



ΕΛΛΗΝΙΚΟ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ
ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΗΣ
ΕΡΓΑΣΙΑΣ



Το έργο συγχρηματοδοτείται από τον ιραπικό προϋπολογισμό κατά 71,42% το οποίο αντιστοιχεί σε 75% από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και 25% από το Ελληνικό Δημόσιο και κατά 28,58% από πόρους του ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (Λ.Α.Ε.Κ.).

ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ

AΘΗΝΑ 2007

ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ

ISBN: 978-960-7678-73-7

Α' Έκδοση: Ιούνιος 2007

Copyright © Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας

Λιοσίων 143 και Θεοδοσίου 6, 104 45 ΑΘΗΝΑ

Τηλ.: 210 82 00 100

Φαξ: 210 82 00 222 – 210 88 13 270

Email: info@elinyae.gr

Internet: <http://www.elinyae.gr>

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή μέρους ή όλου του εντύπου, με οποιονδήποτε τρόπο, χωρίς αναφορά της πηγής.

ΔΙΑΝΕΜΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. • ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΠΩΛΗΣΗ ΑΠΟ ΤΡΙΤΟΥΣ

ΟΜΑΔΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Πούλιος Κωνσταντίνος, Διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Α.Π.Θ. (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.)

Βαγιώνας Νικόλαος, Διπλ. Χημικός Μηχανικός, MSc

Τσιρώνης Ιωάννης, Διπλ. Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ, MSc

Χατζής Χρήστος, Ιατρός Εργασίας, Δρ. Ιατρικής Πανεπιστημίου Αθηνών

Βιβλιογραφική υποστήριξη: **Καψάλη Κωνσταντίνα, Θωμαδάκη Φανή**

Βιβλιοθήκη, Κέντρο Τεκμηρίωσης-Πληροφόρησης ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.

Επιμέλεια κειμένου: **Καταγή Εβίτα,**

Επιμέλεια βιβλιογραφίας: **Καψάλη Κωνσταντίνα**

Επιμέλεια έκδοσης: **Καταγή Εβίτα, Ζαρέντη Ελένη**

Τμήμα Εκδόσεων, Βιβλιοθήκη, Κέντρο Τεκμηρίωσης-Πληροφόρησης ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.

- Πρόεδρος:** • Βασίλειος Μακρόπουλος
- Αντιπρόεδροι:** • Ιωάννης Δραπανιώτης (Σ.Ε.Β., Γ.Σ.Ε.Β.Ε.Ε., Ε.Σ.Ε.Ε.)
• Ανδρέας Κολλάς (Γ.Σ.Ε.Ε.)
- Μέλη:** • Ιωάννης Αδαμάκης (Γ.Σ.Ε.Ε.)
• Θεόδωρος Δέδες (Σ.Ε.Β.)
• Νικόλαος Θωμόπουλος (Γ.Σ.Ε.Ε.)
• Δημήτριος Λέντζος (Γ.Σ.Ε.Β.Ε.Ε.)
• Αναστάσιος Παντελάκης (Ε.Σ.Ε.Ε.)
• Κυριάκος Σιούλας (Γ.Σ.Ε.Ε.)

ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ

Μηνάς Αναλυτής, Οικονομολόγος, PhD

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Αποτύπωση της παρούσας κατάστασης

| | | |
|--------|---|----|
| 1.1. | Μεταφορές επικίνδυνων εμπορευμάτων διεθνώς | 9 |
| 1.1.1. | Γενικά | 9 |
| 1.1.2. | Ανάλυση των διαφόρων τύπων ατυχημάτων | 10 |
| 1.1.3. | Βασικοί τύποι φορτηγών αυτοκινήτων μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων | 17 |
| 1.2. | Μεταφορές επικίνδυνων εμπορευμάτων στην Ελλάδα | 27 |
| 1.2.1. | Ατυχήματα κατά την οδική μεταφορά των επικίνδυνων εμπορευμάτων στην Ελλάδα .. | 27 |
| 1.2.2. | Ατυχήματα κατά τη θαλάσσια μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων στην Ελλάδα .. | 29 |
| 1.2.3. | Ισοξύγιο επικίνδυνων εμπορευμάτων στην Ελλάδα | 38 |
| 1.2.4. | Γεωγραφική κατανομή επιχειρήσεων και άξονες μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων στην Ελλάδα | 41 |
| 1.2.5. | Ο κλάδος των χερσαίων μεταφορών στην Ελλάδα | 43 |
| 1.3. | Το θεσμικό πλαίσιο | 44 |
| 1.3.1. | Ο κώδικας μεταφορών του ΟΗΕ | 44 |
| 1.3.2. | Η συμφωνία ADR | 45 |
| 1.3.3. | Η συμφωνία RID για τη σιδηροδρομική μεταφορά | 49 |
| 1.3.4. | Θαλάσσιες μεταφορές | 49 |
| 1.3.5. | Αεροπορικές μεταφορές | 50 |
| 1.3.6. | Η ελληνική νομοθεσία | 51 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Μεθοδολογίες Αναγνώρισης και Εκτίμησης των κινδύνων

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1. | Αναγνώριση του κινδύνου | 55 |
| 2.1.1. | Εισαγωγή | 55 |
| 2.1.2. | Σύγκριση ατυχημάτων σε σταθερές εγκαταστάσεις και κατά τη μεταφορά | 56 |
| 2.1.3. | Ανάλυση της συχνότητας εμφάνισης ατυχήματος κατά τη μεταφορά | 58 |
| 2.1.4. | Μοντελοποίηση οδικής μεταφοράς | 59 |
| 2.1.5. | Παράμετροι που επηρεάζουν τη συχνότητα των ατυχημάτων | 62 |
| 2.1.6. | Παράγοντες που επηρεάζουν τις πιθανότητες απελευθέρωσης της επικίνδυνης ουσίας .. | 64 |
| 2.1.7. | Εναλλακτικοί τρόποι μεταφοράς | 65 |
| 2.2. | Εκτίμηση του κινδύνου | 65 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.1. Ορισμοί της επικινδυνότητας | 65 |
| 2.2.2. Ατομική επικινδυνότητα (Individual Risk) | 67 |
| 2.2.3. Κοινωνική επικινδυνότητα (Societal Risk) | 68 |
| 2.3. Ένα παράδειγμα εκτίμησης κινδύνου κατά την οδική μεταφορά | 70 |
| 2.3.1. Εισαγωγή | 70 |
| 2.3.2. Περιγραφή | 70 |
| 2.3.3. Χαρακτηρισμός και επιλογή των συμβάντων | 71 |
| 2.3.4. Εκτίμηση των επιπτώσεων | 72 |
| 2.3.5. Υπολογισμός της συχνότητας των δυνατών συμβάντων | 73 |
| 2.3.6. Εκτίμηση επικινδυνότητας | 73 |
| 2.3.7. Συμπεράσματα. | 78 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Μελέτη των επιπτώσεων και των συνεπειών από πιθανά Ατυχήματα ή Συμβάντα

| | |
|--|------------|
| 3.1. Επιπτώσεις Ατυχημάτων | 81 |
| 3.1.1. Γενικά | 81 |
| 3.1.2. Διαρροές τοξικών ουσιών | 82 |
| 3.1.3. Φωτιές | 89 |
| 3.1.4. Εκρήξεις | 95 |
| 3.2. Συνέπειες Ατυχημάτων | 103 |
| 3.2.1. Γενικά | 103 |
| 3.2.2. Ανθρώπινες απώλειες | 105 |
| 3.2.3. Επιπτώσεις στην υγεία και άμεση αντιμετώπιση της έκθεσης σε HAZMAT κατά επιμέρους κατηγορία με βάση την ταξινόμηση ADR | 119 |
| 3.2.4. Περιβάλλον | 147 |
| 3.2.5. Περιουσίες | 157 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Σχεδιασμός διαδικασιών αντιμετώπισης Ατυχημάτων

| | |
|---|------------|
| 4.1. Γενικά. | 175 |
| 4.2. Μεταφορά επικίνδυνων φορτίων – Αντιμετώπιση των επιπτώσεων στην υγεία των εκτεθειμένων από διαρροή, έκρηξη, φωτιά | 176 |
| 4.3. Βασικά στάδια διαχείρισης ατυχημάτων | 179 |
| 4.4. Εμπλοκή: ρόλοι, αρμοδιότητες και εξοπλισμός | 184 |
| 4.5. Σενάρια Ατυχημάτων | 191 |
| 4.6. Συντονισμός δυνάμεων καταστολής | 199 |
| 4.7. Ενημέρωση – Απομάκρυνση εργαζομένων και πληθυσμού | 201 |

| | |
|---------------------------|------------|
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 205 |
|---------------------------|------------|

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ασφαλής μεταφορά των κάθε είδους φορτίων και εμπορευμάτων – και όχι αποκλειστικά των επικίνδυνων – αποτελεί θέμα ζωτικής σημασίας τόσο για τους επαγγελματίες μεταφορείς, όσο και για την κοινωνία ευρύτερα, καθώς συμβάλλει στην πρόληψη των ατυχημάτων που κοστίζουν σε ανθρώπινες ζωές και περιουσίες. Κατά συνέπεια, όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς έχουν οικονομικό και γενικότερο άφελος από την ασφαλή διεκπεραίωση του μεταφορικού έργου.

Η συγκεκριμένη έκδοση έχει σαν στόχο να παρουσιάσει τις βασικές αρχές που διέπουν διεθνώς την ασφαλή μεταφορά των επικίνδυνων φορτίων και τις πληροφορίες που χρειάζονται οι οδηγοί, οι μεταφορείς, οι φορτωτές, οι αρμόδιοι μηχανικοί σύμβουλοι μεταφορών και τα κρατικά όργανα που είναι επιφορτισμένα με τον έλεγχο της ασφάλειας των μεταφορών.

Οι μεταφορές επικίνδυνων φορτίων εγκυμονούν ποικίλους και σοβαρούς κινδύνους για τον μεταφορέα, το πλήρωμα του μεταφορικού μέσου και τους πολίτες: συμβάντα όπως συγκρούσεις ή ανατροπές οχημάτων, εκτροχιασμοί αμαξοστοιχιών, ναυάγια πλοίων, εσφαλμένοι χειρισμοί κατά τη φόρτωση ή την εκφόρτωση, είναι δυνατό να οδηγήσουν στην εκδήλωση πυρκαγιάς ή έκρηξης, ή στη διασπορά τοξικών υλών, με ανυπολόγιστες συνέπειες για ανθρώπους και περιβάλλον.

Η μελέτη αυτή φιλοδοξεί να διερευνήσει και να αναδείξει με συνοπτικό αλλά κατανοητό τρόπο το ευρύ φάσμα των κινδύνων που απειλούν την υγεία και την ασφάλεια τόσο των εργαζομένων, όσο και του κοινωνικού συνόλου γενικότερα, κατά την οδική, σιδηροδρομική ή θαλάσσια μεταφορά επικίνδυνων φορτίων. Επιχειρεί τέλος, να προτείνει τρόπους ασφαλούς δράσης και μέτρα προστασίας της υγείας και της ακεραιότητας των εργαζομένων στις μεταφορές σε περιπτώσεις ατυχημάτων.

Βασίλης Μακρόπουλος
Πρόεδρος ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.
Καθηγητής Εθνικής Σχολής Δημόσιας Υγείας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Αποτύπωση της παρούσας κατάστασης

1.1. Μεταφορές επικινδύνων εμπορευμάτων διεθνώς

1.1.1. Γενικά

Η μεταφορά των επικινδύνων φορτίων μπορεί να οδηγήσει σε ιδιαίτερα σοβαρά ατυχήματα. Ακόμα και όταν οι μεταφερόμενες ποσότητες είναι μικρές, ο κίνδυνος εμφάνισης ατυχήματος μεγάλης έκτασης είναι υπολογίσιμος. Άλλωστε η ίδια η φύση της μεταφοράς επιβάλλει την διέλευση του επικινδύνου φορτίου από δημόσιο χώρο (δρόμο, λιμάνι ή αεροδρόμιο), μακριά από το ελεγχόμενο περιβάλλον μιας βιομηχανικής εγκατάστασης. Πολλές φορές, η αστοχία δεν οφείλεται σε παραλείψεις που αφορούν αυστηρά το μεταφερόμενο φορτίο (συσκευασία, συνθήκες μεταφοράς κ.λπ.), αλλά είναι αποτέλεσμα «συνηθισμένου» οδικού ατυχήματος (π.χ. «τυπικής» σύγκρουσης οχημάτων) το οποίο, με τη σειρά του, εξαρτάται από πολλούς «εξωγενείς» παράγοντες. Επίσης, πολλές φορές οι άνθρωποι οι οποίοι εμπλέκονται με τη διακίνηση του φορτίου δεν έχουν την κατάλληλη εκπαίδευση και δε γνωρίζουν τις ιδιομορφίες του συγκεκριμένου φορτίου. Αυτό πολλές φορές κάνει δύσκολη την αναζήτηση της θέσης των γεγονότων που οδηγούν στο ατύχημα.

Σύμφωνα με τη διεθνή νομοθεσία επιβάλλεται η καταγραφή και αναφορά των ατυχημάτων που σχετίζονται με τη μεταφορά επικινδύνων εμπορευμάτων. Για το λόγο αυτό συντάσσεται η έκθεση του ατυχήματος και ενημερώνονται τα εθνικά ή διεθνή αρμόδια δργανα. Στα πλαίσια αυτής της διαδικασίας έχουν συνταχθεί βάσεις δεδομένων οι οποίες περιλαμβάνουν τα ατυχήματα μεγάλης έκτασης, ώστε να διευκολυνθεί η περαιτέρω επεξεργασία τους, είτε από τις αρμόδιες αρχές είτε από ερευνητές (ενδεικτικά: Lees (1996), Vilchez et al (1994) κ.λπ.).

Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο μελετητής που καταφεύγει στις ανωτέρω βάσεις δεδομένων με σκοπό την περαιτέρω στατιστική ανάλυση των στοιχείων είναι ότι συχνά υπάρχουν διαφοροποιήσεις ως προς τον χαρακτηρισμό του ατυχήματος. Συχνά, συμβαίνει να παρουσιάζεται το ίδιο ατύχημα πολλές φορές, ιδίως όταν εμπλέκονται περισσότερες από μία αιτίας στην δημιουργία του. Επίσης, οι κυριότερες βάσεις δεδομένων καταγράφουν τα ατυχήματα κατά τη μεταφορά των επικινδύνων φορτίων μαζί με τα γενικά βιομηχανικά ατυχήματα και η διαφοροποίηση μεταξύ τους δεν είναι πάντοτε εύκολη. Επιπλέον υπάρχει ο κίνδυνος παρεργασίας των αιτίων του ατυχήματος, αφού η γενική περιγραφή ενός ατυχήματος ως «οδικού» ή ως οφειλόμενου σε «διαρροϊκή» συγκαλύπτει την αλληλουχία των γεγονότων που το προκάλεσαν, τις τυχόν ευθύνες των εμπλεκομένων προσώπων και αρχών, την έλλειψη ή τη μη σωστή εφαρμογή σχεδίου διαχείρισης της κρίσης, την έλλειψη εκπαίδευσης, την αδιαφορία ως προς την τήρηση των κανόνων ασφαλείας κ.λπ. Είναι, άλλωστε, κοινοτοπία να ειπωθεί ότι η εξέλιξη ενός ατυχήματος θα ήταν διαφορετική, εάν λαμβάνονταν τα ορθά μέτρα σε οποιοδήποτε στάδιο αυτής.

Με βάση τα παραπάνω, η ολοκληρωμένη εικόνα ενός ατυχήματος προκύπτει μόνο μετά την ανάγνωση της έκθεσης αναφοράς αυτού. Ακόμα και σύντομες περιγραφές (Βλέπε και Γεωργιάδου (2001)) είναι πιο διαφωτιστικές από την απλή καταγραφή αριθμών και κωδικών των βάσεων δεδομένων, ό-

σον αφορά την εξαγωγή συμπερασμάτων για τον τρόπο εξέλιξης του **συγκεκριμένου** ατυχήματος.

Από την άλλη μεριά, η ανάλυση των βάσεων δεδομένων προσφέρει το εργαλείο για την **συλλογική** ανάλυση των ατυχημάτων και δίνει μία καλύτερη εικόνα για τα μέσα που θα πρέπει να ληφθούν, αφού μπορεί να διερευνηθεί η πιθανή επανάληψη ενός τύπου ατυχήματος. Μάλιστα με τις σημερινές δυνατότητες ανάλυσης των βάσεων δεδομένων με χρήση των κοινών προγραμμάτων γραφείου (π.χ. EXCEL), ο ερευνητής διευκολύνεται κατά πολύ στο έργο του.

Η παρούσα μελέτη θα επικεντρωθεί στη χερσαία μεταφορά των επικινδύνων φορτίων και ειδικότερα στην οδική μεταφορά. Η επιλογή στηρίζεται σε δύο κυρίως λόγους. Πρώτον, στο γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία των φορτίων στην Ελλάδα μεταφέρεται οδικώς και δεύτερον στο ότι η θαλάσσια και αεροπορική μεταφορά διέπονται από αυστηρότερους κώδικες και διεθνείς κανονισμούς, που απαιτούν εξειδίκευση από το εμπλεκόμενο στην εφαρμογή τους προσωπικό. Το ναυτικό και αεροπορικό δίκαιο είχαν προβλέψει για τη μεταφορά επικινδύνων φορτίων πολύ νωρίτερα από τη νομοθεσία που εφαρμόζεται για τις οδικές μεταφορές. Η παρακολούθηση της μεταφοράς μέσω θαλάσσης ή αέρος γίνεται συνήθως από πιο οργανωμένες υπηρεσίες και οργανισμούς, που αποτελούνται από άτομα που οφείλουν να έχουν λάβει ειδική εκπαίδευση (όπως οι κυβερνήτες πλοίων και αεροπλάνων, τα αρμόδια λιμενικά όργανα, οι επόπτες φρότωσης κ.λπ.), και όχι από ένα μεμονωμένο άτομο, όπως συμβαίνει πολλές φορές με τον οδηγό κατά την οδική μεταφορά.

Είναι βέβαια αυτονόητο ότι δεν είναι δυνατή η μελέτη της οδικής μεταφοράς χωρίς αναφορά και στους άλλους τρόπους μεταφοράς. Για παράδειγμα, τα φορτηγά αυτοκίνητα φορτώνουν ή παραδίδουν σε λιμάνια ή αεροδρόμια και μάλιστα σε χώρους όπου έχουν συμβεί ιδιαίτερα μεγάλα ατυχήματα. Ειδικά στην Ελλάδα όπου πολλά φορτία μεταφέρονται στα νησιά με αυτοκίνητα που βρίσκονται μέσα σε οχηματαγωγά σκάφη, είναι απαραίτητη η γνώση των στοιχειωδών κανόνων ασφαλείας, όπως απέδειξε και η πυρκαγιά στο χώρο στάθμευσης του οχηματαγωγού «Κνωσός Παλλάς» (2003).

1.1.2 Ανάλυση των διαφόρων τύπων ατυχημάτων

Μερικά μείζονα ατυχήματα των τελευταίων 40 ετών, που σχετίζονται με τη μεταφορά επικινδύνων φορτίων και είχαν σαν αποτέλεσμα μεγάλο αριθμό θυμάτων αναφέρονται στον Πίνακα 1.1.2.1

Πίνακας 1.1.2.1: Μείζονα ατυχήματα διεθνώς κατά τη μεταφορά επικινδύνων φορτίων.

| Ημερ/νία συμβάντος | Είδος ατυχήματος | Περιοχή | Ουσία και ποσότητα | Αιτία και αποτέλεσμα | Θάνατοι |
|--------------------|------------------|-----------------------------|--------------------------|---|---------|
| 28/6/59 | Σιδηροδρομικό | Ύπαιθρος/ Georgia ΗΠΑ | LPG, 18 τόνοι | Εκτροχιασμός, εμβολισμός του βυτίου, έκρηξη και πυρκαγιά | 23 |
| 31/7/81 | Σιδηροδρομικό | Αστική/ Μεξικό | Χλωρίνη, 90-150 τόνοι | Εκτροχιασμός, θραύση του βυτίου, τοξικό νέφος | 14-20 |
| 11/5/76 | Οδικό | Αστική/ Τέξας | Αμμωνία, 19 τόνοι | Το όχημα συγκρούστηκε | 6 |

| | | | | | |
|---------|---------------------|---|-----------------------------|--|-------|
| | | | | και έπεσε σε χαντάκι 10 μέτρων, θραύση βυτίου, τοξικό νέφος | |
| 25/7/62 | Οδικό | Αστική/ Πολιτεία Νέας Υόρκης | Προπάνιο, 13 τόνοι | Το ρυμουλκούμενο δίπλωσε μετά από σύγκρουση με δένδρο, πυρκαγιά | 10 |
| 11/7/78 | Οδικό | Κατασκήνωση/ Ισπανία | Προπυλένιο, 22 τόνοι | Θραύση του βυτίου λόγω υπερπλήρωσης, πύρινη σφαίρα | 200 |
| 8/1/79 | Θαλάσσιο | Αποβάθρα/ Ιρλανδία | Ακατέργαστο πετρέλαιο (; | Λάθος στην τοποθέτηση του έρματος προκάλεσε θραύση του ήδη διαβρωμένου κύτους, πυρκαγιά και έκρηξη | 50 |
| 30/8/79 | Ποτάμιο | Ποταμός Μισισιπής/ Λουιζιάνα ΗΠΑ | Βουτάνιο, 600 τόνοι | Σύγκρουση, θραύση βυτίων, έκρηξη και πύρινη σφαίρα | 12 |
| 25/2/84 | Αγωγός μεταφοράς | Αστικό / Βραζιλία | Βενζίνη, 700 τόνοι | Αστοχία λόγω διάβρωσης και ανάφλεξη | 89 |
| 6/4/89 | Αγωγός μεταφοράς | Αστικό/ (πρώην) ΕΣΣΔ | LPG (; | Διαρροή επί 4 ώρες πριν την ανάφλεξη από διερχόμενο τρένο, έκρηξη και πυρκαγιά | > 500 |

Πολλές διεθνείς βάσεις δεδομένων καταγράφουν τα ατυχήματα από τις αρχές του 20ου αιώνα μέχρι σήμερα. Ο αριθμός των ατυχημάτων σε αυτές είναι σήμερα ιδιαίτερα μεγάλος (π.χ. 7.000 ατυχήματα στη βάση MHIDAS, 16.000 στη FACTS κ.λπ.). Τα δεδομένα που θα αναφερθούν στη συνέχεια έχουν ληφθεί από τους Vichez et al (1994) και προσφέρουν πολύτιμα εφόδια για την κατανόηση των ατυχημάτων. Η παρουσίαση γίνεται με τη μορφή διαγραμμάτων ή πινάκων και δεν αναφέρονται οι απόλυτες τιμές των διαφόρων μεγεθών, εφόσον στα πλαίσια της παρούσας μελέτης αυτό που ενδιαφέρει περισσότερο είναι η ποιοτική ανάλυση των ατυχημάτων και η σύγκριση των διαφόρων παραμέτρων.

Οι ανωτέρω συγγραφείς ανέλυσαν όλες τις περιπτώσεις της βάσης δεδομένων MHIDAS ('Major Hazard Incident Data Service'). Η βάση αυτή συντάχθηκε, για πρώτη φορά, το 1980 από τη Διεύθυνση Ασφάλειας και Αξιοπιστίας (Safety and Reliability Directorate) της βρετανικής Υπηρεσίας Υγεινής και Ασφάλειας (UK Health and Safety Executive) και έκτοτε ανανεώνεται τακτικά. Περιλαμβάνει στοιχεία από τις περισσότερες αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες, αλλά λείπουν στοιχεία από πολλές βιομηχανικές χώρες (πρώην ΕΣΣΔ, Κίνα κ.λπ.). Όμως, οι νεώτερες εκδόσεις (μετά το 1992) των βάσεων δεδομένων δείχνουν διαρκώς αυξανόμενη αναφορά ατυχημάτων από τις χώρες αυτές.

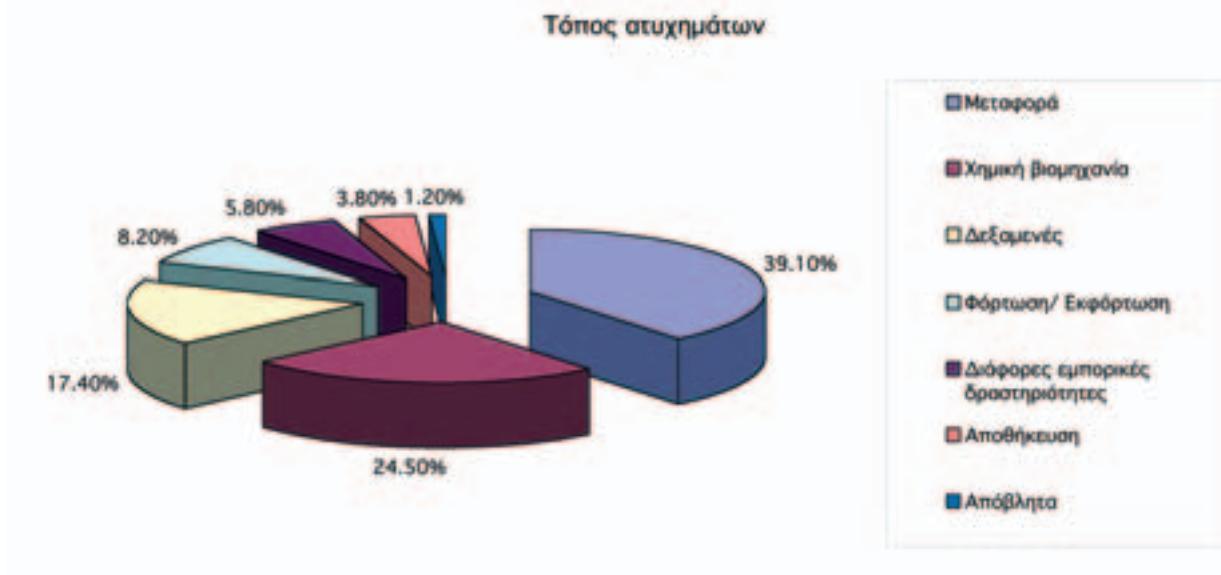
Στα παρακάτω εμφανίζονται κατά σειρά οι διάφορες παράμετροι που σχετίζονται με τα ατυχήματα.

Κατανομή ως συνάρτηση του χρόνου

Κατ' αρχάς αναφέρεται ότι το 95% των καταγεγραμμένων περιπτώσεων συνέβησαν τα τελευταία 30 χρόνια. Αυτό σημαίνει εξάπλωση των βιομηχανικών δραστηριοτήτων σε περισσότερες χώρες, αλλά και βελτίωση της πρόσβασης στις σχετικές πληροφορίες.

Ενέργειες που προκάλεσαν το ατύχημα

Στο Σχήμα 1.1.2.1 φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή των ατυχημάτων όσον αφορά τον τόπο της δραστηριότητας όπου συνέβη το ατύχημα. Αν και για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης αρκεί η ποιοτική και όχι η αυστηρά ποσοτική διερεύνηση, εξακολουθεί να είναι εμφανές το γεγονός ότι η πλειοψηφία των ατυχημάτων, δηλαδή περίπου το 40%, συνέβη κατά τη μεταφορά των επικινδύνων ουσιών.

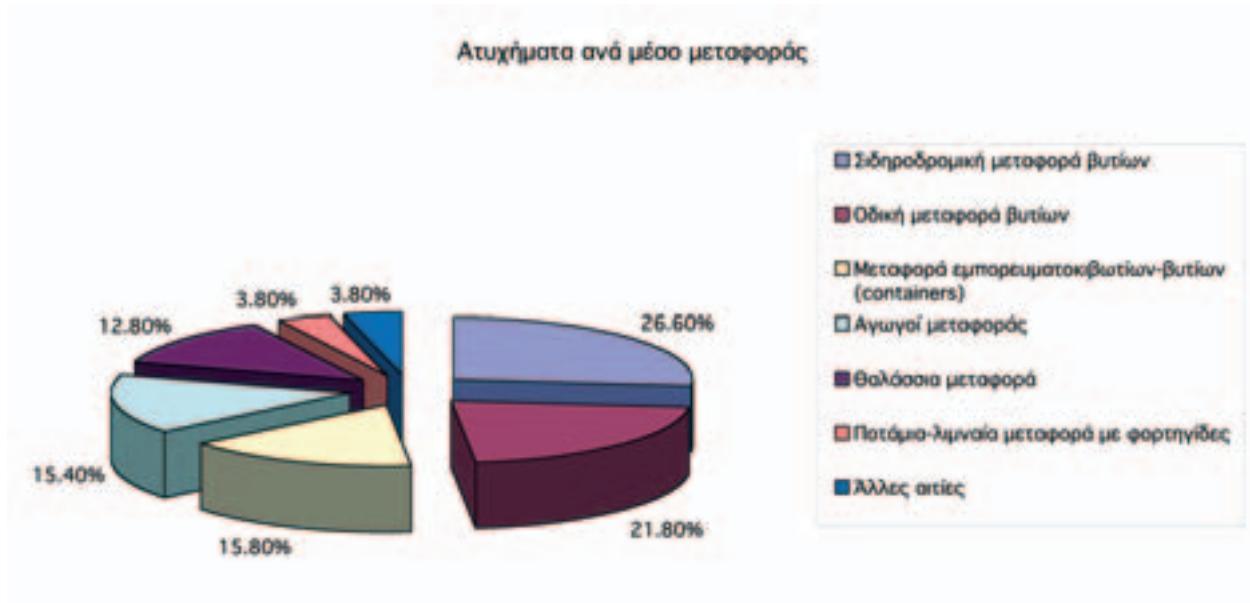


Σχήμα 1.1.2.1 : Εκατοστιαία κατανομή ατυχημάτων ως προς τον τόπο που συνέβησαν.

Επομένως γίνεται φανερή η σημασία που πρέπει να δοθεί στη μεταφορά των επικινδύνων ουσιών, με βάση το γεγονός ότι αυτή εξαρτάται πολλές φορές από απρόβλεπτους παράγοντες που δεν απαντώνται στο ελεγχόμενο περιβάλλον ενός εργοστασίου. Επίσης αποδεικνύεται ότι ο όγκος των επικινδύνων ουσιών που διακινούνται καθημερινά είναι τεράστιος, εφόσον τα εργοστάσια παραγωγής και τα κέντρα κατανάλωσης δεν μπορούν να βρίσκονται κοντά το ένα στο άλλο. Μάλιστα η συντριπτική πλειοψηφία των ατυχημάτων (περίπου 90%) συνέβη στους τέσσερις κύριους τόπους δραστηριότητας: μεταφορά, χημικά εργοστάσια, εργοστάσια αποθήκευσης (δεξαμενές κ.λπ.) και διαδικασίες φόρτωσης / εκφόρτωσης οι οποίοι συμμετέχουν, με την ευρεία έννοια, στο κύκλωμα παραγωγή-κατανάλωση.

Κατανομή ατυχημάτων ως προς το μέσο μεταφοράς

Η περαιτέρω ανάλυση των ατυχημάτων κατά τη μεταφορά των επικινδύνων φορτίων οδηγεί στο γράφημα του Σχήματος 1.1.2.2



Σχήμα 1.1.2.2 : Εκατοστιαία κατανομή των ατυχημάτων ως προς το μέσο μεταφοράς.

Είναι προφανές ότι η συντριπτική πλειοψηφία των ατυχημάτων (άνω του 60%) συμβαίνουν κατά την οδική και σιδηροδρομική μεταφορά με βυτία ή άλλου είδους δεξαμενές (containers κ.λπ.). Αν και η μελέτη αναφέρεται σε παγκόσμια δεδομένα και όχι στην ελληνική πραγματικότητα, είναι λογικό να υποτεθεί ότι το συνολικό ποσοστό της οδικής και σιδηροδρομικής μεταφοράς παραμένει και στην Ελλάδα το ίδιο, παρόλη τη μικρότερη συμμετοχή του γενικότερου σιδηροδρομικού μεταφορικού έργου σε αυτήν, όπως θα αναλυθεί περαιτέρω στη συνέχεια.

