοντέλο αφορά οργανικές ουσίες. Κατά την εξέλιξη της έρευνας αναπτύχθηκε ο New EAI που χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη περιβαλλοντικών βλαβών από διαρροές. Στον new EAI πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από ατυχήματα από ένα γκρουπ ειδικών (expert judgment), οι οποίο βαθμολόγησαν βάσει ποιοτικής κλίμακας και λαμβάνοντας υπόψη το χρόνο αποκατάσταση αναφορικά σε βλάβες σε υδάτινους αποδέκτες, σε ευαίσθητους χερσαίους αποδέκτες, σε πηγές πόσιμου νερού, σε καλλιέργειες, σε επιπτώσεις σε δίκτυα αποστράγγισης, στην αλιεία κλπ. Τελικά με χρήση μοντέλου PLS συνδυάστηκαν οι φυσικοχημικές ιδιότητες των επικίνδυνων ουσιών με τις εκτιμήσεις των ειδικών (expert judgment) για τη σοβαρότητα των επιπτώσεων παλαιότερων ατυχηματικών γεγονότων. Τελικά για δεδομένες επιπτώσεις προκύπτουν αναδρομικές σχέσεις βάσει των οποίων μπορεί να υπολογιστεί ο EIA για κάθε συνέπεια. Από τους ερευνητές προτείνεται κατάταξη σε 3 τάξεις επιπτώσεων (CLASS I,II,III). Ο EAI είναι αδιάστατος ενώ στόχος του δείκτη είναι να αποτελέσει ένα εύχρηστο απλό εργαλείο για την εκτίμηση και την κατάταξη των επιπτώσεων στο περιβάλλον έτσι ώστε να ληφθούν κατάλληλα μέτρα ελέγχου κατά τη διαδικασία σχεδιασμού μιας εγκατάσταση ή σε περίπτωση που συμβεί ένα ατυχηματικό γεγονός.

6.8 Φυσικά ενδιαιτήματα

6.8.1 Οικολογικό Δίκτυο NATURA 2000

Ιδιαίτερη αναφορά κατά την εκτίμηση επιπτώσεων πρέπει να πραγματοποιείται για τους ευαίσθητους αποδέκτες μέσα στη υπό διερεύνηση περιοχή π.χ. εκείνοι που υποδεικνύονται στο πλαίσιο της οδηγίας για τη συντήρηση των φυσικών βιότοπων και της άγριας πανίδας και χλωρίδας (92/43/ΕΟΚ - ` Οδηγία βιότοπων").

Η Ευρωπαϊκή Ένωση επιδιώκει τη διασφάλιση της βιοποικιλότητας μέσω της διατήρησης των φυσικών ενδιαιτημάτων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας στο έδαφος των κρατών μελών. Προς τούτο δημιουργήθηκε ένα οικολογικό δίκτυο ειδικών ζωνών προστασίας, το «Natura 2000». Η συνοχή του δικτύου εξασφαλίζεται και από άλλες δραστηριότητες που προβλέπεται να αναληφθούν στους τομείς του ελέγχου και της επιτήρησης, της επανεισαγωγής αυτοχθόνων ειδών καθώς και της εισαγωγής αλλοχθόνων ειδών, της έρευνας και της εκπαίδευσης

Η σχετική οδηγία για **τη διατήρηση των φυσικών ενδιαιτημάτων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας είναι η Οδηγία 92/43/ΕΟΚ του Συμβουλίου**, της 21ης Μαΐου 1992.

Η παρούσα οδηγία, που αποκαλείται οδηγία «φυσικών ενδιαιτημάτων» (οικοτόπων) σκοπό έχει να συμβάλει στην διατήρηση της βιολογικής ποικιλότητας στα κράτη μέλη, ορίζοντας ένα κοινό πλαίσιο για την διατήρηση των φυτών και των αγρίων ζώων καθώς και των ενδιαιτημάτων κοινοτικού ενδιαφέροντος (www.europa.eu).

Με την οδηγία συνίσταται ένα ευρωπαϊκό οικολογικό δίκτυο επονομαζόμενο «Natura 2000». Το δίκτυο αυτό αποτελείται από «ειδικές ζώνες διατήρησης» που έχουν χαρακτηριστεί από τα κράτη μέλη σύμφωνα με τις διατάξεις της οδηγίας καθώς και από «ζώνες ειδικής προστασίας» που έχουν ταξινομηθεί σύμφωνα με τις διατάξεις της **οδηγίας 79/409/ΕΟΚ για τη διατήρηση των αγρίων πτηνών**. Στις χαρακτηρισμένες εκτάσεις σύμφωνα με την οδηγία για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων περιλαμβάνονται μεγάλης έκτασης προστατευόμενες θαλάσσιες περιοχές που χρειάζεται να προσδιοριστούν μεμονωμένα,

Τα παραρτήματα I (τύποι φυσικών ενδιαιτημάτων κοινοτικού ενδιαφέροντος) και II (ζωικά και φυτικά είδη κοινοτικού ενδιαφέροντος) της οδηγίας παρέχουν υποδείξεις όσον αφορά τον τύπο ενδιαιτημάτων και ειδών των οποίων η διατήρηση απαιτεί τον χαρακτηρισμό περιοχών ως ειδικών ζωνών διατήρησης. Ορισμένα από αυτά ορίζονται ως τύποι ενδιαιτημάτων ή ειδών «προτεραιότητας» (που διατρέχουν κίνδυνο εξαφάνισης). Στο παράρτημα IV της οδηγίας απαριθμούνται τα ζωικά και φυτικά είδη που απαιτούν ιδιαίτερα αυστηρή προστασία.

Ο χαρακτηρισμός των ειδικών ζωνών διατήρησης γίνεται σε τρία στάδια. Βασιζόμενο στα κριτήρια που ορίζονται στα παραρτήματα, κάθε κράτος μέλος προτείνει έναν κατάλογο τόπων όπου απαντώνται φυσικά ενδιαιτήματα και άγρια ζωικά και φυτικά είδη. Βάσει των εθνικών καταλόγων και σε συμφωνία με καθένα από τα κράτη μέλη, η Επιτροπή εκδίδει κατάλογο τόπων κοινοτικής σημασίας για καθεμία από τις επτά βιογεωγραφικές περιφέρειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (αλπική, ατλαντική, αρκτική, ηπειρωτική, μακαρονησιακή, μεσογειακή και παννονιακή).

Η σχετική απόφαση που περιλαμβάνει τους οικοτόπους στον ελλαδικό χώρο είναι: **Απόφαση 2006/613/ΕΚ της Επιτροπής, της 19ης Ιουλίου 2006, σχετικά με την έγκριση, σύμφωνα με την οδηγία 92/43/ΕΟΚ του Συμβουλίου, του καταλόγου των τόπων κοινοτικής σημασίας για τη μεσογειακή βιογεωγραφική περιοχή [Επίσημη Εφημερίδα L 259, 21.9.2006].**

6.8.2 Εκτίμηση Επιπτώσεων σε ευαίσθητους αποδέκτες (άγρια ζώα και πτηνά)

Οι ευαίσθητοι αποδέκτες εφόσον υπάρχουν στο περιβάλλον μιας εγκατάστασης Seveso θα πρέπει να καταγράφονται και να εξετάζονται ειδικά. Ομοίως με την ανάλυση που αναπτύχθηκε για την εκτίμηση επιπτώσεων σε υδάτινους οργανισμούς (§ 6.6.2) αντίστοιχα και για την άγρια χλωρίδα και πανίδα αλλά και για λοιπούς τρωτούς οργανισμούς (χλωρίδα και πανίδα) καταγράφονται οι οριακές δόσεις LC50 για τους αποδέκτες εφόσον υπάρχουν διαθέσιμες από πηγές (βλ. § 6.3.2). Έχοντας υπολογίσει τις ποσότητες των επικίνδυνων ουσιών έπειτα από τη διασπορά και διάχυση τους στις διόδους και στις οδεύσεις, τις ζώνες εμβέλειας επιπτωσειων:συγκετρώσεις στο χρόνο συναρτήσει του τόπου, για κάθε σύστημα Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης για κάθε ατυχηματικό σενάριο θα πρέπει να συγκριθούν οι συγκεντρώσεις αυτές με τα **No Observed Effect Concentration NOECs, LC50s** προκειμένου να διεξαχθεί το συμπέρασμα αν προκύπτουν σημαντικές βλάβες στο περιβάλλον. Επομένως επαναλαμβάνεται ο έλεγχος ο οποίος αρχικά εφαρμόστηκε για τις συγκεντρώσεις των ουσιών στον τόπο απώλειας περιεχομένου και στο όριο της εγκατάστασης (βλ 4.4):

$$\frac{C^{F}_{i}}{NOECs^{j}_{i}} < 1 \quad \text{και} \quad \frac{C^{F}_{i}}{LC\ 50^{j}_{i}} < 1$$

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλους τους ευαίσθητους αποδέκτες.

Σημειώνεται ότι δεν εντοπίστηκε εξειδικευμένη έρευνα ή βάση δεδομένων για οριακές δόσεις LC50 σε ευαίσθητους αποδέκτες-ενδιαιτηματα NATURA από χημικά. Οι περιπτώσεις αυτές αντιμετωπίζονται ομοιώς με παραπάνω κατά περίπτωση (case by case) όπου καταγράφονται οι οριακές δόσεις για συγκεκριμένους αποδέκτες από μεμονομένες ουσίες και για έκθεση για ορισμένο χρονικό διάστημα μέσω μιας όδευσης. Συγκεκριμένα πρέπει να διερευνώνται ποιες επικίνδυνες ουσίες και μέσω ποιων οδεύσεων μπορούν να πλήξουν τους ευαίσθητους αποδέκτες, να εκτιμώνται εφόσον είναι δυνατό η σοβαρότητα των επιπτώσεων και κατά συνέπεια να προσδιορίζονται και να εφαρμόζονται η κατάλληλες φραγές και τα μέσα περιορισμού.

Αναφέρεται ότι το WCMC (Παγκόσμιο Κέντρο Παρακολούθησης της Διαφύλαξης) του UNEP (Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον), το Συμβούλιο της Ευρώπης, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος ΕΟΠ και η MCPFE (Διυπουργική Συνδιάσκεψη για την Προστασία των Δασών στην Ευρώπη) συνεργάζονται για τον συντονισμό και τη διάθεση των πληροφοριών για τις προστατευόμενες σε εθνικό επίπεδο περιοχές σε όλη την Ευρώπη στο πλαίσιο της CDDA (Κοινή Βάση Δεδομένων για Χαρακτηρισμένες Περιοχές). Χρησιμοποιούνται εργαλεία του GIS (Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών) για το συσχετισμό των χαρακτηρισμένων περιοχών με άλλου είδους χωρικές πληροφορίες, όπως η χρήση γης, οι υποδομές, οι οικιστικές εγκαταστάσεις και ο τουρισμός. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να συμβάλουν στον προσδιορισμό των κατάλληλων μέτρων στο πλαίσιο μιας πολιτικής επικεντρωμένης στη διατήρηση και τη βιώσιμη αξιοποίηση της ποικιλομορφίας των βιολογικών ειδών και του φυσικού περιβάλλοντος.

Επιπλέον υπάρχει σχετική ευρωπαϊκή νομοθεσία και κατευθυντήριες οδηγίες αναφορικά σε εκτίμηση επιπτώσεων στο έδαφος η οποία καταγράφτηκε έπειτα από βιβλιογραφική έρευνα και παρατίθεται στο Παράρτημα 4.

6.9 Ατμόσφαιρα

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου στην παρούσα προσέγγιση ο αέρας θα αντιμετωπιστεί ως όδευση προς τους αποδέκτες των άλλων περιβαλλοντικών τμημάτων (ύδατα και έδαφος). Στην § 5.6 στο κεφάλαιο των Οδεύσεων περιγράφτηκαν πως εφαρμόζονται στην ατμόσφαιρα μοντέλα διασποράς αερίων ελαφρύτερων και βαρύτερων του αέρα και πως με την υποστήριξη λογισμικών πακέτων και μοντέλων διασποράς προσομοιώνεται η διάχυση αερίου νέφους. Από προσομοίωση διασποράς πλουμίου προκύπτουν ζώνες συγκεκριμένων συγκεντρώσεων που ενδέχεται να θέσουν σε κίνδυνο χλωρίδα και πανίδα. Εντοπίζοντας και καταγράφοντας πληθυσμούς εντός των επικίνδυνων ζωνών (εισπνοή τοξικού) ελέγχονται οι συγκεντρώσεις των ουσιών με τις οριακές κρίσιμες δόσεις αποδεκτών (πανίδας) LC50s για εισπνοή τοξικού η μέσω εναπόθεσης και εισχώρησης μέσω της επιδερμίδας (όπου υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα) για να εκτιμηθούν οι βλάβες. Αντίστοιχα σε περιπτώσεις που υπάρχει η δυνατότητα προσομοίωσης μοντέλου για κατακρήμνιση επικίνδυνων ουσιών με τη βροχή (όξινη βροχή) ελέγχονται οι συγκεντρώσεις που μπορεί να προκαλέσουν βλάβες στο έδαφος (χλωρίδα, πανίδα , καλλιέργειες κλπ) ή στα ύδατα σύμφωνα με όσο αναφέρθηκαν παραπάνω.

Ωστόσο στην Ελλάδα σύμφωνα με την έκδοση οδηγίας πλαίσιο 96/62/ΕΚ που αντιστοιχεί στην Ελληνική ΚΥΑ 3277/209/ΦΕΚ 180/Β/17-02-2000 «Καθορισμός γενικών αρχών και αρμόδιων υπηρεσιών για την εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος» προσδιορίζονται όρια και δράσεις αναφορικά με την ποιότητα του αέρα. Γενικότερα έχουν αναπτυχθεί από διεθνής και ευρωπαϊκούς οργανισμούς πολλαπλοί δείκτες που αφορούν οριακές τιμές, τιμές στόχους ανώτατα όρια για επιμέρους ρύπους. Στην § 6.9 όπου παρουσιάζονται περιβαλλοντικοί δείκτες αναφοράς των ευρωπαϊκών χωρών παρατίθεται ενημερωτικά η ομάδα των σημαντικότερων δεικτών που αφορούν τους ατμοσφαιρικούς ρύπους.

Στον Πίνακα 6.8 παρουσιάζονται οι οριακές τιμές των ρύπων SO2, NO2 και των σωματιδίων PM10 στην ατμόσφαιρα σύμφωνα με την οδηγία 1999/30/ΕΚ.

Περίοδος Αναφοράς	*Οριακή τιμή σε μg/m3*
SO2	
Ωριαία	**350**
Ημερήσια	**125**
NO2	
Ωριαία	**200**
PM10	
24ωρη οριακή τιμή	**50**

Πίνακας 6.9: Οριακές Τιμές Ρύπων SO2, NO2 και των σωματιδίων PM10

Τα παραπάνω όρια μπορεί να ληφθούν υπόψη σε περίπτωση υπολογισμού εκπομπών καυσαερίων ρύπων από την εκδήλωση ατυχήματος π.χ. φωτιά, έκρηξη για συγκρίσεις για βραχυπρόθεσμες επιβαρύνσεις. Σαφώς σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι ατμοσφαιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες.

Στις Μελέτες Ασφάλειας SEVESO έχει καθιερωθεί σε εθνικό επίπεδο να εξετάζονται καυσαέρια ή διασπορά SO2 αερίου και έχουν οριστεί συγκεκριμένες ζώνες προστασίας για τον άνθρωπο ανάλογα με τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του θείου. Οι ζώνες αυτές παρουσιάζονται στο Παράρτημα 2 της παρούσας

Σημειώνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση σε διοξείδιο του θείου (SO2) και οξειδίων του αζώτου (NOx) που προέρχεται από τη χρήση ορυκτών καυσίμων με τη μετατροπή των αερίων ρύπων σε όξινες εναποθέσεις (θειικά και νιτρικά άλατα) που με τους υδρατμούς μετατρέπονται σε ισχυρά οξέα και μεταβάλλουν το pH λιμνών, ποταμών και υγροτόπων) και έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επιστημονικές έρευνες έχουν δείξει ότι η όξινη βροχή (acid rain) προκαλεί βλάβες σε δάση και σε υδρόβιους οργανισμούς. Επίσης, η αυξημένη οξύτητα επηρεάζει την παραγωγικότητα εδαφών, δημιουργεί αναπαραγωγικά και πληθυσμιακά προβλήματα σε υδρόβια είδη και καταστρέφουν ευαίσθητα οικολογικά συστήματα (McCormick, 1985).

Σχετική ευρωπαϊκή νομοθεσία και κατευθυντήριες οδηγίες αναφορικά με εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα η οποία καταγράφτηκε έπειτα από βιβλιογραφική παρατίθεται στο Παράρτημα 4.

6.10 Μεθοδολογικά Βήματα αναφορικά στους Αποδέκτες

Συμφωνά με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο παρόν κεφάλαιο και στο κεφάλαιο των οδεύσεων και σε συνέχεια των μεθοδολογικών βημάτων αναφορικά στις Πηγές Περιβαλλοντικών Κίνδυνων (§ 4.6) συνοπτικά η παρούσα έρευνα προτείνει τα παρακάτω:

1. Αναγνώριση και καταγραφή αποδεκτών στο περιβάλλον της εγκατάστασης SEVESO.
   a. Η έρευνα προτείνει η ακτίνα επιπτώσεων που προκύπτει από τα αναμενόμενα worst-case σενάρια των υφιστάμενων Μελετών Ασφάλειας των εγκαταστάσεων, να αντιστοιχεί στην έκταση καταγραφής τρωτών αποδεκτών στο περιβάλλον της εγκατάστασης. Εναλλακτική αποτελεί η πρόταση δεδομένης έκτασης από τους αρμόδιους φορείς σε συμφωνία και συνεργασία με τους υπεύθυνους των εγκαταστάσεων SEVESO π.χ. ακτίνα 10km περιμετρικά της εγκατάστασης.
   b. Χρήση όλων των διαθέσιμων στοιχείων και εργαλείων π.χ. χάρτες, ΓΠΣ, CORINE κλπ και αποτύπωση επί χάρτου όλων των καταγεγραμμένων τρωτών αποδεκτών (Χάρτης 1:5000).
2. Καταγραφή Υφιστάμενης Κατάστασης επιβάρυνσης στο περιβάλλον της εγκατάστασης. Μετρήσεις, εργαστηριακές έρευνες και αναλύσεις συγκρίσεις με νομοθετικά όρια και εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά στην υφιστάμενη κατάσταση των υπό εξέταση αποδεκτών.
3. Επιλογή σημαντικότερων αποδεκτών προς εξέταση αναφορικά σε επιπτώσεις από BAME. Κριτήρια επιλογής μπορεί να αποτελέσουν: πληθυσμιακή κάλυψη, υφιστάμενη επιβάρυνση οικοσυστήματος, σημαντικότητα αποδέκτη π.χ. ενδιαιτήματα NATURA, κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες π.χ. καλλιέργειες, πηγές πόσιμου νερού κλπ.
4. Ανάπτυξη λίστας τρωτών αποδεκτών.
5. Καταγραφή για τους αποδέκτες της λίστας των δεικτών-οριακών τιμών, συγκεντρώσεων έκθεσης σε επικίνδυνες ουσίες που ελευθερώνονται από BAME **NOECs, LD50s/ LL50 για τα ψάρια, EC50 (αρθόποδα οστρακόδερμα), ErC50 (άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά) κ.α.), LC50 (χλωρίδα, πανίδα).** Έλεγχος των αρχικών ποσοτήτων και συγκεντρώσεων στις αρχικές διαρροές (LOCs –Loss of Containment), των ποσοτήτων στα όρια διαφυγής από την εγκατάσταση προς τις τιμές των παραπάνω δεικτών. Εξαίρεση ουσιών και σεναρίων όταν ο παραπάνω λόγος προκύπτει μικρότερος της μονάδας. Επιλογή των πιο κρίσιμων σεναρίων και διερεύνηση επιπτώσεων.
6. Εκτίμηση ζωνών επιπτώσεων (ζώνες εμβέλειας) από τη διασπορά των επικίνδυνων ουσιών σε ύδατα, ατμόσφαιρα (και έδαφος) με χρήση κατάλληλων λογισμικών πακέτων (βλ. Κεφ. 5). Εφαρμογή κριτηρίων κοινοποίησης οδηγίας SEVESO και σύγκριση ζωνών επιπτώσεων. Επιλογή σεναρίων που δίδουν ζώνες μεγαλύτερες από τις εκτάσεις που προβλέπονται στα κριτήρια.
7. Για τα σενάρια που επιλέγονται καταγραφή τρωτών αποδεκτών που εμπίπτουν εντός των ζωνών επιπτώσεων.
8. Επανάληψη έλεγχου για κάθε επικίνδυνη ουσία που τελικά εναποτίθενται στους τρωτούς αποδέκτες εντός των ζωνών εμβέλειας και εξαίρεση ουσιών-πηγών κινδύνου όταν ο λόγος<1

$$\frac{C^{F_i}}{NOECs_i^j} < 1 \quad \text{και} \quad \frac{C^{F_i}}{LC\ 50_i^j} < 1$$

9. Για τα σενάρια τα οποία ο παραπάνω λόγος είναι >1 η παρούσα προτείνει τα εξής:
   α. Σύγκριση των συγκεντρώσεων με τιμές οι οποίες έχούν καταγραφεί από παλαιότερες μελέτες

β. Σύγκριση με τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (για τις ουσίες προτεραιότητας) εφόσον εξετάζεται συγκεκριμένος όγκος ελέγχου για τα ύδατα ή σύγκριση με άλλα όρια ή δείκτες από τη σχετική νομοθεσία. Επιπλέον στην παρούσα έρευνα θεωρείται ότι μπορεί να ενσωματωθεί στην μελέτη περιβαλλοντικών κινδύνων και βλαβών οι Ευρωπαϊκοί Δείκτες. Οι δείκτες αυτοί μπορούν να δράσουν ως κατευθυντήριοι άξονες για τον έγκυρο εντοπισμό και εξέταση επιπτώσεων σημαντικών ρυπαντών σε ευαίσθητους αποδέκτες: οικοσυστήματα και ενδιαιτήματα*. Αναλυτική αναφορά σε σχετικούς ευρωπαϊκούς δείκτες παρατίθεται στο παράρτημα 4.

γ. Εκτίμηση σοβαρότητας επιπτώσεων.

10. Εφαρμογή των παραπάνω συμπερασμάτων στο σχεδιασμός μέτρων ελέγχου, περιορισμού επιπτώσεων και αποκατάστασης επιπτώσεων από ΒΑΜΕ. Ενσωμάτωση των σημαντικότερων αποτελεσμάτων στα εξωτερικά Σχέδια Έκτακτής Ανάγκης των εγκαταστάσεων SEVESO.

* Παράλληλα μπορούν να λειτουργήσουν ως αναφορά στο μέγεθος βλαβών και να αποτελέσουν ένα μέτρο σύγκρισης κατά την εκτίμηση επιπτώσεων. Συγκρίσεις των εκτιμώμενων συγκεντρώσεων επικίνδυνων ουσιών και των συνεπειών σε τρωτούς αποδέκτες από την εκδήλωση ατυχήματος συναρτήσει των δεικτών ή των αναμενόμενων μεταβολών στους δείκτες θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα αξιολόγησης σοβαρότητας ενός ατυχήματος και άξονα διαμόρφωσης σχεδίων δράσεις έκτακτης ανάγκης και εξυγίανσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΔΕΝΔΡΑ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΒΛΑΒΩΝ

7.1 Εισαγωγικά Στοιχεία

Για κάθε ατυχηματικό σενάριο για το οποίο διερευνάται το σύστημα Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης, σύμφωνα με την ανάλυση των προηγούμενων κεφαλαίων, έχει αποδοθεί το εννοιολογικό πλαίσιο για την αναγνώριση και τον προσδιορισμό των παρακάτω:

- Πηγές Κινδύνου, Επικίνδυνες ουσίες και ιδιότητες τους
- Οδοί (συστήματα και δίκτυα) που μπορούν να λειτουργήσουν ως δίοδοι (ή φραγές) για τη μεταφορά των ουσιών στο περιβάλλον, εργαλεία υπολογισμού των τελικών συγκεντρώσεων των επικίνδυνων ουσιών και
- Αποδέκτες των τελικών συγκεντρώσεων των ουσιών , στο περιβάλλον της εγκατάστασης SEVESO.

Επιπλέον λαμβάνοντας υπόψη τα όρια και τα πρότυπα από την κείμενη νομοθεσία, τις κατευθυντήριες οδηγίες, τους κανονισμούς και τους περιβαλλοντικούς δείκτες προτείνεται να πραγματοποιείται ο καθορισμός δράσεων περιορισμού επιπτώσεων και την αποκατάσταση των βλαβών:

Πηγή ⟶ **Οδός/Κανάλι μεταφοράς Όδευση** ⟶ **Αποδέκτης**

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ανάπτυξης δένδρων γεγονότων (Event Trees) που αποτυπώνουν πιθανές αλληλουχίες γεγονότων για το παραπάνω σχήμα, ενσωματώνοντας στην ανάλυση συστήματα ελέγχου και περιορισμού επικίνδυνων καταστάσεων (σεναρίων ατυχημάτων) και αποδίδοντας πιθανές καταστάσεις περιβαλλοντικής επιβάρυνσης σε γεγονότα απώλειας περιεχομένου που οδηγούν ή δεν οδηγούν σε ανάφλεξη.

7.2 Περιβαλλοντικοί Κίνδυνοι από διαρροές επικίνδυνων ουσιών

Η ανάπτυξη των προηγούμενων κεφαλαίων βασίστηκε στη ύπαρξη ενός κορυφαίου γεγονότος –απώλεια περιεχομένου (Loss of containment)- που μπορεί να εξελιχθεί σε Βιομηχανικό Ατύχημα Μεγάλης Έκτασης (BAME) για το οποίο και πραγματοποιείται ανάλυση των επιμέρους παραμέτρων του αναφορικά στους περιβαλλοντικούς κινδύνους και περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει.

Τα εναρκτήρια γεγονότα (initiating events) που οδηγούν σε (BAME) με πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις θεωρούνται ότι είναι **διαρροές επικίνδυνων ουσιών** οι οποίες υπό κατάλληλες συνθήκες μπορεί εξελιχθούν (ατυχηματικά σενάρια) στα εξής 6 φαινόμενα (βλ. § 1.5):

- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) - σχηματισμός πύρινης σφαίρας (fireball)
- Γλώσσα φωτιάς ή πυρσός (flame jet/flare)
- Στιγμιαία ανάφλεξη (flash fire)
- Έκρηξη εύφλεκτου νέφους αερίων (vapor cloud explosion)
- Διασπορά τοξικού νέφους (dispersion)

- Σχηματισμός λίμνης και ανάφλεξή της (pool fire)

Στην παρούσα παράγραφο περιγράφονται ενδεικτικά οι πιθανές εξελίξεις μετά από διαρροή μιας εύφλεκτης ή μιας τοξικής ουσίας. Εξετάζονται για την ουσία που διαρρέει τρεις διακριτές φυσικές καταστάσεις: υγρή φάση, αέρια φάση και διφασικό μείγμα υγρού αερίου. Για τις τρεις αυτές καταστάσεις παρουσιάζονται οι πιθανές αλληλουχίες γεγονότων (διαδρομές εξέλιξης) που μπορεί να οδηγήσουν σε ανάφλεξη. Επομένως προσδιορίζονται τόσο οι αλληλουχίες που οδηγούν σε διασπορά επικίνδυνης ουσίας χωρίς ανάφλεξη (ασφαλής διασπορά) όσο και αυτές που είναι πιθανό να οδηγήσουν σε επικίνδυνα φαινόμενα (σενάρια ατυχημάτων) όπως φωτιές και εκρήξεις μετά από άμεση ή καθυστερημένη ανάφλεξη του εύφλεκτου νέφους ή διασπορά τοξικού νέφους.

Ο σκοπός της ανάλυσης περιλαμβάνει τα εξής 4 στάδια:

Α. Να προσδιοριστούν οι πιθανές καταστάσεις επιβάρυνσης του περιβάλλοντος:
- Διαρροή Υγρών στο Έδαφος*- Τόπος Απώλειας περιεχομένου (Loss of Containment –LOC)
-Διασπορά νέφους Καυσαερίων (και άλλων Επικίνδυνων ουσιών με τα καυσαέρια), και
-Διασπορά αέριου νέφους επικίνδυνης (τοξικής) ουσίας. Τα αέρια νέφη μπορεί να προκύπτουν από διαρροές υγρών και εξάτμιση, διαρροές αερίων, διασπορά αέριου νέφους χωρίς ανάφλεξη ή και από αέρια νέφη που αναφλέγονται (φωτιά ή έκρηξη) που εξετάζονται υπό μορφή ενός από τα παραπάνω φαινόμενα : BLEVE, FIREBALL, FLAMEJET, FLASH FIRE, UVCE.

Β. Να προσδιοριστούν οι νέες πιθανές αλλαγές της φυσικής κατάστασης της ουσίας (υγρή, αέρια, διφασικό μίγμα)
- μετά από τη διαρροή και διασπορά χωρίς ανάφλεξη νέφους ή μετά από εμπλοκή σε φωτιά ή έκρηξη, και
- κατά την διάρκεια της όδευσης της μέσω εδάφους, υδάτων, αέρα προς τον τελικό της αποδέκτη στο περιβάλλον της εγκατάστασης. .

Γ. Να προσδιοριστούν οι επικίνδυνες ουσίες και η σύσταση του μείγματος που καταλήγει στον τελικό αποδέκτη στο περιβάλλον.

Δ. Σε περιπτώσεις που υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα από τη βιβλιογραφία αναφορικά στις πιθανότητες να συμβούν τα επιμέρους γεγονότα, μπορεί να υπολογιστεί η πιθανότητα εμφάνισης μιας επίπτωσης ως το γινόμενο των πιθανοτήτων των γεγονότων που συμμετέχουν σε κάθε αλληλουχία (σενάριο ατυχήματος). Τα γεγονότα αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν αστοχίες μέτρων ασφάλειας, πρόληψης, ελέγχου και περιορισμού των επιπτώσεων (βλ. § 7.3).

* Θεωρείται ότι ο εξοπλισμός αποθήκευσης (δοχεία, δεξαμενές, σωληνώσεις κτλ.) βρίσκεται σε χερσαίο περιβάλλον εντός των ορίων του οικοπέδου μιας εγκατάστασης «Seveso»

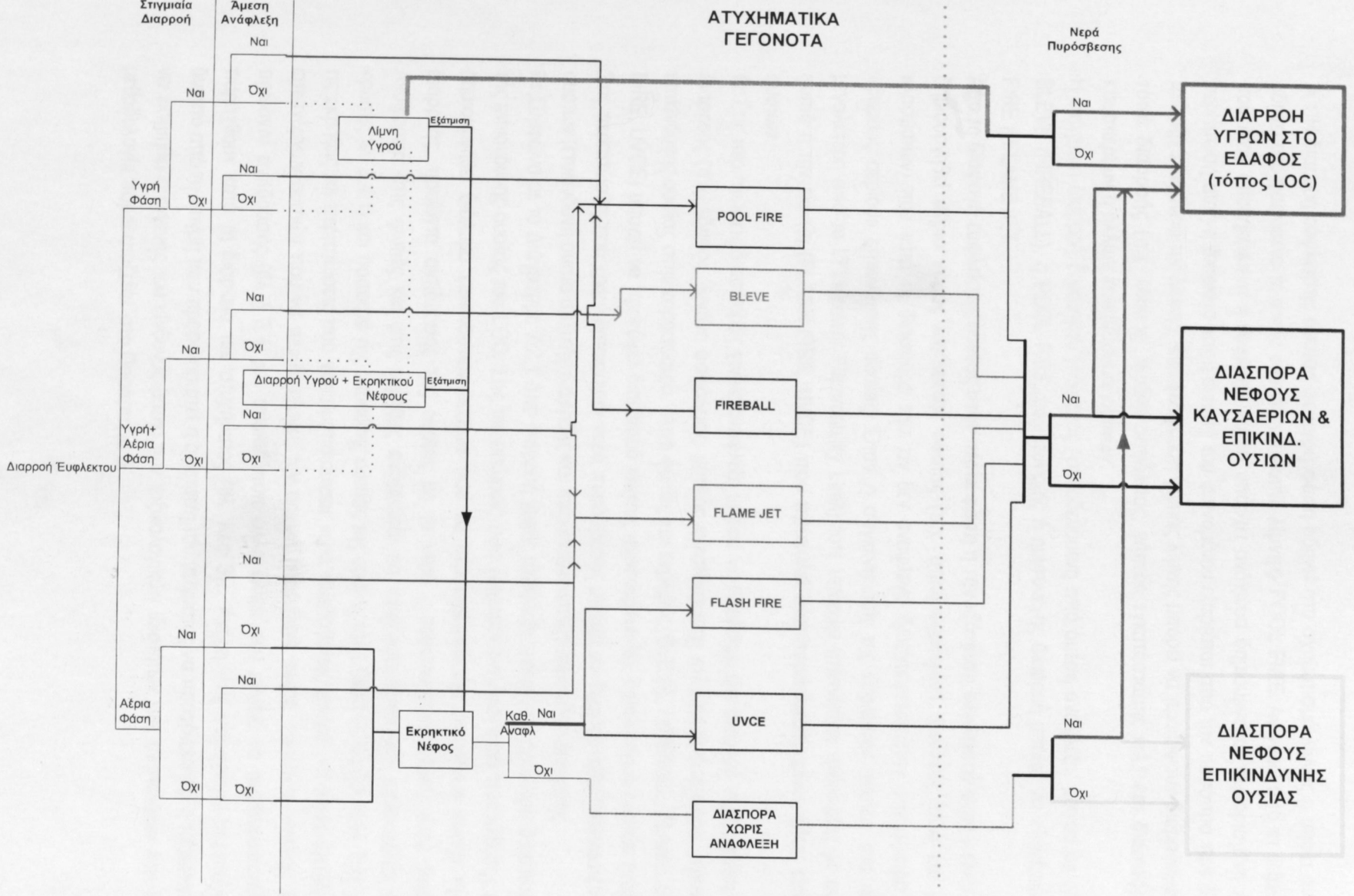
Από τις πιθανές καταστάσεις επιβάρυνσης θα αναπτυχθούν στη συνέχεια δένδρα γεγονότων που θα αποδίδουν τις πιθανές αλληλουχίες γεγονότων για τα παρακάτω:

1) Διαφυγή Υγρών στο Έδαφος- Τόπος Απώλειας περιεχομένου,
2) Διασπορά νέφους Καυσαερίων και Επικίνδυνων ουσιών και
3) Διασπορά νέφους επικίνδυνης ουσίας

Στο **Διάγραμμα 7.2.1** αποδίδονται σχηματικά οι πιθανές αλληλουχίες γεγονότων από απώλεια περιεχόμενου και διαρροή εύφλεκτης ουσίας, που μπορεί να οδηγήσουν σε άμεση ή καθυστερημένη ανάφλεξη και τα είδη των ατυχηματικών γεγονότων (σενάρια) που περιλαμβάνουν στις επιπτώσεις τους διαφυγή επικίνδυνων ουσιών στο έδαφος (τόπος απώλειας περιεχόμενου) ή διασπορά νέφους καυσαερίων και επικίνδυνων ουσιών. Για τα δένδρα γεγονότων για διαρροή εύφλεκτης και τοξικής ουσίας ακολουθεί σχολιασμός σύμφωνα με τα στάδια **Α έως Γ**[1].

Στο Διάγραμμα 7.2.1. η μαύρη γραμμή χρησιμοποιείται για να απεικονίσει τις πιθανές εξελίξεις γεγονότων από την αρχική διαρροή εύφλεκτης ουσίας ενώ με την κόκκινη γραμμή καταδεικνύονται οι διαδρομές που μπορούν να οδηγήσουν σε επικίνδυνα φαινόμενα (σενάρια ατυχημάτων). Χρησιμοποιούνται διαφορετικά χρώματα για την απεικόνιση διαφορετικών διαδρομών (σεναρίων) που οδηγούν στα επικίνδυνα φαινόμενα. Συγκεκριμένα η μπλε γραμμή χρησιμοποιείται για να υποδείξει τα σενάρια εκείνα που καταλήγουν στο φαινόμενο POOL FIRE, η γαλάζια γραμμή χρησιμοποιείται για το φαινόμενο BLEVE, η καφέ για το FIREBALL, η πράσινη για το FLAME JET, η φούξια FLASH FIRE, η μοβ για το UVCE και η πορτοκαλί για τη διασπορά χωρίς ανάφλεξη. Στην περίπτωση που η λίμνη υγρού καυσίμου μπορεί να καταλήξει σε διαρροή υγρού στον τόπο απώλειας περιεχομένου δίχως να έχει οδηγήσει σε κάποια επικίνδυνη κατάσταση (λαχανί γραμμή). Όπως προκύπτει από το διάγραμμα μετά από διαρροή εύφλεκτης ουσίας μονάχα η διασπορά εκρηκτικού νέφους χωρίς ανάφλεξη οδηγεί σε ασφαλή κατάσταση.

[1] Η ανάπτυξη των δένδρων πραγματοποιήθηκε με χρήση του λογισμικού Microsoft Visio Professional 2002.



Διάγραμμα 7.2.1: Δένδρο Γεγονότων για διαρροή εύφλεκτης ουσίας

Στάδια Ανάλυσης Α έως Γ δένδρου γεγονότων για διαρροή εύφλεκτης ουσίας (Διάγραμμα 7.2.1)

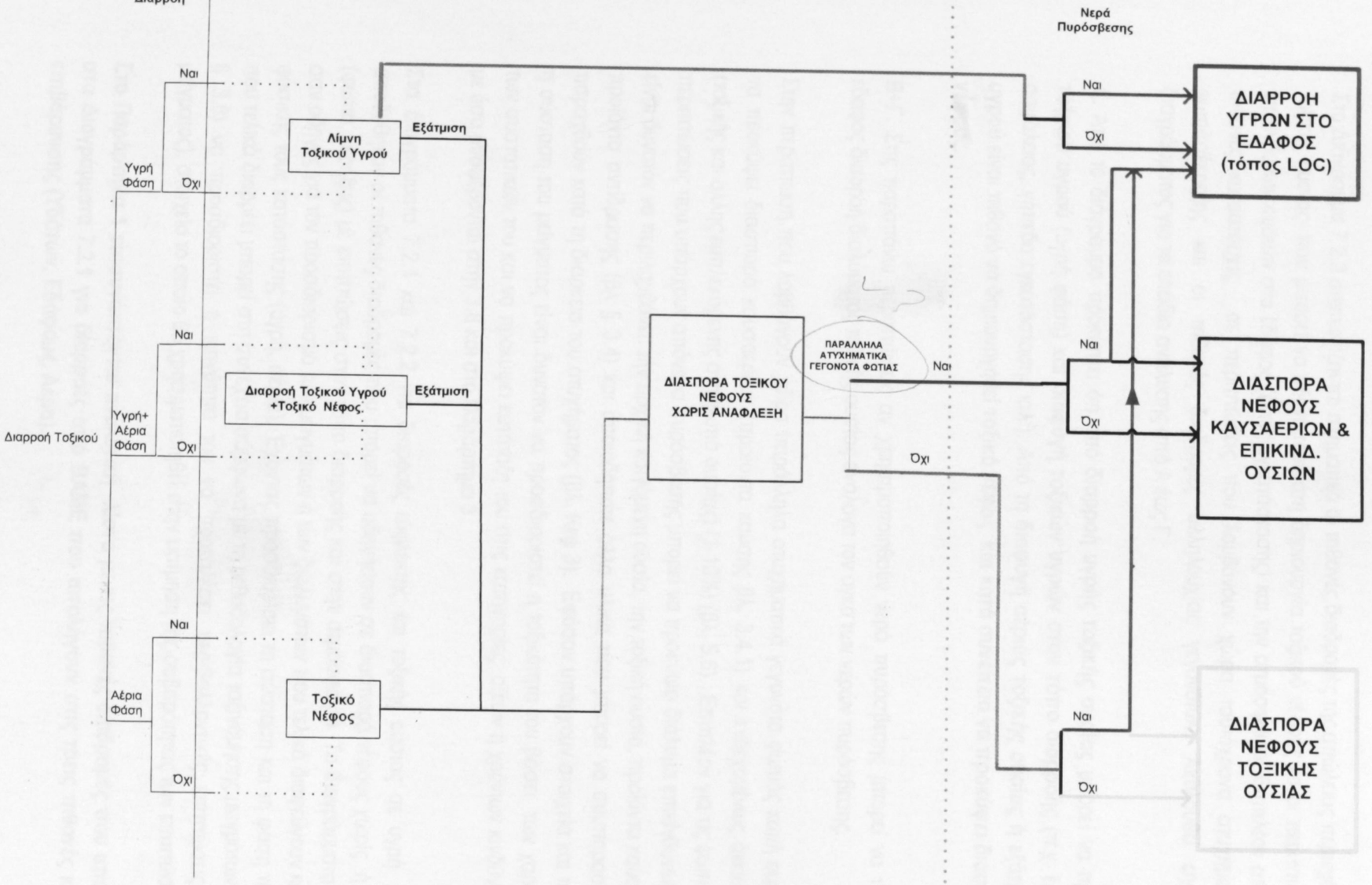
Α : Η διαρροή **εύφλεκτης ουσίας σε υγρή φάση** οδηγεί στο σχηματισμό λίμνης η οποία αν αναφλεγεί οδηγεί στο φαινόμενο το οποίο ονομάζεται **φωτιά λίμνης- POOL FIRE**. Αν γύρω από τη δεξαμενή/δοχείο που ήταν αποθηκευμένη η εύφλεκτη ουσία υπάρχει ανάχωμα δημιουργείται περιορισμένη λίμνη. Στην περίπτωση αυτή η διάρκεια και η ένταση του φαινομένου εξαρτάται από την ποσότητα που διαρρέει και από την επιφάνεια της λίμνης. Από εκδήλωση φωτιάς λίμνης μπορεί να προκύψουν **διαρροή υγρού στον τόπο διαρροής** (π.χ. έδαφος, λεκάνη ασφάλειας, γήπεδο εγκατάστασης κτλ.) **και διασπορά νέφους καυσαερίων ή άλλων επικίνδυνων ουσιών**.

Η στιγμιαία διαρροή διφασικού μείγματος συνοδευόμενη από άμεση ανάφλεξη, μπορεί να οδηγήσει σε BLEVE (FIREBALL), ή POOL FIRE, ενώ συνεχής ή ημισυνεχής διαρροή μπορεί να οδηγήσει σε POOL FIRE ή FLAME JET.

Από τη **διαφυγή εύφλεκτης ουσίας στην αέρια φάση ή την εξάτμιση εύφλεκτου υγρού** είναι πιθανό να δημιουργηθεί **αέριο νέφος εύφλεκτης ουσίας** (π.χ. ατμοί υγραερίου, βενζίνης αλλά και βαρύτερων κλασμάτων) που κατά τη διασπορά του, αν δεν αναφλεγεί διασπείρεται στην ατμόσφαιρα ως νέφος «βαρέως αερίου» επικίνδυνης ουσίας. Όταν η συγκέντρωση της εύφλεκτης ουσίας στο νέφος είναι μεγαλύτερη από το LFL (Lower Flammability Limit) τότε υπάρχει πιθανότητα ανάφλεξης με συνέπεια τη φωτιά ή την έκρηξη **(FLASH FIRE, UVCE) που προκαλεί διασπορά καυσαερίων ή/και επικίνδυνων ουσιών**.

Β: Στις περιπτώσεις διασποράς χωρίς ανάφλεξη μπορεί να προκύψει είτε διαρροή υγρής φάσης στον τόπο διαρροής (π.χ. έδαφος, λεκάνη ασφάλειας, γήπεδο εγκατάστασης κτλ.) και/ή διασπορά αερίου νέφους επικίνδυνης ουσίας στην ατμόσφαιρα. Από φωτιές και εκρήξεις (BLEVE, FIREBALL, FLAMEJET, FLASH FIRE, UVCE) μπορεί να προκύψει διασπορά νέφους καυσαερίων και επικίνδυνων ουσιών (αέρια φάση). Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται νερά πυρόσβεσης μπορεί να δημιουργηθεί διάλυμα επικίνδυνων ουσιών (επικίνδυνη ουσία αρχικής διαρροής και προϊόντα καύσης) στον τόπο διαρροής.

Γ: Σύμφωνα με το Διάγραμμα 7.2.1 από διαρροή χωρίς ανάφλεξη μπορεί να προκύψει διασπορά νέφους της επικίνδυνης ουσίας του LOC. Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται νερά πυρόσβεσης μπορεί να δημιουργηθεί διάλυμα επικίνδυνων ουσιών που να περιλαμβάνει την επικίνδυνη ουσία της αρχικής διαρροής, προϊόντα αντίδρασης της ουσίας με το νερό , αφροποιητικά υλικά, νερά πυρόσβεσης. Αναφορικά στις φωτιές και στις εκρήξεις αναμένεται να προκύψει διασπορά καυσαερίων (προϊόντα καύσης βλ. 3.4.1) και ποσοστό της άκαυστης ουσίας της ουσίας του LOC(1-10%) (βλ. 5.6). Στις φωτιές και τις εκρήξεις σε περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται νερά πυρόσβεσης μπορεί να δημιουργηθεί διάλυμα επικίνδυνων ουσιών που να περιλαμβάνει: την αρχική επικίνδυνη ουσία, προϊόντα καύσης (βλ § 3.5), προϊόντα αντίδρασης (βλ § 3.4) και οποιοδήποτε άλλα υλικά που μπορεί να συμπαρασυρθούν ή να παραχθούν κατά τη διάρκεια του ατυχήματος (βλ. Κεφ 3). Ακόμη στις παραπάνω περιπτώσεις είναι δυνατό από τη στιγμή που προσδιοριστεί η σύσταση του μείγματος να προσδιοριστεί η τοξικότητα του και να εκτιμηθεί ο εγγενής του κίνδυνος βάσει των τοξικολογικών ιδιοτήτων των συστατικών του. Η σχετική μεθοδολογία παρουσιάζεται στο Παράρτημα 3.



Διάγραμμα 7.2.2:Δένδρο γεγονότων για διαρροή τοξικής ουσίας

Στάδια Ανάλυσης Α έως Γ δένδρου γεγονότων για διαρροή τοξικής ουσίας (Διάγραμμα 7.2.1)

Στο Διάγραμμα 7.2.2 απεικονίζονται σχηματικά οι πιθανές διαδρομές της απώλειας περιεχόμενου-διαρροή τοξικής ουσίας- που μπορεί να οδηγήσουν στη δημιουργία τοξικού νέφους κα οι περιπτώσεις διαρροής επικίνδυνων ουσιών στο έδαφος (έκτος εγκατάστασης) και την ατμόσφαιρα. Επιπλέον απεικονίζονται οι πιθανές καταστάσεις σε περιπτώσεις που λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα ατυχηματικά γεγονότα φωτιάς/έκρηξης και οι πιθανές διαδρομές αλληλουχίας γεγονότων. Ακολουθεί σχολιασμός του διαγράμματος για τα στάδια ανάλυσης από Α έως Γ.

Α. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι από **διαρροή υγρής τοξικής ουσίας** μπορεί να προκύψει **λίμνη τοξικού υγρού** (υγρή φάση) **και διαφυγή τοξικών υγρών στον τόπο διαρροής** (π.χ. έδαφος, λεκάνη ασφάλειας, γήπεδο εγκατάστασης κτλ.). Από τη **διαφυγή αέριας τοξικής ουσίας ή εξάτμισης τοξικού υγρού** είναι πιθανό να δημιουργηθεί **τοξικό νέφος και κατά συνέπεια να προκύψει διασπορά τοξικού νέφους.**

Β+Γ. Στις παραπάνω περιπτώσεις αν χρησιμοποιηθούν νερά πυρόσβεσης μπορεί να προκύπτει στο έδαφος διαρροή διαλύματος τοξικής ουσίας ανάλογα τον όγκο των νερών πυρόσβεσης.

Στην περίπτωση που λαμβάνουν χώρα παράλληλα ατυχηματικά γεγονότα φωτιάς και/ή εκρήξεις μπορεί να προκύψει διασπορά καυσαερίων (προϊόντα καύσης βλ. 3.4.1) και ενδεχομένως άκαυστων ουσιών (τοξικής και άλλης εμπλεκόμενης στη φωτιά ουσίας) (1-10%) (βλ. 5.6). Επιπλέον για τις φωτιές/εκρήξεις σε περιπτώσεις που υπάρχουν απόνερα πυρόσβεσης μπορεί να προκύψει διάλυμα επικίνδυνων ουσιών που είναι δυνατόν να περιλαμβάνει: την αρχική καιγόμενη ουσία, την τοξική ουσία, προϊόντα καύσης (βλ § 3.4), προϊόντα αντίδρασης (βλ § 3.4) και οποιοδήποτε άλλα υλικά που μπορεί να συμπαρασυρθούν ή να παραχθούν κατά τη διάρκεια του ατυχήματος (βλ. Κεφ 3). Εφόσον υπάρχουν στοιχεία και προσδιοριστεί η σύσταση του μείγματος είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η τοξικότητα του βάσει των χαρακτηριστικών των συστατικών του και να προκύψει κατάταξη του στις κατηγορίες οξέων ή χρόνιων κινδύνων σύμφωνα με όσα αναφέρονται στην 3.8 και στο Παράρτημα 3.

Στα Διαγράμματα 7.2.1 και 7.2.2 για διαρροές εύφλεκτης και τοξικής ουσίας σε υγρή αέρια φάση αποδόθηκαν οι πιθανές διαδρομές που μπορεί να οδηγήσουν σε διασπορά νέφους χωρίς ή με ανάφλεξη (φωτιά, εκρήξεις) με επιπτώσεις στον τόπο διαρροής και στην ατμόσφαιρά. Τα διαγράμματα λειτουργούν σαν οδηγός για τον προσδιορισμό των μειγμάτων ή των διαλυμάτων που τελικά διαφεύγουν καθώς και της φυσικής τους κατάστασης (υγρή, αέρια). Έχοντας προσδιορίσει τη σύσταση και τη φάση του μείγματος που τελικά διαρρέει μπορεί στη συνέχεια σύμφωνα με τη μεθοδολογία ταξινόμησης μειγμάτων ουσιών (βλ. § 3.8) να προσδιοριστεί η ικανότητα του να προκαλέσει περιβαλλοντικές επιπτώσεις (τοξικότητα μείγματος), στοιχείο το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στην εκτίμηση της σοβαρότητας των επιπτώσεων.

Στο Παράρτημα 1 επισυνάπτονται αναλυτική λίστα με τις πιθανές διαδρομές που απεικονίζονται στα Διαγράμματα 7.2.1 για διαρροές από ΒΑΜΕ που απολήγουν στις τρεις πιθανές καταστάσεις επιβάρυνσης (Υδάτων, Εδάφους, Αέρα).

Το επόμενο βήμα αποσκοπεί στη διερεύνηση των πιθανών διαδρομών της επικίνδυνης ουσίας (διαλύματος) από τις πιθανές καταστάσεις επιβάρυνσης που προκύπτουν: **Διαρροή Υγρών στο Έδαφος*-Τόπος απώλειας περιεχομένου LOC, Διασπορά νέφους Καυσαερίων και Επικίνδυνων ουσιών και Διασπορά νέφους επικίνδυνης ουσίας** ώστε να εντοπιστούν οι αποδέκτες που ενδέχεται να υποστούν τις συνέπειες. Φραγή στις διαρροές αυτές μπορεί να αποτελέσουν βοηθητικά συστήματα ελέγχου, περιορισμού και καταστολής επιπτώσεων εντός και εκτός των ορίων της εγκατάστασης.

7.3 Δένδρα γεγονότων Περιβαλλοντικών Κινδύνων (Event Trees)

Από τη διαρροή μιας επικίνδυνης ουσίας ή μείγματος επικινδύνων ουσιών μέχρι την τελική εναπόθεση της στους τρωτούς αποδέκτες παρεμβάλλονται μια σειρά από παράγοντες οι οποίοι εξαρτώνται από τις διαδικασίες και τα μέσα ελέγχου στην εγκατάσταση, από τις βοηθητικές παροχές και τα συστήματα, από τις συνθήκες περιβάλλοντος (ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου), από τις φυσικοχημικές ιδιότητες των ουσιών, των οδεύσεων και των αποδεκτών καθώς και από τον τρόπο αλληλεπίδρασης τους. Στοιχεία αναφορικά με τα παραπάνω αναπτύχθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

Κατά τη διερεύνηση των πιθανών διαδρομών μιας επικίνδυνης ουσίας ή μείγματος επικίνδυνων ουσιών από τις τρεις πιθανές καταστάσεις διαρροής ιδιαίτερη σημασία πρέπει να αποδίδεται στην καταγραφή των μέτρων ασφάλειας, βοηθητικών συστημάτων ελέγχου της εγκατάστασης ή φραγών (barrier) που μπορούν να σταματήσουν τη διαρροή και να αποτρέψουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Είναι γεγονός πως σε κάθε εγκατάσταση εφαρμόζονται ειδικά συστήματα ελέγχου που κρίνονται κατάλληλα σύμφωνα με τη λειτουργία της και τις επικίνδυνες καταστάσεις που εκτιμάται ότι μπορούν να προκύψουν λόγω των επικίνδυνων ουσιών που διακινούνται, των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα, της διάταξης της εγκατάστασης, της θέση της κλπ ώστε να μπορούν να προλαμβάνουν και περιορίζουν τις επιπτώσεις. Τέτοια συστήματα που μπορούν να δράσουν ως φραγή ή δίοδος (αστοχία φραγής) μιας επικίνδυνης ουσίας στο περιβάλλον και περιλαμβάνουν (β. Κεφ. 5):

- Λεκάνες Ασφάλειας Δεξαμενών (αναχώματα)
- Φρεάτια εξυδατώσεων δεξαμενών , Φρεάτια Απορροής ομβρίων
- Δίκτυο Υδροσυλλογής
- Υπόγειοι Αγωγοί (Εκροή, τόπος εναπόθεσης)
- Δίκτυο αποστράγγισης, Αποχετευτικό σύστημα (Εκροή, τόπος εναπόθεσης)
- Αγωγοί διάθεσης υγρών αποβλήτων (Εκροή, τόπος εναπόθεσης)
- Δεξαμενές Εξισορρόπησης ομβρίων (υπερχείλιση)

Τα παραπάνω μπορούν να ληφθούν υπόψη στην ανάπτυξη δένδρων γεγονότων προκειμένου να προκύψουν πιθανές διαδρομές (σενάρια) που οδηγούν σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

* Θεωρείται ότι ο εξοπλισμός αποθήκευσης (δοχεία, δεξαμενές, σωληνώσεις κτλ.) βρίσκεται σε χερσαίο περιβάλλον εντός των ορίων του οικοπέδου της εγκατάστασης Seveso

Στο παράδειγμα ανάπτυξης δένδρων γεγονότων που ακολουθεί σύμφωνα με την ανάλυση του Κεφαλαίου 5 και της § 5.2, λαμβάνονται ενδεικτικά υπόψη τα αναχώματα και τμήματα ενός τυπικού υπόγειου συστήματος παροχέτευσης. Επιπλέον εφαρμόζονται χρήσιμα στοιχεία όπως αυτά προέκυψαν από την ανάλυση για τις οδεύσεις (§ 5.3-5.5). Η επιλογή του δικτύου είναι ενδεικτική και εφαρμόστηκε προκειμένου να αποτυπωθεί ο μηχανισμός εφαρμογής ενός συστήματος παροχέτευσης και εξουδετέρωσης διαρροών. Συνίσταται σε κάθε εγκατάσταση να καταγράφονται τα υπάρχοντα συστήματα κατακράτησης και εξουδετέρωσης και να εφαρμόζονται κατάλληλα προσαρμοσμένα στα δένδρα γεγονότων.

Στη συνέχεια για τις πιθανές καταστάσεις επιβάρυνσης:

1. Διαρροή Υγρών στο Έδαφος*-Τόπος Απώλειας Περιεχομένου

2. Διασπορά νέφους Καυσαερίων και Επικίνδυνων ουσιών και/ή Διασπορά νέφους επικίνδυνης ουσίας αναπτύσσονται δένδρα γεγονότων που αποτυπώνουν τις πιθανές αλληλουχίες γεγονότων που μπορεί να επακολουθήσουν σύμφωνα με το σύστημα Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης για διαρροές εντός και εκτός της εγκατάστασης. Για τη Διασπορά νέφους Καυσαερίων και Επικίνδυνων Ουσιών και τη Διασπορά νέφους μόνον της επικίνδυνης ουσίας δεν αναπτύσσονται διαφορετικά δένδρα εφόσον η εξέλιξη των γεγονότων θεωρείται όμοια και στις δύο περιπτώσεις αλλά ωστόσο στην τελική εκτίμηση της σοβαρότητας των βλαβών πρέπει να πραγματοποιείται εξειδικευμένη ανάλυση λαμβάνοντας υπόψη τις ουσίες στο νέφος.

Στα Διάγραμμα 7.3.1και 7.3.2 παρουσιάζονται δένδρα γεγονότων για διαρροή υγρού στον τόπο απώλειας περιεχόμενου εντός και εκτός της εγκατάστασης και δένδρο γεγονότων για διασπορά νέφους αντίστοιχα προκειμένου να επιτευχθεί συστημική καταγραφή των ενδιάμεσων σταδίων εξέλιξης μιας διαρροής.

7.3.1 Δένδρα γεγονότων για διαρροή υγρού στον τόπο απώλειας περιεχόμενου

Στο Δένδρο Γεγονότων για τη διαρροή υγρού Διάγραμμα 7.3.1 διερευνάται η διαδρομή του υγρού από τον τόπο απώλειας περιεχομένου μέχρι τους πιθανούς αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης στο έδαφος και στα ύδατα. Στο ίδιο διάγραμμα αποτυπώνονται οι πιθανές διαδρομές μέχρι να προκύψουν διαρροές εκτός των ορίων της εγκατάστασης και στη συνέχεια οι διαδρομές μέχρι τους τελικούς αποδεκτές.

Τα μέτρα και συστήματα ελέγχου και περιορισμού των επιπτώσεων ενεργούν κατακόρυφα στο Διάγραμμα 7.3.1 οδηγώντας σε δύο εξελίξεις (κλάδους): α) επιτυχούς εφαρμογής τους- καταγράφεται με τη λέξη **Ναι** και β) αστοχίας τους (ολική ή μερική) που καταγράφεται με τη λέξη **Όχι**. Για χάρη της ανάλυσης και για τη διαρροή επικίνδυνης ουσίας στον τόπο απώλειας περιεχόμενου λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω μέτρα ελέγχου:συστήματα κατακράτησης και εξουδετέρωσης των διαρροών:

- ✓ Λεκάνες ασφάλειας – Αναχώματα
- ✓ Φρεάτια που καταλήγουν στο Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων

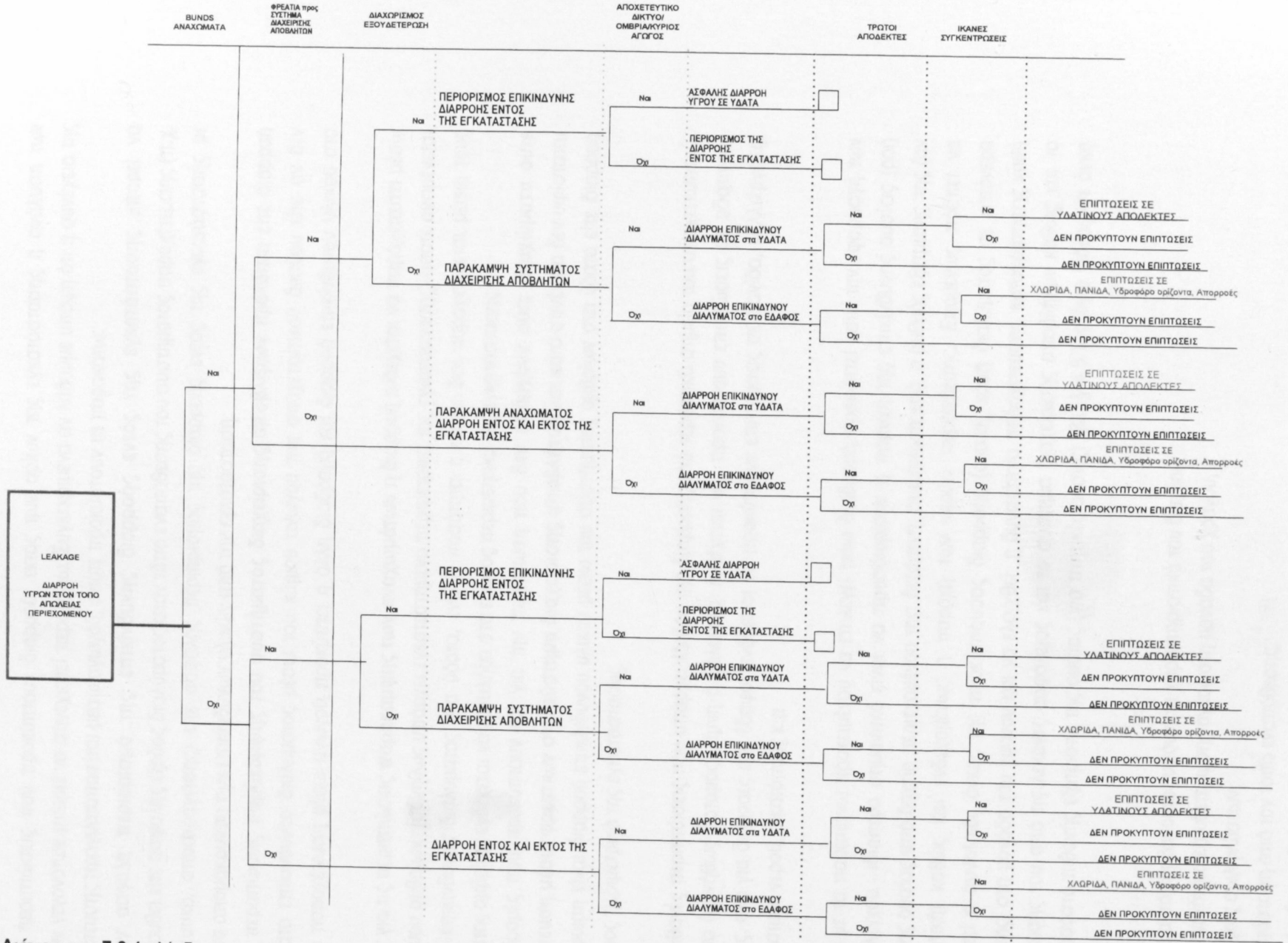
* Θεωρείται ότι ο εξοπλισμός αποθήκευσης (δοχεία, δεξαμενές, σωληνώσεις κτλ.) βρίσκεται σε χερσαίο περιβάλλον εντός των ορίων του οικοπέδου της εγκατάστασης Seveso

- ✓ Διαχωρισμός και Εξουδετέρωση των επικίνδυνων διαλυμάτων στο Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων
- ✓ Αποχετευτικό Σύστημα/ Όμβρια (αποχετευτικό εγκατάστασης που δεν περνά από το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων) / Κύριος Αγωγός που οδηγεί στην έξοδο -τόπος εναπόθεσης συνέχεια του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων (αποχετευτικό εγκατάστασης).

Ειδικότερα, ύπαρξη λεκανών ασφάλειας που ενδέχεται να **έχουν τη δυνατότητα να συγκρατήσουν μεγάλους όγκους (περιεχόμενο δοχείου και νερά πυρόσβεσης)** οδηγεί στον **κλάδο Ναι** ενώ απουσία αναχώματος οδηγεί στον **κλάδο Όχι**.

Στους δύο αυτούς κλάδους εφαρμόζεται το δεύτερο μέτρο ελέγχου, δηλαδή τα φρεάτια του δίκτυο παροχέτευσης στα οποία διοχετεύεται η διαρροή μετά τα αναχώματα. Στην περίπτωση που υπάρχουν εγκατεστημένα φρεάτια που έχουν κατασκευαστεί κατάλληλα (τεχνικές προδιαγραφές) και μπορούν να διοχετεύσουν τη διαρροή στο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων τότε προκύπτει επιτυχής εφαρμογή τους-κλάδος **Ναι.** Αντίθετα σε περίπτωση που δεν υπάρχουν ή αστοχούν προκύπτει η άλλη διαδρομή-κλάδος **Όχι,** που συνεπάγεται με πιθανή παράκαμψη των αναχωμάτων π.χ. λόγω υπερχείλισης. Από το κλάδο αυτό η **διαρροή μπορεί να εξελιχθεί Εντός και Εκτός των ορίων της Εγκατάστασης.** Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν άλλα μέτρα/μέσα απομάκρυνσης, η διαρροή πιθανόν να διαρρεύσει στο περιβάλλον της εγκατάστασης.

Για τις περιπτώσεις που προκύπτει επιτυχής παροχέτευση από τα φρεάτια στο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων τότε ενδέχεται ο σχεδιασμός του συστήματος (βιολογικός) και η δυναμικότητα του να επιτρέπει το διαχωρισμό και την εξουδετέρωση οπότε προκύπτει **περιορισμός της επικίνδυνης διαρροής εντός της εγκατάστασης**. Σε διαφορετική περίπτωση, δηλαδή αστοχία ασφαλούς διαχωρισμού και εξουδετέρωσης της επικίνδυνης διαρροής τότε ενδέχεται να προκύψει **παράκαμψη του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων**.



Διάγραμμα 7.3.1: Δένδρο γεγονότων διαρροή επικίνδυνου διαλύματος στον τόπο απώλειας περιεχομένου

Για τις περιπτώσεις που προκύπτουν διαρροές εκτός των ορίων της εγκατάστασης η ανάλυση των δένδρων γεγονότων μπορεί να συνεχιστεί περαιτέρω. Συγκεκριμένα αν λάβουμε υπόψη ότι η συνέχεια της παροχέτευσης πραγματοποιείται μέσω αγωγού, οπότε προκύπτουν τα παρακάτω:

-Για τον ασφαλή **περιορισμό της επικίνδυνης διαρροής εντός της εγκατάστασης** μπορεί να επακολουθεί είτε ασφαλής έξοδος διαλύματος στον τόπο εναπόθεσης του συστήματος παροχέτευσης (π.χ. αποχετευτικό, αποστράγγισης) είτε ασφαλής περιορισμός της διαρροής εντός της εγκατάστασης με μετέπειτα απομάκρυνση των επικίνδυνων υλικών από την εγκατάσταση.

-Για τις περιπτώσεις **παράκαμψης του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων** προκύπτει είτε διαρροή στα ύδατα επικίνδυνου διαλύματος μέσω του κύριου αγωγού του αποχετευτικού δικτύου είτε αν δεν υπάρχει παροχέτευση μέσω αγωγού προκύπτει η άλλη διαδρομή και διαρροή επικίνδυνου υλικού στο έδαφος.

-Ομοίως για τις περιπτώσεις **παράκαμψης των αναχωμάτων** η διαρροή ενδέχεται να παροχετευτεί μέσω του δικτύου ομβρίων (συνήθως υπάρχει εγκατεστημένο περιμετρικά της εγκατάστασης) οπότε αναμένεται διαρροή επικίνδυνου διαλύματος στα ύδατα, ενώ η ποσότητα η οποία δεν παροχετεύεται μέσω τους συστήματος ομβρίων ενδέχεται να καταλήξει στο έδαφος περιμετρικά της εγκατάστασης.

-Οι διαδρομές που προκύπτουν και για την περίπτωση που **δεν υπάρχουν ούτε αναχώματα ούτε παροχέτευση μέσω φρεατίων στο σύστημα διαχείρισης αποβλήτων** και κατά συνέπεια δεν υφίσταται εξουδετέρωση είναι διαρροή επικίνδυνου υλικού μέσω του συστήματος ομβρίων στα ύδατα είτε διαρροή στο έδαφος περιμετρικά της εγκατάστασης.

Για τις πιθανές περιπτώσεις που υπάρχει έξοδος της διαρροής στο τερματικό σημείο του αποχετευτικού, στα ύδατα (συνήθως ποταμός, λίμνη ή θάλασσα) ενδέχεται να προκύπτουν επιπτώσεις σε υδάτινους αποδέκτες, ενώ για διαρροές στο έδαφος ενδέχεται να προκύπτουν επιπτώσεις σε πανίδα, καλλιέργειες, πηγές πόσιμου νερού, οικοτόπους κ.α.

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκειμένου να επιλεγεί ποια διαδρομή προκύπτει κατά την εφαρμογή των μέτρων ελέγχου ιδιαίτερα σημαντικό είναι να προσδιοριστεί η παροχή της επικίνδυνης ουσίας (ροή επικίνδυνης ουσίας από δοχείο περιεχομένου της: δεξαμενή, σωλήνωση κτλ), ο ρυθμός εξάτμισης της (αν είναι πτητική) καθώς και ενδεχομένως η παροχή των νερών πυρόσβεσης. Επομένως πρέπει να υπολογιστεί ο συνολικός όγκος της προκύπτουσας διαρροής (ουσίας και/ή διαλύματος σε απόνερα πυρόσβεσης) στη μονάδα του χρόνου και να ελεγχθεί η δυνατότητα παροχέτευσης, κατακράτησης και/ή εξουδετέρωσης του από τις λεκάνες ασφάλειας και το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων καθώς και το πιθανό ποσοστό πιθανής εξάτμισης της ουσίας (για πτητικές ουσίες) (βλ. § 4.5 Ισοζύγιο Μάζας σε όγκο ελέγχου).

Στο σημείο αυτό λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του δικτύου:

- δυνατότητα εξουδετέρωσης όγκος στη μονάδα του χρόνου,
- μήκος σωληνώσεων,
- απόσταση από τον τόπο εναπόθεσης,
- διάταξη του δικτύου,

- μορφολογία της περιοχής κ.α, και

τις φυσικοχημικές ιδιότητες της ουσίας προτείνεται να υπολογίζεται:

- **Ο τελικός ρυθμός εξόδου (εκροής) και η διάρκεια διαρροής των επικίνδυνων διαλυμάτων στο τελικό αποδέκτη (ύδατα, έδαφος)**
- **Οι συγκεντρώσεις των επικίνδυνων ουσιών στο σημείο (εξόδου εκροής).**

Αν υπάρχουν στα σημεία εξόδου τρωτοί αποδέκτες και οι συγκεντρώσεις των μειγμάτων σε επικίνδυνα χημικά είναι ικανές ώστε να προκαλέσουν βλάβες τότε προκύπτουν επιπτώσεις.

Επομένως για τις διαρροές σε έδαφος/υπέδαφος, εφόσον προκύψει ικανή συγκέντρωση επικίνδυνων χημικών (τοξικών) ενδέχεται να προκληθούν επιπτώσεις σε ευαίσθητους αποδέκτες της περιοχής εφόσον υπάρχουν π.χ. άγρια πτηνά, ενδιαιτήματα Natura 2000 (βλ. § 6.7 και 6.8), καλλιέργειες και/ή να καταλήξει σε παρακείμενα υδάτινα οικοσυστήματα λόγω επιφανειακής απορροής ή στράγγισης του διαλύματος ή διήθησης από το έδαφος και/ή να προκαλέσει επιπτώσεις σε πηγές πόσιμου νερού ή στον υδροφόρο ορίζοντα (βλ. § 5.4.2). Η εκτίμηση της έκτασης των επιπτώσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με όσα αναλύθηκαν και παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 5:Οδεύσεις και 6:Αποδέκτες-Εκτίμηση Επιπτώσεων αντίστοιχα.

Αντίστοιχα όταν τελικά πραγματοποιείται εκροή του διαλύματος επικίνδυνων ουσιών στο τερματικό σημείο του συστήματος το οποίο ότι μπορεί να είναι ποταμός, λίμνη ή θάλασσα έχοντας εκτιμήσει τον τελικό ρυθμό εκροής (παροχή) και τις συγκεντρώσεις των επικίνδυνων για το υδάτινο περιβάλλον ουσιών ενδέχεται να προκληθούν επιπτώσεις σε υδάτινους αποδέκτες εφόσον υπάρχουν στην περιοχή (ψάρια, φύκη, εγκαταστάσεις αλιείας κλπ). Όπως παρουσιάστηκε στην § 6.6.2 προτείνεται η χρήση οικοτοξικολογικών δεδομένων (**LC50s, EC50 και ErC50**) κατά την εκτίμηση της σοβαρότητας των συνεπειών. Ενώ σύμφωνα με την § 6.6.3 μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος αναφορικά με τις ουσίες προτεραιότητας (σοβαρά επικίνδυνες ουσίες για το υδάτινο περιβάλλον) καθώς και άλλα πρότυπα ποιότητας υδάτων (βλ. Παράρτημα 4) για σύγκριση των τελικών συγκεντρώσεων των ουσιών στην έξοδο με τις οριακές δόσεις που εξασφαλίζουν την ποιότητα στα ύδατα.

7.3.2 Δένδρα γεγονότων για διασπορά επικίνδυνης ουσίας

Στο Διάγραμμα 7.3.2 που ακολουθεί παρουσιάζεται δένδρο γεγονότων αναφορικά στην εξέλιξη νέφους επικίνδυνων ουσιών. Το νέφος σύμφωνα με την § 7.2 μπορεί να είναι νέφος επικίνδυνης ουσίας ή στις περιπτώσεις που έχει προκύψει φωτιά τότε το νέφος περιλαμβάνει καυσαέρια και πιθανών ένα ποσοστό άκαυστης ουσίας (1-10% της αρχικής ποσότητας βλ. § 5.6.1). Στο δένδρο γεγονότων 7.3.2 παρουσιάζονται γενικά οι πιθανές διαδρομές που μπορεί να προκύψουν από τη διασπορά αερίου νέφους. Σημειώνεται ότι οι πιθανές επιπτώσεις θα πρέπει να προσδιορίζονται λαμβάνοντας υπόψη τη σύσταση του νέφους (συγκεντρώσεις επικίνδυνων ουσιών), τις φυσικοχημικές του ιδιότητες (π.χ. τοξικότητα), το

ρυθμό εκπομπής επικίνδυνων ουσιών και καυσαερίων (εφόσον υπάρχουν)-ρυθμός εξάτμισης επικίνδυνης ουσίας, το χρόνο διασποράς του και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες (ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου) (προσομοίωση διασποράς).

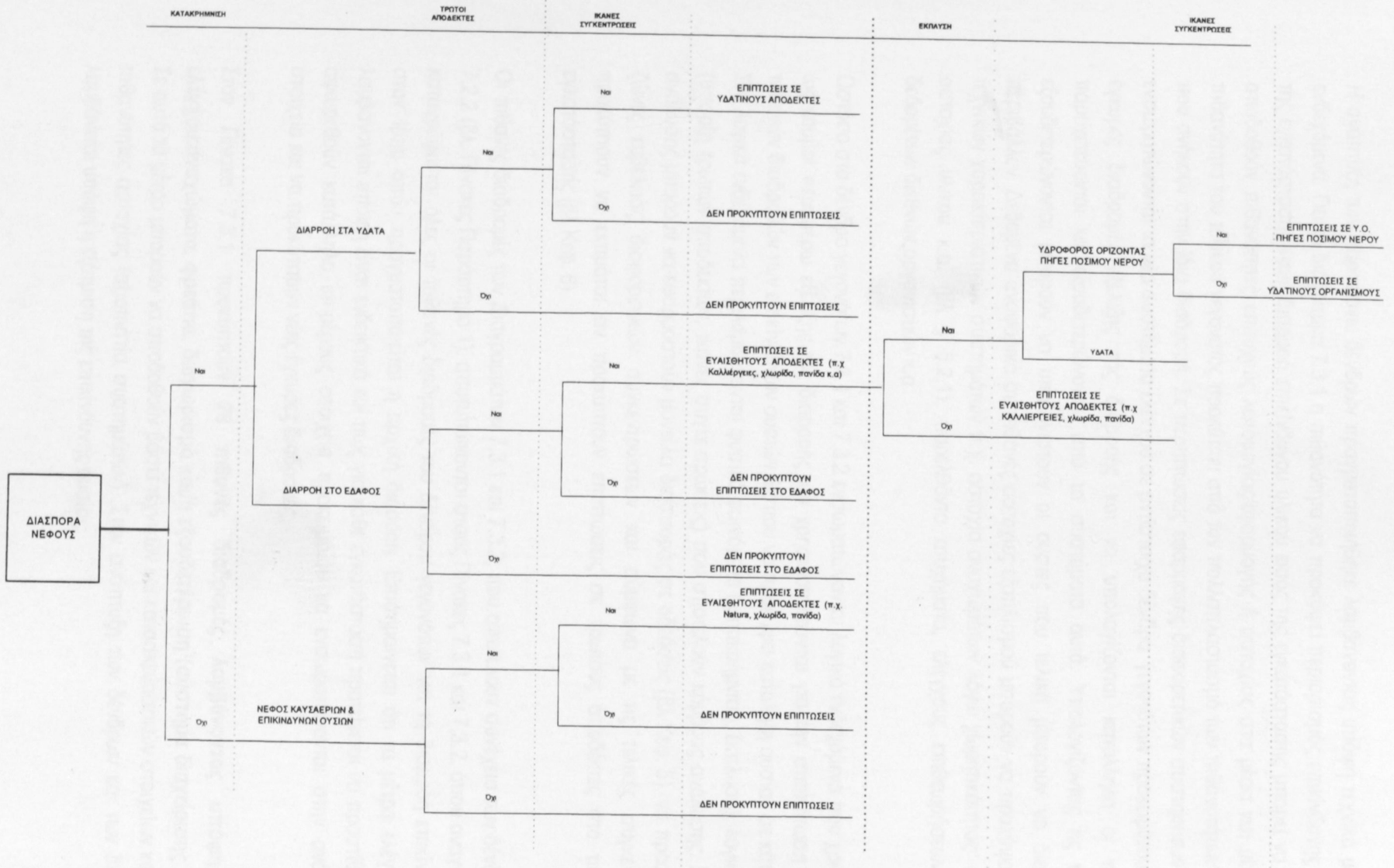
Σύμφωνα με το παρόν μεθοδολογικό πλαίσιο η ατμόσφαιρα λαμβάνεται υπόψη ως όδευση και όχι ως τελικός αποδέκτης αναφορικά με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Σε περιπτώσεις φωτιάς ή έκρηξης τα καυσαέρια που διασπείρονται στην ατμόσφαιρα μπορούν να αποτελέσουν σημαντικές πηγές μη σημειακής ρύπανσης επιφανειακών νερών λόγω κατακρήμνισης των οργανικών κυρίως ρύπων με το νερό της βροχής. Οι οργανικοί ρύποι μπορούν να προκαλέσουν εξίσου σημαντικές βλάβες και σε οργανισμούς (χλωρίδα, πανίδα) στο έδαφος (π.χ. άγρια πτηνά, Natura 2000), καθώς και σε καλλιέργειες. Σε περίπτωση στράγγισης του εδάφους ή διήθησης ενδέχεται να προκαλέσει επιπτώσεις σε πηγές πόσιμου νερού ή στον υδροφόρο ορίζοντα **(Εξίσωση του Gustafson για φυτοφάρμακα βλ. § 5.4.2).**

Επιπλέον είναι πιθανόν ως αποτέλεσμα της φωτιάς ένα μέρος της ουσίας εξαιτίας της εξάτμισης να διαρρεύσει χωρίς να έχει καεί ή ακόμη κατά την ατελή καύση προϊόντων πετρελαίου να προκύψουν και άκαυστοι υδρογονάνθρακές που θα εκλυθούν στην ατμόσφαιρα. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι ουσίες εξετάζονται ως ουσίες που διαρρέουν και διασπείρονται στην ατμόσφαιρα με τα καυσαέρια. Ωστόσο η διασπορά άκαυστης ουσίας παρουσιάζει ενδιαφέρον για περαιτέρω διερεύνηση μονάχα για ουσίες με υψηλό βαθμό τοξικότητας (π.χ. φυτοφάρμακα κ.α.). Το ποσοστό των ουσιών που μεταφέρονται ως άκαυστες ουσίες μαζί με τα καυσαέρια κυμαίνεται από 1-10% (βλ. § 5.6.1).

Κατά την εκτίμηση της σοβαρότητας των επιπτώσεων σε ευαίσθητους οργανισμούς στο έδαφος-πανίδα προτείνεται να χρησιμοποιούνται οικοτοξικολογικά στοιχεία αναφορικά στην έκθεση τον οργανισμών. Έχοντας προσδιορίσει την τελική συγκέντρωση της ουσίας στην οποία εκτίθενται οι οργανισμοί π.χ. μέσω εισπνοής πρέπει να λαμβάνεται προσεκτικά υπόψη το φάσμα των διαφορετικών ειδών που πρέπει να διερευνηθεί, αλλά και ο χρόνος ο οποίος συνδέεται με την διάχυση, διασπορά της συγκεκριμένης συγκέντρωσης σχετικά με το χρόνο στον οποίο ορίζονται τα LC50s. Π.χ αν η προβλεπόμενη συγκέντρωση είναι κοντά στο LC50 ενός ιδιαίτερα ευαίσθητου είδους αλλά για πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα από αυτό που χρησιμοποιήθηκε για να καθοριστεί το LC50, τότε μπορεί να κριθεί ότι η συγκεκριμένη συγκέντρωση της ουσίας δεν προβλέπεται να προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις.

Για την εκτίμηση των επιπτώσεων σε υδάτινους οργανισμούς ισχύουν όσα αναλύθηκαν στο Διάγραμμα 7.3.1.



Διάγραμμα 7.3.2: Δένδρο γεγονότων διασπορά επικίνδυνης ουσίας στην ατμόσφαιρα

7.4 Πιθανότητα επιπτώσεων σε αποδέκτες

Η ανάπτυξη των παραπάνω δένδρων πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη τεχνικά μέτρα και λογικά ενδεχόμενα. Για το διάγραμμα 7.3.1 η πιθανότητα να προκύψει περιορισμός επικίνδυνης διαρροής εντός της εγκατάστασης και/ή διαρροή επικίνδυνου υλικού εκτός της εγκατάστασης μπορεί να υπολογιστεί αν αποδοθούν πιθανότητες επιτυχούς λειτουργίας/εφαρμογής ή αστοχίας στα μέσα και μέτρα ελέγχου. Η πιθανότητα του τελικού γεγονότος προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των πιθανοτήτων των γεγονότων που ανήκουν στην ίδια διαδρομή. Σε περιπτώσεις εφαρμογής διαφορετικών συστημάτων προτείνεται να ενσωματώνονται τα νέα συστήματα ελέγχου σε αντίστοιχα δένδρα γεγονότων προκειμένου να προκύψουν έγκυρες διαδρομές εξέλιξης της διαρροής και να υπολογίζονται κατάλληλα οι ποσότητες που παροχετεύονται και εξουδετερώνονται από τα συστήματα αυτά. Υπολογίζοντας τις ποσότητες που εξουδετερώνονται μπορούν να υπολογιστούν οι ουσίες που τελικά μπορούν να διαρρεύσουν στο περιβάλλον. Δεδομένα αναφορικά σε πιθανές αστοχίες εξοπλισμού μπορούν να προκύψουν από βάσεις τεχνικών χαρακτηριστικών συστημάτων π.χ. αστοχία αναχωμάτων λόγω χωρητικότητας ή ευστάθειας ή αστοχίας υλικού κ.α. (βλ § 5.2.1), παρελθόντα ατυχήματα, ελέγχους επιθεωρήσεων, από βάσεις δεδομένων διεθνών οργανισμών κ.α.

Ωστόσο στα δένδρα γεγονότων 7.3.1 και 7.3.2 ενσωματώνονται λογικά ενδεχόμενα που χρησιμοποιούνται ως κόμβοι περαιτέρω εξέλιξης της διαρροής και χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση σε διάγραμμα πιθανών διαδρομών των επικίνδυνων ουσιών ώσπου να προκύψει κατάληξη ουσίας σε κάποιο αποδέκτη. Στα λογικά ενδεχόμενα περιλαμβάνονται φυσικά φαινόμενα (κατακρήμνιση, έκπλυση), λογικοί παράμετροι (ύπαρξη τρωτών αποδεκτών, ικανές συγκεντρώσεις) που αποτελούν κόμβους ανάλυσης. Στους κλάδους ανάλυσης μπορούν να εφαρμοστούν μοντέλα διασποράς σε οδεύσεις (βλ Κεφ. 5), να προσδιορίζονται οι ζώνες εμβέλειας διαφορετικών συγκεντρώσεων και σύμφωνα με τις τελικές συγκεντρώσεις που προκύπτουν να εκτιμάται αν προκύπτουν επιπτώσεις σε τρωτούς αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης (βλ Κεφ. 6).

Οι πιθανές διαδρομές των Διαγραμμάτων 7.3.1 και 7.3.2, που αποτελούν συνέχεια των δένδρων 7.2.1 και 7.2.2 (βλ. Πίνακες Παράρτημα 1), αποτυπώνονται στους Πίνακες 7.3.1 και 7.3.2. όπου αναγνωρίζονται και καταγράφονται όλες οι πιθανές διαδρομές του δένδρου γεγονότων για τη διαρροή επικίνδυνης ουσίας στον τόπο όπου πραγματοποιείται η αρχική διαρροή. Επισημαίνεται ότι τα μέτρα ελέγχου τα οποία λαμβάνονται υπόψη είναι ενδεικτικά και πως για κάθε εγκατάσταση προτείνεται να προστίθενται και/ή να αφαιρεθούν κατάλληλα επιμέρους στοιχεία προκειμένου να ενσωματώνονται στην ανάλυση έγκυρα στοιχεία και να προκύπτουν νέες έγκυρες διαδρομές.

Στον Πίνακα 7.3.1 προκύπτουν **28 πιθανές διαδρομές λαμβάνοντας υπόψη ως μέτρα ελέγχου:αναχώματα, φρεάτια, διαχωρισμό και/ή εξουδετέρωση (σύστημα διαχείρισης αποβλήτων).** Σε αυτά τα μέτρα μπορούν να αποδοθούν βάσει τεχνικών και κατασκευαστικών στοιχείων και στατιστικών πιθανότητες αστοχίας (αξιοπιστία συστημάτων). Στην ανάπτυξη των δένδρων και των διαδρομών δεν λαμβάνεται υπόψη η εξάτμιση της επικίνδυνης ουσίας.

	ΑΝΑΧΩΜΑΤΑ	ΦΡΕΑΤΙΑ ΠΡΟΣ ΣΥΣΤ.ΔΙΑΧ. ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ		ΣΥΣΤΗΜΑ/ ΟΜΒΡΙΑ/ΚΥΡΙΟΣ ΑΓΩΓΟΣ		ΤΡΩΤΟΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ	ΙΚΑΝΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ1	✓	✓	✓	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	✓	ΑΣΦΑΛΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	-	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ2	✓	✓	✓	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	X	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	-	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ3	✓	✓	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	✓	✓	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΥΔΑΤΙΝΟΥΣ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ
Σ4	✓	✓	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	✓	X	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ5	✓	✓	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	X	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ6	✓	✓	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	✓	✓	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΧΛΩΡΙΔΑ, ΠΑΝΙΔΑ, ΥΔΡΟΦΟΡΟ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, ΑΠΟΡΡΟΕΣ
Σ7	✓	✓	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	✓	X	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ8	✓	✓	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	X	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ9	✓	X	-	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	✓	✓	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΥΔΑΤΙΝΟΥΣ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ
Σ10	✓	X	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	✓	X	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ11	✓	X	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	X	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ12	✓	X	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	✓	✓	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΧΛΩΡΙΔΑ, ΠΑΝΙΔΑ, ΥΔΡΟΦΟΡΟ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, ΑΠΟΡΡΟΕΣ
Σ13	✓	X	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	✓	X	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ14	✓	X	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	X	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ15	X	✓	✓	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	✓	ΑΣΦΑΛΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	-	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ16	X	✓	✓	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	X	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	-	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ17	X	✓	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	✓	✓	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΥΔΑΤΙΝΟΥΣ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ
Σ18	X	✓	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	✓	X	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ19	X	✓	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	X	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ20	X	✓	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	✓	✓	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΧΛΩΡΙΔΑ, ΠΑΝΙΔΑ, ΥΔΡΟΦΟΡΟ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, ΑΠΟΡΡΟΕΣ
Σ21	X	✓	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	✓	X	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ22	X	✓	X	ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	X	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ23	X	X	-	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	✓	✓	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΥΔΑΤΙΝΟΥΣ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ
Σ24	X	X	-	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	✓	X	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ25	X	X	-	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	X	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ26	X	X	-	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	✓	✓	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΧΛΩΡΙΔΑ, ΠΑΝΙΔΑ, ΥΔΡΟΦΟΡΟ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, ΑΠΟΡΡΟΕΣ
Σ27	X	X	-	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	✓	X	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
Σ28	X	X	-	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	X	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Πίνακας 7.3.1:Σενάρια Διαδρομών από διαρροή επικίνδυνου διαλύματος στον τόπο απώλειας περιεχομένου

Αντίστοιχα στον Πίνακα 7.3.2 που αφορά τη διασπορά νέφους λαμβάνοντας υπόψη μονάχα το ενδεχόμενο της κατακρήμνισης, προκύπτουν 9 πιθανές διαδρομές. Ομοίως μπορεί να συνεχιστεί η ανάλυση για την περίπτωση του φαινομένου της έκπλυσης.

ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΝΕΦΟΥΣ					
	ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ		ΤΡΩΤΟΙ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ	ΙΚΑΝΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
N1	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	✓	✓	**ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΥΔΑΤΙΝΟΥΣ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ**
N2	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	✓	X	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
N3	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΣΤΑ ΥΔΑΤΑ	X	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
N4	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	✓	✓	**ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΧΛΟΡΙΔΑ, ΠΑΝΙΔΑ, ΥΔΡΟΦΟΡΟ ΟΡΙΖΟΝΤΑ, ΑΠΟΡΡΟΕΣ**
N5	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	✓	X	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
N6	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	X	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
N7	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΝΕΦΟΥΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ & ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΟΥΣΙΩΝ	✓	✓	**ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΠΑΝΙΔΑ, ΕΙΣΠΝΟΗ ΤΟΞΙΚΟΥ (LC 50), ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ**
N8	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΝΕΦΟΥΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ & ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΟΥΣΙΩΝ	✓	X	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
N9	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΝΕΦΟΥΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ & ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΟΥΣΙΩΝ	X	-	ΔΕΝ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Πίνακας 7.3.2:Σενάρια Διαδρομών από διασπορά νέφους (καυσαερίων/άκαυστου υλικού/προϊόντων αντίδρασης κτλ)

Όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.3.1 προκύπτουν συνολικά τέσσερις (4) στις είκοσι οκτώ (28) πιθανές διαδρομές που μπορούν να προκύψουν επιπτώσεις στους υδάτινους αποδέκτες. Από τον Πίνακα 7.3.2 προκύπτει μία (1) πιθανή διαδρομή στις δέκα (9) που ενδέχεται να δώσει επιπτώσεις στους υδάτινους αποδέκτες.

Αναφορικά στις επιπτώσεις στο έδαφος π.χ. σε χλωρίδα(καλλιέργειες), πανίδα (εισχώρηση στον οργανισμό μέσω δερματικής επαφής ή εισπνοής ή κατάποσης), πιθανή έκπλυση στον υδροφόρο ορίζοντα από τη διαρροή επικίνδυνης ουσίας στο έδαφος προκύπτουν 4 στις 28 διαδρομές. Για τη διασπορά τοξικού προκύπτει μία περίπτωση που δίνει μία (1) διαδρομή με επιπτώσεις σε είδη της πανίδας λόγω εισπνοής τοξικού και ακόμη μία (1) διαδρομή που δίνει επιπτώσεις σε χλωρίδα(καλλιέργειες), πανίδα (εισχώρηση στον οργανισμό μέσω δερματικής επαφής ή εισπνοής ή κατάποσης), και πιθανής έκπλυσης στον υδροφόρο ορίζοντα. [2]

Επομένως από τον Πίνακα 7.3.1 προκύπτουν **20 στις 28 πιθανές διαδρομές οι οποίες δεν δίνουν επιπτώσεις** στο περιβάλλον, ενώ από τον Πίνακα 7.3.2 προκύπτουν **6 στις 9 διαδρομές που δεν δίνουν επιπτώσεις στο περιβάλλον** αντίστοιχα.

Προκειμένου να υπολογιστούν οι πιθανότητες παρουσίας αυτών των διαδρομών αρκεί να αποδοθούν πιθανότητες στα μέτρα ελέγχου και στα λογικά ενδεχόμενα. Η πιθανότητα της τελικής κατάστασης προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των επιμέρους γεγονότων στην αλληλουχία (διαδρομή).

Για το ενδεχόμενο παρουσίας πληθυσμού τρωτών αποδεκτών στον τόπο εναπόθεσης ή εντός μιας δεδομένης ζώνης συνεπειών (όπως προκύπτει από την ανάλυση π.χ. διασπορά τοξικού ζώνη LC50 για διάφορα είδη πανίδα) μπορεί να αποδοθεί μια πιθανότητα η οποία μπορεί να προκύψει από στοιχεία όπως: αριθμός-πλήθος ευαίσθητου αποδέκτη, εποχή χρόνου (π.χ. αποδημητικά πτηνά, εποχή καλλιέργειας ή συγκομιδής), συχνότητα εμφάνισης, πληθυσμιακή κάλυψη κτλ.. Σχετική Βιβλιογραφία αναφορικά στην παρουσία υδάτινων οργανισμών στις Ελληνικές θάλασσες μπορούν να αντληθούν από σχετικές μελέτες[3].

---

[2] Σημειώνεται ότι η έκπλυση και η προσρόφηση μιας χημική ουσίας στο έδαφος και η διείσδυσης της στα νερά των υπόγειων υδροφορέων με πιθανή την τελική απορροή της σε κάποιο υδάτινο οικοσύστημα αποτελεί μια σύνθετη μελέτη η οποία απαιτεί εξειδικευμένη ανάλυση και η οποία εξαρτάται ανά περίπτωση από τις φυσικοχημικές ιδιότητες της ουσίας και του εδάφους.

[3] -Corsini-Foka, M., 2007. Allochtonous and vagrant ichthyofauna in Hellenic marine and estuarine waters. Mediterranean Marine Science. Volume 8/1. 2007. pp. 67-89.

-Economou, A.N., Giakoumi, S., Vardakas, L., Barbieri, R., Stoumboudi, M. and Zoragis, S..2007. The freshwater ichthyofauna og Greece-an update based on a hydrographic basin survey. Mediterranean Marine Science. Volume 8/1. 2007, pp. 91-166.

-Labropoulou, M., and Papaconstantinou, C., 2000. Community structure of deep-sea demersal fish in the North Aegean Sea (northeastern Mediterranean). Hydrobiologia 440: 281-296, 2000.

-Hatzianestis, I., Sklivagou, E., and Georgakopoulou., E., 2001. Levels of Chlorinated Compounds in marine organoisms from Greek Waters. 7th International Conference on Environmental Science and Technology. Ermoupolis, Syros island. Greece. Sept. 2001.

- Stergiou, K.I., and Moutopoulos, D.K..2001. A review of Length-Weight Relationships of Fishes from Greek Marine Waters. Fisheries Section of the Network of Tropical Aquaculture and Fisheries Professionals. January-June 2001.

- Pancucci-Papadoipoulou, M.A., Zenetos, A., Corsini-Foka, M., and Politou, CH.. 2005. Update of marine alien species in Helleniv waters. Mediterranean Marine Science. Volume 6/2.2005.

7. Mytilenou, C., Politou, C., Papaconstantinmou, C., Kavadas, S., D'Onghia, G., and Sion, L. 2005. Deep-Water fish fauna in the Eastern Ionian Sea. Belg. J. Zool., 2005. 135(1):229-233.

8. Κουτσούμπας, Δ., 2003. Βενθικά Οικοισυστήματα. Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Επιστημών Θάλασσας.

Επομένως προκύπτει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για το πότε αναμένεται να προκύψουν επιπτώσεις σε αποδέκτες εφόσον για κάθε ατυχηματικό σενάριο που εξετάζεται, γίνεται εκτίμηση των παρακάτω:
-Πιθανότητα να αστοχήσει κρίσιμος εξοπλισμός/διαδικασία και/ή
-Πιθανότητα να συμβεί ατυχηματικό γεγονός που θα ελευθερώσει επικίνδυνες ουσίες στο περιβάλλον
-Πιθανότητα αστοχίας συστημάτων ελέγχου και περιορισμού των διαρροών,
-Οι τελικές ποσότητες που έχουν διαρρεύσει από την εγκατάσταση και υπολογίζονται οι συγκεντρώσεις των ουσιών σε συγκεκριμένο όγκο ελέγχου,
-Εφαρμόζονται μοντέλα διασποράς σε ατμόσφαιρα, έδαφος και ύδατα και
-Υπολογίζονται οι τελικές συγκεντρώσεις συναρτήσει ζωνών εμβέλειας-ζώνες επιπτώσεων για χλωρίδα, πανίδα, ύδατα
-Αν οι συγκεντρώσεις αυτές προκύπτουν μεγαλύτερες από τις οριακές συγκεντρώσεις των αποδεκτών LC50, NOECS, ή προτύπων ποιότητας περιβάλλοντος τότε σε αυτήν την περίπτωση προκύπτουν και επιπτώσεις.

Η παραπάνω πληροφορία χρησιμοποιείται στην πιλοτική ανάπτυξη δείκτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων βλ. § 7.7.

7.5 Ζώνες Επιπτώσεων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παραπάνω ανάλυσης εκτός της απόδοσης πιθανοτήτων αστοχίας σε εξοπλισμό ιδιαίτερα σημαντικό είναι να προσδιοριστούν οι ζώνες εμβέλειας (ζώνες επιπτώσεων) από τις αναμενόμενες διαρροές έτσι ώστε να προκύψει η πιθανότητα να εμπίπτουν εντός της ζώνης τρωτοί αποδέκτες. Οι ζώνες συνεπειών προσδιορίζονται μέσα από μοντέλα διασποράς στις οδεύσεις (ατμόσφαιρα, έδαφος, ύδατα) συνήθως με τη χρήση κάποιων λογισμικών μοντέλων.

Στην παρούσα εργασία προσομοιώθηκαν κάποια σενάρια αναφορικά στις διαρροές επικίνδυνων ουσιών στα ύδατα και στην ατμόσφαιρα προκειμένου να παρουσιαστούν ενδεικτικά παραδείγματα υπολογισμού έκτασης ζωνών επιπτώσεων συναρτήσει του χρόνου για συγκεκριμένες τιμές συγκεντρώσεων. Οι τιμές των συγκεντρώσεων ορίζονται βάσει των προτεινόμενων οριακών συγκεντρώσεων ελέγχου (LC50, NOECS κτλ) των αποδεκτών που εξετάζονται.

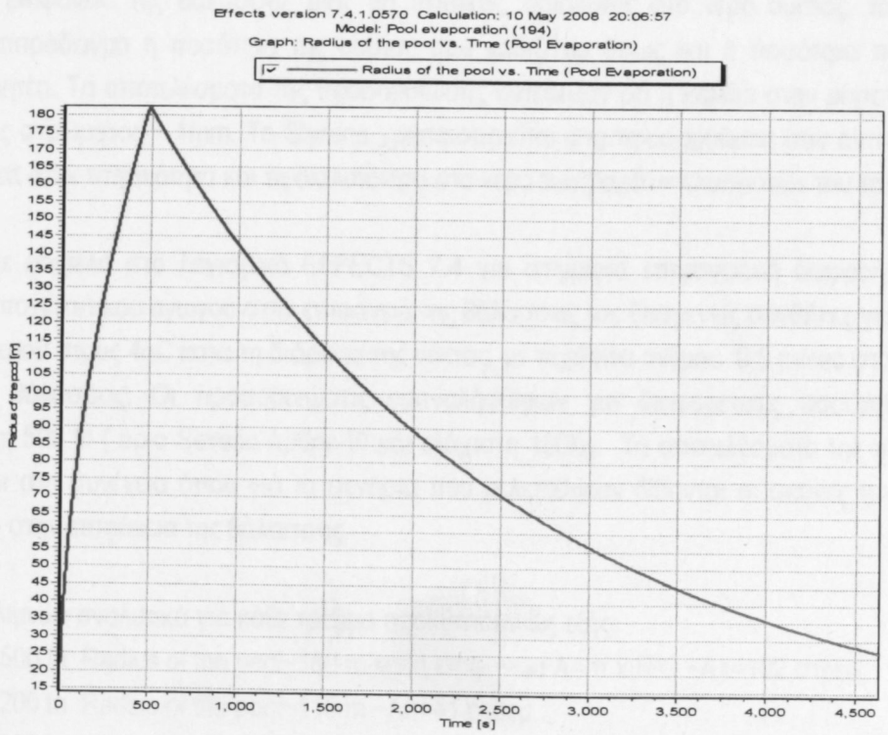
7.5.1 Προσομοίωση Διασποράς στα Ύδατα

Η διασπορά επικίνδυνων ουσιών ή διαλυμάτων στα ύδατα αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία η οποία πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις φυσικοχημικές ιδιότητες των υδάτων, τις φυσικοχημικές ιδιότητες της χημικής ουσίας και τις εξωτερικές συνθήκες που υφίστανται τη στιγμή της διαρροής (π.χ. ώρα ατυχήματος, καιρικές συνθήκες κτλ) (βλ. § 5.4). Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της οδηγίας SEVESO αναφορικά στις περιβαλλοντικές βλάβες ορίζονται ως κριτήρια κοινοποίησης ατυχήματος για τα ύδατα:
Ουσιαστικές ή μακροπρόθεσμες βλάβες οικοτόπων επιφανειακών ή θαλάσσιων υδάτων
- ✓ 10 ή περισσότερα χιλιόμετρα ποταμού ρυακιού ή καναλιού,
- ✓ 1 ή περισσότερα εκτάρια δέλτα.
- ✓ 2 ή περισσότερα εκτάρια παράκτιας ζώνης ή θάλασσας

✓ Ουσιαστικές βλάβες υδροφόρου ορίζοντα ή υπόγειων υδάτων πάνω από 1 εκτάριο[4]

Για εγκαταστάσεις αποθήκευσης πετρελαιοειδών, διυλιστήρια και για ελαφρά κλάσματα πετρελαίου με κύρια συστατικά τη νάφθα και τη βενζίνη η προσομοίωση θεωρεί μείγμα πτητικών υδρογονανθράκων που αντιπροσωπεύονται από τη βενζίνη. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης κατέδειξαν ότι η εξάπλωση της κηλίδας είναι περιορισμένη λόγω ταχείας εξάτμισης των πτητικών συστατικών. Συγκεκριμένα τα αποτελέσματα της προσομοίωσης κατέδειξαν ότι για διαρροή 500 τόνων βενζίνης στους 15oC , σε επιφανειακά ύδατα θερμοκρασίας 10oC προκύπτει, κηλίδα που αναπτύχθηκε σε μέγιστη ακτίνα 180 m εντός ~ 10 min και εξατμίσθηκε πλήρως σε λιγότερο από 2 ώρες. Συνεπάγεται ότι για τα πτητικά συστατικά των πετρελαιοειδών δεν δημιουργούνται συνθήκες που να τεκμηριώνουν ικανή παραμονή επικίνδυνης ουσίας σε υδάτινο περιβάλλον και πιθανότητα έκθεσης αποδεκτών για τους χρόνους έκθεσης που θεωρούνται ελάχιστοι σε σύγκριση με τους χρόνους που προβλέπονται από τα τεστ τοξικότητας υδάτινων οργανισμών (ειδικότερα προβλέπονται τεστ 96 ώρες για τα ψάρια, 48 ώρες για τις δαφνίδες και 72 για τα άλγη).
Κατά συνέπεια στη παρούσα μελέτη θεωρείται σημαντικό να εξετασθούν διαρροές από βαρέα κλάσματα πετρελαιοειδών.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για το παράδειγμα διαρροής ελαφρών κλασμάτων- βενζίνη παρουσιάζονται στη συνέχεια.



RESULTS

```
Heat flux from solar radiation..... : 1.1118 kW/m2
Time pool spreading ends..... : 483.5 s
Time until pool has totally evaporated..... : 4633 s
Representative release rate..... : 367.71 kg/s
Representative outflow duration..... : 1359.8 s
Representative temperature..... : 3.4944 °C
```

[4] 1 εκτάριο=10 στρέμματα=10.000 m2

```
Representative pool radius..................................... : 56.419 m
Total evaporated mass.......................................... : 5E05 kg
... duration evaporation time.................................. : 4633 s

---------------------------- END OF SESSION 1 ----------------------------------

Administrative & version data:
--------------------------------
Main program (production date) : Effects (02 Aug 2007  13:00:00)
Run mode (complexity level)    : Expert
Model name                     : Pool evaporation (194)
Date of this calculation       : 10 May 2008  20:05:42
License owner                  : Administrator
Calculation performed by       : Administrator
Software library version       : 7.4.1.0570
Model driver version(s)        : 5.14
Model driver last modification : 6 July 2007
Model executable version(s)    : N/A
Session nr.                    : 1
References                     : Yellow Book CPR14E 2rd Edition - Chapter 5: Evaporation
Project file name              : "Standard project.alf
Chemical database used         : "Purple Book (1999).rdb" (30 Jul 2007  13:00:00)
Environment database used      : "Purple Book (1999).Env" (30 Jul 2007  13:00:00)
System database used           : "Purple Book (1999).SPF" (30 Jul 2007  13:00:00)
```

Αναφορικά στα βαρέα κλάσματα πετρελαίου μετά από διαρροή σε επιφανειακά ύδατα αναμένεται δημιουργία κηλίδας η οποία θα εξαπλωθεί ανάλογα της ποσότητας διαρροής, το σημείο εκροής της διαρροής, τον αποδέκτη, τις καιρικές συνθήκες και τις άλλους παράγοντες που καθορίζουν την φυσική κατάσταση του αποδέκτη. Η εξάπλωση μιας τέτοιας κηλίδας εξετάζεται στη παρούσα με ένα παράδειγμα διαρροής στη επιφάνεια της θάλασσας μιας μη πτητικής, αδιάλυτης στο νερό ουσίας, το Styrene. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η ποσότητα της ουσίας που καθιζάνει όπως και η ποσότητα που εξατμίζεται θεωρείται αμελητέα. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης κατέδειξαν ότι η κηλίδα στην μέγιστη έκταση έχει ελάχιστο πάχος στρώματος ~ 1mm. Το Styrene χρησιμοποιείται στη προσομοίωση σαν αντιπροσωπευτικό υλικό αναφορικά στην πτητικότητα και τη διαλυτότητα στο νερό των βαρέων κλασμάτων του πετρελαίου.

Προσομοιώθηκε μοντέλο στο λογισμικό EFFECTS 7.4 για στιγμιαία επιφανειακή διαρροή λαμβάνοντας υπόψη έξοδο αποχετευτικού αγωγού στην επιφάνεια της θάλασσας (σε δυσμενείς συνθήκες για εξάτμιση), με θερμοκρασία νερού στους 4oC κατά τη διάρκεια της νύκτας, με ταχύτητα ανέμου 0.5 m/sec στα 10m από την επιφάνεια της θάλασσας. Οι προσομοιώσεις επαναλήφθηκαν για διαφορετικές ποσότητες διαρροών Styrene, μέγιστη 500 tn (όριο Seveso άρθρο 9) και ελάχιστη 100kg. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται στη συνέχεια όπου για τα σενάρια που μελετήθηκαν δίδονται οι ακτίνες των λιμνών που δημιουργούνται στην επιφάνεια της θάλασσας.

Οι ακτίνες των λιμνών αναλυτικά για κάθε τρέξιμο προκύπτουν ως εξής:

- Session 1: 500 tn Radius of the pool~180 m και η επιφάνεια A= π x R^2 ~A1=102 στρεμ.
- Session 2: 200 tn Radius of the pool~115 m ~A2=41 στρεμ..
- Session 3: 100 tn Radius of the pool~87m ~A3=23 στρεμ.
- Session 4: 10 tn Radius of the pool~27m ~A4=2,2 στρεμ
- Session 5: 5tn Radius of the pool~17 m ~A5=0,9 στρεμ
- Session 6: 1tn Radius of the pool~7m ~A6=0,15 στρεμ
- Session 7: 500kg Radius of the pool~5m ~A7=0,07 στρεμ
- Session 8: 200kg Radius of the pool~4 m ~A8=0,05 στρεμ
- Session 9: 100kg Radius of the pool~3m ~A9=0,02 στρεμ

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι στις 3 πρώτες περιπτώσεις η έκταση ζωνών επιπτώσεων είναι μεγαλύτερη των 20 στρεμμάτων, όριο που προτείνεται από την ΚΥΑ για διερεύνηση περιβαλλοντικών βλαβών. Συμπερασματικά για διαρροές με βαρέα κλάσματα μεγαλύτερες από 100 τόνους προτείνεται η εξέταση πιθανότητας περιβαλλοντικών επιπτώσεων. **Για μικρότερες ποσότητες διαρροής η πιθανότητα επιπτώσεων προκύπτει μικρή σύμφωνα με τα κριτήρια της ΚΥΑ. Κατά συνέπεια τα μέτρα ελέγχου της εγκατάστασης θα πρέπει να είναι ικανά να ελαχιστοποιήσουν τη διαρροή σε λιγότερο από ~100 τόνους βαρέων κλασμάτων.**

Η πιθανότητα να επηρεαστούν βύθιοι οργανισμοί από διαρροή μεγαλύτερη των 100 τόνων αδιάλυτων επικίνδυνων ουσιών, προσδιορίζεται από το χρόνο έκθεσης των οργανισμών και τις οριακές τιμές. Για παράδειγμα, τα δαφνία με οριακή τιμή 10 mg/l σε τεστ 48 ωρών (**EC 50% (48hr)=10mg/l)** που βρίσκονται εντός της ζώνης συνεπειών (κηλίδα), πρέπει να εκτεθούν για 48 ώρες σε τέτοιες συγκεντρώσεις προκειμένου να υποστούν συνέπειες.

Η παραπάνω αναφορά εξετάζει αδιάλυτες στο νερό ουσίες. Για διαρροές διαλυτών ουσιών στο νερό πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλα μοντέλα ροής και ανάμιξης ρευστών. Η παρούσα εργασία δεν έχει σαν αντικείμενο την αναλυτική εξέταση της συμπεριφοράς των ρευστών σε συνθήκες διαρροής και ανάμιξης επικίνδυνων ουσιών σε επιφανειακά ύδατα. Ωστόσο η παραδοχή πλήρους ανάμειξης της συνολικής ποσότητας διαρροής διαλυτών ουσιών σε έναν όγκο ελέγχου, μπορεί να δώσει προσεγγιστική εκτίμηση της μέγιστης αναμενόμενης συγκέντρωσης των ουσιών αυτών. Οι τιμές μέγιστης συγκέντρωσης που προκύπτουν πρέπει να ελέγχονται σύμφωνα με τις οριακές τιμές στα ύδατα για παραμονή πληθυσμών και έκθεση τους για χρονικό διάστημα ίσο ή μεγαλύτερο από το χρόνο έκθεσης του αποδέκτη που ορίζεται στο τεστ τοξικότητας όπως αυτό καταγράφεται στα όρια LC 50% (96 hr) , EC 50% (48hr), IrL 50 (72 hr) .

7.5.2 Προσομοίωση Διασποράς στην Ατμόσφαιρα

Για την περίπτωση διασποράς στην ατμόσφαιρα προτείνεται η προσομοίωση διασποράς νέφους αερίων πτητικών ουσιών που υπάρχουν σε μια εγκατάσταση ή σαν προϊόντα καύσης /αντίδρασης) (βλ. § 3.4) που προκύπτουν από διάφορους τύπους φωτιάς (βλ. § 7.2) και εκτίμηση των ζωνών επιπτώσεων ανά περίπτωση. Στη συνέχεια εντοπισμός ευαίσθητων αποδεκτών εντός των ζωνών και εκτίμηση της σοβαρότητας των επιπτώσεων σύμφωνα με τα κριτήρια που παρουσιάζονται στην παρούσα (βλ. § 7.1)
Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ΚΥΑ αναφορικά στις περιβαλλοντικές βλάβες ορίζονται ως κριτήρια κοινοποίησης ατυχήματος για χερσαίους οικοτόπους:

Μόνιμες ή μακροπρόθεσμες βλάβες χερσαίων οικοτόπων

- ✓ 0,5 ή περισσότερα εκτάρια οικοτόπου σημαντικού από την άποψη του περιβάλλοντος ή της προστατευόμενου από την νομοθεσία~ 50 στρέμματα =50.000 m^2
- ✓ 10 ή περισσότερα εκτάρια πιο εκτεταμένου οικοτόπου συμπεριλαμβανομένων των γεωργικών γαιών~ 100 στρέμματα =100.000 m^2

Σύμφωνα με την ανάλυση και τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας στο Κεφάλαιο 3 προέκυψε ττως ένα πιθανό, τοξικό προϊόν καύσης και επικίνδυνη για το περιβάλλον ουσία που μπορεί να προκύψει από επικίνδυνες καταστάσεις (σενάρια ατυχημάτων) σε εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών είναι η ακρολεΐνη. Στο

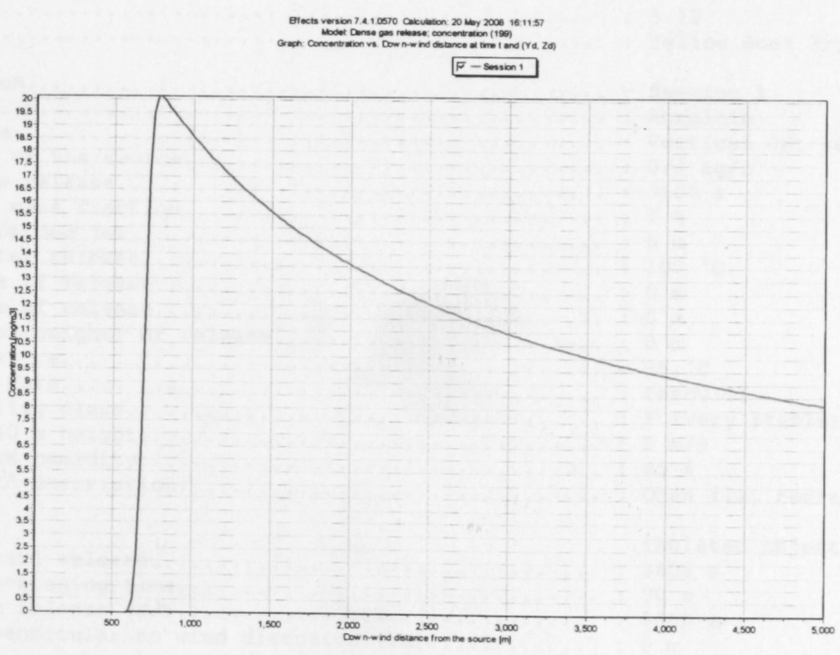
case study που ακολουθεί παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα αναφορικά σε επιπτώσεις από εκπομπή επικίνδυνων τοξικών προϊόντων καύσης εξαιτίας φωτιάς σε μια εγκατάσταση αποθήκευσης πετρελαιοειδών. Το παράδειγμα εστιάζει σε κύριες συνέπειες από διασπορά νέφους και εισπνοής τοξικού από τρωτούς αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης

Συγκεκριμένα από αναζήτηση στοιχείων περιβαλλοντικών βλαβών για την Ακρολεΐνη στη βάση δεδομένων χημικών ουσιών INCHEM προκύπτει ότι η Ακρολεΐνη είναι μια ουσία που λειτουργεί ως ανασταλτικός παράγοντας της αναπνευστικής οδού. Μετά από μια ελάχιστη έκθεση 20 λεπτών σε ακρολεΐνη συγκέντρωσης 34-46 mg/m3, σημειώνεται ότι η συχνότητα της κίνησης της τραχείας των προβάτων μειώνεται κατά 30% (Guillerm *et al.*,1967a). Η συγκέντρωση η οποία αντιστοιχεί στη μέγιστη έκθεση που δεν προκαλεί επιπτώσεις στην αναπνοή των κουνελιών για 1 ώρα είναι τα 13 mg/m3 (Dalhamn & Rosengren, 1971). Το επίπεδο μη παρατηρούμενου αποτελέσματος **no-observed-effect-level** για μεγαλύτερες περιόδους έκθεσης (μεγαλύτερες από 1 ώρα) αναμένεται να είναι χαμηλότερο από **13 mg/m3**.

Στο παρακάτω σχήματα και δεδομένα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την προσομοίωση της διασποράς νέφους Ακρολεΐνης , αερίου βαρύτερου του αέρα- dense gas, όπου παρουσιάζεται η συγκέντρωση συναρτήσει της απόστασης από το σημείο διαρροής. Οι συνθήκες υπό τις οποίες προσομοιώθηκε η διασπορά θεωρούνται οι δυσμενέστερες πιθανές και συγκεκριμένα λαμβάνεται υπόψη ρυθμός διαρροής[5] 0.4 Kg/sec για διάρκεια εκπομπής μιας ώρας στους 25oC με συνθήκες ευστάθειας F2. Η διαρροή θεωρείται ότι συμβαίνει από jet (πίδακα) στο επίπεδο του εδάφους με διεύθυνση κατοκόρυφη προς πάνω και για ανάγλυφο εδάφους με χαμηλή τραχύτητα.

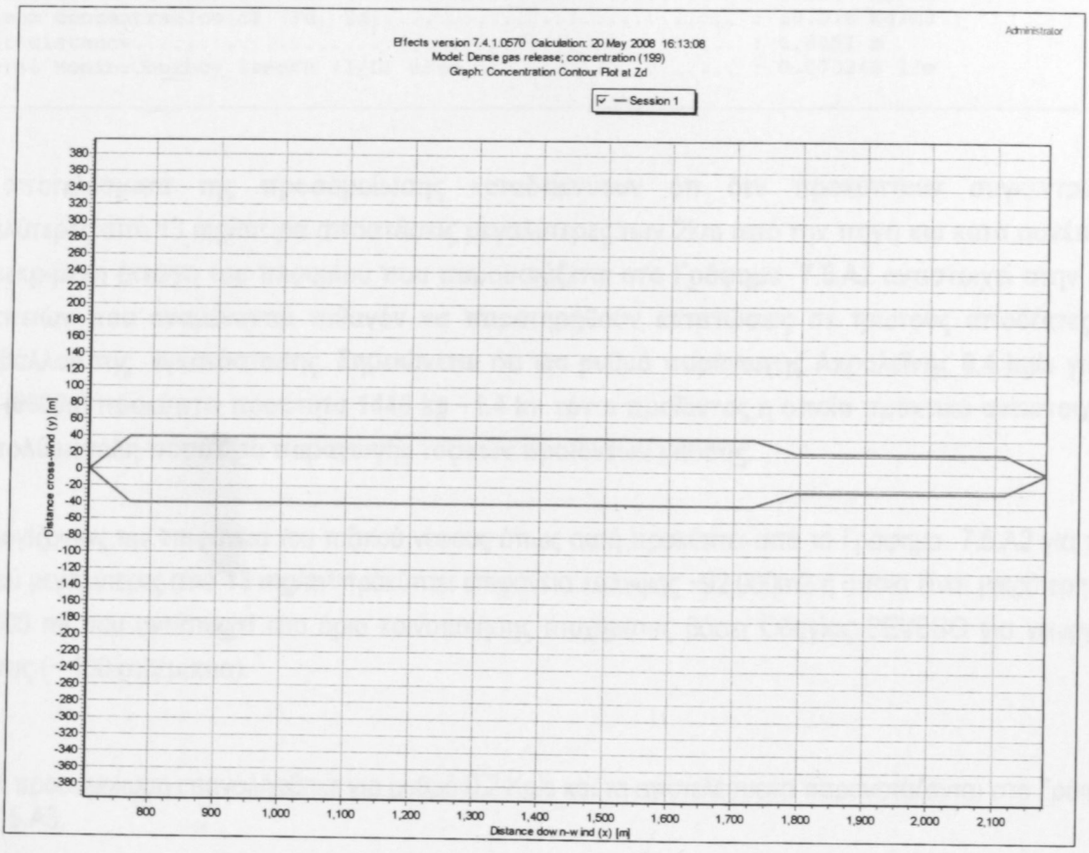
Λαμβανομένου υπόψη ότι σε συνηθισμένες φωτιές λίμνης (στα διυλιστήρια) ισοδύναμης διαμέτρου 50m όπου καίγεται diesel περιεκτικότητας 0,2% σε θεί, ο ρυθμός παραγωγής SO2 είναι 0,4 Kg/sec, η υιοθέτηση του ίδιου ρυθμού για παραγωγή τοξικού προϊόντος αποτελεί μια συντηρητική παραδοχή.

Γράφημα 7.5.Α1



[5] Το S αποτελεί το τοξικό στοιχείο με την μεγαλύτερη συγκέντρωση στα καύσιμα. Σημειώνεται ότι ο ρυθμός παραγωγής προϊόντων καύσης και συγκεκριμένα SO2 από φωτιά καυσίμου περιεκτικότητας σε θείο 0,2% είναι ίσος με 0.4 Kg/sec ενώ για περιεκτικότητα σε θείο 0,1% είναι ίσος με 0.2 Kg/sec (Μελέτη Ασφάλειας Νέων Μονάδων 7100 ΜΟΗ, ΠΚ, Μάρτιος 2006)

Γράφημα 7.5.A2




```
START OF SESSION 1(mYBSlabNewCalculationConcentration)
INPUT
Model..................................................... : Dense gas release;
concentration                                                          (199)
Version................................................... : 5.12
Reference................................................. : Yellow Book 3rd edition 1997
chapter
Case description.......................................... : Session 1
Chemical name............................................. : Acrolein
Type of release........................................... : Vertical Jet release
Mass flow rate of the source.............................. : 0.4 kg/s
Duration of the release................................... : 3600 s
Initial liquid mass fraction.............................. : 1 %
Diameter of expanded jet.................................. : 5 m
Temperature after release................................. : 100 °C
   X-coordinate of release................................ : 0 m
   Y-coordinate of release................................ : 0 m
   Z-coordinate (height) of release....................... : 0 m
Ambient temperature....................................... : 25 °C
Meteorological data....................................... : Pasquill
Pasquill stability class.................................. : F (Very Stable)
Wind speed at 10 m height................................. : 2 m/s
Ambient relative humidity................................. : 65 %
Roughness length description.............................. : Open flat terrain; grass,
few

                                                             isolated objects.
Time t after start release................................ : 3600 s
Concentration averaging time.............................. : 30 s
  Distance from release (Xd).............................. : 5000 m
  Distance perpendicular to wind direction (Yd)........... : 0 m
  Height (Zd)............................................. : 0 m
Predefined concentration.................................. : User defined
Threshold concentration................................... : 13 mg/m3
Contour plot accuracy..................................... : 10 %
Predefined wind direction................................. : User defined
```

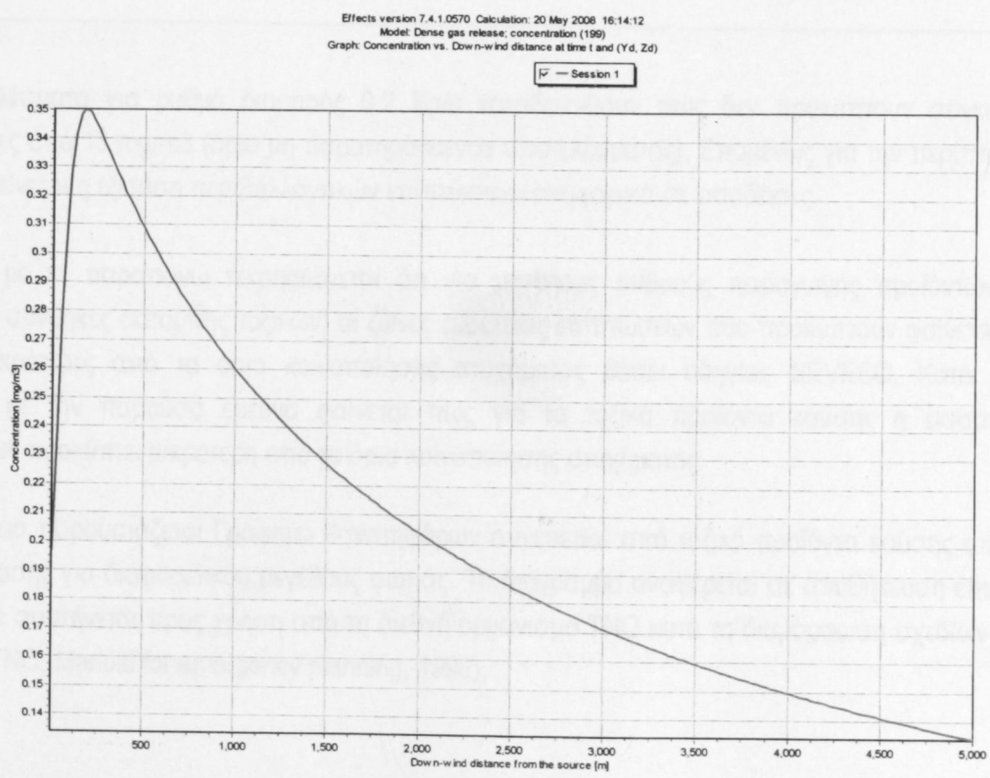
```
Wind comes from (West = 180 degrees)..... : 180 deg
Perform Maximum concentration vs Distance graph..... : Yes
Resolution of the time consuming graphs..... : High

RESULTS

Concentration at (Xd, Yd, Zd, t)..... : 8.2067 mg/m3
Maximum concentration at (Yd, Zd)..... : 30.076 mg/m3
...at distance..... : 6.8051 m
Inverse Monin-Obukhov length (1/L) used..... : 0.070248 1/m
```

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης καταδεικνύουν ότι δεν προκύπτουν συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 13 mg/m^3 για αποστάσεις μεγαλύτερες των 2km από την πηγή και κατά συνέπεια η συγκεκριμένη έκταση του πλουμίου που παρουσιάζεται στο Γράφημα 7.5.Α2 αντιστοιχεί στην ζώνη συνεπειών που αναμένονται πιθανόν να παρατηρηθούν επιπτώσεις σε τρωτούς αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης. Σημειώνεται ότι για ρυθμό παραγωγής Ακρολεΐνης 0,4 kg/s για μία ώρα (3600s) προκύπτει ποσότητα 1440 kg ~1.4 tn τόνοι προϊόντος η οποία πρακτικά αντιστοιχεί σε μια πολύ μεγάλη ποσότητα παραγωγής τοξικών προϊόντων καύσης.

Υπολογίζοντας την επιφάνεια του τοξικού νέφους όπως αυτή προκύπτει από το Γράφημα 7.5.Α2 για τιμές τοξικού μεγαλύτερες από **13 mg/m^3** προκύπτει επιφάνεια κάλυψης ~92.000m2 η οποία είναι μικρότερη των 100.000 m^2 που αντιστοιχεί στο όριο κοινοποίησης ατυχήματος βάσει Οδηγίας SEVESO για γεωργικές εκτάσεις (~ 100 στρέμματα).

- Η προσομοίωση επαναλήφθηκε για ρυθμό 0.2 Kg/s και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Γράφημα 7.5.Α3.

Γράφημα 7.5.Α3



```
START OF SESSION 1(mYBSlabNewCalculationConcentration)
INPUT
Model..................................................... : Dense gas release;
concentration
Case description.......................................... : Session 1
Chemical name............................................. : Acrolein
Type of release........................................... : Vertical Jet release
Mass flow rate of the source.............................. : 0.2 kg/s
Duration of the release................................... : 3600 s
Initial liquid mass fraction.............................. : 1 %
Diameter of expanded jet.................................. : 5 m
Temperature after release................................. : 100 °C
   X-coordinate of release................................ : 0 m
   Y-coordinate of release................................ : 0 m
   Z-coordinate (height) of release....................... : 0 m
Ambient temperature....................................... : 25 °C
Meteorological data....................................... : Pasquill
Pasquill stability class.................................. : F (Very Stable)
Wind speed at 10 m height................................. : 2 m/s
Ambient relative humidity................................. : 65 %
Roughness length description.............................. : Open flat terrain; grass,
few  isolated objects.
Time t after start release................................ : 3600 s
Concentration averaging time.............................. : 30 s
  Distance from release (Xd).............................. : 5000 m
  Distance perpendicular to wind direction (Yd)........... : 0 m
  Height (Zd)............................................. : 0 m
Predefined concentration.................................. : User defined
Threshold concentration................................... : 13 mg/m3
Contour plot accuracy..................................... : 10 %
Predefined wind direction................................. : User defined
Wind comes from (West = 180 degrees)...................... : 180 deg
Perform Maximum concentration vs Distance graph........... : Yes
Resolution of the time consuming graphs................... : High


RESULTS

Concentration at (Xd, Yd, Zd, t).......................... : 0.13388 mg/m3
Maximum concentration at (Yd, Zd)......................... : 0.38989 mg/m3
...at distance............................................ : 2.3333 m
Inverse Monin-Obukhov length (1/L) used................... : 0.070248 1/m
```

Τα αποτελέσματα για ρυθμό διαρροής 0,2 Kg/s καταδεικνύουν πως δεν προκύπτουν συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 13 mg/m3 (όριο μη παρατηρούμενου αποτελέσματος). Επομένως για την περίπτωση αυτή **ΔΕΝ** προτείνεται η εξέταση περιβαλλοντικών επιπτώσεων αναφορικά σε αποδέκτες.

Σύμφωνα με τα παραπάνω τεκμηριώνεται ότι για μεγάλους ρυθμούς παραγωγής προϊόντων καύσης (δυσμενής συνθήκες εκπομπής τοξικών) οι ζώνες εμβέλειας επιπτώσεων που προκύπτουν φαίνεται να είναι σαφώς μικρότερες από τα όρια κοινοποίησης ατυχήματος βάσει οδηγίας SEVESO. Κατά συνέπεια σύμφωνα με την παρούσα έρευνα φαίνεται πως για τα τοξικά προϊόντα καύσης η έκταση ζωνών επιπτώσεων προκύπτει μικρότερη από τα όρια κοινοποίησης ατυχήματος.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται Γράφημα θανατηφόρων συνεπειών από τοξικά προϊόντα καύσης συναρτήσει της απόστασης για διαφορετικού μεγέθους φωτιάς. Το διάγραμμα αναφέρεται σε αποθήκευση επικίνδυνων ουσιών και συστήνεται προς χρήση από τη διεθνή οργανισμό TNO κατά τη διαμόρφωση σχεδίων έκτακτης ανάγκης (TNO, Manual for emergency planning, 1998).

Το διάγραμμα αναφέρεται σε τοξικά προϊόντα καύσης από διοξίνες, φυτοφάρμακα και λιπάσματα τα οποία σύμφωνα με την ανάλυση στο Κεφάλαιο 3 αποτελούν σημαντικές κατηγορίες ουσιών επικίνδυνων για το περιβάλλον. Σε περίπτωση που υπάρχουν επικίνδυνες ουσίες που ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες, ενδείκνυται η εκτίμηση επιπτώσεων για τα τοξικά προϊόντα καύσης να πραγματοποιείται αναφορικά στην κατηγορία που δίνει τη μεγαλύτερη έκταση επιπτώσεων.

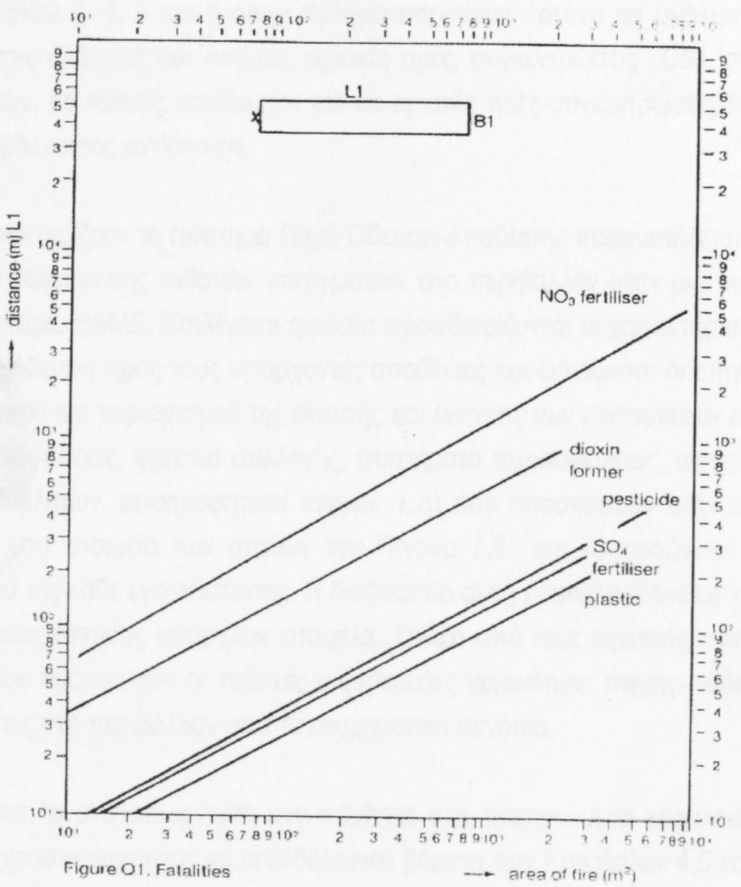


Figure O1. Fatalities

Σχήμα 7.5Β: Γράφημα θανατηφόρων επιπτώσεων από τοξικά προϊόντα καύσης

Για παράδειγμα για φωτιές μεγέθους 10 m^2 (εμβαδόν επιφάνειας αποθήκευσης επικίνδυνων ουσιών), προκύπτουν για τις διοξίνες θάνατοι σε έκταση ~150 m από την πηγή της φωτιάς. Για φωτιές μεγέθούς 100 m^2 προκύπτουν για τα φυτοφάρμακα θάνατοι από τοξικά προϊόντα καύσης σε έκταση ~90 m.

Σύμφωνα με την παρατήρηση στο Κεφάλαιο 6 (βλ. 6.3.2) αναφορικά στις σχέσεις συγκεντρώσεων μεταξύ ανθρώπου και ζώα ισχύει η σχέση για 30 min:

LC50 (human)=fd • LC50 (animal)

με παράγοντα fd=0.2 έως 0.5 παράγοντα για διαφορετικά ζώα

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις που απαιτούνται για να σημειωθούν θάνατοι στα ζώα είναι μεγαλύτερες από αυτές που απαιτούνται για τον άνθρωπο. Κατά συνέπεια το Διάγραμμα 7.5Β μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συντηρητικό εργαλείο εκτίμησης επιπτώσεων (θάνατος) για τα ζώα παρέχοντας άμεσα μια γενική εκτίμηση των αναμενόμενων θανάτων συναρτήσει της απόστασης για δεδομένα μεγέθη φωτιάς.

7.6 Ανασκόπηση Συστήματος Πηγή-Όδευση-Αποδέκτη

Στον Πίνακα 7.6 αποτυπώνονται συνοπτικά οι κυριότερες παράμετροι της παρούσας έρευνας σύμφωνα με την ανάλυση των κεφαλαίων 3, 4, 5 και 6 όπου πραγματοποιήθηκε έρευνα κα ανάλυση αναφορικά στις επικίνδυνες ουσίες και στις ιδιότητες των ουσιών, οριακές τιμές, συγκεντρώσεις LC50, στις οδούς και στις οδεύσεις διαφυγής ουσιών, σε τύπους αποδεκτών και σε οριακές τιμές-συγκεντρώσεις έκθεσης καθώς και πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος αντίστοιχα.

Για τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν το σύστημα Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.6 ενδεικτικά ένας τρόπος αναγνώρισης πιθανών επιπτώσεων στο περιβάλλον όταν μια ουσία ή ένα μείγμα ουσιών εμπλέκεται σε σενάριο ΒΑΜΕ. Επιλέγεται η ουσία-προσδιορίζονται οι χαρακτηριστικές ιδιότητες της ουσίας-προσδιορίζεται η όδευση προς τους υπάρχοντες αποδέκτες και εκτιμώνται οι επιπτώσεις. Τα μέτρα και μέσα πρόληψης, ελέγχου και περιορισμού της έκτασης και έντασης των επιπτώσεων εντός και εκτός της εγκατάστασης (λεκάνες ασφάλειας, φρεάτια συλλογής, συστήματα πυρασφάλειας, αποχετευτικό σύστημα, σύστημα διαχείρισης αποβλήτων, απορροφητικοί τάφροι κ.α) που αποσκοπούν στην εξουδετέρωση των κινδύνων δρουν κάθετα στα στοιχεία των στηλών του Πίνακα 7.6 και εφαρμόζονται κατά περίπτωση ανάλογα με τον εξοπλισμό της κάθε εγκατάστασης. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλες τις ουσίες και τους αποδέκτες για τους οποίους υπάρχουν στοιχεία. Τελικά από τους εφικτούς συνδυασμούς μεταξύ των στοιχείων των στηλών προκύπτουν οι πιθανές αλληλουχίες γεγονότων: **πηγής– όδευσης–αποδέκτη** που οδηγούν σε επιπτώσεις στο περιβάλλον από τα ατυχηματικά σενάρια.

Σύμφωνα με την παρούσα έρευνα όπως αυτή αναπτύχθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια αναφορικά στις εγκαταστάσεις SEVESO χρησιμοποιώντας τα μεθοδολογικά βήματα των Κεφαλαίων 4,5 και 6 ο Πίνακας 7.6 μπορεί να αναπτυχθεί ως εξής:

- Στην πρώτη στήλη του Πίνακα καταγράφεται ο κρίσιμος εξοπλισμός και οι διαδικασίες όπως αυτές έχουν προσδιοριστεί από τις πιθανές επικίνδυνες καταστάσεις (σενάρια ατυχημάτων) στις Μελέτες Ασφάλειας των Εγκαταστάσεων SEVESO.
- Για κάθε εξοπλισμό προσδιορίζονται και καταγράφονται οι επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες οι οποίες εμπλέκονται με το υπό εξέταση σενάριο ΒΑΜΕ. Οι κατηγορίες επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών οι οποίες εμπλέκονται ή μπορεί να παραχθούν σε περίπτωση που ένα γεγονός απώλειας περιεχομένου (LOC) εξελιχθεί σε φωτιά ή έκρηξη καταγράφονται στη στήλη 2 του Πίνακα 7.6. Η επιλογή των ουσιών πραγματοποιείται από τη λίστα που δίνεται στον Πίνακα 7.6.
- Υπολογίζονται και καταγράφονται οι αρχικές ποσότητες και οι συγκεντρώσεις των ουσιών που μπορούν να διαφύγουν.
- Καταγράφονται οι τρωτοί αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης για μια ακτίνα π.χ. ίση με αυτή που προκύπτει για τα worst-case σενάρια ΒΑΜΕ της εγκατάστασης (προτείνεται να λαμβάνεται υπόψη η Ζώνη 2: Μέτριες Επιπτώσεις των σεναρίων ΒΑΜΕ). Επιλέγονται οι πιο σημαντικοί αποδέκτες προς διερεύνηση. Συμπληρώνεται η στήλη 5 του πίνακα.
- Καταγράφονται οι οριακές συγκεντρώσεις (LC50s) των υπό εξέταση αποδεκτών για τις ουσίες της στήλης 2 που συνδέονται με κάθε κρίσιμο εξοπλισμό της στήλης 1 και καταγράφονται στη Στήλη 2.