Το ποσοστό των ατυχημάτων που αφορούν τη συνολική μεταφορά μέσω πλοίων ανέρχεται σε περίπου 17%, μεγάλο μέρος του οποίου καλύπτουν ατυχήματα που συμβαίνουν κατά τη μεταφορά με ποταμόπλοια-φορτηγίδες (barges). Αυτό γίνεται λόγω της μεγάλης κυκλοφορίας στα δίκτυα ποταμών της Κεντρικής Ευρώπης και της περιοχής των μεγάλων λιμνών των συνόρων ΗΠΑ-Καναδά, όπου είναι συγκεντρωμένα και τα κύρια βιομηχανικά κέντρα. Βέβαια και εδώ τα στοιχεία παραπλανούν, αφού δεν περιλαμβάνεται η κλίμακα των καταστροφών που προκαλείται από τα ναυτικά ατυχήματα που αφορούν τα υπερδεξαμενόπλοια. Ακόμα και αν ο αριθμός των θυμάτων από ναυτικό ατύχημα παραμείνει μικρός, ιδίως όταν το ατύχημα δε συμβεί σε λιμάνι, πλήττεται ιδιαίτερα το περιβάλλον και οι μακροχρόνιες επιδράσεις σε αυτό είναι άγνωστες. Αυτό γιατί οι επιπτώσεις διατηρούνται για περισσότερο χρόνο, όπως απέδειξε το πρόσφατο μεγάλο ναυτικό ατύχημα με δεξαμενόπλοιο μονού τοιχώματος στις γαλλικές και ισπανικές ακτές (2002) και το παλαιότερο (1989) ατύχημα του δεξαμενόπλοιου EXXON VALDEZ στην Αλάσκα.

Το ποσοστό των ατυχημάτων που αφορούν την αεροπορική μεταφορά επικινδύνων φορτίων είναι τόσο μικρό που δεν αναφέρεται στους πίνακες. Το αποτέλεσμα προκύπτει από το γεγονός ότι το υψηλό κόστος για τον αντίστοιχο όγκο και βάρος δεν επιτρέπει την εμπορική αερομεταφορά επικινδύνων χημικών ουσιών σε μεγάλη κλίμακα. Βέβαια το αεροπλάνο, λόγω της μεγάλης ποσότητας των

δικών του καυσίμων, αποτελεί το ίδιο κίνδυνο για πρόκληση μείζονος ατυχήματος, όπως αποδεικνύεται μετά από οποιοδήποτε αεροπορικό ατύχημα. Η παρούσα μελέτη δεν καλύπτει θέματα ασφάλειας (security) των μεταφορών έναντι κακόβουλης ενέργειας ή τις πολυάριθμες πολεμικές ή τρομοκρατικές ενέργειες αυτοκτονίας με χρήση οχημάτων, μεταξύ των οποίων κυριαρχούν τα γεγονότα της 11ης Σεπτεμβρίου 2001 στις ΗΠΑ. Επίσης, δεν καλύπτεται η μεταφορά καυσίμων για αμιγώς στρατιωτικούς σκοπούς από ιπτάμενα τάνκερ (π.χ. KC-135), ή των επικινδύνων χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία των συστημάτων πολεμικών αεροσκαφών (π.χ. υδραζίνη των F-16).

Είναι λογικό να υποτεθεί ότι πολλές ποσότητες των ραδιενεργών και βιολογικών υλικών, που έχουν μικρό όγκο, μεταφέρονται αεροπορικώς, ιδίως όταν δεν υπάρχει άλλος τρόπος (π.χ. σε απομακρυσμένες χώρες ή τοποθεσίες). Το θέμα έχει πολυάριθμες πτυχές και είναι δύσκολο να καλυφθεί, όταν μάλιστα εμπλέκονται μικρές μεταφορικές εταιρείες cargo, ή εκτελούνται μεταφορές για στρατιωτικούς σκοπούς και δεν τηρούνται οι αυστηροί κανόνες της IATA. Δυστυχώς όμως, σε ενδεχόμενο τέτοιο ατύχημα οι συνέπειες θα είναι σοβαρές για τα συνεργεία διάσωσης, τις αστυνομικές και πυροσβεστικές αρχές, τους περιοίκους κ.λπ. και για το λόγο αυτό ορισμένα από τα πορίσματα της παρούσας μελέτης εφαρμόζονται και σε τέτοιους είδους ατυχήματα. Η αντιμετώπιση των επιπτώσεων μετά από μείζον ατύχημα, ιδίως σε αστική περιοχή, δεν οριοθετείται από τις συνθήκες IATA, ADR, IMO κ.λπ. ή από το αν το εμπλεκόμενο όχημα ήταν στρατιωτικό ή όχι, αλλά αφορά όλους τους κατοίκους και το προσωπικό διάσωσης.

Αίτια των ατυχημάτων

Αναφέρονται αρκετές πιθανές αιτίες πρόκλησης ατυχήματος: μηχανική αστοχία, σύγκρουση, ανθρώπινη αμέλεια, αστοχία οργάνων, αστοχία εγκαταστάσεων υποστήριξης, βίαιη αντίδραση, εξωτερικά γεγονότα κ.λπ. Για τη συγκεκριμένη μελέτη θα επικεντρωθούμε στις συγκρούσεις, χωρίς να αποκλείεται ότι και άλλες ή ότι περισσότερες από μία αιτίας ήταν υπεύθυνες για την πρόκληση ατυχήματος κατά τη μεταφορά επικινδύνων ουσιών. Μάλιστα ορισμένες από αυτές, όπως η ανθρώπινη αμέλεια, ήταν και θα εξακολουθούν να είναι βασικές αιτίες πρόκλησης ατυχημάτων, αλλά δεν καθορίζεται στη μελέτη πόσες από αυτές αναφέρονται στη μεταφορά και όχι στις υπόλοιπες εγκαταστάσεις (π.χ. εργοστάσια ή διυλιστήρια). Ειδικά λοιπόν για τις συγκρούσεις προκύπτει η κατανομή του σχήματος 1.1.2.3.

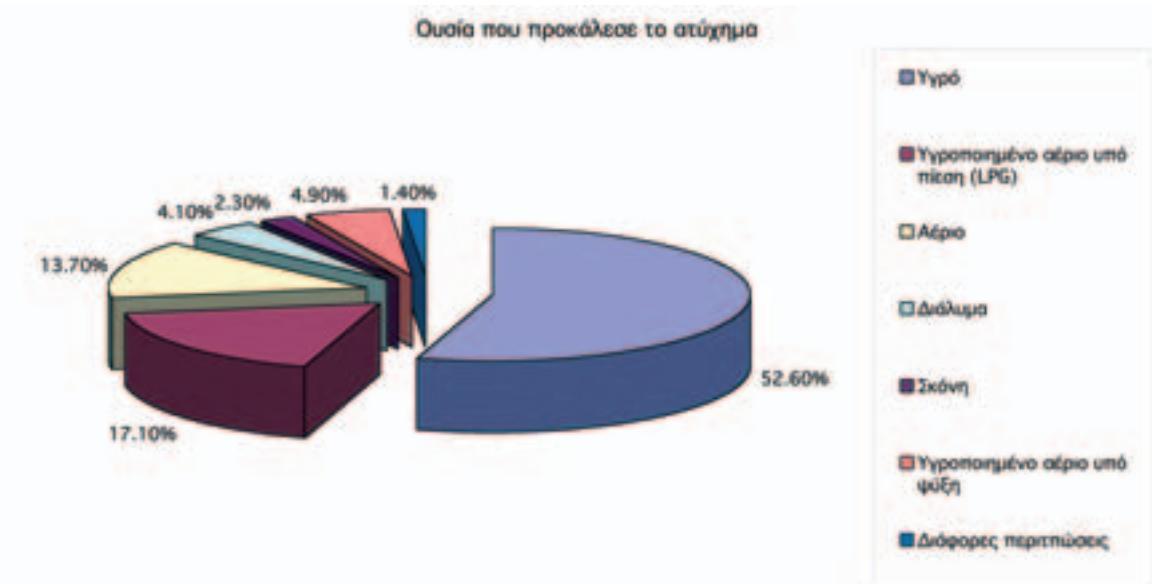


Σχήμα 1.1.2.3: Ειδικές αιτίες των ατυχημάτων που προηλθαν μετά από σύγκρουση.

Από το παραπάνω σχήμα είναι προφανές ότι τουλάχιστον 60% των ατυχημάτων αφορούν σιδηροδρομικές ή οδικές συγκρούσεις, ενώ περίπου 15% αυτών αφορούν ναυτικά ατυχήματα. Αξιοσημείωτο είναι το υψηλό ποσοστό των ατυχημάτων (περίπου 8-9%) που συμβαίνουν μετά από συγκρούσεις με σκαπτικά ή ανυψωτικά μηχανήματα, δηλαδή στα εργοτάξια, όπου παρατηρείται μεγάλος συνωστισμός μηχανημάτων.

Επικίνδυνες ουσίες που προκάλεσαν τα ατυχήματα

Η κατανομή ως προς τον τύπο της ουσίας που προκάλεσε τα ατυχήματα, με βάση την ταξινόμηση της βάσης δεδομένων (αέριο, στερεό, σκόνη κ.λπ.) παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.1.2.4.



Σχήμα 1.1.2.4: Κατανομή των ατυχημάτων ως προς την ουσία που τα προκάλεσε.

Το γεγονός που προκύπτει αμέσως είναι ότι τα ρευστά (υγρά και αέρια κάθε φύσης υπό πίεση) ήταν υπεύθυνα για το 90% των ατυχημάτων. Η παρατήρηση συμφωνεί με το γεγονός ότι η χημική βιομηχανία επεξεργάζεται υλικά που βρίσκονται κυρίως σε ρευστή μορφή.

Ενδιαφέρουσα είναι και η διαπίστωση ότι η ευφλεκτότητα των χημικών ουσιών ήταν η αιτία του 70% των ατυχημάτων (Πίνακας 1.1.2.2). Οι τοξικές ουσίες προκάλεσαν το 30% των ατυχημάτων, ενώ τα οφειλόμενα στις διαβρωτικές ουσίες (10% των περιπτώσεων) είναι συχνότερα από τα οφειλόμενα σε εκρηκτικές ύλες (6,6%). Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην εκτεταμένη βιομηχανική χρήση οξεών και αλκαλικών προϊόντων (π.χ. H_2SO_4 και $NaOH$). Φυσικά υπάρχουν περιπτώσεις που συνυπάρχουν δύο ή περισσότεροι τύποι ουσιών.

Εντύπωση προκαλεί η απειροελάχιστη εμφάνιση των γεγονότων που οφείλονται σε οαδιενεργά υλικά. Ακόμα και εάν αυτό μπορεί να αποδοθεί στα πράγματι αυστηρά μέτρα ασφαλείας κατά την παραγωγή και τη διακίνησή τους, είναι αναμφισβήτητο γεγονός η απροθυμία ανακοίνωσης τέτοιων περιστατικών ή η καθυστερημένη (ακόμα και μετά από δεκαετίες) γνωστοποίησή τους.

Πίνακας 1.1.2.2: Ιδιότητες των ουσιών που οδήγησαν στη πρόκληση ατυχήματος.

| Περιστατικά με τουλάχιστον μία από τις ακόλουθες ουσίες - υλικά | Ποσοστό εμφάνισης γεγονότος (%) |
|---|---------------------------------|
| Εύφλεκτα | 69,4 |
| Τοξικά | 29,5 |
| Διαβρωτικά | 10,4 |
| Εκρηκτικά | 6,6 |
| Οξειδωτικά | 5,1 |
| Ψυκτικά | 1,0 |
| Ασφυξιογόνα | 0,5 |
| Ραδιενεργά | 0,1 |

Τύποι ατυχημάτων

Η βάση δεδομένων ταξινομεί τα ατυχήματα σε τέσσερις βασικούς τύπους: διαρροή, πυρκαγιά, έκρηξη και νέφος αερίων. Η κατανομή των τεσσάρων αυτών τύπων παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.1.2.3.

Είναι προφανής η σημασία της σωστής διαχείρισης των ουσιών, εφόσον πάνω από το 50% των ατυχημάτων οφείλονται σε διαρροή ή διαφυγή. Συγκρίνοντας με τον Πίνακα 1.1.2.2, το ποσοστό εμφάνισης των εκρήξεων (36%) είναι πολύ μεγαλύτερο από το ποσοστό παρουσίας εκρηκτικών ουσιών (6,6%). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι περισσότερες εκρήξεις δεν συνδέονται με τα άμεσα εκρηκτικά χαρακτηριστικά της ουσίας, αλλά με γεγονότα (διαρροή κ.λπ.) που οδηγούν στο σχηματισμό εκρηκτικού μίγματος.

Πίνακας 1.1.2.3: Κατανομή τύπων ατυχημάτων.

| Τύπος ατυχήματος | Ποσοστό εμφάνισης (%) |
|------------------|-----------------------|
| Διαρροή | 51,0 |
| Πυρκαγιά | 44,0 |
| Έκρηξη | 36,0 |
| Νέφος αερίων | 12,1 |

Ένα επιπλέον συμπέρασμα που αφορά τα νέφη αερίων είναι ότι το 50% των ατυχημάτων που οφείλονται σε αυτά αφορούσαν βαρέα νέφη. Αυτό συμφωνεί με τη διαπίστωση ότι οι περισσότερες από τις επικινδυνες ουσίες είναι βαρύτερες από τον αέρα (χλωρίνη, βενζίνη, LPG κ.λπ.), αλλά και οι ελαφρύτερες ουσίες συμπεριφέρονται ως βαρείς όταν απελευθερωθούν (π.χ. αιμωνία). Επομένως κατά τη διακίνηση των υλικών αυτών θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και το γεγονός αυτό.

Συμπεράσματα

Το πρώτο αύριο συμπέρασμα που προκύπτει από το Σχήμα 1.1.2.1 είναι το υψηλό ποσοστό των ατυχημάτων που συμβαίνουν κατά τη διακίνηση των επικινδύνων ουσιών: περίπου 40% κατά τη μεταφορά και 8% κατά τις εργασίες φορτοεκφόρτωσης (όπου όμως περιλαμβάνονται και οι εσωτερικές

μετακινήσεις στους τόπους παραγωγής). Όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία, ξενίζει το γεγονός ότι, παρά την ανωτέρω διαπίστωση, δεν υπάρχει γενικότερη νομική προσέγγιση στο θέμα των μεταφορών με διαδικασίες ανάλογες της οδηγίας Seveso II. Οι διάφορες εθνικές και διεθνείς συνθήκες (π.χ. ADR) πολλές φορές καταστρατηγούνται, ιδίως από κράτη με σχετικά ανεπαρκείς μηχανισμούς επίβλεψης.

Το δεύτερο συμπέρασμα αφορά τη φύση της μεταφοράς, όπου το επικίνδυνο φορτίο υπόκειται στους συνήθεις κινδύνους της κυκλοφορίας (Σχήμα 1.1.2.3). Βέβαια, οι μεταφερόμενες ποσότητες, τουλάχιστον στην ξηρά, είναι συνήθως μικρές και μπορεί να υπάρχει η δυνατότητα μετακίνησης του οχήματος σε λιγότερο δυσμενή θέση. Όμως, σε κάθε περίπτωση το όχημα κινείται σε περιβάλλον πάνω στο οποίο ο οδηγός έχει ελάχιστο έλεγχο. Εάν συμβεί ατύχημα, αυτό θα μπορούσε να συμβεί σε οποιοδήποτε σημείο της διαδρομής, με διαφορετικά αποτελέσματα κάθε φορά. Επομένως το όχημα και ο υπεύθυνος για τη διεύθυνσή του θα πρέπει να βρίσκονται σε άριστη κατάσταση και να τηρούν τους κανόνες κυκλοφορίας. Οι αρμόδιες αρχές, επίσης, θα πρέπει να επιλέξουν τους κατάλληλους άξονες μεταφοράς, ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος ατυχήματος.

Λόγω των πολλών πτυχών του θέματος, ανακύπτουν δυσκολίες από το πλήθος των παραμέτρων που θα πρέπει να ελεγχθούν. Για παράδειγμα, κατά την οδική μεταφορά θα έπρεπε να ελεγχθεί η νηφαλιότητα του οδηγού, η τήρηση του ΚΟΚ, η καταλληλότητα του έλκοντος οχήματος (ελαστικά, συστήματα πέδησης, φώτων κ.λπ.), η καταλληλότητα του συστήματος μεταφοράς του φορτίου (συστήματα ασφαλείας, πρόσδεση, συνοδευτικά έγγραφα και πιθανή παραποίησή τους κ.λπ.). Επίσης θα πρέπει να διατίθεται προσωπικό πυρόσβεσης, διάσωσης και παροχής ιατρικής βοήθειας, αστυνόμευσης για εκτροπή της κυκλοφορίας ή ακόμα και για εκκένωση της περιοχής κ.λπ., το οποίο να είναι εκπαιδευμένο στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων από κάθε πιθανή επικίνδυνη ουσία. Όλοι αυτές οι παράμετροι μπορούν εύκολα να οδηγήσουν σε έλλειψη επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκομένων και σε ανεξέλεγκτη δημιουργία μείζονος ατυχήματος.

1.1.3. Βασικοί τύποι φορτηγών αυτοκινήτων μεταφοράς επικινδύνων φορτίων

Στα εγχειρίδια του Υπουργείου Μεταφορών (Ίδρ. Ευγενίδου (1999 και 2000)) ο αναγνώστης μπορεί να βρει αρκετά σχήματα και φωτογραφίες που παρουσιάζουν τους βασικούς τύπους οχημάτων μεταφοράς επικινδυνών φορτίων. Όπως φαίνεται υπάρχει μεγάλο εύρος μορφής οχημάτων: από «απλά» φορτηγά, όπου τα επικίνδυνα φορτία μπορεί να μεταφέρονται μαζί με άλλα υλικά σε δοχεία, έως οχήματα EIX, τύπου «στέισον βάγκον» ή τύπου κλειστού φορτηγού (όπως τα νοσοκομειακά) για τη μεταφορά οραδιενεργών υλικών. Βέβαια τα τελευταία, λόγω και της φύσεως του φορτίου, είναι από τα καλύτερα ελεγχόμενα, οπότε συνήθως φέρουν την κατάλληλη σήμανση. Όμως, πολλές φορές, είναι δύσκολο να κριθεί από την εξωτερική εικόνα ενός «κοινού» φορτηγού ότι αυτό μεταφέρει επικίνδυνα φορτία, όταν αυτά συνυπάρχουν με άλλα εμπορεύματα (βλ. πυρκαγιά σε γκαράζ οχηματαγωγού «Κνωσός Παλλάς» (Νοέμβριος 2003) που ξεκίνησε από φορτίο ακετόνης σε ασυνόδευτο ρυμουλκούμενο που μετέφερε γενικό φορτίο).

Βέβαια ο συνηθέστερος τύπος μεταφοράς επικινδύνων χημικών φορτίων είναι τα βυτία. Ο πίνακας 1.1.3.1 με την ταξινόμηση σύμφωνα με τους αμερικανικούς κανονισμούς συμπληρώνει τις εικόνες των εγχειριδίων του Υπουργείου Μεταφορών. Κυρίως αφορά οχήματα ξένων χωρών που διέρχονται από την Ελλάδα (ιδίως από τον οδικό άξονα Πάτρας – Αθήνας – Ευζώνων ή Αλεξανδρούπολης) και

δεν είναι αναγνωρίσιμα. Επίσης, πολλά οχήματα του NATO, οχήματα αεροπορικής εξυπηρέτησης κ.λπ., συμπεριλαμβανομένων μερικών των ελληνικών Ενόπλων Δυνάμεων, ακολουθούν το αμερικανικό σύστημα. Πάντως σε κάθε περίπτωση δεν υπάρχουν σημαντικές «οπτικές» διαφορές μεταξύ των φορτηγών που ακολουθούν τους ευρωπαϊκούς ή τους αμερικανικούς κανονισμούς, τουλάχιστον όσον αφορά τη μεταφερόμενη επικίνδυνη ουσία.

Πίνακας 1.1.3.1: Τύποι βυτίων μεταφοράς χημικών κατά το αμερικανικό σύστημα (MC-Motor Carrier).

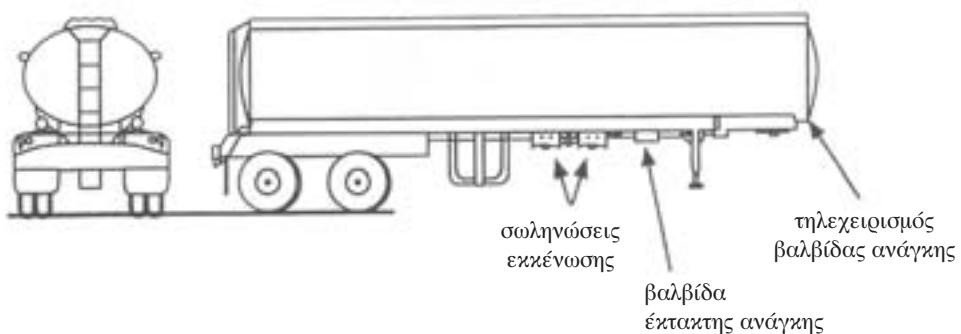
| Αριθμός σχεδιασμού Design number | Μεταφερόμενα υλικά |
|-------------------------------------|---|
| MC306/406 | Εύφλεκτα υγρά και δηλητήρια κλάσης B (βυτία χωρίς πίεση) - Non pressure liquid tank |
| MC307/407 | Εκτός των ανωτέρω και χημικά με μικρή πίεση (βυτία χαμηλής πίεσης) – Low pressure chemical tank |
| MC312/412 | Διαβρωτικά υγρά – Corrosive liquid tank |
| MC331 | Υγροποιημένα αέρια όπως LPG, χλωρίνη και άνυδρη αμμωνία – High pressure tank |
| MC338 | Κρυογενικά αέρια- Cryogenic Liquid Tank |

Στη συνέχεια αναφέρονται τα βασικά στοιχεία μερικών φορτηγών. Θεωρητικά τα εξωτερικά χαρακτηριστικά ενός φορτηγού ή βυτίου θα μπορούσαν να βοηθήσουν στον προσδιορισμό της κατηγορίας της μεταφερόμενης επικίνδυνης ουσίας (π.χ. εάν πρόκειται για υγρό ή υγροποιημένο αέριο κ.λπ.) Επειδή όμως υπάρχουν πολλοί τύποι φορτηγών και βυτίων, το προσωπικό διάσωσης πρέπει να είναι πολύ επιφυλακτικό ως προς τη χρήση της εξωτερικής μορφής των οχημάτων ως στοιχείου αναγνώρισης του μεταφερόμενου υλικού σε περίπτωση ατυχήματος.

Βυτία μεταφοράς υγρών (π.χ. MC306/406)

Τα βυτία αυτά χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά εύφλεκτων υγρών όπως βενζίνης και diesel, καθώς και δηλητηριωδών υλικών και διαλυμάτων. Έχουν ελεγχθεί υδροστατικά σε πίεση 3 psi και είναι συνήθως κατασκευασμένες από αλουμίνιο.

Άλλα χαρακτηριστικά τους είναι: (Σχήμα 1.1.3.2)



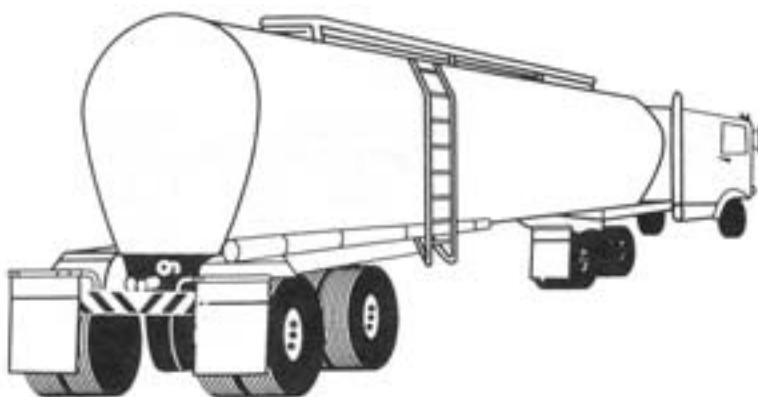
Σχήμα 1.1.3.2: Βυτίο τύπου MC306/406 (από GCTRA (1995))

- χωρητικότητα από 2.000 έως 9.500 γαλόνια (1 US gallon = 3,785 λίτρα)
- διατομή στρογγυλή ή οβάλ, λεία εξωτερική επιφάνεια (μπορεί να έχει εξωτερικές νευρώσεις) και με μία μικρή σκάλα στο επάνω μέρος
- βαλβίδες (μηχανικές, πεπιεσμένου αέρα ή υδραυλικές) που παραμένουν κλειστές κατά τη μεταφορά, εφοδιασμένες με σύστημα θερμικής ασφάλισης
- οι σωληνώσεις πρέπει να προστατεύονται από μηχανικές καταπονήσεις
- υπάρχει πίσω προφυλακτήρας και ανθρωποθυρίδα
- υπάρχει σύστημα με ανακυρφιστικές βαλβίδες προστασίας από υπερπίεση, που μπορεί να λειτουργεί σε περίπτωση ατυχήματος ή οποιασδήποτε μεταβολής της πίεσης, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό του οχήματος
- υπάρχει σύστημα προστασίας των σωληνώσεων και των εξαεριστικών σε περίπτωση ανατροπής.

Βυτία μεταφοράς υγρών (π.χ. MC307/407)

Τα βυτία αυτά χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά εύφλεκτων υγρών και ήπιων διαβρωτικών, όπως ακρυλικού οξέος κ.λπ. Θεωρούνται δεξαμενές χαμηλής πίεσης αν και έχουν ελεγχθεί υδροστατικά στα 25 psi (1,75 bar) και είναι συνήθως κατασκευασμένες από χάλυβα.

Άλλα χαρακτηριστικά τους είναι: (Σχήμα 1.1.3.3)



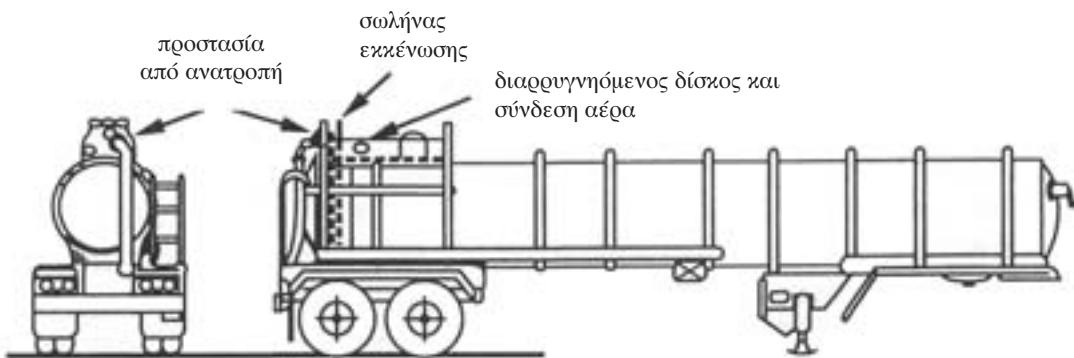
Σχήμα 1.1.3.3: Βυτίο τύπου MC307/407 (από GCTRA (1995))

- χωρητικότητα από 2.000 έως 8.000 γαλόνια
- διατομή σχήματος πέταλου και μία μικρή σκάλα στο πλάι και πλατφόρμα στο επάνω μέρος
- βαλβίδες εξαερισμού που περιορίζουν την εσωτερική πίεση στο 150% της επιτρεπόμενης πίεσης λειτουργίας
- οι σωληνώσεις πρέπει να προστατεύονται από μηχανικές καταπονήσεις.
- υπάρχει πίσω προφυλακτήρας και ανθρωποθυρίδα αντοχής.
- υπάρχει σύστημα προστασίας των σωληνώσεων και των εξαεριστικών σε περίπτωση ανατροπής.

Βυτία τύπου MC312/412 για μεταφορά υγρών

Οι δεξιαμενές αυτές χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά υγρών μεγάλης πυκνότητας και διαβρωτικών, όπως του υδροχλωρικού οξέος κ.λπ. Θεωρούνται δεξιαμενές χαμηλής πίεσης και έχουν ελεγχθεί υδροστατικά σε πίεση 1,5 φορές μεγαλύτερη από την πίεση λειτουργίας τους και τουλάχιστον 5 psi (0,35 bar). Είναι συνήθως κατασκευασμένες από χάλυβα, ανοξείδωτο χάλυβα ή αλουμίνιο.

Άλλα χαρακτηριστικά τους είναι: (Σχήμα 1.1.3.4)



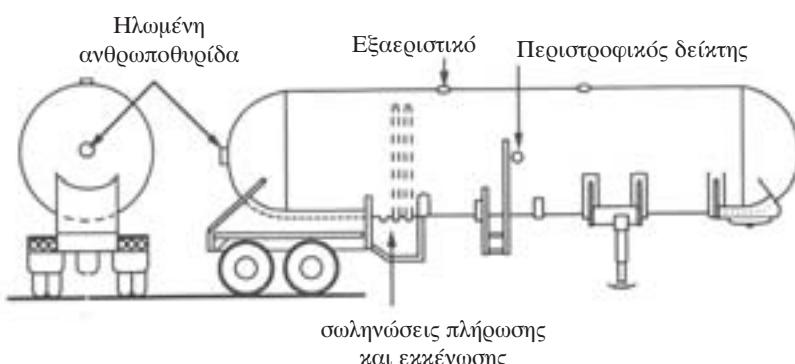
Σχήμα 1.1.3.4: Βυτίο τύπου MC312/412 (από GCTRA (1995))

- δεξιαμενή που αποτελείται από πολλά ανεξάρτητα διαμερίσματα
- κυλινδρική διατομή, στενή διάμετρος, εξωτερικές νευρώσεις με μία μικρή σκάλα στο πλάι και πλατφόρμα στο επάνω μέρος
- λόγω των υλικών που μεταφέρονται, συνήθως είναι μικρότερα από τα προηγούμενα βυτία MC306-307, 406-407
- μπορούν να εκκενωθούν από επάνω, συνήθως με πίεση αέρα. διαθέτουν προστασία από φαινόμενα σιφωνισμού
- άλλα χαρακτηριστικά (εξαεριστικά, σωληνώσεις εκκένωσης, προστασία ανατροπής και σύγκρουσης από πίσω κ.λπ.) ανάλογα με τα προηγούμενα.

Βυτία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων (π.χ. MC331)

Οι δεξαμενές αυτές χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά αερίων που υγροποιούνται υπό πίεση. Εκτός από τα συμπυκνωμένα αέρια, μεταφέρονται και μερικά πολύ επικίνδυνα υγρά όπως η άνυδρος αμμωνία, η χλωρίνη, το LPG, το υγροποιημένο CO₂, το υγρό μεθυλικό παραθείο και γενικά αέρια και υγρά που είναι εξαιρετικά πτητικά. Είναι συνήθως κατασκευασμένες από χάλυβα και έχουν ελεγχθεί σε πίεση 100-500 psi (7-35 bar). Σημειώνεται ότι οι δεξαμενές αυτές ποτέ δεν πληρώνονται τελείως, αλλά αφήνεται λίγος χώρος για διαστολή κατά τη μεταφορά. Η υπερπλήρωση μπορεί να προκαλέσει υδροστατική αστοχία. Υπάρχει εξαεριστική διάταξη, μόνο για ατμούς. Σε περίπτωση ανατροπής, ο εξαερισμός δεν θα οδηγήσει στη μείωση της εσωτερικής πίεσης.

Άλλα στοιχεία είναι: (Σχήμα 1.1.3.5)

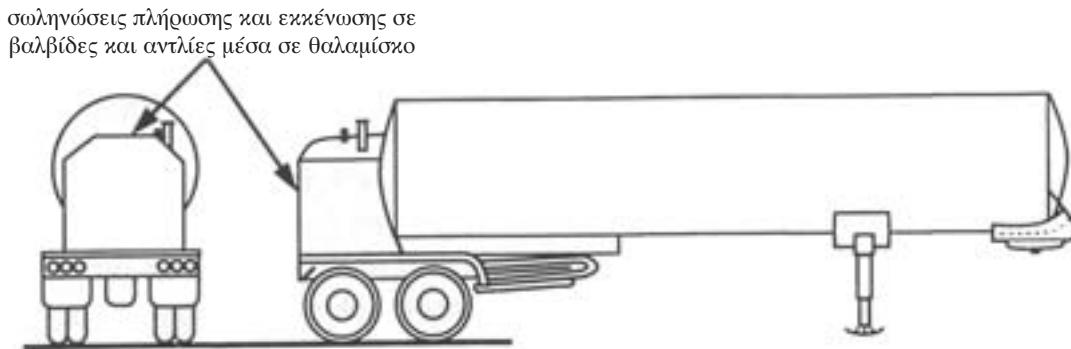


Σχήμα 1.1.3.5: Βυτίο τύπου MC331 (από GCTRA (1995))

- δείκτης εσωτερικής πίεσης, θερμόμετρο και δείκτης στάθμης
- κυλινδρική διατομή, συνήθως μεγαλύτερη από το MC312/412, ημισφαιρικά άκρα και λεία εξωτερική επιφάνεια, χωρίς νευρώσεις
- μόνωση (επένδυση από αλουμίνιο ή ανοξείδωτο χάλυβα), πιθανόν μόνο στο άνω μέρος, για προστασία από τον ήλιο
- αυστηρότερες διατάξεις ασφαλείας (βαλβίδες διακοπής, εξαεριστικά, ανακουφιστικές διατάξεις, προφυλακτήρες κ.λπ.).

Βυτία μεταφοράς εψηγμένων αερίων (π.χ. MC338)

Οι δεξαμενές αυτές χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά αερίων που υγροποιούνται με χρήση ψύξης (όπως το υγρό ήλιο) και όχι με πίεση, όπως προηγουμένως. Εξωτερικά μοιάζουν με τις προηγούμενες δεξαμενές MC331, αλλά η κατασκευή τους είναι τύπου «θερμός», δηλαδή υπάρχουν δύο βυτία που το ένα περικλείει το άλλο και στο ενδιάμεσο υπάρχει ισχυρό θερμομονωτικό υλικό (Σχήμα 1.1.3.6).

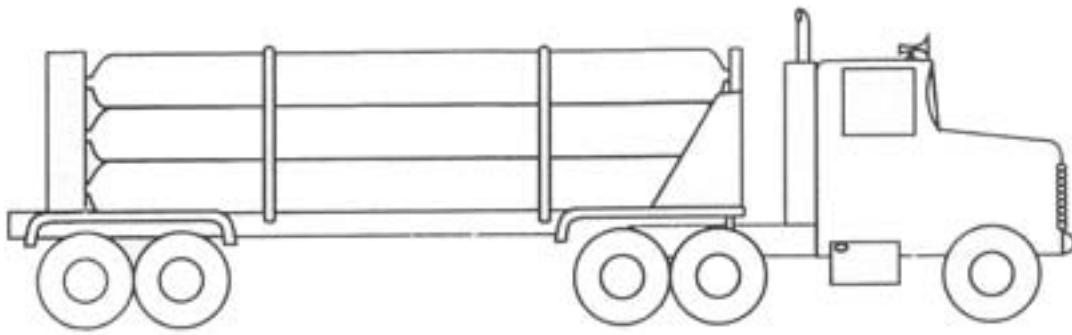


Σχήμα 1.1.3.6: Βυτίο τύπου MC331 (από GCTRA (1995))

Τα βυτία αυτά είναι επομένως σχεδιασμένα για να εμποδίζουν τη μεταφορά θερμότητας στο προϊόν, αλλά δεν ψύχονται. Εάν το περιεχόμενο θερμανθεί, τότε θα αυξηθεί πίεσή του και θα ενεργοποιηθεί η ανακυριστική βαλβίδα ασφαλείας, ώστε η πίεση να μειωθεί. Οι διατάξεις ασφαλείας είναι ίδιες όπως προηγουμένως, όπως και η κυλινδρική διατομή (από πίσω), τα ημισφαιρικά άκρα και η λεία εξωτερική επιφάνεια, χωρίς εξωτερικές νευρώσεις.

Μεταφορείς κυλινδρικών δοχείων (Tube Trailers)

Συνήθως τα δοχεία αυτά έχουν τη μορφή κυλίνδρων ή σωλήνων χωρίς φαρή, διαμέτρου 23 έως 125 εκατοστών (9 έως 48 ίντσες) και το ρυμουλκούμενο μπορεί να μεταφέρει από 3 μεγάλα έως πάνω από 20 μικρά από αυτά (βλ. και Ιδρ. Ευγενίδου (1999)-Μεταφορές με βυτία). Η πίεση στους κυλίνδρους κυμαίνεται από 200 έως 350 bar (3000-5000 psi) και συνήθως μεταφέρονται ήλιο, υδρογόνο, άζωτο και οξυγόνο.

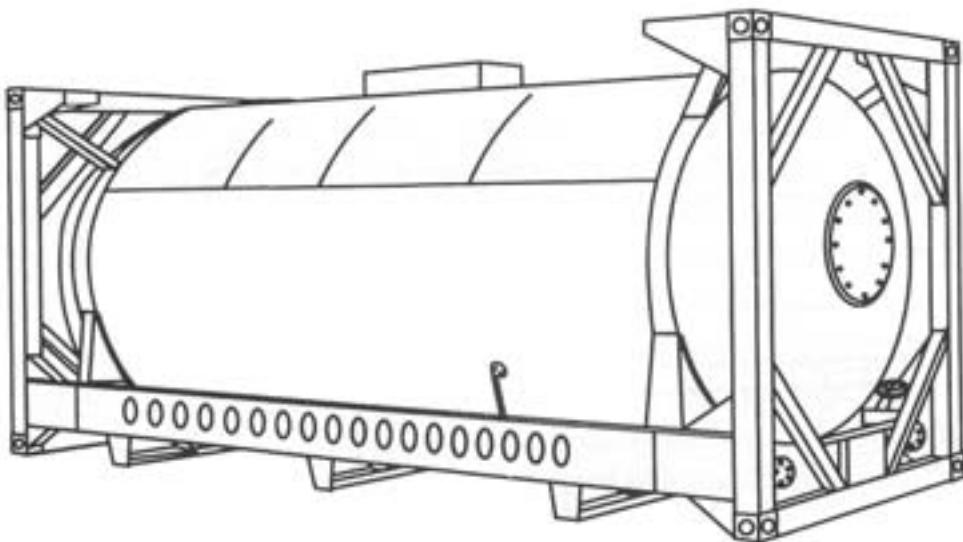


Σχήμα 1.1.3.7: Μεταφορά αερίων υπό πίεση σε κυλίνδρους (από GCTRA (1995))

Εμπορευματοκιβώτιο βυτίο

Τα βυτία αυτά (tank containers ή intermodal tanks) μεταφέρονται ποικιλία επικινδύνων υλικών και αποτελούνται από τη δεξαμενή ενσωματωμένη στο πλαίσιο της. Αναλόγως της κατασκευής, το υλικό

μπορεί να βρίσκεται υπό πίεση ή όχι, ή να είναι αργογενικό. Συνήθως οι δεξαμενές αυτές δεν υπερβαίνουν τα 6.300 γαλόνια ή 24 m³. Διαθέτουν ειδικές διατάξεις αγκύρωσης, ώστε να μπορούν να μεταφερθούν με πλοίο, σιδηροδρομικώς ή οδικώς.



Σχήμα 1.1.3.8: Εμπορευματοκιβώτιο βυτίο (Intermodal tank container) (από GCTRA (1995))

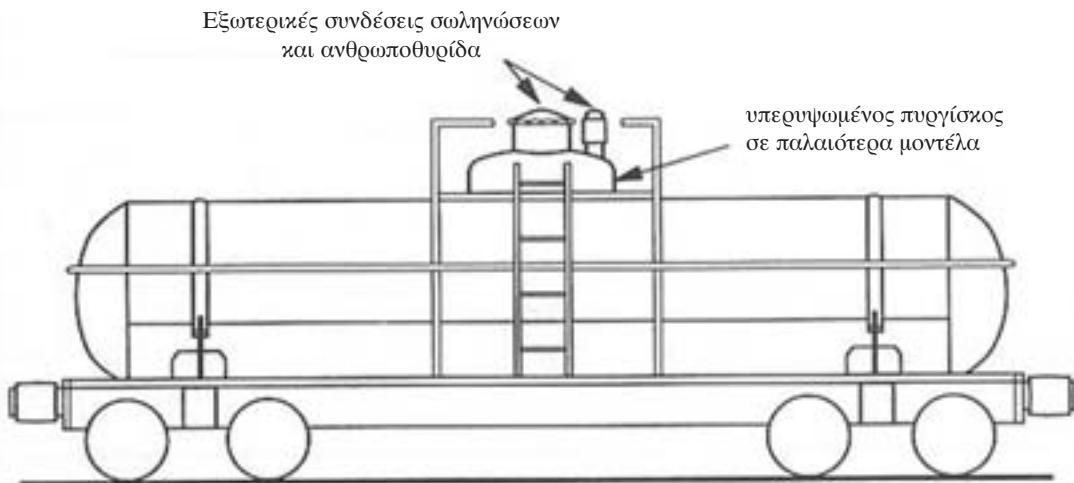
Ο Κώδικας για τη Μεταφορά Επικινδύνων Φορτίων (IMDG) του Διεθνούς Οργανισμού Ναυτιλίας (IMO) ταξινομεί τους βασικούς τύπους βυτίων ως εξής:

| | |
|---|--------------------|
| Τύποι 1, 2 και 4 | Υγρά |
| Τύποι 5 και 6 | Συμπυκνωμένα αέρια |
| Τύποι 7 και 8 | Κρυογενικά υγρά |
| Δεν υπάρχει εμπορευματοκιβώτιο τύπου 3. | |

Συνήθως τα παραπάνω εμπορευματοκιβώτια σχεδιάζονται για να καλύπτουν 6,1 μέτρα (20 ft) μήκους σε ένα αμπάρι πλοίου (π.χ. είναι διαστάσεων 6 X 2,4 X 2,4 μέτρων). Υπάρχουν και containers με μη τυποποιημένες διαστάσεις, αλλά επειδή αυτά μεταφέρονται στο κατάστρωμα, η μεταφορά τους είναι ακριβότερη.

Κοινό σιδηροδρομικό βαγόνι βυτίο (περιεχόμενο όχι υπό πίεση)

Τα σιδηροδρομικά αυτά βυτία είναι πολλών τύπων και μεταφέρονται εύφλεκτα υγρά ή στερεά (αφού τηχθούν), οξειδωτικά, δηλητηριώδη και διαβρωτικά υλικά. Χρειάζεται ειδικός τύπος βαγονιού για τη μεταφορά υλικών που είναι επικίνδυνα στην εισπνοή. Σημειώνεται ότι παρόμοιου τύπου βαγόνια χρησιμοποιούνται και για τη μεταφορά εδωδίμων υλών και τροφίμων (χυμών, πολτών κ.λπ.). Είναι κατασκευασμένα από χάλυβα, ανοξείδωτο ή νικελιούχο χάλυβα και αλουμίνιο. Συνήθως έχουν ελεγχθεί σε πιέσεις 2,5 έως 7 bar, αν και θεωρούνται δεξαμενές χαμηλής πίεσης (Σχήμα 1.1.3.9).



Σχήμα 1.1.3.9: Βαγόνι βυτίο κοινού τύπου (όχι υπό πίεση) (non-pressurized tank car)
(από GCTRA (1995))

Άλλα χαρακτηριστικά των βαγονιών αυτών είναι:

- δεξαμενή που αποτελείται από πολλά ανεξάρτητα διαμερίσματα, πιθανόν διαφορετικής χωρητικότητας και για διαφορετικά υλικά
- κυλινδρική διατομή πίσω, κυρτές κεφαλές εμπρός και πίσω και εμφανές κάλυμμα στο επάνω μέρος για τις σωληνώσεις
- κατάλληλες διατάξεις ασφαλείας (εξαεριστικά, ανακουφιστικές βαλβίδες κ.λπ.).

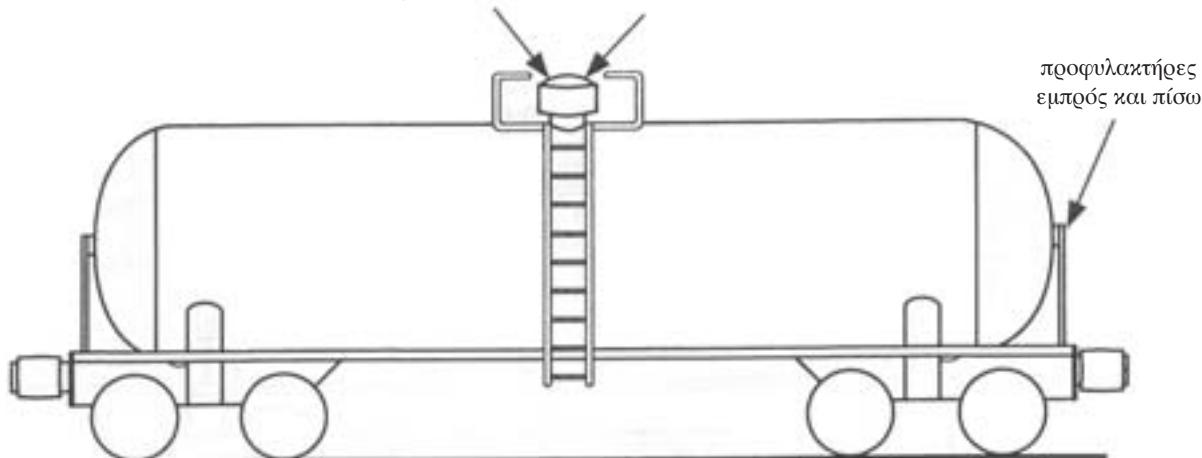
Σιδηροδρομικό βαγόνι βυτίο (περιεχόμενο υπό πίεση)

Τα σιδηροδρομικά αυτά βυτία είναι πολλών τύπων και μεταφέρουν εύφλεκτα υγρά και δηλητηριώδη υλικά (π.χ. άνυδρη αιμωνία, πυροφορικά υγρά κ.λπ.). Συνήθως έχουν ελεγχθεί σε πιέσεις 7 – 42 bar, και είναι κατασκευασμένα από χάλυβα ή αλουμίνιο (Σχήμα 1.1.3.10).

Άλλα χαρακτηριστικά των βαγονιών αυτών είναι:

- φόρτωση από το επάνω μέρος και διατάξεις απορροής στο κάτω μέρος
- κυλινδρική διατομή πίσω, κυρτές κεφαλές και προφυλακτήρες εμπρός και πίσω και εμφανές κάλυμμα ανθρωποθυρίδας και ασφαλιστικών διατάξεων στο επάνω μέρος
- μόνωση και/ή θερμική προστασία ή άσπρη βαφή για αντανάκλαση των ακτίνων του ήλιου.

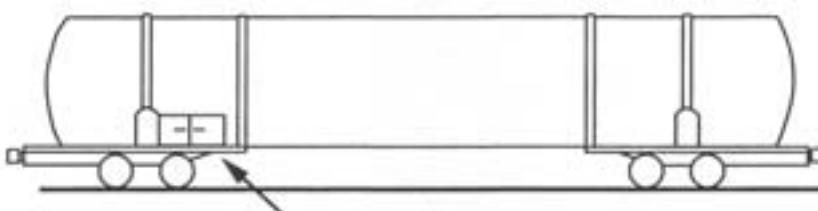
Σωληνώσεις βαλβίδες και ανθρωποθυρίδα
μέσα σε προστατευτικό κάλυμα



Σχήμα 1.1.3.10: Βαγόνι βυτίο κοινού μεταφοράς υλικών υπό πίεση (pressurized tank car)
(από GCTRA (1995)).

Βαγόνια μεταφοράς κρυογενικών υγροποιημένων αερίων

Τα βαγόνια αυτά είναι ανάλογα των αντίστοιχων φορτηγών οδικής μεταφοράς και χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά σε χαμηλή πίεση υγροποιημένων υπό ψύξη αερίων, όπως υδρογόνο, αιθυλένιο, αργό, άζωτο και οξυγόνο. Υπάρχουν και εδώ δύο βυτία που το ένα περικλείει το άλλο και στο ενδιάμεσο υπάρχει ισχυρό θερμομονωτικό υλικό, έτσι ώστε το περιεχόμενο να μπορεί να παραμείνει σε χαμηλή θερμοκρασία έως 30 ημέρες (Σχήμα 1.1.3.11).



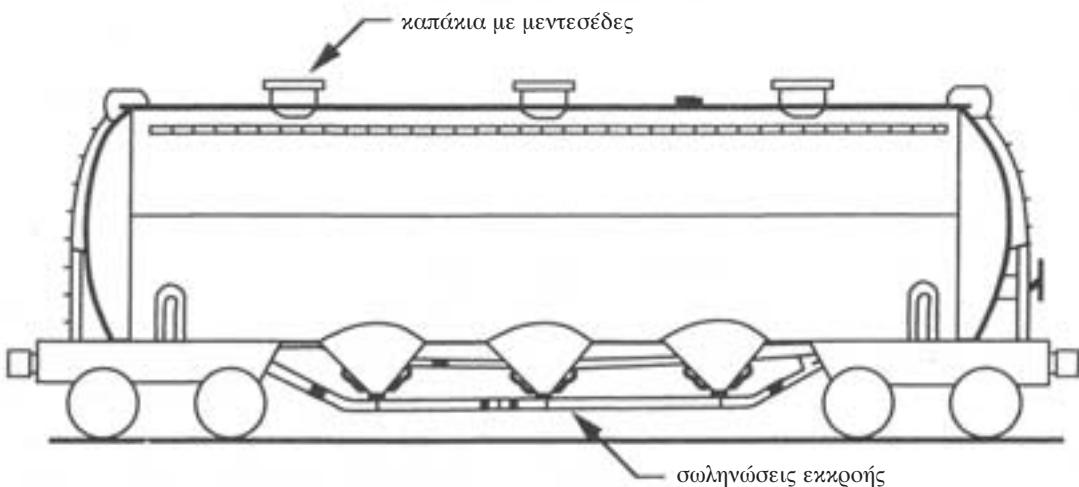
Σχήμα 1.1.3.11: Βυτίο για τη μεταφορά κρυογενικού αερίου (cryogenic liquid tank car)
(από GCTRA (1995))

Τα βυτία αυτά έχουν σωληνώσεις φόρτωσης και εκφόρτωσης και διατάξεις ασφαλείας σε ντουλάπια σε διαγώνιες γωνίες του βαγονιού, ή πίσω, ή στο κέντρο του.

Άλλοι τύποι βαγονιών

Ένας τύπος βαγονιού που μοιάζει με βυτίο είναι αυτό του σχήματος 1.1.3.12 (Tank Type Covered

Hopper). Χρησιμοποιείται για τη μεταφορά στερεών σε κόκκους, όπως καυστική σόδα. Θεωρείται ως βαγόνι χαμηλής πίεσης, αν και χρησιμοποιείται πίεση στην εκφόρτωση.



Σχήμα 1.1.3.12: Βαγόνι με μορφή βυτίου για τη μεταφορά στερεών σε κόκκους. (από GCTRA (1995)).

Ακόμα και τα «κοινά» βαγόνια των εμπορικών αμαξοστοιχιών μπορεί να μεταφέρουν επικίνδυνα υλικά, πολλές φορές μαζί με άλλα υλικά. Βέβαια, θα πρέπει σε αυτή την περίπτωση να υπάρχουν οι κατάλληλες επικέτες και σημάνσεις, εξωτερικά και πάνω στις συσκευασίες. Μερικά από αυτά τα βαγόνια είναι ψυχόμενα, δηλαδή διαθέτουν ανεξάρτητη μονάδα ψύξης που παίρνει ισχύ από ηλεκτρική πηγή ή από γεννήτρια με καύσιμο diesel.

Άλλα είδη συσκευασίας μεταφοράς

Πολλά επικίνδυνα είδη μεταφέρονται σε συσκευασίες με μορφή βαρελιών, κυλίνδρων, κουτιών, σακουλιών, σάκων κ.λπ. Ειδικά τα σκεπάσματα ή καπάκια στα βαρέλια (drums, barrels) έχουν συνήθως την παρακάτω μορφή:

Πίνακας 1.1.3.2: Μορφή του πώματος σε ένα βαρέλι (drum ή barrel)

| Μορφή πώματος | Χαρακτηριστικά |
|---|---|
| Αφαιρείται όλο το καπάκι | Μεταφορά στερεών υλών |
| Έχει τάπα ή τάπα σαν αφαιρούμενο καπάκι | Μεταφορά υγρών |
| Έχει εσωτερική επίστρωση | Μπορεί να περιέχει ένα πολύ διαβρωτικό ή οποιοδήποτε επικίνδυνο υλικό |

Μερικά χρησιμά χαρακτηριστικά των βαρελιών αναφέρονται στη συνέχεια.

- **Πλαστικά βαρέλια.** Συχνά περιέχουν οξέα ή βάσεις.
- **Εσωτερική επικάλυψη** από πολυαιθυλένιο ή πολυυβινύλιο. Συχνά περιέχουν ισχυρά οξέα ή βάσεις. Εάν η επένδυση τρυπήσει, τότε το περιεχόμενο υλικό διαβρώνει γρήγορα το χαλύβδινο εξωτερικό και οδηγεί σε διαρροή.

- **Μεταλλικά βαρέλια από μάλλον ασυνήθιστα υλικά (αλουμίνιο, νικέλιο, ανοξείδωτο χάλυβα κ.λπ.).** Τα βαρέλια αυτά είναι πολύ ακριβά και κατά κανόνα περιέχουν επικίνδυνα υλικά.
- **Βαρέλια με μονό τοίχωμα και περιεχόμενο υπό πίεση.** Τα βαρέλια αυτά μάλλον έχουν υποδοχέα για την πλήρωση με αδρανές αέριο, όπως άζωτο. Μπορεί να περιέχουν υλικά δραστικά, εύφλεκτα ή εκρηκτικά.
- **Συσκευασίες εργαστηρίων.** Χρησιμοποιούνται για την απόρριψη ληγμένων χημικών από πανεπιστημιακά ή ιατρικά εργαστήρια και παρόμοια ιδρύματα. Μπορεί να περιέχουν ραδιοϊσότοπα ή πολύ πτητικά, διαβρωτικά ή τοξικά χημικά.

1.2 Μεταφορές επικίνδυνων εμπορευμάτων στην Ελλάδα

1.2.1. Ατυχήματα κατά την οδική μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων στην Ελλάδα

Η αρχική δυσκολία που αντιμετωπίζει ο ερευνητής είναι η έλλειψη ολοκληρωμένων στοιχείων για τα οδικά ατυχήματα ως προς τους λόγους που τα προκάλεσαν. Στα στατιστικά στοιχεία (π.χ. στην ιστοσελίδα της Τροχαίας) προβάλλεται συχνά ως αιτία η «υπερβολική ταχύτητα», η οποία όμως χρειάζεται να αναλυθεί περισσότερο ως προς την κατάσταση του οδοστρώματος, του οχήματος και του οδηγού.

Επίσης, ενώ είναι ενθαρρυντικό το γεγονός της συχνότητας ελέγχου των οδηγών ως προς τη κατανάλωση αλκοόλ, δεν είναι δυνατόν να γίνει έλεγχος ως προς την κατανάλωση άλλων φαρμακευτικών ουσιών, απαγορευμένων ή μη. Αυτό έχει να κάνει και με την υπευθυνότητα του οδηγού και δυστυχώς έχουν εμφανιστεί κρούσματα αντικοινωνικής συμπεριφοράς, όπως η πρόσφατη (2003) παραδοχή οδηγού ρυμουλκούμενου, που πιθανόν ενεπλάκη σε πολύνεκρο ατύχημα λεωφορείου, ότι είχε κάνει χρήση απαγορευμένων ουσιών.

Μία ιδιομορφία της ελληνικής πραγματικότητας δείχνει η πρόσφατη καταγγελία στον τύπο (Ιούλιος 2003) ότι κυκλοφορούν βυτία με πλαστά πιστοποιητικά ADR ή πλαστές πινακίδες κυκλοφορίας ή ακόμα και με πινακίδες ξένων χωρών που δεν εφαρμόζουν με αυστηρότητα τους κανόνες ασφαλείας.

Με βάση δημοσιεύματα του Τύπου, στον Πίνακα 1.2.2.1 παρατίθενται στοιχεία από ατυχήματα στα οποία ενεπλάκησαν οχήματα που μετέφεραν επικίνδυνα φορτία. Ο πίνακας συντάχθηκε με βάση τα δημοσιεύματα των εφημερίδων και χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση. Δυστυχώς τα σχόλια προκύπτουν μόνο από τα στοιχεία που δίνονται στις εφημερίδες, αφού τις περισσότερες φορές δεν γνωστοποιείται η πλήρης διερεύνηση του ατυχήματος, όπως γίνεται από τις αντίστοιχες αμερικανικές (NTSB) ή ευρωπαϊκές (ACDS Transport κ.λπ.) Υπηρεσίες. Ο πίνακας δεν είναι εξαντλητικός και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιστημονική ανάλυση των ατυχημάτων. Προσφέρεται όμως για μία ποιοτική αξιολόγηση του είδους των ατυχημάτων που συμβαίνουν στην Ελλάδα. Τα κύρια συμπεράσματα που προκύπτουν και που θα αποτελέσουν αντικείμενα της παρούσας έρευνας είναι:

1. Η συντριπτική πλειοψηφία των συμβάντων ανήκει στη γενική κατηγορία του τροχαίου ατυχήματος, δηλαδή δεν προήλθαν από γεγονός που σχετίζεται με το φορτίο (π.χ. διαρροή, αστοχία υλικού κ.λπ.), αλλά η έκρηξη ή η πυρκαγιά ήταν αποτέλεσμα σύγκρουσης ή ανατροπής. Μερικά μάλιστα είναι τελείως ιδιόμορφα, όπως το α/α 7 (θάνατος λαθρομετανάστη) και το α/α 17 (υποχώ-

ρηση οδοιπορίας), αν και το δεύτερο θα μπορούσε να σχετίζεται είτε με θέματα σωστού σχεδιασμού του δρομολογίου, είτε με το γενικότερο θέμα της κατάστασης των δρόμων.

2. Όπως είναι λογικό, τα περισσότερα οχήματα χρησιμοποιούνταν για τη μεταφορά υγρών και αερίων καυσίμων. Πολλά ατυχήματα συνέβησαν κοντά σε δεξαμενές πρατηρίων, κυρίως κατά τον ανεφοδιασμό σε καύσιμα. Εκτός από την πιθανή έλλειψη των τυπικών μέτρων ασφαλείας, έχει αναφερθεί στον Τύπο ότι μερικά ατυχήματα οφείλονταν σε νοθευμένα καύσιμα. Ευνόητο είναι ότι, εκτός από το παράνομο της πράξης, το νοθευμένο καύσιμο αποτελεί μία τελείως διαφορετική χημική ουσία, που πιθανόν να απαιτεί διαφορετικά μέτρα ασφαλείας από αυτά του αρχικού καυσίμου. Τα μέτρα αυτά πολλές φορές δεν λαμβάνονται από τους διακινούντες τα νοθευμένα καύσιμα, είτε λόγω άγνοιας είτε λόγω αδιαφορίας. Ασχέτως αυτού, το συμπέρασμα είναι ότι χρειάζονται αυστηρά μέτρα ασφαλείας κατά τη διαδικασία φόρτωσης/εκφόρτωσης των καυσίμων.
3. Συγκριτικά μεγάλος αριθμός ατυχημάτων συνέβη σε οχήματα που μετέφεραν αέρια καύσιμα (βιοτάνιο, προπάνιο, υγραέριο κ.λπ.). Αυτό συμφωνεί με τις διεθνείς στατιστικές, που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 1.1.2, που δείχνουν ότι η μεταφορά των αερίων είναι σχετικά πιο επικίνδυνη, δεδομένου, βεβαίως, ότι ο συνολικός μεταφερόμενος όγκος αυτών είναι μικρότερος από αυτόν των υγρών.
4. Μόνο σε ένα ατύχημα αναφέρεται ωρτά χημική ουσία (θειϊκό οξύ) που δε σχετίζεται άμεσα με τα καύσιμα ή τα ορυκτέλαια. Το γεγονός παραπέμπει στην απουσία αξιοσημείωτων χημικών βιομηχανιών έξω από τον άξονα Πάτρας – Αθήνας – Θεσσαλονίκης – Καβάλας όπου ο κύριος όγκος της μεταφοράς των βιομηχανικών υλών μπορεί να γίνει και από τη θάλασσα. Η παρατήρηση αυτή θα πρέπει να ληφθεί υπόψη όταν γίνεται μεταφορά στις ελληνικές συνθήκες δεδομένων από ξένες έρευνες (π.χ. από το Ηνωμένο Βασίλειο ή τις ΗΠΑ), όπου η κατανομή των βιομηχανιών είναι πιο ομοιόμορφη.

Έκρηξη στα Καμένα Βούρλα, Απρίλιος 1999

Το σοβαρότερο περιστατικό που συνέβη ήταν το με α/α 12 (Καμένα Βούρλα, Απρίλιος 1999). Σειρά λαθών, παραλείψεων και άγνοιας των κανονισμών οδήγησαν σε έκρηξη με αποτέλεσμα το θάνατο 5 ατόμων και τον τραυματισμό άλλων 15.

Συγκεκριμένα, το βυτιοφόρο που μετέφερε αέριο καύσιμο υπό πίεση, διατάχθηκε να σταματήσει από την Τροχαία εκτός των ειδικών χώρων στάθμευσης, ώστε να ελεγχθεί για τυπική παράβαση. Ο οδηγός σταμάτησε σε θέση επικίνδυνη για την υψηλοφορία, κατά παράβαση του ΚΟΚ και της ADR, εφόσον, βεβαίως, διατάχθηκε να πράξει έτσι. Σε αντίθετη περίπτωση θα παραβίαζε την αστυνομική εντολή με άγνωστες για αυτόν συνέπειες και είναι προφανές ότι το καθήκον επιλογής του χώρου που θα σταματούσε το βυτιοφόρο με ασφάλεια ήταν της Τροχαίας.

Στη συνέχεια, ένα μικρό φορτηγό έπεσε στο βυτιοφόρο και προκλήθηκε πυρκαγιά. Οι άνδρες της Πυροσβεστικής που έφτασαν στον τόπο του ατυχήματος άρχισαν να ρίχνουν νερό, ενώ ήδη εξελισσόταν φαινόμενο BLEVE: βρασμός του υγροποιημένου αερίου -διαστολή των ατμών- ορήξη της δεξαμενής και ισχυρή έκρηξη με δημιουργία πύρινης σφαίρας (Γεωργιάδου (2001)). Τα θύματα ήσαν οι πυροσβέστες και ο οδηγός του βυτιοφόρου, από κτύπημα λαμαρίνας, παρόλο που αυτός είχε απομακρυνθεί περίπου 200 μέτρα από τον τόπο της έκρηξης.

Χαρακτηριστικό είναι ότι οι τραυματίες ήταν κυρίως οδηγοί διερχομένων οχημάτων αφού, κατά παράβαση κάθε κανονισμού, δεν αποκλείστηκε η εθνική οδός. Το ατύχημα αυτό, επομένως, μπορεί να χρησιμεύσει ως υπόδειγμα των ενεργειών που δεν θα πρέπει να γίνονται σε ανάλογες περιπτώσεις. Στην Ελλάδα αποτελεί το πρώτο ατύχημα μεγάλης έκτασης που συνέβη με οχήματα και φαίνεται ότι τα πορίσματα από αυτό άρχισαν να γίνονται συνειδητή σε όλους τους εμπλεκόμενους αρμόδιους: πρόσφατα (19-8-2003) η εθνική οδός έκλεισε για πολλές ώρες έως ότου ολοκληρωθεί η μετάγιση υγροποιημένου προπανίου από ανατραπέν όχημα.