- Πραγματοποιείται σύγκριση της αρχικής ποσότητας με τα NOECs, LC50s /LD50s/ LL50, EC50 (ψάρια) (αρθόποδα οστρακόδερμα), ErC50 (άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά).

  -Εξαίρεση ουσιών (i) και διακοπή περαιτέρω ανάλυσης όταν ικανοποιούνται τα κριτήρια:

  $\frac{C_i}{NOECs_i^j} < 1$ και $\frac{C_i}{LC\ 50_i^j} < 1$ για κάθε αποδέκτη (j).

  -Εξαίρεση κάθε σεναρίου από περαιτέρω ανάλυση όταν ικανοποιούνται τα παραπάνω κριτήρια για όλες τις ουσίες (i) που σχετίζονται με το σενάριο.
- Ανάλυση εξέλιξης της διαρροής σε φωτιά ή έκρηξη ή σε διαρροή χωρίς ανάφλεξη, και ανάπτυξη «δένδρων γεγονότων» μέχρι τα όρια της εγκατάστασης λαμβάνοντας υπόψη τα μέσα και συστήματα περιορισμού και καταστολής (βλ. § 7.2).
- Υπολογισμός συγκέντρωσης διαρροής επικίνδυνων ουσιών στα όρια της εγκατάστασης λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των φραγών ασφάλειας, των μέσων και συστημάτων καταστολής βλ. § 5.2. Σε περιπτώσεις εφαρμογής πυροσβεστικών μέσων υπολογισμός συγκέντρωσης της ουσίας στο νέο όγκο ελέγχου (αντίδραση ουσίας στον νερό (ουσίες R14), παραγωγή προϊόντων βλ. § 3.4).
- Σύγκριση της νέας συγκέντρωσης με NOECs, LC50s /LD50s/ LL50 (ψάρια), EC50 (αρθόποδα οστρακόδερμα), ErC50 (άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά). Εξαίρεση ουσιών (i) από περαιτέρω ανάλυση όταν ικανοποιούνται τα κριτήρια

  $\frac{C'_i}{NOECs_i^j} < 1$ και $\frac{C'_i}{LC\ 50_i^j} < 1$ για κάθε αποδέκτη (j).

  Και εξαίρεση κάθε σεναρίου από περαιτέρω ανάλυση όταν ικανοποιούνται τα παραπάνω κριτήρια για όλες τις ουσίες (i) που σχετίζονται με το σενάριο. Προκύπτει επομένως κρίσιμη λίστα σεναρίων ΒΑΜΕ για το περιβάλλον και κρίσιμος εξοπλισμός που δεν έχουν εξαιρεθεί σε συνδυασμό με τις επικίνδυνες ουσίες.
- Απόδοση πιθανοτήτων στους κλάδους ανάπτυξης των «δένδρων γεγονότων», της λίστας των κρίσιμων περιβαλλοντικών σεναρίων. Προϋπόθεση αποτελεί η ύπαρξη δεδομένων από τη βιβλιογραφία αναφορικά στην αξιοπιστία του εξοπλισμού και των συστημάτων της εγκατάστασης.

  Καταγραφή όλων των υφιστάμενων συστημάτων και δικτύων εκτός των ορίων της εγκατάστασης που μπορούν να δράσουν ως «δίοδοι-κανάλια μεταφοράς» ή φραγές για τη μεταφορά της επικίνδυνης ουσίας στους τελικούς αποδέκτες. Ενσωμάτωση των παραπάνω στοιχείων στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων δένδρων γεγονότων.
- Προσδιορισμός του παράγοντα Πηγή περιβαλλοντικού κινδύνου του συστήματος Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης και της πιθανότητας να προκύψουν διαρροές εκτός της εγκατάστασης.
- Προσδιορισμός περιβαλλοντικών οδεύσεων: Ύδατα, Έδαφος, Ατμόσφαιρα και μοντελοποίηση διασποράς σε κάθε πιθανή όδευση. Ανάπτυξη αλληλουχίας γεγονότων Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης για την λίστα κρίσιμων περιβαλλοντικών σεναρίων.
- Προσομοίωση διασποράς στα ύδατα, στην ατμόσφαιρα ή στο έδαφος. Εκτίμηση ζωνών επιπτώσεων (ζώνες εμβέλειας) από τη διασπορά των επικίνδυνων ουσιών σε ύδατα, ατμόσφαιρα και προσδιορισμός όλων των πιθανών οδεύσεων που συνδέονται με κάθε ένα από τα σενάρια της κρίσιμης λίστας (στήλη 4). Προτείνεται για εκτίμηση επιπτώσεων αναφορικά σε τοξικά προϊόντα καύσης η χρήση του Πίνακα 7.5 Β.
- Εκτίμηση ζωνών επιπτώσεων και εφαρμογή κριτηρίων κοινοποίησης οδηγίας SEVESO. Επιλογή σεναρίων που δίδουν ζώνες μεγαλύτερες από τις εκτάσεις που προβλέπονται στα κριτήρια.

- Για τα σενάρια που επιλέγονται καταγραφή τρωτών αποδεκτών που εμπίπτουν εντός των ζωνών επιπτώσεων.
- Επανάληψη έλεγχου για κάθε επικίνδυνη ουσία που τελικά εναποτίθενται στους τρωτούς αποδέκτες εντός των ζωνών εμβέλειας και εξαίρεση ουσιών-πηγών κινδύνου όταν ο λόγος<1.

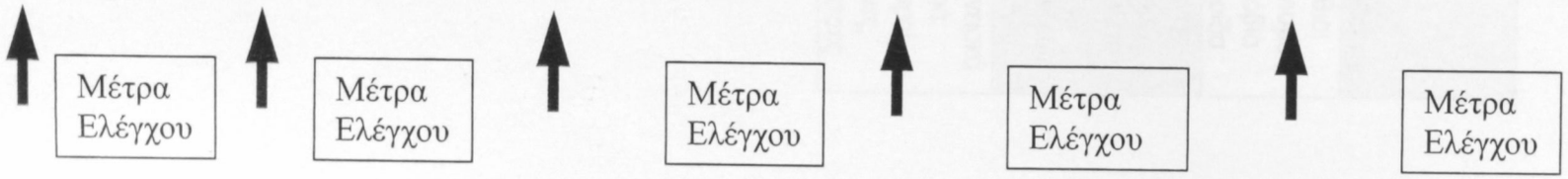
$$\frac{C^{F}{}_{i}}{NOECs^{j}_{i}} < 1 \quad \text{και} \quad \frac{C^{F}{}_{i}}{LC\ 50^{j}_{i}} < 1$$

- Για τα σενάρια τα οποία ο παραπάνω λόγος είναι >1 η παρούσα προτείνει τα εξής:
  α. Σύγκριση των συγκεντρώσεων με τιμές οι οποίες έχούν καταγραφεί από παλαιότερες μελέτες
  β. Σύγκριση με τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (για τις ουσίες προτεραιότητας) εφόσον εξετάζεται συγκεκριμένος όγκος ελέγχου για τα ύδατα ή σύγκριση με άλλα όρια ή δείκτες από τη σχετική νομοθεσία στήλη 6.
  γ. Εκτίμηση σοβαρότητας επιπτώσεων.

Σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση προκύπτουν κρίσιμα σενάρια αναφορικά σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις και αλληλουχίες γεγονότων οι οποίες δίδουν αναλυτικά τις διαδοχικές εξελίξεις γεγονότων για το σύστημα Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης.

Αναλυτικός και ολοκληρωμένος μεθοδολογικός οδηγός εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΒΑΜΕ παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 8.

1.Πηγή Κινδύνου Διαδικασία/ Εξοπλισμός	2.Επικίνδυνη Ουσία για το (υδάτινο) Περιβάλλον βλ. Κεφ. 3 & 4	3.Ιδιότητες Ουσιών βλ. Κεφ. 3, 4 και Παράρτημα 3	4.Όδευση βλ. Κεφ. 5	5.Αποδέκτης βλ. Κεφ. 6.5	6.Εκτίμηση Επιπτώσεων Κριτήρια Κοινοποίησης Ατυχήματος βλ. § 6.4
Στοιχεία σύμφωνα με το Σενάριο BAME#	Λίστα με Ουσίες Προτεραιότητας βλ. §3.7 R50 βλ. §3.2 R50/53 R51/53	Οξεία Τοξικότητα σε υδρόβιους οργανισμούς (LC50,EC50, ErC50) βλ. § 4.3	Ύδατα : ποταμός, λίμνη, χείμαρρος, κλπ βλ. § 5.4 Επιφανειακές απορροές, σημειακές και μη σημειακές πηγές	**Επιφανειακά νερά ποταμοί, λίμνες, θάλασσες κ.α** βλ. § 6.6	Κριτήρια Κοινοποίησης Οδηγίας SEVESO § 6.4
	Εντομοκτόνα Ζιζανιοκτόνα **Φυτοφάρμακα κα** βλ. § 3.2	Χρόνια Τοξικότητα σε υδρόβιους οργανισμούς § 4.3	Έδαφος διαρροή, διείσδυση, στο έδαφος βλ. 5.4 & 5.5 Έκπλυση στο έδαφος	Υπόγεια νερά, Υπόγειος υδροφορέας ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα	Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος για ουσίες προτεραιότητας και άλλους ρύπους βλ. § 6.6.3
	Πετρελαιοειδή βλ. §3.2: βενζίνες, κηροζίνη, Ντίζελ πετρέλαιο diesel, fuel oil κλπ	Βιοσυσσώρευση Βιοσυγκέντρωση § 4.4	**Άμεση διαρροή κατά τις διαδικασίες φόρτωσης /εκφόρτωσης**	Ψάρια βλ. § 6.6.1 Καλλιέργειες ψαριών και υδάτινων ειδών ασπόνδυλα, έντομα βλ. § 6.6.1 Βύθιοι οργανισμοί, υδρόβια χλωρίδα, algae /daphnia, βλ. § 6.6.1 Πηγές πόσιμου νερού	Πρότυπα Ποιότητας Αέρα βλ. § 6.9
	Νερά πυρόσβεσης Απορρίμματα από διαδικασίες εξόρυξης Διαβρωτικές ουσίες: Θειικό οξύ Νιτρικό οξύ βλ. §3.2	Διαλυτότητα Βιοδιαλυτότητα Αποικοδόμηση § 4.5, 4.7	Απορροή νερών πυρόσβεσης ή αποχετευτικού συστήματος βλ. § 5.2.2 , 5.2.3 Υπερχείλιση αποχετευτικού ή συστήματος διαχείρισης αποβλήτων βλ. § 5.4.2	Πουλιά, παράκτια είδη οργανισμών Άγρια Πτηνά Ενδιαιτήματα Natura 2000 βλ. § 6.8	Πρότυπα Ποιότητας Υδάτων -Βλ. Παράρτημα 4
	Προϊόντα Καύσης βλ § 3.4.1: **HCl**, **NOx, SO2**, **PCDD's**, **PCDD's κ.α**. Acrolein, SO2, διοξίνες, βενζόλιο, PAH's	**Μεταβολές σε τιμές ποιότητας νερού π.χ. BOD/COD, μέταλλα, ανιόντα, κατιόντα§ 4.5,4.7**	Άμεση εκροή	Είδη που τρέφονται από μολυσμένους οργανισμούς – Τροφική Αλυσίδα Είδη που πίνουν νερό που έχει υποστεί αλλοιώσεις από ποτάμια, λίμνες	Εκτίμηση Οικολογικού Κινδύνου για χλωριωμένα διφαινύλια –PCBS Παράρτημα 4
	Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες-ΠΑΥ βλ § 3.4.2	Τοξικότητα για άλλους οργανισμούς (στο έδαφος) LC 50 για ζώα και άγρια είδη και ενδιαιτήματα NATURA	Ατμόσφαιρα (διασπορά άκαυστου τοξικού κατακρύμνιση ρύπων με βροχή) βλ. § 5.6	Αποδημητικά πουλιά ή ζώα τα οποία τρέφονται από το υδάτινο περιβάλλον	Οριακές δόσεις για Πολυκυκλικούς Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες-PAH βλ. Παράρτημα 4
	-POPs βλ § 3.5	Πτητικότητα		Έδαφος Καλλιέργειες **Γη με ιδιαίτερη οικονομική σημασία**	Οδηγίες για θαλάσσια ρύπανση Παράρτημα 4 Οδηγίες για ύδατα κολύμβησης βλ. § Παράρτημα 4
	Άλλες βλ § 3.6 R52, R53, R59, R54, R55, R56, R57, R58			Άνθρωποι	Οδηγία για πόσιμο νερό Παράρτημα 4



Χρησιμοποιώντας τη διάταξη του Πίνακα 7.6 μπορούν έπειτα από συνδυασμό των επιμέρους παραγόντων και στοιχείων των στηλών να καταγραφούν τελικά οι αλληλουχίες γεγονότων για τις οποίες προκύπτουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις ΒΑΜΕ. Για παράδειγμα αν θεωρηθεί ότι από τα σενάρια ΒΑΜΕ της Μελέτης Ασφάλειας που εξετάζεται μετά από μελέτη καταγράφονται οι παράγοντες τους συστήματος Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης που προκαλούν επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι παράγοντες αυτοί έστω αντιστοιχούν στα υπογραμμισμένα με ίδιο χρώμα στοιχεία των στηλών 2 (Πηγή), 3 (Όδευση) και 4 (Αποδέκτης). Τότε προτείνεται να καταγραφούν σε έναν πίνακα όλες οι «αλυσίδες – γεγονότων» που δίδουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις ΒΑΜΕ. Για παράδειγμα σύμφωνα με τα υπογραμμισμένα στοιχεία του Πίνακα 7.6 ισχύει:

A/A	1.Πηγή Κινδύνου Διαδικασία/ Εξοπλισμός	2.Επικίνδυνη Ουσία για το (υδάτινο) Περιβάλλον	3.Ιδιότητες Ουσιών (συναρτήσει αποδεκτών)	4.Όδευση	5.Αποδέκτης
1	Σενάριο ΒΑΜΕ# Διαρροή τοξικής Ουσίας	R 50	LC50<0,1 mg/l	Απορροή με νερά πυρόσβεσης και διαφυγή από αποχετευτικό δίκτυο	Βύθιοι οργανισμοί, υδρόβια χλωρίδα
2	Σενάριο ΒΑΜΕ# Μεγάλη διαρροή Φυτοφάρμακων	R 50/53	LC50<0,1 mg/l	Έδαφος διαρροή, διείσδυση, στο έδαφος	Υπόγεια νερά, Ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα
3	Σενάριο ΒΑΜΕ# Διαρροή DIESEL	R 51/53	1 mg/l < LC50 < 10 mg/l	Άμεση διαρροή κατά τις διαδικασίες φόρτωσης /εκφόρτωσης	Επιφανειακά νερά: ποταμοί, λίμνες, θάλασσες

7.7 Δείκτης Περιβαλλοντικών Κινδύνων

Σύμφωνα με τα δένδρα γεγονότων για τη διαρροή επικίνδυνης ουσίας στον τόπο απώλειας περιεχομένου αναπτύχθηκε ο Πίνακας 7.3.1 στον οποίο παρουσιάζονται οι πιθανές διαδρομές από τη διαρροή της ουσίας μέχρι την εναπόθεση της στους τελικούς αποδέκτες. Η παρούσα έρευνα προτείνει την ανάπτυξη ενός δείκτης για κάθε μια διαδρομή, ο οποίος θα αποδίδει το μέγεθος πιθανών επιπτώσεων σε ύδατα και έδαφος. Ο πιλοτικός δείκτης θα είναι ισοδύναμος με το γινόμενο των επιμέρους παραγόντων των προηγούμενων κόμβων της κάθε διαδρομής. Συγκεκριμένα έστω:

- f_k **=η πιθανότητα να αστοχήσει ένα μέτρο ελέγχου,** με k=1.....m όπου m=το πλήθος των συστημάτων ελέγχου. Η πιθανότητα f_k σύμφωνα με βιβλιογραφικά στοιχεία μπορεί να αποδοθεί από την αξιοπιστία

των συστημάτων, στατιστικά δεδομένα κ.α π.χ. χρήση στατιστικών αποτελεσμάτων έρευνας για αστοχία αναχωμάτων[6] .

- **$E_=$ η πιθανότητα παρουσίας τρωτού αποδέκτη στα ύδατα και στο έδαφος π.χ. είδος αποδέκτη με τη μεγαλύτερη πληθυσμιακή κάλυψη.** Σε περίπτωση που η ανάλυση πραγματοποιείται για περισσότερους αποδέκτες σε ύδατα και έδαφος θεωρείται ότι:
  E_j = η πιθανότητα παρουσίας τρωτού αποδέκτη j, στον τόπο τελικής εναπόθεσης της διαρροής, ή η πιθανότητα παρουσίας τρωτού αποδέκτη εντός της ζώνης κρίσιμων επιπτώσεων BAME.
  Με j =1.....n, όπου n=το πλήθος των τρωτών αποδεκτών που εξετάζεται.
  Στην περίπτωση που ο αποδέκτης (j) εμπίπτει εντός της ζώνης κρίσιμων επιπτώσεων BAME τότε το E_j μπορεί να θεωρηθεί μονάδα, **$E_j = 1$.**
  Η πιθανότητα μπορεί να εκτιμηθεί με τη βοήθεια πληροφορίας από χάρτες χρήσεων γης, κάλυψης περιοχών με ευαίσθητους αποδέκτες (χλώριδα, πανίδα) π.χ Corine ή από αποτελέσματα μελετών αναφορικά στην παρουσία σημαντικών αποδεκτών ανά εποχή π.χ. παρουσία ψαριών σε θάλασσες και ποταμούς (μουλλίδων, μύδια, πέστροφες κλπ), αποδημητικά πουλιά κ.α. (βλ. 6.6).

- $V_{i\,j}$ = δείκτης που λαμβάνει τιμές 0 ή 1. Ο δείκτης εκφράζει **αν προκύπτουν ικανές συγκεντρώσεις ουσίας (i) που μπορούν να βλάψουν τον αποδέκτη (j). Για παράδειγμα να προκύψουν συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από τις οριακές τιμές LC50, NOECS κλπ στον αποδέκτη (j).**
  Με i=1.....w, όπου w= πλήθος των υπό εξέταση επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών. Συγκεκριμένα ο δείκτης $V_{i\,j}$ χρησιμοποιείται για να αποδώσει το αποτέλεσμα ελέγχου του κριτηρίου $\frac{C_i}{LC_{50\,i}^{j}} \rangle 1$ στον τελικό αποδέκτη .

  Σε περίπτωση που προκύπτουν συγκεντρώσεις μετά τη διασπορά της ουσίας στα ύδατα, στην ατμόσφαιρα ή στο έδαφος μεγαλύτερες από τον οριακές συγκεντρώσεις (LC50, LL50 κλπ) για τον τρωτό αποδέκτη (j) τότε ο δείκτης λαμβάνει τιμή 1, $V_{i\,j} = 1$. Σε αντίθετη περίπτωση $V_{i\,j} = 0$.

Εάν για χάρη της ανάλυσης θεωρήσουμε ότι εξετάζονται (**n**) αποδέκτες μπορεί να διαχωριστούν αποδέκτες στα ύδατα και στο έδαφος, έτσι ώστε το άθροισμα τους να ισούται με (n).

Έστω δείκτης πιθανότητας περιβαλλοντικών επιπτώσεων ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάθε (**z**) διαδρομή (σενάριο του Πίνακα 7.3.1), που έχει προκύψει από την ανάλυση του δένδρου γεγονότων περιβαλλοντικών βλαβών για διαρροή επικίνδυνου διαλύματος στον τόπο LOC, με
z=1.....u, όπου u=το πλήθος των διαδρομών

Εξετάζοντας για κάθε επικίνδυνη για το περιβάλλον ουσία **i** (i=1...w), συνέπειες σε συγκεκριμένους αποδέκτες **j** (j=1.....n), οι οποίοι έχουν οριστεί για τα ύδατα και το έδαφος, ο δείκτης αποδίδει ένα μέτρο για την **πιθανότητα** των αναμενόμενων επιπτώσεων που προκύπτουν σε κάθε διαδρομή **z.**

---

[6] Sepa, HSE, Environment Agency. 2007. COMAH Competent Authority, Report on the findings of the Oil/Fuel Depot Safety and Environmental Reviews. March 2007.

Ο δείκτης πιθανότητας περιβαλλοντικών επιπτώσεων της (z) διαδρομής για την (i) επικίνδυνη ουσία δίδεται από την παρακάτω σχέση:

$$F_{z,i} = \prod_{k=1}^{m} f_{k=k'} \cdot (1 - f_{k=k''}) \left(\sum_{j=1}^{n} E_j V_{ij} \right) \qquad [1]$$

Με k'+k''= m, όπου:
k'= σύστημα που αστοχεί,
και k''= σύστημα που δεν αστοχεί.

Σημειώνεται ότι το γινόμενο $K = \prod_{1}^{m} f_{k=k'} \cdot (1 - f_{k=k''})$ [2]

εκφράζει την πιθανότητα να υπάρξει εκροή εκτός της εγκατάσταση λόγω αστοχίας (ή παράκαμψη) των συστημάτων ελέγχου. Αν υποθέσουμε ότι οι επιμέρους πιθανότητες (f) είναι της τάξης 10^{-2} και π.χ σε μια εγκατάσταση υπάρχουν εγκατεστημένα 2 εν σειρά συστήματα περιορισμού τα οποία αστοχούν και τα δύο με συνέπεια τη διαρροή της επικίνδυνης ουσίας στο περιβάλλον, τότε το γινόμενο θα ισούται με $K=10^{-4}$, αν υπάρχουν 3 εν σειρά συστήματα και η εκροή απαιτεί αστοχήσουν και τα τρία τότε το γινόμενο θα ισούται $K=10^{-6}$ κ.ο.κ.

Η μαθηματική έκφραση επαληθεύει το γεγονός ότι όσο περισσότερα μέτρα λαμβάνονται από την εγκατάσταση τόσο μικρότερη πιθανότητα προκύπτει να διαφύγουν τελικά στο περιβάλλον επικίνδυνοι ρύποι.

- Για πολλές ουσίες ένας συνολικός δείκτης θα μπορούσε να θεωρηθεί το άθροισμα των $F_{z,i}$, ήτοι $\sum_{1}^{w} F_{z,i}$.

Για ένα παράδειγμα **μιας** ουσίας σε **δύο** αποδέκτες με **δύο** μέτρα ελέγχου π.χ αναχώματα και σύστημα υγρών αποβλήτων, ο δείκτης θα έπαιρνε την εξής μορφή:

$F_z = f_1 \cdot f_2 \cdot (E_1 V_{1+} E_2 V_2)$

Σε περιπτώσεις που τα μέτρα ελέγχου της διαρροής δεν συνδέονται λειτουργικά και η αστοχία κάποιων προκαλεί άμεση εκροή στον αποδέκτη τότε η σχέση μπορεί να μετατραπεί σε:

$$F_{z,i} = \sum_{1}^{m} f_{k=k'} \cdot (1 - f_{k=k''}) \sum_{1}^{n} E_j \cdot V_{ij} \qquad [3]$$

Προκειμένου να υπολογιστεί ο συνολικός δείκτης πιθανών επιπτώσεων από τη διαρροή επικίνδυνης ουσίας στον τόπο απώλειας περιεχομένου από τους επιμέρους δείκτες για τις πιθανές τελικές καταστάσεις επιβάρυνσης: **Επιπτώσεις στους Υδάτινους Αποδέκτες, Επιπτώσεις σε χλωρίδα (καλλιέργειες), πανίδα και υδροφόρο ορίζοντα** αρκεί να προστεθούν τα επιμέρους ενδεχόμενα που δίνουν επιπτώσεις στους αποδέκτες των επιμέρους συνόλων.

Η συνολική πιθανότητα να προκύψουν επιπτώσεις από διαρροή επικίνδυνης για το περιβάλλον ουσίας (**i**), στα ύδατα, στο έδαφος κ.α όπου εντοπίζονται τρωτοί αποδέκτες (**j**) εντός των ζωνών συνεπειών BAME, προκύπτει από το άθροισμα όλων των επιμέρους διαδρομών που δίδουν επιπτώσεις στα ύδατα, το έδαφος κ.α. Η συνολική πιθανότητα εκφράζεται στη σχέση [4]:

$$F_i = \sum_{1}^{u}\left[\prod_{k=1}^{m} f_{k=k'} \cdot (1 - f_{k=k''})\left(\sum_{j=1}^{n} E_j V_{ij}\right)\right] \qquad [4]$$

Αν ο δείκτης αυτός συνδυαστεί με τη σοβαρότητα των συνεπειών **(S)** μπορεί να προκύψει εκτίμηση της επικινδυνότητας περιβαλλοντικών επιπτώσεων για επικίνδυνη για το περιβάλλον ουσία (i) για κάθε σενάριο BAME .

$R_i = F_i(S)$, ή $\qquad R_i = F_i(S) = \sum_{1}^{u}\left[\prod_{k=1}^{m} f_{k=k'} \cdot (1 - f_{k=k''})\left(\sum_{j=1}^{n} E_j V_{ij} S_j\right)\cdot\right]$ [5]

Παρακάτω εξετάζονται κάποια παραδείγματα για να γίνει κατανοητή η χρήση του προτεινόμενου δείκτη.

Παράδειγμα 1: Έστω ότι εξετάζεται η διαρροή μιας τοξικής ουσίας (**i**) με επιπτώσεις στα ύδατα και ειδικά σε **έναν** υδάτινο αποδέκτη π.χ. γαύρος. Θεωρείται ότι ο πληθυσμός του αποδέκτη εμπίπτει εντός των ζωνών επιπτώσεων του BAME και πως η συγκέντρωση της ουσίας που εκρέει στα ύδατα και τελικά εκτίθεται ο γαύρος είναι ικανή ώστε να προκαλέσει βλάβες. Οι παραδοχές που έγιναν είναι οι δυσμενέστερες και συνεπώς **E=1 και V=1**.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 7.3.1 τα σενάρια που πιθανόν να δώσουν επιπτώσεις στα ύδατα, όπως αυτά προέκυψαν από την ανάλυση των δένδρων γεγονότων περιβαλλοντικών βλαβών από BAME είναι τα Σ3,Σ9,Σ17,Σ22. Οι εξισώσεις διαμορφώνονται ως εξής:
Έστω:

f_1=η πιθανότητα να αστοχήσουν τα αναχώματα
f_2=η πιθανότητα να αστοχήσουν τα φρεάτια προς το σύστημα διαχείρισης αποβλήτων
f_3=η πιθανότητα να αστοχήσουν ο διαχωρισμός ή η εξουδετέρωση (δηλαδή η λειτουργία του συστήματος διαχείρισης υγρών αποβλήτων)
f_4=η πιθανότητα να αστοχήσει ο κεντρικός αγωγός (αποχετευτικού) που οδηγεί στην εκροή στα ύδατα και στον υπό εξέταση αποδέκτη-γαύρος, και/ή διαρροή στο έδαφος/υπέδαφος.
Οι επιμέρους δείκτες που ορίζονται για τις διαδρομές Σ3,Σ9,Σ17,Σ22 που δίνουν επιπτώσεις στα ύδατα είναι (βλ. Πίνακα 7.3.1):
$F_3 = (1- f_1) \cdot (1- f_2) \cdot f_3 \cdot (1- f_4)$
$F_9 = (1- f_1) \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot (1- f_4)$
$F_{17} = f_1 \cdot (1- f_2) \cdot f_3 \cdot (1- f_4)$
$F_{22} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot (1- f_4)$

Ένας γενικός δείκτης στην περίπτωση αυτή για υδάτινους αποδέκτες είναι ίσος με:

$$F_i = F_3 + F_9 + F_{17} + F_{23} = (1 - f_4) \times f_3$$

Τα κριτήρια κοινοποίησης ατυχήματος σύμφωνα με την οδηγία SEVESO (βλ. § 6.4) καθώς και η εκτιμώμενη σοβαρότητα των επιπτώσεων μαζί με το εκτιμώμενο χρόνο αποκατάστασης μπορούν να βοηθήσουν τον μελετητή να τεκμηριώσει το συμπέρασμα αν τελικά οι προκύπτουσες επιπτώσεις στο περιβάλλον μπορούν να χαρακτηριστούν ως μεγάλο ατύχημα.

Παράδειγμα 2:

Εξετάζεται η περίπτωση διαρροής Diesel στη θάλασσα. Επιλέγεται το Diesel ως ουσία που διαφεύγει από την εγκατάσταση SEVESO. Το Diesel εμπίπτει στις κατονομαζόμενες ουσίες βάσει της SEVESO με οριακές ποσότητες 2.500 tn και 25.000 tn για την υποβολή Κοινοποίησης και Μελέτης Ασφάλειας αντίστοιχα. Πρόκειται για ένα μη πτητικό μίγμα υδρογονανθράκων, σχεδόν αδιάλυτο στο νερό. Το Diesel θεωρείται ότι παρουσιάζει παρόμοια χαρακτηριστικά διασποράς σε επιφανειακά ύδατα με αυτά του Styrene (βλ. προσομοίωση § 7.5).

Σύμφωνα με το δένδρο γεγονότων διαρροή επικίνδυνου διαλύματος στον τόπο απώλειας περιεχομένου LOC (Διάγραμμα 7.3.10) καταγράφονται τα διαδοχικά στάδια εξέλιξης της διαρροής μιας τοξικής ουσίας από τον τόπο LOC έως την τελική εκροή της στα ύδατα. Σύμφωνα με τον *Πίνακα 7.3.1: Σενάρια διαδρομών από διαρροή επικίνδυνου διαλύματος*, επιλέγεται π.χ. το Σ3 που δίδει επιπτώσεις στα ύδατα.
Για το Σ3, η πιθανότητα να υπάρχει εκροή εκτός της εγκατάστασης από τη σχέση [2] προκύπτει:

$$K_3 = (1 - f_1) \cdot (1 - f_2) \cdot f_3 \cdot (1 - f_4).$$

Δηλαδή εφόσον προκύπτει αστοχία εξουδετέρωσης της διαρροής (f_3) και παροχέτευση της επικίνδυνης διαρροής μέσω αγωγού τελικά η επικίνδυνη ουσία εκρέει σε επιφανειακά ύδατα.

Για τον υπολογισμό του δείκτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων εφαρμόζονται τα παρακάτω:

Έστω ότι από τη διαρροή **100 tn** diesel σε επιφανειακά ύδατα από μια εγκατάσταση SEVESO σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για διαρροή Styrene (βλ.§ 6.5), προκύπτει έκταση ζωνών επιπτώσεων περίπου **2 εκτάρια** που ικανοποιεί τα κριτήρια Κοινοποίησης ατυχήματος SEVESO. Τα 2 εκτάρια αντιστοιχούν σε **20.000 m2 και** η κηλίδα που θα αναμένεται να δημιουργηθεί έχει ελάχιστο πάχος 0.001 m (1mm).

Με βάση το MSDS του Diesel (Πηγή ΕΛΠΕ Α.Ε) που είναι ουσία R51/53[7] και συγκεκριμένα τα στοιχεία που δίδονται αναφορικά στα τοξικολογικά στοιχεία για υδάτινους αποδέκτες παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.7.

[7] Τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς, μπορεί να προκαλέσει μακροχρόνιες δυσμενείς επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον.

Σημειώνεται ότι δεν αναφέρονται συγκεκριμένα είδη οργανισμών αλλά δίνεται ένα εύρος τιμών που επηρεάζει τους παρακάτω αποδέκτες

ΨΑΡΙΑ	ΔΑΦΝΙΑ	ΑΛΓΗ
LL 50 mg/l **21-230**	**EL 50 mg/l** **6,2-210**	**IrL 50 mg/l** **10-78**
21.000-230.000 mg/m3	6.200-210.000 mg/m3	10.000-78.000 mg/m3
21-230 gr/m3	**6,2-210 gr/m3**	**10-78 gr/m3**

Πίνακας 6.7: Τιμές Οξείας υδάτινης τοξικότητας Diesel

Επομένως αν διατηρηθούν οι παραπάνω οριακές συγκεντρώσεις Diesel σε κρίσιμο θαλάσσιο όγκο για χρονικό διάστημα ίσο ή μεγαλύτερο από το χρόνο έκθεσης του αποδέκτη που ορίζεται στο τεστ τοξικότητας όπως αυτό καταγράφεται στα όρια LC 50% (96 hr) , EC 50% (48hr), IrL 50 (72 hr) τότε αναμένεται να προκύψουν συνθήκες που προκαλούν βλάβες στους αποδέκτες.

Η πιθανότητα παρουσίας των παραπάνω οργανισμών εντός της κρίσιμης ζώνης επιπτώσεων όπως και για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο για το χρόνο που προβλέπουν τα LL50, EL 50, IrL 50 για χάρη της ανάλυσης έστω ότι είναι:
-E1=10% για τα ψάρια
-E2=50% για τα δαφνία και
-E3=100% για τα άλγη.

Επομένως ο δείκτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων για τη διαδρομή Σ3 υπολογίζεται ως εξής:

$F_3 = [(1- f_1) \cdot (1- f_2) \cdot f_3 \cdot (1- f_4)] \cdot [(E_1V_{11} + E_2V_{12} + E_3V_{13})]$
$= [(1- f_1) \cdot (1- f_2) \cdot f_3 \cdot (1- f_4)] \cdot [(0.1 \cdot V_{11} + 0.5 \cdot V_{12} + 1 \cdot V_{13})]$

Οι δείκτες V_{11}, V_{12}, V_{13} υπολογίζονται αντίστοιχα:

$\frac{C_1}{LC_{50_1}} \rangle 1$ ή Cdiesel/LL(50) (ψάρια),

$\frac{C_2}{LC_{50_2}} \rangle 1$ Cdiesel/EL(50) (δαφνία) και

$\frac{C_1}{LC_{50_3}} \rangle 1$ Cdiesel/IrL(50) (άλγη)

Θεωρούμε τις δυσμενέστερες περιπτώσεις δηλαδή, ότι όλα τα $V_{11}= V_{12}= V_{13}=1$

Άρα $F_3 = [(1- f_1) \cdot (1- f_2) \cdot f_3 \cdot (1- f_4)] \cdot [(0.1 \cdot 1 + 0.5 \cdot 1 + 1 \cdot 1)]= 1,6 \cdot [(1- f_1) \cdot (1- f_2) \cdot f_3 \cdot (1- f_4)]$.

Και για πιθανότητες (f) της τάξης του 10^{-2} προκύπτει ότι $F_3 = 1,6 \cdot 10^{-2}$ ανά ΒΑΜΕ.

Αναπτύσσοντας παρόμοιες σχέσεις και για τις άλλες διαδρομές και χρησιμοποιώντας δεδομένα αστοχίας εξοπλισμού, είναι δυνατόν να προκύψουν έγκυρες συγκρίσεις μεταξύ των δεικτών διαφορετικών διαδρομών. Είναι προφανές από τις εξισώσεις των δεικτών ότι όσο περισσότερες ουσίες εξετάζονται και όσο μεγαλύτερες προκύπτουν οι πιθανότητες να εμπίπτουν οι αποδέκτες εντός των ζωνών επιπτώσεων από διασπορά των επικίνδυνων ουσιών, τόσο μεγαλύτερη αναμένεται να εκτιμηθεί η τιμή του δείκτη.

Οι δείκτες αυτοί μπορούν να εφαρμοστούν για τα ατυχηματικά σενάρια που προκύπτουν από τις αναλύσεις του συστήματος Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης ως κρίσιμες αλληλουχίες γεγονότων και να συγκριθούν τα μεταξύ τους αποτελέσματα.

Από το άθροισμα των δεικτών όλων των διαδρομών (**u**) που δίνουν επιπτώσεις στα ύδατα για όλες τις επικίνδυνες ουσίες (**i**) που εξετάζονται, προκύπτει η αθροιστική πιθανότητα να προκύψουν επιπτώσεις στα ύδατα (για συγκεκριμένους υπό εξέταση αποδέκτες (**j**)). Όπως αναφέρθηκε ήδη από τον συνδυασμό του δείκτη με τη σοβαρότητα των επιπτώσεων μπορεί να προκύψει η εκτίμηση της επικινδυνότητας περιβαλλοντικών επιπτώσεων για κάθε ΒΑΜΕ.

Η ποσοτικοποιημένη εκτίμηση περιβαλλοντικών κινδύνων με την πιλοτική ανάπτυξη δεικτών περιβαλλοντικών επιπτώσεων για ατυχηματικά σενάρια με ποσοτικά στοιχεία αναφορικά στην αξιοπιστία των συστημάτων, στην πιθανότητα παρουσίας τρωτών αποδεκτών εντός των ζωνών συνεπειών και στον υπολογισμό τελικών συγκεντρώσεων σε υδάτινους αποδέκτες με χρήση αρχών ρευστομηχανικής, δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΒΑΜΕ & ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΒΑΜΕ

8.1 Μεθοδολογικός Οδηγός Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων ΒΑΜΕ

Στην παρούσα ερευνητική εργασία προσδιορίστηκε το εννοιολογικό πλαίσιο για την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης και διερευνήθηκαν τα εργαλεία για την ποσοτική εκτίμηση βλαβών. Στόχο αποτελεί η διαμόρφωση ενός κατευθυντήριου οδηγού για την συστημική παραμετροποίηση επιμέρους παραγόντων που συμπεριλαμβάνονται και αποδίδονται από το σχήμα:

Πηγή Όδευση ⟶ **Οδός/Κανάλι μεταφοράς** ⟶ **Αποδέκτης**

για τον κατάλληλο σχεδιασμό εγκαταστάσεων, τον εντοπισμό κρίσιμων για το περιβάλλον ατυχηματικών σεναρίων, κρίσιμων διαδικασιών και εξοπλισμού, την τυποποιημένη εκτίμηση βλαβών και την κατάλληλη πρόβλεψη μέτρων ελέγχου για δράσεων άμεσης επέμβασης για τον περιορισμό και την αποκατάσταση βλαβών.

Η παρούσα αναπτύχθηκε έχοντας ως γνώμονα ανάπτυξης την Οδηγίας "SEVESO II" ΚΥΑ12044/2007 περί «Καθορισμού μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες, λόγω ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών» σύμφωνα με την οποία μεταξύ άλλων οι υπεύθυνοι των εγκαταστάσεων SEVESO πρέπει να λαμβάνουν όλα τα κατάλληλα μέτρα για την εκτίμηση, τον έλεγχο και των περιορισμό των επιπτώσεων στον Άνθρωπο και το Περιβάλλον από εκδήλωση Μεγάλων Ατυχημάτων. Η παρούσα έρχεται να ενσωματωθεί στο ανθρωποκεντρικό πλαίσιο εκτίμησης επιπτώσεων από ΒΑΜΕ διευρύνοντας το αντικείμενο ανάλυσης ατυχηματικών σεναρίων αναφορικά στην περιβαλλοντική τους διάσταση.

Σαφώς η εννοιολογική απόδοση της προσέγγισης και οι επιμέρους οδηγίες εφαρμογής εργαλείων (event trees, λογισμικά πακέτα διασποράς αερίου νέφους, εξάτμισης, μετάδοσης θερμικής ακτινοβολίας) δεν αφορούν μονάχα τις εγκαταστάσεις που υπάγονται στην οδηγία SEVESO αλλά μπορούν να βρουν εφαρμογή σε εγκαταστάσεις όπου φυλάσσονται ή υπάρχουν επικίνδυνες ουσίες ή σε περιπτώσεις διαρροών κατά τη μεταφορά επικίνδυνων ουσιών σε δίκτυα οδικά ή σιδηροδρομικά, μέσω αγωγών και σε χώρους προσωρινής αποθήκευση όπως αεροδρόμια, λιμάνια και σταθμούς.

Παρόλο που οι αρχές πάνω στις οποίες αναπτύχθηκε η παρούσα ερευνητική εργασία δεν αφορούν μονάχα τις εγκαταστάσεις SEVESO, η αναφορά και η ανάλυση των επιμέρους παραγόντων πραγματοποιήθηκε βάσει τυπικών χαρακτηριστικών εξοπλισμού και μονάδων σε εγκαταστάσεις επικίνδυνων χημικών ουσιών. Συγκεκριμένα αναπτύχθηκε οδηγός για την

αναγνώριση και την ανάλυση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από εκδήλωση BAME ο οποίος μπορεί να αποτελέσει εύχρηστο εργαλείο για όλους τους εμπλεκόμενους στη διαχείριση βιομηχανικού κινδύνου, τους αναλυτές της βιομηχανικής επικινδυνότητας, τους υπεύθυνους φορείς ελέγχου, αδειοδότησης και επιχειρήσεων όπως και τις αρχές περιβαλλοντικού σχεδιασμού και χρήσεων γης σε περιοχές γειτνίασης βιομηχανικών και άλλων χρήσεων.

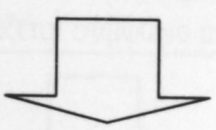
Ο μεθοδολογικός οδηγός αποτελείται από τα παρακάτω βήματα:

Α) Προσδιορισμό των πιθανών πηγών κινδύνου που μπορούν να προκαλέσουν Ατύχημα BAME
Β) Αναγνώριση και προσδιορισμός των επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών που συμμετέχουν στο BAME,
Γ) Καταγραφή μέτρων πρόληψης, ελέγχου και περιορισμού γεγονότων απώλειας περιεχομένου LOCs (Loss of Containment),
Δ) Ανάλυση των μηχανισμών διασποράς/μεταφοράς της επικίνδυνης για το περιβάλλον ουσίας στην ατμόσφαιρα, στα ύδατα και στο εδάφος,
Ε) Προσδιορισμό των αποδεκτών που μπορεί να υποστούν συνέπειες στην ευρύτερη περιοχή της εγκατάστασης,
ΣΤ) Ανάλυση των πιθανών συνεπειών καθώς και προσδιορισμός της έκτασης τους (αραίωση της ουσίας κατά τη διασπορά/ μεταφορά σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από NOECs, LC50s),
Ζ) Εκτίμηση του χρόνου παραμονής των αποδεκτών σε ζώνες υψηλής συγκέντρωσης ή λήψη οριακής δόσης για την εκδήλωση χαρακτηριστικών επιπτώσεων στους εξεταζόμενους αποδέκτες, και
Η) Προσδιορισμό των μέτρων ελέγχου και αντιμετώπισης.

Σε οποιαδήποτε περίπτωση, πριν εκτιμηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από BAME στο περιβάλλον η παρούσα έρευνα θεωρεί απαραίτητο να υπάρχει ακριβής αποτύπωση και καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης επιβάρυνσης στην οποία βρίσκονται οι αποδέκτες στην υπό εξέταση περιοχή, πριν συμβεί το ατύχημα.

Συγκεκριμένα τα βήματα εφαρμογής τα οποία προτείνονται περιλαμβάνουν τις εξής προβλέψεις:

1. Καταγραφή του κρίσιμου εξοπλισμού και των διεργασιών όπως αυτές έχουν προσδιοριστεί από την ανάλυση κινδύνου και την εκτίμηση επικινδυνότητας στα σενάρια ατυχημάτων στις Μελέτες Ασφάλειας της Εγκατάστασης που διακινεί επικίνδυνες ουσίες (εγκατάσταση SEVESO).



2. Καταγραφή επικίνδυνων ουσιών που εμπλέκονται στην απώλεια περιεχομένου για κάθε σενάριο ατυχήματος και ανάπτυξη λίστας επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών.

Ενδείκνυται κάθε εγκατάσταση ή εταιρία να αναπτύξει μια λίστα με τις επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες που διακινούνται εντός της εγκατάστασης και/ή ενδέχεται να παραχθούν σε περίπτωση ατυχήματος προκειμένου να διαμορφώσει ένα πλαίσιο ανάλυσης κινδύνων αναφορικά με τον παράγοντα «Πηγή» περιβαλλοντικού κινδύνου.
Σύμφωνα με την παρούσα έρευνα προτείνεται να λαμβάνονται υπόψη κατά προτεραιότητα οι χαρακτηρισμένες ουσίες ως **R50/53, R50, R51/53 (επικίνδυνες για το (υδάτινο) περιβάλλον),** τα προϊόντα καύσης ή αντίδρασης τα οποία μπορούν να δημιουργηθούν, να διαρρεύσουν και να διασπαρθούν μετά από φωτιά. Στη λίστα αυτή πρέπει να περιληφθούν άκαυστοι υδρογονάνθρακες (βλ.§ 3.4.2), οι Έμμονοι Οργανικοί Ρύποι (βλ. 3.5) και μείγματα ουσιών καθώς και διαλύματα που προκύπτουν με την προσθήκη νερών πυρόσβεσης. Στο Κεφάλαιο 3 παρέχεται εκτενής βάση δεδομένων άντλησης πληροφορίας αναφορικά στις επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες οι οποίες ενδέχεται να διακινούνται σε οποιαδήποτε εγκατάσταση. Σημειώνεται, ότι βάσει της παρούσας έρευνας για την περίπτωση διυλιστηρίων και εγκαταστάσεων διακίνησης πετρελαιοειδών τα πιο πιθανά τοξικά προϊόντα καύσης που είναι και επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες καταδεικνύονται πως είναι: **Acrolein, SO_2, διοξίνες και Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAHs) π.χ. βενζόλιο.**
Στην παρούσα προτείνεται **η λίστα με τις ουσίες προτεραιότητας βάσει της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/ΕΚ** να λειτουργήσει σαν οδηγός για την αναγνώριση επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών σε μια εγκατάσταση SEVESO, είτε αναφορικά στις ουσίες οι οποίες αποθηκεύονται και διακινούνται στην εγκατάσταση είτε αναφορικά στις ουσίες που μπορεί να προκύψουν από ατυχηματικά γεγονότα. Επιπλέον επικίνδυνες ουσίες που μπορούν να προστεθούν σε μια «Κρίσιμη Λίστα Ουσιών» βάσει των όσων αναπτύχθηκαν στις § 3.2-3.6 περιλαμβάνουν χημικά που έχουν καταγραφεί σε καταλόγους από :

- Παρελθόντα ατυχήματα με επιπτώσεις ΒΑΜΕ στο περιβάλλον (§ 3.2&3.3)
- Τα κύρια προϊόντα καύσης από επικίνδυνες ουσίες και τους Πολυκυκλικούς Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες (§3.4)
- Έμμονους οργανικούς ρύπους (§ 3.5)
- Άλλες ουσίες (§ 3.6)

3. Προσδιορισμός αρχικής ποσότητας διαρροής και της συγκέντρωσης της επικίνδυνης ουσίας στα γεγονότα απώλειας περιεχόμενου LOCs και στον όγκο ελέγχου του συστήματος που εξετάζεται σύμφωνα με το σενάριο ΒΑΜΕ.

4. Καταγραφή τρωτών, ευαίσθητων αποδεκτών στο ευρύτερο περιβάλλον της εγκατάστασης.

Εστιάζοντας σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις από ΒΑΜΕ προτείνεται ο εντοπισμός και η αναλυτική καταγραφή πιθανών αποδεκτών σε ύδατα και έδαφος που εμπίπτουν εντός της Ζώνης 2 (Σοβαρές Επιπτώσεις) και Ζώνης 3 (Μέτριες Επιπτώσεις) των σεναρίων ΒΑΜΕ. Στην παρούσα προτείνεται **η τυπική έκταση για καταγραφή των αποδεκτών στο περιβάλλον μιας εγκατάστασης να αντιστοιχεί στην έκταση της Ζώνης 2 που προκύπτει από τα αναμενόμενα worst-case σενάρια που εξετάζονται στην Μελέτη Ασφάλειας της εγκατάστασης.** Εναλλακτική πρόταση μπορεί να αποτελέσει ο ορισμός μιας προκαθορισμένης έκτασης περιμετρικά της εγκατάστασης για την καταγραφή των αποδεκτών. Η έκταση αυτή μπορεί να προκύψει από συνεργασία και συμφωνία μεταξύ των αρμόδιων αρχών σε θέματα περιβάλλοντος, των εσωτερικών τμημάτων ασφάλειας και περιβάλλοντος των εγκαταστάσεων καθώς και ειδικών ανάλυσης περιβαλλοντικών επιπτώσεων (επιστημονικό προσωπικό).

Για την έκταση που αντιστοιχεί στη Ζώνη 2 επιπτώσεων των worst case ατυχημάτων συνιστάται:

a. Καταγραφή ευαίσθητων και προστατευόμενων οικοτόπων π.χ. Ενδιαιτήματα NATURA,

b.Ανάπτυξη λίστας υδάτινων και ευαίσθητων αποδεκτών στο άμεσο περιβάλλον της εγκατάστασης και καταγραφή τοξικολογικών δεδομένων (LL50, EC50 κα.) Σημαντικό είναι αναφορικά με τους υδάτινους αποδέκτες να καταγράφονται:

-Ποια υδάτινα οικοσυστήματα και αποδέκτες υφίστανται στο περιβάλλον της εγκατάστασης

-Οι αποστάσεις από τα κοντινότερο υδάτινο αποδέκτη: ποταμός, θάλασσα, λίμνη κλπ

-Το βάθος από το οποίο διέρχονται οι υδροφόροι ορίζοντες

-Η κλίση του εδάφους στο περιβάλλον της εγκατάστασης, αν υπάρχει φυσική κλίση προς υδάτινο αποδέκτη, και

-Το είδος του εδάφους π.χ. χώμα,

c. Αντίστοιχα με τα παραπάνω στοιχεία ενδείκνυνται προς καταγραφή για το έδαφος αναφορικά σε είδη οργανισμών, χλωρίδα, πανίδα, καλλιεργήσιμες εκτάσεις, πληθυσμιακή κάλυψη διαφορετικών πληθυσμών συλλογή τοξικολογικών στοιχείων για τους αποδέκτες.

Προτεινόμενη περιεκτική λίστα η οποία αναπτύχθηκε από τη παρούσα έρευνα περιλαμβάνει :

- Επιφανειακά νερά: ποταμοί, λίμνες, θάλασσες
- Υπόγεια νερά, Υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας
- Πηγές πόσιμου νερού
- Σπάνια ή υπό εξαφάνιση είδη, προστατευμένοι οικότοποι (NATURA 2000)
- Καλλιέργειες ψαριών και υδάτινων ειδών
- Βύθιοι οργανισμοί, ασπόνδυλα, υδρόβια χλωρίδα,
- Δαφνία, άλγη, φύκη
- Πτηνά
- Παράκτια είδη οργανισμών

- Είδη που τρέφονται από μολυσμένους οργανισμούς –Τροφική Αλυσίδα
- Είδη που πίνουν νερό που έχει υποστεί αλλοιώσεις από ποτάμια, λίμνες
- Αποδημητικά πουλιά ή ζώα τα οποία τρέφονται από το υδάτινο περιβάλλον
- Έδαφος
- Γη με ιδιαίτερη οικονομική σπουδαιότητα (π.χ αστική ή γεωργική γη)

Πηγές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συγκέντρωση της σχετικής πληροφορίας περιλαμβάνουν τα κάτωθι:

- ✓ Χάρτες «Ευρύτερης Περιοχής της Εγκατάστασης»,
- ✓ Χάρτες «Χρήσεων Γης» περιοχής της εγκατάστασης,
- ✓ Χάρτες του «Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου-ΓΠΣ» της περιοχής όπως και
- ✓ Χάρτες του Ινστιτούτου Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών-ΙΓΜΕ.
- ✓ Ακόμη ένα σημαντικό εργαλείο με ευρωπαϊκή εφαρμογή και ισχύ είναι το CORINE. (European Community Biodiversity Clearing House Mechanism, 2004). Βάσει του προγράμματος CORINE αποτυπώνονται τόποι υψηλής περιβαλλοντικής σημασίας που χρήζουν ιδιαίτερης προστασίας και διατήρησης.

Η παρούσα προτείνει την αποτύπωση επί χάρτου τρωτών αποδεκτών και οικοσυστημάτων του περιβάλλοντος της εγκατάστασης (σε κλίμακα τουλάχιστον 1:5000) έτσι ώστε να υπάρχει συγκεντρωμένη σε ένα χάρτη όλη η σχετική πληροφορία.

5. Καταγραφή κρίσιμων δεικτών, οριακών τιμών-συγκεντρώσεων: NOECs, LC50s /LD50s/ LL50 (για τα ψάρια), EC50 (αρθόποδα οστρακόδερμα), ErC50 (άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά) των καταγεγραμμένων υπό εξέταση αποδεκτών για τις επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες που συνδέονται με κάθε κρίσιμο εξοπλισμό.

Αναφορικά στις οριακές τιμές-συγκεντρώσεις στοιχεία μπορούν να αντληθούν από:

- ✓ Τα Δελτία Δεδομένων Ασφάλειας -Material Safety Datasheets –MSDS των επικίνδυνων ουσιών της εγκατάστασης.
- ✓ Βάσεις δεδομένων χημικών ουσιών: ECOTOXicology database EPA[2], European Virtual Institute for Speciation Analysis (EVISA)[2], I The Global Portal to Information on Chemical Substances[3], Databases: CHRIP, ESIS, HPVIS, INCHEM, NICNASPEC, OECD HPV, SIDS IUCLID, SIDS UNEP κ.α.
- ✓ Εργαστηριακές έρευνες οργανισμών, ιδρυμάτων και μελετητών π.χ. Impact of Toxicants on Species Composition of Aquatic Communities, Dick de Zwart, 2005; Environmental Contaminants Encyclopedia, Irwin et al, 1997; Ecological Risk Assessment for PCB Sites A Guide for Determining The Risk of PCB Exposure to Ecological Receptors, 2005 κ.α

[1] http://cfpub.epa.gov/ecotox/, [2] http://www.speciation.net/,
[3] http://webnet3.oecd.org/echemportal/

6. Σύγκριση της αρχικής συγκέντρωσης της επικίνδυνης ουσίας πηγής διαρροής με τις οριακές τιμές-συγκεντρώσεις NOECs/LC50s /LD50s/LL50 (ψάρια)/EC50 (αρθόποδα οστρακόδερμα)/ErC50 (άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά).

-Εξαίρεση ουσιών (i) και διακοπή κάθε περαιτέρω ανάλυσης όταν ικανοποιούνται τα κριτήρια:

$\frac{C_i}{NOECs_i^j} < 1$ και $\frac{C_i}{LC\ 50_i^j} < 1$ για κάθε αποδέκτη (j).

-Εξαίρεση κάθε σεναρίου από περαιτέρω ανάλυση όταν ικανοποιούνται τα παραπάνω κριτήρια για όλες τις επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες (i) που σχετίζονται με το σενάριο .

7. Καταγραφή μέτρων περιορισμού και ελέγχου τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν ως «δίοδοι-κανάλια μεταφοράς» ή ως φραγές στη διαρροή των ουσιών εκτός των ορίων της εγκατάστασης:

Μια λίστα τέτοιων μέτρων για διαρροές υγρών περιλαμβάνει:

- λεκάνες ασφάλειας-αναχώματα,
- φρεάτια εξυδατώσεων,
- φρεάτια απορροής ομβρίων,
- σύστημα αποστράγγισης,
- σύστημα εξουδετέρωσης, αδρανοποίησης
- αποχετευτικό σύστημα,
- υπόγειοι αγωγοί,
- δεξαμενές εξισορρόπησης ομβρίων,
- σύστημα διαχείρισης αποβλήτων.

Για διαρροές αερίων κουρτίνες και κάλυψη με νερό πυρόσβεσης μπορούν να μειώσουν δραστικά την διαφυγή αερίου νέφους. Έλεγχος, καταγραφή και αποτύπωση σημαντικών χαρακτηριστικών τους: θέση, διάταξη, ευστάθεια, χωρητικότητα, στεγανότητα, λειτουργικά χαρακτηριστικά π.χ. ρυθμός απομάκρυνσης, ρυθμός εξουδετέρωσης, απόσταση από το τελικό σημείο εναπόθεσης (έξοδος αποχετευτικού).

8. Ανάπτυξη «δένδρων γεγονότων» αναφορικά στα ΒΑΜΕ για διαρροές/εκπομπές μέχρι τα όρια της εγκατάστασης λαμβάνοντας υπόψη τα μέσα και συστήματα ασφάλειας και περιορισμού. Πρότυπα Ανάλυσης παρουσιάζονται στην § 7.2.

Ανάλυση εξέλιξης της διαρροής σε φωτιά ή έκρηξη ή σε διαρροή χωρίς ανάφλεξη σύμφωνα με τα σενάρια ΒΑΜΕ στη Μελέτη Ασφάλειας της εγκατάστασης.
Μελέτη και ανάλυση κλάδων των δένδρων γεγονότων και καταγραφή πιθανών διαδρομών που δίδουν διαρροές εκτός των ορίων της εγκατάστασης και καταστάσεις επιβάρυνσης σε ύδατα, έδαφος και ατμόσφαιρα .

9. Προσδιορισμός της φάσης της διαρροής (υγρή,αέρια,διφασικό μείγμα) και υπολογισμός συγκέντρωσης διαρροής επικίνδυνων ουσιών (σύσταση μείγματος) στα όρια της εγκατάστασης λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά των φραγών ασφάλειας, των μέσων και συστημάτων καταστολής.

Προτείνεται στην ανάλυση της εξέλιξης μιας διαρροής επικίνδυνης ουσίας να διαχωρίζονται και να λαμβάνονται υπόψη διαφορετικές βαθμίδες διεργασίας π.χ αραίωση, εξάτμιση, παροχέτευση, εξουδετέρωση. Για κάθε βαθμίδα (q) σκόπιμο είναι να υπολογιστεί η συγκέντρωση της επικίνδυνης ουσίας στον όγκο ελέγχου της βαθμίδας.Η προσεγγιστική τιμή της συγκέντρωσης απαιτεί την εφαρμογή ισοζυγίου μάζας της ουσίας σε συγκεκριμένο όγκο ελέγχου για κάθε βαθμίδα διεργασίας (q).
Συγκεκριμένα προτείνεται κατ'ελάχιστον να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- Ο ρυθμός διαρροής της ουσίας από το δοχείο περιεχομένου της
- Ο ρυθμός παροχής νερών πυρόσβεσης
- Ο ρυθμός εξάτμισης της ουσίας
- Παραγωγή προϊόντων καύσης, αντίδρασης
- Η χωρητικότητα των αναχωμάτων
- Ο ρυθμός απομάκρυνσης από τα φρεάτια υδροσυλλογής
- Ο ρυθμός εξουδετέρωσης από τη μονάδα διαχείρισης αποβλήτων ή άλλη διεργασία
- Η δυναμικότητα του βιολογικού κλπ.

Σύμφωνα με τα παραπάνω υπολογίζονται οι συγκεντρώσεις για τις διαδοχικές βαθμίδες και τελικά μπορεί να εκτιμηθεί συναρτήσει των συγκεντρώσεων των προηγούμενων βαθμίδων η συγκέντρωση C' της επικίνδυνης ουσίας στο ρεύμα εκροής στο όριο της εγκατάστασης.

10. Σύγκριση της νέας συγκέντρωσης C' με NOECs, LC50s /LD50s/ LL50, EC50, ErC50.

-Εξαίρεση ουσιών (i) και διακοπή κάθε περαιτέρω ανάλυσης όταν ικανοποιούνται τα κριτήρια $\frac{C'_i}{NOECs_i^j} < 1$ και $\frac{C'_i}{LC\ 50_i^j} < 1$ για κάθε αποδέκτη (j).

Εξαίρεση του σεναρίου από περαιτέρω ανάλυση όταν ικανοποιούνται τα παραπάνω κριτήρια για όλες τις ουσίες (i) που σχετίζονται με το σενάριο.

Προκύπτει λίστα κρίσιμων περιβαλλοντικών σεναρίων ΒΑΜΕ και κρίσιμη λίστα επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών· για κάθε εγκατάσταση SEVESO που δύναται να προκαλέει βλάβες από ΒΑΜΕ σε αποδέκτες στο περιβάλλον.

11. Απόδοση πιθανοτήτων στους κλάδους ανάπτυξης των «δένδρων γεγονότων», της λίστας των κρίσιμων περιβαλλοντικών σεναρίων. Προϋπόθεση αποτελεί η ύπαρξη δεδομένων από τη βιβλιογραφία αναφορικά στην αξιοπιστία του εξοπλισμού και των συστημάτων της εγκατάστασης.

Είναι δυνατόν να υπολογιστεί η πιθανότητα διαρροής της επικίνδυνης ουσίας/μείγματος εκτός των ορίων της εγκατάστασης συναρτήσει των προγενέστερων ενδεχομένων της στον κλάδο του «δένδρου γεγονότων».

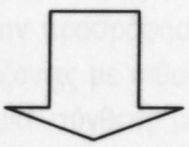
Εξαίρεση επικίνδυνης για το περιβάλλον ουσίας ή του υπό εξέταση σεναρίου ΒΑΜΕ από περαιτέρω μελέτη όταν η πιθανότητα διαρροής εκτός των ορίων προκύπτει αμελητέα.

12. Δημιουργία Short list κρίσιμων περιβαλλοντικών σεναρίων επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών. Προσδιορισμός του παράγοντα Πηγή περιβαλλοντικού κινδύνου του συστήματος Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης και[4] της πιθανότητας να προκύψουν διαρροές εκτός της εγκατάστασης.

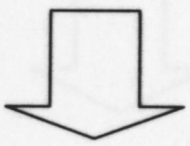
[4] Εφόσον υπάρχουν δεδομένα αξιοπιστίας συστημάτων

13. Καταγραφή όλων των υφιστάμενων συστημάτων και δικτύων εκτός των ορίων της εγκατάστασης που μπορούν να δράσουν ως «δίοδοι-κανάλια μεταφοράς» ή φραγές για τη μεταφορά της επικίνδυνης ουσίας στους τελικούς αποδέκτες.

Τέτοια δίκτυα περιλαμβάνουν όσα προβλέπονται και στο βήμα 7 (υπόγειοι αγωγοί, δίκτυο αποστράγγισης, αποχετευτικό σύστημα, φρεάτια κ.α.) αναφορικά στις γειτονικές εγκαταστάσεις και το ευρύτερο περιβάλλον της εγκατάστασης.
Ενσωμάτωση των παραπάνω στοιχείων στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων δένδρων γεγονότων.



14. Προσδιορισμός περιβαλλοντικών οδεύσεων: Ύδατα, Έδαφος, Ατμόσφαιρα και μοντελοποίηση διασποράς σε κάθε πιθανή όδευση. Ανάπτυξη αλληλουχίας γεγονότων Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης για την λίστα κρίσιμων περιβαλλοντικών σεναρίων. ***Πρότυπη ανάλυση παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 7.***



15. Προσομοίωση διασποράς στα ύδατα, στην ατμόσφαιρα ή στο έδαφος.

Για την κρίσιμη λίστα σεναρίων (Βήματα 1-12) έχοντας προσδιορίσει τις περιβαλλοντικές οδεύσεις (Βήματα 13-14) οι οποίες συνδέονται με κάθε επικίνδυνη για το περιβάλλον ουσία για κάθε σενάριο ΒΑΜΕ, μελετώνται φαινόμενα διασποράς. Έχοντας προσδιορίσει τη φάση της διαρροής και τη σύσταση της τελικής εκροής (π.χ. διάλυμα που συμπαρασύρεται από τα νερά πυρόσβεσης, μείγμα ουσιών, τοξικά προϊόντα καύσης κλπ), συνιστάται να εξετάζονται τα παρακάτω φαινόμενα:

Α. Απορροές σε ύδατα.

Β. Διασπορά νέφους (καυσαερίων, άκαυστου υλικού, προϊόντα καύσης).

Γ. Διασπορά στο έδαφος.

Δευτερεύοντα γεγονότα που ενδέχεται να προκύψουν περιλαμβάνουν κατακρήμνιση ρύπων με τα νερά της βροχής, έκπλυση ρύπων σε υπόγεια ύδατα και υδροφόρους ορίζοντες.

Α. Σχετικά με τις απορροές στα ύδατα ιδιαίτερα σημαντικό είναι να εξετάζονται επιφανειακές απορροές στα ύδατα από δεξαμενές που γειτνιάζουν με επιφανειακά ύδατα, απορροές από σημειακές πηγές π.χ. έξοδος κύριου αγωγού στο τερματικό σημείο του αποχετευτικού συστήματος και ενδεχόμενα απορροής από μη σημειακές πηγές π.χ. έκπλυση με νερά του υδροφόρου ορίζοντα.

Β. Για τη διασπορά νέφους λαμβάνεται κυρίως υπόψη έκλυση αερίων βαρύτερων του αέρα (heavy gas) αλλά και αερίων ελαφρύτερων από τον αέρα (light gas). Σημαντικό είναι στην ανάλυση ΒΑΜΕ από περιβαλλοντικής σκοπιάς να λαμβάνονται υπόψη τοξικά προϊόντα καύσης. Σύμφωνα με την παρούσα έρευνα για την περίπτωση των

εγκαταστάσεων διακίνησης πετρελαιοειδών και διυλιστηρίων τα πιο πιθανά τοξικά προϊόντα καύσης που είναι και επικίνδυνες για το περιβάλλον είναι: **Acrolein, SO_2, διοξίνες και Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAHs)π.χ. βενζόλιο.** Επιπλέον κατά την καύση προϊόντων πετρελαίου προκύπτουν και **άκαυστοι υδρογονάνθρακές** που εκλύονται στην ατμόσφαιρα. Η ποσότητα των άκαυστων υδρογονανθράκων μπορεί να κυμαίνεται από 1-2% του προϊόντος που καίγεται. Επιπλέον σημαντικές είναι οι εκπομπές NOx και σωματιδίων PM10 σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από την οδηγία 1999/30/ΕΚ.

Γ. Σημειώνεται ότι η μελέτη της διασποράς μιας χημική ουσίας στο έδαφος και η προσομοίωση των μηχανισμών την προσρόφησης, έκπλυση και διείσδυσης χημικών στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες με πιθανή την τελική απορροή της σε κάποιο υδάτινο οικοσύστημα αποτελεί μια σύνθετη μελέτη η οποία απαιτεί εξειδικευμένη ανάλυση. Η ανάλυση αυτή εξαρτάται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες της ουσίας και του εδάφους καθώς και από τις υφιστάμενες συνθήκες περιβάλλοντος σε κάθε περίπτωση.

16. Εκτίμηση ζωνών επιπτώσεων (ζώνες εμβέλειας) από τη διασπορά των επικίνδυνων ουσιών σε ύδατα, ατμόσφαιρα και έδαφος.

Έχοντας προσομοιώσει σενάρια διασποράς στα ύδατα, την ατμόσφαιρα και το έδαφος υπολογισμός της έκτασης των ζωνών αναφορικά στις οριακές τιμές-συγκεντρώσεις των ουσιών για τους αποδέκτες στο ευρύτερο περιβάλλον της εγκατάστασης. Το Γράφημα 7.5Β θανατηφόρων επιπτώσεων από τοξικά προϊόντα καύσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συντηρητικό εργαλείο εκτίμησης επιπτώσεων (θάνατος) για τα ζώα παρέχοντας άμεσα μια γενική εκτίμηση των αναμενόμενων θανάτων συναρτήσει της απόστασης για δεδομένα μεγέθη φωτιάς. Στο διάγραμμα περιλαμβάνονται καυσαέρια από φυτοφάρμακα και λιπάσματα τα οποία σύμφωνα με την ανάλυση στο Κεφάλαιο 3 αποτελούν σημαντικές κατηγορίες επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών. Το διάγραμμα συστήνεται προς χρήση από τη διεθνή οργανισμό TNO κατά τη διαμόρφωση σχεδίων έκτακτης ανάγκης (TNO, Manual for emergency planning, 1998).

17. Εφαρμογή κριτηρίων κοινοποίησης οδηγίας SEVESO αναφορικά σε υδάτινο και χερσαίο περιβάλλον και σύγκριση τους με τις ζώνες επιπτώσεων μετά τη διασπορά. Επιλογή σεναρίων σύμφωνα με κριτήρια της οδηγίας SEVESO.

Στην παρούσα έρευνα γίνεται αναφορά σε μοντέλα διασποράς στα ύδατα βαρέων και ελαφρών κλασμάτων πετρελαίου. Αναφορικά στην επιφανειακή απορροή βαρέων κλασμάτων πετρελαίου σε επιφανειακά ύδατα προκύπτει σχηματισμός κηλίδας στην επιφάνεια των υδάτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα προσομοίωσης διαρροής μιας μη πτητική, σχεδόν αδιάλυτης στο νερό ουσίας το Styrene[4], προκύπτει πως για **διαρροές μικρότερες των 100 τόνων η πιθανότητα να προκύψουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις έκτασης ΒΑΜΕ είναι μικρή. Κατά συνέπεια συστήνεται πως για εγκαταστάσεις που διακινούν επικίνδυνες ουσίες και συγκεκριμένα για τα βαρέα κλάσματα πετρελαίου τα μέτρα ελέγχου της εγκατάστασης θα πρέπει να είναι ικανά να ελαχιστοποιήσουν την πιθανή διαρροή εκτός των ορίων της εγκατάστασης σε λιγότερο από ~100 τόνους.**

Για τα πτητικά συστατικά των πετρελαιοειδών σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δεν δημιουργούνται συνθήκες που να τεκμηριώνουν ικανή παραμονή επικίνδυνης ουσίας σε υδάτινο περιβάλλον και πιθανότητα έκθεσης αποδεκτών για τους χρόνους που θεωρούνται ελάχιστοι στα τεστ τοξικότητας υδάτινων οργανισμών 96 ώρες για τα ψάρια, 48 ώρες για τις δαφνίδες και 72 για τα άλγη.