1.2.2 Ατυχήματα κατά τη θαλάσσια μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων στην Ελλάδα

Στον Πίνακα 1.2.2.2 παρουσιάζονται τα ατυχήματα που αναφέρθηκαν στον Τύπο και αφορούν ναυτικά ατυχήματα με επικίνδυνες ύλες ή φορτία. Και αυτός ο πίνακας δεν είναι εξαντλητικός, αλλά επίσης προσφέρεται για την ποιοτική αξιολόγηση του είδους των ατυχημάτων. Όπως είναι φυσικό τα περισσότερα αναφέρονται σε διαρροή πετρελαίου και επακόλουθη ρύπανση από δεξαμενόπλοια, είτε μετά από σύγκρουση είτε μετά από κακόβουλη ενέργεια (άδειασμα απόνερων από τις δεξαμενές). Συνηθισμένα είναι επίσης τα σοβαρότατα ατυχήματα που συμβαίνουν κατά τις εργασίες συντήρησης δεξαμενόπλοιων μετά από έκρηξη που οφείλεται σε παραμένοντα αέρια στα αμπάρια τους. Πολλές φορές μάλιστα έχουν δημοσιευθεί πληροφορίες για έκδοση πιστοποιητικών GAS FREE με αδιαφανείς διαδικασίες.

Η παρούσα μελέτη θα επικεντρωθεί στις περιπτώσεις εκρήξεων ή σοβαρών διαρροών, όταν αυτές οφείλονται σε παραβίαση των κανόνων μεταφοράς επικινδύνων υλικών, ακόμα και αν το αρχικό αίτιό τους ήταν ναυτικό ατύχημα, όπως σύγκρουση, προσάραξη, βύθιση κ.λπ. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της μεγάλης έκρηξης (α/α 4) στην αποβάθρα φορτοεκφόρτωσης της ΕΚΟ στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης. Ενώ ένα δεξαμενόπλοιο εκφόρτωνε βενζίνη και ήταν δίπλα του ένα ρυμουλκό ασφαλείας, όπως απαιτείται από τους κανονισμούς, ξαφνικά εκδηλώθηκε πυρκαγιά και έκρηξη. Πιθανά αίτια της έκρηξης ήταν:

- διαρροή βενζίνης και σχηματισμός ατμών που οδήγησαν στην έκρηξη
- διαρροή βενζίνης και σπινθήρας από την τριβή των δύο πλοίων
- διαρροή βενζίνης και σπινθήρας από τις μηχανές ή τα συστήματα των δύο πλοίων.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το αίτιο της έκρηξης ήταν η διαρροή της βενζίνης και θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί αν διακόπτονταν η διαδικασία εκφόρτωσης επειδή υπήρχαν έντονα καιρικά φαινόμενα (άνεμοι μεγάλης ταχύτητας και θαλασσοταραχή).

Στο κεφάλαιο περί νομοθεσίας αναφέρεται εκτενής κατάλογος κανονισμών του Λιμενικού Σώματος που αφορούν είτε μεμονωμένους είτε όλους τους λιμένες της χώρας. Εκεί ορτά αναφέρεται ότι: «οι καιρικές συνθήκες στη θέση και κατά το χρονικό διάστημα φόρτωσης ή εκφόρτωσης δεν θα πρέπει να εγκυμονούν κινδύνους για το φορτίο ή το δεξαμενόπλοιο (ατμοσφαιρικές ηλεκτρικές εκκενώσεις, ισχυρός κυματισμός και άνεμος)» (άρθρο 12, ΥΑ 3131.1/01/99).

Πίνακας 1.2.2.I: Ανωγόματα οχημάτων μεταφοράς επικινδυνων φορτίων στην Ελλάδα (Αποτέλεσμα: A1: θάνατος, A2: τραυματισμός, ακολουθούμενα από τον αντίστοιχο αριθμό θυμάτων).

| A/A | Επικίνδυνη ουσία | Είδος αυτοχήματος | Είδος οδού | Περιοχή-Νησός | Αποτέλεσμα | Ημ/νία | Σχόλιο |
|-----|------------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------|------------|---|
| 1 | Βενζίνη | Έκρηξη / φωτιά | Προτήριο | Πάτρα | A2/2 | 31/10/2000 | Έκρηξη βυτιοφόρου και εκδήλωση πυρκαϊάς σε πρατήριο προκάλεσε τον τραυματισμό 2 εργαζομένων με κίνδυνο εξάπλωσης σε γειτονικά κτήρια. |
| 2 | Βενζίνη | Έκρηξη | Προτήριο | Κ. Πατήσια/ Αθήνα | A1/2 + A2/2 | 12/9/2000 | Έκρηξη βυτιοφόρου σε πρατήριο με τρεις παράνομες δεξαμενές. |
| 3 | Βενζίνη | Φωτιά | Προτήριο | Κ. Πατήσια/ Αθήνα | A1/3 + A2/2 | 12/9/2000 | Πυρκαϊά προκλήθηκε σε πρατήριο με παράνομες δεξαμενές και υποθετικά σενάρια για νοθευμένη βενζίνη. |
| 4 | Δεν αναφέρεται | Πρόστικρουση | Εθνική Οδός | Αιτόχωρο/ Πιερία | A1/4 | 8/8/2000 | Οχημα IX προσέκρουσε με μη γιγιώδη ταχύτητα σε σταθμευμένο βυτιοφόρο. |
| 5 | Δεν αναφέρεται | Τροχάιο | Αστικό Δίκτυο | A. Βαρβάρα/ Αθήνα | A2/1 | 16/3/2000 | Τροχάιο ατύχημα σημειώθηκε με τραυματία έναν 15χρονο που έπεσε στις ρόδες βυτιοφόρου. |
| 6 | Λάδι | Διαρροή | Επαρχιακή Οδός | Χανιά | Ολισθηρότητα | 11/2/2000 | Βυτιοφόρο μετέφερε λάδι, όταν αυτό άρχισε να διαρρέει στο δρόμο προκαλώντας ολισθηρότητα με αποτέλεσμα 2 συγκρούσεις αυτοκινήτων. |
| 7 | Δεν αναφέρεται | Αναθυμάσεις | Θάλασσα | Ιταλία | A1/1 | 16/12/1999 | Κούρδος κρύψτηκε σε βυτιοφόρο και έχασε τη ζωή του από αναθυμάσεις. |
| 8 | Ορυκτέλαια | Φωτιά/ Διαρροή | Εθνική Οδός | Καμένα Βούρλα | | 18/11/1999 | Βυτιοφόρο μεταφέροντας 10 τόνους ορυκτέλαια ανεφλέγη και υπήρξε κίνδυνος έκρηξης. |
| 9 | Δεν αναφέρεται | Διαρροή | Αστικό Δίκτυο | Θεσ/νίκη | Ολισθηρότητα | 24/8/1999 | Αγνωστο χημικό υγρό που προκαλεί ολισθηρότητα διέρρευσε στο εργοτάξιο του Μεγάρου Μουσικής δημιουργώντας προβλήματα στους δρόμους. |

| | | | | | | | |
|-----------|----------------|---|----------------|---------------------------------------|---------------------------|------------|--|
| 10 | Αέρια κανέσμα | Σύγκρουση | Εθνική Οδός | Θεσ/νίκη | A1/1 + A2/2 | 24/8/1999 | Βυτιοφόρο που μετέφερε αέρια καύσμα σημα συγκρούστηκε με IX επιβατικό. |
| 11 | Κανόσιμα | Σύγκρουση αεροπλάνου με σταθμευμένο βυτιοφόρο | Αεροδρόμιο | Ηράκλειο/ Κρήτη | Υλικές Ζημιές | 25/7/1999 | Σύγκρουση αεροπλάνου με βυτιοφόρο που ανεφοδίαζε άλλο αεροπλάνο προκάλεσε υλικές ζημιές. |
| 12 | Βουτάνιο | Πρόσκρουση φορτηγού με σταθμευμένο βυτιοφόρο | Εθνική Οδός | Καμίνα Βούρλα | A1/5 + A2/14 | 2/5/1999 | Φορτηγό προσέσκρουσε σε βυτιοφόρο που τυλίχτηκε στη φλόγης προκαλώντας έκρηξη. |
| 13 | Δεν αναφέρεται | Ολισθηρότητα από βροχή | Εθνική Οδός | Θεσ/νίκης- Καβάλας | 60 χλμ Θεσ/νίκης- Καβάλας | 13/10/1998 | Ατύχημα συνέβη λόγω ολισθηρότητας του δρόμου. |
| 14 | Δεν αναφέρεται | Τροχαίο Αστικό Δίκτυο | | N. Φάληρο/ Αθήνα | A1/1 | 8/9/1998 | Πέθανε 69χρονη σταν διασχίζοντας το δρόμο βρέθηκε κάτω από τις ρόδες ενός βυτιοφόρου. |
| 15 | Υγραέριο | Σύγκρουση βυτιοφόρου με φορτηγό | Εθνική Οδός | Βελεστίνο | A2/1 | 4/9/1998 | Βυτιοφόρο μεταφέροντας υγραέριο συγκρούσθηκε με φορτηγό. |
| 16 | Δεν αναφέρεται | Ανατροπή/ Φωτιά | Εθνική Οδός | 50 χλμ Αθηνών- Κορινθίου (Κακά Σκάλα) | | 21/1/1998 | Ανετράπη βυτιοφόρο με αποτέλεσμα να πάσει φωτιά. |
| 17 | Δεν αναφέρεται | Τροχαίο | Επαρχιακή Οδός | Έβρος | A1/1 + A2/1 | 30/5/1997 | Σκοτώθηκε εθελοντής 5ετούς θητείας, οδηγός βυτιοφόρου μετά από υποχώρηση του οδοστρώματος. |
| 18 | Δεν αναφέρεται | Σύγκρουση IX με βυτιοφόρο | Αστικό Δίκτυο | 4 χλμ Λαρισας- Γρακάλων | A1/2 + A2/1 | 22/4/1997 | IX επιβατικό συγκρούστηκε με βυτιοφόρο. |

| | | | | | | | |
|--|---------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------|--|--|
| 19 | Προπάνιο | Ανατροπή | Εθνική Οδός | 57 χλμ Αθηνών- Λαμίας | | 11/4/1997 | Ανατράπηκε βυτιοφόρο που μετέφερε προπάνιο χωρίς να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα. |
| 20 | Βενζίνη | Έκρηξη/ Φωτιά | Πρατήριο | Χανιά/ Κρήτη | A2/10 | 21/12/1996 | Βυτιοφόρο, ενώ τροφοδοτούσε πρατή- ριο προκάλεσε έκρηξη και πυρκαγιά. |
| 21 <i>Δεν αναφέρεται</i> | Τροχαίο | Αστικό Δίκτυο | Γλυκά Νερά/ Αθήνα | A1/1 | 17/12/1996 | Οδηγός βυτιοφόρου παρέσυρε και τραυμάτισε 15χρονο. | |
| 22 | Πετρέλαιο | Διαρροή | Αστικό Δίκτυο | Θεσ/νίκη | A1/1 + A2/1 | 29/2/1996 | Η διαρροή πετρελαίου από στρατιωτικό βυτιοφόρο όγημα, προκάλεσε ολισθη- ρότητα στο δρόμο με αποτέλεσμα να χάσει τον έλεγχο του οχήματός του οδηγός διερχόμενου ΤΑΞΙ. |
| 23 | Κενό ουσίας | Έκρηξη | Αστικό Δίκτυο | Αργυρούπολ η/Αθήνα | | 6/11/1995 | Εξεράγη βυτιοφόρο, σταθμευμένο σε πρατήριο προκαλώντας υλικές ζημιές |
| 24 | Κενό ουσίας | Έκρηξη | Αστικό Δίκτυο | Σταυρούπολη Θεσ/νίκης | | 18/8/1995 | Έκρηξη σημειωθήκε σε μάντρα πώλησης βυτιοφόρων αυτοκινήτων προκαλώντας ζημιές σε 4 βυτιοφόρα και 10 IX. |
| 25 <i>Δεν αναφέρεται</i> | Σύγκρουση IX με βυτιοφόρο | Αστικό Δίκτυο | Ηράκλειο/ Κρήτη | A1/4 | 26/7/1995 | Τέσσερις νέοι έχασαν τη ζωή τους όταν το IX τους συγκρούστηκε με βυτιοφόρο. | |
| 26 | Θευκό οξύ | Ανατροπή/ Διαρροή | Εθνική Οδός | Ανατολικό/ Θεσ/νίκη | A2/1 | 3/7/1995 | Βυτιοφόρο που μετέφερε θεικό οξύ ανετράπη και πήρε φωτιά προκαλώντας αλλα επακόλουθα. |
| 27 | Βενζίνη | Ανατροπή/ Φωτιά | Εθνική Οδός | 23 χλμ Θεσ/νίκης- Κιλκίς | A1/1 | 20/3/1995 | Βυτιοφόρο που μετέφερε βενζίνη ανετράπη και πήρε φωτιά προκαλώντας το θάνατο του οδηγού του. |
| 28 | Κηροζίνη | Ανατροπή/ Διαρροή | Βιομηχαν. Μονάδα | Ασπρόπυργος | | 25/10/1994 | Ανατροπή βυτιοφόρου που μετέφερε κηροζίνη προκάλεσε θαλάσσια ρύπανση μεσω αγωγών οιβρίων υδάτων. |
| 29 | Προπάνιο | Ανατροπή | Εθνική Οδός | Αλαμία | | 23/12/1993 | Οδηγός βυτιοφόρου στην προσπάθειά του να αποφύγει ΙΧ, έχασε τον έλεγχο του οχήματος το οποίο ανετράπει χωρίς περαιτέρω προβλήματα. |

| | | | | | | | |
|-----------|----------------|--|----------------|------------------|--------------|-----------|---|
| 30 | Δεν αναφέρεται | Τροχάιο | Αστικό Δίκτυο | Α. Λιόστα/ Αθήνα | Α1/1 | 8/12/1993 | διαρκονος διασχίζοντας το δρόμο έπεισε πάνω σε διερχόμενο βιοτοφόρο και έχασε τη ζωή του. |
| 31 | Δεν αναφέρεται | Πρόσκρουση IX με σταθμευμένο βιοτοφόρο | Εθνική Οδός | Θήβα | Α1/1 | 20/5/1991 | Διερχόμενο IX προσέκρουσε σε σταθμευμένο βιοτοφόρο. Έχασε τη ζωή του ο οδηγός του IX. |
| 32 | Δεν αναφέρεται | Σύγκρουση τρένου με βιοτοφόρο | Επαρχιακή Οδός | Κόρινθος | Α2/1 | 17/3/1993 | Τρένο συγκρούστηκε με βιοτοφόρο με αποτέλεσμα τον τραυματισμό του οδηγού του. |
| 33 | Υγραέριο | Διαρροή/ Έκρηξη | Εστιατόριο | Ηράκλειο/ Κρήτη | Α2/2 | 16/9/1991 | Διαρροή και έκρηξη βιοτοφόρου, ενώ γέμιζε τη δεξαμενή εστιατορίου με υγραέριο. Προκάλεσε υλικές ζημιές. |
| 34 | Υγραέριο | Ανατροπή | Αστικό Δίκτυο | Ηλιούπολη/ Αθήνα | | 5/9/1991 | Βιοτοφόρο μεταφέροντας υγραέριο ανετράπη χωρίς να προκαλέσει περαιτέρω προβλήματα. |
| 35 | Δεν αναφέρεται | Σύγκρουση βιοτοφόρου με λεωφορείο | Εθνική Οδός | Αθηνών- Πατρών | Α1/2 + Α2/25 | 25/8/1990 | Σύγκρουση βιοτοφόρου με λεωφορείο του ΟΣΕ προκάλεσε το θάνατο 2 ατόμων και τον τραυματισμό άλλων 25. |
| 36 | Κανόσμα | Φωτιά | Πρατήριο | Θεσ/νίκη | | 28/5/1990 | Βιοτοφόρο πήρε φωτιά ενώ ζεφόρτωνε σε πρατήριο υγρών καυσίμων προκαλώντας υλικές ζημιές. |

Πίνακας 1.2.2.2: Αποχήματα με πλοία μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων στην Ελλάδα (Αποτέλεσμα: A1: θάνατος, A2: τραυματισμός, ακολουθούμενα από τον αντίστοιχο αριθμό θυμάτων).

| A/A | Επικίνδυνη ουσία | Εύδοξ αυτοχώματος | Περιοχή | Αποτέλεσμα | Ημερομηνία | Σημάντο |
|-----|------------------|--|------------------|---------------|---|--|
| 1 | Μαζούτ | ΒΑ της Ρόδου | Ρύπανση | 24/8/1999 | Προκλήθηκε οικολογική καταστροφή σε έκταση 25 χλμ, σταν το δεξαμενόπλοιο που μετέφερε μαζούτ άδειασε της δεξαμενές του, ανοιχτά του νησιού. | |
| 2 | Κενό ουσίας | Φωτιά | Πέραμα | A1/1 | 5/12/1999 | Το θάνατο βρήκε μέσα σε καπνούς και αναθυμίασες ένας εργάτης, δύταν αυτός και άλλοι οκτώ επισκεύαζαν το δεξαμενόπλοιο. |
| 3 | Δεν αναφέρεται | Πρόσκρουση σε φορτηγό πλοίο | Σαλαμίνα | Υλικές ζημιές | 27/3/1998 | Λόγω θαλασσοταραχής, δεξαμενόπλοιο προσέκρουσε σε φορτηγό πλοίο με αποτέλεσμα να προκληθούν υλικές ζημιές. |
| 4 | Δεν αναφέρεται | Διαρροή †Εκρηξη | Θερμαϊκός Κόλπος | A1/4 | 21/12/1998 | Κατά τη διάρκεια εκφόρτωσης δεξαμενόπλοιου σημειώθηκε διαρροή και έκρηξη προκαλώντας το θάνατο σε 4 άτομα. |
| 5 | Κανόνια | Σύγκρουση φορτηγού πλοίου με δεξαμενόπλοιο | Βόρεια της Χίου | | 21/11/1997 | Φορτηγό πλοίο συγκρούστηκε με δεξαμενόπλοιο που μετέφερε κανόνια, με αποτέλεσμα να βιβήσται το φορτηγό. |
| 6 | Αέρια | Έκρηξη-Φωτιά | Πέραμα | A1/1 | 17/3/1997 | Χημικά διαλυτικά ελαιοχρωμάτων προκάλεσαν έκρηξη με αποτέλεσμα το θάνατο ενός εργάτη. |

| | | | | | | |
|----|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------|------------|---|
| 7 | Δεν αναφέρεται | Έκρηξη | Πέραμα | A1/14+Α2/20 | 6/9/1988 | Έκρηξη σε δεξαμενόπλοιο προκάλεσε το θάνατο 14 εργάζομένων και των τραυματισμό άλλων 20. |
| 8 | Αργό πετρέλαιο και Μαζούτ | Σπάσμο αγωγών φορτοεκφόρτωσης | Άγιοι Θεόδωροι | Ρύπανση | 9/8/1996 | Δεξαμενόπλοιο προκάλεσε ρύπανση 300 τόνων αργού πετρελαίου, όταν έπασσαν οι αγωγοί φορτοεκφόρτωσης, λόγω θαλασσοταραχής. |
| 9 | Αργό πετρέλαιο | Πρόσκρουση δεξαμενόπλοιου σε βράχους | Ουαλία | Ρύπανση | 25/2/1996 | 50.000 τόνοι αργού πετρελαίου χύθηκαν στη θάλασσα, όταν δεξαμενόπλοιο προσέκρουσε σε βράχους λόγω σφοδρής θαλασσοταραχής. |
| 10 | Πρώτη ύλη κόκκα-κόλας | Ανατροπή | 35 μίλια ΝΔ της Πελοποννήσου | A1/18 | 11/2/1996 | Δεξαμενόπλοιο αναποδογύρισε και βυθίστηκε αύτανδρο. |
| 11 | Βενζίνη | Ρήγμα | Μισό ν.μ. από Ελευσίνα | Ρύπανση | 7/6/1996 | Δεξαμενόπλοιο υπέστη ρήγμα στη δεξαμενή του και διέρρευσαν στη θάλασσα 550 λίτρα αυτοδιαλλούμενης βενζίνης. |
| 12 | Δεν αναφέρεται | Πειραιάς | A2/1 | | 4/9/1996 | Εγκαίμιατα προκλήθηκαν σε εργάτη, στη διάρκεια επισκευών σε δεξαμενόπλοιο, ενώ αυτός συμμετείχε σε εργασίες κοπής με οξυγόνο. |
| 13 | | Ευβοϊκός | | Ρύπανση | 7/1/1994 | Δεξαμενόπλοιο προκάλεσε εσκεψιμένη θαλάσσια ρύπανση καθώς άδειαζε τα κατακάθια των δεξαμενών του. |
| 14 | Κενό φορτίου | Προσάρξε | ΒΔ της Λέσβου | | 26/10/1995 | Δεξαμενόπλοιο κενό φορτίου προσάρξε λόγω ισχυρών ανέμων στη Λέσβο. |

| | | | | | | |
|----|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------|-----------|--|
| 15 | Δεν αναφέρεται | Φωτιά | Ασπρόπυργος | Υλικές ζημιές | 9/7/1995 | Πυρκαϊά ζέστασε σε δεξαμενόπλοιο, προκαλώντας φωτιά και σε άλλο δεξαμενόπλοιο. |
| 16 | Δεν αναφέρεται | | Κερατσίνη | Ρύπανση | 7/2/1995 | Ρύπανση προκάλεσε δεξαμενόπλοιο στην περιοχή Καρβουνόσκαλα Κερατσίνιου. |
| 17 | Μαζούτ | | Κάβο Μαλιάς Λακωνία | Ρύπανση | 6/6/1990 | Δεξαμενόπλοιο ρύπανε με μάζοντ, το οποίο άδειασε στον Κάβο Μαλιά. |
| 18 | Δεν αναφέρεται | Σύγκρουση δεξαμενόπλοιου με βάρκα | Αργοσαρωνικός | | 30/1/1995 | Δεξαμενόπλοιο ευβόλισε βάρκα, αφήνοντας αβούθητους δύο ψαράδες. |
| 19 | Ελαφρά πετρελαιοειδή αυτοδιαλύμανα | | Κέα-Κύθνος | Ρύπανση | 17/1/1995 | Ρύπανση μήκους 20 ν.μ. και πλάτους 10 μ. προκάλεσε δεξαμενόπλοιο ενώ έπλεε μεταξύ Κέας και Κύθνου. |
| 20 | Κενό φορτίου | Έκρηξη | 50 ν.μ. δυτικά των Χανίων | A1/1+Α2/2 | 6/11/2000 | Έκρηξη σε δεξαμενή δεξαμενόπλοιου στοίχισε τη ζωή σε ένα άτομο. |
| 21 | Πετρέλαιο και λιπαντικά | Κόπηκε στα δύο | Ευβοϊκός | A1/1 | 2/9/2000 | Δεξαμενόπλοιο κόπηκε στα δύο στην περιοχή του Ευβοϊκού Κόλπου ρυπάνοντας τη θάλασσα με 625 τόνους πετρέλαιο και 15 τόνους λιπαντικά. |
| 22 | Δεν αναφέρεται | Απόγημα | 30 ν.μ. ΒΑ της Σητείας | A1/1+Α2/1 | 7/8/2000 | Ναύτης σκοτώθηκε σε δεξαμενόπλοιο την ώρα που άδειαζε νερά από μια δεξαμενή. |
| 23 | Δεν αναφέρεται | | Σαλαμίνα | A1/1 | 16/6/2000 | Καζάνι δεξαμενόπλοιου προκάλεσε έκρηξη και φωτιά προκαλώντας το θάνατο ενός ατόμου και μεταφέροντας τη φωτιά σε μεταφορικό πλοιάριο. |

| | | | | | | |
|-----------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------|-----------|--|
| 24 | Δεν αναφέρεται | Φωτιά | Σαλαμίνα | ΑΙ/1 | 4/2/2000 | Φωτιά ζέσπασε κατά την ώρα επισκευής σε δεξαμενόπλοιο. |
| 25 | Μαζούτ | | Ίσθιμα/Κορίνθου | Ρύπανση | 6/9/1992 | Δεξαμενόπλοιο προκάλεσε θαλάσσια ρύπανση με στερεοποημένο μαζούτ. |
| 26 | Μαζούτ | Πρόστιρουση σε βράχια | Πύλος/Πελοπόννησος | Ρύπανση | 9/10/1993 | Δεξαμενόπλοιο που μετέφερε μαζούτ προσέκρουσε σε βράχια. |
| 27 | Βενζίνη | Φωτιά | Ίσθιμα/Κορίνθου | | 29/4/1993 | Πυρκαγιά ζέσπασε σε μηχανοστάσιο δεξαμενόπλοιου ενώ φόρτωνε βενζίνη. |
| 28 | Διγλωροαιθάνιο | Προσάραξε στα ρηχά | Θερμαϊκός Κόλπος | | 22/6/1994 | Δεξαμενόπλοιο κατά τη διάρκεια του απότολου του κόβλησε στα ρηχά νερά. |
| 29 | Λιπαντέλαια | Σύγκρουση δεξαμενόπλοιων | Κύθηρα | Ρύπανση | 15/3/1996 | Σύγκρουση δεξαμενόπλοιων προκάλεσε θαλάσσια ρύπανση. |
| 30 | Υδατικό διάλυμα φωσφορικού οξέος | Ναυάργιο | 35 ν.μ. ΝΔ της Πελοποννήσου | ΑΙ/18 | 10/2/1998 | Δεξαμενόπλοιο που μετέφερε 7.000 τόνους υδατικό διάλυμα φωσφορικού οξέος, βούλιαξε αύτανδρο. |
| 31 | Κενό φορτίου | Έκρηξη | Καλαμάτα | ΑΙ/2 | 6/12/1999 | Έκρηξη σημειώθηκε σε δεξαμενόπλοιο κενό φορτίου στον Κίζιοντας τη ζωή 2 ατόμων. |

1.2.3. Ισοζύγιο επικινδυνων εμπορευμάτων στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης ΟΣΕ (1998), όπου γίνεται επεξεργασία στοιχείων της ΕΣΥΕ (1993-98), καθώς και στοιχεία από λιμένες και εταιρείες παραγωγής, η συνολική διακίνηση επικινδύνων φορτίων ανερχόταν σε **περίπου 60 εκ. τόνους κατά μέσο όρο**. Από αυτά:

- η οδική διακίνηση ανερχόταν σε 20 εκ. τόνους κατά μέσο όρο, αλλά αποτελούσε το 3% περίπου των διακινούμενων φορτίων στο εσωτερικό
- η σιδηροδρομική διακίνηση διακινούσε το 1-1,8% των επικινδύνων φορτίων
- το υπόλοιπο μεταφορικό έργο γινόταν στο μεγαλύτερο ποσοστό του μέσω των λιμένων.

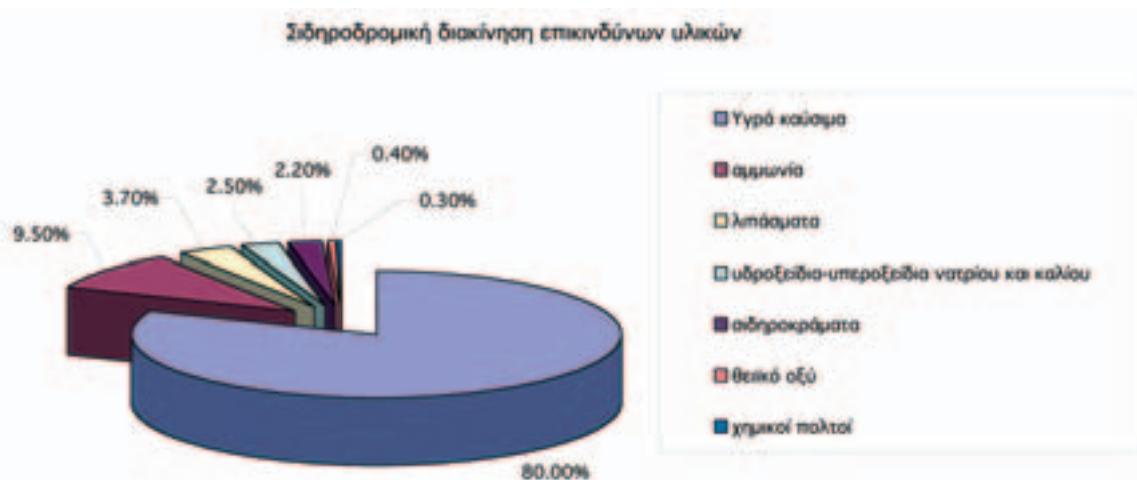
Τα παραπάνω στοιχεία είναι κατά βάση συμβατά με τις κλαδικές εκθέσεις (IOBE (2001)), σύμφωνα με τις οποίες οι οδικές μεταφορές εμπορευμάτων συγκεντρώνουν το 98,1% του συνολικού μεταφορικού έργου, έναντι μόνο το 1,8% των σιδηροδρομικών μεταφορών.

Ας σημειωθεί, όμως, ότι δεν υπάρχει ακριβής συμβατότητα μεταξύ των στοιχείων που λαμβάνονται από διάφορες πηγές και για αυτό το λόγο τα παραπάνω στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο για εκτίμηση της τάξης μεγέθους του όγκου μεταφοράς. Για παράδειγμα, η έννοια του «επικινδύνου φορτίου» δεν είναι η ίδια για όλους τους διακινούντες. Ακόμα και ο ΟΣΕ, δεν έχει εξοικειωθεί πλήρως με την συμφωνία RID και εξακολουθεί να κατατάσσει μερικά φορτία με βάση τη τιμολογιακή τους ακλάση και όχι με βάση την εγγενή επικινδυνότητά τους.

Ως προς το είδος των μεταφερόμενων φορτίων, φαίνεται ότι τα 2/3 αυτών είναι καύσιμα και τα υπόλοιπα όλες οι υπόλοιπες ύλες. Ειδικά για τον ΟΣΕ, που έχει τη δυνατότητα τήρησης κάποιου βαθμού συμβατών στοιχείων δίνονται τα παρακάτω στοιχεία:

- Σύνολο διακινούμενων επικινδυνών φορτίων (1996): 1 εκ. τόνοι. Το ποσό είναι μικρό ως ποσοστό του συνολικού όγκου που αναφέρθηκε παραπάνω, αλλά σημαντικό για τον ΟΣΕ αφού αποτελεί το 50% του συνολικού εμπορευματικού έργου του.
- Οι μεταφορές transit καλύπτουν τα 2/3 του έργου. Το μεγαλύτερο μέρος του σχετικού μεταφορικού έργου του ΟΣΕ εκτελείται στις διαδρομές Θεσσαλονίκης – Ειδομένης (77 χλμ) και Θεσσαλονίκης – Προμαχώνα (144 χλμ), όπου διακινούνται αποκλειστικά διεθνή φορτία. Μάλιστα, αξιζεί να σημειωθεί μία σημαντική μείωση του έργου κατά τα έτη 1994-95 λόγω του εμπάργκο των Σκοπίων.

Για τον ΟΣΕ η κατανομή των κατηγοριών υλικών, είναι όπως στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 1.2.3.1) και δίδεται ρυθμός για να επιδείξει τη μεγάλη συνεισφορά των καυσίμων στο συνολικά διακινούμενο όγκο επικινδύνων υλικών.



Σχήμα 1.2.3.1 : Κατηγορίες επικίνδυνων υλικών που διακινήθηκαν από τον ΟΣΕ (1996) ανά είδος.

Επικίνδυνες χημικές ουσίες, πλην καυσίμων, στην Ελλάδα

Παρόλο που όπως αναφέρθηκε η συντριπτική πλειοψηφία των διακινούμενων στην Ελλάδα επικίνδυνων υλών είναι καύσιμα και ορυκτέλαια, διακινείται και μία πληθώρα άλλων ουσιών για τις ανάγκες της βιομηχανίας. Οι περισσότερες από τις ουσίες αυτές είναι πολύ επικίνδυνες, αλλά συνήθως μεταφέρονται σε περιορισμένες ποσότητες ώστε δεν αποτελούν κίνδυνο στον ίδιο βαθμό με ένα φορτίο προπανίου, για παράδειγμα. Λόγω της πληθώρας των ουσιών αυτών, τα περισσότερα μοντέλα ανάλυσης κινδύνων (π.χ. ACDS (1991)) κατά την οδική μεταφορά περιορίζονται στη μελέτη 4 ουσιών:

- καύσιμα κινητήρων (κυρίως βενζίνη και αεροπορική κηροζίνη (π.χ. JP-1))
- υγροποιημένα αέρια LPG
- χλωρίνη (συνήθως υποχλωριώδες νάτριο)
- αμμωνία (συνήθως νιτρική αμμωνία)

ενώ για τα λιμάνια εξετάζονται επιπλέον και τα τοξικά υγροποιημένα αέρια.

Στην Ελλάδα η μεταφορά στερεών επικινδύνων υλών αφορά μόνο τη νιτρική αμμωνία, η οποία μεταφέρεται σε σάκους. Δυστυχώς δεν υπάρχουν στοιχεία για τη μάλλον σημαντική σε όγκο μεταφορά μπάζων και ανεξέλεγκτη απόρριψη προϊόντων αποξήλωσης που περιέχουν αμιάντο και αμιαντοτσιμέντο, καθώς και άχρηστους μετασχηματιστές με κλοφέν, που εμπίπτουν στην κατηγορία 9 της ADR. Τις περισσότερες φορές μάλιστα ο μεταφορέας δεν έχει γνώση του γεγονότος ότι το φορτίο είναι εν δυνάμει επικίνδυνο.

Όσον αφορά τις υπόλοιπες χημικές ύλες που διακινούνται χύδην, αυτές είναι: (σύμφωνα με τη μελέτη της SPEED (1994) για λογαριασμό του ΥΠΕΧΩΔΕ)

1. Αιθανόλη
2. Αιθυλενογλυκόλη, MEG
3. Ακετόνη
4. Αμμωνία (άνυδρη)
5. Γλυκολικοί αιθέρες
6. Γραμμικά Αλκυλοβενζόλια, LAB

7. Δι-ισο-εννεανικός φθαλικός εστέρας, DINP
8. Δι-ισο-κυανικός εστέρας της τολουόλης, TDI
9. Δι-ισο-δωδεκυλο-φθαλικός εστέρας, DIDP
10. Δι-οκτυλο-φθαλικός εστέρας, DOP
11. Διχλωδοαιθάνιο, EDC
12. Ελαφρό Πετρέλαιο, White spirit
13. Εξάνιο
14. Θειϊκό οξύ
15. Ισοπροπυλική αλκοόλη, IPA
16. Καυστικό νάτριο (διάλυμα)
17. Μεθανόλη
18. Μεθυλαιθυλκετόνη, MEK
19. Μεθυλοϊσοβουτυλική κετόνη, MIBK
20. Μυρμηγκικό οξύ
21. Νιτρικό οξύ
22. Ξυλόλη
23. Οξικός αιθυλεστέρας
24. Οξικό βινύλιο, VAM
25. Οξικός βουτυλεστέρας
26. Οξικός ισοβουτυλεστέρας
27. Πολυόλες
28. Στυρένιο
29. Τετραχλωράνθρακας
30. Τετραχλωροαιθυλένιο
31. Τολουόλη
32. Τριχλωραιθυλένιο
33. Υδροχλωρικό οξύ
34. Υποχλωριώδες νάτριο
35. Φωσφορικό οξύ
36. Χλωριούχο βινύλιο, VCM

Οι παραπάνω ουσίες χρησιμοποιούνται σε μεγάλο εύρος χημικών βιομηχανιών. Στην παραπάνω μελέτη αναφέρεται διεξοδικά το όνομα κάθε εταιρείας που χρησιμοποιεί τις ουσίες, καθώς και οι ποσότητες αυτών. Συνοπτικά αναφέρεται ότι το είδος των εταιρειών – χρηστών των παραπάνω ουσιών είναι:

- Βιομηχανίες Λιπασμάτων
- Αλουμίνιο της Ελλάδος
- Βιομηχανίες Δομικών υλικών και μονωτικών
- Βιομηχανίες χρωμάτων, βερνικιών, ρητινών και κόλλας
- Βιομηχανίες απορρυπαντικών και χλωρίνης
- Βιομηχανίες πλαστικών υλών, σωληνώσεων, καλωδίων (PVC, PVA)
- Βαθυτυπίες

- Βιομηχανίες αφρώδους πλαστικού
- Εκχύλιση ελαιολάδου και επεξεργασία ελαιωδών σπόρων
- Νηματουργίες
- Βιομηχανίες συσσωρευτών
- Καθαριστήρια γενικά
- Βιομηχανίες συσκευασίας χημικών προϊόντων (π.χ. white spirit)

Κύριος σκοπός της εν λόγω μελέτης ήταν ο εντοπισμός της ρύπανσης και όπως καταδείχτηκε η ρύπανση που προέρχεται από τις συνήθεις εργασίες μεταφοράς και διακινήσεως χύδην χημικών ουσιών στην Ελλάδα δεν είναι σημαντική. Οι λόγοι είναι:

- α) Το σχετικά υψηλό κόστος των μεταφερομένων προϊόντων, που αναγκάζει τους εμπλεκόμενους να προσπαθούν να περιορίζουν τις ζημιές και τις διαρροές.
- β) Η δομή της Ελληνικής Βιομηχανίας, όπου η χρήση ουσιών υψηλής επικινδυνότητας, είναι πολύ περιορισμένη, με εξαίρεση το TDI και τη μεθανόλη. Η ρύπανση που μπορεί να προέλθει από τις διαβρωτικές και εύφλεκτες ουσίες είναι σχετικά μικρότερης επικινδυνότητας.
- γ) Η συγκέντρωση των βιομηχανικών δραστηριοτήτων στις περιοχές που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο Κεφάλαιο, συντελεί ώστε οι χημικές ουσίες να μεταφέρονται οδικώς σε μικρές, σχετικά αποστάσεις, γεγονός το οποίο περιορίζει σημαντικά τον κίνδυνο ατυχήματος και την παρελκόμενη ρύπανση.
- δ) Αντίθετα με τη μεταφορά καυσίμων, η διακίνηση της μεγαλύτερης ποσότητας των ουσιών αυτών γίνεται από λίγες και οργανωμένες εταιρείες εμπορίας που διαθέτουν σύγχρονες εγκαταστάσεις και λειτουργούν σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα.

Φυσικά η μελέτη κατέδειξε και σημαντικές ελλείψεις που αφορούν κυρίως το θεσμικό πλαίσιο, την εκπαίδευση του προσωπικού, την έλλειψη σύγχρονων εγκαταστάσεων ασφάλειας, φόρτωσης, αποθήκευσης, καθαρισμού οχημάτων κ.λπ. Οι επιπτώσεις των θεμάτων αυτών θα αναλυθούν στη συνέχεια της μελέτης.

1.2.4. Γεωγραφική κατανομή επιχειρήσεων και άξονες μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα κέντρα διακίνησης επικινδύνων φορτίων είναι κυρίως τα πετροχημικά και χημικά εργοστάσια. Όπως είναι γνωστό δεν γίνεται αξιοσημείωτη διακίνηση φαδιενεργών υλικών, παρά μόνο περιορισμένων ποσοτήτων φαδιούστοπων για νοσοκομειακή χρήση, ενώ εκρηκτικές ύλες διακινούνται κυρίως από τις Ένοπλες Δυνάμεις. Τελευταία (2003), σύμφωνα με δημοσιεύματα στον Τύπο, πρέπει να γίνεται σχετικά μεγάλη χρήση εκρηκτικών από τις τεχνικές εταιρείες κατασκευής μεγάλων οδικών έργων, αλλά δεν υπάρχουν σχετικά στοιχεία.

Στη συνέχεια γίνεται χρήση ειδικών μελετών για λογαριασμό κρατικών φορέων ή οργανισμών (ΥΠΕΧΩΔΕ (1994), ΟΣΕ (1998)), καθώς και κλαδικών μελετών του IOBE (1997, 2001). Επίσης πολλά στοιχεία συλλέχθηκαν από επιμελητήρια και εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο (κυρίως ΠΕΤΡΟΓΚΑΖ ΑΕ).

Τα εργοστάσια και οι χώροι αποθήκευσής τους βρίσκονται κυρίως στις μεγάλες βιομηχανικές πε-

ριοχές και συγκεκριμένα πάνω στο στενό άξονα Ισθμού - Θριασείου - Πειραιά και Περάματος - Οινοφύτων - Θεσσαλονίκης - Καβάλας - Αλεξανδρούπολης:

| | |
|--|---|
| Λιμένας Πειραιά, Κερατσίνι, Πέραμα, Ραπεντούσα έως Σχιστό | Εκφόρτωση, αποθήκευση καυσίμων και παραγωγή χημικών προϊόντων |
| Θριάσειο Πεδίο, Ασπρόπυργος, Ελευσίνα | Κέντρο εκφόρτωσης, παραγωγής, αποθήκευσης και διάθεσης καυσίμων και χημικών |
| Οινόφυτα, περιοχή Χαλκίδας και Θήβας | Κυρίως χημικά προϊόντα |
| Αγ. Θεόδωροι Κορινθίας | Κέντρο εκφόρτωσης, παραγωγής, αποθήκευσης και διάθεσης καυσίμων |
| Δυτική Θεσσαλονίκη, Καλοχώρι και λιμένας Θεσσαλονίκης | Κέντρο εκφόρτωσης, παραγωγής, αποθήκευσης και διάθεσης καυσίμων και χημικών |
| Ν. Καρβάλη Καβάλας | Ως ανωτέρω |
| Πτολεμαΐδα | Κυρίως βιομηχανίες λιπασμάτων |
| Αίγιο | Παραγωγή εκρηκτικών |

Επίσης σε όλα σχεδόν τα μεγάλα λιμάνια γίνεται διακίνηση επικινδύνων υλικών (Πάτρα- Ρίο, Λαύριο, Βόλος, Αμφιλοχία, Ηγουμενίτσα, Σύρος, Ηράκλειο και Χανιά) και σε μερικά υπάρχουν και δεξαμενές αποθήκευσης καυσίμων, ιδίως σε μικρότερα νησιά. Τέλος, όσον αφορά τις εταιρείες που διακινούν επικίνδυνα φορτία, οι κυριότερες είναι:

- εταιρείες πετρελαιοειδών με διυλιστήρια και αποθηκευτικούς χώρους: EKO ΕΛΔΑ και Πετρόλα (Ασπρόπυργος, Ελευσίνα και Θεσσαλονίκη), Motor Oil (Αγ. Θεόδωροι), Εταιρεία Πετρελαίων B. Αιγαίου κ.λπ. καθώς και διάφορες πολυεθνικές εταιρείες με δικές τους δεξαμενές (BP, SHELL κ.λπ.)
- εταιρείες διακίνησης υγραερίων (βουτανίου, προπανίου κ.λπ.): κυρίως ΠΕΤΡΟΓΚΑΖ (η οποία έχει αποθηκευτικούς χώρους και στα Ιωάννινα, Πάτρα και Καλαμάτα)
- εταιρείες λιπασμάτων που διακινούν αμμωνία και θειϊκό οξύ (οι παραπάνω κύριες βιομηχανίες περιοχές και η περιοχή Πτολεμαΐδας).

Ο ανωτέρω πίνακας ουσιαστικά εκφράζει την υπερσυγκέντρωση της ελληνικής βιομηχανίας, εφόσον όλη η συγκέντρωση της δραστηριότητάς της είναι γύρω από την Αθήνα, τη Θεσσαλονίκη και σε πολύ μικρότερο βαθμό γύρω από ελάχιστες άλλες πόλεις.

Σχήματα εφοδιασμού (logistics)

Οι άξονες διακίνησης των επικίνδυνων φορτίων και τα αντίστοιχα μέσα μεταφοράς είναι:

- Μεταφορές μεταξύ των διαφόρων εταιρειών πετρελαιοειδών στη περιοχή Ελευσίνας-Ασπροπύργου, με χοήση και αγωγών. Αγωγός συνδέει την Ελευσίνα με το αεροδρόμιο «Ελευθέριος Βενιζέλος», εφόσον δεν επιτρέπεται η είσοδος επικινδύνων φορτίων στην Αττική Οδό.
- Μαζικές εισαγωγές πρώτων υλών (κυρίως καυσίμων) από το εξωτερικό. Γίνονται με πλοία και αφορούν τους λιμένες της Αττικής / Κορινθίας και της Θεσσαλονίκης. Ας σημειωθεί και η διακίνηση πολλών φορτίων από την Πάτρα προς την Τουρκία, λόγω των γνωστών προβλημάτων των προσβάσεων από την πρώην Γιουγκοσλαβία.
- Διακίνηση στη νησιωτική Ελλάδα. Γίνεται με πλοία (ή με υποτυπώδεις υπηρεσίες Ro-Ro). Με-

ρικές φορές τα πλοία μεταφέρουν και το βυτιοφόρο αυτοκίνητο για τη διανομή.

- Μεταφορές από τα κέντρα παραγωγής σε τοπικά κέντρα διανομής ή μεταφορές μεταξύ διαφορετικών κέντρων επεξεργασίας. Τέτοιες μεταφορές πραγματοποιούνται είτε με πλοία μέσω των λιμανιών της Αττικής, της Κορινθίας (κυρίως Αγ. Θεόδωροι), της Θεσσαλονίκης, της Καβάλας και της Αλεξανδρούπολης, είτε οδικώς και αφορούν τους άξονες Θεσσαλονίκη - Αθήνα - Πάτρα (πετρέλαιο).
- Διανομή καυσίμων. Ένα μεγάλο μέρος του μεταφορικού έργου αφορά την τροφοδοσία μικρών καταναλωτών (πολυκατοικίες, μικρές βιοτεχνίες) είτε απευθείας από το διυλιστήριο, είτε από τα κέντρα διανομής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι από τη Θεσσαλονίκη (Καλοχώρι) εφοδιάζεται με καύσιμα μόνο η Μακεδονία, από τη Θεσσαλία μέχρι την Καβάλα. Η υπόλοιπη Ελλάδα, περιλαμβανομένων του Πόρτο Λάγιος, της Καβάλας και της Αλεξανδρούπολης, εφοδιάζεται από τα λιμάνια της Αττικής, είτε άμεσα (οδικά ή σιδηροδρομικά), είτε έμμεσα μέσω των λιμανιών Καλαμάτας, Ρίου, Αμφιλοχίας, Ηγουμενίτσας και Βόλου.

1.2.5. Ο κλάδος των χερσαίων μεταφορών στην Ελλάδα

Ο κλάδος των χερσαίων μεταφορών, με βάση τη στατιστική ταξινόμηση της ΣΤΑΚΟΔ –93, αποτελεί υποκλάδο του γενικού κλάδου 60: χερσαίες μεταφορές, μεταφορές μέσω αγωγών. Ειδικά η «οδική μεταφορά εμπορευμάτων» ανήκει στον υποκλάδο 602.4 (όπου περιλαμβάνεται η μεταφορά με βυτιοφόρα), ενώ η «σιδηροδρομική μεταφορά» ανήκει στον υποκλάδο 601.

Στην Ελλάδα απασχολούνται περίπου 140.000 άτομα στον κλάδο των μεταφορών προσώπων και εμπορευμάτων. Από αυτά η συντριπτική πλειοψηφία ασχολείται με τη μεταφορά εμπορευμάτων. Τα ΙΧ φορτηγά αυτοκίνητα ανέρχονται σε 1 εκ. περίπου, ενώ τα ΔΧ φορτηγά είναι περίπου 40.000, εφόσον ο αριθμός αδειών για αυτά παραμένει ουσιαστικά σταθερός.

Δυστυχώς υπάρχει δυσχέρεια συγκέντρωσης απογραφικών στοιχείων (ΙΟΒΕ (2001)) που ανακύπτουν από το πλήθος των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στις οδικές μεταφορές. Το πλέον συνηθισμένο επιχειρηματικό σχήμα στον κλάδο αυτό είναι αυτό της μονοπρόσωπης επιχείρησης όπου ο ιδιοκτήτης του οχήματος είναι και ο οδηγός του.

Έτσι γίνεται η μεταβίβαση του μεταφορικού έργου στους οδηγούς με τη σύσταση πολλών μικρών μεταφορικών εταιρειών συνήθως, μία ανά οδηγό, και την πώληση του οχήματος στον οδηγό με παρακράτηση της κυριότητας μέχρι την εξόφλησή του. Σε αυτή τη βάση ο οδηγός μετατρέπεται σε «οιονεί» επιχειρηματία που λαμβάνει προκαθορισμένη προμήθεια για την εξυπηρέτηση των δρομολογίων της βιομηχανίας. Η τάση αυτή έχει εφαρμοστεί εδώ και αρκετά χρόνια στις βιομηχανίες εμπορίας πετρελαιοειδών που προσπαθούν να αποφύγουν ή να περιορίσουν τη φυσική μεταφορά με ιδιόκτητα μεταφορικά μέσα.

Η σημαντικότερη αιτία για την υψηλή αυτή κατάτμηση του κλάδου οφείλεται στο γεγονός ότι με τον τρόπο αυτό, δηλαδή τον οδηγό ιδιοκτήτη και όχι μισθωτό, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ευελιξία σε σχέση με το κόστος της εργασίας, καθώς αποφεύγονται οι περιορισμοί που υπάρχουν από τις συλλογικές συμβάσεις εργασίας (υπερωρίες, νυχτερινά, αργίες). Επιπροσθέτως επιτυγχάνεται εξοικονόμηση και σε όλες τις άλλες κατηγορίες εξόδων που σχετίζονται με το όχημα (καύσιμα, συντήρηση) καθώς

ο ιδιοκτήτης οδηγός προσπαθεί να συγκρατήσει τα κόστη στο βαθμό που από αυτά εξαρτάται το κέρδος του.

Βέβαια η παραπάνω εξέλιξη δεν ευνοεί την απόκτηση αυτοκινήτων σύγχρονης τεχνολογίας, λόγω της υψηλής τιμής τους. Στην Ελλάδα κυκλοφορεί απροσδιόριστος αριθμός μεταχειρισμένων φορτηγών που εισάγονται από χώρες της ΕΕ, όπου ο βαθμός ανανέωσης του στόλου είναι μεγαλύτερος. Το γεγονός αυτό, αν συνδυαστεί με τις υψηλές απαιτήσεις εκπαίδευσης για τον οδηγό στα πλαίσια της ADR, δεν ευνοεί την ασφάλεια κατά τη μεταφορά επικινδύνων φορτίων.

1.3 Το θεσμικό πλαίσιο

1.3.1. Ο Κώδικας Μεταφορών του ΟΗΕ

Το βασικό πλαίσιο που διέπει τις διεθνείς μεταφορές επικινδύνων αγαθών συντάχθηκε από ειδική επιτροπή του ΟΗΕ και έχει τη μορφή συστάσεων (*Recommendations on the Transport of Dangerous Goods* (United Nations, 1993)). Οι συστάσεις αυτές είναι γνωστές και ως «Κώδικας Μεταφορών του ΟΗΕ» (*UN Transport Code*).

Τα θέματα που καλύπτει ο κώδικας αφορούν:

1. την ταξινόμηση των επικινδύνων ουσιών
2. τη συσκευασία
3. τη σήμανση
4. τα δοχεία, βυτία, κιβώτια, δεξαμενές κ.λπ. και
5. τις διαδικασίες μεταφοράς.

Η ταξινόμηση των επικινδύνων φορτίων σύμφωνα με τον Κώδικα Μεταφορών του ΟΗΕ ακολουθείται και από άλλες διεθνείς συμφωνίες. Στον Πίνακα 1.3.1.1 παρουσιάζεται το βασικό σύστημα ταξινόμησης κατά Κλάση και Τμήματα (Class and Divisions) μεταφερόμενης ουσίας.

Για τη μεταφορά των εκρηκτικών υλικών, υπάρχουν επιπλέον κατηγορίες, που αφορούν τη συμβατότητα των μεταφερόμενων υλικών και της συσκευασίας τους.

Τα επικίνδυνα υλικά όλων των κλάσεων, εκτός από αυτά που ανήκουν στις κλάσεις 1, 2, 5.2, 6.2 και 7 ταξινομούνται ως προς τη συσκευασία τους σε μία από τις τρεις ομάδες (groups):

- I υψηλού κινδύνου
- II μέσου κινδύνου
- III χαμηλού κινδύνου.

Σημειώνεται ότι η επίσημη γλώσσα των νομικών κειμένων είναι η αγγλική. Σε ορισμένα έγγραφα μπορεί να γίνεται χρήση της γαλλικής ή γερμανικής γλώσσας, αλλά στην πράξη αρκεί η γνώση της ονοματολογίας των όρων στην αγγλική γλώσσα. Επομένως οι εμπλεκόμενοι κατά οποιοδήποτε τρόπο στην μεταφορά επικινδύνων ουσιών πρέπει να διαθέτουν την ικανότητα αναγνώρισης των βασικών όρων στην αγγλική γλώσσα.

Πίνακας 1.3.1.1: Ταξινόμηση των ουσιών σύμφωνα με τον UN Transport Code 1993.

| Κλάση 1 | Εκρηκτικά |
|----------------|--|
| Τμήμα 1.1 | Ουσίες και είδη που ενέχουν τον κίνδυνο μαζικής έκρηκτης |
| Τμήμα 1.2 | Ουσίες και είδη που ενέχουν τον κίνδυνο μαζικής έκρηκτης |
| Τμήμα 1.3 | Ουσίες και είδη που ενέχουν τον κίνδυνο μαζικής έκρηκτης |
| Τμήμα 1.4 | Ουσίες και είδη που ενέχουν τον κίνδυνο μαζικής έκρηκτης |
| Τμήμα 1.5 | Ουσίες και είδη που ενέχουν τον κίνδυνο μαζικής έκρηκτης |
| Τμήμα 1.6 | Ουσίες και είδη που ενέχουν τον κίνδυνο μαζικής έκρηκτης |
| Κλάση 2 | Αέρια |
| Τμήμα 2.1 | Εύφλεκτα αέρια |
| Τμήμα 2.2 | Μη εύφλεκτα, μη τοξικά αέρια |
| Τμήμα 2.3 | Τοξικά αέρια |
| Κλάση 3 | Εύφλεκτα υγρά |
| Κλάση 4 | <i>Εύφλεκτα στερεά, αυτοαναφλεγόμενες ουσίες, ουσίες που σε επαφή με το νερό παράγουν εύφλεκτα αέρια</i> |
| Τμήμα 4.1 | Εύφλεκτα στερεά |
| Τμήμα 4.2 | Ουσίες υποκείμενες σε αυτογενή ανάφλεξη |
| Τμήμα 4.3 | Ουσίες που σε επαφή με το νερό παράγουν εύφλεκτα αέρια |
| Κλάση 5 | <i>Οξειδωτικά υλικά, οργανικά υπεροξείδια</i> |
| Τμήμα 5.1 | Οξειδωτικά υλικά |
| Τμήμα 5.2 | Οργανικά υπεροξείδια |
| Κλάση 6 | <i>Δηλητηριώδεις (τοξικές) ουσίες, μολυσματικές ουσίες</i> |
| Τμήμα 6.1 | Δηλητηριώδεις (τοξικές) ουσίες |
| Τμήμα 6.2 | Μολυσματικές ουσίες |
| Κλάση 7 | <i>Ραδιενεργά υλικά</i> |
| Κλάση 8 | <i>Διαβρωτικές ουσίες</i> |
| Κλάση 9 | <i>Διάφορες επικινδυνες ουσίες</i> |

1.3.2. Η συμφωνία ADR

Ο ευρωπαϊκός κώδικας που διέπει τις διεθνείς μεταφορές είναι η «Ευρωπαϊκή Συμφωνία για την Διεθνή Οδική Μεταφορά Επικινδύνων Εμπορευμάτων ADR». Η συμφωνία είναι γνωστή με τη διεθνή ονομασία της ADR από τα αρχικά των γαλλικών λέξεων "Accord Dangereux Routier". Η συμφωνία αφορά το τμήμα χερσαίων μεταφορών της Οικονομικής Επιτροπής του ΟΗΕ και υπογράφηκε το 1957 στη Γενεύη, κυρώθηκε δε από την Ελλάδα 30 χρόνια αργότερα με το Νόμο 1741/87 (ΦΕΚ 225/A).

Η συμφωνία έχει έκτοτε αναθεωρηθεί και το αναθεωρημένο κείμενο έχει γίνει επίσης δεκτό από την Ελλάδα. Μάλιστα από το 1999 η συμφωνία ισχύει και για τις εθνικές μεταφορές μέσα στην Ελλάδα (ΠΔ 104/99).

Για την αναθεώρηση της συμφωνίας, κάθε δύο χρόνια εξετάζονται οι εξελίξεις στην τεχνολογία της μεταφοράς επικινδύνων εμπορευμάτων (οχήματα, εξοπλισμός, επικινδυνες ύλες και ουσίες, συσκευ-

ασία, προστασία περιβάλλοντος και εργαζομένων) και γίνονται οι ανάλογες τροποποιήσεις. Πρόκειται επομένως για ένα «ζωντανό» εργαλείο που συνεχώς εξελίσσεται.

Η συμφωνία αποτελείται από το κύριο σώμα της που περιλαμβάνει 17 άρθρα (Articles of the Agreement), δύο Παραρτήματα (Annex A & B) και επιπλέον Μέρη (Parts I, II, III) και Προσαρτήματα (Appendices A1-8 & B1-6), όπως διαγραμματικά φαίνεται στο σχήμα 1.3.2.1.

Στο κείμενο των προσαρτημάτων υπάρχει δεξιά ένας αριθμός, που λέγεται «περιθώριο». Σύμφωνα με το περιθώριο 10 011 της συμφωνίας, η μεταφορά μικρών ποσοτήτων ορισμένων εμπορευμάτων, τα οποία καθορίζονται ονομαστικά, απαλλάσσεται από την υποχρέωση συμμόρφωσης με αυτήν. Επίσης υπάρχουν ορισμένες παρεκκλίσεις από τη συμφωνία που αφορούν κυρίως το χρόνο εφαρμογής της, καθώς και την προσωρινή άρση ισχύος της κυρίως σε περιπτώσεις έκτακτων γεγονότων (κινδύνου ζωής, ερευνητικούς σκοπούς, δοκιμές κ.λπ.).

Σκοπός της συμφωνίας είναι η διασφάλιση της ασφαλούς μεταφοράς των επικινδύνων εμπορευμάτων, όταν αυτά διέρχονται από μία ή περισσότερες χώρες. Εάν οι μεταφορές πληρούν τις απαιτήσεις της ADR, τότε απαλλάσσονται από την τίρηση της εθνικής νομοθεσίας των συμβαλλομένων κρατών.

Οι κλάσεις των επικινδύνων φορτίων (εμπορευμάτων ή αποβλήτων) είναι οκτώ και αντιστοιχούν σε αυτές του Κώδικα Μεταφορών του ΟΗΕ, αλλά δεν είναι ταυτόσημες (Πίνακας 1.3.2.1). Ένα ειδικό χαρακτηριστικό της συμφωνίας είναι ότι η κάθε κλάση είναι είτε «περιοριστική» είτε «μη περιοριστική». Οι περιοριστικές κλάσεις είναι οι 1, 2, 6.2 και 7, για τις οποίες επιτρέπεται η μεταφορά μόνο των ουσιών που ανήκουν σε αυτές και οι οποίες αναφέρονται ωριά, ενώ απαγορεύεται η μεταφορά όσων ουσιών δεν αναφέρονται. Ακόμη και για τις μη περιοριστικές κλάσεις υπάρχουν εμπορεύματα, των οποίων απαγορεύεται η μεταφορά. Μερικά εμπορεύματα εμπίπτουν στην γενική περιγραφή της κλάσης και αυτά μεταφέρονται σύμφωνα με τις αντίστοιχες διατάξεις της ADR, ενώ άλλα εμπορεύματα που δεν αναφέρονται ωριά ή δεν εμπίπτουν σε ειδική ή γενική διάταξη απαλλάσσονται από την υποχρέωση συμμόρφωσης με την ADR.

Πίνακας 1.3.2.1: Ταξινόμηση των ουσιών σύμφωνα με την ADR

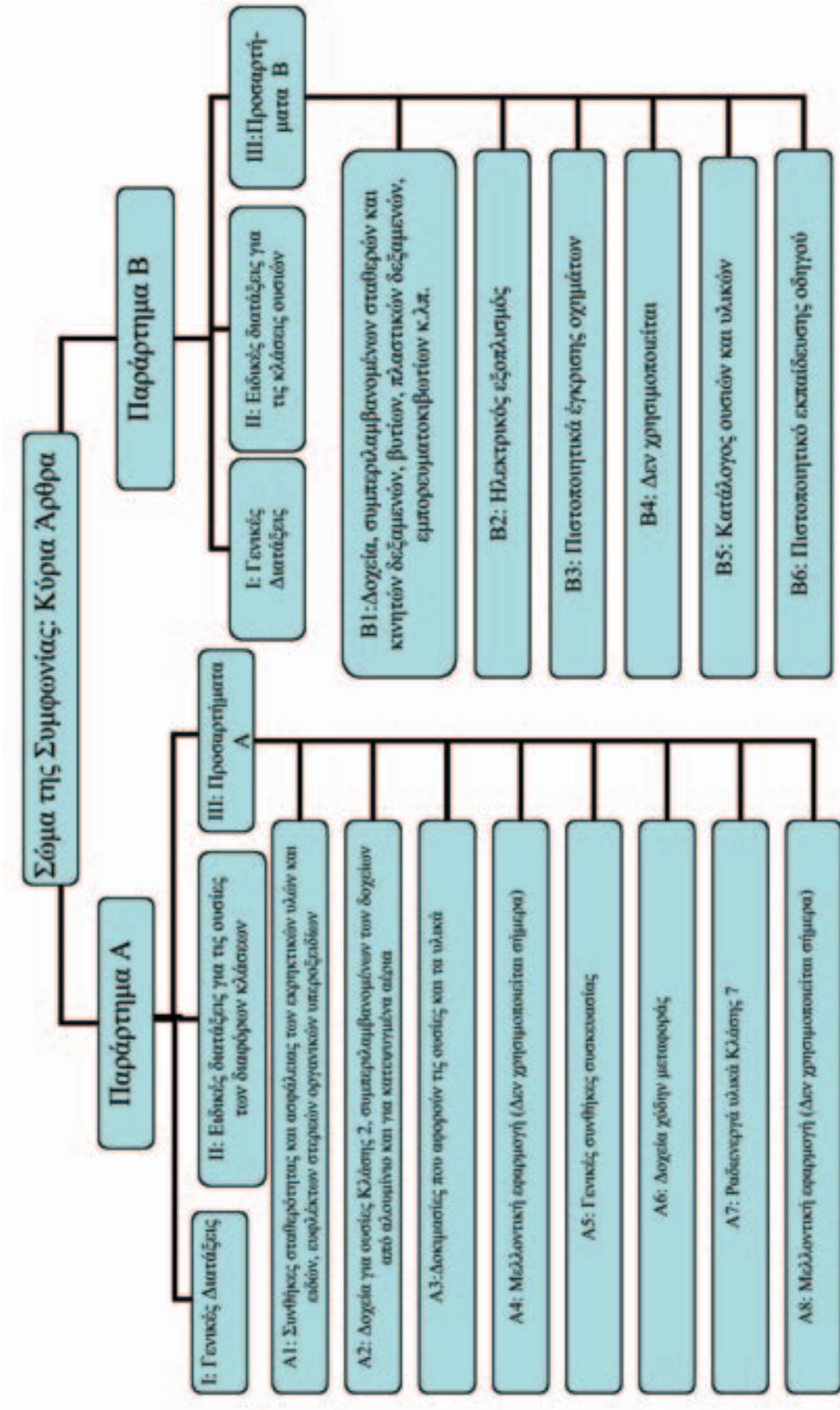
| Όνομασία κλάσης | Είδος ουσίας ή υλικού | Χαρακτηρισμός ως προς τον περιορισμό |
|------------------|--|--------------------------------------|
| Κλάση 1 | Εκρηκτικές ουσίες και είδη | Περιοριστική |
| Κλάση 2 | Αέρια: πεπιεσμένα, υγροποιημένα ή διαλυμένα υπό πίεση | Περιοριστική |
| Κλάση 3 | Εύφλεκτα υγρά | |
| Κλάση 4.1 | Εύφλεκτα στερεά | |
| Κλάση 4.2 | Ουσίες υποκείμενες σε αυτογενή ανάφλεξη | |
| Κλάση 4.3 | Ουσίες που σε επαφή με το νερό παράγουν εύφλεκτα αέρια | |
| Κλάση 5.1 | Οξειδωτικές ουσίες | |
| Κλάση 5.2 | Οργανικά υπεροξείδια | |
| Κλάση 6.1 | Τοξικές ουσίες | |

| | | |
|------------------|---|--------------|
| Κλάση 6.2 | Απεχθείς ουσίες και ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση | Περιοριστική |
| Κλάση 7 | Ραδιενεργά υλικά | Περιοριστική |
| Κλάση 8 | Διαβρωτικές ουσίες | |
| Κλάση 9 | Διάφορες επικίνδυνες ουσίες και είδη | |

Παρατηρήσεις:

- Οι κλάσεις που δεν χαρακτηρίζονται ως προς τον περιορισμό, είναι μη περιοριστικές.
- Η ταξινόμηση της RID είναι ταυτόσημη με αυτή του παρόντος Πίνακα, με μικρές διαφορές στη διατύπωση των λέξεων στην αγγλική γλώσσα.