Η διασπορά επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών υψηλής διαλυτότητας σε επιφανειακά ύδατα απαιτεί ειδική μελέτη κατά περίπτωση (case by case).

[4] Επιλέχθηκε λόγω του ότι οι ιδιότητες της είναι σχετικά παρεμφερείς με αυτές των βαρέων κλασμάτων πετρελαίου.

18. Δημιουργία Short list κρίσιμων περιβαλλοντικών σεναρίων και επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσίες της εγκατάστασης. Για τα εναπομείναντα ΒΑΜΕ, αναγνώριση τρωτών αποδεκτών από τη λίστα αποδεκτών στο περιβάλλον της εγκατάσταση που εμπίπτουν εντός των ζωνών επιπτώσεων.

Προκειμένου να εξαχθεί το συμπέρασμα αν εμπίπτουν ευαίσθητοι αποδέκτες εντός των ζωνών προτείνεται να λαμβάνονται υπόψη ανά εποχή του χρόνου π.χ. αποδημητικά πουλιά, ζώα, εποχή η πληθυσμιακή κατανομή των ζώων, εποχές συγκομιδής σοδιών κ.α.

19. Υπολογισμός τελικών συγκεντρώσεων C^F των επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών στον τόπο εναπόθεσης τους και σύγκριση της νέας συγκέντρωσης C^F με τις οριακές τιμές-συγκεντρώσεις NOECs, LC50s /LD50s/ LL50, EC50, ErC50.

Επανάληψη έλεγχου για κάθε επικίνδυνη ουσία που τελικά εναποτίθενται στους τρωτούς αποδέκτες εντός των ζωνών εμβέλειας και εξαίρεση ουσιών-πηγών κινδύνου όταν ο λόγος<1

$$\frac{C^{F}{}_{i}}{NOECs^{\ j}_{\ i}} < 1 \quad \text{και} \quad \frac{C^{F}{}_{i}}{LC_{\ 50}{}^{\ j}_{\ i}} < 1$$

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε ουσία που τελικά εναποτίθενται σε όγκο ελέγχου τρωτών αποδεκτών εντός των ζωνών συνεπειών. Σε περίπτωση που ο παραπάνω λόγος προκύψει < 1 για τους υπό εξέταση αποδέκτες τότε η συγκεκριμένη πηγή κινδύνου δεν προκαλεί επιπτώσεις στο συγκεκριμένο αποδέκτη.

Η εκτίμηση των οικοτοξικολογικών επιπτώσεων μπορεί να υποβοηθηθεί από στοιχεία, βάσεις δεδομένων, εργαστηριακές έρευνες που μπορούν να αντληθούν από:

- Τα Δελτία Δεδομένων Ασφάλειας -Material Safety Datasheets,
- ECOTOXicology database EPA,
- European Virtual Institute for Speciation Analysis (EVISA),
- The Global Portal to Information on Chemical Substances,
- Databases: IUCLID, SIDS UNEP
- CHRIP, ESIS, HPVIS, INCHEM, NICNASPEC, OECD HPV,

20. Καταγραφή και απόδοση τελικών αλληλουχιών γεγονότων Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης για κάθε κρίσιμο σενάριο ΒΑΜΕ.

Για τα σενάρια που στους ελέγχους του βήματος (19) δίνουν λόγους μεγαλύτερους της μονάδας συμπεραίνεται ότι:

Α. Προκαλούν περιβαλλοντικές επιπτώσεις ΒΑΜΕ σύμφωνα με τα κριτήρια της οδηγίας SEVESO και

Β. Οι επικίνδυνες ουσίες που σχετίζονται με το ΒΑΜΕ, είναι ικανές να προκαλέσουν σημαντικές βλάβες (θανάτους) στους αποδέκτες του περιβάλλοντος της εγκατάστασης που εμπίπτουν εντός της Ζώνης 2 κάθε σεναρίου ΒΑΜΕ και οι οποίοι εξετάζονται.

21. Για τα κρίσιμα σενάρια που δίδουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις ΒΑΜΕ, σύγκριση των τελικών συγκεντρώσεων με ΠΠΠ και όρια νομοθετημάτων.

Προκειμένου να προκύψει μια ολοκληρωμένη εκτίμηση της έκτασης και της σοβαρότητας των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΒΑΜΕ η παρούσα έρευνα προτείνει τα παρακάτω:

α. Σύγκριση των τελικών τιμών συγκεντρώσεων με τιμές ρύπων που έχουν καταγραφεί από παλαιότερες μελέτες.

β. Σύγκριση με τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (για τις ουσίες προτεραιότητας) εφόσον εξετάζεται συγκεκριμένος όγκος ελέγχου για τα ύδατα. Επιπλέον σύγκριση με άλλα όρια ή δείκτες από τη σχετική νομοθεσία (βλ. § 6.6). Δίνοντας έμφαση στις ουσίες προτεραιότητας βάσει της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Ύδατα 2000/60/ΕΚ η παρούσα έρευνα προτείνει να υιοθετούνται τα ΠΠΠ ως κριτήριο ελέγχου για τις αναμενόμενες βλάβες στο περιβάλλον από την εκδήλωση ΒΑΜΕ.

γ. Εκτίμηση σοβαρότητας επιπτώσεων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω 21 μεθοδολογικά βήματα περιβαλλοντικού ελέγχου και εκτίμησης επιπτώσεων προκύπτουν τα κρίσιμα σενάρια που προκαλούν επιπτώσεις ΒΑΜΕ στο περιβάλλον, έχοντας χρησιμοποιήσει την υφιστάμενη ανάλυση κινδύνου και την εκτίμηση επικινδυνότητας των σεναρίων ΒΑΜΕ στις Μελέτες Ασφάλειας της Εγκατάστασης που διακινεί επικίνδυνες ουσίες (εγκατάσταση SEVESO). Επιπλέον από την εφαρμογή του παραπάνω οδηγού εκτίμησης περιβαλλοντικών κινδύνων προκύπτουν «αλυσίδες γεγονότων» περιβαλλοντικών κινδύνων, οι οποίες δίδουν αναλυτικά τις διαδοχικές εξελίξεις γεγονότων που ορίζονται από το σχήμα Πηγή-Όδευση-Αποδέκτη για κάθε ΒΑΜΕ.

8.2 Δείκτης Περιβαλλοντικών Κινδύνων ΒΑΜΕ

Αποτέλεσμα της ερευνητικής διατριβής αποτέλεσε η διαμόρφωση ενός πιλοτικού δείκτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ο δείκτης αναπτύχθηκε σύμφωνα με τα παραπάνω 21 βήματα του οδηγού περιβαλλοντικού ελέγχου και εκτίμησης των επιπτώσεων, και ορίζεται ως το γινόμενο επιμέρους τριών (3) παραμέτρων:

- Της πιθανότητας αστοχίας $\mathbf{f_k}$ των συστημάτων ασφάλειας/μέτρων ελέγχου της εγκατάστασης,
- Της πιθανότητας $\mathbf{E_j}$ παρουσίας τρωτού αποδέκτη j εντός ζωνών συνεπειών των σεναρίων, και
- Του δείκτη $\mathbf{V_{ij}}$ που εκφράζει αν προκύπτουν ικανές συγκεντρώσεις ουσίας (i) που μπορούν να βλάψουν τον αποδέκτη (j).

Αναλυτική παρουσίαση του πιλοτικού δείκτη παρουσιάζεται στην § 7.6.

Ο δείκτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αναπτύσσεται σύμφωνα με τα δένδρα γεγονότων περιβαλλοντικών βλαβών και για πιθανές καταστάσεις επιβάρυνσης στα ύδατα και στο έδαφος.

Ο δείκτης πιθανότητας περιβαλλοντικών επιπτώσεων της (z) διαδρομής του δένδρου γεγονότων για την (i) επικίνδυνη ουσία δίδεται από την παρακάτω σχέση:

$$F_{z,i} = \prod_{k=1}^{m} f_{k=k'} \cdot (1 - f_{k=k''}) \cdot \left(\sum_{j=1}^{n} E_j V_{ij} \right) \qquad [1]$$

Με k'+k''= m, όπου:
k'= σύστημα που αστοχεί,
και k''= σύστημα που δεν αστοχεί.

Αν ο δείκτης αυτός συνδυαστεί με τη σοβαρότητα των συνεπειών **(S)** μπορεί να προκύψει εκτίμηση της επικινδυνότητας περιβαλλοντικών επιπτώσεων για επικίνδυνη για το περιβάλλον ουσία (i) για δεδομένο σενάριο ΒΑΜΕ .

$$R_i = F_i(S) \quad \text{ή} \quad R_i = F_i(S) = \prod_{k=1}^{m} f_{k=k'} \cdot (1 - f_{k=k''}) \cdot \left(\sum_{j=1}^{n} E_j V_{ij} \cdot S_j \right)$$

Η περιβαλλοντική επικινδυνότητα μιας εγκατάστασης, για κάθε σενάριο ΒΑΜΕ, θα μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την επικινδυνότητα περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως εκφράζεται από την παραπάνω σχέση και την πιθανότητα να συμβεί το σενάριο ΒΑΜΕ.

Η περαιτέρω ανάπτυξη του πιλοτικού δείκτη με χρήση ποσοτικών στοιχείων μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ενός ποσοτικού κριτηρίου εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΒΑΜΕ στο έδαφος και στα ύδατα. Η χρήση του δείκτη θα συνέβαλλε σε μια σχετική κατάταξη των αναμενόμενων βλαβών σε ύδατα και έδαφος και σε σύγκριση των επιμέρους αποτελεσμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

9.1 Συμπεράσματα

Η διαμόρφωση της παρούσας προσέγγισης πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με κανόνες από τη σχετική ευρωπαϊκή νομοθεσία και αρχές από διεθνώς εφαρμοζόμενες μεθοδολογίες λαμβάνοντας υπόψη και τις δυνατότητες εφαρμογής στις ελληνικές εγκαταστάσεις διακίνησης επικίνδυνων ουσιών (εγκαταστάσεις SEVESO). Στόχος αποτέλεσε η ανάπτυξη Πρότυπου Οδηγού Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης (ΒΑΜΕ) **έπειτα από πρόσκληση του ΥΠΕΧΩΔΕ για ανάπτυξη μεθοδολογίας και εγχειριδίου εργασίας για εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από ΒΑΜΕ.** Σημαντικό είναι ότι στις χώρες της ΕΕ δεν έχει προταθεί ενιαίο πλαίσιο αντιμετώπισης του θέματος και δεν υπάρχουν επίσημα καθιερωμένες κατευθυντήριες οδηγίες αναφορικά σε περιβαλλοντικούς κινδύνους ΒΑΜΕ.

Η ανάπτυξη της παρούσας πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με πλαίσιο που διαμορφώθηκε από 10 Αρχές οι οποίες παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 2. Αξίζει να τονιστεί ότι η παρούσα προσέγγιση δεν πραγματεύεται τη διερεύνηση της επικινδυνότητας ή των βλαβών από κανονικές συνθήκες λειτουργίας πως επίσης δεν μελετώνται χρόνιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την κανονική λειτουργία της εγκατάστασης.

Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι η εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από ατυχηματικά γεγονότα είναι μια πολυσύνθετη διαδικασία, εξαρτώμενη από πολλούς παράγοντες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και ενδέχεται η εκτίμηση της περιβαλλοντικής επικινδυνότητας της εγκατάστασης να απαιτεί σημαντικές δαπάνες σε πόρους και χρόνο. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί η διενέργεια μιας λεπτομερούς εκτίμησης της επικινδυνότητας να αποτελεί μια τόσο δαπανηρή σε πόρους και χρόνο διαδικασία που η μόνη πρακτική εναλλακτική που προτείνεται είναι η λήψη και η εφαρμογή κατάλληλων μέτρων ασφάλειας και πρακτικών διαχείρισης επικινδυνότητας με στόχο τη μείωση της επικινδυνότητας στην πηγή κινδύνου.

Σημαντικό και σαφές συμπέρασμα της έρευνας είναι ότι σε κάθε εγκατάσταση που πραγματοποιείται εκτίμηση περιβαλλοντικών κινδύνων απαραίτητη είναι η ειδική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων από πιθανά ατυχήματα (case by case) λόγω της υφιστάμενης κατάστασης επιβάρυνσης αποδεκτών, της ιδιαιτερότητας και της ευαισθησίας των διαφορετικών οικοσυστημάτων του περιβάλλοντος, των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των επικίνδυνων ουσιών, των οδεύσεων και των αποδεκτών, της τοποθεσίας και άλλων παραγόντων που σχετίζονται με τη λειτουργία κάθε εγκατάστασης. Οποιαδήποτε απόπειρα γενίκευσης αποτελεσμάτων για εγκαταστάσεις που διακινούν επικίνδυνες ουσίες είναι παρακινδυνευμένη.

Ωστόσο ενδείκνυται η καθιέρωση πλαισίου ανάλυσης αναφορικά στους περιβαλλοντικούς κινδύνους από ΒΑΜΕ το οποίο να παρέχει κατευθυντήριες οδηγίες για την αναγνώριση, τον προσδιορισμό και την καταγραφή των παραγόντων που χρήζουν ιδιαίτερης περιβαλλοντικής σημασίας σε κάθε μονάδα. Η εφαρμογή του μεθοδολογικού οδηγού που αναπτύσσεται με σαφή διακριτά βήματα επιτρέπει την ειδική και έγκυρη ανάλυση περιβαλλοντικού κινδύνου ΒΑΜΕ για

κάθε εγκατάσταση λαμβάνοντας υπόψη την τοποθεσία, τις διεργασίες, τις επικίνδυνες ουσίες για το περιβάλλον, τα μέτρα ασφάλειας, τις χρήσεις γης, τις περιβαλλοντικές οδεύσεις, τους αποδέκτες και το περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής.

Στο Κεφάλαιο 8, αναπτύχθηκε Πρότυπος Οδηγός Περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΒΑΜΕ ο οποίος αποτελείται από 21 μεθοδολογικά βήματα περιβαλλοντικού ελέγχου. Από την εφαρμογή του οδηγού προκύπτουν κρίσιμα σενάρια που προκαλούν επιπτώσεις ΒΑΜΕ στο περιβάλλον, έχοντας χρησιμοποιήσει ως βάση την υφιστάμενη ανάλυση κινδύνου και την εκτίμηση επικινδυνότητας των σεναρίων ΒΑΜΕ στις Μελέτες Ασφάλειας της Εγκατάστασης που διακινεί επικίνδυνες ουσίες (εγκατάσταση SEVESO). Από την εφαρμογή του οδηγού προκύπτουν «αλυσίδες γεγονότων» περιβαλλοντικών κινδύνων, οι οποίες δίδουν αναλυτικά τις διαδοχικές εξελίξεις γεγονότων που ορίζονται από το σχήμα Πηγή-Όδευση-Αποδέκτης για κάθε ΒΑΜΕ.

Επιπλέον αναπτύχθηκε πιλοτικός Δείκτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων ΒΑΜΕ ο οποίος εφαρμόζεται σε δένδρα γεγονότων περιβαλλοντικών βλαβών και για πιθανές καταστάσεις επιβάρυνσης στα ύδατα και στο έδαφος.

Μετά την εφαρμογή των μεθοδολογικών βημάτων αναφορικά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ΒΑΜΕ τα αποτελέσματα που προκύπτουν συνοψίζονται στα παρακάτω:

- *Καταγραφή υφιστάμενης κατάστασης επιβάρυνσης του περιβάλλοντος των εγκαταστάσεων που διακινούν επικίνδυνες ουσίες.*
- Λίστα με τις επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες που διακινούνται εντός της εγκατάστασης και/ή ενδέχεται να παραχθούν σε περίπτωση ατυχήματος. Διαμόρφωση πλαισίου ανάλυσης κινδύνων αναφορικά με τον παράγοντα «Πηγή» περιβαλλοντικού κινδύνου.
- Λίστα ευαίσθητων οικοσυστημάτων (ύδατα και έδαφος) και τρωτών αποδεκτών στο ευρύτερο περιβάλλον της εγκατάστασης και απεικόνιση επί χάρτου. Καταγραφή πηγών πόσιμου νερού, εκτάσεων καλλιεργειών, εκτροφή κοπαδιών ζώων κ.α.
- Δένδρα γεγονότων περιβαλλοντικών κινδύνων από ΒΑΜΕ.
- Αναγνώριση καταστάσεων επιβάρυνσης οικοσυστημάτων από ΒΑΜΕ.
- Λίστα κρίσιμων συστημάτων και δικτύων που δρουν ως «δίοδοι-κανάλια μεταφοράς» διαρροών στο περιβάλλον εντός και εκτός της εγκατάστάσης (γειτονικές εγκατάστασης, δίκτυα αστικών λυμάτων).
- Λίστα κρίσιμων περιβαλλοντικών σεναρίων ΒΑΜΕ και κρίσιμης λίστας επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών που δύνανται να προκαλέσουν βλάβες σε αποδέκτες στο περιβάλλον της εγκατάστασης.

Τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για:

- Τον κατάλληλο σχεδιασμό εγκαταστάσεων (νέες και υφιστάμενες μονάδες),
- Την επιλογή και εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων ελέγχου και περιορισμού διαρροών,
- Την άμεση αντιμετώπιση επιπτώσεων ατυχηματικών διαρροών και τη διαφύλαξη του περιβάλλοντος και του ανθρώπου (τροφική αλυσίδα, πόσιμο νερό, συνθήκες περιβάλλοντος, κοινωνικοοικονομικές συνέπειες π.χ. αλιεία, κτηνοτροφία, καλλιέργειες),

- Την ενσωμάτωση στην πολιτική πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων περαιτέρω οδηγιών για την ασφαλή διαχείριση των χημικών αναφορικά στο περιβάλλον και την πρόληψη ατυχηματικών διαρροών,
- Την εκπαίδευση του προσωπικού των εγκαταστάσεων και των εμπλεκόμενων φορέων διαχείρισης κρίσεων αναφορικά στην ενεργοποίηση συστημάτων ασφάλειας σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης,
- Το σχεδιασμό Σχεδίων Έκτακτης Ανάγκης,
- Το σχεδιασμό χρήσεων γης, και
- Την αντιμετώπιση βλαβών και την ανάπτυξη δράσεων εξυγίανσης (αποκατάσταση περιβάλλοντος)

9.2 Ερευνητικές Κατευθύνσεις

Η μεθοδολογία και η ανάλυση της παρούσας έρευνας για την ανάπτυξη πρότυπου συστήματος εκτίμησης περιβαλλοντικής επικινδυνότητας από Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης (ΒΑΜΕ) είναι δόκιμη και παρουσιάζει σημαντικές προοπτικές περαιτέρω έρευνας. Οι κύριες από τις προοπτικές αυτές και οι αντίστοιχες ερευνητικές κατευθύνσεις εντοπίζονται στα παρακάτω:

- Μετρήσεις ρύπων, αναλύσεις ποιότητας υδάτων, εδάφους στο περιβάλλον των εγκαταστάσεων. Χρήση αποτελεσμάτων για την αποτύπωση και καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης επιβάρυνσης στο ευρύτερο περιβάλλον των εγκαταστάσεων. Υιοθέτηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων ως μέτρο αναφοράς στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ΒΑΜΕ.

- Ολοκληρωμένη πρακτική εφαρμογή του συστήματος Πηγή-Όδευση-Αποδέκτη και του παρόντος πρότυπου οδηγού περιβαλλοντικού ελέγχου και εκτίμησης επιπτώσεων στο περιβάλλον από ΒΑΜΕ, σε βιομηχανικές μονάδες, σε εγκαταστάσεις διακίνησης, αποθήκευσης, παραμονής επικίνδυνων ουσιών κ.α. Εξακρίβωση των δυνατοτήτων εφαρμογής και ανάλυση των αποτελεσμάτων των εφαρμογών για επαλήθευση των προβλεπόμενων μεθοδολογικών βημάτων.

- Μοντελοποίηση παραμέτρων εκτίμησης περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων από ατυχήματα με χρήση πολυκριτήριας ανάλυσης. Αξιολόγηση βραχυχρόνιων και μακροχρόνιων επιπτώσεων παρελθόντων ατυχημάτων αναφορικά στο φυσικό περιβάλλον και στο κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον. Π.χ επιπτώσεις σε οικοσυστήματα, σε πληθυσμούς υδάτινων οργανισμών, στη βλάστηση, σε δάση, εκμετάλλευση χρήσεων γης για κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες: καλλιέργειες, ιχθυοκαλλιέργειες, πηγές πόσιμου νερού, δάση, εκτροφή ζώων κ.α. Ανάπτυξη μοντέλου πρόβλεψης επιπτώσεων ατυχημάτων με εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας πληροφορίας από τα παρελθόντα ατυχήματα.

- Ανάπτυξη και σύνθεση δένδρων γεγονότων σεναρίων ΒΑΜΕ από διαφορετικά γεγονότα απώλειας περιεχομένου που δίδουν όμως τις ίδιες καταστάσεις επιβάρυνσης αποδεκτών. Ποσοτική εκτίμηση πιθανότητας επιπτώσεων σε αποδέκτες στο περιβάλλον εγκατάστασης SEVESO.

- Ποσοτικοποίηση του πιλοτικού δείκτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων και εκτίμηση περιβαλλοντικής επικινδυνότητας ΒΑΜΕ για εγκαταστάσεις SEVESO στην Ελλάδα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

ΞΕΝΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

[1] European Council Directive 82/501 1982. On the control of major accident hazards of certain industrial activities. *Official Journal of the European Communities*. Luxembourg: European Commission.

[2] European Council Directive 96/82 1996. On the control of major accident hazards involving dangerous substances. *Official Journal of the European Communities*. Luxembourg: European Commission.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

[3] 2006/507/ΕΚ: Απόφαση του Συμβουλίου, της 14ης Οκτωβρίου 2004 , σχετικά με τη σύναψη, εξ ονόματος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, της σύμβασης της Στοκχόλμης για τους έμμονους οργανικούς ρύπους

[4] 84/132/ΕΟΚ: Απόφαση του Συμβουλίου της 1ης Μαρτίου 1984 για τη σύναψη του πρωτοκόλλου για τις ειδικά προστατευόμενες περιοχές της Μεσογείου.

[5] Ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο της 2ας Οκτωβρίου 2002 « Προς μια στρατηγική για την προστασία και τη διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος» [COM(2002) 539 τελικό - δεν έχει δημοσιευτεί στην Επίσημη Εφημερίδα].

[6] Ανακοίνωση της Επιτροπής της 22ας Σεπτεμβρίου 2006 με τίτλο: «Θεματική στρατηγική για την προστασία του εδάφους» [COM(2006) 231 τελικό - Δεν έχει δημοσιευθεί στην Επίσημη Εφημερίδα].

[7] Απόφαση 2006/613/ΕΚ της Επιτροπής, της 19ης Ιουλίου 2006, σχετικά με την έγκριση, σύμφωνα με την οδηγία 92/43/ΕΟΚ του Συμβουλίου, του καταλόγου των τόπων κοινοτικής σημασίας για τη μεσογειακή βιογεωγραφική περιοχή. *Επίσημη Εφημερίδα L 259, 21.9.2006.*

[8] Απόφαση 2455/2001/ΕΚ: Θέσπιση καταλόγου ουσιών προτεραιότητας στον τομέα τις πολιτικής των υδάτων και τροποποίηση οδηγίας 2000/60/ΕΚ.

[9] Απόφαση 77/585/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 25ης Ιουλίου 1977 περί συνάψεως συμβάσεως για την προστασία της Μεσογείου θαλάσσης από τη ρύπανση, καθώς και του πρωτοκόλλου σχετικά με την πρόληψη της ρυπάνσεως της Μεσογείου θαλάσσης από τις βυθίσεις αποβλήτων που πραγματοποιούν τα πλοία και τα αεροσκάφη. *Επίσημη εφημερίδα L 240 της 19.9.1977.*

[10] Απόφαση σχετικά με την κοινή θέση που καθόρισε το Συμβούλιο για την έκδοση της οδηγίας του Συμβουλίου που αφορά την προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων κατά την εργασία από κινδύνους οφειλομένους σε χημικούς παράγοντες (δέκατη τέταρτη οδηγία κατά την έννοια του άρθρου 16, παράγραφος 1, της οδηγίας 89/391/ΕΟΚ) (C4-0531/97 - 00/0459(SYN)).

[11] ΚΥΑ 12044/613/ΦΕΚ 376Β΄-19.3.2007 «Καθορισμός μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση των κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών». *Εφημερίδα της Κυβερνήσεως*. Αθήνα.

[12] ΚΥΑ 3277/209/ΦΕΚ 180/Β/17-02-2000 «Καθορισμός γενικών αρχών και αρμόδιων υπηρεσιών για την εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος».

[13] ΚΥΑ 5697/590 ΦΕΚ 405/Β 2000. Καθορισμός μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση των κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών. *Εφημερίδα της Κυβερνήσεως*. Αθήνα.

[14] Νόμος 1650/86 (ΦΕΚ 160/τ.Α/16.10.1986. *Για την προστασία του περιβάλλοντος. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως*. Αθήνα.

[15] Οδηγία 1999/30/ΕΚ της 22ας Απριλίου 1999 σχετικά με τις οριακές τιμές διοξειδίου του θείου, διοξειδίου του Αζώτου και οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου στον αέρα του περιβάλλοντος.

[16] Οδηγία 2004//9/ΕΚ της επιτροπής της 1ης Οκτωβρίου 2004 για την τροποποίηση της οδηγίας 91/414/ΕΟΚ του συμβουλίου ώστε να καταχωρηθούν οι ουσίες acetamiprid και triacloprid ως δραστικές ουσίες.

[17] Οδηγία 2004/35/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 21ης Απριλίου 2004, σχετικά με την περιβαλλοντική ευθύνη όσον αφορά την πρόληψη και την αποκατάσταση περιβαλλοντικής ζημίας

[18] Οδηγία 2006/121/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 18ης Δεκεμβρίου 2006 για την τροποποίηση της οδηγίας 64/548/ΕΟΚ του Συμβουλίου περί προσεγγίσεως των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων που αφορούν την ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικίνδυνων ουσιών με σκοπό την προσαρμογή της στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ.1907/2006 για την καταχώριση, την αξιολόγηση, την αδειοδότηση και τους περιορισμούς των χημικών προϊόντων (REACH) και για την ίδρυση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Χημικών Προϊόντων.

[19] Οδηγία 2006/7/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 15ης Φεβρουαρίου 2006 , σχετικά με τη διαχείριση της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης και την κατάργηση της οδηγίας 76/160/ΕΟΚ.

[20] Οδηγία 67/548/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 27ης Ιουνίου 1967 περί προσεγγίσεως των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων που αφορούν στην ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικινδύνων ουσιών.

[21] Οδηγία 76/160/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 8ης Δεκεμβρίου 1975 περί της ποιότητος των υδάτων κολυμβήσεως

[22] Οδηγία 92/43/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 21ης Μαΐου 1992, για τη διατήρηση των φυσικών ενδιαιτημάτων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας, (www.europa.eu).

[23] Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της 3ης Νοεμβρίου 1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης

[24] Οδηγίας 79/409/ΕΟΚ για τη διατήρηση των αγρίων πτηνών Πρόταση οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Σεπτεμβρίου 2006 με την οποία καθορίζεται το πλαίσιο για την προστασία του εδάφους και τροποποιείται η οδηγία 2004/35/ΕΚ.

[25] Πρόταση Οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος της οδηγίας 2000/60/ΕΚ. COM(2006)947. Βρυξέλες 17.07.2006

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[26] ADIOS 2 Manual. National Oceanic and Atmospheric Administration U.S. Department-NOAA's. (Website http://response.restoration.noaa.gov/adios)

[27] Andersson. Scott, A., Tysklind., M. and Fangmark, I., A. 2006. Method to relate chemical accident properties and expert judgements in order to derive useful information for the development of Environment-Accident Index.

[28] Arpin, L., Dandrieux, A. and Dusserre, G. 2006. CLARA: An Integrated project to analyse and determine the consequences of a chemical spill on west French Coast. Safety and Reliability for Managing Risk. 2006 *Proceedings of the European Safety and Reliability Conference (ESREL)* 2006. Taylor & Francis Group, London.

[29] Battaglin, W.A., Furlong, E.T., Burkhardt, M.R. and Peter, C.J. 2000. Occurrence of sulfonylurea, sulfonamide, imidazolinone, and other herbicides in rivers, reservoirs and ground water in the Midwestern United States, 1998, *The Science of the Total Environment* **248**: 123-133.

[30] BS8007: 1987. Code of Practice for Design of concrete structures for retaining aqueous liquids.

[31] Canna-Michaelidou, St. and Christodoulidou, M. 2004. State General Laboratory, Cyprus Statistical Society B 14:141-163.

[32] Chapin, R. E. 2004. Nature Is Complex: Our Orchestra Seats at the Most Wonderful Show on Earth.

[33] Charizopoulos, E. and Papadopoulou-Mourkidou, E. 1999.Occurrence of pesticides in rain of the Axios River basin, Greece, Environmental Science & Technology :2363-2368

[34] Christou, M.C. 2000. Substances Dangerous for the Environment in the context of Council Directive 96/82/EC, *Reported by Technical Working Group 7*, Edited by M.C.Christou, JRC, 2000.

[35] CIRIA C598 (Report RP658) "Chemical Storage Tank Systems – Good Practice" published by Construction Industry Research & Information Association. ISBN 0 86017 598 7.

[36] CIRIA Report 164 "Design of containment systems for the prevention of water pollution from industrial incidents" published by Construction Industry Research & Information Association. ISBN.

[37] Cohen, S.Z., Creeger, S.M., Carsel, R.F. and Enfield, C.G. 1984. Potential for pesticide contamination of groundwater resulting from agricultural uses. In: *Treatment and Disposal of pesticide wastes* (RF Kruger & JN Seiber Eds). ACS Symposium Series No. 259, American Chemical Society, Washington DC, pp. 297-325.

[38] Concave. 1995. Gas Oils (diesel fuels/heating oils). *Concawe's Petroleum Products and health management Groups.* Brussels: 1995.

[39] Corsini-Foka, M. 2007. Allochtonous and vagrant ichthyofauna in Hellenic marine and estuarine waters. Mediterranean Marine Science. Volume 8/1. 2007. pp. 67-89.

[40] Crosby, D. G. 1998.Environmental Toxicology and Chemistry. Oxford University Press, New York, NY, USA.

[41] DETR, Department of the Environment, Transport and the Regions. 1999a. Guidance on the Environmental Risk Assessment Aspects of COMAH Safety Reports. *Environment Agency UK.* Available May 1999.

[42] DETR, Department of the Environment, Transport and the Regions.1999. Guidance on the COMAH Regulations 1999 The Control of Major Accident Hazards Regulations 1999. *London: The Stationery Office.* Statutory Instruments No. 743.1999.

[43] DETR, Department of the Environment. 1999b. Transport and the Regions, Guidance on the Interpretation of Major Accident to the Environment for the Purposes of the COMAH Regulations. *The Stationery Office:* London. June 1999.

[44] Dick de Zwart. 2005. Impact of Toxicants on Species Composition of Aquatic Communities: Concordance of Predictions and Field Observations, Directorate of the Netherlands National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), and supported by the RIVM, Scientific Advisory Committee. Ecological Risk Assessment Merges Environmental Chemistry Ecotoxicology and Ecology 2005.

[45] Eco-indicator 95. 2001.Weighting Method for environmental effects that damage ecosystems. Nederlandse Philips bedrijven BV, Oce Nederlandse BV, Nederlandse Car BV. 2001.

[46] Ecological Risk Assessment for PCB Sites A Guide for Determining The Risk of PCB Exposure to Ecological Receptors.2005

[47] Economou, A.N., Giakoumi, S., Vardakas, L., Barbieri, R., Stoumboudi, M. and Zoragis, S..2007. The freshwater ichthyofauna og Greece-an update based on a hydrographic basin survey. Mediterranean Marine Science. Volume 8/1. 2007, pp. 91-166.

[48] ECOTOC. 2001. Risk Assessment in Marine Environments. Technical Report No. 82. ISSN -0773-8072-82. European Centre For Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels.

[49] Environment Protection Agency and the Environment and Heritage Service for Northern Ireland. Ref HO-6/00-12K-C-BBUD.

[50] Environmental Reporting General Guidelines. 2001. UK Department of Environment, Food and Rural Affairs DEFRA.

[51] EXPECT. 2004. American Chemistry Councils (ACC). Long Range Initiative Program. *National Institute of Public Health and the Environment* (Netherlands).

[52] Fairman R., Mead C. D. and Williams W. P. 1999. Environmental Risk Assessment – Approaches, Experiences and Information Sources. Monitoring and Assessment Research centre, King's College, London. Published by European Environment Agency – *EEA Environmental issue report No 4.*

[53] Frieberg, D. 1991. Environmental clean-up of fertilizer an agchemical dealer sites. Iowa Fertilizer and Chemical Association, Des Moines, Iowa.

[54] Gannon, E. 1992. Environmental clean-up of fertilizer an agrochemical dealer sites -28 Iowa case studies. Iowa Natural Heritage Foundation, Des Moines, Iowa.

[55] Guideline for the performance of Environmental Risk Assessment, Ministry of the Interior, Directorate General for Civil Protection and Emergencies, Spain, 2003, (DGCPE-Spain, 2003).

[56] Guidelines and Criteria for Evaluation and Damage Distances Handbook. 1994. *Hazardous materials damage distance Book*. TNO. Second Edition, 1994.

[57] Guldenmund, F.W., Hale, A.R. and Bellamy, L.J. 2000. The development and application of a tailored audit approach to major chemical hazard sites. In G.A. Papadakis (Eds), *Risk Management in the EU of 2000: The challenge of implementing Council Directive 96/82/EC Seveso II*: 275-287. Luxembourg: European Commission, JRC.

[58] Gustafson, D.I. 1989. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability, *Environmental Toxicology and Chemistry* **8**: 339-357.

[59] Harmonized Integrated Classification System for Human Health and Environmental Hazards of Chemical Substances and Mixtures. 28th Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working

[60] Harte, J., Holder, C., Schneider., R. and Shirley., C. 2006. Τοξικά από το Α ως το Ω. *Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.* 2006.

[61] Hatzianestis, I., Sklivagou, E. and Georgakopoulou, E. 2001. Levels of Chlorinated Compounds in marine organoisms from Greek Waters. 7th International Conference on Environmental Science and Technology. Ermoupolis, Syros island. Greece. Sept. 2001.

[62] Hayo, M.G. and van der Werf. 1996. Assesing the impact of pesticides on the environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 60Q81-96.1996.

[63] Health Protection Agency, Products of Combustion, draft summary Information. 2006. *Chemical Hazards and Poisons Division (London)*. 2006.

[64] Heimbach, DM. and Waeckerle JF. Inhalation injuries. *Ann Emerg Med* 1988; 17(12):1316-20

[65] Henschler, D., Bolt, H. M., Jonker, D., Pieters, M. N. and Groten, J. P. 1996. Experimental designs and risk assessment in combination toxicology: Panel discussion. Food and Chemical Toxicology 34:1183-1185.

[66] JRC. 1996.The experience with the Major Accident Reporting System from 1984-1993, European . Commission, Rasmussen, K.,1996.

[67] Klaassen, C., Kodell, R., Paustenbach, D. and Yang, R. 2004. Support of Science-Based Decisions.

[68] Klecka, G., Boethling, B., Franklin, J., Graham, D., Grady, L., Howard, P., Kannan, K., Larson, L., Mackay, D. Muir, D. C. G. and van de Meent, D.,Editors. 2000. Evaluation of Persistence and Long-Range Transport of Organic Chemicals in the Environment: Guidelines and Criteria for Evaluation and Assessment. SETAC Press, Pensacola, FL.

[69] Kletz, T.A. 1999. HAZOP and HAZAN, I.Chem.E., ISBN 0 85295 421 2, 1999.

[70] Kreuger, J. 1998. Pesticides in stream water within an agricultural catchments in southern Sweden, 1990-1996, :216 The Science of the Total Environment 227-251 (1998).

[71] Labropoulou, M. and Papaconstantinou, C. 2000. Community structure of deep-sea demersal fish in the North Aegean Sea (northeastern Mediterranean). Hydrobiologia 440: 281-296, 2000.

[72] Larson, S.J., Capel, P.D., Goolsby, D.A., Zaugg, S.D. and Sandstrom, M.W. 1997. Relations between pesticide use and riverine flux in the Mississippi River basin, *Chemosphere* **31**: 3305-3321.

[73] Lees F.P. 1996. Loss Prevention in the Process Industries, 1980, 2nd edition 1996.

[74] Leistra, M. and Boesten, J.J.T.I. 1989. Pesticide contamination of groundwater in western Europe, *Agriculture, Ecosystems and Environment* **26**: 369-389

[75] MacDonald A., McGeehan C., Cain M., Beattie J., Holt H., Zhou R. and Farquhar, D. (1999). Identification of Marine Environmental High Risk Areas (MEHRA's) in the UK. Department of the Environment, Transport and the Regions, London, UK.

[76] Managing Fire Water and Major Spillages: PPG 18 - Pollution Prevention Guidelines Series - Joint publication of the Environment Agency, Scottish

[77] Marine research in Greece and the additional Greek marine research centers: Progress and present situation (Website http://www.springerlink.com/content/a174j2675gk4501g/.

[78] McCormick J. 1985. Acid Earth. The Global Threat of Acid Pollution. Earthscan, London, 1985.

[79] Mitchison, N. and Papadakis, G.A. 1999. Safety management systems under Seveso II: Implementation and assessment. *Journal of Loss Prevention In the Process Industry* 12: 43-51.

[80] Mitchison, N., and Papadakis, G. A. 1996. Safety management systems: international initiatives. In *Safety management*. Ispra: European Commission, DG JRC.

[81] Mytilenou, C., Politou, C., Papaconstantinmou, C., Kavadas, S., D'Onghia, G. and Sion, L. 2005. Deep-Water fish fauna in the Eastern Ionian Sea. Belg. J. Zool., 2005. 135(1):229-233.

[82] Nijland, H.J., Croon, F.W. and Ritzema, H.P. 2005. Subsurface Drainage Practices Guidelines for the implementation, operation and maintenance of subsurface pipe drainage systems.2005.

[83] Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food. 2002. EUROPEAN COMMISSION. (Website http://europa.eu.int)

[84] Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food. (Website http://europa.eu.int)

[85] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 1998. Environment Directorate Joint Meting of the Chemicals Committee and the working party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology Party on Chemicals, November 1998 (Part I; Part II: Chapters 1-7,10).

[86] Pancucci-Papadoipoulou, M.A., Zenetos, A., Corsini-Foka, M. and Politou, CH.. 2005. Update of marine alien species in Hellenic waters. *Mediterranean Marine Science*. Volume 6/2.2005.

[87] Papadakis, G.A. (Eds) 2001. *Risk Management in the EU of 2000: The challenge of implementing Council Directive 96/82/EC Seveso II, Proceedings of the European Conference "Seveso 2000", Athens, November 1999*. Luxembourg: European Commission, JRC.

[88] Papadakis, G.A. 1998. Safety Management Systems and Safety Reports. In C. Kirchsteiger, M. Christou, and G.A. Papadakis (Eds), *Risk Assessment and Risk Management in the Context of the Seveso II Directive*: 405-436. Elsevier.

[89] Papadakis, G.A. and Amendola, A. (Eds) 1997. *Guidance on the preparation of a safety report to meet the requirements of Council Directive 96/82/EC (Seveso II)*. Luxembourg: European Commission.

[90] Papadakis, G.A. and Porter, S. (Eds) 1999. *Guidance on Inspections as required by article 18 of the Council Directive 96/82/EC (Seveso II)*. Luxembourg: European Commission.

[91] Papadopoulou-Mourkidou, E., Patsias, J., Koukourikou A. & Papadakis, E. 2001 Monitoring of aniline, phenols and caffeine in aquatic systems of Northern Greece, Fresenius Journal of Analytical Chemistry **371**: 491-496.

[92] Plackett, R. L. and Hewlett, P. S. 1952. Quantal responses to mixtures of poisons. *Journal of the Royal.*

[93] Richards, R.P., Kramer, J.W. Baker, D.B. and Krieger, K.A. 1987. Pesticides in rainwater in the northeastern United States, *Nature* **327:** 129-131.

[94] Sector Guidance Note IPPC S1.02 (draft) Guidance for the Gasification, Liquefaction and Refining Sector.

[95] Sepa, HSE, Environment Agency. 2007. COMAH Competent Authority, Report on the findings of the Oil/Fuel Depot Safety and Environmental Reviews. March 2007.

[96] Shrivastava, P. 1995b. Ecocentric management in industrial ecosystems: *Management paradigm for a risk society*, 20 (1), pp: 118-137.

[97] Smoke Toxicity and Firefighters, Kingwood Fire Department, Kingwood, Texas.

[98] Spliid, N.H. and Koppen, B. 1998. Occurrence of pesticides in Danish ground water, *Chemosphere* **37:** 1307-1316.

[99] Squillace, P.J. and. Thurman, E.M. 1992. Herbicide transport in rivers: Importance of hydrology and geochemistry in non-point source contamination. *Environmental Science & Technology* :538-544 1992.

[100] Starkey, R. and Andersson, I., Environmental Management Tools for SMEs: A Handbook. European Environmental Agency: Copenhagen, Denmark, 1998.

[101] Stergiou, K.I., and Moutopoulos, D.K..2001. A review of Length-Weight Relationships of Fishes from Greek Marine Waters. Fisheries Section of the Network of Tropical Aquaculture and Fisheries Professionals. January-June 2001.

[102] Stern, P. C. and Fineberg H. V., 1996. Understanding Risk – Informing Decisions in a Democratic Society. Committee on Risk Characterization. *Commission on Behavioural and Social Sciences and Education* – National Research Council.

[103] The Mond Fire, Explosion and Toxicity Index - a Development of the Dow Index. *Loss Prevention Symposium, Houston,*. AIChE, 1979.

[104] TNO. 2004. Hazardous Materials, damage Distances Handbook, Ministry The Interior, *Crisis Management and fire Directorate*. TNO, 1994

[105] TNO. Teuschler, L., Klaunig, J., Carney, E., Chambers, J., Conolly, R., Gennings, C., Giesy, J., Hertzberg, R. 1998. Fire Service Directorate of Ministry of Home Affairs and the Transport & Public Works Department of the province of South Holland, Manual for the cataloguing and selection of (industrial) activities for which an emergency plan. *Enclosures to be in conjunction with the Guide to hazardous industrials activities.* The Hague, 1998.

[106] Toxicity of Components in Fires, Department of Pathology Seminar, The University of Texas Southwestern Medical School, Dallas, Texas.

[107] Trevisan, M., Montepiani, C., Bartoletti, C., Ioanilli, E. And Del Re, A.A.M. 1993. Pesticides in rainfall and air in Italy, *Environmental Pollution* **80**: 31-39

[108] Tung, L. and Wu. Atrazine residues in estuarine water and the aerial deposition of atrazine into Rhode river, Maryland, Water, Air and Soil.

[109] UNEP. 2004. A Manual for The Preparers And Users Of Eco-Efficiency Indicators.

[110] User Manual EFFECTS 7, TNO. 2006. Knowledge for business, Version Manual 7.3, Release 12, The Netherlands., 2006.

[111] Vouk, V. V., Butler, G. C., Upton, A. C., Parke, D. V. and Asher, S. C., Editors. 1987. Methods for Assessing the Effects of Mixtures of Chemicals. Chichester / John Wiley & Sons, New York, NY, USA.

[112] Whitfield, A. 2002. COMAH and the Environment. Lessons learnt from Major Accidents 1999-2000. *Institution of Chemical Engineers. ICHEM* . Trans IChemE, Vol. 80. Part B, January 2002.

[113] Wilcox, R. LT. Burrows, M. CDR. Ghosh, S. and Ayyub B. M. 2000. Risk-based Technology for the Safety Assessment of Marine Compressed Natural Gas Fuel Systems. International Cooperation on Marine Engineering Systems/The Society of Naval Architects and Marine Engineers. Paper presented at the 8th ICMES/SNAME *New York Metropolitan Section Symposium in New York.* May 22-23, 2000.

[114] Yang, R. S. H. 1994. Introduction to the toxicology of chemical mixtures. Pages 1-10 in Yang, R. S. H., editor.1994.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[115] Βασική Σειρά Δεικτών ΕΟΠ. The European environment- State and outlook 2005 PARTS A&B core set of indicators.(WebsiteQ www.europa.com, www.eea.eu.int/coreset)

[116] Γιαννακοπούλου, Τ., Οικολογία για Μηχανικούς, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δ.Π.Θ, 2006.

[117] Διαμαντόπουλος, Β. 2006. Πιλοτική μελέτη και κατευθυντήριες οδηγίες ορθών πρακτικών για τη διαχείριση των υπόγειων υδάτων σε περιοχές που αντιμετωπίζουν το φαινόμενο της υφαλμύρωσης του υδροφόρου ορίζοντα. *Διαδρομές πολιτιστικής περιήγησης επιστημονικής έρευνας και χωρικού συμμετοχικού σχεδιασμού στις περιοχές νερού του προγράμματος NetWet 2 project.* Interreg III B/CADCASES, 2006.

[118] Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Ανάλυση του "Ανοικτού καταλόγου" βασικών περιβαλλοντικών δεικτών, COM(2002) 524 τελικό, 2002.

[119] Κουτσούμπας, Δ., 2003. Βενθικά Οικοισυστήματα. Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα Επιστημών Θάλασσας.

[120] Μελάς,Δ. Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Τμήμα Φυσικής Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, (Website lap.physics.auth.gr/pms/upload/WEB_POLLUTION.DOC)

[121] Μιχαηλίδου, Στ. Κ., Χριστοδουλίδου Μ., Ανάπτυξη και Εφαρμογή Δεικτών Ποιότητας στα Επιφανειακά Νερά και Απόβλητά: Από τα δεδομένα στην Πληροφορία για Ορθολογική Διαχείριση, *Ημερίδα ΜΕΝΤΩΡ*, 2007.

[122] Παπαδοπούλου-Μουρκίδου, Ε. 2002.Τελική Έκθεση Αποτελεσμάτων. *Πρόγραμμα Ελέγχου Ποιότητας Επιφανειακών Υδάτων στη Μακεδονία-Θράκη.* Υπουργείο Γεωργίας, 2002.

[123] Ρήγας, Φ., Βιομηχανική Ασφάλεια, Εκδόσεις Παπασωτηρίου. Αθήνα 2005.

[124] Χαλκίδου, Α., 2007. Προσέγγιση για την Περιβαλλοντική Διάσταση των Βιομηχανικών Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης. *28η Σύσκεψη Συνεργασίας Διυλιστηρίων, Διοργανωτής ΔΕΣΦΑ.* Αθήνα 11-12 Ιουνίου 2007.

[125] Χαλκίδου, Α., και Παπαδάκης, Γ. 2007. Πρόταση για Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις ΒΑΜΕ ΥΠΕΧΩΔΕ. Απρίλιος 2007.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

➢ Χρήσιμες Διευθύνσεις για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση

CITES - the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora
http://www.cites.org/

ECOLEX - A gateway to environmental law
http://www.ecolex.org/

ESSP - Earth System Science Partnership
http://www.essp.org/

EUROPA - Nature and Biodiversity
http://europa.eu.int/comm/environment/nature/home.htm

IUCN - The World Conservation Union
http://www.iucn.org

Δικτυακός τόπος για τη βιοποικιλότητα και το περιβάλλον
http://www.conservation.org/

Δίκτυο Ερευνητών Διαχείρισης Περιβάλλοντος
http://natura.minenv.gr/natura/

EEA- European Environment Agency (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος - ΕΟΠ)
http://local.el.eea.eu.int/

Εθνικό Δίκτυο Πληροφοριών Περιβάλλοντος (ΕΔΠΠ)
http://hermes.edpp.gr/

Εκπαιδευτική Πύλη του ΥΠΕΠΘ
www.e-yliko.sch.gr

Ευρωπαϊκή Επιτροπή για το Περιβάλλον
http://europa.eu.int/comm/environment/index_el.htm

Η Σύμβαση Ramsar για τους υγροτόπους
http://www.ramsar.org/

Νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το Περιβάλλον
http://europa.eu.int/scadplus/leg/el/s15000.htm

Πρόγραμμα Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (UNDP - United Nations Development Programme)
http://www.undp.org/

Πρόγραμμα Άνθρωπος και Βιόσφαιρα της UNESCO (Man and the Biosphere - MAB)
http://www.unesco.org/mab/

Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών UNEP - United Nations Environment Programm
http://www.unep.org/

Σύμβαση για τη βιοποικιλότητα (Convention on Biological Diversity - UNEP)
http://www.biodiv.org/welcome.aspx)

Το πρόγραμμα δράσης της UNEP (ΟΗΕ) για τη Μεσόγειο
http://www.unepmap.org/

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων
http://www.minagric.gr/greek/index.shtml

Υπουργείο Ανάπτυξης
http://www.ypan.gr/index_c_cms.htm

Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων
http://www.minenv.gr/

- **Περιβαλλοντικά Ινστιτούτα - Κέντρα**

APELL, United Nations Environment Program
http://www.uneptie.org/pc/apell/home.html

ASTM: International standards worldwide
http://www.astm.org

Division of environmental policy implementation
http://www.unep.org/DEPI/disastermanagement1.asp

EC guidelines: Classification, Packaging and Labelling of Dangerous Substances in the European Union
http://ecb.ei.jrc.it/testingmethods/

Environmental Education on the INTERNET
http://eelink.net/

Environmental Protection Agency (EPA)
http://www.epa.gov/

Environmental Protection Agency-EPA US
http://www.epa.gov/

Europa-Environment:Civil Protection
http://ec.europa.eu/environment/seveso/implementation

Europa-Biodiversity
http://biodiversity-chm.eea.europa.eu/

European Centre for Nature Conservation – ECNC
http://www.ecnc.nl/

European Environment Agency- Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος - ΕΟΠ)
http://local.el.eea.eu.int/

GRID , United Nations Environment Programme
http://www.grid.unep.ch/activities/earlywarning/preview/ims/index.php

ISO guidelines: Available from the national standardisation organisations or ISO
http://www.iso.ch/

Major Accident Reporting System (MARS)
http://mahbsrv.jrc.it/mars/default.html

North American Association for Environmental Education (NAAEE)
http://www.naaee.org/

OECD guidelines for the testing of chemicals
http://www.oecd.org/ehs/test/testlist.htm

OPPTS guidelines: US-EPA homepage:
http://www.epa.gov/opptsfrs/home/guidelin.htm
http://www.epa.gov/OPPTS_Harmonized/850_Ecological_Effects_Test_Guidelines /Drafts

POPs Persistent Organic Pollutants
www.pops.int

The CEOSDIS
http://disaster.ceos.org

The Department of Environment, Transport and the Region's site
http://www.detr.gov.uk/

The EM-DAT: The OFDA/CRED international disaster database
http://www.cred.be/emdat

The Environment Agency's site for Wales
http://www.environment-agency.wales.gov.uk/

The Environment Agency's site
http://www.environment-agency.gov.uk/

The European IPPC Bureau's site:
http://eippcb.jrc.es/

The Health and Safety Executive's site
http://www.open.gov.uk/hse/

The JRC: Natural hazards project
http://natural-hazards.jrc.it

The Natural and environmental disaster information exchange system (NEDIES)
http://nedies.jrc.it/default.asp

The Natural Hazards.org: Education and research for a safer planet

http://www.naturalhazards.org

The Scottish Environmental Protection Agency's site
http://www.sepa.org.uk/

The UNEP: The GEO-3 Data Compendium
http://geocompendium.grid.unep.ch/data_sets/disasters/nat_disaster_ds.htm

Title: MITCH, Mitigation of climate induced natural hazards
http://www.mitch-ec.net

UNEP - United Nations Environment Programme Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών
http://www.unep.org/ http://www.chem.unep.ch/irptc/invent/igo.html

United States Coast Guard
http://www.uscg.mil

Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών (ΕΚΚΕ) - Θέματα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης
http://www.ekke.gr/estia/Inteduc/outline.htm

Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών (ΕΚΚΕ) - Περιβαλλοντική Γωνιά
http://www.ekke.gr/estia/gr_pages/gr_index.htm

Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΚΠΑΑ)
http://www.ekpaa.gr/

Ελληνική Εταιρία Προστασίας της Φύσης (ΕΕΠΦ)
http://www.eepf.gr/index.htm

Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων - Υγροτόπων
http://www.ekby.gr/

Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ)
http://www.hcmr.gr/

Ελληνική Ορνιθολογική εταιρία
http://www.ornithologiki.gr/

Κέντρο Περιβαλλοντικής Αγωγής (Κε.Π.Α.)
http://www.ceed.uoa.gr/

Κέντρο των Περιφερειών της Ευρωπαϊκής Μεσογείου για το Περιβάλλον (ΚΕΠΕΜΕΠ-MEDREGIO)
(http://www.medregio.org/firstpage.html

Κέντρο των Περιφερειών της Ευρωπαϊκής Μεσογείου για το Περιβάλλον (ΚΕΠΕΜΕΠ-MEDREGIO)
http://www.medregio.org/activities/medregio_el.html

Νόμος και Φύση
http://www.nomosphysis.org.gr/

Πέλαγος - Ινστιτούτο Κητολογικών Ερευνών
http://www.pelagosinstitute.gr

- **Βάσεις Δεδομένων Επικίνδυνων Ουσιών**

CHRIS
http://www.chrismanual.com/dbchanges.htm

CLASSLAB
http://ecb.jrc.it/classification-labelling/search-classlab/

EaSI-Pro Data
http://www.easi-pro.com/Pages/EaSIPro_Data/GeneralInformation.aspx

ECOTOX, (ECOTOXicology) database
http://cfpub.epa.gov/ecotox/

EVISA European Virtual Institute for Speciation Analysis
http://www.speciation.net/Public/Linklists

GESTIS
http://dino.wiz.uni-kassel.de/dain/ddb/x261.html

IUCLID 5
http://ecbwbiu5.jrc.it/

MARS
http://mahbsrv.jrc.it/Activities-WhatIsMars.html

N-CLASS Database on Environmental Hazard Classification version 6.1
http://apps.kemi.se/nclass/default.asp

POPS, UNEP, Inventory of Information Sources on Chemicals, Persistent Organic Pollutants,Prepared by UNEP Chemicals
http://www.chem.unep.ch/irptc/invent/igo.html

The Global Portal to Information on Chemical Substances
http://webnet3.oecd.org/echemportal/

- Λοιπές Διευθύνσεις

Corine CORINE Biotopes Manual
http://biodiversity-chm.eea.europa.eu/information/document/F1088156525/F1125582140/1125582425

Greenpeace
www.greenpeace.gr

Guidance document on Aquatic Ecotoxicology Annon 2002
www. pesticides.gov.uk/publications

Risk-based Decision-making Guidelines
http://www.uscg.mil/hq/gm/risk/e-guidelines/rbdm/html/vol3/08/v3-08-cont.htm

Society of Toxicology
http://www.toxicology.org/memberservices/meetings/MixturesWhitePapers.doc

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

1. Συντμήσεις Οριακών Τιμών
2. Αναλυτικός Πίνακας Αλληλουχίας Γεγονότων για Διαρροή Εύφλεκτης Ουσίας

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ

Τα τελευταία χρόνια έχουν επικρατήσει διάφοροι τοξικολογικοί όροι:

- **LD50** (mean lethal dose for 50% mortality), θανατηφόρος δόση 50%
- **LC50** (mean lethal concentration for 50% mortality), θανατηφόρος συγκέντρωση 50%
- **EC50** (Effect concentration 50%, concentration that causes an effect, not death, on 50% of tested organism), συγκέντρωση πρόκλησης αποτελέσματος σε 50% του οργανισμού-πειραματόζωου
- **LED10** (Effective dose corresponding to the lower 95% confidence limit on a dose associated with 10% response), αποτελεσματική δόση με 95% όρια αξιοπιστίας για δόση που ανταποκρίνεται σε 10% αποτέλεσμα (θνησιμότητα)
- **IC50** (inhibitory concentration that reduces the normal response, growth rates of algae, bacteria and other organisms by 50%), δόση αναστολής 50%,
- δοκιμασία για την ανάπτυξη βακτηρίων, φύκους και άλλων οργανισμών **NOEC** (No observed effects concentration, determined by graphical or statistical methods), συγκέντρωση μη παρατηρούμενου αποτελέσματος
- **NOEL** (No observed effects level, parameter as a dose), επίπεδο (mg/kg) μη παρατηρούμενου αποτελέσματος (βλάβη στην υγεία οργανισμού)
- **NOAEC** (No observed adverse effects concentration, the effect is usually chosen for its impact upon the species tested), συγκέντρωση με μη παρατηρούμενη επίδραση σε συγκεκριμένο παράγοντα υγείας οργανισμού
- **NOAEL** (No observed adverse effects level), επίπεδο με μη παρατηρούμενες αρνητικές συνέπειες
- **LOEC** (Lowest observed effects concentration), χαμηλότερη συγκέντρωση όπου παρατηρείται αποτέλεσμα (βλάβη στον ζωντανό οργανισμό)
- **LOEL** (Lowest observed effects level), χαμηλότερο επίπεδο όπου παρατηρείται αποτέλεσμα
- **MTC** (Minimum Threshold conc.), ελάχιστη συγκέντρωση κατωφλίου (ουδός)
- **MTD** (Maximum tolerated dose), ανώτατη ανεκτή δόση (για τοξικολογικά πειράματα σε καρκινογόνες ουσίες)
- **MATC** (Minimum allowable toxicant concentration), ελάχιστη επιτρεπόμενη δόση τοξικής ουσίας
- **EQSs Environmental Quality Standards –Πρότυπα-Κριτήρια Ποιότητας Περιβάλλοντος**

ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΥΦΛΕΚΤΗΣ ΟΥΣΙΑΣ

	ΜΕΤΡΑ							
	ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΔΙΑΡΡΟΗ	ΑΜΕΣΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ)	ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	ΑΤΥΧΗΜΑΤΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ	ΝΕΡΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ	ΔΙΑΡΡΟΕΣ/ΕΚΠΟΜΠΕΣ	
SC1 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	✓	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΧΩΡΙΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO Σ1-Σ28
SC2 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	✓	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΧΩΡΙΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΔΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO Σ1-Σ29 & N1-N10
SC3 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	✓	X	X	X	-	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC	GO TO Σ1-Σ29
SC4 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	✓	X	X	X	-	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ (ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗ ΟΥΣΙΑ+ΝΕΡΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ) ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC	GO TO Σ1-Σ29
SC5 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	✓	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	✓	UVCE	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO N1-N10
SC6 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	✓	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	✓	UVCE	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΔΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO N1-N10 & Σ1-Σ29
SC7 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	✓	X	✓	✓	FLASH FIRE	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO N1-N10
SC8 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	✓	X	✓	✓	FLASH FIRE	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΔΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO N1-N10 & Σ1-Σ29
SC9 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	✓	✓	-	-	POOL FIRE	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ+ ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC	GO TO Σ1-Σ29 & N1-N10
SC10 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	✓	✓	-	-	POOL FIRE	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ+ ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΟΥΣΙΑΣ+ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC	GO TO Σ1-Σ29 & N1-N10
SC11 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	X	✓	✓	✓	POOL FIRE	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ+ ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC	GO TO Σ1-Σ29 & N1-N10

	ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΔΙΑΡΡΟΗ	ΑΜΕΣΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ)	ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	ΑΤΥΧΗΜΑΤΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ	ΝΕΡΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ	ΔΙΑΡΡΟΕΣ/ΕΚΠΟΜΠΕΣ	
SC12 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	X	✓	✓	✓	POOL FIRE	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ+ ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΟΥΣΙΑΣ+ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC	GO TO Σ1-Σ29 & N1-N10
SC13 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	X	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΧΩΡΙΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO Σ1-Σ28
SC14 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	X	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΧΩΡΙΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΧΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO Σ1-Σ29 & N1-N10
SC15 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	X	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	✓	UVCE	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO N1-N10
SC16 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	X	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	✓	UVCE	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΧΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO N1-N10 & Σ1-Σ29
SC17 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	X	X	X	X	-	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC	GO TO Σ1-Σ29
SC18 ΥΓΡΗ ΦΑΣΗ	X	X	X	X	-	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ (ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗ ΟΥΣΙΑ+ΝΕΡΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ) ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC	GO TO Σ1-Σ29
SC19 ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	X	X	✓	✓	FLASH FIRE	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO N1-N10
SC20 ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	X	X	✓	✓	FLASH FIRE	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΧΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO N1-N10 & Σ1-Σ29
SC21 ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	✓	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΧΩΡΙΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO N1-N10
SC22 ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	✓	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΧΩΡΙΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΧΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO N1-N10 & Σ1-Σ29

	ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΔΙΑΡΡΟΗ	ΑΜΕΣΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ)	ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	ΑΤΥΧΗΜΑΤΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ	ΝΕΡΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ	ΔΙΑΡΡΟΕΣ/ΕΚΠΟΜΠΕΣ	
SC23 ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	✓	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	✓	UVCE	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO N1-N10
SC24 ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	✓	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	✓	UVCE	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΧΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO N1-N10 & Σ1-Σ29
SC25 ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	✓	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	✓	FLASH FIRE	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO N1-N10
SC26 ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	✓	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	✓	FLASH FIRE	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΧΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO N1-N10 & Σ1-Σ29
SC27 ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	X	✓	-	-	FLAME JET	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ & ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO N1-N10
SC28 ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	X	✓	-	-	FLAME JET	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ & ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΧΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO N1-N10 & Σ1-Σ29
SC29 ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	✓	✓	-	-	FLAME JET	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ & ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO N1-N10
SC30 ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	✓	✓	-	-	FLAME JET	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ & ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΧΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO N1-N10 & Σ1-Σ29
SC31 ΥΓΡΗ +ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	✓	✓	-	-	BLEVE+FIREBALL	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO N1-N10
SC32 ΥΓΡΗ +ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	✓	✓	-	-	BLEVE+FIREBALL	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΧΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO N1-N10 & Σ1-Σ29

	ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΔΙΑΡΡΟΗ	ΑΜΕΣΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ)	ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ	ΑΤΥΧΗΜΑΤΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ	ΝΕΡΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ	ΔΙΑΡΡΟΕΣ/ΕΚΠΟΜΠΕΣ	
SC33 ΥΓΡΗ +ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	✓	✓	-	-	POOL FIRE	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO N1-N10
SC34 ΥΓΡΗ +ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	✓	✓	-	-	POOL FIRE	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΧΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO N1-N10 & Σ1-Σ29
SC35 ΥΓΡΗ +ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	X	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	✓	FLASH FIRE	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO N1-N10
SC36 ΥΓΡΗ +ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	X	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	✓	FLASH FIRE	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΧΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO N1-N10 & Σ1-Σ29
SC37 ΥΓΡΗ +ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	X	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	✓	UVCE	X	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ	GO TO N1-N10
SC38 ΥΓΡΗ +ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	X	X	ΕΚΡΗΚΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	✓	UVCE	✓	ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΦΟΥΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΠΤΗΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ + ΔΙΑΡΡΟΗ ΝΕΡΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC (ΙΧΝΗ ΕΠΙΚΙΝΔ. ΟΥΣΙΑΣ)	GO TO N1-N10 & Σ1-Σ29
SC39 ΥΓΡΗ +ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	X	X	X	X	-	X	ΔΙΑΡΡΟΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC	GO TO Σ1-Σ29
SC40 ΥΓΡΗ +ΑΕΡΙΑ ΦΑΣΗ	X	X	X	X	-	✓	ΔΙΑΡΡΟΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ (ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗ ΟΥΣΙΑ+ΝΕΡΑ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ) ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ LOC	GO TO Σ1-Σ29

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

1. Δένδρα Γεγονότων αστοχίας εξοπλισμού
2. Ζώνες Επιπτώσεων για:

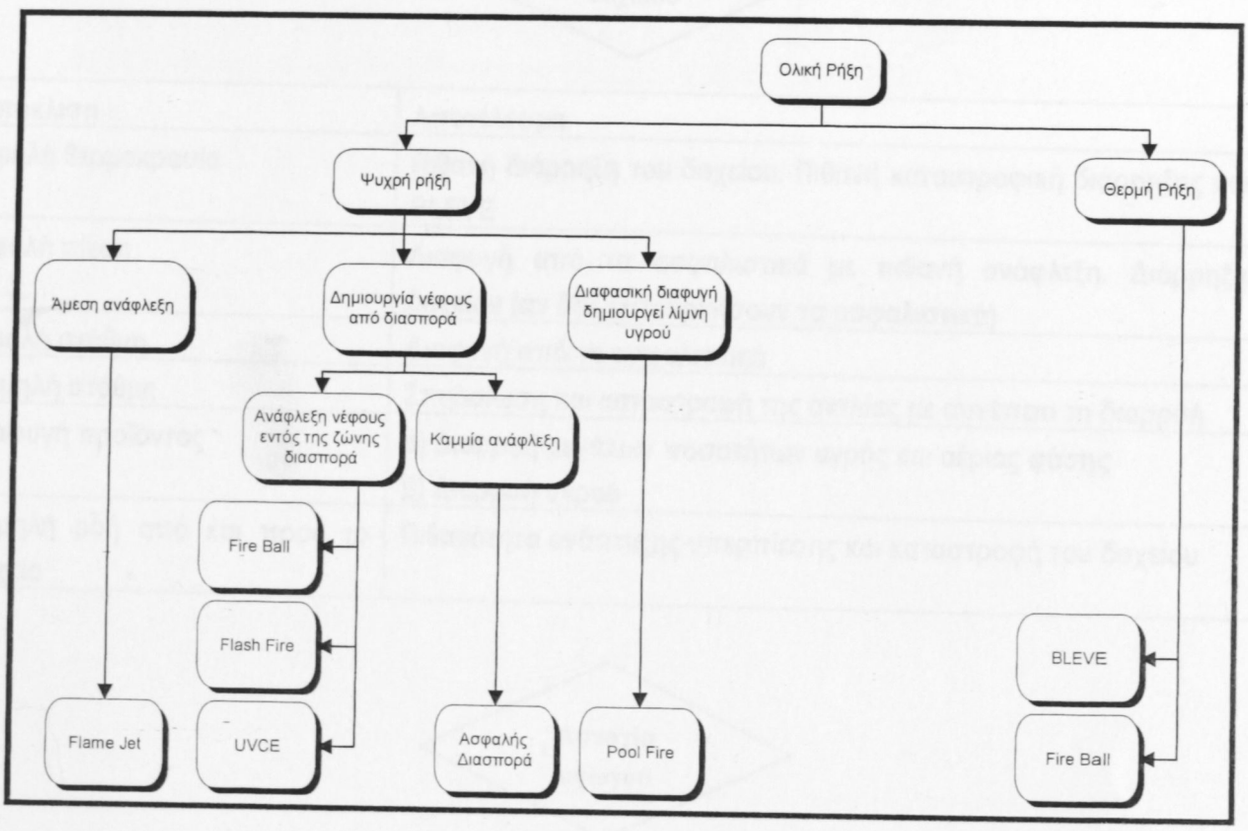
   -Θερμική Ακτινοβολία,

   -Υπερπίεση

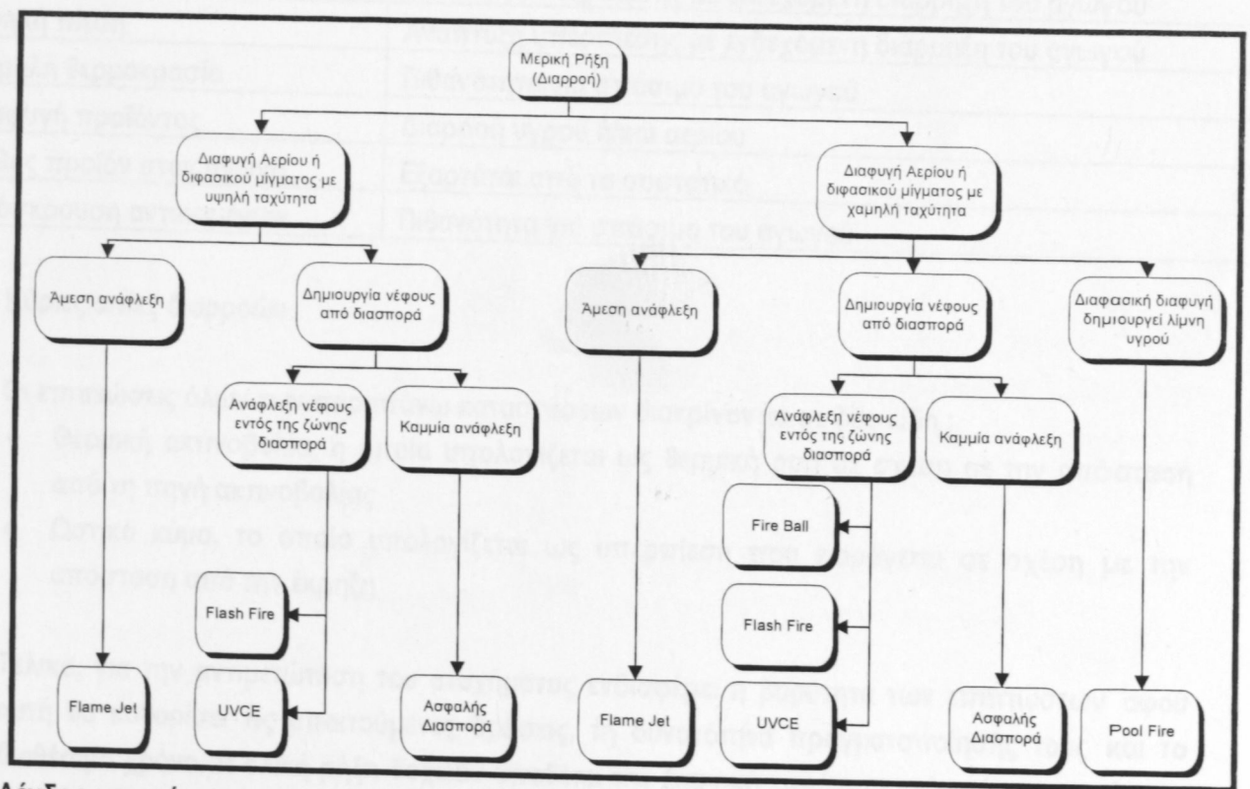
   -Διασπορά Τοξικού νέφους .