Σχήμα 1.3.2.1: Σχηματική διάταξη της δομής της συμφωνίας ADR.



Σήμανση

Η συμφωνία επιβάλλει τη σήμανση των οχημάτων που μεταφέρουν επικίνδυνα εμπορεύματα με δύο είδη σημάνσεων:

- πορτοκαλί πινακίδες αναγνώρισης του κινδύνου
- ετικέτες κινδύνου.

Οι πορτοκαλί πινακίδες έχουν τυποποιημένες διαστάσεις και πρέπει να φέρονται στο εμπρός και πίσω μέρος και ενδεχομένως στα πλευρά του οχήματος, ανάλογα με το είδος του. Οι πινακίδες αποτελούνται από δύο αριθμούς που χωρίζονται με οριζόντια μαύρη γραμμή.

Ο επάνω αριθμός είναι ο χαρακτηριστικός αριθμός κινδύνου και δείχνει τον κίνδυνο που μπορεί να προέλθει από το υλικό, σύμφωνα με την παρακάτω έννοια:

- 2** εκπομπή αερίων
- 3** εύφλεκτα υγρά (ατμοί) και αέρια
- 4** εύφλεκτα στερεά
- 5** οξειδωτική αντίδραση
- 6** τοξικότητα
- 7** διαβρωτικότητα
- 8** κίνδυνος αιφνίδιας αντίδρασης.

Ο διπλασιασμός του αριθμού δείχνει την εντατικοποίηση του συγκεκριμένου κινδύνου. Όταν αρκεί ένα ψηφίο για να καταδείξει τον κίνδυνο, τότε αυτό ακολουθείται από 0, ενώ όταν ένας αριθμός έχει μπροστά το γράμμα «X», τότε το υλικό αντιδρά επικίνδυνα με το νερό.

Ο κάτω τετραψήφιος αριθμός της πινακίδας είναι ο κωδικός αριθμός αναγνώρισης του υλικού, όπως αυτός αναφέρεται στο παράρτημα B.5 της συμφωνίας ADR.

Οι ετικέτες κινδύνου τοποθετούνται στις συσκευασίες και έχουν επίσης συγκεκριμένη μορφή και διαστάσεις, ώστε να αποτελούν μία διεθνή «γλώσσα» που απευθύνεται στον καθένα που εμπλέκεται με τη διακίνηση. Επισημαίνεται ότι για τα ραδιενεργά υλικά ισχύουν ιδιαίτερες σημάνσεις. Περισσότερες λεπτομέρειες υπάρχουν στα βιβλία του Ιδρύματος Ευγενίδη που αναφέρονται στη μεταφορά επικινδύνων εμπορευμάτων.

1.3.3. Η συμφωνία RID για τη σιδηροδρομική μεταφορά

Για τη σιδηροδρομική μεταφορά επικινδύνων αγαθών ισχύει συμφωνία RID (International Rail Carriage Regulations). Για την περίπτωση αυτή, η ταξινόμηση ουσιών είναι ίδια με αυτή της οδικής μεταφοράς βάσει της ADR (Πίνακας 1.3.2.1).

Η Οδηγία 96/49/EK της ΕΕ έχει ενσωματώσει στο κείμενό της, ως παράρτημα, τη συμφωνία RID. Στην Ελλάδα ο Ν. 1593/86 κύρωσε τη σύμβαση για τις διεθνείς σιδηροδρομικές μεταφορές (COTIF) και την Πράξη που αφορά μεταφορά εμπορευμάτων (CIM) και επιβατών και αποσκευών (CIV) με το σιδηρόδρομο.

1.3.4. Θαλάσσιες μεταφορές

Για τη θαλάσσια μεταφορά επικινδύνων ουσιών ισχύουν διεθνείς κανονισμοί που εκδίδονται από

τον IMO (International Maritime Organization). Ο IMO υπάγεται στον ΟΗΕ και με την υποστήριξή του έχουν εκδοθεί διεθνείς κανονισμοί, συμβάσεις και κώδικες που αφορούν πολλά θέματα των θαλασσών μεταφορών.

Οι δύο κύριες συμβάσεις που εκδόθηκαν είναι:

- SOLAS 74 (Safety of Life at Sea), ή Δ.Σ. ΠΑΑΖΕΘ 1974 κατά τον Ν. 1045/1980 (Διεθνής Σύμβαση Περί Ασφαλείας της Ανθρώπινης Ζωής εν Θαλάσσῃ).
- MARPOL (MARine POLLution) 1973/78, η Διεθνής Σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης στη θάλασσα από πλοία 1973 και το πρωτόκολλο αυτής 1978 και η οποία κυρώθηκε με το Ν 1269/89.

Η πρώτη περιλαμβάνει, εκτός των άλλων, διάφορους κώδικες που αφορούν την κατασκευή και τον εξοπλισμό των πλοίων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία (υγρά, αέρια σε κάθε μορφή, χύδην κ.λπ.).

Η δεύτερη σύμβαση προνοεί για την πρόληψη της ρύπανσης από διάφορα πετρελαιοειδή, χημικά κ.λπ. που μεταφέρονται με πλοία. Η ταξινόμηση των θαλάσσιων ρυπαντών ανάλογα με τους κινδύνους που πιθανόν να δημιουργήσουν γίνεται σε πέντε κατηγορίες (Πίνακας 1.3.4.1)

Πίνακας 1.3.4.1: Κατηγορίες θαλάσσιων ρυπαντών.

| Κατηγορία ρυπαντή | Αποτέλεσμα ρύπανσης |
|--------------------------|---|
| A | Βιοσυσσώρευση |
| B | Καταστροφή ζωντανών θαλάσσιων οργανισμών |
| C | Κίνδυνοι για τον άνθρωπο (κατάποση) |
| D | Κίνδυνοι για τον άνθρωπο (επαφή με δέρμα και αναπνοή) |
| E | Υποβάθμιση χρήσης των ακτών |

Ο διεθνής ναυτιλιακός κώδικας επικινδύνων ειδών του διεθνούς ναυτιλιακού οργανισμού αναφέρεται ως IMDG-IMO-CODE (ΠΔ 405/96). Επίσης υπάρχει ο κώδικας IBC που είναι σχετικός με την κατασκευή και τον εξοπλισμό των πλοίων που μεταφέρουν χύδην επικίνδυνες χημικές ουσίες, καθώς και οι αντίστοιχοι κώδικες GC, Existing GC και IGC που αφορούν τη μεταφορά υγροποιημένων αερίων.

1.3.5. Αεροπορικές μεταφορές

Για την αεροπορική μεταφορά επικινδύνων φορτίων ισχύουν σχετικές διατάξεις της Διεθνούς Ένωσης Αερομεταφορέων IATA και του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας ICAO, οι οποίοι λειτουργούν υπό την αιγίδα του ΟΗΕ. Όσον αφορά την Ελλάδα οι κυριότερες αεροπορικές εταιρείες (Ολυμπιακή, Aegean-Cronus κ.λπ.) είναι μέλη της IATA, η δε ΥΠΑ είναι μέλος του ICAO.

Γενικά οι αεροπορικές μεταφορές χαρακτηρίζονται από αυστηρές διαδικασίες, οι οποίες επιτηρούνται στενά από τις κρατικές αρχές. Άλλωστε ο τομέας χαρακτηρίζεται από υψηλότατο επίπεδο θεσμοθετημένων ελέγχων ασφαλειας κάθε μορφής (safety and security). Πιθανόν να υπάρχει πρόβλημα με ορισμένες μικρές εταιρείες (κυρίως από την πρώην ΕΣΣΔ) που δεν ανήκουν στην IATA και οι οποίες μπορεί να αναλαμβάνουν τη μεταφορά επικινδύνων ουσιών (κυρίως ραδιενεργών) και να χρησιμοποιούν τον ελληνικό εναέριο χώρο.

Η IATA εκδίδει περιοδικά τους Κανονισμούς που αφορούν τα επικίνδυνα είδη (Dangerous goods regulations). Η δομή των κανονισμών ακολουθεί τις βασικές αρχές τυποποίησης του OHE που εφαρμόζονται και για τις άλλες συμφωνίες.

1.3.6. Η ελληνική νομοθεσία

Οι οδικές μεταφορές επικινδύνων φορτίων στην Ελλάδα διέπονται από δύο βασικά κείμενα: τη συμφωνία ADR, όπως αυτή ισχύει κάθε φορά, και τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (ΚΟΚ, Ν. 2696/99 (ΦΕΚ 57/A)). Επίσης εκτεταμένη αναφορά γίνεται στο Ν. 1959/91 που αναφέρεται στα φορτηγά αυτοκίνητα (βλέπε κατωτέρω). Ειδικότερα στον ΚΟΚ αναφέρεται:

- Στο άρθρο 13 περί «οδηγών» ότι «ο οδηγός αυτοκινήτου οχήματος που μεταφέρει επικίνδυνες ύλες πάνω από ορισμένες ποσότητες επιβάλλεται να έχει υποστεί την κατά τις σχετικές διατάξεις αναγκαία επαγγελματική κατάρτιση».
- Στο άρθρο 20 περί «օρίων ταχυτήτων» ότι: «Για τα φορτηγά αυτοκίνητα και τους συνδυασμούς αυτών, που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία, με απόφαση του Υπουργού Μεταφορών και Επικοινωνιών, καθορίζονται ανώτατα επιτρεπόμενα όρια ταχύτητας, **χαμηλότερα** από τα παραπάνω οριζόμενα, αναλόγως της επικινδυνότητας του μεταφερόμενου φορτίου και των τεχνικών προδιαγραφών του μεταφορικού μέσου». Τα χαμηλότερα όρια αναφέρονται στον πίνακα των ανώτατων επιτρεπομένων ορίων ταχυτήτων του ΚΟΚ.
- Στην παράγραφο 29 του άρθρου 81 ότι: «Τα οχήματα τα οποία μεταφέρουν επικίνδυνα εμπορεύματα, επιβάλλεται να φέρουν αναγνωριστικές της επικινδυνότητας του φορτίου πινακίδες και ειδικά σήματα, σύμφωνα με τις ισχύουσες για τις μεταφορές αυτές διατάξεις».

Ο ΚΟΚ εισάγει ειδικές σημάνσεις που αφορούν τα επικίνδυνα φορτία (Πίνακίδα Ρ-45) και φυσικά για τα οχήματα μεταφοράς τους ισχύουν οι διατάξεις περί φόρτωσης (επιτρεπόμενο βάρος κ.λπ.), περιοδικού τεχνικού ελέγχου κ.λπ., αν και συνήθως με άλλες νομικές διατάξεις επιβάλλονται πιο εξειδικευμένοι περιορισμοί. Εννοείται ότι η παραπάνω αναφορά δεν αναιρεί το γεγονός ότι ο ΚΟΚ αποτελεί ένα ενιαίο και αδιαιρέτο κείμενο που πρέπει να είναι κτήμα κάθε υπεύθυνου οδηγού, **ο οποίος πρέπει να συμμορφώνεται με το σύνολο των διατάξεών του**.

Στη συνέχεια γίνεται μία συνοπτική αναφορά των κυριοτέρων νομοθετημάτων που αφορούν τη μεταφορά επικινδύνων φορτίων. Ο κατάλογος δεν είναι εξαντλητικός και αναφέρεται κυρίως σε νομοθετήματα της τελευταίας 20ετίας. Κατάλογος νομοθετημάτων μπορεί να βρεθεί και στην αντίστοιχη έκδοση του ΕΛΙΝΥΑΕ (2002, Επιμέλεια: Α. Δαΐκου).

Θεμελιώδη νομοθετήματα χερσαίων μεταφορών

- **ΠΔ 256/94 (ΦΕΚ 255/Α/11-10-99)** Προσαρμογή στην οδηγία 95/50/EK. Αναφέρεται στους ελέγχους κατά τη μεταφορά επικινδύνων φορτίων. Περιέχει ως παραρτήματα:
 - ✓ κατάλογο (checklist) ελέγχου (**αντικαταστάθηκε κατά την ΥΑ 56965/6498 (ΦΕΚ 1715/Β/21-12-01)**)
 - ✓ κατάλογο παραβάσεων
 - ✓ υπόδειγμα έκθεσης παράβασης.
- **ΠΔ 104/99 (ΦΕΚ 113/Α)** Προσαρμογή στην οδηγία 94/55/EK και τροποποιήσεις με τις KYA

Φ2/21099/1700 (ΦΕΚ 509/Β) και 21736/2092/99 (ΦΕΚ 1232/Β/01). Στα παραπομπάτα της δεύτερης υπάρχουν **εκτενέστατες τροποποιήσεις και προσθήκες** που αφορούν τις επικίνδυνες ύλες.

Οδηγοί οχημάτων - Σύμβουλοι ασφαλείας - Επαγγελματική κατάρτιση

- **ΠΔ 355/94 (ΦΕΚ 189/Α/15-11-94)** Επαγγελματική κατάρτιση οδηγών (προσαρμογή στην οδηγία 89/684/EOK). Αναφέρεται σε προσόντα, διδακτέα ύλη, κυρώσεις κ.λπ. Πρόκειται για το **βασικό νομοθέτημα**, το οποίο στη συνέχεια τροποποιείται κάθε φορά μερικώς από τα μεταγενέστερα ΠΔ.
- **ΥΑ 60740/1027 (ΦΕΚ 246/Β/3-4-95)** Εκδόθηκε σε εφαρμογή του ανωτέρω ΠΔ και εξειδικεύει θέματα Σχολών Κατάρτισης, εξεταζόμενων μαθημάτων και ύλης κ.λπ. Παρουσιάζει επίσης τη μορφή του σχετικού πιστοποιητικού.
- **ΠΔ 32/96 (ΦΕΚ 23/Α/12-2-96)** Επαγγελματική κατάρτιση οδηγών (προσαρμογή στην οδηγία 89/884/EOK). Αναφέρεται στα προσόντα των οδηγών, ώστε να λάβουν το σχετικό πιστοποιητικό.
- **ΥΑ 72572/2977 (ΦΕΚ 848/Β/24-9-97)** Τροποποιεί την ανωτέρω ΥΑ 60740/1027 ως προς τα προγράμματα εκπαίδευσης, τον τρόπο εξέτασης και παρουσιάζει τη μορφή των νέων πιστοποιητικών επαγγελματικής κατάρτισης όλων των κατηγοριών.
- **ΠΔ 106/98 (ΦΕΚ 97/Α/5-5-98)** Επαγγελματική κατάρτιση οδηγών (προσαρμογή στην οδηγία 89/684/EOK).
- **ΥΑ 74319/3372 (ΦΕΚ Β/99)** Επαγγελματική κατάρτιση οδηγών κατόχων προσωρινών πιστοποιητικών.
- **KYA 64834/5491/00 (ΦΕΚ 1350/Β/00)** Απαιτήσεις επαγγελματικής κατάρτισης, εξετάσεις, καθήκοντα και πιστοποιητικά συμβούλων ασφαλείας για τη χερσαία και πλωτή μεταφορά επικινδύνων εμπορευμάτων.
- **ΠΔ 346 (ΦΕΚ 233/Α/11-10-01)** Αφορά το επάγγελμα του οδικού μεταφορέα εμπορευμάτων. Περιέχει τις απαιτήσεις και προϋποθέσεις για την επαγγελματική επάρκεια και την απόκτηση της άδειας άσκησης επαγγέλματος.

Οχήματα

- **N 1959/91 (ΦΕΚ 123/Α/5-8-91)** Αναφέρεται σε άδειες κυκλοφορίας Φορτηγών IX και σε ειδικά θέματα βυτιοφόρων υγρών καυσίμων.
- **ΥΑ 35212/3028 (ΦΕΚ 1330/Β/31-12-98)** Ταξινόμηση βυτιοφόρων οχημάτων μεταφοράς βενζίνης ως προς τον εξοπλισμό τους, τη φόρτωση από τον πυθμένα, τη συλλογή των οργανικών πτητικών ουσιών και την προστασία από υπεροπλήρωση.
- **KYA 3512/267/00 (ΦΕΚ 1351/Β/00)** Αναφέρεται σε τροποποίηση του **ΠΔ 431/1983 (ΦΕΚ 160/Α)** που αφορά τα οχήματα κατηγοριών «N» και «O» και τα ρυμουλκούμενά τους που μεταφέρουν επικίνδυνα εμπορεύματα.
- **ΥΑ Φ/73903/6384/00 (ΦΕΚ Β/1442/00)** Διαδικασία έκδοσης πιστοποιητικού ADR οχημάτων από τα ΚΤΕΟ.
- **ΥΑ 76389/3344/01 (ΦΕΚ 254/Β/01)** **Είναι βασικό κείμενο.** Αφορά την έγκριση κυκλοφορίας μεμονωμένου οχήματος για τη μεταφορά επικινδύνων φορτίων, την έγκριση δεξαμενών κατόπιν δοκιμών, την έγκριση ρυμουλκούμενου ή επικαθήμενου οχήματος, τεχνικές περιγραφές κ.λπ.

Έλεγχος οχημάτων, δεξαμενών και βυτίων

- **ΥΑ 88548/3675 (ΦΕΚ 995/B/1-12-95)** Ορισμός του ΕΜΠ ως φορέα ελέγχου δεξαμενών (βυτίων) κατά την ADR.
- **ΥΑ Φ101/61053/1411 (ΦΕΚ 395/B/16-5-97)** Επέκταση της προηγούμενης απόφασης εκτός από βυτία και για τις άλλες κατηγορίες οδικών οχημάτων (κοινού φόρτου, κλειστών, ανοικτών κ.λπ.).
- **ΥΑ 32891/3257 (ΦΕΚ 703/B/16-6-01)** Προϋποθέσεις αναγνώρισης φορέων για τον ειδικό έλεγχο οχημάτων κατά την ADR και σχετικά πιστοποιητικά εγκρίσεως.

Μεταφορά εκρηκτικών

- **ΚΥΑ 3009/8/21/γ (ΦΕΚ 301/B/21-4-94)** Αφορά τους όρους και τη διαδικασία για την έκδοση άδειας διαμετακόμισης όπλων, πυρομαχικών, εκρηκτικών καθώς και για την ασφαλή πραγματοποίηση αυτής.

Σιδηροδρομικές μεταφορές

- **ΚΥΑ Φ4.2/733358/5309 (ΦΕΚ 240/B/28-2-02)** Τροποποίηση της απόφασης που αφορά την εναρμόνιση με την οδηγία 2000/62/EK. (βαγόνια, δεξαμενές, συνθήκες μεταφοράς κ.λπ.).

Θαλάσσιες μεταφορές - Διεθνείς συνθήκες

- **ΠΔ 419/93 (ΦΕΚ 178/A/6-10-93)** Επικύρωση του Διεθνή Κώδικα IBC για την κατασκευή και τον εξοπλισμό των πλοίων που μεταφέρουν επικινδυνά χημικά χύμα. Περιλαμβάνεται το πρωτότυπο αγγλικό κείμενο, κατάλογος των επικινδύνων χημικών ουσιών και υποδείγματα των σχετικών διεθνών πιστοποιητικών καταλληλότητας.
- **ΥΑ 1218.34 (ΦΕΚ 1029/B/14-12-95)** Αποδοχή των τροποποιήσεων των ετών 1990 και 1992 του Κώδικα IBC με εκτενή αναφορά, ως ανωτέρω, σε ουσίες και πιστοποιητικά.
- **ΥΑ 1218.85/1/97 (ΦΕΚ 101/B/14-2-97)** Αποδοχή των Κωδίκων του IMO για τη μεταφορά επικινδύνων χημικών χύμα (BCH) και υγροποιημένων αερίων χύμα (GC). Αναφέρεται και στα πιστοποιητικά καταλληλότητας που πρέπει να φέρουν τα πλοία.

Κανονισμοί λιμένων

- **ΥΑ 3131.2/01/94 (ΦΕΚ 119/B/94) και ΥΑ 3131.2/16/96 (ΦΕΚ 453/B/96)** Μέτρα ασφάλειας κατά τις εργασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης επικινδύνων ουσιών και καταλοίπων που μεταφέρονται από δεξαμενόπλοια από/σε βυτιοφόρα οχήματα για το Λιμένα Θεσσαλονίκης (Ειδικός Κανονισμός Λιμένα Θεσσαλονίκης αρ. 53 και 56 αντίστοιχα).
- **ΥΑ 3131.2/09/94 (ΦΕΚ 448/B/94)** Παρόμοιος περίπου ως ανωτέρω για το Λιμένα Πειραιά ((Ειδικός κανονισμός Λιμένα Πειραιά αρ. 179)).
- **ΥΑ 3131.2/49/95 (ΦΕΚ 1012/B/95)** Ομοίως για το Λιμένα Κυλλήνης (Ειδικός κανονισμός Λιμένα Κυλλήνης αρ. 8).
- **ΠΔ 346/94 (ΦΕΚ 183/A/31-10-94)** Αναφέρεται σε αναφορές των πλοίων που καταπλέουν ή αποπλέουν σε ελληνικούς λιμένες και μεταφέρουν επικινδυνά φορτία. Αναφέρεται στις διαδικασίες της αναφοράς, τις υποχρεώσεις όλων των εμπλεκομένων (πλοιάρχων, πλοηγών, αρμοδίων αρχών κ.λπ.), τον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις ασφαλείας του πλοίου, τα απαραίτητα πιστοποιητικά, τα μέτρα σε περίπτωση ατυχήματος κ.λπ. Ορισμένες τροποποιήσεις, μαζί με υπόδειγμα έκθεσης επιθεώρησης πλοίου, υπάρχουν στο **ΠΔ 3/99 (ΦΕΚ 2/A')**, καθώς και το **ΠΔ 12/00 (ΦΕΚ 11/A)**.

- **ΥΑ 3131.1/07/95 (ΦΕΚ 153/Β/7-3-95)** Έγκριση Γενικού Κανονισμού Λιμένα αρ 9 για τα μέτρα ασφαλείας κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση επικινδύνων ουσιών από δεξαμενόπλοια. Είναι βασικότατο κείμενο και περιέχει και πίνακα ελέγχου ασφαλείας με εκτενές ερωτηματολόγιο-υπεύθυνη δήλωση στην ελληνική και αγγλική γλώσσα για τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν.
- **ΠΔ 405/96 (ΦΕΚ 272/Β/16-12-96)** Κανονισμός φόρτωσης, εκφόρτωσης, παραμονής και διακίνησης επικινδύνων ειδών σε λιμένες και μεταφορά τους δια θαλάσσης. Πρόκειται επίσης για βασικό νομοθέτημα, που καλύπτει γενικά όλα τα θέματα μεταφοράς επικινδύνων ειδών. Περιέχει κατάλογο των ειδών και πρέπει υποχρεωτικά να φέρονται επί των πλοίων που μεταφέρουν επικίνδυνα είδη.
- **ΠΔ 146/98 (ΦΕΚ 109/Α)** Αναφέρεται σε μέτρα ασφαλείας κατά τη μεταφορά χύμα πετρελαίου, χύμα υγρών χημικών και χύμα υγροποιημένων αερίων με δεξαμενόπλοια. Περιλαμβάνει κατάλογο των διεθνών οδηγιών ασφαλείας και μέτρα για τη μεταφορά βυτιοφόρων οχημάτων επί του καταστρώματος των δεξαμενόπλοιων.
- **ΥΑ 3131.1/01/99 (ΦΕΚ 12/Β/18-1-99)** Γενικός Κανονισμός Λιμένα αρ. 18, που αφορά τις προϋποθέσεις και μέτρα ασφαλείας κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση χύμα πετρελαίου, χύμα υγρών χημικών και χύμα υγροποιημένων αερίων σε δεξαμενόπλοια. Περιέχει υποδείγματα δηλώσεων, πινάκων ελέγχου ενεργειών κ.λπ.
- **ΥΑ 2122/06/2001 (ΦΕΚ 219/Β/6-3-01)** Γενικός Κανονισμός Λιμένα αρ. 25. Αναφέρεται σε ορισμένες τροποποιήσεις του προηγούμενου κανονισμού αρ. 18.

Ειδικά γραφειοκρατικά θέματα

- **ΥΑ A8 31284 4774/99 (ΦΕΚ 259/Β/99)** Χορήγηση αδειών κυκλοφορίας βυτιοφόρων οχημάτων σε πρατηριούχους υγρών καυσίμων.
- **ΥΑ A8 27746 3452/00 (ΦΕΚ 15/Β)** Χορήγηση αδειών κυκλοφορίας βυτιοφόρων οχημάτων ιδιωτικής χρήσεως σε μεταπωλητές πετρελαιοειδών προϊόντων για θέρμανση.
- **ΥΑ B11 37762/4688/00 (ΦΕΚ 86/Β)** Κόμιστρα φορτηγών ΦΔΧ βυτιοφόρων μεταφοράς υγρών καυσίμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Μεθοδολογίες αναγνώρισης και εκτίμησης της επικινδυνότητας

2.1. Αναγνώριση του κινδύνου

2.1.1. Εισαγωγή

Η παρακάτω ανάλυση ακολουθεί τις βασικές γραμμές του Αμερικανικού Κέντρου για την Ασφάλεια των Χημικών Διεργασιών CCPS (Center for Chemical Process Safety), το οποίο ιδρύθηκε και διευθύνεται από το American Institute of Chemical Engineers. Το παραπάνω Κέντρο έχει εκδώσει κατευθυντήριες οδηγίες (Guidelines) για την ανάλυση των κινδύνων κατά τη μεταφορά των επικινδύνων ουσιών (HAZMAT: Hazardous Materials Transport), στα πλαίσια μιας προσπάθειας διάδοσης της χρήσης εργαλείων ποσοτικής και ποιοτικής εκτίμησης αυτών. Πολλά από τα στοιχεία που αναφέρονται στη συνέχεια έχουν ληφθεί από το παραπάνω εγχειρίδιο οδηγιών και αναφέρονται ως GCTRA (1995) (Guidelines for Chemical Transport Risk Analysis).

Επίσης αναφέρονται τα συμπεράσματα της Βρετανικής Συμβουλευτικής Επιτροπής για τις Επικίνδυνες Ουσίες (ACDS: Advisory Committee on Dangerous Substances) η οποία έχει εκδώσει πλήρη έκθεση για τη μεταφορά των επικινδύνων ουσιών (Transport Hazards Report (1991)) με μεθοδολογία για την ποσοτική ανάλυση του κινδύνου.

Η παραπάνω αναφορά «τιμολογεί» την ανθρώπινη ζωή (value of life) σε 2 εκ. βρετανικές λίρες (1991) και χρησιμοποιεί την τιμή αυτή για την περαιτέρω ανάλυση. Σχετικά θα πρέπει εξ αρχής να αναφερθεί ότι όλες οι αναλύσεις διακατέχονται, σε μικρό ή μεγάλο βαθμό, από την αρχή του «ελάχιστου αποδεκτού κινδύνου» και εφαρμόζουν όρους κόστους – αποτελεσματικότητας. Όπως, όμως, αναφέρουν σχετικές βιβλιογραφικές αναφορές, με αυτόν τον τρόπο δεν τονίζεται η **διαφοροποίηση του κόστους** του ατυχήματος για το θύμα και την οικογένειά του, τον εργοδότη και το κράτος, που οδηγεί σε διαφορετικά «βέλτιστα» για κάθε πλευρά.

Ο στόχος κάθε οργανισμού που ασχολείται με τα επικίνδυνα φορτία πρέπει να είναι ο «μηδενικός κίνδυνος» και επομένως θα πρέπει να γίνει κάθε προσπάθεια (περιλαμβανομένου του υψηλού κόστους) για να υλοποιηθούν οι αρχές της εγγενούς ασφάλειας. Παραπέμπουν δε στη δημοσίευση με τον εύλογο τίτλο "How Do People Evaluate Risk Reduction When They Are Told Zero Risk Is Impossible?" (K. Nakayachi (1998)), τονίζοντας ότι μία τεχνική λύση θα ήταν η αποδοχή της έννοιας των «μη ανεκτών επιπέδων επικινδυνότητας».

Σε κάθε περίπτωση, βέβαια, η κατάλληλη εφαρμογή των αρχών της ανάλυσης κινδύνων κατά τη μεταφορά, είναι χρήσιμη για κάθε φιλοσοφία θεώρησης της επικινδυνότητας και διευκολύνει τη λήψη αποφάσεων που αφορούν τους:

- εναλλακτικούς τρόπους μεταφοράς
- κατάλληλες διαδρομές
- παραμέτρους διαδρομής (π.χ. ταχύτητα, καιρικές συνθήκες, ώρα μεταφοράς)

- μέγεθος του φορτίου (συνολικό όγκο ανά αποστολή)
- συνθήκες της συγκεκριμένης αποστολής (πίεση και θερμοκρασία του φορτίου)
- χρήση ασφαλέστερων τρόπων συσκευασίας.

2.1.2. Σύγκριση ατυχημάτων σε σταθερές εγκαταστάσεις και κατά τη μεταφορά

Στην αρχή της παρούσας μελέτης έχει ήδη γίνει αναφορά στη σημασία και το πλήθος των ατυχημάτων που συμβαίνουν κατά τη μεταφορά των επικινδύνων ουσιών. Παρόλο που υπάρχουν ομοιότητες στην ανάλυση των κινδύνων που εμφανίζονται στις σταθερές εγκαταστάσεις (εργοστασίων κ.λπ.) και σε αυτή που αφορά τη μεταφορά των επικινδύνων ουσιών, δεν είναι πολύ διαδεδομένη η χρήση εργαλείων ανάλυσης των κινδύνων κατά τη μεταφορά, λόγω ακριβώς της φύσης αυτής. Πράγματι, στις περισσότερες επιχειρήσεις η προμήθεια πρώτων υλών και η πώληση των προϊόντων ανήκουν σε διαφορετικές διευθύνσεις από αυτή της παραγωγής ή της επεξεργασίας και η ασφάλεια κατά τη μεταφορά τους εξαντλείται στην τήρηση του Κ.Ο.Κ., εφόσον οι ενέργειες μεταφοράς διενεργούνται σε περιοχές μακριά από την περιοχή ελέγχου της επιχείρησης. Επιπλέον η ευθύνη για τη μεταφορά των επικινδύνων ουσιών μπορεί να διαμοιράζεται μεταξύ πολλών εμπλεκομένων που ενεργούν υπεργολαβικά.

Δυστυχώς ο μελετητής που επιχειρεί να προχωρήσει σε ποσοτική και όχι μόνο ποιοτική εκτίμηση του κινδύνου από τα ατυχήματα βρίσκεται αντιμέτωπος με αντικρουόμενα στοιχεία. Αμερικανικές πηγές (CCPS (1995)) σημειώνουν ότι έχουν αναφερθεί πολύ λίγες καταστροφές (δηλαδή μείζονα ατυχήματα), εάν ληφθεί υπόψη ο μεταφερόμενος κάθε φορά όγκος επικινδύνων ουσιών, ο ετήσιος αριθμός των αποστολών και η απευθείας γειτνίαση με το ευρύ κοινό, σε αντιδιαστολή με τα εργοστάσια που συνήθως βρίσκονται σε αραιοκατοικημένες περιοχές. Πράγματι, σύμφωνα με το Υπουργείο Μεταφορών των ΗΠΑ: **μόνο στο 0,3% των συμβάντων όπου ενεπλάκησαν φορτηγά μεταφοράς επικινδύνων ουσιών αναφέρθηκαν θάνατοι και μόνο στο 2,2% των ανωτέρω συμβάντων αναφέρθηκαν τραυματισμοί.** Επίσης και ο αριθμός των διαρροών είναι σχετικά μικρός: αναφέρονται 25 διαρροές ανά δισεκατομμύριο τόνων-μιλίων, συμπεριλαμβανομένων των φορτώσεων και εκφορτώσεων και λαμβανομένου υπόψη ότι πολλά από τα περιστατικά αυτά δεν ήταν επικίνδυνα για το κοινό (*ibid*).

Όμως από την άλλη μεριά, δημοσιευμένα στοιχεία (βλ. καταγραφή τους στο Lees (1995)), που προκύπτουν μετά από επεξεργασία των στοιχείων της βάσης δεδομένων MHIDAS (βλ. το Κεφάλαιο 1 της παρούσας μελέτης), εμφανίζουν την εικόνα του Πίνακα 2.1.2.1.

Μία προφανής εξήγηση της δυσαρμονίας μεταξύ του Πίνακα 2.1.2.1 και των πορισμάτων του Υπουργείου Μεταφορών των ΗΠΑ είναι το μέγεθος του ολικού δείγματος αναφοράς. Πράγματι, το Υπουργείο απαιτεί την αναγγελία όλων των ατυχημάτων και τα ανωτέρω στοιχεία ατυχημάτων κατά τη μεταφορά επικινδύνων ουσιών αναφέρονται ως ποσοστά του συνολικού αριθμού μεταφορών. Ο Πίνακας 2.1.2.1 αναφέρεται σε δημοσιευμένα στοιχεία από όλο τον κόσμο, τα οποία μάλλον πρέπει να αναφέρονται σε σχετικά σοβαρά περιστατικά: πολλές χώρες δεν καταγράφουν ξεχωριστά όλα τα ατυχήματα και συνήθως αναφέρονται μόνο τα μείζονα.

Πίνακας 2.1.2.1: Ποσοστό θανατηφόρων ατυχημάτων συναρτήσει του τρόπου μεταφοράς επικινδυνών ουσιών.

| Τρόπος μεταφοράς | Ποσοστό θανατηφόρων ατυχημάτων (% της πρώτης στήλης) |
|-------------------------|---|
| Οδική | 30 |
| Σιδηροδρομική | 23 |
| Αγωγός μεταφοράς | 31 |
| Ποτάμια-λίμνες | 2 |
| Θάλασσα | 14 |

Με βάση τα παραπάνω είναι δύσκολη η ακριβής ποσοστικοποίηση του κινδύνου. Μπορεί όμως να γίνει μία υπόθεση όσον αφορά την Ελλάδα, όπου φαίνεται ότι το ποσοστό των θανατηφόρων ατυχημάτων κατά τη μεταφορά επικινδύνων φορτίων είναι πολύ μικρό. Η υπόθεση δεν μπορεί να τεκμηριωθεί με επίσημα στοιχεία, καθώς δεν υπάρχει επίσημος φορέας καταγραφής αυτών με τρόπο που να μπορεί να γίνει στατιστική επεξεργασία τους, αλλά με βάση τα δημοσιευμένα στις εφημερίδες στοιχεία, όπως στο Κεφάλαιο 1.

Προχωρώντας στις διαφορές μεταξύ των ατυχημάτων στις σταθερές εγκαταστάσεις και σε αυτά κατά τη μεταφορά, σημειώνεται ότι η μεταφορά χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη ποσότητα ενέργειας των οχημάτων και πλοιών και μάλιστα όχι μόνο αυτών που μεταφέρουν τα επικινδυνά φορτία, αλλά και των άλλων που βρίσκονται στη κυκλοφορία. Κατά αύξουσα σειρά ενέργειας αναφέρεται η οδική, η σιδηροδρομική και η θαλάσσια μεταφορά.

Μία άλλη διαφορά είναι το περιβάλλον μεταφοράς, το οποίο υπόκειται σε μικρότερο έλεγχο από τη διοίκηση της επιχείρησης, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Επίσης διαφέρει η τοποθεσία όπου θα μπορούσε να συμβεί το ατύχημα, η οποία σε σταθερές εγκαταστάσεις είναι, βεβαίως, γνωστή όπως και ο πληθυσμός που θα επηρεαστεί από αυτό, αναλόγως της τοποθεσίας (αστική, ημιαστική, αγροτική).

Ο Πίνακας 2.1.2.2 παρουσιάζει τους κινδύνους κατά τη μεταφορά των επικινδύνων ουσιών, τα αίτια εμφάνισής τους και τις πιθανές συνέπειες.

Πίνακας 2.1.2.2: Κίνδυνοι κατά τη μεταφορά των επικίνδυνων ουσιών, αίτια εμφάνισής τους και πιθανές συνέπειες (ενδεικτικός και όχι εξαντλητικός κατάλογος).

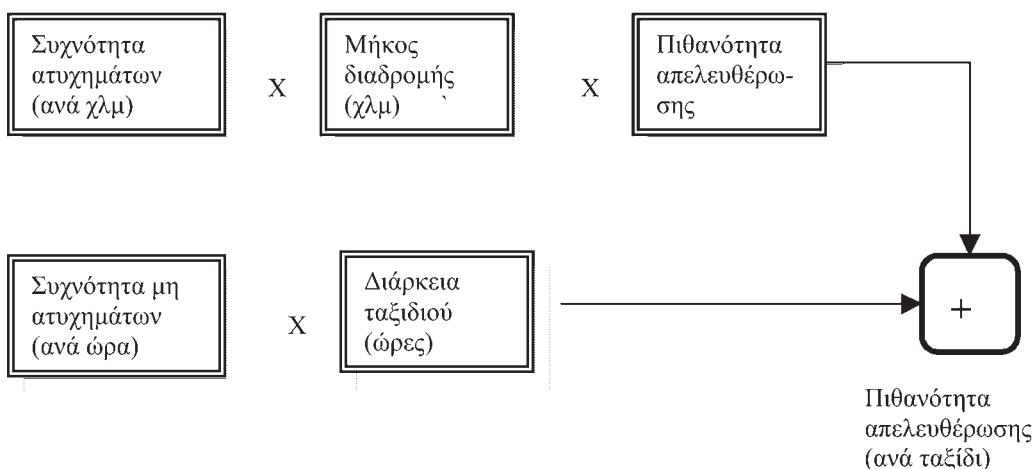
| Κίνδυνοι | Αίτια εμφάνισης των κινδύνων | | Πιθανές συνέπειες |
|--|--|---|---|
| | Ατυχήματα | Συμβάντα | |
| Διαρροές κάθε μορφής από: αγωγούς μεταφοράς βαγόνια βυτία φορτηγά βυτία φορτηγίδες πλοία εμπορευματοκιβώτια βαρέλια κυλίνδρους κ.λπ. | Εκτροχιασμός Σύγκρουση Προσάραξη Ανατροπή Πυρκαγιά Έκρηξη Βύθιση Θραύση Αστοχία υλικού Πτώση Που με τη σειρά τους μπορεί να οφείλονται σε: Βλάβες εξοπλισμού και υποδομών (δρόμων, σιδ. γραμμών, λιμενικών εγκαταστάσεων κ.λπ.). Ανθρώπινα λάθη Βλάβες και παραλείψεις κατά τη φόρτωση. Βλάβες συστημάτων ναυσιπλοΐας και ελέγχου πορείας Λάθος τοποθέτηση του έρματος, ζυγοστάθμιση, φόρτωση | Διάβρωση Μεταλλουργική αστοχία Ανάπτυξη υπερπίεσης Κατασκευαστικές αστοχίες Υπερπλήρωση Νόθευση-Μόλυνση Υπερθέρμανση Παγοποίηση Αστοχίες συναρμογής Απώλεια της ψύξης | Κατά μήκος της διαδρομής: τοξική μόλυνση πυρκαγιά ανάπτυξη υπερπίεσης διαρροή ραδιενεργού υλικού περιβαλλοντικές συνέπειες ζημιές σε κτήρια και εξοπλισμό |

2.1.3. Ανάλυση της συχνότητας εμφάνισης ατυχήματος κατά τη μεταφορά

Το πρώτο μοντέλο που θα εξεταστεί στηρίζεται στην ανάλυση της συχνότητας εμφάνισης ατυχημάτων. (Transport Risk Frequency Analysis). Η ανάλυση αυτή εστιάζεται στην απελευθέρωση της επικίνδυνης ουσίας που οφείλεται είτε σε ατύχημα που σχετίζεται με τη φύση της μεταφοράς και οδηγεί στη θραύση της συσκευασίας της, είτε σε βλάβη ή αστοχία του εξοπλισμού μεταφοράς (μη ατύχημα), όπως είναι οι ανακουφιστικές βαλβίδες ή τα τοιχώματα των δοχείων, κατά τη διάρκεια του ταξι-

διού. Η δεύτερη περίπτωση που καλύπτεται από την έκφραση *non-accident* (μη ατύχημα) προφανώς εκφράζεται σε ώρες λειτουργίας και έχει σχέση με την ωφέλιμη ζωή του συγκεκριμένου εξαρτήματος: για παράδειγμα η κόπωση του μετάλλου κατασκευής ενός δοχείου μπορεί να οδηγήσει σε διάδοση ρωγμής και επακόλουθη θραύση αυτού.

Το σχήμα 2.1.3.1 παριστάνει την αθροιστική συνεισφορά των δύο ανωτέρω παραγόντων για ένα ταξίδι ή μία αποστολή. Εάν αναλαμβάνονται πολλαπλά ταξίδια, προφανώς ο ολικός κίνδυνος ισούται με τον αριθμό των ταξιδιών επί τον κίνδυνο ανά ταξίδι. Επίσης εάν συμβεί ατύχημα, πρέπει να συμπεριληφθεί η πιθανότητα απελευθέρωσης της ουσίας.



Σχήμα 2.1.3.1: Υπολογισμός της πιθανότητας απελευθέρωσης της επικίνδυνης ουσίας.

Για παράδειγμα, ας θεωρηθεί ένα φορτηγό που εκτελεί μεταφορά σε απόσταση 500 μιλών (10 ωρών) και σε διαδρομή με αναμενόμενη πιθανότητα ενός ατυχήματος ανά εκαποτιμόριο μιλών και το οποίο διαθέτει ανακουφιστική βαλβίδα με πιθανότητα βλάβης $1,7 \times 10^{-6}$ ανά ώρα. Εάν επιπλέον υποτεθεί ότι ένα ατύχημα στα 10 έχει ως αποτέλεσμα την διαρροή της επικίνδυνης ύλης (βλ. και Πίνακα 2.1.4.1), τότε η προκύπτουσα ολική πιθανότητα απελευθέρωσης είναι:

$$F_R = [(1,0 \times 10^{-6} \text{ ατυχήματα/ μίλι}) \times (500 \text{ μίλια/ ταξίδι})] \times 0,1 \text{ πιθανότητα διαρροής} + (1,7 \times 10^{-6} \text{ βλάβες / βαλβίδα-ώρα}) \times (10 \text{ ώρες/ ταξίδι}) =$$

$$= 6,7 \times 10^{-5} \text{ διαρροές ανά ταξίδι ή μία διαρροή ανά 15.000 ταξίδια.}$$

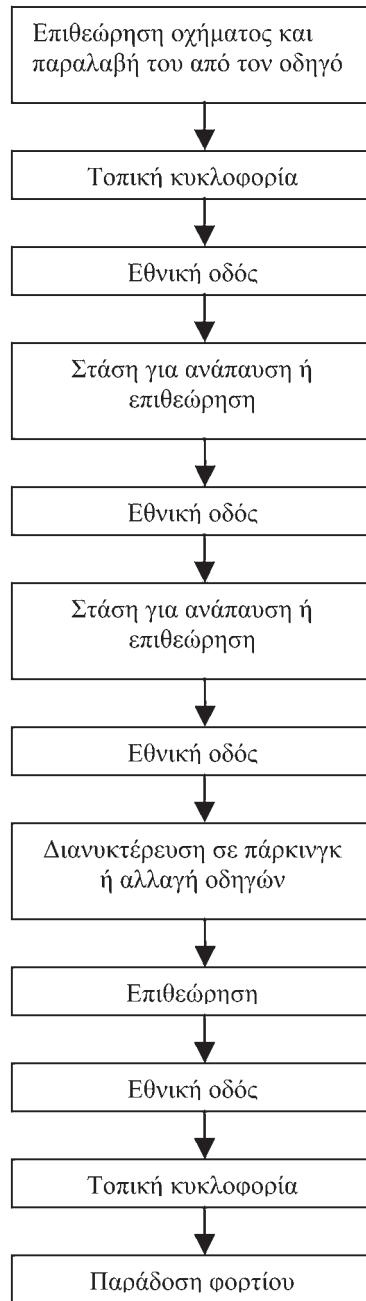
Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την απελευθέρωση των επικινδύνων ουσιών, με έμφαση στην οδική μεταφορά.

2.1.4. Μοντελοποίηση οδικής μεταφοράς

Σε αυτή, η κύρια δραστηριότητα είναι, φυσικά, η οδήγηση που διακόπτεται από στάσεις για ανάπauση και πιθανόν για ξύγιση. Το Σχήμα 2.1.4.1 παριστά μία πιθανή αλληλουχία ενεργειών για μία σχετικά μακριά διαδρομή. Η διανυκτέρευση μπορεί να γίνει σε ελεγχόμενη ή μη ελεγχόμενη θέση στάθμευσης. Σημειώνεται και πάλι η αδυναμία ακριβούς αντιστοίχισης των αμερικανικών ή βιορειοευρωπαϊκών προτύπων με τα ελληνικά. Πράγματι, είναι αμφισβητήσιμη η ύπαρξη έστω και περιορισμένου

αριθμού ελεγχόμενων χώρων στάθμευσης φορτηγών στη διαδρομή Πάτρα-Αθήνα-Θεσσαλονίκη-Εύζωνοι ή Αλεξανδρούπολη!!!

Οι τύποι των κινδύνων αναφέρονται στο Πίνακα 2.1.4.1. Αναγνωρίζονται ως ανθρώπινα λάθη, αστοχίες εξοπλισμού, βλάβες συστημάτων και παραλείψεις διαδικασιών, καθώς και εξωτερικοί παράγοντες. Ο αναλυτικός κατάλογος των κινδύνων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το χαρακτηρισμό του ολικού κινδύνου, των πιθανών περιστατικών που συνδέονται με μη ατυχήματα, την ποιοτική εκτίμηση κινδύνου κ.λπ.



Σχήμα 2.1.4.1: Τυπική διαδρομή φορτηγού μεταφοράς επικινδύνων φορτίων

| Ανθρώπινα λάθη | Αστοχία-βλάβες-ανεπάρκεια εξοπλισμού και διαδρομής | Βλάβες συστημάτων και παραλείψεις διαδικασιών | Εξωτερικοί παράγοντες |
|---|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Αδιαθεσία του οδηγού • Υπερβολική ταχύτητα • Κούραση οδηγού • Απόσπαση προσοχής • Μόλυνση φορτίου • Υπερβολική θέρμανση και ψύξη φορτίου • Υπερπλήρωση φορτίου • Αγνόηση της επίδρασης της αδράνειας του οχήματος • Λάθη των άλλων οδηγών • Λάθος οδήγηση στις στροφές (πολύ κλειστές) • Κακή ασφάλιση του φορτίου στη θέση του | <ul style="list-style-type: none"> • Μη κατάλληλο ρυμουλκούμενο • Μη λειτουργία μπάρας σε διασταύρωση τρένου • Διαρροή από βαλβίδα • Διαρροή από σωλήνα • Βλάβη σε φρένα • Αστοχία της μόνωσης/θερμικής προστασίας • Αστοχία ανακουφιστικής διάταξης • Βλάβη σε ελαστικό • Ανυπαρξία λωρίδας έκτακτης ανάγκης στο οδόστρωμα • Δημιουργία υπερπίεσης • Αστοχία υλικού • Δημιουργία κενού • Βλάβη στο τιμόνι • Κτυπήματα κάθε μορφής • Υψηλό κέντρο βάρους • Διάβρωση • Κακή συγκόλληση • Υπερβολική κλίση οδοστρώματος • Κακές διασταυρώσεις • Ανάρτηση οχήματος • Βλάβη σε ανταλλακτικό ελαστικό | <ul style="list-style-type: none"> • Έλλειψη κινήτρων για τον οδηγό (π.χ. κακή πληρωμή) • Έλλειψη εκπαίδευσης του οδηγού • Κακή επιλογή τύπου φορτηγού • Ανεπιτυχής επιλογή εμπορευματοκιβώτιου • Κακή επιλογή διαδρομής • Κακή εκπαίδευση διαδικασιών έκτακτης ανάγκης • Ανεπαρκής έλεγχος της ταχύτητας από την Τροχαία • Ανεπαρκείς περίοδοι ανάπαυσης του οδηγού • Ανεπαρκής συντήρηση • Ανεπαρκής επιθεώρηση κατά τη παραλαβή του φορτίου • Κακή επιλογή της ώρας για την εκτέλεση της αποστολής | <ul style="list-style-type: none"> • Βανδαλισμός/σαμποτάζ • Χιόνι* • Βροχή* • Παγετός • Αέρας* • Πλημμύρα* • Κατολισθήσεις • Πυρκαγιά στους χώρους στάθμευσης • Σεισμός • Ατύχημα στον δρόμο |

Πίνακας 2.1.4.1: Αναγνώριση των κινδύνων κατά τη μεταφορά με φορτηγά. Παραγόντες που οδηγούν και συμβάλλουν σε κινδύνους.

*Ο πίνακας έχει συνταχθεί από το αμερικανικό κείμενο και μερικοί παράγοντες μπορεί να διαφέρουν για την Ελλάδα. Για παράδειγμα ο κύριος εξωτερικός παράγοντας στους ελληνικούς δρόμους είναι η ολισθηρότητα, που προφανώς επιδεινώνεται από τις κακές καιρικές συνθήκες. Παρόλα αυτά, οι παραγόντες εξακολουθούν να ισχύουν για ένα μεγάλο ποσοστό των φορτηγών που εκτελούν διεθνείς μεταφορές.

Παρόλο που όλοι οι παραγόντες του Πίνακα 2.1.4.1 μπορεί να οδηγήσουν σε ατύχημα και απελευθέρωση της επικίνδυνης ουσίας, οι κυριότεροι εξ αυτών είναι:

➤ σύγκρουση μεταξύ οχημάτων

- σύγκρουση με σταθερό αντικείμενο
- ανατροπή οχήματος
- σύγκρουση σε ισόπεδη διάβαση με τρένο
- συμβάντα που οφείλονται σε μη ατυχήματα (π.χ. αστοχία ασφαλιστικών βαλβίδων και γενικά πεπαλαιωμένος ή κακοσυντηρημένος εξοπλισμός του βυτίου).

Δυστυχώς είναι δύσκολη η εύρεση του ποσοστού των ατυχημάτων που οφείλονται σε κάθε ένα από τους ανωτέρω παράγοντες. Δεν υπάρχουν αξιόπιστα ποσοτικά στοιχεία στη διεθνή βιβλιογραφία, αφού, άλλωστε, τα διάφορα κράτη δεν ταξινομούν τα αίτια των ατυχημάτων με ομοιόμορφο τρόπο. Για παράδειγμα, ένα βασικό στοιχείο που ποικίλει στις έρευνες της βιβλιογραφίας είναι ο ορισμός του ατυχήματος, γιατί με βάση αυτό μπορεί να προκύψει η πιθανότητα διαρροής μετά το ατύχημα. Πολλές νομοθεσίες, αλλά και ασφαλιστικές εταιρείες, θέτουν ένα κατώτερο όριο ζημιών για να θεωρηθεί ένα συμβάν ως ατύχημα ή, φυσικά, την ύπαρξη τραυματιών.

Η επικινδυνότητα αποτελείται από δύο στοιχεία: τη συχνότητα εμφάνισης και τις δυνατές συνέπειες. Αναφέρθηκε ήδη ότι η επικινδυνότητα κατά τη μεταφορά προκύπτει από την απελευθέρωση των επικινδύνων ουσιών που οφείλεται στο ατύχημα ή και στο μη ατύχημα. Συνεπώς οι τραυματισμοί που οφείλονται στο καθαυτό τροχαίο ατύχημα συνήθως εξαιρούνται από τις στατιστικές, ώστε αυτές να επικεντρωθούν στους τραυματισμούς που οφείλονται στο φορτίο. Πολλά ατυχήματα οδηγούν σε τραυματισμούς, ενώ σχετικά λίγα οδηγούν σε απελευθέρωση της επικινδυνής ουσίας και ακόμα λιγότερα προκαλούν τραυματισμούς λόγω ακριβώς της απελευθέρωσης της επικινδυνής ουσίας. Επομένως σε κάθε βάση δεδομένων θα πρέπει να ορίζεται σαφώς εάν περιλαμβάνονται ή όχι τα θύματα του «καθαρού» τροχαίου ατυχήματος.

Το κυριότερο πρόβλημα όλων των μελετών είναι ότι μπορεί μεν η συντριπτική πλειοψηφία των στοιχείων της Τροχαίας, οποιουδήποτε ιράτους, να ταξινομεί τα ατυχήματα σε μία από τις ανωτέρω κατηγορίες, ή ακόμα στην ακαθόριστη κατηγορία «σφάλμα του οδηγού», σε σπάνιες όμως περιπτώσεις όμως μπορεί να αποτυπωθεί η φυσική ή η ψυχική κατάσταση του οδηγού τη στιγμή του ατυχήματος. Έτσι ενώ υπάρχουν αναμφισβήτητα ατυχήματα που οφείλονται σε λάθη του οδηγού (π.χ. υπερβολική ταχύτητα), είναι πολύ δύσκολο να αναφερθούν οι παράγοντες που οδήγησαν τον οδηγό να αναπτύξει υπερβολική ταχύτητα ή να ξεκινήσει την αποστολή με αντίξοες καιρικές συνθήκες (πίεση από την εταιρεία, άγγος για περισσότερα δρομολόγια, όταν αυτός πληρώνεται με βάση τον αριθμό των αποστολών, κόπωση, ασθένεια που μπορεί να είχε ή και να μην είχε γίνει αντιληπτή κ.λπ.). Πολλά από τα ανωτέρω ατυχήματα μπορεί επίσης να ταξινομηθούν γενικά ως «συγκρούσεις», συσκοτίζοντας ακόμα περισσότερο τις πραγματικές αιτίες.

2.1.5. Παράμετροι που επηρεάζουν τη συχνότητα των ατυχημάτων

Στις περισσότερες περιπτώσεις η συχνότητα των ατυχημάτων κατά τη διαδρομή είναι ο σπουδαιότερος παράγοντας ανάλυσης του κινδύνου. Η συχνότητα όμως εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και είναι πολύ δύσκολη η επιμέρους ανάλυσή τους. Για παράδειγμα, εάν το φορτηγό ακολουθήσει διαδρομή που περνάει από αστικές περιοχές με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο, τότε η πιθανότητα ατυχήματος αυξάνεται. Συγχρόνως όμως τα αποτελέσματα μιας σύγκρουσης θα είναι λιγότερο σοβαρά, λόγω των χαμηλών ταχυτήτων στις αστικές περιοχές. Τα παραπάνω πορίσματα αντιστρέφονται εάν επιλε-

χθεί διαδρομή σε εθνικές οδούς, όπου μειώνεται η πιθανότητα μικροσυγκρούσεων, αυξάνεται όμως η πιθανότητα μεζονος ατυχήματος. Το παραπάνω σενάριο πρέπει να λάβει υπόψη και την επίδραση στον πληθυσμό, όπου προφανώς η διαδρομή μέσω αγροτικών αραιοκατοικημένων περιοχών είναι λιγότερο επικίνδυνη.

Στον Πίνακα 2.1.5.1 αναφέρονται ορισμένα αριθμητικά στοιχεία συχνότητας ατυχημάτων, από τρεις πολιτείες των ΗΠΑ, όπου τα συμπεράσματα της παραπάνω παραγράφου τεκμηριώνονται και ποσοτικά.

Εκτός από τις γενικές συνθήκες, υπάρχουν και οι ειδικές συνθήκες κάθε διαδρομής: υπερβολική ή ανάποδη κλίση οδοστρώματος, κακοσχεδιασμένες διασταρώσεις, σημεία με κακή ορατότητα κ.λπ. Αυτές όμως είναι δύσκολο να χαρακτηριστούν ποσοτικά, όπως επίσης και οι καιρικές συνθήκες. Οι τελευταίες μπορούν να ληφθούν υπόψη με γενικούς όρους (π.χ. με ένα συντελεστή αύξησης της επικινδυνότητας) εάν είναι γνωστό ότι σε μία περιοχή πράγματι αποτελούν πρόβλημα (για παράδειγμα κατά το χειμώνα στην Κατάρα ή το Αρτεμίσιο). Βέβαια εδώ ανακύπτει πάλι το μόνιμο πρόβλημα των Ελληνικών δρόμων που καθίστανται επικίνδυνοι έστω και με μία μικρή βροχή λόγω ολισθηρότητας, κακής ορατότητας, απορύθμισης των φαναριών κ.λπ. και γ' αυτό είναι δύσκολη η απευθείας χρησιμοποίηση αριθμητικών στοιχείων που προέκυψαν από έρευνες σε άλλες χώρες.

Οι εξειδικευμένες εταιρείες μεταφορών ή πετρελαιοειδών που διαχειρίζονται μεγάλο στόλο οχημάτων θα μπορούσαν να συνεισφέρουν με στοιχεία που αφορούν τα ατυχήματα εξετάζοντας παραμέτρους όπως η εκπαίδευση των οδηγών, γενικά δεδομένα των οδηγών από τους γιατρούς εργασίας, θέματα διαχείρισης του στόλου (επιλογή συγκεκριμένου τύπου φορτηγού, βυτίου, ρυμουλκούμενου, ακόμα και τύπου διατάξεων ασφαλείας, ελαστικών κ.λπ.), στοιχεία από τα ταχόμετρα και τη φύση των διαδρομών κ.ο.κ.

Πίνακας 2.1.5.1: Συχνότητα ατυχημάτων φορτηγών αναλόγως της περιοχής και του τύπου της οδού.

| Περιοχή | Τύπος οδού | Συχνότητα ατυχημάτων (ανά 10^6 οχήματα Χ μίλια) | Πιθανότητα απελευθέρωσης της επικίνδυνης ουσίας |
|----------|--|---|---|
| Αγροτική | Δύο λωρίδες | 2,19 | 0,086 |
| Αγροτική | Πολλές λωρίδες, χωρίς διαχωριστικό στη μέση | 4,49 | 0,081 |
| Αγροτική | Πολλές λωρίδες, με διαχωριστικό στη μέση | 2,15 | 0,082 |
| Αγροτική | Κλειστός αυτοκινητόδρομος | 0,64 | 0,090 |
| Αστική | Δύο λωρίδες | 8,66 | 0,069 |
| Αστική | Πολλές λωρίδες, χωρίς διαχωριστικό στη μέση | 13,92 | 0,055 |
| Αστική | Πολλές λωρίδες, με διαχωριστικό στη μέση | 12,47 | 0,062 |
| Αστική | Μονόδρομος | 9,70 | 0,056 |
| Αστική | Κλειστός αυτοκινητόδρομος | 2,18 | 0,062 |

2.1.6. Παράγοντες που επηρεάζουν τις πιθανότητες απελευθέρωσης

Από τη στιγμή που θα συμβεί ατύχημα σε φορτηγό που μεταφέρει επικίνδυνες ουσίες, η πιθανότητα απελευθέρωσής τους από τις συσκευασίες τους εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του οχήματος και τη φύση του ατυχήματος. Η ποσότητα της ουσίας που μπορεί να διαρρεύσει ή να εκλυθεί εξαρτάται και από τις συνθήκες συσκευασίας, π.χ. εάν πρόκειται για συσκευασία υπό ή χωρίς πίεση. Επίσης, εάν πρόκειται για μικρές ποσότητες σε φιάλες ή κυλίνδρους, η ακατάλληλη πρόσδεση αυτών μπορεί να οδηγήσει σε σύγκρουση μεταξύ τους και πιθανή θραύση σε περιπτώσεις όχι μόνο ατυχήματος, αλλά και απότομης επιτάχυνσης ή φρεναρίσματος.

Τα χαρακτηριστικά του οχήματος μπορούν και να μειώσουν τη πιθανότητα απελευθέρωσης μέσω των ειδικών διατάξεων πρόσδεσης του φορτίου ή μείωσης του ύψους του κέντρου βάρους. Η αντοχή της συσκευασίας εξαρτάται από το υλικό και το πάχος των τοιχωμάτων της, το σχήμα της, την τυχόν ύπαρξη διπλών τοιχωμάτων και διατάξεων θωράκισης ώστε σε περίπτωση ατυχήματος να μην τρυπήσει ή θραυτεί αυτή. Εάν όμως γίνει θραύση της συσκευασίας, το μοίρασμα του φορτίου σε πολλά διαμερίσματα φαίνεται να βοηθάει σε μερικές περιπτώσεις, ώστε να μειωθεί η ποσότητα της διαρροής.

Οι συνθήκες του μεταφερόμενου υλικού επηρεάζουν και την ποσότητα της διαρροής του σε περίπτωση ατυχήματος. Εδώ αναφέρεται η φάση (αέρια ή υγρή), η θερμοκρασία και η πίεση. Προφανώς τα φορτία με πεπιεσμένα αέρια είναι πιο πιθανόν να οδηγήσουν σε μείζον ατύχημα. Σε κάθε περίπτωση πάντως, η απελευθέρωση δεν είναι απαραίτητο να οδηγήσει σε ανάφλεξη. Δυστυχώς, όσο πιο καθυστερημένη είναι η ανάφλεξη, τόσο πιο μεγάλη θα είναι η καταστροφή, αφού το νέφος ατμών θα έχει προλάβει να διασκορπιστεί σε μεγαλύτερη επιφάνεια. Ενδεικτικά αναφέρεται (CGTRA (1995)) ότι η αθροιστική πιθανότητα ανάφλεξης ανέρχεται από 0,50 για νέφος ατμών έκτασης 30 m² σε περίπου 0,90 για έκταση 1-3 στρεμμάτων. Στον Πίνακα 2.1.6.1 αναφέρονται οι πιθανότητες ανάφλεξης για βενζίνη (gasoline) και υγροποιημένο αέριο (LPG) κατά τη μεταφορά με τρένο, ανάλογα με το χρόνο που μεσολαβεί από τη διαρροή.

Οι διαρροές που οφείλονται σε «μη ατύχημα» συνδέονται συνήθως με τη διάρκεια ζωής των συσκευών και των εξαρτημάτων. Για παράδειγμα, η αστοχία των ασφαλιστικών μηχανισμών, των διατάξεων πλήρωσης κ.α. (βαλβίδων, βανών, διακοπτών, σωληνώσεων κ.λπ.) μπορεί να οδηγήσει σε διαρροή ή έκλυση, η οποία όμως στις περισσότερες περιπτώσεις είναι σχετικά μικρή, λόγω των πολλαπλών διατάξεων ασφαλείας. Ακόμα, τα βυτία μπορεί να υπερπληρωθούν με αποτέλεσμα τη φυσιολογική έκλυση από τις ασφαλιστικές διατάξεις.