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Ένα τυπικό δένδρο γεγονότων για την περίπτωση εκδήλωσης περιστατικών ατυχημάτων σε δοχεία και σωληνογραμμές εύφλεκτων αερίων δίδεται στα ακόλουθα ΣΧΗΜΑΤΑ (Παπαδάκης 2000).

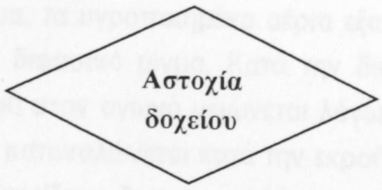


Δένδρο γεγονότων για αναλύσεις ατυχημάτων από μερική ρήξη δοχείου

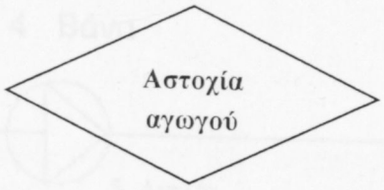


Δένδρο γεγονότων για αναλύσεις ατυχημάτων από ολική ρήξη δοχείου

Παρακάτω δίνονται οι πιθανότερες αιτίες που μπορούν να οδηγήσουν σε διαρροές.



Απόκλιση	Αποτέλεσμα
Υψηλή θερμοκρασία	Πιθανή διάρρηξη του δοχείου. Πιθανή καταστροφική διάρρηξης και BLEVE
Υψηλή πίεση	Διαφυγή από τα ασφαλιστικά με πιθανή ανάφλεξη. Διάρρηξη δοχείου (αν δεν λειτουργήσουν τα ασφαλιστικά)
Υψηλή στάθμη	Διαφυγή από τα ασφαλιστικά
Χαμηλή στάθμη	Σπηλαίωση και καταστροφή της αντλίας με συνέπεια τη διαρροή
Διαφυγή προϊόντος	α) Διαρροή μεγάλων ποσοτήτων υγρής και αέριας φάσης β) Διαρροή υγρού
Χαμηλή ροή από και προς το δοχείο	Πιθανότητα ανάπτυξης υπερπίεσης και καταστροφή του δοχείου



Μηδενική / χαμηλή ροή	Ανάπτυξη υπερπίεσης με ενδεχόμενη διάρρηξη του αγωγού
Υψηλή πίεση	Ανάπτυξη υπερπίεσης με ενδεχόμενη διάρρηξη του αγωγού
Χαμηλή θερμοκρασία	Πιθανότητα για σπάσιμο του αγωγού
Διαφυγή προϊόντος	Διαρροή υγρού ή/και αερίου
Λάθος προϊόν στον αγωγό	Εξαρτάται από το συστατικό
Πρόσκρουση αντικειμένων	Πιθανότητα για σπάσιμο του αγωγού

Κύριες αιτίες διαρροών

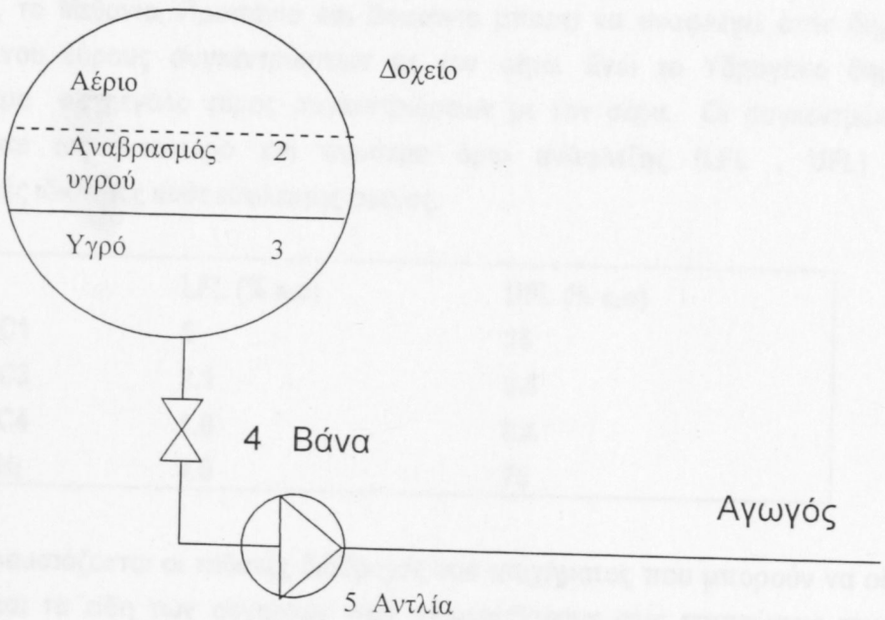
Οι επιπτώσεις όλων των παραπάνω καταστάσεων διακρίνονται σε δύο είδη :

- Θερμική ακτινοβολία, η οποία υπολογίζεται ως θερμική ροή σε σχέση με την απόσταση από τη πηγή ακτινοβολίας
- Ωστικό κύμα, το οποίο υπολογίζεται ως υπερπίεση που παράγεται σε σχέση με την απόσταση από την έκρηξη

Τελικά, για την αντιμετώπιση του ατυχήματος ενδιαφέρει η βαρύτητα των επιπτώσεων αφού αυτή θα καθορίσει τις απαιτούμενες δράσεις, τη δυνατότητα πραγματοποίησής τους και το διαθέσιμο χρόνο. Η ολική ρήξη δοχείου υποθέτει την ξαφνική εμφάνιση ενός ρήγματος τέτοιου μεγέθους ώστε όλο το περιεχόμενο του διαφεύγει σχεδόν ακαριαία. Τα υγροποποιημένα αέρια

σε ατμοσφαιρική πίεση, θα μετατραπούν αδιαβατικά σε διφασικό μίγμα υγρού/αερίου και το αέριο θα σχηματίσει μίγμα με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Στην περίπτωση ολικής ρήξης αγωγού, εμφανίζεται ξαφνικά ρήγμα μεγέθους τέτοιου ώστε μπορεί να θεωρηθεί ότι το ρήγμα είναι ίσο με τη διατομή του αγωγού. Στο ρήγμα, τα υγροποιημένα αέρια εξατμίζονται εν μέρει και από τον αγωγό ρέει προς το περιβάλλον διφασικό μίγμα. Κατά την διάρκεια αυτού του αδιαβατικού βρασμού η θερμοκρασία του υγρού στον αγωγό μειώνεται λόγω της θερμότητας εξάτμισης και λόγω της κινητικής ενέργειας που καταναλώνεται κατά την εκροή του μίγματος από τον αγωγό. Το κλάσμα του υγρού που δεν εξατμίζεται δημιουργεί λίμνη στο έδαφος γύρω από το σημείο αστοχίας.

Στο παρακάτω σχήμα αναφέρονται τα πιθανά σημεία αστοχίας σε δοχεία υγροποιημένων αερίων.



Στην περίπτωση μερικής ρήξης στο δοχείο διακρίνονται τρεις περιπτώσεις ανάλογα με το σημείο που εμφανίζεται η αστοχία. Και στις τρεις, ο ρυθμός εκροής εξαρτάται από το μέγεθος του ρήγματος, την διαφορά πίεσης μεταξύ της δεξαμενής και του περιβάλλοντος και την τριβή στο σημείο της διαρροής.

Αν το ρήγμα βρίσκεται κάτω από το επίπεδο του υγρού (και για όσο διάστημα παραμένει κάτω από αυτό), το υγρό που διαφεύγει θα διατηρεί τη σύστασή του καθώς διαφεύγει. Μέσα στην δεξαμενή το υγρό εξατμίζεται καθώς η πίεση μειώνεται λόγω του υποβιβασμού της στάθμης του υγρού. Ο ρυθμός εκροής, σε αυτή την περίπτωση, είναι σχετικά μεγάλος (δυσμενέστερη περίπτωση ατυχήματος).

Σε περίπτωση μερικής ρήξης σε αγωγό ιδιαίτερη σημασία έχει το σημείο που αυτή εμφανίζεται.

Το ατύχημα είναι δυνατό να ακολουθήσει δύο δρόμους μετά την διαρροή του αερίου:

- Αμεση ανάφλεξη
- Διασπορά

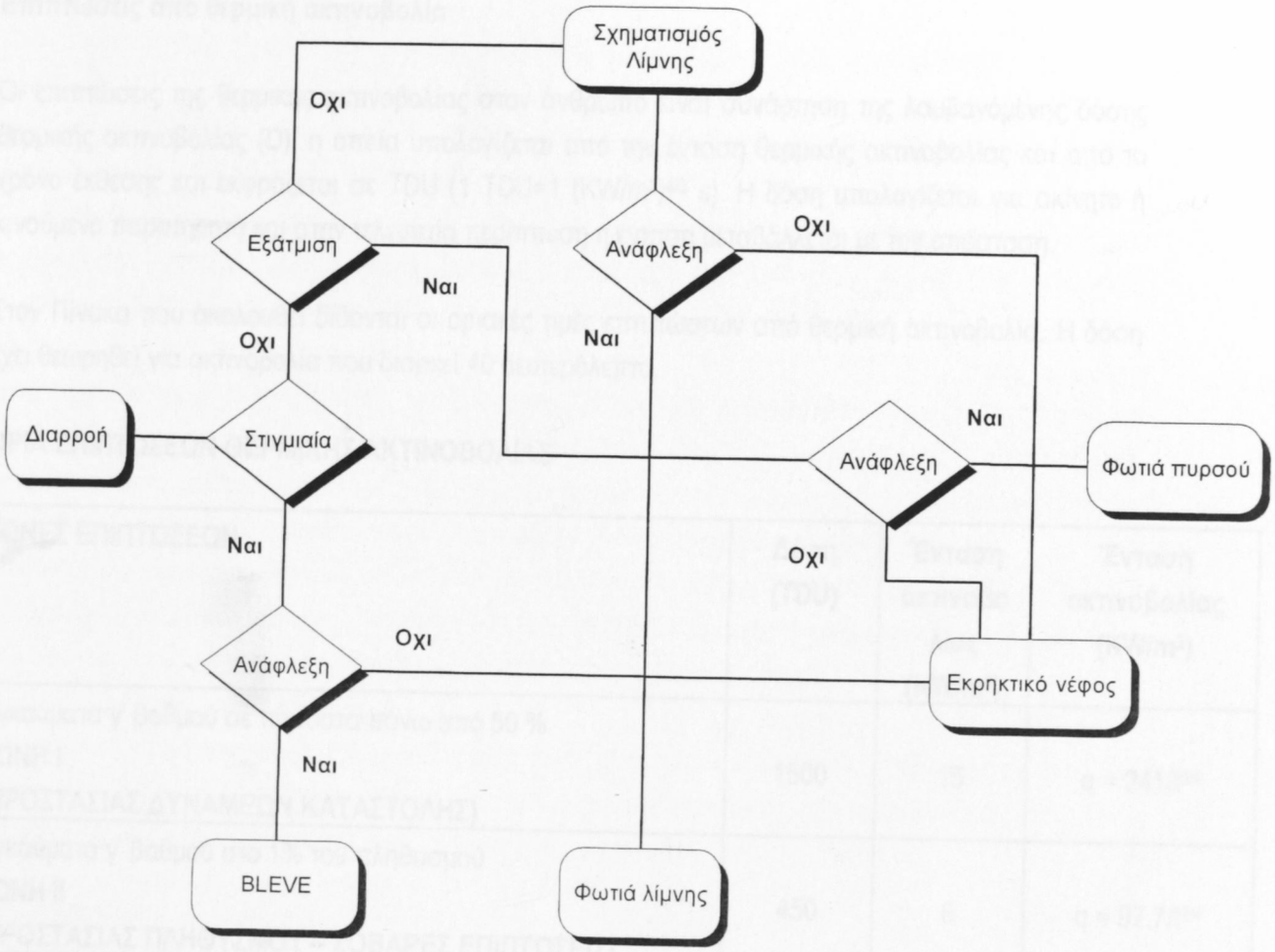
Στην περίπτωση που δεν υπάρξει ακαριαία ανάφλεξη αυτό δημιουργεί μίγμα με τον αέρα και διασπείρεται στην περιοχή γύρω από την διαρροή. Οι παράμετροι που επιδρούν και στα δύο

είδη διασποράς είναι η τοπογραφία της περιοχής και τα μετεωρολογικά στοιχεία. Τα εμπόδια που πιθανόν υπάρχουν στην διαδρομή που ακολουθεί το αέριο όταν εξαπλώνεται στο χώρο επιδρούν σημαντικά στην διασπορά του περιορίζοντάς την. Ιδιαίτερα, στην περίπτωση υπολογισμού των συνεπειών μιας έκρηξης, τα εμπόδια γύρω από την πηγή της διαρροής καθορίζουν το "βαθμό περιορισμού" του εκρηκτικού νέφους. Τα μετεωρολογικά στοιχεία που προσδιορίζουν τη διασπορά είναι η ταχύτητα του ανέμου, η διεύθυνσή του, η κατάσταση ευστάθειας της ατμόσφαιρας και το ύψος ανάμιξης. Η ταχύτητα του ανέμου προσδιορίζει την ταχύτητα με την οποία κινείται το αέριο και η κατάσταση ευστάθειας προσδιορίζει τους μηχανισμούς ανάμιξης του υγραερίου με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Την διαρροή ακολουθεί, συνήθως, ανάφλεξη είτε άμεσα είτε με χρονική καθυστέρηση. Συγκεκριμένα, το Μεθάνιο, Προπάνιο και Βουτάνιο μπορεί να αναφλεγεί όταν δημιουργήσει μίγμα ορισμένου εύρους συγκεντρώσεων με τον αέρα. Ενώ το Υδρογόνο δημιουργήσει εκρηκτικό μίγμα σε μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων με τον αέρα. Οι συγκεντρώσεις αυτές χαρακτηρίζονται ως κατώτερο και ανώτερο όριο ανάφλεξης (LFL , UFL) και είναι χαρακτηριστικές ιδιότητες κάθε εύφλεκτης ουσίας.

	LFL (% κ.ο)	UFL (% κ.ο)
C1	5	15
C3	2.1	9.5
C4	1.6	8.4
H_2	4.0	75

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πιθανές διαδρομές του ατυχήματος που μπορούν να οδηγήσουν σε ανάφλεξη και τα είδη των σεναρίων που περιλαμβάνουν στις επιπτώσεις τους θερμική ακτινοβολία.



Πιθανά σενάρια ατυχήματος που μπορούν να οδηγήσουν σε ανάφλεξη.

Επιπτώσεις από θερμική ακτινοβολία

Οι επιπτώσεις της θερμικής ακτινοβολίας στον άνθρωπο είναι συνάρτηση της λαμβανόμενης δόσης θερμικής ακτινοβολίας (D), η οποία υπολογίζεται από την ένταση θερμικής ακτινοβολίας και από το χρόνο έκθεσης και εκφράζεται σε TDU (1 TDU=1 $(KW/m^2)^{4/3}$ s). Η δόση υπολογίζεται για ακίνητο ή κινούμενο παρατηρητή και στην τελευταία περίπτωση η ένταση μεταβάλλεται με την απόσταση.

Στον Πίνακα που ακολουθεί δίδονται οι οριακές τιμές επιπτώσεων από θερμική ακτινοβολία. Η δόση έχει θεωρηθεί για ακτινοβολία που διαρκεί 40 δευτερόλεπτα.

ΟΡΙΑ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

ΖΩΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ	Δόση (TDU)	Ένταση ακτινοβολίας (KW/m^2)	Ένταση ακτινοβολίας (KW/m^2)
Εγκαύματα γ' βαθμού σε ποσοστό πάνω από 50 % **ΖΩΝΗ Ι** **(ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΚΑΤΑΣΤΟΛΗΣ)**	1500	15	$q = 241/t^{3/4}$
Εγκαύματα γ' βαθμού στο 1% του πληθυσμού **ΖΩΝΗ ΙΙ** **(ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ – ΣΟΒΑΡΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ)**	450	6	$q = 97.7/t^{3/4}$
Εγκαύματα α' βαθμού σε σημαντικό μέρος πληθυσμού **ΖΩΝΗ ΙΙΙ** **(ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ – ΜΕΤΡΙΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ)**	170	3	$q = 47.1/t^{3/4}$

Στον παρακάτω Πίνακα δίδονται οι συνέπειες για διάφορες τιμές της θερμικής ακτινοβολίας.

Συνέπειες θερμικής ακτινοβολίας

Ένταση Ακτινοβολίας (KW/m^2)	Παρατηρούμενη συνέπεια
37.5	Επαρκής για να προκαλέσει βλάβη στον εξοπλισμό λειτουργίας
25	Ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια για την ανάφλεξη ξύλου σε αόριστα διαρκείς εκθέσεις (μη κατευθυνόμενη)
12.5	Ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια για την κατευθυνόμενη ανάφλεξη ξύλου, την τήξη πλαστικών σωλήνων
9.5	Πρόθυρα πόνου μετά από 8 δευτερόλεπτα, εγκαύματα δευτέρου βαθμού μετά από 20 δευτ.
4	Επαρκής για να προκαλέσει πόνο στο προσωπικό εάν δεν καταφέρει να προφυλαχθεί εντός 20 δευτ. Πιθανές φλύκταινες του δέρματος (έγκαυμα 2ου βαθμού). 0% θνησιμότητα
1.6	Δε θα προκαλέσει ανησυχία μετά από διαρκή έκθεση

Επιπτώσεις από ωστικό κύμα

Οι επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό ωστικού κύματος από έκρηξη εκρηκτικών αερίων, είναι οι ακόλουθες:

Άμεσες επιδράσεις: στις άμεσες επιδράσεις της έκρηξης περιλαμβάνονται ο τραυματισμός των πνευμόνων και η διάρρηξη του ακουστικού τύμπανου.

Επιδράσεις λόγω μετατόπισης: λόγω του ωστικού κύματος ένα άτομο μπορεί να εκτιναχθεί σε σχετικά μεγάλη απόσταση και να τραυματιστεί σοβαρά κατά την πτώση του ή από πρόσκρουση σε διάφορα αντικείμενα.

Επιδράσεις από θραύσματα: κατά τη διάρκεια έκρηξης διάφορα αντικείμενα, όπως κομμάτια μετάλλων, γυαλιού, σκυροδέματος, εκτινάσσονται σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις. Τα θραύσματα αυτά μπορεί να τραυματίσουν ή ακόμη και να θανατώσουν ένα άτομο. Για τη μελέτη των επιδράσεων από θραύσματα υπάρχουν δύο κατηγορίες θραυσμάτων: εκείνα που είναι αιχμηρά (fragments), όπως τα κομμάτια γυαλιού και εκείνα που δεν είναι (debris), όπως τα κομμάτια από σκυρόδεμα.

Επιδράσεις από καταρρεύσεις: ένα κτίριο είναι δυνατόν να καταρρεύσει από μια έκρηξη κατά πολύ ασθενέστερη από εκείνη που απαιτείται για να υπάρξουν άμεσες επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Τα άτομα που βρίσκονται μέσα στο κτίριο υπό κατάρρευση μπορεί να τραυματιστούν σοβαρά ή ακόμα και πεθάνουν.

Ένα από τα κύρια αποτελέσματα μιας έκρηξης είναι το ωστικό κύμα το οποίο προκαλείται από την απότομη αύξηση της πίεσης και κινείται από το κέντρο της έκρηξης με μια δεδομένη ταχύτητα. Στον πίνακα που ακολουθεί δίδονται οι οριακές τιμές των επιπτώσεων από υπερπίεση.

ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΥΠΕΡΠΙΕΣΗΣ

ΖΩΝΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ	Υπερπίεση (mbar)
Σοβαρές και μη επισκευάσιμες ζημιές στο φέροντα οργανισμό και τους τοίχους κτιρίων **ΖΩΝΗ Ι (ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΚΑΤΑΣΤΟΛΗΣ)**	350
Ζημιές στο φέροντα οργανισμό και σε εξωτερικούς ή εσωτερικούς τοίχους **ΖΩΝΗ ΙΙ (ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ – ΣΟΒΑΡΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ)**	140
Ζημιές σε πόρτες και παράθυρα, ελαφρές ρηγματώσεις σε τοίχους **ΖΩΝΗ ΙΙΙ (ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ – ΜΕΤΡΙΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ)**	50

Τέλος, δίδονται οι εκτιμώμενες επιπτώσεις για διάφορες τιμές αναπτυσσόμενης υπερπίεσης.

Υπερπίεση (psi)	Αναμενόμενες ζημιές
0.03	Τυχαία θραύση μεγάλων ήδη καταπονημένων παραθύρων
0.04	Ισχυρός θόρυβος (143dB)
0.10	Θραύση μικρών καταπονημένων παραθύρων
0.15	Τυπική πίεση για ζημιά τζαμιών
0.30	Μερικές ζημιές σε στέγες σπιτιών, θραύση του 10% των τζαμιών
0.40	Περιορισμένη μικρή ζημιά στη δομή
0.50-1.0	Ράγισμα τζαμιών, ζημιές κουφωμάτων παραθύρων
0.7	Μικρές ζημιές στη δομή σπιτιών

1.0	Μερική κατάρρευση σπιτιών, γίνονται μη κατοικήσιμα
1.0-2.0	Κατάρρευση και λύγισμα των αυλακωτών μεταλλικών χωρισμάτων
1.0-8.0	Ελαφροί ως σοβαροί τραυματισμοί λόγω πληγών στο δέρμα από ιπτάμενα γυαλιά και αντικείμενα
1.3	Ελαφριά παραμόρφωση των αλουμινένιων πλαισίων των επενδυμένων κτιρίων
2.0	Μερική κατάρρευση τοίχων και οροφών σπιτιών
2.0-3.0	Ράγισμα
2.3	Χαμηλό όριο σοβαρών δομικών ζημιών
2.4-12.2	Ποσοστό 1-90% ρήξης του ακουστικού τυμπάνου μεταξύ του πληθυσμού που εκτίθεται
2.5	50% καταστροφή των τούβλων των σπιτιών
3.0	Παραμόρφωση του ατσάλινου σκελετού του κτιρίου και απομάκρυνση του από τα θεμέλια
3.0-4.0	Καταστροφή των ατσάλινων χωρισμάτων
4.0	Καταστροφή της επένδυσης ελαφρών βιομηχανικών κτιρίων
5.0-7.0	Σχεδόν ολική καταστροφή σπιτιών
7.0	Αναποδογύρισμα φορτωμένων τρένων
9.0	Συντριβή φορτωμένων βαγονιών τρένων
10.0	Πιθανή ολική καταστροφή κτιρίου
15.5-29.0	Ποσοστό 1-99% θνησιμότητας μεταξύ του πληθυσμού που έχει εκτεθεί λόγω άμεσων συνεπειών φλυκταινών

Κριτήρια Πολλαπλασιαστικών Φαινομένων

Ορίζονται ως ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ αυτά που μπορεί να εκδηλωθούν στην εγκατάσταση και να δημιουργήσουν επιπτώσεις (καταστροφικές αστοχίες) σε γειτονικούς εξοπλισμούς της ιδίας της εγκατάστασης ή σε εξοπλισμούς γειτονικών βιομηχανικών εγκαταστάσεων (ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ).

Κατ' αντιστοιχία ορίζονται ως ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ αυτά που μπορεί να εκδηλωθούν σε γειτονικές προς την εγκατάσταση βιομηχανικές μονάδες και να δημιουργήσουν επιπτώσεις (καταστροφικές αστοχίες) στους εξοπλισμούς της ίδιας της εγκατάστασης (ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ).

Ακτίνα πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων θεωρείται η απόσταση από το σημείο του ατυχήματος μέχρι το σημείο που αντιστοιχεί σε χαρακτηριστική τιμή θερμικής ακτινοβολίας ή υπερπίεσης, που είναι δυνατό να προκαλέσει σοβαρή ζημιά σε εξοπλισμό και κατά συνέπεια, δευτερογενές ατύχημα.

Ζημιές σε εξοπλισμό

Θερμική ακτινοβολία. Η παραγόμενη θερμική ακτινοβολία κατά τη διάρκεια ενός ατυχήματος μπορεί να προκαλέσει σημαντικές ζημιές στον εξοπλισμό βιομηχανικών μονάδων. Το μέγεθος της ζημιάς εξαρτάται από την ένταση της θερμικής ακτινοβολίας, τη διάρκεια της έκθεσης, το υλικό (είδος υλικού, σύσταση και πάχος επιφάνειας, θέση και γεωμετρία), την ύπαρξη πρωτογενών πηγών ακτινοβολίας σε επαφή ή μη με την επιφάνεια του υλικού, καθώς και συστημάτων προστασίας (καταιονισμός).

Το AIChE[1] θεωρεί θερμική ακτινοβολία 37.5 kW/m^2 ως το όριο πρόκλησης σοβαρών ζημιών σε εξοπλισμό βιομηχανικών μονάδων (η αντίστοιχη τιμή για κτίρια είναι 12.5 kW/m^2). Ως εμπειρικός κανόνας, αναφέρεται ότι εύφλεκτα υλικά σε βιομηχανικές μονάδες θα υποστούν σοβαρές ζημιές μετά από έκθεση 1000 s στην ανωτέρω θερμική ακτινοβολία. Το TNO[2] περιγράφει τις ζημιές από θερμική ακτινοβολία με βάση τη συμπεριφορά διαφόρων αντιπροσωπευτικών υλικών (ξύλο, συνθετικά υλικά, γυαλί, και χάλυβας). Σε ότι αφορά το χάλυβα, αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της προσπίπτουσας θερμικής ακτινοβολίας μπορεί να προκαλέσει ταχεία μείωση της αντοχής του υλικού και επομένως, αστοχία δομικών στοιχείων. Διακρίνονται δύο επίπεδα ζημιών, το επίπεδο 1 που αφορά σε πλήρη διάρρηξη και το επίπεδο 2 που αφορά σε απλή παραμόρφωση των δομικών στοιχείων. Η κρίσιμη τιμή θερμικής ακτινοβολίας για την πρόκληση ζημιών επιπέδου 1 είναι 100 kW/m^2 (όπως υπολογίζεται με βάση θερμοκρασία αστοχίας του χάλυβα 500 °C). Η κρίσιμη τιμή θερμικής ακτινοβολίας για την πρόκληση ζημιών επιπέδου 2 είναι 25 kW/m^2 (θερμοκρασία παραμόρφωσης χάλυβα 200°C). Γενικά, οι τιμές αυτές αναφέρονται σε εκθέσεις διάρκειας 15-20 min, αλλά μπορεί να ισχύουν και για φαινόμενα μικρότερης διάρκειας (εξαρτάται από τη γεωμετρία και τη θέση του στοιχείου). Συγκριτικά αναφέρεται ότι οι κρίσιμες τιμές θερμικής ακτινοβολίας για ζημιές επιπέδου 1 σε ξύλο και γυαλί είναι 15 kW/m^2 και 4 kW/m^2, αντίστοιχα, ενώ η μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία είναι 1 kW/m^2.

Υπερπίεση. Οι επιπτώσεις μιας έκρηξης σε βιομηχανικό εξοπλισμό μπορούν να εκτιμηθούν σε σχέση με την αναπτυσσόμενη υπερπίεση, ως ακολούθως[2]

- Καταστροφή της κατασκευής στήριξης σφαιρικής δεξαμενής 100 kPa
- Μετακίνηση κυλινδρικής δεξαμενής, αστοχία σωληνώσεων σύνδεσης 50 –100 kPa
- Ζημιά σε αποστακτική στήλη 35 – 80 kPa
- Καταστροφή γέφυρας σωληνογραμμών 40 – 55 kPa
- Ρήγμα σε κενή δεξαμενή πετρελαίου 20 –30 kPa
- Καταστροφή οροφής δεξαμενής 7 kPa

Συγκριτικά, σε ότι αφορά κτίρια, υπερπίεση 70-83 kPa θεωρείται ότι προκαλεί ολική καταστροφή, υπερπίεση 35-50 kPa προκαλεί μερική καταστροφή, υπερπίεση 15-20 kPa προκαλεί σοβαρές αλλά επισκευάσιμες ζημιές, και υπερπίεση 3.5-5 kPa προκαλεί μικρές ζημιές (σπάσιμο παραθύρων, μικρά ρήγματα στους τοίχους). Τα όρια πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων από διαφυγή LPG υπολογίζονται με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά καθενός φαινομένου και τις πιθανές ζημιές σε εξοπλισμό:

Πύρινη σφαίρα (fireball). Το φαινόμενο της πύρινης σφαίρας μπορεί να προκληθεί από εκτεταμένη διαρροή υγρού LPG, εάν συμβεί ακαριαία ανάφλεξη. Η φωτιά διαδίδεται ως σφαίρα που μεγαλώνει και κινείται προς τα πάνω λόγω ανώσεως. Η χρονική διάρκεια μιας τέτοιας φωτιάς είναι μικρή (<40 sec), τα επίπεδα ακτινοβολίας όμως είναι εξαιρετικά υψηλά. Σύμφωνα με το TNO[3], το επίπεδο ακτινοβολίας στα όρια της σφαίρας μπορεί να φτάσει τα 200 kW/m^2. **Η ακτίνα της πύρινης σφαίρας θεωρείται ως η ακτίνα πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων:** εντός των ορίων της σφαίρας μπορεί να συμβούν σημαντικές καταστροφές εξοπλισμού και κτιρίων. Εκτός των ορίων της σφαίρας, ο κίνδυνος αφορά κυρίως τους ανθρώπους λόγω πιθανών τραυματισμών από τη θερμική ακτινοβολία.

---

[1] "Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapour Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs", Center for Chemical Process Safety, AIChE, 1994

[2] "Methods for the determination of possible damage", TNO, 1989

[3] "Methods for the calculation of physical effects", TNO, 1992

Φωτιά λίμνης υγραερίου (LPG pool fire). Οι επιπτώσεις από φωτιά λίμνης LPG είναι σημαντικά μικρότερες από αυτές της πύρινης σφαίρας. Το επίπεδο ακτινοβολίας στην επιφάνεια της φλόγας είναι της τάξης των 100 kW/m^2 [3]. **Η ακτίνα πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων είναι η απόσταση από το κέντρο της λίμνης ως το σημείο του κύκλου που αντιστοιχεί σε τιμή θερμικής ακτινοβολίας 37.5 kW/m^2.**

Γλώσσα φωτιάς (jet fire). Οι ζώνες κινδύνου από φωτιά τύπου jet είναι μικρές και αφορούν κυρίως σε γειτονικό εξοπλισμό που έρχεται σε επαφή με τη γυμνή φλόγα και κατά συνέπεια εκτίθεται σε πολύ υψηλά θερμικά φορτία τα οποία μπορεί να ξεπερνούν την δυναμικότητα των συστημάτων καταιονισμού νερού. **Το μήκος της φλόγας θεωρείται ως η ακτίνα πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων.**

Φωτιά από ανάφλεξη αερίου νέφους (flash fire). Εκτεταμένη διαρροή και διασπορά υγραερίου μπορεί, αν αναφλεγεί, να οδηγήσει σε φωτιά αερίου νέφους ή έκρηξη. Σε περίπτωση φωτιάς, αυτή θα καλύψει το τμήμα του νέφους που βρίσκεται εντός των ορίων αναφλεξιμότητας και θα επιστρέψει ταχύτατα στην πηγή της διαρροής. Εντός του καιόμενου νέφους υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης εξοπλισμού. Ωστόσο, ο κίνδυνος πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων είναι μικρός λόγω της μικρής χρονικής διάρκειας του φαινομένου.

Έκρηξη αερίου νέφους (unconfined vapour cloud explosion). Εκτεταμένη διαρροή, διασπορά και καθυστερημένη ανάφλεξη υγραερίου μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη αερίου νέφους. Οι ζώνες κινδύνου προσδιορίζονται από την υπερπίεση που δημιουργεί η έκρηξη και την απόσταση από το κέντρο του αερίου νέφους, δηλαδή την πηγή του ωστικού κύματος. **Υπερπίεση ίση με 700 mbar μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές σε βαρύ εξοπλισμό και θεωρείται ως το όριο πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων**. Ωστόσο, για την πρόκληση έκρηξης απαιτούνται συνήθως σημαντικές ποσότητες αερίου (>1 t) και κάποια μορφή περιορισμού του νέφους, όπως σε μονάδες με πυκνά δομημένο εξοπλισμό σε μικρή επιφάνεια.

Τα ανωτέρω παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

ΑΚΤΙΝΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΟΓΩ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΥΠΕΡΠΙΕΣΗΣ

Θερμική ακτινοβολία	Περιγραφή επιπτώσεων	Σχόλια
Ακτίνα πύρινης σφαίρας (R fireball)	Σημαντικές καταστροφές εξοπλισμού και κτιρίων, και θανατηφόροι τραυματισμοί	Ακτίνα πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων σε περίπτωση πύρινης σφαίρας
Μήκος φλόγας (Jet Length)	Πρόκληση σοβαρών ζημιών σε εξοπλισμό που προσπίπτει η φλόγα	Ακτίνα πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων σε περίπτωση γλώσσας φωτιάς η οποία διατηρείται για ικανό χρονικό διάστημα
37.5 KW/m²	Πρόκληση σοβαρών ζημιών σε εξοπλισμό σε παρατεταμένη έκθεση	Ακτίνα πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων σε περίπτωση φωτιάς λίμνης
Υπερπίεση	**Περιγραφή επιπτώσεων**	**Σχόλια**
700 mbar	Πιθανή ολική καταστροφή κτιρίων και σοβαρές ζημιές σε βαρύ εξοπλισμό	Ακτίνα πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων

Ζώνες προστασίας για τον άνθρωπο από διασπορά διοξειδίου του θείου

Είδος Επιβάρυνσης	Συγκέντρωση SO_2 (mg/m^3)
Πιθανότητα θανάτου για το 50% των ανθρώπων, με εισπνοή της ουσίας αυτής για καθορισμένο χρόνο έκθεσης (συνήθως 30 min). **ΖΩΝΗ Ι (ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΚΑΤΑΣΤΟΛΗΣ)**	2650
Πιθανότητα για θάνατο στο 1% του πληθυσμού, με εισπνοή της ουσίας αυτής για καθορισμένο χρόνο έκθεσης (συνήθως 30 min). **ΖΩΝΗ ΙΙ (ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ – ΣΟΒΑΡΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ)**	1003
Ορίζεται ως η μέγιστη συγκέντρωση στον αέρα στην οποία μπορεί να εκτεθεί ένας υγιής εργαζόμενος για 30 min και να διαφύγει χωρίς να υποστεί μη-ανατάξιμες βλάβες στην υγεία του ή τραυματισμούς που να εμποδίζουν τη διαφυγή του (κυρίως ερεθισμούς ματιών ή πνευμόνων). **ΖΩΝΗ ΙΙΙ (ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ – ΜΕΤΡΙΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ)**	265

Πίνακας : Επιπτώσεις Διασποράς SO2

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Ιδιότητες Χημικών Ουσιών

Ταξινόμηση Βάση Global Harmonized System

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Ιδιότητες Επικίνδυνων Ουσιών

1.1 Γενικά Στοιχεία

Η εφαρμογή της ΚΥΑ 12044/613 «Καθορισμός μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες, λόγω ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών» απαιτεί πριν την έναρξη οποιασδήποτε μελέτης ανάλυσης κινδύνου, την ταξινόμηση των ουσιών που διακινούνται, παράγονται, αποθηκεύονται ή επεξεργάζονται στην εγκατάσταση. Η ταξινόμηση των ουσιών πραγματοποιείται σύμφωνα με τα σχετικά εδάφια της ΚΥΑ (Παράρτημα 2) τα οποία βρίσκονται σε συμφωνία με τις Οδηγίες 67/548/ΕΟΚ και 2006/121/ΕΚ[1] «...περί προσεγγίσεως των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων που αφορούν στην ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικινδύνων ουσιών».

Στην παρούσα μελέτη προκειμένου να μελετηθούν οι ιδιότητες των επικίνδυνων ουσιών βάσει των οποίων οι χημικές ουσίες χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνες για το περιβάλλον, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα και καταγράφτηκαν οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των χημικών βάσει τον οποίων αποδίδονται στις ουσίες οι χαρακτηριστικές φράσεις κινδύνου R50, R50/51 και R51/53. Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε προκειμένου να αποτυπωθεί το εννοιολογικό πλαίσιο στο οποίο βασίζεται η διακινδύνευση των περιβαλλοντικών αποδεκτών από την έκθεση τους σε επικίνδυνες ουσίες, καθώς και για να καταγραφούν εργαλεία για τη μελέτη μειγμάτων χημικών αναφορικά στις περιβαλλοντικές βλάβες που μπορούν να προκαλέσουν.

Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στη συνέχεια προκύπτουν από εδάφια που αναπτύχθηκαν, αποδόθηκαν και αποτελούν έργο του Environment Directorate Joint Meeting of the chemicals committee and the working party on chemicals pesticides and biotechnology: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) -Harmonized Intergrated Classification System for human Health and Environmental Hazards of Chemical Substances and Mixtures-GHS. Στις παραγράφους που ακολουθούν αποδίδονται οι βασικές αρχές (κατευθυντήριες οδηγίες, ορισμοί, τεστ, παραδοχές κλπ) στις οποίες βασίζεται το Εναρμονισμένο Σύστημα Ταξινόμησης και Καταγραφής Χημικών Ουσιών για την ταξινόμηση των χημικών αναφορικά στους περιβαλλοντικούς κίνδυνους που δύνανται προκαλέσουν.

Σημειώνεται ότι σύμφωνα με τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε δεν εντοπίστηκαν στην ελληνική γλώσσα τα συγκεκριμένα εδάφια ούτε οι κατευθυντήριες οδηγίες του GHS που αναπτύσσονται στην παρούσα. Ο δικτυακός τόπος από όπου διατίθενται οι σχετικές οδηγίες (http://www.oecd.org/ehs/) δεν περιλαμβάνει επίσημη ή οποιαδήποτε άλλη απόδοση τους από ελληνικό φορέα ενώ δεν εντοπίστηκαν άλλες σχετικές ελληνικές πηγές διάθεσης των παρακάτω εδαφίων. Το περιεχόμενο και η απόδοση των παραγράφων του Κεφαλαίου αποτελεί έργο της παρούσας εργασίας.

[1] Τροποποίηση της οδηγίας 67/548/ΕΟΚ του Συμβουλίου

1.2 Βασικές Ιδιότητες Ουσιών

Σύμφωνα με το Διεθνές Εναρμονισμένο Σύστημα (Globally Harmonized System (**GHS**)) οι βασικές χαρακτηριστικές ιδιότητες που χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών είναι:

- Η οξεία υδάτινη τοξικότητα
- Η πιθανότητα πραγματικής βιοσυσσώρευσης
- Η διάσπαση (βιοτική ή αβιοτική) των οργανικών χημικών ουσιών και
- Η χρόνια υδάτινη τοξικότητα.

Οι βασικές αυτές ιδιότητες που προτείνονται αφορούν την χλωρίδα και την πανίδα σε υδάτινο περιβάλλον. Στοιχεία όπως κατευθυντήριες οδηγίες, τεστ, οριακές συγκεντρώσεις βλαβών κ.α. που αφορούν την υδάτινη τοξικότητα των ουσιών είναι πολύ πιθανόν να υπάρχουν διαθέσιμα σε διάφορες βιβλιογραφικές πηγές και βάσεις δεδομένων: **The Global Portal to Information on Chemical Substances[2], Databases: CHRIP, ESIS, HPVIS, INCHEM, NICNASPEC, OECD HPV, SIDS IUCLID, SIDS UNEP**. Εξαιτίας της γενικής αποδοχής τους από τις αρμόδιες αρχές και από τη χημική βιομηχανία οι ιδιότητες της τοξικότητας, της βιοσυγκέντρωσης και της διάσπασης προτάθηκαν και θεσπίστηκαν από την ευρωπαϊκή ένωση και το διεθνές σύστημα GHS για την ταξινόμηση των επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών. Για αποδέκτες (χλωρίδα, πανίδα) στο έδαφος και στην ατμόσφαιρα δεν έχουν καταγραφεί αντίστοιχες κατευθυντήριες οδηγίες και η ταξινόμηση των επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών βασίζεται μόνο στις ιδιότητες των ουσιών για το υδάτινο περιβάλλον.

Στις επόμενες παραγράφους παρατίθενται κατευθυντήριες οδηγίες, ορισμοί, επίσημα τεστ μετρήσεων και οι οριακές τιμές-δόσεις για τις ιδιότητες της τοξικότητας και της βιοσυσσώρευσης προκειμένου να αποδοθεί το εννοιολογικό πλαίσιο των επικίνδυνων ιδιοτήτων των ουσιών και των περιβαλλοντικών κινδύνων. Για την ιδιότητα της διάσπασης πραγματοποιείται σύντομη περιγραφή και παραπομπή στο σχετικό εδάφιο των κατευθυντήριων οδηγιών του OECD. Επιπλέον αναπτύσσονται η δομή, οι αρχές και η μεθοδολογία ταξινόμησης των χημικών ουσιών και μειγμάτων βάσει του εναρμονισμένου συστήματος (GHS).

1.3 Τοξικότητα σε υδρόβιους οργανισμούς

1.3.1 Γενικά Στοιχεία

Η βασική ιδιότητα μιας χημικής ουσίας για τον χαρακτηρισμό της ως επικίνδυνη για το υδάτινο περιβάλλον είναι η τοξικότητα της σε υδρόβιος οργανισμούς. Η ταξινόμηση των ουσιών προκύπτει από τις διαθέσιμες τιμές τοξικότητας μιας χημικής ουσίας αναφορικά στις παρακάτω ομάδες: ψάρια, αρθρόποδα οστρακόδερμα (δαφνίδες, ασπόνδυλα) και άλγη/υδρόβια φυτά. Οι παραπάνω ομάδες κατηγοριοποίησης που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία αναγνώρισης κινδύνων είναι αντιπροσωπευτικές για την χλωρίδα και την πανίδα στο υδάτινο περιβάλλον. Στοιχεία που αναφέρονται σε τιμές για ψάρια, δαφνίδες και άλγη/υδάτινα φυτά είναι σχετικά εύκολο να εντοπιστούν

[2] http://webnet3.oecd.org/echemportal/

στις διάφορες βιβλιογραφικές πηγές εξαιτίας της γενικής αποδοχής τους από τις αρμόδιες αρχές και από τη χημική βιομηχανία. Οι άλλες ιδιότητες των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του πιθανού κινδύνου στο υδάτινο περιβάλλον είναι η βιοσυσσώρευση και η διάσπαση.

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται τα τεστ που εφαρμόζονται για τη μέτρηση της υδάτινης τοξικότητας, διατυπώνονται οι βασικές έννοιες για την εκτίμηση της εγκυρότητας των στοιχείων καθώς και οι συνδυασμοί που χρησιμοποιούνται για τη διασταύρωση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης. Τέλος παρατίθεται περίληψη των προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των πιο «δύσκολων» τύπων ουσιών καθώς και ένας σύντομος σχολιασμός σχετικά με την ερμηνεία της ποιότητας της πληροφορίας.

1.3.2 Τεστ τοξικότητας

Σύμφωνα με το Παγκόσμιο Εναρμονισμένο Σύστημα Ταξινόμησης και Καταγραφής Χημικών Ουσιών (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals GHS) στόχος της ταξινόμησης είναι να προσδιοριστεί ο κίνδυνος στο υδάτινο περιβάλλον που μπορεί να προκύψει λόγω της ύπαρξης διάφορων χημικών ουσιών. Για την ταξινόμηση /κατάταξη των χημικών ουσιών βάση της τοξικότητας τους σε υδρόβιους οργανισμούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν στοιχεία για την υδάτινη τοξικότητα τόσο σε υφάλμυρα όσο και σε γλυκά ύδατα. Σημειώνεται ότι για μερικούς τύπους ουσιών π.χ. για ιοντισμένες οργανικές χημικές ουσίες ή οργανομεταλλικές ουσίες μπορεί η τοξικότητα τους σε υφάλμυρα και/ή σε γλυκά ύδατα να είναι διαφορετική. Στις περιπτώσεις αυτές αποδίδεται στην ουσία η τιμή εκείνη που αντιστοιχεί στην υψηλότερη τοξικότητα (χαμηλότερη τιμή).

Τα κριτήρια τα οποία χρησιμοποιούνται στο GHS για τον προσδιορισμό των κινδύνων για την υγεία και το περιβάλλον επιτρέπουν σε διαφορετικές προσεγγίσεις να παράγουν στοιχεία και αποτελέσματα αναφορικά με την τοξικότητα χημικών ουσιών τα οποία να είναι αποδεκτά, εφόσον όμως οι προσεγγίσεις αυτές είναι επιστημονικά τεκμηριωμένες και έγκυρες σύμφωνα με διεθνείς διαδικασίες και πρότυπα.

Σύμφωνα με το προτεινόμενο σύστημα (OECD 1998):

«Η **Οξεία τοξικότητα** κατά κανόνα προσδιορίζεται: με εφαρμογή τεστ 96 ωρών LC50 (OECD Test Guideline 203 ή ισοδύναμη οδηγία) για τα ψάρια, με τεστ 48 ωρών EC50 (OECD Test Guideline 202 ή ισοδύναμη οδηγία) για τα αρθρόποδα οστρακόδερμα (crustacea) είδη και/ή με τεστ 72 ή 96 ωρών EC50 (OECD Test Guideline 201 ή ισοδύναμη οδηγία) για τα διαφορετικά είδη άλγεων. Οι οργανισμοί αυτοί θεωρούνται ότι είναι αντιπροσωπευτικοί για όλους τους υδάτινους οργανισμούς. Ωστόσο επιπλέον μπορεί να ληφθούν υπόψη στοιχεία τα οποία προκύπτουν από τεστ σε άλλα είδη οργανισμών όπως είναι η Lemna (πάπια), εφόσον υπάρχουν τεστ που υποστηρίζονται και τεκμηριώνονται από κατάλληλη μεθοδολογία».

Τα τεστ που αναφέρονται στη **χρόνια τοξικότητα** εξετάζουν την έκθεση ενός υδάτινου οργανισμού για συνεχές και μεγάλο χρονικό διάστημα ή ανά χρονικές περιόδους. Τα τεστ αυτά μπορεί να αναφέρονται σε περιόδους από μερικές ημέρες έως ένα (1) χρόνο ή και ακόμα μεγαλύτερες εξαρτώμενες από τον κύκλο

αναπαραγωγής του υδάτινου οργανισμού. Τα τεστ χρόνιας τοξικότητας μπορούν να πραγματοποιηθούν για την εκτίμηση συγκεκριμένων ορίων σχετικά με την ανάπτυξη, την επιβίωση, την αναπαραγωγή και την εξέλιξη ενός οργανισμού στο υδάτινο περιβάλλον.

«Στοιχεία και οι οριακές τιμές-συγκεντρώσεις αναφορικά στη **χρόνια τοξικότητα** υπάρχουν λιγότερο διαθέσιμα σε σχέση με τα αντίστοιχα που αφορούν στην οξεία τοξικότητα. Επιπλέον τα τεστ που εφαρμόζονται για τον υπολογισμό της χρόνιας τοξικότητας είναι λιγότερο τυποποιημένα. Οι οριακές τιμές προκύπτουν σύμφωνα με το OECD τεστ Κατευθυντήριες οδηγίες 210 για ψάρια, 202 και 211 για δαφνία και 201 για άλγη είναι γενικά αποδεκτές (*Test Guidelines 210 (Fish Early Life Stage), 202 Part 2 ή 211 (Daphnia Reproduction) και 201 (Algal Growth Inhibition)*). Επιπλέον αποδεκτά είναι και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από άλλα επικαιροποιημένα και διεθνώς αναγνωρισμένα τεστ. Τα NOECs ή άλλα ισοδύναμα L(E)Cx προτείνονται προς χρήση».



Rana sp.(bullfrog)



Bufo sp. (toad)

Σχήμα 1.3.2. :Για οξείες δοκιμασίες τοξικότητας χρησιμοποιούνται ζώα όπως βάτραχοι (Rana sp. Bufo sp.), ψάρια (sheepshead minnow), γαρίδες (shrimp) και ζωοπλαγκτόν, copeponds (Arcartia clause with eggs), (http://troyb.com/photo), (http://www.ag.auburn.edu/fish) (Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2007).

Υπάρχουν πηγές από όπου μπορούν να αντληθούν και να χρησιμοποιηθούν κατευθυντήριες οδηγίες για τη διενέργεια γενικά αποδεκτών τεστ για τα ψάρια, τα αρθρόποδα οστρακόδερμα και τα άλγη (OECD, 1999; EPA, 1996; ASTM, 1999; ISO EU). Το μονόγραμμα No.11 του OECD «Αναλυτική Ανασκόπηση εξέτασης της τοξικότητας σε υδρόβιους οργανισμούς για ουσίες της χημικής βιομηχανίας και φυτοφάρμακα»- (Detailed Review Paper on Aquatic Toxicity Testing for Industrial Chemicals and Pesticides), αποτελεί μια αξιόπιστη πηγή αναφορικά σε τεστ και μεθόδους που αφορούν τα πελάγια είδη.

1.3.3 Έννοιες της τοξικότητας (οξεία και χρόνια) σε υδρόβιους οργανισμούς

Στην παρούσα παράγραφο γίνεται αναφορά στην οξεία και στη χρόνια τοξικότητα, στον τρόπο έκθεσης των αποδεκτών, στα τεστ τοξικότητας σε φύκη/υδρόβια φυτά και στη χρήση Quantitative Structure Activity Relationships -QSARs . Λεπτομερή αναφορά στις έννοιες της υδάτινης τοξικότητας έχει πραγματοποιηθεί από τον Rand (1996).

1.3.3.1 Οξεία τοξικότητα

Στη διαδικασία ταξινόμησης των χημικών ουσιών σύμφωνα με το GHS η Οξεία τοξικότητα είναι η εγγενής ιδιότητα μιας ουσίας που δηλώνει την ικανότητα της να προκαλέσει επιβλαβείς επιπτώσεις σε έναν οργανισμό εξαιτίας της έκθεσης του στην ουσία αυτή για μικρό χρονικό διάστημα.

Η οξεία τοξικότητα γενικά εκφράζεται με όρους συγκέντρωσης που είναι η οριακή δόση που μπορεί προκαλέσει θάνατο έως το 50% του πληθυσμού υπό εξέταση οργανισμού (LC_{50}) και/ή προκαλεί μετρήσιμες ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο 50% του υπό οργανισμού (π.χ ακινητοποίηση στα δαφνία) ή που οδηγεί σε 50% μείωση στις αποκρίσεις του υπό εξέταση οργανισμού σε σχέση με τις κανονικές αποκρίσεις του οργανισμού π.χ. ρυθμός ανάπτυξης στα άλγη.

Ουσίες με τιμές για την οξεία τοξικότητα η οποία προσδιορίζεται και προκύπτει μικρότερη από 1ppm (1 mg/l) θεωρούνται γενικότερα ως πολύ τοξικές. Η διαχείριση, χρήση ή αποβολή στο περιβάλλον αυτών των ουσιών αποτελεί πηγή υψηλού κίνδυνου και κατατάσσονται στις κατηγορίες Χρόνια και/ή Οξεία 1 **(βλ. 1.7)**.

Για την κατάταξη των χημικών ουσιών σύμφωνα με τις τιμές της οξείας τοξικότητας σε κατηγορίες χαμηλότερου κινδύνου χρησιμοποιούνται πεδία τιμών τα οποία διαφέρουν ανά 10 μονάδες. Επομένως ουσίες με οξεία τοξικότητα από 1-10 ppm (1 - 10 mg/l) κατατάσσονται στην κατηγορία οξεία 2, από 10-100 ppm (10 - 100 mg/l) κατατάσσονται στην κατηγορία οξεία 3 και αυτές που προκύπτουν πάνω από 100 ppm θεωρούνται πρακτικά ως μη τοξικές **(βλ. 1.7)**.

.

1.3.3.2 Χρόνια Τοξικότητα

Στη διαδικασία της ταξινόμησης ο όρος της χρόνιας τοξικότητας αναφέρεται στη δυνατότητα ή την πραγματική ιδιότητα μιας ουσίας να προκαλέσει ανεπιθύμητες συνέπειες σε οργανισμούς στο υδάτινο περιβάλλον, κατά τη διάρκεια έκθεσης τους στην ουσία αυτή. Οι συνέπειες αυτές καθορίζονται σε σχέση με τον κύκλο ζωής του οργανισμού. Οι χρόνιες επιπτώσεις συνήθως περιλαμβάνουν ένα φάσμα από «σχεδόν θανατηφόρες» επιπτώσεις οι οποίες καθορίζονται από όρια τα οποία γενικά εκφράζονται ως συγκεντρώσεις μη παρατηρούμενου αποτελέσματος **No Observable Effect Concentration (NOEC)**, ή ισοδύναμα μια ECx. Τα τυπικά όρια που εφαρμόζονται, αναφέρονται στην επιβίωση, ανάπτυξη και/η αναπαραγωγή ενός οργανισμού. Η διάρκεια έκθεσης ενός οργανισμού σε μια επικίνδυνη ουσία για τον υπολογισμό της χρόνιας τοξικότητας μπορεί να ποικίλει ανάλογα με το όριο που μετριέται και καταγράφεται ενώ επιπλέον το είδος του οργανισμού που εξετάζεται αποτελεί σημαντικό παράγοντα.

Στη διαδικασία ταξινόμησης των χημικών ουσιών υπάρχουν λιγότερα διαθέσιμα στοιχεία αναφορικά στις τιμές για χρόνια τοξικότητα διάφορων οργανισμών σε σύγκριση με τις διαθέσιμες τιμές για την οξεία τοξικότητα. Η χρόνια τοξικότητα προσδιορίζεται σύμφωνα με κανόνες για τιμές τριών ιδιοτήτων μιας χημικής ουσίας . Οι ιδιότητες αυτές είναι:

1. Η οξεία τοξικότητα
2. Η ικανότητα διάσπασης
3. Η δυνατότητα ή η πραγματική τιμή της βιοσυσσώρευσης

Η ταξινόμηση των χημικών ουσιών έχει ως βάση την οξεία τοξικότητα τους. Εάν υπάρχουν στοιχεία που υποδεικνύουν τιμές NOECs > 1 mg/l για μακροπρόθεσμες συνέπειες τότε αυτά χρησιμοποιούνται στη διαδικασία ταξινόμησης. Η μεθοδολογία που εφαρμόζεται περιγράφεται παρακάτω (βλ. § 1.7).

Προκειμένου να προκύψει μετακίνηση/αλλαγή μιας χημικής ουσίας από μια κατηγορία ταξινόμησης σε επόμενη πρέπει οι τιμές για τα NOEC να είναι ικανές ώστε να τεκμηριώνουν και να υποδεικνύουν μια τέτοια αλλαγή. Π.χ. Αν για ευαίσθητα είδη οργανισμών οι τιμές οξείας τοξικότητας για μακροπρόθεσμα τεστ προκύπτουν NOEC >1 mg/l τότε συνεπάγεται αλλαγή της κατάταξης της ουσίας σε κατηγορία χαμηλότερου κινδύνου.

Αν μια κατάταξη έχει προκύψει βάσει τεστ οξείας τοξικότητας π.χ. LC50 για ψάρια δεν θα ήταν εφικτό να πραγματοποιηθεί αλλαγή σε άλλη κατηγορία από χρήση στοιχείων που αφορούν τιμές NOEC για μακροπρόθεσμες επιπτώσεις από τεστ τοξικότητας σε άλλο είδος οργανισμών π.χ. ασπόνδυλα. Στην περίπτωση αυτή τα NOEC πρέπει να έχουν προκύψει από τεστ για μακροπρόθεσμες επιπτώσεις σε ψάρια από το ίδιο είδος ή από άλλο αντίστοιχο είδος με ίση ή μεγαλύτερη ευαισθησία. Αντίστοιχα αν κατά την ταξινόμηση προκύπτει ότι για την οξεία τοξικότητα σε περισσότερες από μια ομάδα ευαίσθητων αποδεκτών τα NOECs > 1 mg/l, τότε απαιτείται να αποδειχθεί αυτό για κάθε ομάδα.

Σε περίπτωση ταξινόμησης μια ουσίας στην Κατηγορία 4 είναι αρκετό να αποδειχθεί ότι τα NOECs είναι μεγαλύτερα από τη διαλυτότητα στο νερό των ουσιών που εξετάζονται.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα τεστ χρόνιας τοξικότητας σε άλγη/lemna δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υποβιβασμό σε κατηγορία χαμηλότερου κινδύνου χημικών ουσιών εφόσον α) τα τεστ σε άλγη και lemna δεν αποτελούν μακροπρόθεσμες μελέτες, β) ο λόγος οξείας και χρόνιας τοξικότητα είναι γενικά μικρός και γ) τα όρια (οριακές συγκεντρώσεις) που προκύπτουν από άλλους οργανισμούς είναι πιο αξιόπιστα.

Σε περιπτώσεις όπου η κατάταξη ουσιών προκύπτει αποκλειστικά εξαιτίας της οξείας τοξικότητας ($L(E)C_{50}$) που μετρήθηκε σε τεστ σε άλγη/υδρόβια φυτά αλλά υπάρχουν στοιχεία από άλλα τεστ σε άλγη, ότι η χρόνια τοξικότητα (NOECs) για μια ομάδα ταξινόμησης είναι πάνω από 1 mg/l τότε τα στοιχεία αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υποβιβασμό κάποιων ομάδων σε ομάδα χαμηλότερου κινδύνου (βλ. 1.7).

Προς το παρόν δεν υπάρχουν στοιχεία αναφορικά στα υδρόβια φυτά εφόσον δεν υπάρχουν στάνταρ τεστ που να αφορούν τη χρόνια τοξικότητα τους.

Το GHS έχει ως στόχο να ορίσει για τις χημικές ουσίες μια συγκεκριμένη τιμή για τη χρόνια τοξικότητα κάτω από την οποία οι ουσίες θα χαρακτηρίζονται και θα ταξινομούνται ως χρόνια τοξικές. Τέτοια κριτήρια δεν έχουν οριστεί ακόμη.

1.3.4 Τύποι Έκθεσης Οργανισμών

Τέσσερις είναι οι τύποι των συνθηκών έκθεσης που εφαρμόζονται στα τεστ για την οξεία και τη χρόνια τοξικότητα και που αφορούν υφάλμυρα και γλυκά ύδατα. Συγκεκριμένα:

- Στατική έκθεση ,
- ημι-στατική (static-renewal) έκθεση
- επαναληπτική και
- κατά τη ροή (flow-through) έκθεση.

Η επιλογή του τεστ το οποίο είναι κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί συνήθως εξαρτάται: από τα χαρακτηριστικά της υπό εξέτασης ουσίας, το χρόνο του τεστ, τον οργανισμό και τις νομοθετικές απαιτήσεις.

1.3.5 Χρήση Quantitative Structure Activity Relationships QSARs

Για λόγους ταξινόμησης των χημικών ουσιών και υπό την απουσία πειραματικών δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχέσεις Quantitative Structure Activity Relationships -QSARs οι οποίες παρέχουν προβλέψεις για την οξεία τοξικότητα στα ψάρια, στα δαφνία και στα άλγη για μη ηλεκτρολυτικές, μη ηλεκροφιλικικές (electrophilic) ουσίες ή ουσίες οι οποίες που δεν αντιδρούν (non-reactive). Προβλήματα συνεχίζουν να υπάρχουν για ουσίες όπως είναι οι οργανοφωσφορικές οι οποίες λειτουργούν με χρήση ειδικών μηχανισμών όπως είναι λειτουργικά γκρουπ που αλληλεπιδρούν με βιολογικούς αποδέκτες ή που μπορούν να αναπτύξουν σουλφυδρύλιακούς δεσμούς με κυτταρικές πρωτεΐνες.

Αξιόπιστες σχέσεις QSARs έχουν προκύψει από χημικές ουσίες που ενεργούν μέσω βασικών μηχανισμών νάρκωσης. Αυτές οι χημικές ουσίες είναι μη ηλεκρολυτικές χαμηλής δραστικότητας (reactivity) όπως είναι οι υδρογονάνθρακες, οι αλκοόλες, οι κετόνες και συγκεκριμένοι αλειφατικοί χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες (aliphatic chlorinated hydrocarbons) οι οποίοι προκαλούν τις βιολογικές τους επιπτώσεις ως συνάρτηση των μοριακών επιμέρους συντελεστών τους (partition). Κάθε οργανική χημική ουσία μπορεί να παράγει νάρκωση (narcosis). Ωστόσο εάν μια χημική ουσία είναι ηλεκτρολυτική ή περιέχει συγκεκριμένές λειτουργικές ομάδες που οδηγούν σε non-narcosis μηχανισμούς τότε οποιοιδήποτε υπολογισμοί της τοξικότητας που βασίζονται μονάχα σε συντελεστές κατανομής μπορεί να οδηγήσουν σε υποεκτίμηση της τοξικότητας. Οι QSARs για την οξεία τοξικότητα για παρεμφερή μείγματα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη των επιπτώσεων που μπορούν να προκαλέσουν προϊόντα τοξικών, όπως προκύπτουν από το μεταβολισμό ή τη διάσπαση τους, εφόσον κάτι τέτοιο προκύπτει σε μεγαλύτερο διάστημα από αυτό που διαρκεί το τεστ τοξικότητας.

Τα τεστ που αναφέρονται στις οδηγίες του GHS για τον υπολογισμό της υδάτινης τοξικότητας αποτυπώνονται στο τέλος του παραρτήματος **(βλ. Βιβλιογραφία:Test guidelines for aquatic toxicity 1)**.

1.4 Βιοσυσσώρευση

1.4.1 Γενικά Στοιχεία

Η βιοσυσσώρευση (Bioaccumulation) αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές εγγενείς ιδιότητες των χημικών ουσιών για τον προσδιορισμό του πιθανού περιβαλλοντικού κίνδυνου που μπορεί να προκαλέσει μια χημική ουσία. Η βιοσυσσώρευση μιας ουσίας μέσα σε έναν οργανισμό δεν αποτελεί από μόνη της κίνδυνο, αλλά η βιοσυγκέντρωση (bioconcentration) και η βιοσυσσώρευση καταλήγουν στην επιβάρυνση του οργανισμού που τελικά μπορεί είτε να οδηγήσει είτε να μην οδηγήσει σε τοξικές ανεπιθύμητες επιπτώσεις στον υπό εξέταση οργανισμό. Στο εναρμονισμένο σύστημα ταξινόμησης

κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία και για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσουν οι χημικές ουσίες (OECD, 1998) χρησιμοποιείται η έκφραση "δυνατότητα για βιοσυσσώρευση". Ωστόσο κρίνεται σκόπιμο να διατυπωθεί η διαφορά μεταξύ βιοσυσσώρευσης και βιοσυγκέντρωσης.

Η βιοσυγκέντρωση ορίζεται ως το αποτέλεσμα της απορρόφησης/πρόσληψης, του μετασχηματισμού και της απέκκρισης μιας ουσίας σε έναν οργανισμό εξαιτίας της έκθεσης του στην ουσία αυτή μέσω κάποιου υδάτινου μέσου (μεταδιδόμενη από το νερό), ενώ η βιοσυσσώρευση περιλαμβάνει όλες τις πιθανές οδεύσεις εκθέσεως (π.χ. μέσω αέρα, ύδατος, εδάφους και της τροφικής αλυσίδας). Επιπλέον ως βιομεγέθυνση (biomagnification) ορίζεται η βιοσυσσώρευση και η μεταφορά ουσιών μέσω της τροφικής αλυσίδας που καταλήγει στην σταδιακή αύξηση των εσωτερικών συγκεντρώσεων στους οργανισμούς καθώς αυξάνεται η μετάβαση προς τα ανώτερα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας (European Commission, 1996).

Για την πλειοψηφία των οργανικών χημικών ουσιών η επικρατέστερη όδευση για την απορρόφηση/πρόσληψη μιας ουσίας θεωρούνται τα ύδατα. Μονάχα για πολύ υδρόφοβες ουσίες θεωρείται σημαντική η απορρόφηση μέσω τη τροφών. Ακόμη τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται στο εναρμονισμένο σύστημα ταξινόμησης κάνουν χρήση του παράγοντα της βιοσυγκέντρωσης (ή συντελεστή κατανομής οκτανόλης νερού) για τη μέτρηση της δυνατότητας βιοσυσσώρευσης. Για αυτούς τους λόγους η πρόταση του GHS προτείνει να λαμβάνετε υπόψη μονάχα η βιοσυγκέντρωση και δεν πραγματεύεται την αναρρόφηση μέσω της τροφικής αλυσίδας ή άλλων οδεύσεων.

Η ταξινόμηση μιας χημικής ουσίας βασίζεται ουσιαστικά στις εγγενείς ιδιότητες των ουσιών. Ωστόσο, το μέγεθος της βιοσυγκέντρωσης εξαρτάται ακόμα από άλλους παράγοντες όπως ο βαθμός της βιοδιαθεσιμότητας (bioavailability), η φυσιολογία του εξεταζόμενου οργανισμού, η διάρκεια της συνεχόμενης έκθεσης σε δεδομένη συγκέντρωση, η διάρκεια της συνολικής έκθεσης, ο μεταβολισμός εντός του σώματος του εξεταζόμενου οργανισμού και η έκκρισης/αποβολής της ουσίας από το σώμα. Η ερμηνεία της δυνατότητας βιοσυγκέντρωσης υπό το πρίσμα μιας ταξινόμησης απαιτεί τόσο την εκτίμηση των εσωτερικών ιδιοτήτων μιας ουσίας όσο και τον ορισμό των πειραματικών συνθηκών υπό τις οποίες έχει προσδιοριστεί ο παράγοντας της βιοσυγκέντρωσης -Bioconcentration Factor (BCF)- ή ο log K_{ow}. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις οργανικές ουσίες και στα οργανικά-μέταλλα.

Πληροφορία για τις ιδιότητες της βιοσυγκέντρωσης μιας ουσίας μπορεί να προκύψει από τυποποιημένα τεστ ή μπορεί να εκτιμηθεί από την ανάλυση της δομής του μορίου της υπό εξέταση ουσίας. Για λόγους ταξινόμησης των ουσιών (βάσει κινδύνου) η ερμηνεία της πληροφορίας σχετικά με τη βιοσυγκέντρωση συχνά απαιτεί λεπτομερή αξιολόγηση των δεδομένων από τα σχετικά τεστ. Παρακάτω συνοπτικά παρατίθενται διαθέσιμες μέθοδοι καθώς και παράγοντες που επηρεάζουν τη δυνατότητα βιοσυγκέντρωσης. Τέλος παρουσιάζεται μια λίστα από τυποποιημένες πειραματικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της βιοσυγκέντρωσης και του log K_{ow} μαζί με μια λίστα με τις σχετικές αναφορές.

1.4.2 Τεστ μετρήσεων βιοσυγκέντρωσης

Η βιοσυγκέντρωση μιας οργανικής ουσίας μπορεί πειραματικά να προσδιοριστεί μέσω πειραμάτων βιοσυγκέντρωσης κατά τα οποία ο BCF μετράται ως η συγκέντρωση της ουσίας στον οργανισμό σχετικά με την συγκέντρωση της ουσίας στο νερό, λαμβάνοντας υπόψη συνθήκες σταθερής κατάστασης. Ο BCF υπολογίζεται από τη σταθερά του ποσοστού απορρόφησης (uptake rate constant) -k1 και από τη σταθερά του ποσοστού απέκκρισης - elimination rate constant (k_2) (OECD 305, 1996).

Σε γενικές γραμμές η δυνατότητα μιας οργανικής ουσίας να βιοσυγκεντρωθεί (bioconcentrate) αρχικά σχετίζεται με τη λιποφιλικότητα (lipophilicity) της ουσίας. Ένα μέγεθος για τη μέτρηση της λιποφιλικότητας είναι ο συντελεστής κατανομής οκτανόλης νερού (n-octanol-water partition) -K_{ow} ο οποίος για λιπόφιλες μη ιοντικές οργανικές ουσίες που υπόκεινται στον ελάχιστο μεταβολισμό ή βιομετασχηματισμό μέσα σε έναν οργανισμό συσχετίζεται με το παράγοντα της βιοσυγκέντρωσης. Γι' αυτό το λόγο δεδομένης της εμπειρικής σχέσης μεταξύ του log BCF και τον log K_{ow} ο παράγοντας K_{ow} χρησιμοποιείται συχνά για να υπολογίσει τη βιοσυγκέντρωση των οργανικών ουσιών. Για τις περισσότερες οργανικές ουσίες οι μέθοδοι εκτίμησης που είναι διαθέσιμες υπολογίζουν τον συντελεστής κατανομής οκτανόλης νερού. Τιμές βιοσυγκέντρωσης για μια ουσίας μπορεί: 1) να προσδιοριστούν πειραματικά, 2) να εκτιμηθούν από τον πειραματικά προσδιορισμένο παράγοντα K_{ow} και 3) να εκτιμηθούν από τιμές του συντελεστής κατανομής οκτανόλης νερού που έχουν προκύψει από ποιοτικές σχέσεις Quantitative Structure Activity Relationships (QSARs).

1.4.3 Παράγοντας Βιοσυγκέντρωσης-Bioconcentration factor (BCF)

Ο παράγοντας της βιοσυγκέντρωσης ορίζεται ως ένα ποσοστό σε μια βάση (weight base) μεταξύ της συγκέντρωσης της χημικής ουσίας στη χλωρίδα και στην πανίδα και της συγκέντρωσης στο μέσο όδευσης (στη συγκεκριμένη περίπτωση το νερό) υπό συνθήκες σταθερής κατάστασης. Κατά συνέπεια στην περίπτωση συνθηκών σταθερής κατάστασης ο BCF μπορεί να προκύψει πειραματικά έχοντας ως βάση τις συγκεντρώσεις οι οποίες μετρήθηκαν. Ωστόσο ο BCF μπορεί επιπλέον να υπολογιστεί από το ποσοστό μεταξύ των σταθερών προσρόφησης και απέκκρισης, η οποία αποτελεί μια μέθοδο που δεν προϋποθέτει την ύπαρξη σταθερών συνθηκών.

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά τεστ για τον πειραματικό προσδιορισμό της βιοσυγκέντρωσης στα ψάρια τα χρησιμοποιούνται και εφαρμόζονται, αλλά το πιο ευρέως εφαρμοσμένο τεστ είναι το OECD (OECD 305, 1996). Τιμές BCF οι οποίες έχουν εξαχθεί από υψηλά ποιοτικά πειραματικά δεδομένα προτιμώνται κατά τις διαδικασίες αξιολόγησης εφόσον τέτοια πληροφορία υπερισχύει από τη χρήση της υποκατάστατης, δευτερεύουσας πληροφορίας π.χ. συντελεστής κατανομής οκτανόλης νερού -K_{ow}.

Υψηλή ποιοτικά πληροφορία ορίζεται ως η πληροφορία όπου τα κριτήρια αξιολόγησης της μεθόδου που χρησιμοποιεί το τεστ επιτυγχάνονται και περιγράφονται επαρκώς π.χ. η διατήρηση της σταθερής συγκέντρωσης έκθεσης, το οξυγόνο, οι διακυμάνσεις θερμοκρασίας και τεκμηρίωση ότι επιτεύχθηκαν συνθήκες σταθερής κατάστασης κλπ. Το πείραμα θα θεωρηθεί υψηλής ποιότητας εάν υπάρχει διαθέσιμη μια κατάλληλη περιγραφή διαδικασιών π.χ καλές εργαστηριακές πρακτικές, που να επιτρέπει επιβεβαίωση ότι τα κριτήρια αξιοπιστίας ικανοποιούνται. Επιπλέον πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια κατάλληλη αναλυτική μέθοδος για την ποσοτικοποίηση της χημικής ουσίας και των τοξικών προϊόντων μεταβολισμού της στο υδάτινο πλέγμα (νερό και ψάρια).

Χαμηλής ή αμφιβόλου ποιότητας τιμές του παράγοντα BCF μπορεί να δώσουν λανθασμένες ή πολύ χαμηλές τιμές του BCF π.χ. εφαρμογή των συγκεντρώσεων που μετρήθηκαν σε τεστ της ουσίας σε ψάρια και νερό, αλλά οι μετρήσεις να έχουν προκύψει μετά από πολύ μικρή περίοδο έκθεσης στην ουσία όπου δεν έχουν προλάβει να επιτευχθούν συνθήκες σταθερής κατάστασης. Γι' αυτό το λόγο τέτοια πληροφορία πρέπει να εκτιμάται προσεκτικά προτού χρησιμοποιηθεί ενώ θα πρέπει να εξεταστεί η περίπτωση εναλλακτικής χρήσης του συντελεστή συντελεστής κατανομής οκτανόλης νερού.

Εάν δεν υπάρχει καμία τιμή του παράγοντα BCF για κάποια είδη ψαριών μπορεί να χρησιμοποιηθεί υψηλής ποιότητας πληροφορία σχετικά με άλλα είδη π.χ. ο BCF ο οποίος έχει προσδιοριστεί σε μύδια, στρείδια, χτένια (ASTM E 1022-94)). Οι αναφερθέντες παράγοντες BCFs για τα μικροάλγη πρέπει να χρησιμοποιούνται με ιδιαίτερη προσοχή.

1.4.4 Παράγοντας βιοσυγκέντρωσης σε τεστ διαφορετικών ειδών

Οι τιμές του BCF οι οποίες χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση χημικών ουσιών βασίζονται σε μετρήσεις σε ολόκληρο το σώμα του οργανισμού. Οι πιο αξιόπιστες τιμές για τον παράγοντα BCF είναι αυτές που προκύπτουν από το τεστ OECD 305 ή διεθνώς ισοδύναμες μεθόδους που χρησιμοποιούν και εξετάζουν μικρά ψάρια. Λόγω του υψηλότερου λόγου επιφάνειας προς βάρος οι συνθήκες σταθερής κατάστασης αναμένονται να επιτευχθούν πιο σύντομα στους μικρούς οργανισμούς παρά στους μεγάλους.

Στις περιπτώσεις όπου οι τιμές του BCF βασίζονται αποκλειστικά στις συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν σε ψάρια και στο νερό σε συνθήκες σταθερής κατάστασης, το μέγεθος των οργανισμών (ψάρια) που χρησιμοποιούνται στις μελέτες βιοσυγκέντρωσης έχει ιδιαίτερη σημασία σε σχέση με το χρόνο που απαιτείται κατά τη διαδικασία προσρόφησης. Συνεπώς αν τα μεγάλα ψάρια π.χ. σολομός έχουν χρησιμοποιηθεί σε μελέτες βιοσυγκέντρωσης θα πρέπει να αξιολογηθεί αν η περίοδος αναρρόφησης ήταν αρκετή σε διάρκεια έτσι ώστε να επιτευχθούν συνθήκες σταθερής κατάστασης ή τέτοια που να επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό για συνεχές ποσοστό κινητικής αναρρόφησης.

Επιπλέον όταν χρησιμοποιείται η πληροφορία για την κατάταξη των ουσιών είναι πιθανό τιμές για τον παράγοντα BCF να προκύψουν από πολλά διαφορετικά είδη ψαριών όπως και από άλλους υδάτινους οργανισμούς π.χ. οστρακοειδή καθώς και από διαφορετικά όργανα ψαριών. Επομένως για την σύγκριση αυτής της πληροφορίας μεταξύ των διαφορετικών ειδών και των κριτηρίων πρέπει να τεθεί κάποια κοινή βάση ή να πραγματοποιηθεί κάποια κανονικοποίηση.

Έχει παρατηρηθεί ότι υπάρχει μία άμεση συσχέτιση μεταξύ των λιπιδίων στον οργανισμό ενός ψαριού ή ενός υδρόβιου οργανισμού και τιμής του BCF παράγοντα. Γι' αυτό το λόγο όταν συγκρίνονται τιμές BCF σε διαφορετικά είδη ψαριών ή όταν μετατρέπονται οι τιμές BCF που αφορούν συγκεκριμένα όργανα σε τιμές BCF που αφορούν όλο το σώμα, μια κοινά αποδεκτή προσέγγιση προβλέπει να εκφράζονται οι BCF τιμές ανάλογα με το περιεχόμενο του οργανισμού σε λιπιδία. Π.χ. για τις τιμές που αφορούν όλο το σώμα ή συγκεκριμένα όργανα ενός οργανισμού και που εντοπίζονται στην βιβλιογραφία το πρώτο βήμα είναι να υπολογιστεί ή εκατοστιαία % βάση σε περιεχόμενο σε λιπίδια στον οργανισμό χρησιμοποιώντας το σχετικό περιεχόμενο του ψαριού ή του εξεταζόμενου οργάνου σε λίπος. Σε δεύτερη φάση ο παράγοντας BCF που αντιστοιχεί σε όλο το σώμα ενός τυπικού υδρόβιου

του οργανισμού (π.χ. μικρό ψάρι) υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη ένα κοινό προκαθορισμένο περιεχόμενο σε λιπίδια(default). Μια default τιμή που χρησιμοποιείται ευρέως αντιστοιχεί στο 5% (Pedersen *et al.*, 1995) και εκφράζει το μέσο περιεχόμενο σε λιπίδια των μικρών ψαριών σύμφωνα με το τεστ OECD 305 (1996).

1.4.5 Συντελεστής Κατανομής Οκτανόλης Νερού K_{ow} (Octanol-water-partitioning coefficient (K_{ow})

Για τις οργανικές ουσίες, οι τιμές του συντελεστή κατανομής οκτανόλης νερού K_{ow} οι οποίες έχουν προκύψει πειραματικά (τεστ υψηλής ποιότητας) ή τιμές οι οποίες συναντώνται στην βιβλιογραφία και χαρακτηρίζονται ως «προτεινόμενες τιμές» υπερτερούν και προτιμώνται από τιμές οι οποίες έχουν προκύψει από άλλες μεθόδους. Κατά τη διαδικασία ταξινόμησης όταν δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα υψηλής ποιότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του συντελεστή K_{ow} σχέσεις που ονομάζονται Quantitative Structure Activity Relationships (QSARs). Τέτοιες επίσημες και ισχύουσες σχέσεις QSARs μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς μετατροπές στα ισχύοντα κριτήρια εφόσον αναφέρονται και περιορίζοντα στις χημικές ουσίες για τις οποίες η εφαρμοστικότητα τους είναι επιτυχής.

Για ουσίες όπως τα ισχυρά οξέα και βάσεις, ουσίες που αντιδρούν με το νερό ή επιφανειακά ενεργές ουσίες, θα πρέπει να πραγματοποιείται εκτίμηση του συντελεστή κατανομής οκτανόλης νερού μέσω QSAR ή μέσω εκτίμησης η οποία βασίζεται στον επιμέρους συντελεστή οκτανόλης και στις διαλυτότητες, παρά να πραγματοποιείται αναλυτικός προσδιορισμός του συντελεστή K_{ow} (EEC A.8., 1992; OECD 117, 1989).

Σημειώνεται ότι η δυνατότητα βιοσυγκέντρωσης κατά κανόνα προσδιορίζεται με τη χρήση του συντελεστή κατανομής οκτανόλης νερού και υπολογίζεται από της οδηγίες του OECD Test Guideline 107 or 117. Μπορεί ο συντελεστής αυτός να υποδεικνύει τη δυνατότητα βιοσυσσώρευσης ωστόσο ο πειραματικός προσδιορισμός του παράγοντα Βιοσυγκέντρωσης (Bioconcentration Factor -BCF) αποτελεί ένα πιο αξιόπιστο μέγεθος μέτρησης της βιοσυγκέντρωσης το οποίο προτείνεται να χρησιμοποιείται όποτε είναι διαθέσιμο

1.4.6 Πειραματικός προσδιορισμός του Συντελεστή Κατανομής Οκτανόλης Νερού

Για τον πειραματικό προσδιορισμό των τιμών του συντελεστή χρησιμοποιούνται αρκετές διαφορετικές μέθοδοι Shake-flask και HPLC π.χ. OECD Test Guideline 107 (1995); OECD Test Guideline 117 (1989); EEC A.8. (1992); EPA-OTS (1982); EPA-FIFRA (1982); ASTM (1993); η pH μετρητική μέθοδος του (OECD Test Guideline in preparation). Η μέθοδος shake-flask προτείνεται όταν οι τιμές του log K_{ow} κυμαίνονται μεταξύ -2 και 4. Η μέθοδος shake-flask εφαρμόζεται μονάχα σε δομικά καθαρές ουσίες, διαλυτές στο νερό και *n*-octanol. Για υψηλά λιπόφιλες ουσίες που διαλύονται αργά στο νερό η απαραίτητη πληροφορία συλλέγεται αποτελεσματικότερα μέσω εφαρμογής της μεθόδου slow-stirring κατά την οποία το νερό, οκτανόλη και το υπό εξέταση μείγμα φθάνουν σε ισορροπία σε έναν αντιδραστήρα -stirred reactor. Με αυτή τη μέθοδο επιτρέπεται ο ακριβής και συνεπής υπολογισμός του συντελεστή K_{ow} των μειγμάτων για τιμές log K_{ow} ίσες με 8.2. (OECD draft Guideline, 1998).

Όσο αφορά τη μέθοδο HPLC συστήνεται όταν οι τιμές του log K_{ow} κυμαίνονται από 0 έως 6. Η μέθοδος HPLC παρουσιάζει μικρότερο βαθμό ευαισθησίας από την shake-flask μέθοδο. Μια άλλη μέθοδος που συναντάται για τον υπολογισμό του log K_{ow} είναι η generator column (USEPA 1985).

Δεδομένου ότι ο πειραματικός προσδιορισμός του συντελεστή K_{ow} δεν είναι πάντοτε εφικτός π.χ. διαλυτές στο νερό ουσίες, πολύ λιπόφιλες ουσίες κλπ μπορούν να χρησιμοποιηθούν QSAR σχέσεις για τον υπολογισμό του συντελεστή.

1.4.7 Χρήση των QSARs για τον προσδιορισμό του log K_{ow}

Όταν χρησιμοποιείται μια τιμή για τον συντελεστή κατανομής οκτανόλης νερού η οποία έχει υπολογιστεί με κάποιο τρόπο πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη η μέθοδος υπολογισμού. Πολλαπλές σχέσεις QSARs έχουν αναπτυχθεί και συνεχώς αναπτύσσονται για τον υπολογισμό του K_{ow}. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα τέσσερα εμπορικά υπολογιστικά προγράμματα (CLOGP, LOGKOW (KOWWIN), AUTOLOGP, SPARC) χρησιμοποιούνται συνήθως για την εκτίμηση επικινδυνότητας.

Τα CLOGP, LOGKOW και AUTOLOGP βασίζονται σε συμβολή πληθυσμού ενώ το SPARC βασίζεται σε αλγορίθμους που είναι δομημένοι πάνω σε αρχές της χημείας. Μόνο το SPARC μπορεί να εφαρμοστεί με γενικό τρόπο για οργανικές ή οργανικομεταλλικά μείγματα. Ειδικές μέθοδοι απαιτούνται για την εκτίμηση του log K_{ow} όσο αφορά τα επιφανειακά ενεργά μείγματα. Το CLOGP προτείνεται από της αρμόδιες αρχές των Ηνωμένων Πολιτειών (US EPA/EC) για την επικαιροποίηση των μεθόδων εκτίμησης των QSAR (US EPA/EC 1993). Ο Pedersen *et al.* (1995) συστήνει τα προγράμματα CLOGP και LOGKOW κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης λόγω της αξιοπιστίας τους της εμπορικής τους διαθεσιμότητας και την ευκολία που παρέχουν στη χρήση τους. Οι μέθοδοι που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα συστήνονται για χρήση κατά τη διαδικασία ταξινόμησης.

Model	log K_{ow} range	Substance utility
CLOGP	$0 < \log K_{ow} < 9$	Το πρόγραμμα υπολογίζει το log K_{ow} για οργανικά μείγματα που περιέχουν C, H, N, O, Hal, P, και/ή S.
LOGKOW (KOWWIN)	$-4 < \log K_{ow} < 8$ [b]	Το πρόγραμμα υπολογίζει το log K_{ow} για οργανικά μείγματα που περιέχουν C, H, N, O, Hal, Si, P, Se, Li, Na, K, και/ή Hg. Επιπλέον από το πρόγραμμα μπορούν να προβλεφθούν κάποια απορρυπαντικά, βαφές και διαλυτικές/διαχωριστικές ουσίες.
AUTOLOGP	$\log K_{ow} > 5$	Το πρόγραμμα υπολογίζει το log K_{ow} για οργανικά μείγματα που περιέχουν C, H, N, O, Hal, P and S. Διορθωτικές ενέργειες βρίσκονται σε εξέλιξη έτσι ώστε να επιτευχθεί η βελτίωση και άμβλυνση της εφαρμοστικοτήτας του AUTOLOGP.
SPARC	Παρέχει βελτιωμένα αποτελέσματα στα προγράμματα KOWWIN	Το SPARC είναι περισσότερο ένα μηχανιστικό μοντέλο που βασίζεται στις αρχές της χημικής θερμοδυναμικής παρά ένα ντετερμινιστικό μοντέλο το οποίο βασίζεται σε πληροφορία η οποία έχει αποκτηθεί από

	και CLOGP για μείγματα με $\log K_{ow} > 5$	παρατηρήσεις. Γι' αυτό το λόγο το SPARC διαφέρει από τα υπόλοιπα μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούν σχέσεις QSARs (π.χ KOWWIN, CLOGP, AUTOLOGP) στο γεγονός ότι δεν απαιτείται πληροφορία από μετρήσεις για τον $\log K_{ow}$ για την επεξεργασία ενός σετ χημικών ουσιών. Μόνο το SPARC μπορεί να εφαρμοστεί υπό γενικό τρόπο τόσο ανόργανες όσο και για οργανομεταλλικά μείγματα.

1.4.8 Χημικές κατηγορίες που χρήζουν ιδιαίτερης μεταχείρισης όσο αφορά τον παράγοντα *BCF* και τον συντελεστή K_{ow}

Υπάρχουν συγκεκριμένες φυσικο-χημικές ιδιότητες οι οποίες μπορούν να καταστήσουν δύσκολο τον προσδιορισμό του BCF. Αυτές μπορεί να είναι ουσίες, οι οποίες δεν βιοσυγκεντρώνονται υπό συνεπή τρόπο σύμφωνα με τις υπόλοιπες φυσικοχημικές ιδιότητες π.χ. επιφανειακή δραστηριότητα η οποία καθιστά τόσο τη μέτρηση όσο και τη χρήση του $\log K_{ow}$ ακατάλληλη .

14.9 Ειδικές περιπτώσεις Ουσιών

Μερικές χημικές ουσίες είναι δύσκολο να εξεταστούν σε υδάτινα συστήματα και ειδικές κατευθυντήριες οδηγίες έχουν αναπτυχθεί για την ειδική διερεύνηση τους (DoE, 1996; ECETOC 1996; και US EPA 1996). Ο OECD είναι στην διαδικασία της τελικής διαμόρφωσης των οδηγιών όσο αφορά τη διενέργεια των τεστ αυτών των «δύσκολων» τύπων των ουσιών (OECD, 2000). Οι οδηγίες θα αποτελέσουν μια αξιόπιστη πηγή για την άντληση πληροφορίας όσο αφορά την έρευνα σχετικά με την βιοσυγκέντρωση για τους «δύσκολους» τύπους των ουσιών ενώ σκοπός είναι να καθιερωθεί μιας συνεπής διαδικασία για την εξαγωγή έγκυρων αποτελεσμάτων. Οι ουσίες οι οποίες είναι δύσκολο να εξεταστούν είναι οι ελάχιστα διαλυτές, οι πτητικές ή οι ουσίες που υπόκεινται σε ταχεία διάσπαση λόγω διαδικασιών όπως είναι ο φωτομετασχηματισμός, η υδρόλυση, η οξείδωση ή η βιοτική διάσπαση.

Προκειμένου να μετρηθεί η βιοσυγκέντρωση σε οργανικά μείγματα η ουσία πρέπει να είναι διαλυτή στα λιπίδια που υπάρχουν μέσα στο νερό και να μπορεί να μεταφερθεί διαμέσου του ψαριού.

1.4.10 Έλλειψη πληροφορίας και ασύμβατες πληροφορίες

Στις περιπτώσεις όπου πολλαπλή πληροφορία όσο αφορά τους παράγοντες BCF είναι διαθέσιμη για την ίδια ουσία υπάρχει η πιθανότητα να προκύψουν ασύμβατα αποτελέσματα. Σε γενικές γραμμές στις περιπτώσεις όπου για μια ουσία η οποία έχει εξεταστεί αρκετές φορές σύμφωνα με ένα κατάλληλο τεστ βιοσυγκέντρωσης η παρουσία ασύμβατων αποτελεσμάτων μπορεί να ερμηνευτεί ως «προσέγγιση σημαντικότητας τεκμηρίου». Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι αν από πειραματικά δεδομένα προκύψει για μια ουσία τιμή BCF $\geq$ και $<$ 500 τότε πρέπει να χρησιμοποιείται η μέθοδος που χαρακτηρίζεται ως υψηλότερης ποιότητας και να παρέχεται κατάλληλη τεκμηρίωση ώστε να διασφαλίζονται τα αρτιότερα αποτελέσματα. Σε περίπτωση όπου συνεχίζουν να προκύπτουν αντικρουόμενα αποτελέσματα π.χ. αποτελέσματα από υψηλής ποιότητας μεθόδους για διαφορετικά είδη ψαριών, γενικά προτείνεται η χρήση της υψηλότερης τιμής για τον παράγοντα κατά τις διαδικασίες ταξινόμησης.

Στην περίπτωση όπου υπάρχουν διαθέσιμες πολλές τιμές (>=4 ή) για το ίδιο είδος και στο ίδιο στάδιο ζωής προτείνεται ο υπολογισμός και η χρήση του γεωμετρικού τους μέσου.

Στις περιπτώσεις όπου πολλαπλές τιμές για τον συντελεστή log K_{ow} είναι διαθέσιμες υπάρχει η πιθανότητα να προκύψουν ασύμβατα αποτελέσματα. Αν προκύψουν τιμές για τον log K_{ow} $\geq$ και < 4 σχετικά με μία ουσία τότε προτείνεται η επιλογή της τιμής που έχει προκύψει με χρήση της μεθόδου που χαρακτηρίζεται ως υψηλότερης ποιότητας και παρέχει κατάλληλη τεκμηρίωση, έτσι ώστε να διασφαλίζονται τα αρτιότερα αποτελέσματα. Αν οι διαφορές συνεχίζουν να υφίστανται τότε συνίσταται για χρήση της υψηλότερης τιμής. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του log K_{ow} σχέσεις QSAR έτι ώστε να προκύψει μια εκτίμηση.

1.4.11 Εκτίμηση Ειδικών- Expert judgement

Σε περίπτωση όπου δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα για τον BCF ή τον log K_{ow}, ούτε σχετική πληροφορία ικανή για πρόβλεψη αυτών των τιμών τότε μπορεί η βιοσυγκέντρωση σε υδάτινο περιβάλλον να εκτιμηθεί μέσω υποκειμενικής εκτίμησης του αναλυτή. Για τον υπολογισμό της βιοσυγκέντρωσης ο αναλυτής μπορεί να βασιστεί σε συγκρίσεις της δομή των μορίων με τη δομή άλλων ουσιών για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα πειραματικά δεδομένα ή εκτιμήσεις για τη βιοσυγκέντρωση.

1.4.12 Αποτελέσματα-Λήψη αποφάσεων

Σύμφωνα με τις παραπάνω κατευθύνσεις και συμπεράσματα αναπτύχθηκε ένα πλαίσιο υποστήριξης αποφάσεων το οποίο μπορεί να διευκολύνει τη διεξαγωγή του συμπεράσματος αν μια ουσία έχει ή δεν έχει τη δυνατότητα να βιοσυγκεντρωθεί σε υδάτινα είδη.

Κατά τη διαδικασία ταξινόμησης των ουσιών δεδομένα τα οποία έχουν προκύψει από πειραματικές υψηλής ποιότητας μεθόδους πρέπει να προτιμώνται και να εφαρμόζονται. Τιμές για τον παράγοντα BCF χαμηλής ή αμφιβόλου ποιότητας δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία ταξινόμησης στη περίπτωση που πληροφορία για τον log K_{ow} είναι διαθέσιμη, διότι μπορεί να προκύψουν λανθασμένες ή πολύ χαμηλές τιμές BCF, π.χ. εξαιτίας της μικρής περιόδου έκθεσης κατά την οποία δεν είναι δυνατό να έχουν επιτευχθεί συνθήκες σταθερής κατάστασης. Εάν καμία τιμή BCF δεν είναι διαθέσιμη για κάποια είδη ψαριών μπορεί σε αντικατάσταση να χρησιμοποιηθούν τιμές BCF για άλλα είδη π.χ. για μύδια.

Για οργανικές ουσίες συστήνεται η χρήση για τιμές του συντελεστή κατανομής οκτανόλης νερού και για δεδομένα-τιμές που έχουν προκύψει από πειραματικά υψηλής ποιότητας μεθόδους ή τιμές οι οποίες έχουν αξιολογηθεί από μελέτες ως «προτεινόμενες τιμές». Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα υψηλής ποιότητας τότε επικαιροποιημένες σχέσεις Quantitative Structure Activity Relationships (QSARs) για τον log K_{ow} μπορεί να χρησιμοποιηθούν κατά τη διαδικασία ταξινόμησης. Τέτοιες επίσημες σχέσεις QSARs μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς μετατροπές κατά

τη διαδικασία ταξινόμησης, σε περίπτωση όπου υπάρχει εφαρμογή μονάχα στις χημικές ουσίες όπου αναμένεται να προκύψουν άρτια αποτελέσματα. Για ουσίες όπως είναι οι ισχυρές βάσεις ή ισχυρά οξέα, σύμπλοκα μέταλλων και επιφανειακά ενεργές ουσίες (surface-active substances) η εκτίμηση της τιμής του K_{ow} μέσω QSAR ή μια εκτίμηση η οποία θα βασίζεται στο χαρακτηριστικό συντελεστή κατανομής οκτανόλης νερού και της διαλυτότητας στο νερό πρέπει να χρησιμοποιούνται για τον αναλυτικό προσδιορισμό του K_{ow}.

Στη περίπτωση όπου υπάρχει πληροφορία αλλά δεν είναι επικαιροποημένη τότε προτείνεται να εφαρμόζεται η εκτίμηση των ειδικών.

Αν μια ουσία έχει ή δεν έχει τη δυνατότητα βιοσυγκέντρωσης σε υδρόβιους οργανισμούς μπορεί να προσδιοριστεί από το ακόλουθο πλαίσιο:

1.Επικαιροποιημένη/υψηλής ποιότητας πειραματικά δεδομένα για τιμές του παράγοντα BCF → NAI:

→BCF ≥ 500: *Η ουσία έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει βιοσυγκέντρωση*
→BCF < 500: *Η ουσία <u>δεν</u> έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει βιοσυγκέντρωση*

2.Επικαιροποιημένη/υψηλής ποιότητας πειραματικά δεδομένα για τιμές του παράγοντα BCF → OXI:

→ Επικαιροποιημένη/υψηλής ποιότητας πειραματικά δεδομένα για τιμές του log K_{ow} → NAI:
→ log K_{ow} ≥ 4: *Η ουσία έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει βιοσυγκέντρωση*
→log K_{ow}<4: *Η ουσία <u>δεν</u> έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει βιοσυγκέντρωση*

Επικαιροποιημένη/υψηλής ποιότητας πειραματικά δεδομένα για τιμές του παράγοντα BCF → OXI:
→ Επικαιροποιημένη/υψηλής ποιότητας πειραματικά δεδομένα για τιμές του log K_{ow} → OXI:
→ Χρήση επικιροποιημένων σχέσεων QSAR για την εκτίμηση του log K_{ow} value → NAI:

→ log K_{ow} ≥ 4: *Η ουσία έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει βιοσυγκέντρωση*
→log K_{ow} < 4: *Η ουσία <u>δεν</u> έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει βιοσυγκέντρωση*

Οι σχετικές κατευθυντήριες οδηγίες που περιγράφουν τα τεστ υπολογισμού της βιοσυγκέντρωσης παρουσιάζονται στο τέλος του Παραρτήματος (Test guidelines for biotic and abiotic degradation 2)

1.5 Διάσπαση

Ως Διάσπαση (***Degradation***) νοείται η διάσπαση των οργανικών μορίων σε μικρότερα μόρια και τελικά σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και άλατα. Η περιβαλλοντική διάσπαση μπορεί να είναι βιοτική ή αβιοτική (π.χ. υδρόλυση) γεγονός το οποίο υποδεικνύεται και από τα διαθέσιμα κριτήρια που χρησιμοποιούνται. Για τον προσδιορισμό της διάσπασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα τεστ βιοαποικοδομησιμότητας που προτείνονται από OECD Test Guideline 301 (A - F). Το ενδεικτικό σημείο της ταχείας διάσπασης είναι ένα όριο το οποίο μπορεί να ληφθεί υπόψη σε αυτά τα τεστ και το

οποίο υπάρχει για τα περισσότερα είδη οργανισμών του περιβάλλοντος. Τα τεστ αυτά πραγματοποιούνται σε γλυκά νερά και χρησιμοποιούν οδηγίες και αποτελέσματα από τα τεστ OECD Test Guideline 306 τα οποία ενδείκνυνται επίσης και για τους υδάτινους οργανισμούς υφάλμυρων νερών. Όπου δεν υπάρχει διαθέσιμη τέτοιου είδους πληροφορία τότε λαμβάνονται υπόψη τα αποτελέσματα που προκύπτουν από ένα τεστ διάρκειας 5 ημερών όπου εξετάζεται ο λόγος BOD/COD.

Η διάσπαση αποτελεί ένα ακόμα κριτήριο το οποίο χρησιμοποιείται προκειμένου να υποδείξει αν μια ουσία έχει πραγματικά βιοτικά ή αβιοτικά υποβιβαστεί/ διασπαστεί στο υδάτινο περιβάλλον κατά 70% μέσα σε 28 μέρες. Επομένως αν η διάσπαση μπορεί να πραγματοποιηθεί υπό περιβαλλοντικά ρεαλιστικές συνθήκες τότε ο ορισμός της «ταχείας διάσπασης» θα έχει επιτευχθεί.

Υπάρχει διαθέσιμος μεγάλος όγκος πληροφορίας σχετικά με την διάσπαση υπό τη μορφή στοιχείων για την διάσπαση κατά το ήμισυ της ζωής (degradation half-lives) τα οποία μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον ορισμό της «ταχείας διάσπασης». Επιπλέον υπάρχουν κάποια τεστ για τη μέτρηση της ολικής βιοδιάσπασης μια ουσίας π.χ. πλήρης απολιθοποίηση (mineralization).

Πρέπει να τονιστεί ότι αν μέσα από τα OECD τεστ δεν εκπληρωθούν τα κριτήρια βιοαποικοδομησιμότητας το γεγονός αυτό δεν συνεπάγεται ότι η ουσία δεν είναι ταχέως αποικοδομήσιμη σε πραγματικές συνθήκες περιβάλλοντος. Επομένως όπου μπορεί να αποδειχθεί ότι συντελείται ταχεία διάσπαση τότε η ουσία θα θεωρείται ταχέως αποικοδομήσιμη. Η υδρόλυση μπορεί να ληφθεί υπόψη στην περίπτωση που τα προϊόντα υδρόλυσης δεν πληρούν τα κριτήρια για την ταξινόμηση των ουσιών ως επικίνδυνες για το υδάτινο περιβάλλον. Ακολουθεί ένας συγκεκριμένος ορισμός για την ταχεία διάσπαση.

Οι ουσίες θεωρείται ότι διασπόνται ταχέως στο περιβάλλον αν ισχύουν τα παρακάτω κριτήρια:

α) Αν κατά τα μελέτη βιοδιάσπασης των 28 ημερών επιτευχθούν τα παρακάτω επίπεδα διάσπασης

- Για τα τεστ τα οποία βασίζονται στη μέτρηση του διαλυμένου άνθρακα:70%
- Για τα τεστ τα οποία βασίζονται στην ελάττωση, απορρόφηση του οξυγόνου ή στην παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα: 60% του θεωρητικά ανώτατου ορίου

Αυτά τα επίπεδα της βιοδιάσπασης μπορούν να επιτευχθούν μέσα σε 10 μέρες από την αρχή της διάσπασης το σημείο έναρξης της οποίας θεωρείται ως ο χρόνος όπου το 10% της ουσίας έχει διασπαστεί.

β) Αν σε περίπτωση μετρήσεων BOD και COD η αναλογία BOD5/COD προκύψει μεγαλύτερη από 0.5

γ) Αν υπάρχουν διαθέσιμες άλλες επιστημονικές ενδείξεις που να υποδεικνύουν ότι μια ουσία μπορεί να διασπαστεί (βιοτικά και/ή αβιοτικά) στο υδάτινο περιβάλλον μέχρι ενός επιπέδου της τάξεως >70% μέσω σε χρονικό διάστημα 28 ημερών.

Ανόργανα μίγματα και μέταλλα

Για ανόργανα μίγματα και μέταλλα η έννοια της διάσπασης όπως εφαρμόζεται στα οργανικά μίγματα έχει περιορισμένη η μηδαμινή σημασία. Η ουσία μπορεί είτε να μετασχηματιστεί μέσω κανονικών περιβαλλοντικών διαδικασιών είτε να αυξήσει ή να μειώσει την βιοδιαθεσιμότητα των τοξικών ειδών. Η χρήση πληροφορίας σχετικά με την βιοσυσσώρευση θα πρέπει να πραγματοποιείται με προσοχή.

Ελάχιστα διαλυτές ανόργανες ουσίες και μέταλλα μπορούν να ανήκουν στις κατηγορίες της οξείας ή χρόνιας τοξικότητα για το υδάτινο περιβάλλον εξαρτώμενες από τις εγγενείς ιδιότητες των βιοδιαθέσιμων ανόργανων ειδών και της αναλογίας και της ποσότητας αυτών των ειδών τα οποία μπορούν να υπεισέλθουν στην διάλυση.

Αναλυτικά ορισμοί, τεστ, περιορισμοί και κατευθυντήριες οδηγίες διεξαγωγής αναλύσεων και ανάλυσης των συμπερασμάτων αναφορικά με την διάσπαση αναπτύσσονται στο Παράρτημα 9 του GHS :1st revision United Nations 2005[3]. Επιπλέον στοιχεία για την διάσπαση αναφέρονται στην § 1..8.3.

1.6 Εισαγωγικά Στοιχεία για το εναρμονισμένο σύστημα ταξινόμησης επικίνδυνων χημικών για το υδάτινο περιβάλλον

Το Παγκόσμιο Εναρμονισμένο Σύστημα GHS για την ταξινόμηση των χημικών ουσιών και για τους κινδύνους που ενέχουν για το υδάτινο περιβάλλον βασίζεται στη θεώρηση διάφορων συστημάτων ταξινόμησης όπως αυτά περιγράφονται παρακάτω. Ως υδάτινο περιβάλλον νοούνται οι υδάτινοι οργανισμοί που ζουν στα ύδατα καθώς και τα υδρόβια οικοσυστήματα των οποίων οι οργανισμοί αυτοί αποτελούν μέρος. Το πεδίο ανάλυσης στην παρούσα δεν περιλαμβάνει αναφορά στους υδρόβιους ρυπαντές για τους οποίους μπορεί να χρειάζεται να ληφθούν υπόψη επιπτώσεις πέραν του υδάτινου περιβάλλοντος όπως είναι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία κλπ. Η βάση για την αναγνώριση ενός κινδύνου στο υδάτινο περιβάλλον είναι η υδάτινη τοξικότητα της χημικής ουσίας, παρότι το τελικό συμπέρασμα μπορεί να τροποποιηθεί και να διαμορφωθεί λαμβάνοντας υπόψη επιπλέον πληροφορία σχετικά με τη διάσπαση και τη βιοσυσσώρευση.

Ενώ το παραπάνω πλαίσιο έχει ως σκοπό να εφαρμοστεί για όλες τις χημικές ουσίες και τα μείγματα παρατηρείται ότι για κάποιες ουσίες π.χ. μέταλλα, ελάχιστα διαλυτές ουσίες κλπ. απαιτούνται ειδικές κατευθυντήριες οδηγίες. Για παράδειγμα η εφαρμογή των κριτηρίων στα μέταλλα και στα μείγματα των μετάλλων υπόκεινται σε περαιτέρω ολοκλήρωση με χρήση κατάλληλων επικαιροποιημένων διαδικασιών όπως παρέχονται από οδηγίες των OECD Series on Testing and Assessment No 29[4].

Τα υπάρχοντα συστήματα ταξινόμησης τα οποία βρίσκονται σε ταυτόχρονη εφαρμογή περιλαμβάνουν τα: EU Supply and Use Scheme, την επικαιροποιημένη διαδικασία εκτίμησης κινδύνου GESAMP, το IMO για τους υδάτινους ρυπαντές, το Ευρωπαϊκό Road and Rail Transport Scheme (RID/ADR), τα Αμερικάνικο και Καναδικό σύστημα Pesticide systems και το US Land Transport Scheme. Τα συστήματα αυτά αφορούν προμήθεια και χρήσεις χημικών, την θαλάσσια μεταφορά χημικών ουσιών

[3] www.unece.org.

[4] Υπάρχουν δυο έγγραφα με κατευθυντήριες οδηγίες (Παραρτήματα 9 και 10 των οδηγιών OECD) τα οποία διαμορφώθηκαν προκειμένου να καλύψουν ανάγκες όπως είναι την ερμηνεία της πληροφορίας και την εφαρμογή των κριτηρίων όπως ορίζεται παρακάτω αναφορικά με τις ομάδες ουσιών. Σημειώνεται ότι δεδομένου του όγκου, της πολυπλοκότητας και του εύρους της εφαρμοστικότητας του συστήματος τα Έγγραφα Οδηγιών της Οδηγίας της ΕΕ αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι για την άρτια και αποτελεσματική εφαρμογή του εναρμονισμένου πλαισίου.

καθώς και μεταφορά χημικών μέσω οδών και σιδηροδρομικών γραμμών. Οι αρχές του εναρμονισμένου συστήματος έχουν αναπτυχθεί ώστε να βρίσκονται σε συμφωνία με τα παραπάνω συστήματα. Προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες όλων αυτών των διαφορετικών τομέων (μεταφορά, προμήθεια και χρήση) ήταν απαραίτητο να αναπτυχθούν δυο διαφορετικές υπο-κατηγορίες. Η πρώτη η Οξεία υποκατηγορία που αποτελείται από τρεις κατηγορίες και η Χρόνια υποκατηγορία που αποτελείται από 4 κατηγορίες. Οι αρχές και οι κανόνες ταξινόμησης είναι κατάλληλοι να εφαρμοστούν σε συσκευασμένα και μη προϊόντα κατά την προμήθεια και τη μεταφορά ενώ στοιχεία του GHS μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για μαζικές χερσαίες μεταφορές καθώς και για τις μαζικές μεταφορές στη ναυτιλία σύμφωνα με ισχύοντες κανόνες MARPOL 73/78 (Παράρτημα II) .

Οι επόμενες παράγραφοι περιγράφουν αναλυτικά το κριτήρια που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των παραπάνω κατηγοριών.

1.7 Κριτήρια ταξινόμησης ουσιών

Το εναρμονισμένο σύστημα ταξινόμησης των χημικών ουσιών εμπεριέχει τρεις κατηγορίες οξείας και τέσσερις χρόνιες κατηγορίες για την ταξινόμηση τον χημικών ουσιών (βλ. Σχήμα 1.1.1). Οι κατηγορίες ταξινόμησης της οξείας και χρόνιας τοξικότητας εφαρμόζονται ανεξάρτητα. Τα κριτήρια για την ταξινόμηση, κατάταξη μιας ουσίας στις κατηγορίες Οξείας τοξικότητας τάξης από 1 έως 3 ορίζονται έχοντας ως βάση στοιχεία **μόνο για την οξεία τοξικότητα** (EC50 ή LC50). Τα κριτήρια για την κατάταξη μιας ουσίας στις χρόνιες κατηγορίες είναι συνδυασμός δύο τύπων πληροφορίας π.χ. της οξείας τοξικότητας και του αναμενόμενου περιβαλλοντικού ποσοστού θνησιμότητας (στοιχεία γα διασπασιμότητα και βιοσυσσώρευση). Για την κατηγοριοποίηση των χημικών μειγμάτων στις χρόνιες κατηγορίες λαμβάνονται υπόψη και οι ιδιότητες της διάσπασης και της βιοσυσσώρευσης οι οποίες προκύπτουν από κατάλληλα τεστ στα συστατικά τους. **Οι ορισμοί, τα χαρακτηριστικά και οι σχετικές κατευθυντήριες οδηγίες που περιγράφουν τις βασικές ιδιότητες των χημικών έχουν αναπτυχθεί στις § 1.3-1.5.** Στη συνέχεια για λόγους παρουσίασης αναφέρονται επιγραμματικά χαρακτηριστικές ιδιότητες χημικών και ορισμοί βάση του GHS, ενώ ακολουθούν Πίνακες που παρουσιάζονται οι κατηγορίες και ο τρόπος ταξινόμησης των χημικών ουσιών.

Οξεία υδάτινη τοξικότητα

Οξεία υδάτινη τοξικότητα (***Acute aquatic toxicity***) είναι η εγγενής ιδιότητα μιας ουσίας που δηλώνει την ικανότητα της να προκαλέσει επιβλαβείς επιπτώσεις σε έναν οργανισμό εξαιτίας της έκθεσης του στην ουσία αυτή για μικρό χρονικό διάστημα.

Χρόνια υδάτινη τοξικότητα

Η Χρόνια υδάτινη τοξικότητα (***Chronic aquatic toxicity***) είναι η ικανότητα ή η πραγματική ιδιότητα μιας ουσίας να προκαλέσει ανεπιθύμητες συνέπειες σε υδρόβιους οργανισμούς κατά τη διάρκεια έκθεσης η οποία προσδιορίζεται σε σχέση με τον κύκλο ζωής του οργανισμού.

Βιοσσυσσώρευση

Η Βιοσυσσώρευση (***Bioaccumulation***) αποτελεί το αποτέλεσμα της απορρόφησης/πρόσληψης, του μετασχηματισμού και της απέκκρισης μιας ουσίας σε έναν οργανισμό εξαιτίας της έκθεσης στην ουσία αυτή μέσω όλων των πιθανών οδεύσεων (π.χ. αέρας, νερό, στερεά και τροφή).

Βιοσυγκέντρωση

Η βιοσυγκέντρωση (***Bioconcentration***) είναι το αποτέλεσμα του δικτύου που περιλαμβάνει τα στάδια της αναρρόφησης απορρόφησης/πρόσληψης, του μετασχηματισμού και της απέκκρισης μιας ουσίας, τα οποία λαμβάνουν χώρα σε έναν οργανισμό εξαιτίας της έκθεσης στην ουσία αυτή μέσω υδάτινης όδευσης.

Availability

Με τον όρο Availability μιας ουσίας νοείται ο βαθμός στον οποίο η ουσία διαλύεται ή διαλύει άλλα είδη (species). Για τα μέταλλα η διαλυτότητα είναι το μέγεθος που εκφράζει την αναλογία του μεταλλικού ιόντος σε ένα μεταλλικό μείγμα, στην οποία μπορεί να διαχωριστεί από το υπόλοιπο μείγμα (μόριο).

Bioavailability

Η *Bioavailability* δηλώνει το βαθμό στον οποίο μια ουσία απορροφάτε από έναν οργανισμό και κατανέμεται σε ένα μέρος/τμήμα εντός του οργανισμού. Εξαρτάται από τις φυσικό-χημικές ιδιότητες της ουσίας, την ανατομία και τη φυσιολογία του οργανισμού, τις αρχές της φαρμακοκινητικής καθώς και την όδευση μέσα από την οποία πραγματοποιείται η έκθεση. Η διαλυτότητα δεν αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την εκδήλωση της βιοδιαλυτότητας.

Μείγματα, «κοκτέιλ» χημικών ουσιών

Με τον όρο σύνθετα μείγματα ή «κοκτέιλ» χημικών ουσιών (***Complex mixtures*** or multi-component substances) νοούνται τα μείγματα τα οποία αποτελούνται από μια πολύπλοκη σύνθεση μεμονωμένων ουσιών με διαφορετικές διαλυτότητες και φυσικό-χημικές ιδιότητες. Στις περισσότερες περιπτώσεις μπορούν να χαρακτηριστούν σαν ομογενείς σειρές ουσιών με συγκεκριμένο εύρος στο μήκος ή αριθμό της ανθρακικής αλυσίδα στο βαθμό της αντικατάστασης.

Διάσπαση

Ως Διάσπαση (***Degradation***) νοείται η διάσπαση των οργανικών μορίων σε μικρότερα μόρια και τελικά σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και άλατα.

Οι ουσίες οι οποίες ταξινομούνται υπό τα ακόλουθα κριτήρια θα κατηγοριοποιούνται ως «επικίνδυνες για το υδάτινο περιβάλλον». Αυτά τα κριτήρια περιγράφονται με λεπτομέρεια στις κατηγορίες ταξινόμησης ενώ παρουσιάζονται συνοπτικά στους παρακάτω Πίνακες.

Κατηγόρια: Οξεία 1	
96 hr LC50 (για ψάρια)	≤ 1 mg/l και/ή
48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα)	≤ 1 mg/l και/ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)	≤ 1 mg/l
Κατηγορία: **Οξεία 1.** Για κάποια ρυθμιστικά συστήματα μπορεί να υποδιαιρεθεί ώστε να περιλαμβάνει χαμηλότερες τιμές L(E)C50 ≤ 0 1 mg/l.	

Κατηγόρια: Οξεία 2	
96 hr LC50 (για ψάρια)	>1 - ≤ 10 mg/l και/ή
48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα)	>1 - ≤ 10 mg/l και/ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)	>1 - ≤ 10 mg/l

Κατηγόρια: Οξεία 3	
96 hr LC50 (για ψάρια)	>10 - ≤ 100 mg/l και/ή
48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα)	>10 - ≤ 100 mg/l και/ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)	>10 - ≤ 100 mg/l

Σε κάποια ρυθμιστικά συστήματα μπορεί η παραπάνω κλίμακα να διευρυνθεί επιπλέον με L(E)C50 των 100 mg/l μέσω εισαγωγής άλλης κατηγορίας.

Πίνακας 1.7.1 : Κατηγορίες Ταξινόμησης Οξείας 1,2,3 για επικίνδυνες για το υδάτινο περιβάλλον ουσίες

Κατηγόρια: Χρόνια 1	
96 hr LC50 (για ψάρια)	≤ 1 mg/l και/ή
48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα)	≤ 1 mg/l και/ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)	≤ 1 mg/l

Και η ουσία δεν είναι ταχέως διασπάσιμη και/ή ο log Kow ≥4 (εκτός ο πειραματικά υπολογισμένος παράγοντας βιοσυσσώρευσης προκύψει BCF <500).

Κατηγόρια: Χρόνια 2	
96 hr LC50 (για ψάρια)	>1 - ≤ 10 mg/l και/ή
48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα)	>1 - ≤ 10 mg/l και/ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)	>1 - ≤ 10 mg/l

Και η ουσία δεν είναι ταχέως διασπάσιμη και/ή ο log Kow ≥4 (εκτός ο πειραματικά υπολογισμένος παράγοντας βιοσυσσώρευσης προκύψει) BCF <500), εκτός αν η χρόνια τοξικότητα για τα NOECs προκύπτουν > 1mg/l.

Κατηγόρια: Χρόνια 3	
96 hr LC50 (για ψάρια)	>10 - ≤ 100 mg/l και/ή
48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα)	>10 - ≤ 100 mg/l και/ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)	>10 - ≤ 100 mg/l

Και η ουσία δεν είναι ταχέως διασπάσιμη και/ή ο log Kow ≥4 (εκτός ο πειραματικά υπολογισμένος παράγοντας βιοσυσσώρευσης προκύψει) BCF <500), εκτός αν η χρόνια τοξικότητα για τα NOECs προκύπτουν > 1mg/l.

Κατηγόρια: Χρόνια 4

Στην κατηγορία ανήκουν ελάχιστα διαλυτές ουσίες για τις οποίες δεν υπάρχουν καταγεγραμμένα στοιχεία αναφορικά στην οξεία τοξικότητα μέχρι τα επίπεδα της υδάτινης διαλυτότητας και οι οποίες δεν είναι ταχέως διασπάσιμες και έχουν ο log Kow ≥4 , ενώ παράλληλα υποδεικνύουν μια δυνατότητα να βιοσυσσωρευτούν. Οι ουσίες με τα παραπάνω χαρακτηριστικά ταξινομούνται σε αυτήν την κατηγορία εκτός αν υπάρχουν άλλα επιστημονικά δεδομένα τα οποία υποδεικνύουν ότι η ταξινόμηση των ουσιών αυτών δεν είναι απαραίτητη. Τέτοια στοιχεία μπορεί να περιλαμβάνουν πειραματικά δεδομένα για τον παράγοντα βιοσυσσώρευσης όπου αν BCF <500), ή για την χρόνια τοξικότητα για τα NOECs προκύπτουν > 1 mg/l, ή αποδεικτικά δεδομένα ταχείας διάσπασης στο περιβάλλον.

Πίνακας 1.7.2 : Κατηγορίες Ταξινόμησης Χρόνιας 1,2,3 και 4 για επικίνδυνες για το υδάτινο περιβάλλον ουσίες

Σημ. 1 α:Η οξεία τοξικότητα προσδιορίζεται βάση των τιμών L(E)C50 σε mg/l για τα ψάρια για τα αρθρόποδα οστρακόδερμα για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά (ή μέσω εκτίμησης των τιμών αυτών από Quantitative Structure Activity Relationships -QSARs) *όπου δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα)*

Σημ 1β: Όπου η τοξικότητα για τα άλγη ErC50 [= EC50 (growth rate)] προκύπτει 100 φορές μικρότερη από την τοξικότητα του αμέσως επόμενου πιο ευαίσθητου είδους και τα αποτελέσματα στην ταξινόμηση βασίζονται μονάχα σε αυτήν την επίπτωση τότε θα πρέπει να διερευνηθεί αν η τοξικότητα είναι όντως αντιπροσωπευτική της τοξικότητας για τα υδρόβια φυτά. Αν μπορεί να αποδειχθεί κάτι τέτοιο τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η εκτίμηση Εξειδικευμένου προσωπικού «professional judgment» προκειμένου να προκύψει αν θα πρέπει η ουσία να ταξινομηθεί σε κάποια κατηγορία. Η ταξινόμηση θα πρέπει να βασίζεται στις τιμές ErC50. Κατά περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν συγκεκριμένες τιμές των EC50 και δεν υπάρχουν καταγεγραμμένες τιμές ErC50, τότε η ταξινόμηση πρέπει να πραγματοποιείται σύμφωνα με τη χαμηλότερη διαθέσιμη τιμή EC50.

Σημ. 2α: Οι τιμές για τη χρόνια τοξικότητα βασίζονται στις NOEC τιμές σε mg/l για τα ψάρια για τα αρθρόποδα οστρακόδερμα ή άλλες επίσημα αναγνωρισμένες μετρήσεις για μακροχρόνια τοξικότητα.

Σημ 2β: Δηλώνει την πρόθεση, την τάση για περαιτέρω ανάπτυξη του συστήματος ώστε να συμπεριλάβει δεδομένα χρόνιας τοξικότητας.

Σημ. 3: Η έλλειψη Ταχείας Διασπασιμότητας βασίζεται είτε στην έλλειψη της στοιχείων για την Ready Biodegradability ή άλλα στοιχεία έλλειψης ταχείας διάσπασης

Σημ. 4. Δυνατότητα βιοσυσσώρευσης που βασίζεται σε πειραματικά δεδομένα για τον παράγοντα BCF ≥ 500 ή αν δεν υπάρχουν δεδομένα, ο log Kow ≥ 4 όπου ο log Kow είναι ένας κατάλληλος συντελεστής για την απόδοση της δυνατότητας μιας ουσίας να βιοσυσσωρευτεί..

Σημ. 5: «Μη οξεία τοξικότητα» δηλώνει ότι οι τιμές L(E)C50 είναι πάνω από τη υδάτινη διαλυτότητα. Επιπλέον ισχύει για ελάχιστα διαλυτές ουσίες (υδάτινη διαλυτότητα 1.00 mg/l), όπου υπάρχουν στοιχεία ότι τα τεστ οξείας τοξικότητας δεν δύνανται να παρέχουν μια αξιόπιστη μέτρηση της εγγενούς τοξικότητας.

Σύμφωνα με το εναρμονισμένο σύστημα ταξινόμησης ο βασικός εγγενής κίνδυνος για τους υδρόβιους οργανισμούς παρουσιάζεται μέσα από την οξεία και τη χρόνια τοξικότητα μιας ουσίας. Μπορεί να πραγματοποιηθεί διακριτοποίηση μεταξύ ενός χρόνιου και ενός οξέως κινδύνου και κατά συνέπεια να ορίζονται δύο διαφορετικές κατηγορίες που να αναπαριστούν μια διαβάθμιση σύμφωνα με το επίπεδο του αναγνωρισμένου κινδύνου. Στον προσδιορισμό των κατηγοριών κινδύνου προτείνεται να λαμβάνονται υπόψη οι χαμηλότερες τιμές για την τοξικότητα.

Προς το παρόν στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν περισσότερα διαθέσιμα στοιχεία αναφορικά στην οξεία τοξικότητα και τα τεστ που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της είναι πιο τυποποιημένα (βλ. § 1.3). Γι' αυτό το λόγο τα στοιχεία αυτά αποτελούν και τον πυρήνα στην ταξινόμηση των χημικών ουσιών.

Κατά την εκδήλωση ενός ατυχηματικού γεγονότος ή μιας μεγάλης διαρροής η **οξεία τοξικότητα είναι η κύρια ιδιότητα μιας χημικής ουσίας** η οποία χρησιμοποιείται στην ανάλυση κινδύνου για βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις εξαιτίας μεταφοράς μεγάλης ποσότητας της ουσίας σε απόσταση από το σημείο διαρροής. Συνήθως χρησιμοποιούνται κατηγορίες κινδύνων βάση τα L(E)C50s για τιμές των 100 mg/l, ωστόσο μπορεί στο πλαίσιο κάποιων εφαρμογών να χρησιμοποιηθούν και κατηγορίες μέχρι τα 1000 mg/l. Η οξεία κατηγορία 1 μπορεί να επιμεριστεί περαιτέρω έτσι ώστε να περιλαμβάνει μια επιπλέον κατηγορία για οξεία τοξικότητα L(E)C50 ≤0.1 mg/l για συγκεκριμένα υπολογιστικά συστήματα όπως είναι αυτό που ορίζεται στο Παράρτημα 2 του MARPOL 73/78 της οδηγίας (αναμένεται ότι η χρήση τους θα περιοριστεί μονάχα στα υπολογιστικά συστήματα που αφορούν μαζικές μεταφορές).

Στοιχεία και τιμές για τη **χρόνια τοξικότητα** δεν υπάρχουν διαθέσιμα για αρκετές ουσίες. Γι' αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται η υπάρχουσα πληροφορία για την οξεία τοξικότητα προκειμένου να προσδιοριστεί για τις ουσίες η χρόνια τοξικότητα τους. **Οι εγγενείς ιδιότητες α) της έλλειψης της ταχείας διάσπασης και/ή β) της δυνατότητας βιοσυγκέντρωσης σε συνδυασμό με την οξεία τοξικότητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να κατατάξουν μια ουσία στις κατηγορίες χρόνιων κινδύνων.**
Όπου για τη χρόνια τοξικότητα μιας ουσίας προκύπτει NOECs >1 mg/l, συνεπάγεται ότι δεν απαιτείται ταξινόμηση στην κατηγορία χρόνιων κινδύνων. Αντίστοιχα για ουσίες με L(E)C50>100 mg/l, η τοξικότητα θεωρείται ως ανίκανη να εγγυηθεί μια αξιόπιστη ταξινόμηση σύμφωνα με τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα ρυθμιστικά συστήματα.

Επιπλέον σημειώνεται ότι μπορεί να ληφθούν υπόψη επιπλέον κατηγορίες κινδύνων οι οποίες θα λαμβάνουν υπόψη άλλους παράγοντες όπως π.χ. τις φυσικο-χημικές ιδιότητες των ουσιών.

1.8 Ιδιότητες και Ταξινόμηση Ουσιών

1.8.1 Υδρόβια τοξικότητα

Τα ψάρια, τα αρθρόποδα οστρακόδερμα και τα άλγη εξετάζονται ως αντιπροσωπευτικά είδη καλύπτοντας ένα μεγάλο εύρος από επίπεδα της τροφικής αλυσίδας και ομάδων ταξινομήσεων, ενώ τα τεστ τα οποία χρησιμοποιούνται για την εξέταση των οργανισμών αυτών είναι και τα πιο τυποποιημένα. Επιπλέον πληροφορία αναφορικά σε άλλους οργανισμούς μπορεί να ληφθεί υπόψη, δεδομένου όμως ότι αφορά αντίστοιχα είδη και υπολογίζεται σύμφωνα με τεστ που χρησιμοποιούν τα κατάλληλα όρια (βλ. § 1.3).

Το τεστ που αφορά την αναστολή της ανάπτυξης για τα άλγη είναι ένα χρόνιο τεστ αλλά το EC50 χρησιμοποιείται ως η κατάλληλη τιμή για την οξεία τοξικότητα κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης. Οι τιμές του EC50 πρέπει κανονικά να βασίζονται στο ρυθμό αναστολής της ανάπτυξης, επομένως μονάχα σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει διαθέσιμη η κατάλληλη πληροφορία EC50 μπορούν τότε να χρησιμοποιηθούν τιμές EC50 που βασίζονται στην μείωση της βιομάζας.

Η εξέταση της οξείας τοξικότητας από τη φύση της εμπεριέχει τη διάλυση της ουσίας κατά τη διάρκεια του τεστ σε υδάτινο μέσο και την διατήρηση μιας σταθερής έκθεσης στη βιοδιαθέσιμη συγκέντρωση κατά τη διενέργεια του τεστ. Κάποιες ουσίες είναι δύσκολο να διερευνηθούν υπό σταθερές διαδικασίες και κατά συνέπεια απαιτείται ειδική μεταχείριση για τις ουσίες αυτές καθώς και προσοχή κατά την ερμηνεία και χρήση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν.

1.8.2 Βιοσυγκέντρωση

Η ιδιότητα της βιοσυγκέντρωσης μιας ουσίας μέσα στους οργανισμούς οφείλεται για την ενεργοποίηση και την αθροιστική δράση των τοξικών επιπτώσεων μέσα στο χρόνο ακόμα και για τις περιπτώσεις όπου οι πραγματικές συγκεντρώσεις στο νερό είναι χαμηλές. Η σχέση μεταξύ του συντελεστή κατανομής οκτανόλης νερού μιας οργανικής ουσίας και της βιοσυγκέντρωσης του όπως μετριέται από

τον παράγοντα BCF στα ψάρια πρέπει βασίζεται σε επιστημονικά αξιόπιστες πηγές. Χρησιμοποιώντας και ελέγχοντας την τιμή του log Kow ≥4 συμπεραίνεται αν μια ουσία παρουσιάζει πραγματική δυνατότητα να βιοσυγκεντρωθεί. Ο παράγοντας BCF για τα ψάρια αν προκύψει <500 τότε θεωρείται ενδεικτικός για χαμηλά επίπεδα βιοσυγκέντρωσης (βλ. § 1.4).

1.8.3 Ταχεία διασπασιμότητα/ διάσπαση

Οι ουσίες οι οποίες διασπόνται γρήγορα μπορούν να απομακρυνθούν από το περιβάλλον πιο εύκολα. Επομένως σε περιπτώσεις όπως π.χ. σε μια διαρροή μιας χημικής ουσίας ή σε περίπτωση εκδήλωσης ενός ατυχήματος οι συνέπειες θα είναι περιορισμένες και μικρής διάρκειας. Η απουσία ταχείας διασπασιμότητας στο περιβάλλον μπορεί να συνεπάγεται με την παρουσία της ουσίας στο υδάτινο μέσο διατηρώντας τη δυνατότητα για υπέρβαση των επιτρεπτών ορίων για την τοξικότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα και χωρική έκταση. Ένας τρόπος για τον προσδιορισμό της οξείας διασπασιμότητας προκύπτει μέσα από τεστ βιοαποικοδομησιμότητας τα οποία έχουν ως στόχο να προσδιορίσουν αν μια ουσία είναι άμεσα βιοαποικοδομήσιμη ή όχι. Επομένως μια ουσία η οποία περνά το τεστ είναι αυτή η οποία έχει πιθανότητα να βιοαποικοδομηθεί «άμεσα» στο υδάτινο περιβάλλον και κατά συνέπεια είναι λιγότερο πιθανό να παραμείνει αδιάλυτη στο περιβάλλον (βλ. κριτήρια § 1.5).

1.9 Κατηγορία Χρόνιας Τοξικότητας 4.

Το σύστημα εισάγει ένα «δίχτυ ασφαλείας» στη διαδικασία της ταξινόμησης (Κατηγορία: Χρόνια 4) για τις περιπτώσεις εκείνες όπου η διαθέσιμη πληροφορία δεν επιτρέπει την ταξινόμηση σύμφωνα με τα κοινά χρησιμοποιούμενα στοιχεία αλλά ωστόσο υπάρχουν ενδείξεις οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψη. Τα ακριβή κριτήρια δεν είναι σαφώς προσδιορισμένα. Για τις ελάχιστα διαλυτές οργανικές ουσίες για τις οποίες δεν υπάρχει καταγεγραμμένη τοξικότητα, η ταξινόμηση στην κατηγορία Χρόνια 4 μπορεί να προκύψει εάν η ουσία δεν είναι ταχέως διασπάσιμη και έχει τη δυνατότητα να βιοσυσσωρευτεί. Θεωρείται ότι για τέτοιου είδους ελάχιστα διαλυτές ουσίες η τοξικότητα μπορεί να μην έχει εκτιμηθεί επαρκώς για βραχυπρόθεσμα τεστ εξαιτίας των χαμηλών επιπέδων έκθεσης και της μικρής αναρρόφησης από τον οργανισμό. Η ταξινόμηση ουσίας στην Χρόνια 4 μπορεί να ακυρωθεί λόγω έλλειψης μακροπρόθεσμων επιπτώσεων π.χ. βραχυπρόθεσμα στοιχεία NOECS > υδάτινη διαλυτότητα ή 1 mg/l, ή ταχεία διάσπαση στο περιβάλλον.

1.10 Χρήση των Quantitative Structure Activity Relationships (QSARs)

Για τις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία από τεστ και δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης επικαιροποιημένα στοιχεία για QSARs σχετικά με την υδάτινη τοξικότητα και του συντελεστή κατανομής οκτανόλης νερού. Τέτοια στοιχεία για QSARs μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς τροποποιήσεις στα κριτήρια ταξινόμησης εάν περιοριστούν στις χημικές ουσίες για τις οποίες το εύρος εφαρμογής τους και η εφαρμοστικότητα τους μπορούν να προσδιοριστούν κατάλληλα. Στοιχεία από αξιόπιστες πηγές για την υδάτινη τοξικότητα και του συντελεστή κατανομής οκτανόλης νερού-log Kow μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για χρήση στο πλαίσιο του «δίχτυ ασφαλείας». Σημειώνεται ότι δεν υπάρχουν ακόμη επαρκή

στοιχεία για σχέσεις QSARs σχετικά με την βιοδιάσπαση για να προβλέψουν ακριβώς την ταχεία αποκοδόμηση/διάσπαση των ουσιών.

1.11 Επιλογή Χαρακτηριστικών Ιδιοτήτων – Φράσεις Κινδύνου R50, R50/53, R51/53,

Σύμφωνα με την ανάλυση των ιδιοτήτων χημικών ουσιών όπως πραγματοποιήθηκε στις προηγούμενες παραγράφους προκύπτουν χαρακτηριστικές οριακές τιμές-συγκεντρώσεις που καθορίζουν την κατάταξη των ουσιών στις διαφορετικές κατηγορίες (βλ Πίνακα 1.7.3). Στη συνέχεια σύμφωνα με στοιχεία από τη ειδική βάση δεδομένων για περιβαλλοντικούς κινδύνους «**N-CLASS Database on Environmental Hazard Classification version 6.1**»* αποδίδονται οι ειδικές φράσεις κινδύνου R που αφορούν τις επικίνδυνες για το υδάτινο περιβάλλον ουσίες σύμφωνα με την οδηγία Seveso συναρτήσει των οριακών συγκεντρώσεων που χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση GHS .

R50: ουσίες πολύ τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς,

R50/53: ουσίες πολύ τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς **και** που μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον, και

R51/53: ουσίες τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς **και** μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον.

Επιπλέον παρουσιάζονται και οι χαρακτηριστικές τιμές για τις φράσεις κινδύνου

R 52: Επιβλαβείς για τους υδρόβιους οργανισμούς

R53: Μπορούν να προκαλέσουν μακροπρόθεσμα ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον

Οι οριακές συγκεντρώσεις της τοξικότητας και οι αντίστοιχες φράσεις κινδύνου παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.10 (**N-CLASS Database, JRC TWG 7- Christou, 2000**).

Φράση Κινδύνου/ Κατηγορία τοξικότητας	**Ονομαστική ή πειραματική Τοξικότητα** [5]
Δεν εφαρμόζεται	LC50 > 100 mg/l
R52-53	10 mg/l < LC50 < 100 mg/l
R51-53	**1 mg/l < LC50 < 10 mg/l**
R50 ή R50-53	**LC50 < 1 mg/l ή**
	0.1 mg/l < LC50 < 1 mg/l ή
	0.01 mg/l < LC50 < 0.1 mg/l ή
	0.001 mg/l < LC50 < 0.01 mg/l

Πίνακας 1.10: Φράσεις Περιβαλλοντικού Κινδύνου και οριακές συγκεντρώσεις τοξικότητας

Σύμφωνα με τον Πίνακα 1.10 προκύπτει ότι για τις κατηγορίες ουσιών R50, R50/53, R51/53 οι οποίες προβλέπονται στις επικίνδυνες ουσίες σύμφωνα με το Παράρτημα 1, Μέρος 2 της ΚΥΑ 12044/613 η ιδιότητα των ουσιών η οποία λαμβάνεται υπόψη και βάσει της οποίας πραγματοποιείται η ταξινόμηση των ουσιών ως επικίνδυνες για το περιβάλλον είναι οξεία

* Η βάση δίνει πλήρη στοιχεία για την ταξινόμηση ουσιών βάσει φυσικών/χημικών, υγείας και περιβαλλοντικών επιπτώσεων για ουσίες οι οποίες υπάρχουν στο Παράρτημα I της οδηγίας (Directive 67/548/EEC),

[5] Συνήθως χρησιμοποιούνται κατηγορίες κινδύνων βάση τα L(E)C50s για τιμές των 100 mg/l, ωστόσο μπορεί στο πλαίσιο κάποιων εφαρμογών να χρησιμοποιηθούν και κατηγορίες μέχρι τα 1000 mg/l ή μέχρι 10 mg/l.

τοξικότητα εκφρασμένη ως οριακή συγκέντρωση (δόση) Lethal Concentration που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες στο 50% υδάτινων ενδιαιτημάτων. Οι οριακές συγκεντρώσεις LC50, EC50, ErC50 ορίζονται σύμφωνα με τα όσα αναπτύχθηκαν στην § 1.3 και αφορούν επιπτώσεις σε οργανισμούς για συγκεκριμένο χρόνο έκθεσης. Επομένως τεκμηριώνεται η πρόταση της παρούσας για υιοθέτηση ως κριτηρίου ελέγχου βλαβών των οριακών δόσεων σύμφωνα με όσα αναπτύχθηκαν στο Κεφ.3 και οι κρίσιμες δόσεις τοξικών στις οποίες εκτίθενται οι υδάτινοι οργανισμοί ορίζονται ίσες με 1 mg/l < LC50 < 10 mg/l και LC50 < 1 mg/l .

Ωστόσο μια ολοκληρωμένη διερεύνηση των περιβαλλοντικών βλαβών προϋποθέτει την υιοθέτηση της παραπάνω ανάλυσης για την διεξαγωγή πλήρως αξιόπιστων συμπερασμάτων. Για κάθε ατυχηματικό σενάριο που εξετάζεται θεωρείται σκόπιμο να προσδιορίζονται για τις επικίνδυνες ουσίες οι οποίες εμπλέκονται στο σενάριο οι εξής ιδιότητες:

- Οξεία Τοξικότητα
- Χρόνια Τοξικότητα
- Βισυγκέντρωση, Βιοσυσσώρευση
- Διαλυτότητα
- Βιοδιαλυτότητα
- Διάσπαση
- BOD/COD

Η καταγραφή της υπάρχουσας πληροφορίας θα συνέβαλε στην ταξινόμηση των ουσιών στις κατηγορίες Οξέων και Χρόνιων Κινδύνων σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια και κατά συνέπεια θα προέκυπτε μια τεκμηριωμένη ανάλυση περιβαλλοντικών βλαβών. Ασφαλώς μια τέτοια διαδικασία για μεγάλο αριθμό ουσιών είναι ιδιαίτερα σύνθετη και χρονοβόρα. Γι' αυτό το λόγο συστήνεται το μέγεθος της ανάλυσης να προσαρμόζεται ανά περίπτωση και να τεκμηριώνεται ανάλογα.

Θεωρείται ότι το εννοιολογικό πλαίσιο όπως αυτό διαμορφώνεται από τις αρχές, τους κανόνες και τις κατευθυντήριες οδηγίες του GHS αποτελεί γνώμονα για τη χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής καθώς και σημαντικό εργαλείο κατά το σχεδιασμό μέτρων πρόληψης και περιορισμού επιπτώσεων καθώς και επεμβατικών παρεμβάσεων για ταχεία εξυγίανση περιοχών που έχουν πληγεί.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κανόνες για την ταξινόμηση μειγμάτων χημικών ουσιών οι οποίοι βρίσκονται σε συμφωνία με το πλαίσιο της ανάλυσης που αφορά την ταξινόμηση χημικών ουσιών.

1.12 Ταξινόμηση Μειγμάτων Χημικών Ουσιών

Το σύστημα ταξινόμησης του GHS προβλέπει για τα μείγματα χημικών ουσιών ταξινόμηση στις ίδιες κατηγορίες που χρησιμοποιούνται και για τις ουσίες: **Κατηγορίες Οξείας Τοξικότητας 1-3** και **Κατηγορίες Χρόνιας Τοξικότητας 1-4**. Στη διαδικασία της ταξινόμησης των κινδύνων για το υδάτινο περιβάλλον από μείγματα ουσιών προκειμένου να μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα διαθέσιμα στοιχεία της παραπάνω ανάλυσης το GHS ορίζει παραδοχές οι οποίες αναπτύσσονται στη συνέχεια και ισχύουν όπου μπορούν να βρουν κατάλληλη εφαρμογή.

Τα κριτήρια, οι παραδοχές και οι μεθοδολογίες οι οποίες παρουσιάζονται στην παρούσα παράγραφο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατάλληλη μελέτη μειγμάτων χημικών ουσιών που προκύπτουν από την εκδήλωση ατυχημάτων αναφορικά στις επιπτώσεις που μπορούν να προκαλέσουν σε αποδέκτες στο υδάτινο περιβάλλον. Από τις κατατάξεις των μειγμάτων στις επιμέρους κατηγορίες ταξινόμησης Οξείας 1,2,3 και Χρόνιας 1,2,3, και 4, όπως προκύπτουν από την εφαρμογή των κανόνων και των εργαλείων που παρουσιάζονται παρακάτω, μπορούν να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον και κατά συνέπεια να ληφθούν αποφάσεις αναφορικά με την πρόληψη και τον περιορισμό των κινδύνων από μείγματα χημικών.

Κατά τη μελέτη των μειγμάτων, ως «σχετικά συστατικά» του μείγματος θεωρούνται αυτά που υπάρχουν σε συγκέντρωση πάνω από το 1% (w/w) ή και μεγαλύτερη. Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση όπου ένα πολύ τοξικό συστατικό υπάρχει σε μικρότερη συγκέντρωση από 1% όπου αυτό μπορεί να επηρεάσει σημαντικά στην ταξινόμηση του μίγματος αναφορικά στους κινδύνους για το υδάτινο περιβάλλον.

Η προσέγγιση της ταξινόμηση των υδάτινων περιβαλλοντικών κινδύνων είναι κλιμακωτή και εξαρτάται από τον τύπο της διαθέσιμης πληροφορίας για το μίγμα και για τα συστατικά του. Στη διαδικασία προβλέπονται:

1.Ταξινόμηση βάσει των τεστ στα μείγματα,

2.Ταξινόμηση βάσει bridging principles,

3. Εφαρμογή εργαλείων και μεθόδων "summation of classified components" (συνολικής άθροισης των ταξινομημένων συστατικών) και/ή "additivity formula" (αθροιστικής φόρμουλας).

Στις περιπτώσεις όπου το μείγμα υποβάλλεται σε τεστ προκειμένου να προσδιοριστεί η υδάτινη τοξικότητα του μπορεί να ταξινομηθεί σύμφωνα με τα κριτήρια τα οποία ισχύουν για τις χημικές ουσίες, αλλά η ταξινόμηση αυτή αφορά μονάχα τις κατηγορίες οξείας τοξικότητας. Η ταξινόμηση πρέπει να βασίζεται σε στοιχεία και οριακές τιμές αναφορικά σε: ψάρια, αρθρόποδα οστρακόδερμα και για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά.

Η ταξινόμηση των μειγμάτων υπολογίζοντας τις οριακές συγκεντρώσεις LC50 ή EC50 για το μείγμα στο σύνολο του (ως ολότητα) δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί για τις κατηγορίες χρόνιας τοξικότητας εφόσον απαιτείται τόσο πληροφορία για την τοξικότητα όσο και για τα περιβαλλοντικά αναμενόμενα αποτελέσματα για τα οποία δεν υπάρχουν αναφορικά με τη διάσπαση και τη βιοσυσσώρευση.

Όταν υπάρχουν δεδομένα από τεστ οξείας τοξικότητας για το μίγμα στο σύνολο του (LC 50 και EC50) καθώς και δεδομένα αναφορικά στην ταξινόμηση των συστατικών του μίγματος για χρόνια τοξικότητα τότε θα πρέπει αυτά να χρησιμοποιούνται προκειμένου να ολοκληρωθεί η ταξινόμηση των υπό εξέταση μειγμάτων σύμφωνα με τα παρακάτω. Όταν επιπλέον υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τη χρόνια τοξικότητα (NOEC) τότε θα πρέπει και αυτά τα λαμβάνονται υπόψη.

1. Ταξινόμηση βάσει των τεστ στα μείγματα

Α) L(E)C50s (LC50 ή EC50) του υπό εξέταση μείγματος ≤100 mg/l και το NOEC του υπό εξέταση μίγματος ≤1.0 mg/l ή άγνωστο:

- Ταξινόμηση του μίγματος στην Κατηγορία Οξείας τοξικότητας 1,2 ή 3
- Εφαρμογή της Αθροιστικής προσέγγισης για τα ταξινομημένα συστατικά αναφορικά με τη χρόνια ταξινόμηση (Κατηγορία Χρόνια 1,2,3,4 ή να δεν προκύπτει ανάγκη για ταξινόμηση σε χρόνια κατηγορία)

Β) L(E)C 50s του υπό εξέταση μείγματος ≤100 mg/l και τα NOEC του υπό εξέταση μίγματος >1.0 mg/l:

- Ταξινόμηση του μίγματος στην Κατηγορία Οξείας τοξικότητας 1,2 ή 3
- Εφαρμογή της Αθροιστικής προσέγγισης για τα ταξινομημένα συστατικά αναφορικά στην κατηγορία Χρόνια 1. Αν το μίγμα δεν έχει ταξινομηθεί στην κατηγορία Χρόνια 1, τότε δεν προκύπτει ανάγκη για ταξινόμηση σε Χρόνια Κατηγορία.

Γ) L(E)C 50s του υπό εξέταση μείγματος >100 mg/l ή πάνω από την υδάτινη διαλυτότητα και το NOEC του υπό εξέταση μίγματος ≤1.0 mg/l ή άγνωστη:

- Δεν υπάρχει λόγος για ταξινόμηση του μίγματος στους κινδύνους για οξεία τοξικότητα
- Εφαρμογή της Αθροιστικής προσέγγισης για τα ταξινομημένα συστατικά αναφορικά με την ταξινόμηση σε χρόνια κατηγορία (Κατηγορία Χρόνια 4 ή να δεν προκύπτει ανάγκη για ταξινόμηση σε χρόνια κατηγορία)

Δ) L(E)C 50s του υπό εξέταση μείγματος >100 mg/l ή πάνω από την υδάτινη διαλυτότητα και τα NOEC του υπό εξέταση μίγματος >1.0 mg/l:

- Δεν υπάρχει λόγος για ταξινόμηση του μείγματος σε κατηγορίες οξέων και χρόνιων κινδύνων.

2. Ταξινόμηση βάσει bridging principles

Βοηθητικές αρχές:Ταξινόμηση των μειγμάτων όπου δεν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία για το μίγμα στο σύνολο του.

Βοηθητικές αρχές μπορούν να εφαρμοστούν όπου το μείγμα από μόνο του δεν έχει υποβληθεί σε τεστ προκειμένου να προσδιοριστεί ο κίνδυνος που μπορεί να προκαλέσει στο υδάτινο περιβάλλον, αλλά ωστόσο υπάρχει επαρκής πληροφορία αναφορικά με τα συστατικά του μείγματος και/ή από παρόμοια μείγματα που έχουν υποβληθεί σε τεστ και που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να χαρακτηρίσουν τους κινδύνους από το υπό εξέταση μείγμα. Η διαδικασία αυτή εξασφαλίζει ότι κατά την ταξινόμηση πραγματοποιείται η μέγιστη δυνατή αξιοποίηση της υπάρχουσας πληροφορίας για το χαρακτηρισμό των κινδύνων ενός μείγματος περιορίζοντας στο μέγιστο δυνατό τη διενέργεια επιπρόσθετων τεστ σε ζώα. Τα σχετικά στοιχεία μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε συμφωνία με τους ακόλουθους βοηθητικούς κανόνες.

Διάλυση

Αν ένα μείγμα **διαμορφώνεται με τη διάλυση ενός άλλου ήδη ταξινομημένου μείγματος ή χημικής ουσίας** με ένα διαλυτικό το οποίο ανήκει σε ισοδύναμη ή χαμηλότερη τάξη ταξινόμησης κινδύνων από το λιγότερο τοξικό συστατικό του αρχικού μείγματος και το οποίο δεν ενδέχεται να επηρεάσει την υδάτινη επικινδυνότητα των υπόλοιπων συστατικών τότε **το μείγμα μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως ισότιμο και ανήκει ίδια κατηγορία με το αρχικό μείγμα ή ουσία.**

Αν το μείγμα **δεν σχηματίζεται από τη διάλυση ενός άλλου ταξινομημένου μείγματος** ή μιας χημικής ουσίας στο νερό ή σε άλλο μη τοξικό συστατικό η τοξικότητα του μείγματος δεν μπορεί να υπολογιστεί από το αρχικό μείγμα ή από την χημική ουσία.

Batching

Η κατηγοριοποίηση υδάτινων κινδύνων μια «φουρνιάς» παραγόμενων προϊόντων ενός σύνθετου μείγματος μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι βασικά ισότιμη με αυτή μιας άλλης «ομάδας» του ίδιου εμπορικού προϊόντος το οποίο έχει παραχθεί από ή υπό τον έλεγχο του ίδιου παραγωγού, εκτός αν υπάρχει λόγος να υποστηριχθεί ότι υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση που να δηλώνει ότι η κατηγοριοποίηση των υδάτινων κινδύνων της «ομάδας» έχει αλλάξει. Αν υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση τότε απαιτείται νέα κατηγοριοποίηση.

Συγκέντρωση μειγμάτων τα οποία έχουν κατηγοριοποιηθεί στις πιο σοβαρές κατηγορίες (Χρόνια 1 και Οξεία 1)

Αν ένα μείγμα έχει κατηγοριοποιηθεί στις κατηγορίες Χρόνια 1 και/ή Οξεία 1 και τα συστατικά του μείγματος τα οποία έχουν ταξινομηθεί ως Χρόνια 1 και/ή Οξεία 1 αυξάνουν την συγκέντρωση τους περαιτέρω στο υπό εξέταση μείγμα, τότε το μείγμα με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις συστατικών πρέπει να κατηγοριοποιηθεί στην ίδια ομάδα ταξινόμησης με το αρχικό μείγμα χωρίς να διενεργηθούν περαιτέρω τεστ.

Παρεμβολές σε μια κατηγορία τοξικότητας *Interpolation within one toxicity category*

Αν τα μείγματα Α και Β ανήκουν στην ίδια κατηγορία ταξινόμησης και παράγεται το μείγμα Γ στο οποίο τα τοξικά ενεργά συστατικά έχουν συγκεντρώσεις οι οποίες βρίσκονται μεταξύ των συγκεντρώσεων των συστατικών στα δύο πρώτα μίγματα τότε το μίγμα Γ θεωρείται ότι ανήκει στην ίδια κατηγορία με τα Α και Β. Σημειώνεται ότι τα συστατικά είναι τα ίδια και για τρία μείγματα.

Μείγματα με παρόμοιες ουσίες

Αν ισχύουν για α) Δύο μείγματα: 1) Α+Β
2) Γ+Β

β) Η συγκέντρωση του συστατικού Β είναι η ίδια και στα δύο μείγματα

γ) Η συγκέντρωση του συστατικού Α στο μείγμα 1 είναι αντιστοιχεί με αυτή του συστατικού Γ στο μείγμα 2

δ) Η κατηγοριοποίηση των Α και Γ είναι γνώστη και είναι η ίδια, π.χ. ανήκουν στην ίδια κατηγορία κινδύνου και δεν αναμένεται να επηρεάσουν την υδάτινη τοξικότητα του Β.

Τότε δεν προκύπτει ανάγκη για εξέταση του μείγματος 2 αν το μείγμα 1 έχει ήδη χαρακτηριστεί και ταξινομηθεί μέσω κάποιου τεστ και τότε και τα δύο μίγμα θα ταξινομηθούν στην ίδια κατηγορία.

3 Εφαρμογή εργαλείων και μεθόδων "summation of classified components" (συνολικής άθροισης των ταξινομημένων συστατικών) και/ή "additivity formula" (αθροιστικής φόρμουλας).

Ταξινόμηση μιγμάτων όταν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία για όλα τα συστατικά ή για μερικά από τα συστατικά του μίγματος

Η ταξινόμηση ενός μείγματος έχει ως βάση το άθροισμα των κατατάξεων των συστατικών του μείγματος. Το ποσοστό των συστατικών που κατατάσσονται στις Κατηγορίες : «Οξεία» ή «Χρόνια» χρησιμοποιείται απευθείας στην αθροιστική μέθοδο η οποία παρουσιάζεται παρακάτω.

Αναφορικά με τα μείγματα που μπορούν να προκύψουν από το συνδυασμό συστατικών που ενδέχεται να ανήκουν και σε διαφορετικές κατηγορίες π.χ. (Οξεία 1, 2, 3, και/ή Χρόνια 1,2, 3, 4) γίνεται χρήση των διαθέσιμων δεδομένων όπως προκύπτουν από τα τεστ για τις επιμέρους ουσίες. Στις περιπτώσεις όπου υπάρχει επαρκής πληροφορία για πάνω από ένα συστατικά του μείγματος αναφορικά με την τοξικότητα τότε η συνδυασμένη τοξικότητα αυτών των συστατικών μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την παρακάτω αθροιστική φόρμουλα και η προκύπτουσα τοξικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κατατάξει το «μέρος» αυτό του μείγματος σε μια κατηγορία κινδύνου η οποία στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή της αθροιστικής μεθόδου-summation method.

$$\frac{\sum Ci}{L(E)C_{50m}} = \sum_{n} \frac{Ci}{L(E)C_{50i}}$$

Όπου:
Ci: η συγκέντρωση του συστατικού i
$L(E)C_{50i}$: (mg/l) LC 50 ή EC 50 του συστατικού i
n: ο αριθμός των συστατικών με i: 1-n
$L(E)C_{50m}$: LC 50 του μέρους του μίγματος όπου υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα από τεστ

Όταν εφαρμόζεται η αθροιστική φόρμουλα για το μέρος του μείγματος που υπάρχουν στοιχεία, είναι προτιμότερο να υπολογίζεται η τοξικότητα γι' αυτό το μέρος του μείγματος χρησιμοποιώντας για κάθε μία ουσία τιμές τοξικότητας που σχετίζονται με ίδια είδη οργανισμών (π.χ. ψάρια, δαφνία ή άλγη) και στη συνέχεια να χρησιμοποιείται η υψηλότερη τοξικότητα (χαμηλότερη τιμή) που προέκυψε (π.χ. χρήση του πιο ευαίσθητου από τα τρία είδη). Ωστόσο όταν δεν είναι διαθέσιμα για τα περισσότερα είδη οργανισμών δεδομένα αναφορικά με την τοξικότητα από κάθε ένα συστατικό τότε οι τιμές τοξικότητας για κάθε ένα από τα συστατικά του μίγματος θα πρέπει να προσδιορίζεται με τον ίδιο ή παρόμοιο τρόπο με αυτόν που προσδιορίζεται και η τοξικότητα στη διαδικασία ταξινόμησης των ουσιών π.χ. χρήση της υψηλότερης τοξικότητα (από τον πιο ευαίσθητο οργανισμό). Η προκύπτουσα οξεία τοξικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταξινόμηση μέρους του μείγματος στις κατηγορίες Οξεία 1, 2, 3 χρησιμοποιώντας τα ίδια κριτήρια τα οποία ισχύουν για τις ουσίες.

Εάν ένα μείγμα έχει ταξινομηθεί χρησιμοποιώντας περισσότερες από μια μεθόδους-διαδικασίες τότε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα από την πιο συντηρητική μέθοδο.

1.13 Η Αθροιστική μέθοδος

1.13.1 Εννοιολογική προσέγγιση

Στην περίπτωση όπου μια ουσία έχει ταξινομηθεί στις κατηγορίες Οξεία 1/Χρόνια 1 έως Οξεία 3/Χρόνια 3 τα βασικά κριτήρια τοξικότητας διαφέρουν κατά ένα παράγοντα ίσο με 10 για την μετάβαση από τη μια κατηγόρια στην άλλη. Ουσίες που έχουν ταξινομηθεί σε υψηλή κλίμακα τοξικότητας μπορούν κατά συνέπεια να συμβάλουν για την ταξινόμηση ενός μίγματος σε χαμηλότερη κλίμακα. Επομένως ο υπολογισμός αυτών των κατηγοριών ταξινόμησης πρέπει να λαμβάνει υπόψη του τη συνεισφορά όλων των ουσιών που ταξινομούνται ως Οξεία 1/Χρόνια 1 έως Οξεία 3/Χρόνια 3 ταυτόχρονα.

Όταν ένα μίγμα περιέχει συστατικά τα οποία ταξινομούνται στην κατηγορία Οξεία 1, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι τέτοια συστατικά, όταν η τοξικότητα τους είναι κατά πολύ χαμηλότερη από 1 mg/l συμβάλουν στο να προκύψει η τοξικότητα του μίγματος σε χαμηλή συγκέντρωση. Ενεργά συστατικά στα φυτοφάρμακα συχνά ενέχουν υψηλή υδάτινη τοξικότητα καθώς επίσης και κάποιες άλλες ουσίες όπως τα οργανομεταλλικά μίγματα. Υπό αυτές τις συνθήκες η εφαρμογή των κανονικών οριακών τιμών/συγκεντρώσεων μπορούν να οδηγήσουν στον «υποβιβασμό» κατηγορίας για το μίγμα. Κατά συνέπεια κατά τον υπολογισμό της τοξικότητας ενός μίγματος πρέπει να εφαρμόζονται πολλαπλοί παράγοντες αναφορικά με τα πολύ τοξικά συστατικά. *Κάτω από αυτές τις συνθήκες η εφαρμογή των κανονικών τιμών ή συγκεντρώσεων «ορίων» μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση την κατηγοριοποίηση (χαμηλότερη τιμ΄ τοξικότητα) του μείγματος.*

1.13.2 Διαδικασία Ταξινόμησης Μειγμάτων

Γενικά μια ταξινόμηση των μιγμάτων σε μια πιο κατηγορία υψηλότερης τοξικότητας (χαμηλή τιμή LC50) υπερισχύει μιας λιγότερο υψηλής τοξικότητας π.χ. μια ταξινόμηση στην κατηγορία «Χρόνια 1» υπερισχύει μιας ταξινόμησης στην κατηγόρια «Χρόνια 2». Ως συνέπεια η διαδικασία ταξινόμησης έχει ολοκληρωθεί στην περίπτωση όπου το αποτέλεσμα της ταξινόμησης είναι «Χρόνια 1». Μια πιο σοβαρή ταξινόμηση από αυτή στην κατηγορία χρόνια 1 δεν είναι δυνατή και κατά συνέπεια δεν είναι απαραίτητο να υπόκεινται το μείγμα σε περαιτέρω διαδικασία ανάλυσης.

Ταξινόμηση για τις Κατηγορίες Οξεία 1, 2 και 3

Κατ' αρχάς λαμβάνονται υπόψη όλα τα συστατικά που κατατάσσονται στην κατηγορία Οξεία 1. Εάν το άθροισμα αυτών των συστατικών είναι μεγαλύτερο από το 25% του μίγματος τότε το μίγμα ταξινομείται στην Κατηγορία Οξεία 1. Εάν το αποτέλεσμα κατατάξει το μίγμα στην Κατηγόρια Οξεία 1 τότε η διαδικασία ταξινόμησης έχει ολοκληρωθεί.

Στην περίπτωση όπου το μείγμα δεν ταξινομηθεί στην κατηγορία Οξεία 1 τότε διερευνάται η κατάταξη του στην κατηγορία Οξεία 2. Το μείγμα ανήκει στην Οξεία 2 εάν 10 φορές το άθροισμα όλων των συστατικών που κατατάσσονται στην κατηγορία Οξεία 1 μαζί με το άθροισμα όλων των συστατικών

που ταξινομούνται στην Οξεία 2 είναι πάνω από το 25% του μείγματος. Σε αυτήν την περίπτωση το μείγμα ταξινομείται στην κατηγορία Οξεία 2 και η διαδικασία έχει ολοκληρωθεί.

Στις περιπτώσεις όπου το μείγμα δεν ταξινομείται ούτε στην κατηγορία Οξεία 1 ούτε στην Οξεία 2 τότε εξετάζεται η ταξινόμηση του μείγματος στην Οξεία 3. Ένα μείγμα κατατάσσεται στην Οξεία 3 εάν 100 φορές το άθροισμα των ταξινομημένων συστατικών στην Οξεία 1 και 10 φορές το άθροισμα όλων των ταξινομημένων συστατικών στην Οξεία 2 και το άθροισμα όλων των ταξινομημένων συστατικών στην Οξεία 3 είναι μεγαλύτερο από το 25% του μείγματος.

Η ταξινόμηση των μειγμάτων για τους οξείς κινδύνους βασίζεται στην αθροιστική μέθοδο των ταξινομημένων συστατικών και παρουσιάζεται συνοπτικά στο Πίνακα

Άθροισμα Συστατικών που ταξινομούνται ως:	Το μείγμα ταξινομείται ως :
Οξεία 1 x M > 25%	**Οξεία 1**
(M* × 10 × Οξεία 1) + Οξεία 2 > 25%	**Οξεία 2**
(M* × 100 × Acute 1)+ (10 × Οξεία 2) + Οξεία 3 > 25%	**Οξεία 3**

Πίνακα 1.12.1: Ταξινόμηση μειγμάτων στις κατηγορίες οξείας τοξικότητας

Ταξινόμηση για τις κατηγορίες Χρόνια 1,2,3 και 4

Αρχικά διερευνώνται όλα τα συστατικά που ταξινομούνται στην κατηγορία Χρόνια 1. Εάν το άθροισμα αυτών των συστατικών είναι μεγαλύτερο από το 25% του μίγματος τότε το μίγμα ταξινομείται στην Κατηγορία Χρόνια 1. Εάν τα αποτελέσματα από τους υπολογισμούς υποδείξουν ταξινόμηση του μίγματος στην κατηγορία Χρόνια 1 τότε η διαδικασία ταξινόμησης έχει ολοκληρωθεί.

Στις περιπτώσεις όπου δεν προκύψει ταξινόμηση στην κατηγορία Χρόνια 1, τότε εξετάζεται η κατάταξη του μείγματος στην Χρόνια 2. Το μείγμα θα ανήκει στην Χρόνια 2 εάν 10 φορές το άθροισμα όλων των συστατικών του που κατατάσσονται στην Χρόνια 1 και το άθροισμα όλων των συστατικών που κατατάσσονται στην Χρόνια 2 προκύπτει πάνω από το 25% του μίγματος. Εάν τα αποτελέσματα από τους υπολογισμούς υποδείξουν τελικά ότι το μείγμα κατατάσσεται στην Χρόνια 2 τότε η διαδικασία ταξινόμησης έχει ολοκληρωθεί.

Στις περιπτώσεις όπου το μείγμα δεν ταξινομηθεί ούτε στη Χρόνια 1 ούτε στη Χρόνια 2 τότε εξετάζεται η ταξινόμηση του μείγματος στην κατηγορία Χρόνια 3. Ένα μείγμα κατατάσσεται στην κατηγορία Χρόνια 3 εάν 100 φορές το άθροισμα όλων των συστατικών που κατατάσσονται στην Χρόνια 1 και 10 φορές το άθροισμα όλων των συστατικών που κατατάσσονται στη Χρόνια 2 και το άθροισμα όλων των συστατικών που κατατάσσονται στην Χρόνια 3 είναι μεγαλύτερο από το 25% του μείγματος.

Εάν το μίεγμα δεν έχει ταξινομηθεί σε καμία από τις κατηγορίες Χρόνια 1, 2 ή 3 τότε πρέπει να εξεταστεί η ταξινόμηση του μείγματος στην κατηγορία Χρόνια 4. Ένα μείγμα κατατάσσεται στην κατηγορία Χρόνια 4 εάν το άθροισμα των ποσοστών των συστατικών που ταξινομούνται ως Χρόνια 1,2,3 και 4 είναι μεγαλύτερο από το 25%.

---

* βλ. § 4.13

Η ταξινόμηση των μειγμάτων για τους χρόνιους κινδύνους βασίζεται στο άθροισμα των ταξινομημένων συστατικών και συνοψίζεται στο Πίνακα 1.12.2.

Άθροισμα Συστατικών που ταξινομούνται ως :	Το μείγμα ταξινομείται ως:
Χρόνια 1 x M > 25%	Χρόνια 1
(M* × 10 × Χρόνια 1)+ Οξεία 2 >25%	Χρόνια 2
(M* × 100 × Χρόνια 1)+(10 × Χρόνια 2)+ Χρόνια 3 >25%	Χρόνια 3
Chronic 1 + Χρόνια 2 + Χρόνια 3 + Χρόνια 4 >25%	Χρόνια 4

Πίνακα 1.12.2: Ταξινόμηση μειγμάτων στις κατηγορίες χρόνιας τοξικότητας

1.13.3 Μείγματα με πολύ τοξικά συστατικά - Πολλαπλασιαστικός παράγοντας M

Συστατικά που ανήκουν στην κατηγορία Οξεία 1 με τοξικότητα πολύ χαμηλότερη από 1 mg/l μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά την τοξικότητα του μείγματος και πρέπει να αποδίδονται σε αυτά υψηλά βάρη κατά την εφαρμογή του αθροίσματος κατά την προσέγγιση της ταξινόμησης. Όταν ένα μείγμα περιέχει συστατικά τα οποία ταξινομούνται στις κατηγορίες Οξεία ή Χρόνια 1, η προσέγγιση που αναπτύχθηκε παραπάνω πρέπει να εφαρμόζεται με χρήση σταθμισμένου αθροίσματος μέσω πολλαπλασιασμού των συγκεντρώσεων των συστατικών που ανήκουν στην κατηγορία Οξεία 1 με έναν παράγοντα, αντί να προσθέτονται μονάχα τα επιμέρους ποσοστά. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι η συγκέντρωση της κατηγορίας «Οξεία 1» στην αριστερή στήλη του Πίνακα 1.1.2. και η συγκέντρωση της κατηγορίας «Χρόνια 1» στην αριστερή στήλη του Πίνακα 1.1.3 πολλαπλασιάζονται με έναν κατάλληλο πολλαπλασιαστικό παράγοντα. Οι πολλαπλασιαστικοί παράγοντες που εφαρμόζονται σε αυτά τα συστατικά προσδιορίζονται από τις τιμές για την τοξικότητας όπως παρατίθενται στον Πίνακα 1.13

Επομένως προκειμένου να ταξινομηθεί ένα μείγμα το οποίο περιλαμβάνει συστατικά που ανήκουν στις κατηγορίες Οξεία/Χρόνια 1 ο μελετητής πρέπει να χρησιμοποιεί την τιμή του παράγοντα M έτσι ώστε να εφαρμόσει την αθροιστική μέθοδο. Εναλλακτικά η αθροιστική φόρμουλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν υπάρχουν διαθέσιμες τιμές για την τοξικότητα όλων των υψηλά τοξικών συστατικών του μείγματος και υπάρχουν επαρκή αποδεικτικά στοιχεία ότι όλα τα υπόλοιπα συστατικά περιλαμβανομένων εκείνων όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμα συγκεκριμένα στοιχεία για την τοξικότητα είναι χαμηλής ή μηδαμινής τοξικότητας και δεν συμβάλουν αξιοσημείωτα στον περιβαλλοντικό κίνδυνο που ενέχει το μείγμα.

Τιμές L(E)C50	*Πολλαπλασιαστικός παράγοντας (M)*
0.1 < L(E)C50 ≤ 1	**1**
0.01 < L(E)C50 ≤ 0.1	**10**
0.001 < L(E)C50 ≤ 0.01	**100**
0.0001 < L(E)C50 ≤ 0.001	**1000**
0.00001 < L(E)C50 ≤ 0.0001	**10000**
(Συνέχεια κατά διαστήματα των 10)	

Πίνακας 1.13: Πολλαπλασιαστικός παράγοντας για πολύ τοξικές ουσίες(συστατικά) μειγμάτων

1.14 Ταξινόμηση των μιγμάτων που περιέχουν συστατικά με ελλιπή πληροφορία

* βλ. § 4.13

Σε περίπτωση όπου δεν υπάρχει διαθέσιμη αξιοποιήσιμη πληροφορία αναφορικά με οξείς και/ή χρόνιους υδάτινους κινδύνους για ένα ή περισσότερα σχετικά συστατικά τότε συνεπάγεται ότι το μείγμα δεν μπορεί να ταξινομηθεί σε συγκεκριμένη κατηγορία κινδύνων. Σε αυτήν την περίπτωση το μείγμα πρέπει να ταξινομηθεί με βάση μονάχα στα γνωστά συστατικά χρησιμοποιώντας επιπλέον τη δήλωση ότι «το x ποσοστό του μίγματος αποτελείται από συστατικά τα οποία ενέχουν άγνωστους κινδύνους για το υδάτινο περιβάλλον».

Στη συνέχεια παρατίθενται πίνακες αναφορικά με την επισήμανση κινδύνων για το υδάτινο περιβάλλον. Γενικοί και ειδικοί χαρακτηρισμοί αναφορικά με τις απαιτήσεις επισήμανση labeling παρέχονται στα *Hazard communication: Labelling* (Chapter 1.4), Annex 2, Annex 3.

Οξεία Τοξικότητα			
	Κατηγορία 1	Κατηγορία 2	**Κατηγορία 3**
Συμβολισμός Symbol	**Περιβάλλον**	No Symbol	**No Symbol**
Signal Word	**Προειδοποίηση**	No signal word	No signal word
Δήλωση κινδύνου	**Πολύ τοξικό για την υδάτινη ζωή**	**Τοξικό για την υδάτινη ζωή**	**Επιβλαβής για την υδάτινη ζωή**

Χρόνια Τοξικότητα				
	Κατηγορία 1	Κατηγορία 2	Κατηγορία 3	**Κατηγορία 4**
Συμβολισμός Symbol	**Περιβάλλον**	**Περιβάλλον**	No Symbol	**No Symbol**
Χαρακτηριστική λέξη Signal Word	**Προειδοποίηση**	No signal word	No signal word	No signal word
Δήλωση κινδύνου Hazard Statement	**Πολύ τοξικό για την υδάτινη ζωή**	**Τοξικό για την υδάτινη ζωή**	**Επιβλαβής για την υδάτινη ζωή**	**Μπορεί να προκαλέσει μακροπρόθεσμα αρνητικές συνέπειες στην υδάτινη ζωή**

Ακολουθεί το λογικό διάγραμμα το οποίο δεν αποτελεί μέρος του εναρμονισμένου συστήματος ταξινόμησης αλλά παρέχει περαιτέρω καθοδήγηση .

Ουσία: Υπάρχει επαρκείς πληροφορία (τοξικότητα, διάσπαση, βιοσυσσώρευση) για χρήση στην ταξινόμηση?

Όχι → Τιμές L(E)C50 του μίγματος σύμφωνα με τη λογική Παράρτημα 3:1.1.2

Ναι

Οξεία : Υπάρχει
96 hr LC50 (για ψάρια) ≤ 1 mg/l και/ή
48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα) ≤ 1 mg/l και/ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά) ≤ 1 mg/l ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 1



Warning

Όχι

και

Χρόνια:
Δεν υπάρχει η δυνατότητα για ταχεία διάσπαση? και/ή
Υπάρχει η δυνατότητα να βιοσυσσωρευτεί
((BCF≥500 ή αν δεν υπάρχει log Kow ≥4) ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 1



Warning

Οξεία : Υπάρχει
96 hr LC50 (για ψάρια) ≤ 10 mg/l και/ή
48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα) ≤ 10mg/l και/ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά) ≤ 10 mg/l ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 2

Όχι

και

Χρόνια:
Δεν υπάρχει η δυνατότητα για ταχεία διάσπαση? και/ή
Υπάρχει η δυνατότητα να βιοσυσσωρευτεί
((BCF ≥500 ή αν δεν υπάρχει log Kow ≥4) ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 2



Εκτός αν οι NOECs > 1 mg/l

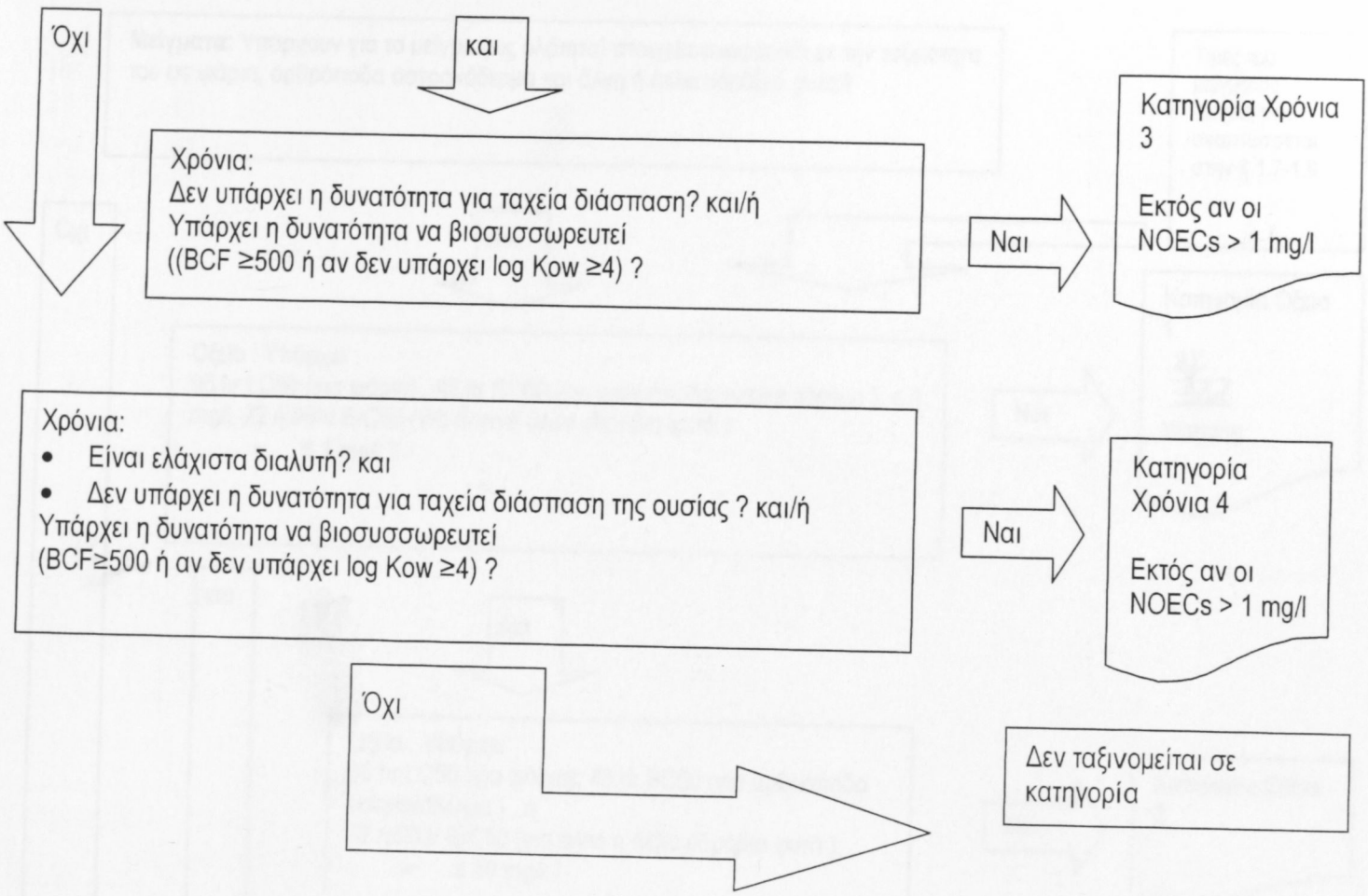
Όχι

Οξεία : Υπάρχει
96 hr LC50 (για ψάρια) ≤ 100 mg/l και/ή
48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα) ≤ 100mg/l και/ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά) ≤ 100 mg/l ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 3

Όχι

Συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα



Διαγράμματα 1.8.1 :Λογικό Διάγραμμα Ταξινόμησης Επικίνδυνων για το περιβάλλον ουσιών

Μείγματα: Υπάρχουν για το μείγμα (ως ολότητα) στοιχεία αναφορικά με την τοξικότητα του σε ψάρια, αρθρόποδα οστρακόδερμα και άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά?

Τιμές του μείγματος /λογική που αναπτύσσεται στην § 1.7-1.9

Όχι

Ναι

Οξεία : Υπάρχει
96 hr LC50 (για ψάρια) , 48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα) ≤ 1 mg/l, 72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)

- ≤ 1 mg/l ?

Ναι

Κατηγορία Οξεία 1



Warning

και

όχι

Οξεία : Υπάρχει
96 hr LC50 (για ψάρια), 48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα) , ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)

- ≤ 10 mg/l ?

Ναι

Κατηγορία Οξεία 2

και

όχι

Οξεία : Υπάρχει
96 hr LC50 (για ψάρια), 48 hr EC50 (για αρθρόποδα οστρακόδερμα) , ή
72 ή 96hr ErC50 (για άλγη ή άλλα υδρόβια φυτά)

- ≤ 100 mg/l ?

Ναι

Κατηγορία Οξεία 3

και

Όχι

Δεν ταξινομείται σε κατηγορία

Λογικό Πλαίσιο 1.7-1.9 για Χρόνια ταξινόμηση

Συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

όχι

Μπορούν να εφαρμοστούν bridging principles

Ναι → Κατηγοριοποίηση σε κατάλληλη κατηγορία

όχι

Χρήση όλης της διαθέσιμης πληροφορίας αναφορικά με τα συστατικά του μίγματος κατά την εφαρμογή της αθροιστικής μεθόδου ως εξής:

- Για συστατικά για τα οποία υπάρχουν διαθέσιμες τιμές για την τοξικότητα εφαρμογή της αθροιστικής μεθόδου (§1.12-1.13), προσδιορισμός της κατηγορίας ταξινόμησης για το γνωστό μέρος το μείγματος και χρήση των τιμών στη αθροιστική μέθοδο
- Τα συστατικά τα οποία είναι ήδη ταξινομημένα εισάγονται απευθείας στο μοντέλο της αθροιστικής μεθόδου(βλ. παρακάτω)

Ναι

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται στην κατηγορία:

- Οξεία 1 X M* ≥ 25 %

Ναι → Κατηγορία Οξεία 1  Warning

και

Όχι

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται ως:

- (Οξεία 1 x M* x 10) + Οξεία 2 ≥ 25 % ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 2

όχι

Όχι

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται ως:

- (Οξεία 1 x M* x 10) + (Οξεία 2 x 10) + Οξεία 3 ≥ 25 % ?

Ναι → Κατηγορία Οξεία 3

και

Όχι → Δεν ταξινομείται σε κατηγορία

Χρόνια

§1.7-1.9 Πλαίσιο για ταξινόμηση στις Χρόνιες Κατηγόριες

Συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

Αθροιστική μέθοδος 1.13

Εφαρμογή της αθροιστικής μεθόδου

$$\frac{\sum C_i}{L(E)C_{50m}} = \sum_n \frac{C_i}{L(E)C_{occ}}$$

Ci: η συγκέντρωση του συστατικού i (weight percentage)

$L(E)C_{50occ}$: (mg/l) LC 50 ή EC 50 του συστατικού i

n: ο αριθμός των συστατικών με i: 1-n

$L(E)C_{50m}$: LC 50 του μέρους του μείγματος όπου υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα από τεστ

Τιμές σύμφωνα με την § 1.7-1.10

Αθροιστική μέθοδος § 1.12-1.13

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται στην κατηγορία:
- Χρόνια 1 X M ≥ 25 %

Ναι → Κατηγορία Χρόνια 1  Warning

Όχι

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται ως:
- (Χρόνια 1 x M* x 10) + Χρόνια 2 ≥ 25 % ?

Ναι → Κατηγορία Χρόνια 2

Όχι

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται ως:
- (Χρόνια 1 x M* x 10) + (Χρόνια 2 x 10) + Χρόνια 3 ≥ 25 % ?

Ναι → Κατηγορία Χρόνια 3

όχι

Άθροισμα των συστατικών που ταξινομούνται ως:
- **Χρόνια 1 + Χρόνια 2 +Χρόνια 3 +Χρόνια 4** ≥ 25 %

Ναι → Κατηγορία Χρόνια 4

Όχι → Δεν ταξινομείται σε κατηγορία Χρόνιας Τοξικότητας

*** § 1.13.3**

Διαγράμματα 1.8.2 :Λογικό Διάγραμμα Ταξινόμησης Μειγμάτων για το περιβάλλον ουσιών

Test guidelines for aquatic toxicity 1)

OECD Test Guideline 201 (1984) Alga, Growth Inhibition Test

OECD Test Guideline 202 (1984) Daphnia sp. Acute Immobilisation Test and Reproduction Test

OECD Test Guideline 203 (1992) Fish, Acute Toxicity Test

OECD Test Guideline 204 (1984) Fish, Prolonged Toxicity Test: 14-Day Study

OECD Test Guideline 210 (1992) Fish, Early-Life Stage Toxicity Test

OECD Test Guideline 211 (1998) Daphnia magna Reproduction Test

OECD Test Guideline 212 (1998) Fish, Short-term Toxicity Test on Embryo and Sac-Fry Stages

OECD Test Guideline 215 (2000) Fish, Juvenile Growth Test

OECD Test Guideline 221 (in preparation) *Lemna* sp. Growth inhibition test

EC C.1: Acute Toxicity for Fish (1992)

EC C.2: Acute Toxicity for Daphnia (1992)

EC C.3: Algal Inhibition Test (1992)

EC C.14: Fish Juvenile Growth Test (2001)

EC C.15: Fish, Short-term Toxicity Test on Embryo and Sac-Fry Stages (2001)

EC C.20: Daphnia Magna Reproduction Test (2001)

OPPTS Testing Guidelines for Environmental Effects (850 Series Public Drafts):

850.1000 Special consideration for conducting aquatic laboratory studies

850.1000 Special consideration for conducting aquatic laboratory studies

850.1010 Aquatic invertebrate acute toxicity, test, freshwater daphnids

850.1010 Aquatic invertebrate acute toxicity, test, freshwater daphnids

850.1020 Gammarid acute toxicity test

850.1020 Gammarid acute toxicity test

850.1035 Mysid acute toxicity test

850.1035 Mysid acute toxicity test

850.1045 Penaeid acute toxicity test

850.1045 Penaeid acute toxicity test

850.1075 Fish acute toxicity test, freshwater and marine

850.1075 Fish acute toxicity test, freshwater and marine

850.1300 Daphnid chronic toxicity test

850.1300 Daphnid chronic toxicity test

850.1350 Mysid chronic toxicity test

850.1350 Mysid chronic toxicity test

850.1400 Fish early-life stage toxicity test

850.1400 Fish early-life stage toxicity test

850.1500 Fish life cycle toxicity

850.1500 Fish life cycle toxicity

850.1730 Fish BCF

850.1730 Fish BCF

850.4400 Aquatic plant toxicity test using Lemna spp. Tiers I and II

850.4400 Aquatic plant toxicity test using Lemna spp. Tiers I and II

850.4450 Aquatic plants field study, Tier III

850.4450 Aquatic plants field study, Tier III

850.5400 Algal toxicity, Tiers I and II

850.5400 Algal toxicity, Tiers I and II

Test guidelines for biotic and abiotic degradation 2

ASTM E 1196-92

ASTM E 1279-89(95) Standard test method for biodegradation by a shake-flask die-away method

ASTM E 1625-94 Standard test method for determining biodegradability of organic chemicals in semicontinuous activated sludge (SCAS)

EC C.4. A to F: Determination of ready biodegradability. Directive 67/548/EEC, Annex V. (1992)

EC C.5. Degradation: biochemical oxygen demand. Directive 67/548/EEC, Annex V. (1992)

EC C.7. Degradation: abiotic degradation: hydrolysis as a function of pH. Directive 67/548/EEC, Annex V. (1992)

EC C.9. Biodegradation: Zahn-Wellens test. Directive 67/548/EEC, Annex V. (1988)

EC C.10. Biodegradation: Activated sludge simulation tests. Directive 67/548/EEC, Annex V. (1998)

EC C.11. Biodegradation: Activated sludge respiration inhibition test. Directive 67/548/EEC, AnnexV.(1988)

EC C.12. Biodegradation: Modified SCAS test. Directive 67/548/EEC, Annex V. (1998)

ISO 9408 (1991). Water quality - Evaluation in an aqueous medium of the "ultimate" biodegradability of organic compounds - Method by determining the oxygen demand in a closed respirometer

ISO 9439 (1990). Water quality - Evaluation in an aqueous medium of the "ultimate" biodegradability of organic compounds - Method by analysis of released carbon dioxide

ISO 9509 (1996). Water quality - Method for assessing the inhibition of nitrification of activated sludge micro-organisms by chemicals and wastewaters

ISO 9887 (1992). Water quality - Evaluation of the aerobic biodegradability of organic compounds in an aqueous medium - Semicontinuous activated sludge method (SCAS)

ISO 9888 (1991). Water quality - Evaluation of the aerobic biodegradability of organic compounds in an aqueous medium - Static test (Zahn-Wellens method)

ISO 10707 (1994). Water quality - Evaluation in an aqueous medium of the "ultimate" biodegradability of organic compounds - Method by analysis of biochemical oxygen demand (closed bottle test)

ISO 11348 (1997). Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri* (Luminescent bacteria test)

ISO 11733 (1994). Water quality - Evaluation of the elimination and biodegradability of organic compounds in an aqueous medium - Activated sludge simulation test

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/DIS 14592 .(1999) Water quality - Evaluation of the aerobic biodegradability of organic compounds at low concentrations in water. Part 1: Shake flask batch test with surface water or surface water/sediment suspensions (22.11.1999)

OECD Test Guideline 111 (1981). Hydrolysis as a function of pH. OECD guidelines for testing of chemicals

OECD Test Guideline 209 (1984). Activated sludge, respiration inhibition test. OECD guidelines for testing of chemicals

OECD Test Guideline 301 (1992). Ready biodegradability. OECD guidelines for testing of chemicals

OECD Test Guideline 302A (1981). Inherent biodegradability: Modified SCAS test. OECD guidelines for testing of chemicals

OECD Test Guideline 302B (1992). Zahn-Wellens/EMPA test. OECD guidelines for testing of chemicals

OECD Test Guideline 302C (1981). Inherent biodegradability: Modified MITI test (II). OECD guidelines for testing of chemicals
OECD Test Guideline 303A (1981). Simulation test - aerobic sewage treatment: Coupled units test. OECD guidelines for testing of chemicals. Draft update available 1999
OECD Test Guideline 304A (1981). Inherent biodegradability in soil. OECD guidelines for testing of chemicals
OECD Test Guideline 306 (1992). Biodegradability in seawater. OECD guidelines for testing of chemicals
OECD (1998b). Aerobic and anaerobic transformation in aquatic sediment systems. Draft proposal for a new guideline, December 1999
OECD (1999). Aerobic and anaerobic transformation in soil. Final text of a draft proposal for a new guideline, October. 1999
OECD (2000). Simulation test - Aerobic Transformation in Surface Water. Draft proposal for a new guideline, May 2000
OPPTS 835.2110 Hydrolysis as a function of pH
OPPTS 835.2130 Hydrolysis as a function of pH and temperature
OPPTS 835.2210 Direct photolysis rate in water by sunlight
OPPTS 835.3110 Ready biodegradability
OPPTS 835.3170 Shake flask die-away test
OPPTS 835.3180 Sediment/water microcosm biodegradability test
OPPTS 835.3200 Zahn-Wellens/EMPA test
OPPTS 835.3210 Modified SCAS test
OPPTS 835.3300 Soil biodegradation
OPPTS 835.3400 Anaerobic biodegradability of organic chemicals
OECD Test Guideline 306 (1992). Biodegradability in seawater. OECD guidelines for testing of chemicals
OECD (1998b). Aerobic and anaerobic transformation in aquatic sediment systems. Draft proposal for a new guideline, December 1999
OECD (1999). Aerobic and anaerobic transformation in soil. Final text of a draft proposal for a new guideline, October. 1999
OECD (2000). Simulation test - Aerobic Transformation in Surface Water. Draft proposal for a new guideline, May 2000
OPPTS 835.2110 Hydrolysis as a function of pH
OPPTS 835.2130 Hydrolysis as a function of pH and temperature
OPPTS 835.2210 Direct photolysis rate in water by sunlight
OPPTS 835.3110 Ready biodegradability
OPPTS 835.3170 Shake flask die-away test
OPPTS 835.3180 Sediment/water microcosm biodegradability test
OPPTS 835.3200 Zahn-Wellens/EMPA test
OPPTS 835.3210 Modified SCAS test
OPPTS 835.3300 Soil biodegradation
OPPTS 835.3400 Anaerobic biodegradability of organic chemicals

Test guidelines for bioaccumulation 3

ASTM, 1993. ASTM Standards on Aquatic Toxicology and Hazard Evaluation. Sponsored by ASTM

Committee E-47 on Biological Effects and Environmental Fate. American Society for Testing and Materials.
1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103. ASTM PCN: 03-547093-16., ISBN 0-8032-1778-7
ASTM E 1022-94. 1997. Standard Guide for Conducting Bioconcentration Tests with Fishes and Saltwater Bivalve Molluscs. American Society for Testing and Materials
EC, 1992. EC A.8. Partition coefficient. Annex V (Directive 67/548/EEC). Methods for determination of physico-chemical properties, toxicity and ecotoxicity
EC, 1998. EC.C.13 Bioconcentration: Flow-through Fish Test
EPA-OTS, 1982. Guidelines and support documents for environmental effects testing. Chemical fate test guidelines and support documents. United States Environmental Protection Agency. Office of Pesticides and
Toxic Substances, Washington, D.C. 20960. EPA 560/6-82-002. (August 1982 and updates), cf. also Code of
Federal Regulations. Protection of the Environment Part 790 to End. Revised as of July 1, 1993. ONLINE information regarding the latest updates of these test guidelines: US National Technical Information System
EPA-FIFRA, 1982. The Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act. Pesticide Assessment Guidelines, subdivision N: chemistry: Environmental fate, and subdivision E, J & L: Hazard Evaluation. Office of Pesticide Programs. US Environmental Protection Agency, Washington D.C. (1982 and updates). ONLINE information regarding the latest updates of these test guidelines: US National Technical Information System
OECD Test Guideline 107, 1995. OECD Guidelines for testing of chemicals. Partition Coefficient (noctanol/ water): Shake Flask Method
OECD Test Guideline 117, 1989. OECD Guideline for testing of chemicals. Partition Coefficient (noctanol/ water), High Performance Liquid Chromatography (HPLC) Method
OECD Test Guideline 305, 1996. Bioconcentration: Flow-through Fish Test. OECD Guidelines for testing of Chemicals
OECD Test Guidelines 305 A-E, 1981. Bioaccumulation. OECD Guidelines for testing of chemicals
OECD draft Test Guideline, 1998. Partition Coefficient n-Octanol/Water Pow. Slow-stirring method for highly hydrophobic chemicals. Draft proposal for an OECD Guideline for Testing of Chemicals

Aquatic toxicity

APHA 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition. American Public Health Association, Washington, DC
ASTM 1999. Annual Book of ASTM standards, Vol. 11.04. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PADoE 1996. Guidance on the Aquatic Toxicity Testing of Difficult Substances. United Kingdom Department of the Environment, London
ECETOC 1996. Aquatic Toxicity Testing of Sparingly Soluble, Volatile and Unstable Substances. ECETOC Monograph No. 26, ECETOC, Brussels
Lewis, M. A. 1995. Algae and vascular plant tests. In: Rand, G. M. (ed.) 1995. Fundamentals of Aquatic Toxicology, Second Edition. Taylor & Francis, Washington, DC. pp. 135-169
Mensink, B. J. W. G., M. Montforts, L. Wijkhuizen-Maslankiewicz, H. Tibosch, and J.B.H.J. Linders 1995.

Manual for Summarising and Evaluating the Environmental Aspects of Pesticides. Report No. 679101022 RIVM, Bilthoven, The Netherlands

OECD 1998. Harmonized Integrated Hazard Classification System for Human Health and Environmental Effects of Chemical Substances. OECD, Paris.http://www.oecd.org/ehs/Class/HCL6.htm

OECD 1999. Guidelines for Testing of Chemicals. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris

OECD 2000. Revised Draft Guidance Document on Aquatic Toxicity Testing of Difficult Substances and Mixtures, OECD, Paris

Pedersen, F., H. Tyle, J. R. Niemeldi, B. Guttmann, L. Lander, and A. Wedebrand 1995. Environmental Hazard Classification – data collection and interpretation guide. TemaNord 1995:581

US EPA 1996. Ecological Effects Test Guidelines – OPPTS 850.1000. Special Considerations for Conducting Aquatic Laboratory Studies. Public Draft, EPA 712-C-96-113. United States Environmental Protection Agency. http://www.epa.gov/docs/OPTS_Harmonized/

OECD Monograph 11, Detailed Review Paper on Aquatic Toxicity Testing for Industrial Chemicals and Pesticides

Rand, Gary M., Fundamentals of Aquatic toxicology: Effects, Environmental Fate, and Risk Assessment

2. Biotic and abiotic degradation

Boesten J.J.T.I. & A.M.A. van der Linden (1991). Modeling the influence of sorption and transformation on pesticide leaching and persistence. *J. Environ. Qual.* 20, 425-435

Boethling R.S., P.H. Howard, J.A. Beauman & M.E. Larosche (1995). Factors for intermedia extrapolation in biodegradability assessment. *Chemosphere* 30(4), 741-752

de Henau H. (1993). Biodegradation. In: P. Calow. Handbook of Ecotoxicology, vol. I. Blackwell Scientific Publications, London. Chapter 18, pp. 355-377

EC (1996). Technical guidance documents in support of the Commission Directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances and the Commission Regulation (EC) No. 1488/94 on risk assessment for existing substances. European Commission, Ispra

ECETOC (1998): QSARs in the Assessment of the Environmental Fate and Effects of Chemicals, Technical report No. 74. Brussels, June 1998

Federle T.W., S.D. Gasior & B.A. Nuck (1997). Extrapolating mineralisation rates from the ready CO2 screening test to activated sludge, river water, and soil. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16, 127-134

Langenberg J.H., W.J.G.M. Peijnenburg & E. Rorije (1996). On the usefulness and reliability of existing QSBRs for risk assessment and priority setting. *SAR and QSAR in Environmental Research* 5, 1-16

Loonen H., F. Lindgren, B. Hansen & W. Karcher (1996). Prediction of biodegradability from chemical structure. In: Peijnenburg W.J.G.M. & J. Damborsky (eds.). Biodegradability Prediction. Kluwer Academic Publishers

MITI (1992). Biodegradation and bioaccumulation data on existing data based on the CSCL Japan. Japan chemical industry, Ecology-toxicology & information center. ISBN 4-89074-101-1

Niemelä J (2000). Personal communication to OECD Environment Directorate, 20 March 2000

Nyholm N., U.T. Berg & F. Ingerslev (1996). Activated sludge biodegradability simulation test. Danish EPA, Environmental Report No. 337

Nyholm N. & F. Ingerslev (1997). Kinetic biodegradation tests with low test substance concentrations: Shake flask test with surface water and short term rate measurement in activated sludge. In: Hales S.G. (ed.).

Biodegradation Kinetics: Generation and use of data for regulatory decision making. From the SETACEurope Workshop. Port- Sunlight. September 1996. pp. 101-115. SETAC-Europe, Brussels

Nyholm N. & L. Toräng (1999). Report of 1998/1999 Ring-test: Shalke flask batch test with surface water or surface water / sediment suspensions. ISO/CD 14592-1 Water Quality- Evaluation of the aerobic biodegradability of organic compounds at low concentrations, ISO/TC 147/ SC5/WG4 Biodegradability

OECD (1993). Structure-Activity Relationships for Biodegradation. OECD Environment Monographs No. 68. Paris 1993

OECD (1994): "US EPA/EC Joint Project on the Evaluation of (Quantitative) Structure Activity Relationships." OECD Environment Monograph No. 88. Paris

OECD (1995). Detailed Review Paper on Biodegradability Testing. OECD Environmental Monograph No. 98. Paris

OECD (1997). Guidance document on direct phototransformation of chemical in water. OECD/GD(97)21. Paris

OECD (1998). Harmonized integrated hazard classification system for human health and environmental effects of chemical substances. Paris. http://www.oecd.org/ehs/Class/HCL6.htm

Pedersen F., H. Tyle, J. R. Niemelä, B. Guttmann. L. Lander & A. Wedebrand (1995). Environmental Hazard

Classification – data collection and interpretation guide for substances to be evaluated for classification as dangerous for the environment. Nordic Council of Ministers. 2nd edition. TemaNord 1995:581, 166 pp

Schwarzenbach R.P., P.M. Gschwend & D.M. Imboden (1993). Environmental organic chemistry 1st ed. John Wiley & Sons, Inc. New York

Scow K.M. (1982). Rate of biodegradation. In: Lyman W.J., W.F. Reehl & D.H. Rosenblatt (1982): Handbook of Chemical Property Estimation Methods Environmental Behaviour of Organic Compounds. American Chemical Society. Washington DC (ISBN 0-8412-1761-0). Chapter 9

Struijs J. & R. van den Berg (1995). Standardized biodegradability tests: Extrapolation to aerobic environments. *Wat. Res.* 29(1), 255-262

Syracuse Research Corporation. Biodegradation Probability Program (BIOWIN). Syracuse. N.Y. http://esc.syrres.com/~esc1/biodeg.htm

Westermann P., B.K. Ahring & R.A. Mah (1989). Temperature compensation in *Methanosarcina barkeri* by modulation of hydrogen and acetate affinity. *Applied and Environmental Microbiology* 55(5), 1262-1266

3. Bioaccumulation

Anliker, R., Moser, P., Poppinger, D. 1988. Bioaccumulation of dyestuffs and organic pigments in fish. Relationships to hydrophobicity and steric factors. Chem. 17(8):1631-1644

Bintein, S.; Devillers, J. and Karcher, W. 1993. Nonlinear dependence of fish bioconcentration on *n*octanol/ water partition coefficient. SAR and QSAR in Environmental Research. Vol.1.pp.29-39

Black, M.C., Millsap, D.S., McCarthy, J.F. 1991. Effects of acute temperature change on respiration and toxicant uptake by rainbow trout, *Salmo gairdneri* (Richardson). Physiol. Zool. 64:145-168

Bodor, N., Huang, M.J. 1992. J. Pharm. Sci. 81:272-281

Broto, P., Moreau, G., Vandycke, C. 1984. Eur. J. Med. Chem. 19:71-78

Chiou, T. 1985. Partition coefficients of organic compounds in lipid-water systems and correlations with fish bioconcentration factors. Environ. Sci. Technol 19:57-62

CLOGP. 1995. Daylight Chemical Information Systems, Inf. Sys. Inc. Irvine, Ca

CSTEE (1999): DG XXIV Scientific Committee for Toxicity and Ecotoxicity and the Environment Opinion on revised proposal for a list of Priority substances in the context of the water framework directive (COMMs Procedure) prepared by the Frauenhofer-Institute, Germany,. Final report opinion adopted at the 11th CSTEE plenary meeting on 28th of September 1999

Comotto, R.M., Kimerle, R.A., Swisher, R.D. 1979. Bioconcentration and metabolism of linear alkylbenzenesulfonate by Daphnids and Fathead minnows. L.L.Marking, R.A. Kimerle, Eds., Aquatic Toxicology (ASTM, 1979), vol. ASTM STP 667

Connell, D.W., Hawker, D.W. 1988. Use of polynomial expressions to describe the bioconcentration of hydrophobic chemicals by fish. Ecotoxicol. Environ. Saf. 16:242-257

Connell, D.W. 1990. Bioaccumulation of xenobiotic compounds, Florida: CRC Press, Inc. pp.1-213

De Bruijn, J., Busser, F., Seinen, W. & Hermens, J. 1989. Determination of octanol/water partition coefficients with the "slow stirring" method. Environ. Toxicol. Chem. 8:499-512

Devillers, J., Bintein, S., Domine, D. 1996. Comparison of BCF models based on log P. Chemosphere 33(6):1047-1065

DoE, 1996. Guidance on the aquatic toxicity testing of difficult substance. Unites Kingdom Department of the Environment, London

Doucette, W.J., Andren, A.W. 1987. Correlation of octanol/water partition coefficients and total molecular surface area for highly hydrophobic aromatic compounds. Environ. Sci. Technol., 21, pages 821-824

Doucette, W.J., Andren, A.W. 1988. Estimation of octanol/water partition coefficients: evaluation of six methods for highly hydrophobic aromatic compounds. Chemosphere, 17, pages 345-359

Driscoll, S.K., McElroy, A.E. 1996. Bioaccumulation and metabolism of benzo(a)pyrene in three species of polychaete worms. Environ. Toxicol. Chem. 15(8):1401-1410

ECETOC, 1995. The role of bioaccumulation in environmental risk assessment: The aquatic environment and related food webs, Brussels, Belgium

ECEOOC, 1996. Aquatic toxicity testing of sparingly soluble, volatile and unstable substances. ECETOC Monograph No. 26, ECETOC, Brussels

European Commission, 1996. Technical Guidance Document in support of Commission Directive 93/96/EEC on Risk Assessment for new notified substances and Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substances. Brussels

Ghose, A.K., Prottchet, A., Crippen, G.M. 1988. J. Computational Chem. 9:80-90

Gobas, F.A.P.C., Opperhuizen, A., Hutzinger, O. 1986. Bioconcentration of hydrophobic chemicals in fish: Relationship with membrane permeation. Environ. Toxicol. Chem. 5:637-646

Gobas, F.A.P.C., Clark, K.E., Shiu, W.Y., Mackay, D. 1989. Bioconcentration of polybrominated benzenes and biphenyls and related superhydrophobic chemicals in fish: Role of bioavailability and elimination into feces. Environ. Toxicol. Chem. 8:231-245

Goodrich, M.S., Melancon, M.J., Davis, R.A., Lech J.J. 1991. The toxicity, bioaccumulation, metabolism, and elimination of dioctyl sodium sulfosuccinate DSS in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Water Res. 25: 119-124

Hansch, C., Leo, A. 1979. Substituent constants for correlation analysis in chemistry and biology. Wiley, New York, NY, 1979

Henderson, R.J., Tocher, D.R. 1987. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. Prog. Lipid. Res. 26:281-347

Howard, P.H. and Meyland, W.M., 1997. Prediction of physical properties transport and degradation for environmental fate and exposure assessments, QSAR in environmental science VII. Eds. Chen, F. and Schüürmann, G. pp. 185-205

Kimerle, R.A., Swisher, R.D., Schroeder-Comotto, R.M. 1975. Surfactant structure and aquatic toxicity, Symposium on Structure-Activity correlations in Studies on Toxicity and Bioconcentration with Aquatic Organisms, Burlington, Ontario, Canada, pp. 22-35

Klopman, G., Li, J.Y., Wang, S., Dimayuga, M. 1994. Computer automated log P calculations based on an extended group contribution approach. J. Chem. Inf. Comput. Sci. 34:752-781

Knezovich, J.P., Lawton, M.P., Inoue, L.S. 1989. Bioaccumulation and tissue distribution of a quaternary ammonium surfactant in three aquatic species. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 42:87-93

Knezovich, J.P., Inoue, L.S. 1993. The influence of sediment and colloidal material on the bioavailability of a quaternary ammonium surfactant. Ecotoxicol. Environ. Safety. 26:253-264

Kristensen, P. 1991. Bioconcentration in fish: Comparison of BCFs derived from OECD and ASTM testing methods; influence of particulate matter to the bioavailability of chemicals. Danish Water Quality Institute

Mackay, D. 1982. Correlation of bioconcentration factors. Environ. Sci. Technol. 16:274-278

McCarthy, J.F., Jimenez, B.D. 1985. Reduction in bioavailability to bluegills of polycyclic aromatic hydrocarbons bound to dissolved humic material. Environ. Toxicol. Chem. 4:511-521

McKim, J.M., Goeden, H.M. 1982. A direct measure of the uptake efficiency of a xenobiotic chemical across the gill of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) under normoxic and hypoxic conditions. Comp. Biochem. Physiol. 72C:65-74

Meylan, W.M. and Howard, P.H., 1995. Atom/Fragment Contribution Methods for Estimating Octanol-Water Partition Coefficients. J.Pharm.Sci. 84, 83

Niemelä, J.R. 1993. QTOXIN-program (ver 2.0). Danish Environmental Protection Agency

Niemi, G.J., Basak, S.C., Veith, G.D., Grunwald, G. Environ. Toxicol. Chem. 11:893-900

Niimi, A.J. 1991. Solubility of organic chemicals in octanol, triolin and cod liver oil and relationships between solubility and partition coefficients. Wat. Res. 25:1515-1521

OECD, 1993. Application of structure activity relationships to the estimation of properties important in exposure assessment. OECD Environment Directorate. Environment Monograph No. 67

OECD, 1998. Harmonized integrated hazard classification system for human health and environmental effects of chemical substances. As endorsed by the 28th joint meeting of the chemicals committee and the working party on chemicals in November 1998

OECD, 2000. Guidance Document on Aquatic Toxicity Testing of Difficult Substances and Mixtures, OECD, Paris

Opperhuizen, A., Van der Velde, E.W., Gobas, F.A.P.C., Liem, A.K.D., Van der Steen, J.M.D., Hutzinger, O. 1985. Relationship between bioconcentration in fish and steric factors of hydrophobic chemicals. Chemosphere 14:1871-1896

Opperhuizen, A. 1986. Bioconcentration of hydrophobic chemicals in fish. In: Poston T.M., Purdy, R. (eds),

Aquatic Toxicology and Environmental Fate: Ninth Volume, ASTM STP 921. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 304-315

Opperhuizen, A., Schrap, S.M. 1987. Relationship between aqueous oxygen concentration and uptake and elimination rates during bioconcentration of hydrophobic chemicals in fish. Environ. Toxicol. Chemosphere 6:335-342

Opperhuizen, A., Sijm, D.T.H.M. 1990. Bioaccumulation and biotransformation of polychlorinated dibenzop- dioxins and dibenzofurans in fish. Environ. Toxicol. Chem. 9:175-186

Pedersen, F., Tyle, H., Niemelä, J.R., Guttmann, B., Lander,L. and Wedebrand, A., 1995. Environmental Hazard Classification – data collection and interpretation guide (2nd edition). TemaNord 1995:581

Petersen, G.I., Kristensen, P. 1998. Bioaccumulation of lipophilic substances in fish early life stages. Environ. Toxicol. Chem. 17(7):1385-1395

Rekker, R.F., de Kort, H.M. 1979. The hydrophobic fragmental constant: An extension to a 1000 data point set. Eur. J. Med. Chem. – Chim. Ther. 14:479-488

Roberts, D.W. 1989. Aquatic toxicity of linear alkyl benzene sulphonates (LAS) – a QSAR analysis. Communicaciones Presentadas a las Jornadas del Comite Espanol de la Detergencia, 20 (1989) 35-43. Also in J.E. Turner, M.W. England, T.W. Schultz and N.J. Kwaak (eds.) QSAR 88. Proc. Third International Workshop on Qualitative Structure-Activity Relationships in Environmental Toxicology, 22-26 May 1988,

Knoxville, Tennessee, pp. 91-98. Available from the National Technical Information Service, US Dept. of Commerce, Springfield, VA Schrap, S.M., Opperhuizen, A. 1990. Relationship between bioavailability and hydrophobicity: reduction of the uptake of organic chemicals by fish due to the sorption of particles. Environ. Toxicol. Chem. 9:715-724

Shiu, WY, Doucette, W., Gobas, FAPC., Andren, A., Mackay, D. 1988. Physical-chemical properties of chlorinated dibenzo-p-dioxins. Environ. Sci. Technol. 22: pages 651-658

Sijm, D.T.H.M., van der Linde, A. 1995. Size-dependent bioconcentration kinetics of hydrophobic organic chemicals in fish based on diffusive mass transfer and allometric relationships. Environ. Sci. Technol. 29:2769-2777

Sijm, D.T.H.M., Pärt, P., Opperhuizen, A. 1993. The influence of temperature on the uptake rate constants of hydrophobic compounds determined by the isolated perfused gill of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

Aquat. Toxicol. 25:1-14 Spacie, A., Hamelink, J.L. 1982. Alternative models for describing the bioconcentration of organics in fish. Environ. Toxicol. Chem. 1:309-320

Suzuki, T., Kudo, Y.J. 1990. J. Computer-Aided Molecular Design 4:155-198

Syracuse Research Corporation, 1999. http://esc_plaza.syrres.com/interkow/logkow.htm

Tas, J.W., Seinen, W., Opperhuizen, A. 1991. Lethal body burden of triphenyltin chloride in fish: Preliminary results. Comp. Biochem. Physiol. 100C(1/2):59-60

Tolls J. & Sijm, D.T.H.M., 1993. Bioconcentration of surfactants, RITOX, the Netherlands (9. Nov. 1993).

Procter and Gamble Report (ed.: M.Stalmans)

Tolls, J. 1998. Bioconcentration of surfactants. Ph.D. Thesis. Utrecht University, Utrecht, The Netherlands

Toshima, S., Moriya, T. Yoshimura, K. 1992. Effects of polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate on the acute toxicity of linear alkylbenzenesulfonate (C12-LAS) to fish. Ecotoxicol. Environ. Safety 24: 26-36

USEPA 1985. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Toxic Substances. Toxic Substances Control Act Test Guidelines. 50 FR 39252

US EPA/EC, 1993. US EPA/EC Joint Project on the Evaluation of (Quantitative) Structure Activity

Relationships
US EPA, 1996. Ecological effects test guidelines – OPPTS 850.1000. Special considerations for conducting
aquatic laboratory studies. Public Draft, EPA712-C-96-113. United States Environmental Protection Agency.
http:/www.epa.gov/docs/OPTS_harmonized/
Van Den Berg, M., Van De Meet, D., Peijnenburg, W.J.G.M., Sijm, D.T.H.M., Struijs, J., Tas, J.W. 1995. Transport, accumulation and transformation processes. In: Risk Assessment of Chemicals: An Introduction.
van Leeuwen, C.J., Hermens, J.L.M. (eds). Dordrecht, NL. Kluwer Academic Publishers, 37-102
Wakabayashi, M., Kikuchi, M., Sato, A. Yoshida, T. 1987. Bioconcentration of alcohol ethoxylates in carp
(*Cyprinus carpio*), Ecotoxicol. Environ. Safety 13, 148-163
Wofford, H.W., C.D. Wilsey, G.S. Neff, C.S. Giam & J.M. Neff (1981): Bioaccumulation and metabolism of
phthalate esters by oysters, brown shrimp and sheepshead minnows. Ecotox.Environ.Safety 5:202-210, 1981

4. Reference for QSAR

Boethling, R.S., Howard, P.H., Meylan, W.M. Stiteler, W.M., Beauman, J.A., and Tirado, N. (1994). Group contribution method for predicting probability and rate of aerobic biodegradation. Envir. Sci. Technol., 28, 459-465
De Bruijn, J, Busser, F., Seinen, W., and Hermens, J. (1989), Determination of octanol/water partition coefficients for hydrophobic organic chemicals with the "slow-stirring method," Environ. Toxicol. Chem., 8, 499-512
ECETOC (1998), QSARs in the Assessment of the Environmental Fate and Effects of Chemicals, Technical report No 74
Hansch, C. and A. Leo (1995), *Exploring QSAR*, American Chemical Society
Hilal, S. H., L. A. Carreira and S. W. Karickhoff (1994), *Quantitative Treatments of Solute/solvent Interactions, Theoretical and Computational Chemistry, Vol. 1,* 291-353, Elsevier Science
Howard, P.H., Boethling, R.S, Stiteler, W.M., Meylan, W.M., Hueber, A.E., Beaumen, J.A. and Larosche, M.E. (1992). Predictive model for aerobic biodegradation developed from a file of evaluated biodegradation data. Envir. Toxicol. Chem. 11, 593-603
Howard, P. And Meylan, W.M. (1992). Biodegradation Probability Program, Version 3, Syracuse Research Corp., NY
Langenberg, J.H., Peijnenburg, W.J.G.M. and Rorije, E. (1996). On the usefulness and reliability of existing
QSARs for risk assessment and priority setting. SAR QSAR Environ. Res., 5, 1-16
R.L. Lipnick (1986). Charles Ernest Overton: Narcosis studies and a contribution to general pharmacology. *Trends Pharmacol. Sci.*, 7, 161-164
R.L. Lipnick (1989a). Hans Horst Meyer and the lipoid theory of narcosis, *Trends Pharmacol. Sci.*, 10 (7) July, 265-269; Erratum: 11 (1) Jan (1990), p. 44
R.L. Lipnick (1989b). Narcosis, electrophile, and proelectrophile toxicity mechanisms. Application of SAR and QSAR. *Environ. Toxicol. Chem.*, 8, 1-12

R.L. Lipnick (1990). Narcosis: Fundamental and Baseline Toxicity Mechanism for Nonelectrolyte Organic Chemicals. In: W. Karcher and J. Devillers (eds.) *Practical Applications of Quantitative Structure-Activity*
Relationships (QSAR) in Environmental Chemistry and Toxicology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 129-144
R.L. Lipnick (ed.) (1991a). *Charles Ernest Overton: Studies of Narcosis and a Contribution to General Pharmacology*, Chapman and Hall, London, and Wood Library-Museum of Anesthesiology
R.L. Lipnick (1991b). Outliers: their origin and use in the classification of molecular mechanisms of toxicity,
Sci. Tot. Environ., 109/110 131-153
R.L. Lipnick (1995). Structure-Activity Relationships. In: Fundamentals of Aquatic Toxicology, 2nd edition, (G.R. Rand, ed.), Taylor & Francis, London, 609-655
Loonen, H., Lindgren, F., Hansen, B., Karcher, W., Niemela, J., Hiromatsu, K., Takatsuki, M., Peijnenburg,

W., Rorije, E., and Struijs, J. (1999). Prediction of biodegradability from chemical structure: modeling of ready biodegradation test data. Environ. Toxicol. Chem., 18, 1763-1768
Meylan, W. M. and P. H. Howard (1995), *J. Pharm. Sci.*, 84, 83-92
OECD (1993), Structure-Activity Relationships for Biodegradation. OECD Environment Monograph No. 68
OECD, Paris, France
OECD (1995). Environment Monographs No. 92. Guidance Document for Aquatic Effects Assessment. OECD, Paris
F. Pedersen, H. Tyle, J. R. Niemelä, B. Guttmann, L. Lander, and A. Wedebrand (1995), Environmental Hazard Classification: Data Collection and Interpretation Guide for Substances to be Evaluated for Classification as Dangerous for the Environment, 2nd Edition, TemaNord 1995:581, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, January
US EPA (1999) Development of Chemical Categories in the HPV Challenge Program, http://www.epa.gov/chemrtk/categuid.htm
US EPA (2000a), The Use of Structure-Activity Relationships (SAR) in the High Production Volume Chemicals Challenge Program, http://www.epa.gov/chemrtk/sarfinl1.htm
US EPA (2000b), ECOSAR, http://www.epa.gov/oppt/newchems/21ecosar.htm
US EPA/EC (1993): US EPA Joint Project on the Evaluation of (Quantitative) Structure Activity Relationships, Commission of European Communities, Final Report, July
G.D. Veith, R.L. Lipnick, and C.L. Russom (1989). The toxicity of acetylenic alcohols to the fathead minnow, Pimephales promelas. Narcosis and proelectrophile activation. *Xenobiotica*, 19(5), 555-565

5. Metals and metal compounds

Brown, D.S. and Allison, J.D. (1987). MINTEQA1 Equilibrium Metal Speciation Model: A user's manual. Athens, Georgia, USEPA Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development
OECD (1998). Harmonized Integrated Hazard Classification System for Human Health and Environmental Effects of Chemical Substances, http://www.oecd.org/ehs/Class/HCL6.htm
OECD (2000). Guidance Document on Aquatic Toxicity Testing of Difficult Substances and Mixtures

OECD (2001). Guidance Document on Transformation/Dissolution of Metals and Metals Compounds in Aqueous Media Santore, R.C. and Driscoll, C.T. (1995). The CHESS Model for Calculating Chemical Equilibria in Soils and Solutions, Chemical Equilibrium and Reaction Models. The Soil Society of America, American Society of Agronomy

Santore, R.C. and Di Toro, D.M. et al (1999). A biotic ligand model of the acute toxicity of metals. II. Application to fish and daphnia exposure to copper. Environ. Tox. Chem. Submitted

Skeaff, J., Delbeke, K., Van Assche, F. and Conard, B. (2000) A critical surface are concept for acute hazard classification of relatively insoluble metal-containing powders in aquatic environments. Environ. Tox. Chem. 19:1681-1691

Tipping, E. (1994). WHAM – A computer equilibrium model and computer code for waters, sediments, and soils incorporating discrete site/electrostatic model of ion-binding by humic substances. Computers and Geoscience 20 (6): 073-1023

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

1. Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος

2. Ευρωπαϊκοί Δείκτες Περιβάλλοντος

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΓΙΑ ΟΥΣΙΕΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΕΝΟΥΣ ΑΛΛΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι : ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΓΙΑ ΟΥΣΙΕΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΕΝΟΥΣ ΑΛΛΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ

ΜΕΡΟΣ Α : Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για ουσίες προτεραιότητας σε επιφανειακά ύδατα

ΕΜΤ: Ετήσια Μέση τιμή·

ΜΕΣ: Μέγιστη Επιτρεπόμενη Συγκέντρωση

Μονάδα: [μg/l].

Μονάδα: [μg/l].

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ν°	**Ονομασία ουσίας**	**Αριθμός CAS**	**ΕΜΤ-ΠΠΠ[21]** **Επιφανειακά ύδατα ενδοχώρας**	**ΕΜΤ-ΠΠΠ[21]** **Λοιπά επιφανειακά ύδατα**	**ΜΕΣ-ΠΠΠ[22]** **Επιφανειακά ύδατα ενδοχώρας**	**ΜΕΣ-ΠΠΠ[22]** **Λοιπά επιφανειακά ύδατα**
(1)	Alachlor	15972-60-8	0.3	0.3	0.7	0.7
(2)	Ανθρακένιο	120-12-7	0.1	0.1	0.4	0.4
(3)	Ατραζίνη	1912-24-9	0.6	0.6	2.0	2.0
(4)	Βενζόλιο	71-43-2	10	8	50	50
(5)	Πενταβρωμοδιφαινυλαιθέρας[23]	32534-81-9	0.0005	0.0002	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(6)	Κάδμιο και ενώσεις του *(Ανάλογα με τις κατηγορίες σκληρότητας ύδατος[24])*	7440-43-9	≤ 0.08 (Κατηγορία 1) 0.08 (Κατηγορία 2) 0.09 (Κατηγορία 3) 0.15 (Κατηγορία 4) 0.25 (Κατηγορία 5)	0.2	≤ 0.45 (Κατηγορία 1) 0.45 (Κατηγορία 2) 0.6 (Κατηγορία 3) 0.9 (Κατηγορία 4) 1.5 (Κατηγορία 5)	
(7)	Χλωροαλκάνια C10-13	85535-84-8	0.4	0.4	1.4	1.4
(8)	Chlorfenvinphos	470-90-6	0.1	0.1	0.3	0.3

1

---

21. Η παράμετρος αυτή είναι το Πρότυπο Ποιότητας Περιβάλλοντος εκφραζόμενο ως Ετήσια Μέση Τιμή (ΠΠΠ-ΕΜΤ).

22 Η παράμετρος αυτή είναι το Πρότυπο Ποιότητας Περιβάλλοντος εκφραζόμενο ως Μέγιστη Επιτρεπόμενη Συγκέντρωση (ΠΠΠ-ΜΕΣ). Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες για το ΠΠΠ-ΜΕΣ σημειώνεται «δεν εφαρμόζεται», οι τιμές ΕΜΤ-ΠΠΠ προστατεύουν και έναντι των βραχυπρόθεσμων αιχμών ρύπανσης εφόσον είναι σημαντικά χαμηλότερες σε σχέση με τις τιμές που προκύπτουν με βάση την οξεία τοξικότητα.

23 Για την ομάδα ουσιών προτεραιότητας την καλυπόμενη από βρωμιούχοι διφαινυλαιθέρες (αριθ. 5) που αναφέρεται στην απόφαση αριθ. 2455/2001/ΕΚ καθορίζεται ΠΠΠ μόνο για τον πενταβρωμοδιφαινυλαιθέρα.

24 Για το κάδμιο και τις ενώσεις του (αριθ. 6) οι τιμές ΠΠΠ κυμαίνονται ανάλογα με τη σκληρότητα του ύδατος όπως ορίζεται στις 5 κατηγορίες κατάταξης (Κατηγορία 1: <40 mg CaCO3/l, Κατηγορία 2: 40 έως <50 mg CaCO3/l, Κατηγορία 3: 50 έως <100 mg CaCO3/l, Κατηγορία 4: 100 έως <200 mg CaCO3/l και Κατηγορία 5: ≥200 mg CaCO3/l).

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Nº	**Ονομασία ουσίας**	**Αριθμός CAS**	**ΕΜΤ-ΠΠΠ[21]** Επιφανειακά ύδατα ενδοχώρας	**ΕΜΤ-ΠΠΠ[21]** Λοιπά επιφανειακά ύδατα	**ΜΕΣ-ΠΠΠ[22]** Επιφανειακά ύδατα ενδοχώρας	**ΜΕΣ-ΠΠΠ[22]** Λοιπά επιφανειακά ύδατα
(9)	Chlorpyrifos	2921-88-2	0.03	0.03	0.1	0.1
(10)	1,2-Διχλωροαιθάνιο	107-06-2	10	10	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(11)	Διχλωρομεθάνιο	75-09-2	20	20	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(12)	Φθαλικό δι(2-αιθυλεξύλιο) (ΦΔΕΕ - DEHP)	117-81-7	1.3	1.3	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(13)	Diuron	330-54-1	0.2	0.2	1.8	1.8
(14)	Ενδοσουλφάνιο	115-29-7	0.005	0.0005	0.01	0.004
(15)	Φθορανθένιο	206-44-0	0.1	0.1	1	1
(16)	Εξαχλωροβενζόλιο	118-74-1	0.01	0.01	0.05	0.05
(17)	Εξαχλωροβουταδιένιο	87-68-3	0.1	0.1	0.6	0.6
(18)	Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	608-73-1	0.02	0.002	0.04	0.02
(19)	Isoproturon	34123-59-6	0.3	0.3	1.0	1.0
(20)	Μόλυβος και ενώσεις του	7439-92-1	7.2	7.2	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(21)	Υδράργυρος και ενώσεις του	7439-97-6	0.05	0.05	0.07	0.07
(22)	Ναφθαλίνιο	91-20-3	2.4	1.2	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(23)	Νικέλιο και ενώσεις του	7440-02-0	20	20	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(24)	Εννεϋλοφαινόλη	25154-52-3	0.3	0.3	2.0	2.0
(25)	Οκτυλοφαινόλη	1806-26-4	0.1	0.01	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Nº	**Ονομασία ουσίας**	**Αριθμός CAS**	**ΕΜΤ-ΠΠΠ[21]** **Επιφανειακά ύδατα ενδοχώρας**	**ΕΜΤ-ΠΠΠ[21]** **Λοιπά επιφανειακά ύδατα**	**ΜΕΣ-ΠΠΠ[22]** **Επιφανειακά ύδατα ενδοχώρας**	**ΜΕΣ-ΠΠΠ[22]** **Λοιπά επιφανειακά ύδατα**
(26)	Πενταχλωροβενζόλιο	608-93-5	0.007	0.0007	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(27)	Πενταχλωροφαινόλη	87-86-5	0.4	0.4	1	1
(28)	Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ - PAH)[23]	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
	Βενζο(α)πυρένιο	50-32-8	0.05	0.05	0.1	0.1
	Βενζο(β)φθορανθένιο	205-99-2	Σ=0.03	Σ=0.03	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
	Βενζο(κ)φθορανθένιο	207-08-9				
	Βενζο(ζ,η,θ)περυλένιο	191-24-2	Σ=0.002	Σ=0.002	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
	Ινδενο(1,2,3-γδ)πυρένιο	193-39-5				
(29)	Σιμαζίνη	122-34-9	1	1	4	4
(30)	Ενώσεις τριβουτυλτίνης	688-73-3	0.0002	0.0002	0.0015	0.0015
(31)	Τριχλωροβενζόλια (όλα τα ισομερή)	12002-48-1	0.4	0.4	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(32)	Τριχλωρομεθάνιο	67-66-3	2.5	2.5	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(33)	Τριθαραλίνη	1582-09-8	0.03	0.03	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*

• Για την ομάδα ουσιών προτεραιότητας πολυαρωματικών υδρογονανθράκων (ΠΑΥ - PAH) (αριθ. 28), κάθε μεμονωμένο ΠΠΠ συμφωνεί με, π.χ. το ΠΠΠ για το βενζο(α)πυρένιο και το ΠΠΠ για το άθροισμα βενζο(β)φθορανθένιο και βενζο(κ)φθορανθένιο και το ΠΠΠ για το άθροισμα βενζο(ζ,η,θ)περυλένιο και ινδενο(1,2,3-γδ)πυρένιο.

ΜΕΡΟΣ Β: Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για άλλους Ρύπους

ΕΜΤ: Ετήσια Μέση τιμή·

ΜΕΣ: Μέγιστη Επιτρεπόμενη Συγκέντρωση

Μονάδα: [μg/l].

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
N°	**Ονομασία ουσίας**	**Αριθμός CAS**	**ΕΜΤ-ΠΠΠ[21]** Επιφανειακά ύδατα ενδοχώρας	**ΕΜΤ-ΠΠΠ[21]** Λοιπά επιφανειακά ύδατα	**ΜΕΣ-ΠΠΠ[22]** Επιφανειακά ύδατα ενδοχώρας	**ΜΕΣ-ΠΠΠ[22]** Λοιπά επιφανειακά ύδατα
(1)	DDT ολικό[26]	*Δεν εφαρμόζεται*	0.025	0.025	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
	Παρα-παρα-DDT	50-29-3	0.01	0.01	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(2)	Aldrin	309-00-2	Σ=0.010	Σ=0.005	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(3)	Dieldrin	60-57-1				
(4)	Endrin	72-20-8				
(5)	Isodrin	465-73-6				
(6)	Ανθρακοτετραχλωρίδιο	56-23-5	12	12	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(7)	Τετραχλωροαιθυλένιο	127-18-4	10	10	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*
(8)	Τριχλωροαιθυλένιο	79-01-6	10	10	*Δεν εφαρμόζεται*	*Δεν εφαρμόζεται*

**Άλλα Πρότυπα Ποιότητας Υδάτων

** Το ολικό DDT περιλαμβάνει το άθροισμα των ισομερών 1,1,1-τριχλωρο-2,2 δις (*p*-χλωροφαινυλο) αιθάνιο (αριθμός CAS 50-29-3); 1,1,1-τριχλωρο-2 (*o*- χλωροφαινυλο)-2-(*p*- χλωροφαινυλο) αιθάνιο (αριθμός CAS 789-02-6); 1,1-διχλωρο-2,2 δις (*p*- χλωροφαινυλο) αιθυλένιο (αριθμός CAS 72-55-9); και 1,1-διχλωρο-2,2 δις (*p*-χλωροφαινυλο) αιθάνιο (αριθμός CAS 72-54-8).

Θαλάσσια Ρύπανση

Το θαλάσσιο περιβάλλον αποτελεί ένα πολύτιμο κεφάλαιο. Οι θάλασσες και οι ωκεανοί αντιπροσωπεύουν το 99% του διαθέσιμου ζωτικού χώρου στον πλανήτη μας, καλύπτουν το 71% της επιφάνειας της γης και περιέχουν το 90% της βιόσφαιρας· περικλείουν συνεπώς μεγαλύτερη βιοποικιλότητα* συγκριτικά με τα χερσαία οικοσυστήματα και τα γλυκά νερά. Το θαλάσσιο περιβάλλον είναι ένα στοιχείο απαραίτητο για τη ζωή στη γη (και μάλιστα ως κύρια πηγή του οξυγόνου) και ο ρόλος του στη διαμόρφωση του κλίματος είναι καθοριστικός. Επίσης αποτελεί σημαντικό παράγοντα οικονομικής και κοινωνικής ευημερίας και ποιότητας ζωής (web site:www.europa.eu).

Το θαλάσσιο περιβάλλον από την εκδήλωση ενός ατυχήματος μπορεί να υποβαθμιστεί σε δύο επίπεδα·

- σε επίπεδο ζωικών και φυτικών πληθυσμών, εξαιτίας π.χ. μολύνσεων, ευτροφισμού, απόληψης υλικών σε μεγάλη κλίμακα, εισαγωγής παθογόνων οργανισμών κλπ., διεργασίες που συνεπάγονται απώλεια βιοποικιλότητας·
- σε επίπεδο των θέσεων όπου αναπτύσσονται οι πληθυσμοί αυτοί, εξαιτίας κυρίως απόρριψης υλικών, επικίνδυνων ουσιών, απορρίψεις υδρογονανθράκων μετά από ατυχήματα τεχνικής διάβρωσης του εδάφους κλπ., δραστηριότητες που διαταράσσουν ή καταστρέφουν τα θαλάσσια ενδιαιτήματα.

Πέρα από την οικολογική πτυχή του προβλήματος, οι προσβολές του θαλάσσιου περιβάλλοντος έχουν αρνητικές επιπτώσεις και στις οικονομικές δραστηριότητες που εξαρτώνται απ' αυτό και υπονομεύουν τις δυνατότητες παραγωγής πλούτου και δημιουργίας θέσεων απασχόλησης στους ωκεανούς και τις θάλασσες, στους τομείς κυρίως της αλιείας και του τουρισμού.

Η Ευρωπαϊκή επιτροπή προτείνει ένα πλαίσιο και κοινούς στόχους για την προστασία και τη διατήρηση του αναφορικά σε όλες τις πιθανές προσβολές (κλιματικές αλλαγές, ρύπανση από απόβλητα, επικίνδυνες ουσίες προερχόμενες από χερσαίες πηγές, απορρίψεις υδρογονανθράκων μετά από ατυχήματα, την υπερεκμετάλλευση των αλιευτικών πόρων από την εμπορική αλιεία, την εισαγωγή μη ενδημικών ειδών, τον ευτροφισμό κλπ).

Οι πράξεις που πλαισιώνουν την παραπάνω δράση είναι:

1. Ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο της 24ης Οκτωβρίου 2005 «Θεματική στρατηγική για την προστασία και τη διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος» [COM(2005) 504 - δεν έχει δημοσιευτεί στην Επίσημη Εφημερίδα]

---

* **Βιοποικιλότητα**: περιλαμβάνει όλα τα βιολογικά είδη, οικοσυστήματα και το γενετικό τους απόθεμα. Η βιοποικιλότητα ορίζεται από την ποικιλία και την ποικιλότητα των συστατικών της στοιχείων.

2. Πρόταση οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου περί θεσπίσεως πλαισίου για κοινοτική δράση στο πεδίο της πολιτικής για το θαλάσσιο περιβάλλον (οδηγία «Στρατηγική για το θαλάσσιο περιβάλλον»)

Τα κράτη μέλη οφείλουν κατά πρώτον να αξιολογούν την οικολογική κατάσταση των υδάτων τους και τον αντίκτυπο των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Η αξιολόγηση αυτή περιλαμβάνει:

- ανάλυση των θεμελιωδών χαρακτηριστικών των υδάτων (φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά, τύποι ενδιαιτημάτων, ζωικοί και φυτικοί πληθυσμοί, κλπ.)·
- ανάλυση των επιπτώσεων και των κύριων πιέσεων που δέχονται τα ύδατα, εξαιτίας κυρίως ανθρωπογενών δραστηριοτήτων που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά των υδάτων (μόλυνση από τοξικά προϊόντα, ευτροφισμός•, ασφυξία ή έμφραξη των ενδιαιτημάτων εξαιτίας κατασκευών, εισαγωγή μη ενδημικών ειδών, ζημιές που προκαλούνται από τις άγκυρες των πλοίων, κλπ·
- οικονομική και κοινωνική ανάλυση της χρησιμοποίησης των υδάτων, καθώς και ανάλυση του κόστους της υποβάθμισης του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Άλλες συναφείς πράξεις που αφορούν την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος στον ελλαδικό χώρο και μπορούν να ληφθούν υπόψη κατά την καταγραφή των επιπτώσεων από ατύχημα και σχεδιασμού δράσεων αποκατάστασης είναι:

- Ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο της 2ας Οκτωβρίου 2002 « Προς μια στρατηγική για την προστασία και τη διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος» [COM(2002) 539 τελικό - δεν έχει δημοσιευτεί στην Επίσημη Εφημερίδα]
- Απόφαση 77/585/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 25ης Ιουλίου 1977 περί συνάψεως συμβάσεως για την προστασία της Μεσογείου θαλάσσης από τη ρύπανση, καθώς και του πρωτοκόλλου σχετικά με την πρόληψη της ρυπάνσεως της Μεσογείου θαλάσσης από τις βυθίσεις αποβλήτων που πραγματοποιούν τα πλοία και τα αεροσκάφη [Επίσημη εφημερίδα L 240 της 19.9.1977]

Ύδατα Κολύμβησης

Η Ευρωπαϊκή Ένωση θεσπίζει τους κανόνες επιτήρησης, αξιολόγησης και διαχείρισης της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης, καθώς και τους κανόνες παροχής πληροφοριών για την ποιότητα των υδάτων. Οι κανόνες αυτής θεσπίζονται από τις παρακάτω οδηγίες (web site:www.europa.eu).:

1.Οδηγία 76/160/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 8ης Δεκεμβρίου 1975, περί της ποιότητος των υδάτων κολύμβησης

• **Ευτροφισμός:** υπερβολικές ποσότητες αζωτούχων θρεπτικών υλικών (αμμωνία και οξείδιο του αζώτου) οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ανώτερων ζωικών ειδών και διατάραξη των φυτοκοινωνιών (απώλεια βιοποικιλότητας).

2.Οδηγία 2006/7/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 15ης Φεβρουαρίου 2006, σχετικά με τη διαχείριση της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης και την κατάργηση της οδηγίας 76/160/ΕΟΚ.

Οδηγία 76/160/ΕΟΚ

Η οδηγία 76/160/ΕΟΚ αφορά την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης, εκτός από τα ύδατα που χρησιμοποιούνται για θεραπευτικούς σκοπούς και τα κολυμβητήρια.

Η οδηγία καθορίζει τα ελάχιστα κριτήρια ποιότητας τα οποία πρέπει να πληρούν τα ύδατα κολύμβησης:

- τις φυσικοχημικές και μικροβιολογικές παραμέτρους·
- τις υποχρεωτικές τιμές και τις ενδεικτικές τιμές των εν λόγω παραμέτρων·
- την ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας και τη μέθοδο ανάλυσης ή επιθεώρησης των υδάτων κολύμβησης·

Ο στόχος της οδηγίας είναι διπτός: η μείωση και η πρόληψη της ρύπανσης των υδάτων και η ενημέρωση των Ευρωπαίων για τον βαθμό ρύπανσης των υδάτων.

Οδηγία 2006/7/ΕΚ

Η εν λόγω οδηγία θα αντικαταστήσει την παλαιά οδηγία 76/160/ΕΟΚ μετά τη μεταφορά της στο δίκαιο των κρατών μελών. Αναμένεται να τεθεί σε εφαρμογή το αργότερο στις αρχές του 2008. Η οδηγία θεσπίζει δύο παραμέτρους ανάλυσης (εντερόκοκκοι και κολοβακτηρίδια) αντί των δεκαεννέα της προηγούμενης οδηγίας. Οι εν λόγω παράμετροι θα χρησιμεύσουν για την επιτήρηση και την αξιολόγηση της ποιότητας των ορισθέντων υδάτων κολύμβησης, καθώς και για την ταξινόμηση των εν λόγω υδάτων ανάλογα με την ποιότητά τους. Ενδεχομένως, μπορούν να ληφθούν υπόψη και άλλες παράμετροι, όπως η παρουσία κυανοβακτηρίων ή μικροφυκών.

Πόσιμο Νερό

Η Ευρωπαϊκή Ένωση καθορίζει τις βασικές ποιοτικές προδιαγραφές τις οποίες πρέπει να ικανοποιούν τα νερά που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Η σχετική πράξη που ορίζει **τις προδιαγραφές είναι:**

Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου, της 3ης Νοεμβρίου 1998, σχετικά με την ποιότητα των νερών που προορίζονται για την ανθρώπινη κατανάλωση (web site:www.europa.eu)..

Η Οδηγία αποσκοπεί στην προστασία της υγείας του κοινού με την καθιέρωση κριτηρίων υγιεινής και καθαριότητας στα οποία πρέπει να ανταποκρίνεται το πόσιμο νερό στην Κοινότητα.

Η Οδηγία ισχύει για όλα τα νερά που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, εξαιρουμένων των φυσικών μεταλλικών νερών (es de en fr) και των θεραπευτικών νερών.

Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε το πόσιμο νερό:

- να μην περιέχει συγκεντρώσεις μικροοργανισμούς, παράσιτα ή κάθε άλλη ουσίας σε συγκέντρωση τέτοια που μπορεί να δημιουργήσει κίνδυνο για την υγεία των ανθρώπων·
- να τηρεί τις μίνιμουμ απαιτήσεις (μικροβιολογικές, χημικές και ραδιενεργές παράμετροι) που καθορίζονται στην Οδηγία.

Χλωριωμένα Διφαινύλια -PCBs

Στη βιβλιογραφική εντοπίστηκε συγκεκριμένα για τα χλωριωμένα διφαινύλια –**PCBs** τα οποία συγκαταλέγονται στους έμμονους οργανικούς ρύπους συγκεκριμένη οδηγία από την Commision η οποία αναφέρεται Εκτίμηση Οικολογικού Κινδύνου από εκπομπές **PCBs σε αποδέκτες στο υδάτινο περιβάλλον και στην άγρια χλωρίδα και πανίδα (Ecological Risk Assessment for PCB Sites A Guide for Determining The Risk of PCB Exposure to Ecological Receptors, 2005). Στον οδηγό παρουσιάζονται μέθοδοι υπολογισμού αναμενόμενων βλαβών κυρίως σε υδάτινους αποδέκτες.**

Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες

Επιπλέον \ σημειώνεται ότι βάση της Οδηγίας της Commission το 2002 για τους Πολυκυκλικούς Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες «**Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food**» που είναι πολύ τοξικοί και μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές βλάβες στο περιβάλλον προβλέπονται συγκεκριμένα μέγιστα όρια (ημερήσια) που μπορεί να αποδεχθεί ο άνθρωπος από διαφορετικές οδεύσεις π.χ. μέσω τροφών ή πόσιμου νερού. Τα όρια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την εξέταση των επιπτώσεων σε αποδέκτες στο περιβάλλον μιας εγκατάστασης όπως είναι οι καλλιέργειες ή οι πηγές πόσιμου νερού.

Έδαφος

Ευρωπαϊκή νομοθεσία και κατευθυντήριες οδηγίες αναφορικά σε εκτίμηση επιπτώσεων στο έδαφος η οποία καταγράφτηκε έπειτα από βιβλιογραφική έρευνα και περιλαμβάνει τα παρακάτω:

Agricultural Land (Removal of Surface Soil) Act 1953

- ***Countryside and Rights of Way Act 2000***
- ***Environmental Protection Act 1990***
- ***Environment Act 1995***

Natural Environment and Rural Communities Act 2006

Wildlife and Countryside Act 1981

- ***Wildlife and Countryside Act 1981 (England and Wales) (Amendment) Regulations 2004 SI 1487***

Wildlife and Countryside (Amendment) Act 1985

- ***Wildlife and Countryside (Amendment) Act 1991***
- ***Action Programme for Nitrate Vulnerable Zones (England and Wales) Regulations 1998, SI 1202***
- ***The Animal By-Products Regulations 2005 SI 2347***

Contaminated Land (England) Regulations 2006, SI 1380

- ***Control of Pollution (Silage, Slurry and Agricultural Fuel Oil) Regulations 1991 SI 324***
- ***Control of Pollution (Silage, Slurry and Agricultural Fuel Oil) (Amendment) Regulations 1996, SI 2044***
- ***Control of Pollution (Silage, Slurry and Agricultural Fuel Oil) (Amendment) Regulations 1997 SI 547***

Environmental Impact Assessment (Forestry) (England and Wales) Regulations 1999, SI 2228
Environmental Impact Assessment (Uncultivated Land and Semi-natural Areas) (England) Regulations 2001, SI 3966

- ***Environmental Impact Assessment (Uncultivated Land and Semi-natural Areas) England)(Amendment) Regulations 2005, SI 1430***
- ***Farm Waste Grant (Nitrate Vulnerable Zones) (England) Scheme 2003 SI 562***
- ***Nitrate Vulnerable Zones (Additional Designations) (England) (No2) Regulations 2002, SI 2614***

Ατμόσφαιρα

Ευρωπαϊκή νομοθεσία και κατευθυντήριες οδηγίες αναφορικά με εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα η οποία καταγράφτηκε έπειτα από βιβλιογραφική έρευνα και περιλαμβάνει τα παρακάτω:

- Clean Air (Emission of Dark Smoke) (Exemption) Regulations 1969 SI 1263
  Clean Air Act 1993
- Climate Change Agreements (Energy-intensive Installations) Regulations 2006, SI 59
- Climate Change Agreements (Eligible Facilities) Regulations 2006, SI 60
- Climate Change Agreements (Eligible Facilities) (Amendment) Regulations 2006, SI 1931
- Climate Change Agreements (Miscellaneous Amendments) Regulations 2006, SI 1848
- Climate Change Levy (Fuel Use and Recycling Processes) Regulations 2005, SI 1715
- Climate Change Levy (General) Regulations 2001, SI 838
- Climate Change Levy (General) (Amendment) Regulations 2003 SI 604
- Climate Change Levy (Miscellaneous Amendments) Regulations 2005, SI 1716
- Climate Change Levy (General) (Amendment) Regulations 2006, SI 954
- Environmental Protection Act 1990
- Pollution Prevention and Control Act 1999
- Crop Residues (Burning) Regulations 1993 SI 1366
- Environmental Protection (Controls on Ozone-Depleting Substances) Regulations 2002 SI 528
- EU Regulation on Substances that Deplete the Ozone Layer 2037/2000
- EU Regulation on Persistent Organic Pollutants 850/2004
- Greenhouse Gas Emissions Trading Scheme (Amendment) and National Emissions Inventory Regulations 2005, SI 2903

- Greenhouse Gas Emissions Trading Scheme (Amendment) Regulations 2006 SI 737
- Greenhouse Gas Emissions Trading Scheme Regulations 2005, SI 925
- Non-Road Mobile Machinery (Emissions of Gaseous and Particulate Pollutants) Regulations 1999, SI 1053
- Non-Road Mobile Machinery (Emission of Gaseous and Particulate Pollutants) (Amendment) Regulations 2004 SI 2034
- Non-Road Mobile Machinery (Emission of Gaseous and Particulate Pollutants) (Amendment) Regulations 2006 SI 29
- Notification of Cooling Towers and Evaporative Condensers Regulations 1992 SI 2225
- Ozone Depleting Substances (Qualifications) Regulations 2006, SI 1510
- Smoke Control Areas (Exempted Fireplaces) (England) Order 2003, SI 2328
- Smoke Control Areas (Authorised Fuels) (England) (Amendment) Regulations 2002, SI 3046
- Smoke Control Areas (Authorised Fuels) (England) Regulations 2001, SI 3745
- Smoke Control Areas (Authorised Fuels) (England) (Amendment) Regulations 2005 SI 2895
- Smoke Control Areas (Authorised Fuels) (England) (Amendment) Regulations 2006, SI 1869
- Smoke Control Areas (Exempted Fireplaces) (England) Order 2005, SI 2304
- Smoke Control Areas (Exempted Fireplaces) (England) Order 2006, SI 1152
- Solvent Emissions (England and Wales) Regulations 2004 SI 107
- Volatile Organic Compounds in Paints, Varnishes and Vehicle Refinishing Products Regulations 2005, SI 2773

Ευρωπαϊκοί Δείκτες

Γενικά Στοιχεία

Κατά τη διάσκεψη κορυφής στο Γκέτεμποργκ τον Ιούνιο του 2001, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο συμφώνησε για την υιοθέτηση «στρατηγικής για την αειφόρο ανάπτυξη η οποία συμπληρώνει την πολιτική δέσμευση της Ένωσης για την οικονομική και κοινωνική ανανέωση, προσθέτοντας μία τρίτη, περιβαλλοντική διάσταση στη στρατηγική της Λισσαβώνας και καθορίζοντας νέα προσέγγιση στη χάραξη πολιτικής».

Η στρατηγική αυτή επικεντρώνεται σε τέσσερις τομείς προτεραιότητας: αντιμετώπιση του προβλήματος των κλιματικών μεταβολών, εξασφάλιση αειφορίας στις μεταφορές, αντιμετώπιση των κινδύνων για τη δημόσια υγεία και πιο υπεύθυνη διαχείριση των φυσικών πόρων. Η Στρατηγική για την Αειφόρο Ανάπτυξη θα αξιολογείται βάση ετήσιας εαρινής έκθεσης βάσει δεικτών κομμάτι των οποίων αποτελούν επτά δείκτες για το περιβάλλον που καλύπτουν πτυχές των τεσσάρων τομέων προτεραιότητας. Μέσα από δείκτες ορίζονται πλέον τιμές στόχοι -πρότυπα ποιότητας που τα κράτη μέλη καλούνται να επιτύχουν, να διατηρήσουν και να βελτιώσουν βελτιώνοντας και εξασφαλίζοντας συνεχώς καλύτερες περιβαλλοντικές συνθήκες διαβίωσης.

Υπάρχουν διαρθρωτικοί δείκτες (42 στο σύνολο) που αποτελούν μέρος ενός ευρύτερου συστήματος δεικτών, το οποίο συχνά αναφέρεται ως "πυραμίδα", όπου κάθε επίπεδο έχει μια συγκεκριμένη και καλά οριοθετημένη λειτουργία.

Το Δεκέμβριο του 2001 το Συμβούλιο και η Επιτροπή ενέκριναν από κοινού τον κατάλογο διαρθρωτικών δεικτών για την εαρινή έκθεση του 2002[2]. Παράλληλα, αναγνωρίστηκε ότι οι δείκτες για την (περιβαλλοντική) αειφόρο ανάπτυξη που είχαν επιλεγεί για την έκθεση δεν παρουσιάζουν ολοκληρωμένη εικόνα για τα περιβαλλοντικά θέματα που επηρεάζουν την αειφορία και θα έπρεπε να βελτιωθούν. Ωστόσο, δεν είναι δυνατή η αύξηση του συνολικού αριθμού των δεικτών, δεδομένου ότι ο αριθμός των διαρθρωτικών δεικτών ήδη θεωρείται εξαιρετικά μεγάλος.

Οι δείκτες δεν αναφέρονται μονάχα στις επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες όπως αυτές ορίζονται από την ΚΥΑ 12044/613 αλλά εκφράζουν τη γενική περιβαλλοντική επιβάρυνση που μπορεί να προκύψει από διάφορους οργανικούς και μη, αέριους, υγρούς ή στερεούς ρυπαντές. Σημειώνεται ότι η ανάπτυξη των δεικτών βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με νομοθετήματα και πράξης της ΕΕ όπως αυτά αναφέρονται και στις προηγούμενες παραγράφους.

Στην παρούσα έρευνα θεωρείται ότι οι δείκτες αυτοί μπορούν να δράσουν ως κατευθυντήριοι άξονες για τον έγκυρο εντοπισμό και εξέταση επιπτώσεων σημαντικών ρυπαντών σε ευαίσθητους αποδέκτες: οικοσυστήματα και ενδιαιτήματα. Παράλληλα μπορούν να λειτουργήσουν ως αναφορά στο μέγεθος βλαβών και να αποτελέσουν ένα μέτρο σύγκρισης κατά την εκτίμηση επιπτώσεων. Συγκρίσεις των εκτιμώμενων συγκεντρώσεων επικίνδυνων ουσιών και των συνεπειών σε τρωτούς αποδέκτες από την εκδήλωση ατυχήματος συναρτήσει των δεικτών ή των αναμενόμενων μεταβολών στους δείκτες θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα αξιολόγησης σοβαρότητας ενός ατυχήματος και άξονα διαμόρφωσης σχεδίων δράσεις έκτακτης ανάγκης και εξυγίανσης.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι σχετικοί Βασικοί Ευρωπαϊκοί Δείκτες Αναφοράς για τα Ύδατα, το Έδαφος και την Ατμόσφαιρα χωρίς να παρατίθενται αναλυτικά στοιχεία για τις τιμές τους. Η αναλυτική επεξεργασία τους και ο τρόπος άμεσου συσχετισμού βλαβών από εκδήλωση ατυχήματος με τους δείκτες (επιβάρυνση δεικτών) δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσα μελέτης. Αναλυτικές πληροφορίες αναφορικά στους δείκτες μπορούν να αντληθούν από τις αναφορές των σχετικών συνεδριάσεων καθώς και από τις εκτεταμένες αναφορές της ΕΕ (Επιτροπή ευρωπαϊκών κοινοτήτων Βρυξέλλες, Βασικοί Περιβαλλοντικοί Δείκτες , www.europa.eu). Οι βιβλιογραφικές πηγές των στοιχείων που ακολουθούν περιλαμβάνουν στοιχεία από πληροφοριακά σημειώματα και ελέγχους , ετήσιες εκθέσεις κρατών μελών της ΕΚ, κατευθυντήριων οδηγιών της Commision κ.α. που διατίθενται στους δικτυακούς τόπους:

---

[2] Συμπεράσματα του Συμβουλίου με θέμα τους βασικούς περιβαλλοντικούς δείκτες για την αειφόρο ανάπτυξη εν όψει της παρακολούθησης της προόδου στην εφαρμογή της στρατηγικής αειφόρου ανάπτυξης της ΕΕ, αριθ. 14589/01.

Web sites: http://themes.eea.europa.eu/indicators/bythemes,
http://themes.eea.europa.eu/IMS/CSI
http://www.aegean.gr/environment/eda/Envirohelp/greece/bestpractices/EnvIndicators.html
http://www.uoi.gr/life/Frames.htm

Δείκτες για τα Ύδατα, Έδαφος και Ατμόσφαιρα

Ουσίες που καταναλώνουν οξυγόνο στους ποταμούς

Η παρουσία μεγάλων ποσοτήτων οργανικής ύλης (μικρόβια και αποσυντιθέμενα οργανικά απόβλητα) μπορεί να υποβαθμίσει τη χημική και βιολογική ποιότητα των υδάτων των ποταμών, να περιορίσει τη βιοποικιλότητα των υδατικών κοινοτήτων και να προκαλέσει μικροβιολογική ρύπανση, η οποία μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του πόσιμου νερού και των υδάτων κολύμβησης. Η οργανική ρύπανση οδηγεί σε υψηλότερα επίπεδα διεργασιών μεταβολισμού, που απαιτούν οξυγόνο. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη υδατικών ζωνών χωρίς οξυγόνο (αναερόβιες συνθήκες). Ο μετασχηματισμός του αζώτου σε περιορισμένες μορφές υπό αναερόβιες συνθήκες οδηγεί με τη σειρά του σε αυξημένες συγκεντρώσεις αμμωνίου, οι οποίες είναι τοξικές για την υδατική ζωή πάνω από ορισμένα επίπεδα συγκεντρώσεων, ανάλογα με τη θερμοκρασία, την αλμυρότητα και το pH των υδάτων.

Ο βασικός δείκτης της κατάστασης οξυγόνωσης των υδατικών συστημάτων είναι οι **βιοχημικές ανάγκες σε οξυγόνο (BAO)**, δηλαδή η ζήτηση οξυγόνου από μικροοργανισμούς στο νερό που καταναλώνουν οξειδώσιμες οργανικές ύλες. Ο δείκτης απεικονίζει την τρέχουσα κατάσταση και τις τάσεις των BAO και των συγκεντρώσεων αμμωνίου (NH4) στους ποταμούς. Οι μέσες ετήσιες BAO μετά από 5 ή 7 ημέρες επώασης (BAO5/BAO7) εκφράζεται σε mg O2/l, ενώ οι μέσες ετήσιες συνολικές συγκεντρώσεις αμμωνίου σε μικρογραμμάρια N/l.

Θρεπτικές ουσίες στα γλυκά ύδατα

Μεγάλες εισροές **αζώτου και φωσφόρου** στα υδατικά συστήματα από αστικές, βιομηχανικές και γεωργικές περιοχές μπορεί να οδηγήσουν σε ευτροφισμό. Αυτό προκαλεί οικολογικές μεταβολές που μπορεί να οδηγήσουν στην απώλεια φυτικών και ζωικών ειδών (υποβάθμιση της οικολογικής κατάστασης) και να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στη χρήση των υδάτων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση και άλλους σκοπούς. Η περιβαλλοντική ποιότητα των επιφανειακών υδάτων σε σχέση με τον ευτροφισμό και τις συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών αποτελεί στόχο διαφόρων οδηγιών: της οδηγίας πλαίσιο για τα ύδατα, της οδηγίας για τη νιτρορρύπανση, τις οδηγίας για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, της οδηγίας για τα επιφανειακά ύδατα και της οδηγίας για τα ψάρια του γλυκού νερού.

Ο δείκτης εκφράζει συγκεντρώσεις ορθοφωσφορικών αλάτων και νιτρικών ιόντων στους ποταμούς, συνολικός φώσφορος και νιτρικά ιόντα στις λίμνες και νιτρικά ιόντα στα συστήματα υπογείων υδάτων. Ο δείκτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να απεικονίσει γεωγραφικές διακυμάνσεις στις τρέχουσες συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών καθώς και χρονικές τάσεις. Η συγκέντρωση νιτρικών ιόντων

εκφράζεται σε mg νιτρικών ιόντων (NO3)/l, ενώ η συγκέντρωση ορθοφωσφορικών αλάτων και ο συνολικός φώσφορος σε μgP/l.

Θρεπτικές ουσίες σε μεταβατικά, παράκτια και θαλάσσια ύδατα

Ο εμπλουτισμός με **άζωτο και φώσφορο** μπορεί να προκαλέσει μία αλυσίδα ανεπιθύμητων επιπτώσεων, με αφετηρία την υπερβολική ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού που αυξάνει την ποσότητα της οργανικής ύλης που κατακάθεται στον βυθό. Αυτό μπορεί να ενισχυθεί από αλλαγές στη σύνθεση των ειδών και στη λειτουργία της πελαγικής τροφικής αλυσίδας (π.χ. αύξηση μικρών μαστιγοφόρων αντί μεγαλύτερων διατόμων), γεγονός που οδηγεί σε χαμηλότερη βόσκηση από κωπήποδα και αυξημένη ιζηματοποίηση. Η συνεπακόλουθη αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου μπορεί, σε περιοχές με στρωματοποιημένες υδάτινες μάζες, να οδηγήσει σε εξάντληση του οξυγόνου, αλλαγές στη δομή των κοινοτήτων και θάνατο της βενθικής πανίδας. Ο ευτροφισμός μπορεί επίσης να αυξήσει τον κίνδυνο άνθησης της υδατικής χλωρίδας, μέρος της οποίας αποτελείται από επιβλαβή είδη που προκαλούν το θάνατο της βενθικής πανίδας, άγριων και εγκλωβισμένων ιχθύων, δηλητηρίαση των ανθρώπων από οστρακοειδή. Η αυξημένη ανάπτυξη και κυριαρχία ταχέως αναπτυσσόμενων νηματοειδών μακροφυκών σε ρηχές προστατευμένες περιοχές είναι άλλο ένα αποτέλεσμα της υπερφόρτωσης με θρεπτικές ουσίες που μπορεί να μεταβάλει το παράκτιο οικοσύστημα, να αυξήσει τον κίνδυνο τοπικής εξάντλησης του οξυγόνου και να μειώσει τη βιοποικιλότητα και τις περιοχές ανάπτυξης γόνου. Ο δείκτης N/P παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον δυνητικό περιορισμό του αζώτου ή του φωσφόρου στην πρωτογενή παραγωγή φυτοπλαγκτού.

Ο δείκτης απεικονίζει τις γενικές τάσεις των χειμερινών συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων και φωσφορικών αλάτων (μικρογραμμάρια/l), και του δείκτη N/P στις περιφερειακές θάλασσες της Ευρώπης.

Ποιότητα των υδάτων κολύμβησης

Η οδηγία περί ποιότητας των υδάτων κολύμβησης (76/160/ΕΟΚ) είχε ως στόχο την προστασία του κοινού από επεισόδια τυχαίας και χρόνιας ρύπανσης, τα οποία θα μπορούσαν να προκαλέσουν ασθένειες από τη χρήση υδάτων για σκοπούς αναψυχής. Κατά συνέπεια, η εξέταση της συμμόρφωσης με την οδηγία υποδεικνύει την κατάσταση της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης σε σχέση με τη δημόσια υγεία και επίσης την αποτελεσματικότητα της οδηγίας. Η οδηγία περί ποιότητας των υδάτων κολύμβησης (βλ. 6.5.4.2) είναι μία από τις παλαιότερες νομοθετικές πράξεις για το περιβάλλον στην Ευρώπη και δεδομένα συμμόρφωσης υπάρχουν ήδη από τη δεκαετία του 1970. Στο πλαίσιο της οδηγίας, απαιτείται από τα κράτη μέλη να χαρακτηρίσουν παράκτια και εσωτερικά ύδατα κολύμβησης και να παρακολουθούν την ποιότητα των υδάτων καθ' όλη τη διάρκεια της κολυμβητικής περιόδου.

Για να χαρακτηριστούν ως ύδατα που ανταποκρίνονται στις κατευθυντήριες τιμές, το 80 % των δειγμάτων πρέπει να ανταποκρίνεται στα πρότυπα για τα ολικά κολοβακτηρίδια και τα

κολοβακτηρίδια κοπράνων και το 90 % με τα πρότυπα που ορίζονται για τις άλλες παραμέτρους. Στις 24 Οκτωβρίου 2002, η Επιτροπή ψήφισε την πρόταση για την αναθεωρημένη οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης (COM(2002)581). Το σχέδιο οδηγίας προτείνει τη χρήση δύο μόνο παραμέτρων μικροβιολογικού δείκτη, αλλά ορίζει υψηλότερα πρότυπα υγείας σε σχέση με τη οδηγία 1976/160. Με βάση διεθνείς επιδημιολογικές έρευνες και την εμπειρία εφαρμογής της τρέχουσας οδηγίας για τα ύδατα κολύμβησης και της οδηγίας πλαίσιο για τα ύδατα, η αναθεωρημένη οδηγία προβλέπει μεθόδους μακροπρόθεσμης αξιολόγησης και διαχείρισης της ποιότητας με σκοπό να περιοριστεί τόσο η συχνότητα όσο και το κόστος παρακολούθησης.

Χλωροφύλλη σε μεταβατικά, παράκτια και θαλάσσια ύδατα

Ο δείκτης απεικονίζει τις τάσεις των μέσων θερινών επιφανειακών συγκεντρώσεων χλωροφύλλης-α στις περιφερειακές θάλασσες της Ευρώπης. Η συγκέντρωση Χλωροφύλλης-α εκφράζεται σε μικρογραμμάρια/l στα ανώτερα 10 μ. της στήλης ύδατος κατά τη διάρκεια του θέρους.

Στόχος του δείκτη είναι να παρουσιάσει τα αποτελέσματα των μέτρων που λαμβάνονται για τη μείωση των απορροών **αζώτου και φωσφορικών αλάτων** στις παράκτιες συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού που εκφράζονται ως χλωροφύλλη-α. Πρόκειται για ένα δείκτη του ευτροφισμού. Η κυριότερη συνέπεια του ευτροφισμού είναι η υπερβολική αύξηση του φυτοπλαγκτού που αυξάνει τη συγκέντρωση χλωροφύλλης-α και την ποσότητα οργανικών υλών που κατακάθονται στον πυθμένα. Η βιομάζα του φυτοπλαγκτού μετράται συχνά ως η συγκέντρωση χλωροφύλλης-α στο εύφωτο τμήμα της στήλης ύδατος. Μετρήσεις της χλωροφύλλης-α περιλαμβάνονται στα περισσότερα προγράμματα παρακολούθησης του ευτροφισμού και η χλωροφύλλη-α αντιπροσωπεύει τον βιολογικό δείκτη του ευτροφισμού με την καλύτερη γεωγραφική κάλυψη σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Οι αρνητικές επιπτώσεις της υπερβολικής αύξησης του φυτοπλαγκτού είναι 1) μεταβολές στη σύνθεση των ειδών και στη λειτουργία της πελαγικής τροφικής λυσίδας, 2) αυξημένη ιζηματοποίηση, και 3) αύξηση της κατανάλωσης οξυγόνου, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε εξάντληση του οξυγόνου με συνεπακόλουθες μεταβολές στη δομή των κοινοτήτων ή θάνατο της βενθικής πανίδας. Ο ευτροφισμός μπορεί επίσης να προωθήσει την επιβλαβή άνθηση της υδατικής χλωρίδας, η οποία μπορεί να προκαλέσει αποχρωματισμό των υδάτων, δημιουργία αφρού, θάνατο βενθικής πανίδας, άγριων και εγκλωβισμένων ιχθύων ή δηλητηρίαση του ανθρώπου από οστρακόδερμα. Το φαινόμενο σκίασης που προκαλεί η αυξημένη βιομάζα φυτοπλαγκτού περιορίζει την κατανομή βάθους της θαλάσσιας χλωρίδας και των μακροφυκών. Η δευτερογενής παραγωγή βενθικής πανίδας συχνά περιορίζεται λόγω τροφής και συνδέεται με την εισροή φυτοπλαγκτού που κατακάθεται στον πυθμένα, το οποίο με τη σειρά του συνδέεται επίσης με τη συγκέντρωση χλωροφύλλης-α.

Απορρίψεις ρύπων (θρεπτικών, οργανικών και χημικών ουσιών) στα ύδατα

Ο συγκεκριμένος δείκτης πρέπει να παρουσιάζει τις τάσεις όσον αφορά τις απορρίψεις ρύπων από ανθρώπινες δραστηριότητες. Στην περίπτωση αυτή, απορρίψεις θεωρούνται οι εσκεμμένες απορρίψεις

από σημειακές πηγές (π.χ. μονάδες επεξεργασίας αστικών λυμάτων, βιομηχανίες). Εξαιρείται η ρύπανση από πηγές διάχυσης[3]. Πολλοί διαφορετικοί ρύποι εκχύνονται στα επιφανειακά ύδατα και, στην πρώτη περίπτωση, ο δείκτης θα έπρεπε να περιοριστεί σε έναν μικρό αριθμό ρύπων, όπως είναι τα θρεπτικά στοιχεία (N και P) και η οργανική ύλη. Η άθροιση των διαφορετικών ρύπων παρουσιάζει δυσκολίες και, για το λόγο αυτό, προτείνεται ένας αριθμός επιμέρους δεικτών:

(1) Εκροές N από σημειακές πηγές (μετά την επεξεργασία στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων) ανά κάτοικο

(2) Εκροές P από σημειακές πηγές (μετά την επεξεργασία στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων) ανά κάτοικο

(3) Εκροές οργανικής ύλης (όσον αφορά το BOD[4]) από σημειακές πηγές (μετά την επεξεργασία στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων) ανά κάτοικο.

Απειλούμενα και προστατευόμενα είδη

Σύμφωνα με τη Διεθνή Ένωση για τη Διατήρηση της Φύσης και των Φυσικών Πόρων (IUCN — 2004), 147 σπονδυλωτά είδη (θηλαστικά, πτηνά, ερπετά, αμφίβια και ψάρια) και 310 ασπόνδυλα είδη (καρκινοειδή, έντομα και μαλάκια) που απαντώνται στην ΕΕ-25 θεωρείται ότι απειλούνται με εξαφάνιση σε παγκόσμια κλίμακα, καθώς έχουν ταξινομηθεί ως είδη που απειλούνται σε κρίσιμο βαθμό με εξαφάνιση, ως είδη που απειλούνται με εξαφάνιση και ως εύτρωτα είδη.

Ο δείκτης αυτός απεικονίζει τον αριθμό και το ποσοστό των ειδών άγριας πανίδας που απειλούνται με εξαφάνιση σε παγκόσμια κλίμακα και εμφανίζονταν στην ΕΕ-25 το 2004, τα οποία εντάσσονται σε καθεστώς ευρωπαϊκής προστασίας μέσω των κοινοτικών οδηγιών για τα πτηνά και τους οικοτόπους ή μέσω της σύμβασης της Βέρνης. Ο δείκτης λαμβάνει υπόψη τις τροποποιήσεις των αντίστοιχων νομοθετικών καταλόγων ειδών που έχουν προκύψει από τη διεύρυνση της ΕΕ.

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι αξιολόγησης της προόδου που συντελείται όσον αφορά τον στόχο της ανάσχεσης της απώλειας της βιοποικιλότητας στην Ευρώπη έως το 2010. Η Διεθνής Ένωση για τη Διατήρηση της Φύσης και των Φυσικών Πόρων (IUCN) παρακολουθεί για αρκετές δεκαετίες την έκταση και τον ρυθμό υποβάθμισης της βιοποικιλότητας, εντάσσοντας τα απειλούμενα είδη σε κατηγορίες κόκκινου καταλόγου μέσω λεπτομερούς αξιολόγησης των πληροφοριών με βάση μία σειρά αντικειμενικών, τυποποιημένων, ποσοτικών κριτηρίων. Η αξιολόγηση αυτή πραγματοποιείται σε παγκόσμιο επίπεδο και η πιο πρόσφατη δημοσιεύθηκε το 2004. Είδη που απειλούνται με εξαφάνιση σε παγκόσμια κλίμακα υπάρχουν στην Ευρώπη αλλά και εκτός αυτής, και ορισμένα ενδέχεται να μην χαρακτηρίζονται ως απειλούμενα με εξαφάνιση σε περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο στην ΕΕ. Ο βαθμός στον οποίο η ευρωπαϊκή νομοθεσία, η οποία συνδέεται περαιτέρω με ευρωπαϊκές πολιτικές για την προστασία της φύσης και της βιοποικιλότητας, λαμβάνει υπόψη την ευθύνη της ΕΕ απέναντι στην παγκόσμια κοινότητα φαίνεται από τις πληροφορίες που παρέχει ο δείκτης σχετικά με τον αριθμό των ειδών που απειλούνται με εξαφάνιση σε παγκόσμια κλίμακα τα οποία προστατεύονται σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

---

3 Όσον αφορά το άζωτο και εν μέρει τον φωσφόρο, οι κυριότερες πηγές είναι οι πηγές διάχυσης (γεωργία)

4 Βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο

Ποικιλότητα ειδών

Ο δείκτης παρουσιάζει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση και τις τάσεις της βιοποικιλότητας στην Ευρώπη, εξετάζοντας τα είδη και τους οικοτόπους τους κατά ένα τρόπο αλληλένδετο μεταξύ τους. Για την προσέγγιση του ζητήματος αυτού, οι τάσεις που αφορούν ευρέως κατανεμημένες ομάδες ταξινόμησης μπορούν να αξιολογηθούν μέσω μίας σειράς οικοτόπων σε ολόκληρη την Ευρώπη. Δεδομένης της διαθεσιμότητας δεδομένων σε ευρωπαϊκό επίπεδο, τα πτηνά και οι πεταλούδες επιλέχθηκαν αντιπροσωπευτικά για τη βιοποικιλότητα ειδών και οικοτόπων γενικότερα. Είδη προερχόμενα και από τις δύο ομάδες μπορούν να συνδεθούν σε μία σειρά διαφορετικών οικοτόπων, και οι τάσεις τους μπορούν επίσης να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικές για την ποιότητα ενός οικοτόπου σε σχέση με άλλα είδη. Στην περίπτωση των πτηνών, τα είδη που αξιολογήθηκαν είναι όλα κοινά (πολυάριθμα και διαδεδομένα) φωλεοποιά πτηνά, με ευρεία κατανομή στην Ευρώπη, τα οποία συνδέονται με οικοτόπους γεωργικών και δασωδών εκτάσεων, πάρκων και κήπων.

Ο δείκτης αυτός περιλαμβάνει δύο μέρη:

- Τάσεις πληθυσμού ειδών και ομάδων ειδών. Οι ομάδες ειδών που εξετάζονται είναι: πτηνά, ιδίως τα είδη που εμφανίζονται σε γεωργικές εκτάσεις, δασώδεις εκτάσεις, πάρκα και κήπους, και ασπόνδυλα, ειδικότερα πεταλούδες. Επίσης δίδεται η περίοδος αναφοράς για τις σειρές δεδομένων που χρησιμοποιούνται.
- Μεταβολή της έκτασης των 10 βασικών τύπων οικοτόπων του συστήματος EUNIS, υπολογιζόμενη με βάση τις μεταβολές στην εδαφοκάλυψη μεταξύ δύο χρονικών σημείων.

Εκπομπές προδρόμων του όζοντος

Το όζον είναι ισχυρό οξειδωτικό και το τροποσφαιρικό όζον μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στα οικοσυστήματα. Η σχετική συμβολή των προδρόμων του όζοντος μπορεί να αξιολογηθεί βάσει του δυναμικού τους όσον αφορά τον σχηματισμό τροποσφαιρικού όζοντος (TOFP).

Οι στόχοι για τα ανώτατα όρια εκπομπών NOX και NMVOC ορίζονται τόσο στην κοινοτική οδηγία για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών (NECD), όσο και στο Πρωτόκολλο του Γκέτεμποργκ στη σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για τη διαμεθοριακή ρύπανση της ατμόσφαιρας σε μεγάλη απόσταση (CLRTAP). Οι στόχοι μείωσης των εκπομπών για την ΕΕ-10 στο πλαίσιο της NECD ορίζονται στη συνθήκη προσχώρησης στην Ευρωπαϊκή Ένωση του 2003. Δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι στόχοι εκπομπών στην ΕΕ για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) ή το μεθάνιο (CH4). Γενικότερα, η NECD περιλαμβάνει ελαφρώς αυστηρότερους στόχους μείωσης εκπομπών σε σύγκριση με το Πρωτόκολλο του Γκέτεμποργκ (βλ. 6.8).

Ο δείκτης περιγράφει τις τάσεις όσον αφορά τους αέριους ρύπους, συμπεριλαμβανομένων και των μικρής διαμέτρου σωματιδίων ($ΑΣ_{10}$). Το σημείο εστίασης είναι οι πρόδρομες ουσίες του όζοντος στην

τροπόσφαιρα και τα αερολύματα (αεροζόλ). Λόγω του ότι τα αντικείμενα αυτά δεν είναι συναφή, ο δείκτης χωρίζεται σε δύο υποκατηγορίες ως εξής:

(1) Εκπομπές πρόδρομων ουσιών του όζοντος [CO (μονοξείδιο του άνθρακα), CH_4 (μεθάνιο), NO_X (οξείδια του αζώτου) και NMVOC (πτητικές οργανικές ενώσεις πλην του μεθανίου)]

(2) Εκπομπές πρόδρομων ουσιών πρωτογενών $AΣ_{10}$ και δευτερογενών $AΣ_{10}$ [NO_X (οξείδια του αζώτου), SO_2 (διοξείδιο του θείου) και NH_3 (αμμωνία)]

Η οδηγία της ΕΕ σχετικά με τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών[5] ορίζει στόχους μείωσης των εκπομπών των SO_2, NO_X, VOCs (πτητικές οργανικές ενώσεις) και NH_3 για κάθε κράτος μέλος της ΕΕ, οι οποίοι πρέπει να επιτευχθούν μέχρι το 2010. Υπό ιδανικές συνθήκες, ο δείκτης θα παρουσίαζε πρόοδο στην επίτευξη αυτών των στόχων. Δεν έχουν τεθεί στόχοι από την ΕΕ για τις εκπομπές πρωτογενών $AΣ_{10}$, παρά το γεγονός ότι έχουν προσδιοριστεί οριακές τιμές που αφορούν την ποιότητα του περιβάλλοντος αέρα.

Εκπομπές πρωτογενών σωματιδίων και προδρόμων δευτερογενών σωματιδίων

Τα τελευταία έτη, τα επιστημονικά στοιχεία ενισχύονται από πολλές επιδημιολογικές μελέτες, οι οποίες υποδεικνύουν μία σχέση ανάμεσα στη μακροπρόθεσμη και βραχυπρόθεσμη έκθεση σε μικροσωματίδια και σε διάφορες σοβαρές επιπτώσεις για την υγεία. Τα μικροσωματίδια έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και μπορεί να είναι υπεύθυνα και/ή να συμβάλουν σε διάφορα αναπνευστικά προβλήματα. Στο πλαίσιο αυτό, τα μικροσωματίδια αναφέρονται στο σύνολο των εκπομπών πρωτογενών PM10 και στις σταθμισμένες εκπομπές προδρόμων δευτερογενών PM10. Τα πρωτογενή PM10. αναφέρονται σε μικροσωματίδια (τα οποία ορίζονται ως σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο 10 μm ή μικρότερη) που εκλύονται απευθείας στην ατμόσφαιρα. Οι πρόδρομοι δευτερογενών PM10 είναι ρύποι που μετασχηματίζονται εν μέρει σε σωματίδια με φωτοχημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα. Ένα μεγάλο τμήμα του αστικού πληθυσμού εκτίθεται σε επίπεδα μικροσωματιδίων που υπερβαίνουν τις οριζόμενες οριακές τιμές για την προστασία της ανθρώπινης υγείας.

Ο δείκτης ανιχνεύει τις τάσεις των εκπομπών πρωτογενών σωματιδίων κάτω των 10 μm (PM10) και προδρόμων δευτερογενών σωματιδίων, σταθμισμένες ανάλογα με το δυναμικό σχηματισμού σωματιδίων κάθε εξεταζόμενου προδρόμου. Ο δείκτης παρέχει επίσης πληροφορίες σχετικά με τις μεταβολές στις εκπομπές που προέρχονται από τους βασικούς τομείς-πηγές.

Δεν έχουν καθοριστεί συγκεκριμένοι στόχοι εκπομπών για τα πρωτογενή PM10. Στην ΕΕ Τα μέτρα που λαμβάνονται σήμερα εστιάζουν στον έλεγχο των εκπομπών προδρόμων δευτερογενών PM10. Ωστόσο, υπάρχουν διάφορες οδηγίες και πρωτόκολλα όπου θίγονται οι εκπομπές πρωτογενών PM10, συμπεριλαμβανομένων των προτύπων ποιότητας του αέρα για τα PM10 που περιλαμβάνονται στην πρώτη θυγατρική οδηγία της οδηγίας-πλαισίου για την ποιότητα του αέρα του περιβάλλοντος, καθώς και των προτύπων εκπομπών για συγκεκριμένες κινητές και σταθερές πηγές για τα πρωτογενή PM10 και τους προδρόμους δευτερογενών PM10.

---

[5] Οδηγία 2001/81/ΕΚ

Όσον αφορά τους προδρόμους σωματιδίων, οι στόχοι για τα ανώτατα όρια εκπομπών NOX, SO2 και NH3 ορίζονται τόσο στην κοινοτική οδηγία για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών (NECD), όσο και στο Πρωτόκολλο του Γκέτεμποργκ στη σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για τη διαμεθοριακή ρύπανση της ατμόσφαιρας σε μεγάλη απόσταση (CLRTAP). Οι στόχοι μείωσης των εκπομπών για την ΕΕ-10 ορίζονται στη συνθήκη προσχώρησης στην Ευρωπαϊκή Ένωση του 2003 ώστε να συμμορφώνονται με την NECD. Επιπλέον, η συνθήκη προσχώρησης περιλαμβάνει επίσης στόχους εκπομπών για την ΕΕ-25 συνολικά.

Υπέρβαση των οριακών τιμών για την ποιότητα του αέρα σε αστικές περιοχές

Ο δείκτης αυτός αποτελεί πληροφορία που ενδιαφέρει το πρόγραμμα «Καθαρός αέρας για την Ευρώπη» (Clean Air for Europe — CAFE). Η οδηγία-πλαίσιο για την ποιότητα του αέρα (96/62/ΕΚ) ορίζει βασικά κριτήρια και στρατηγικές για την εκτίμηση και τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα για μία σειρά ρύπων που σχετίζονται με την υγεία. Σε τέσσερις «θυγατρικές» οδηγίες τίθεται το πλαίσιο βάσει του οποίου η ΕΕ έχει θεσπίσει οριακές τιμές για SO2, NO2, PM10, μόλυβδο, CO και βενζόλιο, καθώς και τιμές-στόχους για το όζον, τα βαρέα μέταλλα και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες για την προστασία της ανθρώπινης υγείας (βλ. 6.8).

Στόχοι μείωσης εκπομπών όσον αφορά τις εθνικές εκπομπές έχουν οριστεί στο Πρωτόκολλο του Γκέτεμποργκ της CLRTAP, καθώς και στην κοινοτική οδηγία για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών (NECD, 2001/81/ΕΚ).

Σκοπός είναι να αντιμετωπιστούν, ταυτόχρονα, τα προβλήματα ποιότητας του αέρα που προέρχονται από συγκεκριμένους ρύπους και βλάπτουν την ανθρώπινη υγεία, καθώς και τα προβλήματα του όζοντος στο επίπεδο του εδάφους, της οξίνισης και του ευτροφισμού που βλάπτουν τα οικοσυστήματα.

Οι στόχοι που χρησιμοποιούνται για τους δείκτες αυτούς είναι οι οριακές τιμές που καθορίζονται στην οδηγία 1999/30/ΕΚ του Συμβουλίου για το διοξείδιο του θείου, το διοξείδιο του αζώτου, τα σωματίδια και τον μόλυβδο στον αέρα του περιβάλλοντος, καθώς επίσης η τιμή-στόχος και ο μακροπρόθεσμος στόχος σχετικά με το όζον για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, που ορίζονται στην οδηγία 2002/3/ΕΚ του Συμβουλίου.

Ο δείκτης παρουσιάζει το ποσοστό του αστικού πληθυσμού στην Ευρώπη το οποίο δυνητικά εκτίθεται σε ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις (σε μg/m3) διοξειδίου του θείου, PM10, διοξειδίου του αζώτου και όζοντος που υπερβαίνουν την κοινοτική οριακή τιμή ή την τιμή-στόχο που ορίζεται για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Όπου υπάρχουν πολλαπλές οριακές τιμές (βλ. ενότητα για το πλαίσιο πολιτικής) ο δείκτης παρουσιάζει την αυστηρότερη περίπτωση.

ΚΡΗΤΗΣ · ΗΛΙΘΟΥΠΟΛΗ · ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