Λογικά, όλα τα συστήματα του συνόλου φορτηγό ρυμουλκούμενο - συσκευασία μπορεί να υποστούν βλάβες. Μερικά από τα φαινόμενα αστοχίας μπορεί να αναλυθούν με προγνωστικές μεθόδους της μηχανικής θραύσης, όπως η η κόπωση ή η διάρρωση των μεταλλικών κατασκευών. Η ανάλυση είναι ανάλογη με αυτές που εφαρμόζονται στις σταθερές κατασκευές, εάν φυσικά ληφθούν υπόψη οι δονήσεις που μεταφέρονται από το οδόστρωμα. Για την υπερπληρωση ή τη μόλυνση και νόθευση του προϊόντος χρησιμοποιούνται άλλες μέθοδοι ανάλυσης λαθών, που ξεφεύγουν από το σκοπό του παρόντος συγγραμματος.

Πίνακας 2.1.6.1: Πιθανότητες ανάφλεξης για τη βενζίνη και το LPG

| | Τύπος ανάφλεξης | | | |
|----------------|-----------------|---------------|-----|---------|
| | άμεση | καθυστερημένη | δεν | υπάρχει |
| βενζίνη | | | | |
| Μικρή διαρροή | 0,1 | 0,0 | 0,9 | |
| Μεγάλη διαρροή | 0,2 | 0,1 | 0,7 | |
| LPG | | | | |
| Μικρή έκλυση | 0,1 | 0,0 | 0,9 | |
| Μεγάλη έκλυση | 0,2 | 0,5 | 0,3 | |

2.1.7. Εναλλακτικοί τρόποι μεταφοράς

Η μελέτη του Αμερικανικού Κέντρου για την Ασφάλεια των Χημικών Διεργασιών αναφέρει τους παρακάτω τρόπους εναλλακτικής διαμόρφωσης της αποστολής των επικινδύνων ουσιών:

- αλλαγή της διαδρομής για την αποφυγή πυκνοκατοικημένων περιοχών
- αλλαγή της ώρας αποστολής για την αποφυγή περιόδων υψηλού κυκλοφοριακού φόρτου
- διαδρομή κατά τη νύκτα για την αποφυγή της κίνησης οχημάτων και ανθρώπων
- αλλαγή της διαδρομής ή διακοπή του ταξιδιού για την αποφυγή κακών καιρικών συνθηκών
- χοήση ενδιάμεσων σταθμών αποθήκευσης και στάσης.

Το πρόβλημα με τις παραπάνω εναλλακτικές δυνατότητες είναι ότι θα πρέπει να γίνεται προσεκτική αξιολόγηση και των μειονεκτημάτων τους. Για παράδειγμα, η αλλαγή της διαδρομής μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του μήκους της πορείας του φορτηγού και συνεπώς σε αύξηση της πιθανότητας ατυχήματος. Εξάλλου, η μείωση του κινδύνου για το ευρύ κοινό συνοδεύεται με αύξηση του κινδύνου για το περιβάλλον. Περαιτέρω η αποστολή κατά τη νύκτα επηρεάζεται δυσμενώς από τη περιορισμένη ορατότητα και την πιθανή κόπωση του οδηγού. Ακόμα και η διάσπαση της συνολικής διαδρομής σε μικρότερες μεταξύ σταθμών αποθήκευσης και στάσης μπορεί να εκθέσει το φορτίο σε κινδύνους που προκύπτουν από βανδαλισμούς ή και από την αύξηση του χρόνου που αυτό βρίσκεται εξω από το κατά τεκμήριο περισσότερο ελεγχόμενο περιβάλλον ενός εργοστασίου.

2.2. Εκτίμηση του κινδύνου

2.2.1. Ορισμοί της επικινδυνότητας

Στη βιβλιογραφία (CTRA (1995)) αναφέρονται τρία βασικά μεγέθη αξιολόγησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το χαρακτηρισμό της ανάλυσης επικινδυνότητας:

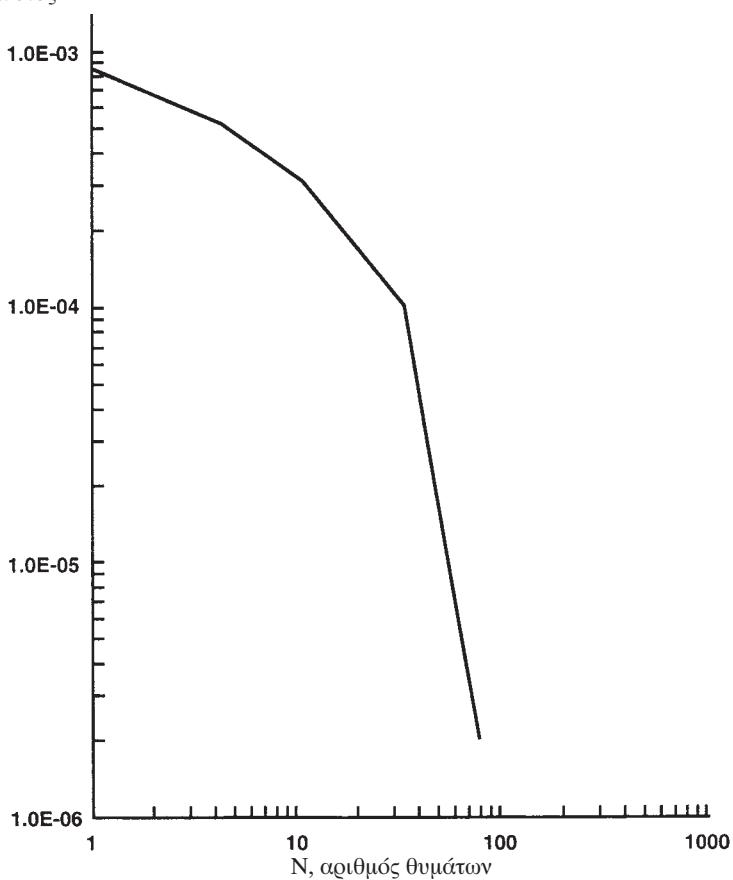
- δείκτες επικινδυνότητας (*risk indices*)
- ατομική επικινδυνότητα (*individual risk*), που αναφέρεται στον κίνδυνο για ένα πρόσωπο ή τοποθεσία

➤ κοινωνική επικινδυνότητα (*societal risk*) που αναφέρεται στο συνολικό κίνδυνο σε ένα συγκεκριμένο πληθυσμό από μια δραστηριότητα.

Στην πραγματικότητα υπάρχουν πολλές παραλλαγές των παραπάνω ορισμών, αλλά η ακριβής περιγραφή τους ξεφεύγει από τα όρια του παρόντος (*ibid*). Η ατομική επικινδυνότητα εκφράζει τον κίνδυνο για ένα πρόσωπο κατά μήκος της διαδρομής και μπορεί να υπολογιστεί για το πλέον εκτεθειμένο άτομο για συγκεκριμένες θέσεις πάνω στη διαδρομή ή για ένα μέσο πρόσωπο στην περιοχή που μπορεί να επηρεαστεί από το ατύχημα. Η κοινωνική επικινδυνότητα επικεντρώνεται στη συνολική πιθανότητα για να συμβούν περιστατικά με διαφορετική σοβαρότητα. Έτσι μπορεί να είναι μεγαλύτερη από το αντίστοιχο μέγεθος για τις σταθερές εγκαταστάσεις (εργοστάσια), λόγω της πολλαπλασιαστικής επίδρασης του μήκους της διαδρομής και των πολλαπλών ταξιδιών. Μπορεί όμως να είναι και μικρότερη, όταν η κίνηση γίνεται μακριά από πυκνοκατοικημένες περιοχές.

Το Σχήμα 2.2.1.1 παριστά μία καμπύλη F-N, δηλαδή της συχνότητας N ή περισσοτέρων απωλειών ανά έτος συναρτήσει του αριθμού των απωλειών, που είναι η πλέον τυπική παράσταση της κοινωνικής επικινδυνότητας.

Συχνότητα F ύπαρξης
N ή περισσοτέρων
θυμάτων ανά έτος



Σχήμα 2.2.1.1: Τυπική καμπύλη F-N (από GCTRA (1995))

Το Σχήμα 2.2.1.2 παριστά ένα πίνακα επικινδυνότητας (βλ. επίσης Παπαδόπουλο και Γεωργιάδου (2000)) για μία άλλη μορφή του πίνακα). Ο πίνακας χρησιμοποιείται για ποιοτική αξιολόγηση και βα-

σικά στηρίζεται στην πιθανότητα και την εν δυνάμει σοβαρότητα ενός γεγονότος, το οποίο κατόπιν τοποθετεί σε αντίστοιχο κελί του πίνακα. Έτσι, για παράδειγμα, σε μία εκτεταμένη σύγκρουση όπου υφίσταται μία μέση πιθανότητα απελευθέρωσης της επικίνδυνης ουσίας, η επικινδυνότητα φαίνεται ως μέση. Βέβαια ακόμα μια φορά τονίζεται η σημασία της ακρίβειας των ορισμών, ώστε να είναι σαφές το τι σημαίνει «εκτεταμένη σύγκρουση» ή «μέση επικινδυνότητα».

| | | | |
|---|---|-------------------|---|
| Πιθανότητα απελευθέρωσης της ουσίας κατά τη λειτουργία | | | |
| Μεγάλη Αναμένεται απελευθέρωση | Μέση | Υψηλή | Υψηλή |
| Μέση Απελευθέρωση μάλλον απίθανη | Χαμηλή | Μέση | Υψηλή |
| Μικρή | Χαμηλή | Χαμηλή | Μέση |
| | Σοβαρή Η σύγκρουση μπορεί προκαλέσει απώλειες | Εκτεταμένη | Καταστροφική Η σύγκρουση είναι 10 φορές χειρότερη από τη 'σοβαρή' |
| | ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ | | |

Σχήμα 2.2.1.2: Μία μορφή πίνακα επικινδυνότητας (οι λέξεις Μέση, Υψηλή, Χαμηλή αναφέρονται στην επικινδυνότητα)

2.2.2. Ατομική επικινδυνότητα (Individual Risk)

Η μέση ατομική επικινδυνότητα για τον ολικό ή τον εκτεθειμένο πληθυσμό καθορίζεται ως ο μέσος όρος των επιπέδων ατομικού κινδύνου για όλους τους ευρισκόμενους στην επιλεγμένη περιοχή, συμπεριλαμβανομένων αυτών για τους οποίους υπάρχει μηδενικός κίνδυνος. Μπορεί επίσης να υπολογιστεί με άθροιση των γινομένων της συχνότητας επί την αντίστοιχη επίπτωση και διαίρεση με τον πληθυσμό στον οποίον αναφέρονται.

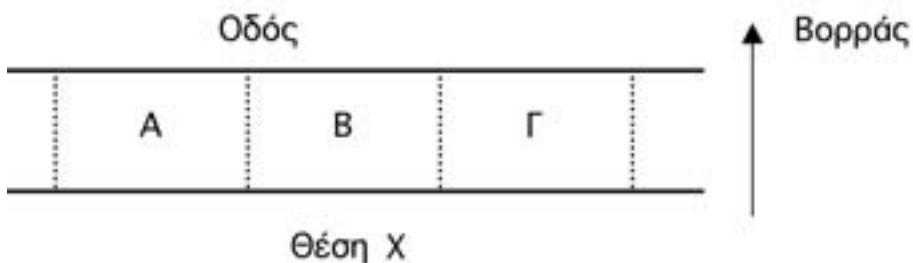
Δηλαδή η **Μέση Ατομική Επικινδυνότητα** (*Average Individual Risk*) δίνεται από τη σχέση:

$$IR = \sum_{i=1}^n f_i \cdot N_i / P$$

όπου n είναι ο αριθμός των συμβάντων, f_i είναι η συχνότητα εμφάνισης του συμβάντος i , N_i είναι ο αριθμός των θυμάτων για το συμβάν i , και P είναι συνήθως ο πληθυσμός που επηρεάζεται (ο ορισμός ποικιλλεί). Ο υπολογισμός δίνει τα ίδια αποτελέσματα με αυτόν του δείκτη του μέσου αριθμού απωλειών διαιρεμένου δια του επηρεαζόμενου πληθυσμού.

Προφανώς το μαθηματικό μέρος των υπολογισμών ξεφεύγει από τα όρια του παρόντος και ο αναγνώστης παραπέμπεται σε σχετικά εγχειρίδια (π.χ. CTRA (1995)). Για να δειχθεί η πολυπλοκότη-

τα της όλης εκτίμησης, ας θεωρηθεί ένα ατύχημα φορτηγού που μεταφέρει τοξικά αέρια κατά μήκος της οδού του Σχήματος 2.2.2.1.



Σχήμα 2.2.2.1 : Συνεισφορές στην ατομική επικινδυνότητα

Το πρόσωπο που βρίσκεται στη θέση Χ μπορεί να επηρεαστεί από ατύχημα που συμβαίνει στη θέση Α και διασπορά τοξικού νέφους προς τη νοτιοανατολική κατεύθυνση, ή από ατύχημα στη θέση Β και διασπορά προς το νότο ή από ατύχημα στη θέση Γ και διασπορά νοτιοδυτική. Παρόμοια σενάρια, όπου εξετάζεται η κατεύθυνση του επικρατούντος ανέμου και γενικότερα οι μετεωρολογικές συνθήκες εφαρμόζονται και για τις σταθερές εγκαταστάσεις, αλλά προφανώς στη προκειμένη περίπτωση χρειάζονται επιπλέον υπολογισμοί. Επιπλέον για κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις θα πρέπει να εκτιμηθεί η πιθανότητα κάθε συμβάντος, όπου «συμβάν» νοείται το είδος του κινδύνου, π.χ. έκρηξη, φωτιά κ.λπ. Συνήθως αυτό γίνεται με τη μορφή «δένδρου συμβάντων», όπως θα αναφερθεί στο παρόδειγμα που ακολουθεί.

Η αναφορά ACDS (1991) δέχεται τα εξής αριθμητικά κριτήρια για το χαρακτηρισμό της ατομικής επικινδυνότητας:

- 10^{-3} θύματα/ έτος ως «μη ανεκτή» τιμή
- 10^{-6} θύματα/ έτος ως «γενικά αποδεκτή» τιμή

Όπως σημειώνει η παραπάνω αναφορά η Βρετανία δέχεται την αρχή ότι η επικινδυνότητα πρέπει να είναι τόσο μικρή όσο είναι εύλογα δυνατό (ALARP: as low as reasonably practicable).

2.2.3. Κοινωνική επικινδυνότητα (Societal Risk)

Γενικά, οι πληροφορίες που απαιτούνται για τον υπολογισμό της ατομικής επικινδυνότητας, απαιτούνται και για την κοινωνική επικινδυνότητα. Η κύρια διαφορά στους υπολογισμούς είναι ότι η ατομική επικινδυνότητα καθορίζει εάν μία συγκεκριμένη τοποθεσία επηρεάζεται από τα συμβάντα που ακολουθούν το ατύχημα, ενώ η κοινωνική επικινδυνότητα εξετάζει πόσοι άνθρωποι θα επηρεαστούν από το ατύχημα.

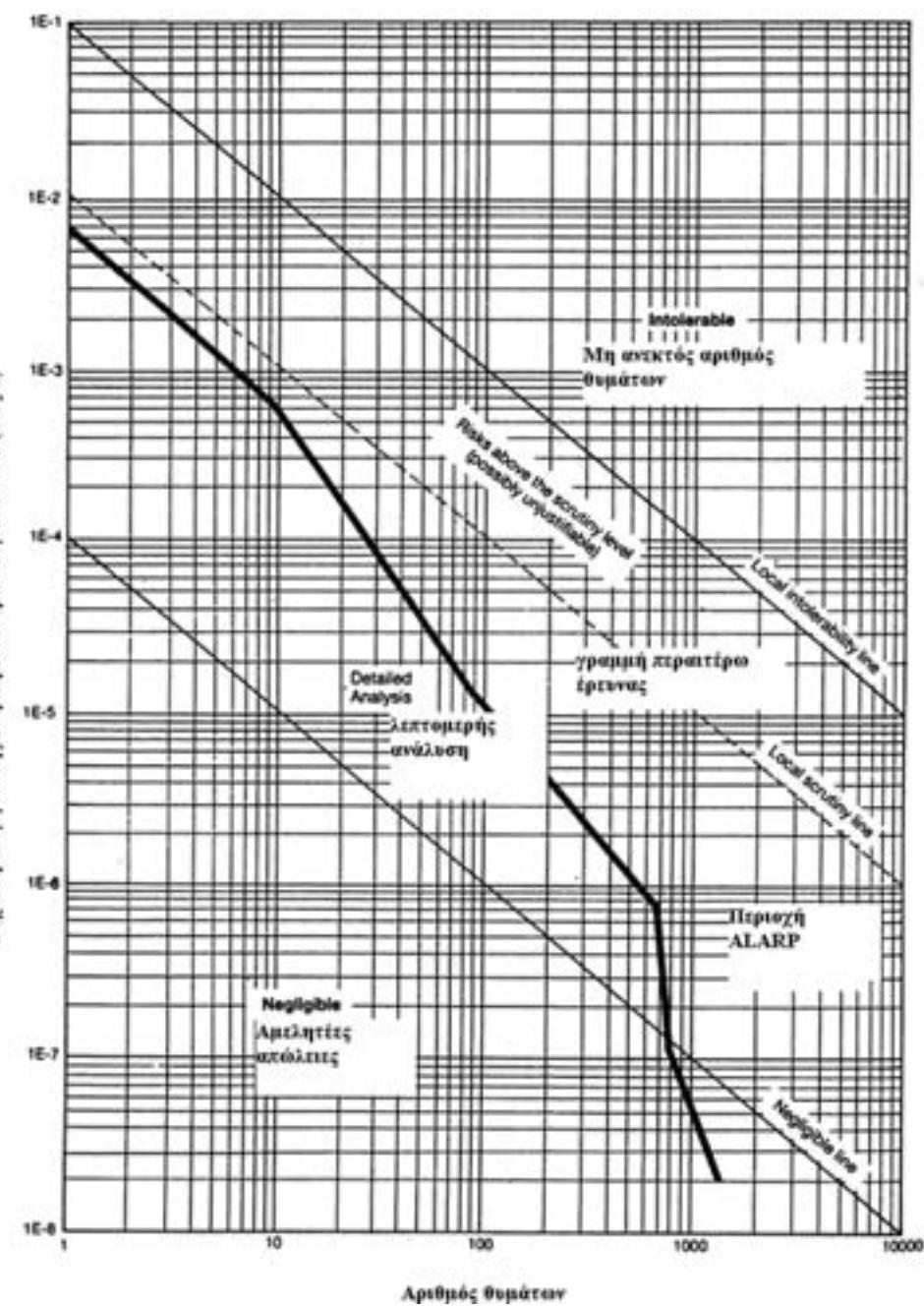
Προφανώς χρειάζεται η γνώση της πυκνότητας του πληθυσμού κατά μήκος της πορείας του μεταφορικού μέσου. Οι υπολογισμοί και εδώ είναι μάλλον περιπλοκοί και το τελικό αποτέλεσμα εξαρτάται κατά πολύ από την ακριβή γνώση των δεδομένων.

Η αναφορά ACDS (1991) θεωρεί ότι ο χώρος του διαγράμματος F-N χωρίζεται σε τέσσερα τμήματα από τρεις γραμμές. Η άνω εκφράζει το όριο ανοχής. Η επικινδυνότητα πάνω από αυτή τη γραμμή θεωρείται «μη ανεκτή» (intolerable). Η μεσαία διακεκομένη γραμμή του Σχήματος 2.2.3.1 οριο-

θετεί τη περιοχή όπου απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την κοινωνική επικινδυνότητα του συγκεκριμένου τόπου. Η τελευταία συνεχής γραμμή είναι το δρώμενο από το οποίο οι συνέπειες είναι «αμελητέες». Η περιοχή μεταξύ αυτής της κάτω γραμμής και της γραμμής περαιτέρω έρευνας θεωρείται ότι περικλείει τους κινδύνους που μπορούν να μειωθούν με εφαρμογή της αρχής ALARP που αναφέρθηκε προηγουμένως.

Η παχιά συνεχής γραμμή στο Σχήμα 2.2.3.1 εκφράζει την πραγματική κοινωνική επικινδυνότητα για ένα συγκεκριμένο τόπο και έχει προκύψει μετά από λεπτομερή ανάλυση. Βέβαια εξακολουθεί να υπάρχει το πάγιο ερώτημα όλων των ποσοτικών υπολογισμών, εάν, δηλαδή, υπάρχει δυνατότητα αντικειμενικού προσδιορισμού των τιμών που υποτέθηκαν στην αρχή για τη σύνταξη της μελέτης και πόσο αυτές διαφοροποιούνται για τον εργαζόμενο, τον εργοδότη και την κοινωνία.

Σχήμα 2.2.3.1: Περιοχές κοινωνικής επικινδυνότητας στο διάγραμμα F-N σύμφωνα με το βρετανικό μοντέλο ACDS (1991)



Γενικά οι υπολογισμοί όλων των μιορφών της επικινδυνότητας, όπως και κάθε στατιστικού υπολογισμού, εξαρτώνται από την:

- **αβεβαιότητα (uncertainty)** της επίδρασης των αριθμητικών στοιχείων και των υποτιθέμενων μοντέλων,
- **ευαισθησία (sensitivity)** στη μεταβολή ενός ή περισσοτέρων δεδομένων ή μεθοδολογιών
- **βαρύτητα (importance)** των συνεισφορών των διαφόρων υποθέσεων στην ολοκληρωμένη ανάλυση, π.χ. της διαίρεσης της διαδρομής σε επιμέρους κομμάτια και επιλογής αυτών, της υπόθεσης μικρών ή μεγάλων διαρροών, καθυστερημένης ή άμεσης ανάφλεξης κ.λπ.

Και πάλι ο αναγνώστης παραπέμπεται στη βασική βιβλιογραφία, όπως εκτίθεται στο τέλος του παρόντος Κεφαλαίου.

2.3. Ένα παράδειγμα εκτίμησης κινδύνου κατά την οδική μεταφορά

2.3.1. Εισαγωγή

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα απλοποιημένο παράδειγμα εκτίμησης της επικινδυνότητας κατά τη μεταφορά προπανίου από φορτηγά μιας εταιρείας μεταφορών. Σκοπός είναι η κατανόηση των μάλλον περίπλοκων εννοιών των προηγουμένων παραγράφων, καθώς και η καταγραφή των βημάτων υπολογισμού. Υπάρχουν δύο διαφορετικές διαδρομές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και για κάθε μία υπολογίζεται η ατομική και η κοινωνική επικινδυνότητα, ώστε να ληφθούν οι κατάλληλες αποφάσεις ως προς την επιλογή διαδρομής.

Το πρώτο βήμα είναι ο προσδιορισμός των «συμβάντων» που θα μπορούσαν να εμφανιστούν κατά τη διαδρομή. Στη συνέχεια θα αναλυθούν οι συχνότητες εμφάνισης και οι επιπτώσεις αυτών, ώστε να υπολογιστεί η ολική επικινδυνότητα για κάθε διαδρομή.

Το παράδειγμα αναφέρεται στο GCTRA (1995). Αν και έχει τροποποιηθεί ελαφρώς, παραμένουν τα ίδια αριθμητικά μεγέθη και μονάδες μέτρησης (Αμερικανικού Συστήματος Μονάδων), εφόσον αυτό που ενδιαφέρει πρωτίστως δεν είναι τα απόλυτα μεγέθη, αλλά η λογική των υπολογισμών. Κάθε φορά αναφέρονται οι υποθέσεις που γίνονται ή που δεν γίνονται ανάλογα με την ακρίβεια που επιθυμούμε, κυρίως για να επιδειχθεί η πολυπλοκότητα του θέματος.

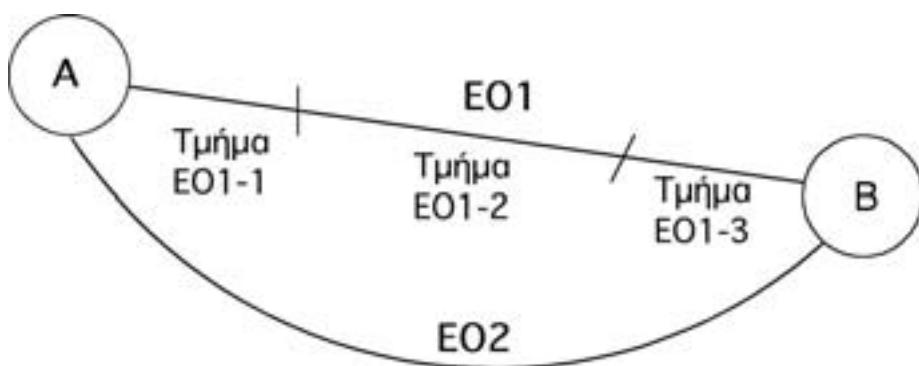
2.3.2. Περιγραφή

Η εταιρεία μεταφορών διαθέτει 300 φορτηγά με δεξιαμενές προπανίου που μετακινούνται μεταξύ δύο πόλεων Α και Β, κατά μήκος της διαδρομής EO1. Η διαδρομή αυτή διέρχεται από αστικές και ημιαστικές περιοχές και μπορεί να διαιρεθεί σε τρία τμήματα σχετικά ομοιόμορφης πυκνότητας πληθυσμού, όπως αναφέρεται στο Σχήμα 2.3.2.1.

Η εταιρεία σκέπτεται να χρησιμοποιήσει τη διαδρομή EO2, που είναι μεν μακρύτερη, όμως διέρχεται από περιοχές με μικρότερη πυκνότητα πληθυσμού. Η πρώτη υπόθεση που γίνεται είναι ότι η διαδρομή θα γίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Εάν διεξαγόταν και κατά τη νύκτα θα έπρεπε να θε-

ωρηθεί και ο πληθυσμός της νύχτας, που πιθανόν να είναι διαφορετικός από αυτόν της ημέρας, ιδίως όταν η διαδρομή διέρχεται από περιοχές εμπορικών ή εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Ένα δεύτερο στοιχείο που θα έπρεπε να θεωρηθεί, αλλά στο παρόν παράδειγμα αγνοείται, είναι και η κυκλοφορία στις οδούς EO1 και EO2 κατά τις ώρες μεταφορών.

Το προπάνιο, (αριθμός αναγνώρισης ΟΗΕ: UN 1978), μεταφέρεται σε δεξαμενές 10.000 γαλονών, ευρισκόμενο υπό πίεση. Πρόκειται φυσικά για εξαιρετικά εύφλεκτο υγροποιημένο αέριο, που εξατμίζεται αστραπαία εάν υποστεί διαρροή. Το παράδειγμα θα μπορούσε να έχει εφαρμογή και για την ελληνική πραγματικότητα, αφού τα υγροποιημένα αέρια είναι από τα πλέον επικίνδυνα μεταφερόμενα υλικά στους ελληνικούς δρόμους.



Σχήμα 2.3.2.1 : Περιγραφές των διαδρομών για το Παράδειγμα

Διαδρομή EO1

Μήκος: 35 μίλια

Πυκνότητα πληθυσμού στο Τμήμα EO1-1: 1000 ανά τετρ. μίλι, **Μήκος:** 5 μίλια

Πυκνότητα πληθυσμού στο Τμήμα EO1-2: 500 ανά τετρ. μίλι, **Μήκος:** 23 μίλια

Πυκνότητα πληθυσμού στο Τμήμα EO1-3: 2000 ανά τετρ. μίλι, **Μήκος:** 7 μίλια

Διαδρομή EO2

Μήκος: 55 μίλια

Πυκνότητα πληθυσμού: 400 ανά τετρ. μίλι

2.3.3. Χαρακτηρισμός και επιλογή των συμβάντων

Υπάρχουν αρκετά πιθανά συμβάντα που μπορεί να οδηγήσουν σε απελευθέρωση του προπανίου. Στο παρόν παράδειγμα αναφέρονται μόνο αυτά που σχετίζονται με ατυχήματα και όχι αυτά που προέρχονται από «μη ατυχήματα» (μικρές διαρροές από βαλβίδες, σωληνώσεις κ.λπ.). Τέτοια σενάρια περιλαμβάνουν:

➢ συγκρούσεις με άλλα οχήματα, εμπόδια, πεζούς, ακόμα και ζώα

➢ συγκρούσεις σε ανισόπεδες διαβάσεις με τρένα

➢ δίπλωση του ρυμουλκούμενου ή ανατροπή.

Αμελώντας τις συγκρούσεις με τρένα, υποτίθεται ότι όλα τα φορτηγά μπορούν να εμπλακούν στα

παραπάνω σενάρια, με πιθανές διαφοροποιήσεις ως προς την ώρα της ημέρας (κυκλοφοριακός φόρος), κατάσταση του οδοστρώματος και μετεωρολογικές συνθήκες τη συγκεκριμένη στιγμή κ.λπ.

Η έκλυση μετά το ατύχημα του προπανίου μπορεί να γίνει σύμφωνα με δύο σενάρια. Το πρώτο αναφέρεται σε μικρή διαρροή (1% των περιεχομένων της δεξαμενής για περίοδο 10 λεπτών, δηλαδή συνολικά 10%) και το δεύτερο σε μεγάλη έκλυση, δηλαδή του 100% του περιεχομένου της δεξαμενής. Σύμφωνα με διαθέσιμα στοιχεία η σχετική κατανομή των δύο παραπάνω δυνατοτήτων είναι 65/35.

Επιπλέον θεωρείται ότι η επικρατούσα κατάσταση του ανέμου είναι μόνο μία, έστω η D με ταχύτητα ανέμου 9 mph (μίλια ανά ώρα).

2.3.4. Εκτίμηση των επιπτώσεων

Για την αριθμητική εκτίμηση της επικινδυνότητας είναι απαραίτητη η εκτίμηση των επιπτώσεων που θα προκύψουν από τη διαρροή προπανίου. Επειδή αυτό είναι εύφλεκτο, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι κίνδυνοι από φωτιά (λόγω της πύρινης σφαίρας ή λόγω φωτιάς αέριου νέφους) και τυχόν έκρηξη. Συνήθως το φαινόμενο BLEVE (βλέπε το ατύχημα στα Τέμπη) δεν συνοδεύει τέτοιου είδους ατυχήματα, παρά μόνον εάν υπάρχει δευτερεύουσα πηγή καυσίμου που αναφλέγεται και θερμαίνει τη δεξαμενή. Οι συνθήκες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε θύματα είναι:

- υπέρβαση της κατώτερης θερμοκρασίας ανάφλεξης του προπανίου για όλη την έκταση διασποράς του νέφους ατμών του αερίου
- θερμική ακτινοβολία έντασης 160 kJ/m^2 για 15 δευτερόλεπτα, όσον αφορά την πύρινη σφαίρα
- υπερπίεση της τάξης των 3 psi σε περίπτωση έκρηξης (explosion overpressure).

Βέβαια η έκθεση στα παραπάνω επίπεδα κινδύνου δε σημαίνει απαραίτητα τη δημιουργία θυμάτων, καθώς μπορεί να παρασχεθεί προστασία από κτήρια, ρούχα, έγκαιρη διαφυγή κ.λπ. Γι' αυτό στο παρόν παράδειγμα μόνο (!) το 30% των ατόμων που θα εκτεθούν στα παραπάνω επίπεδα κινδύνου θα θεωρούνται ως απώλειες¹.

Περαιτέρω, στο ίδιο παράδειγμα υποτίθεται ότι η ακτίνα της πύρινης σφαίρας είναι 91,4 m και της περιοχής υπερπίεσης 131 m. Η περιοχή που καλύπτεται από το νέφος των ατμών του προπανίου που μπορούν να αναφλεγθούν έχει πλάτος 396 m.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία υπολογίζονται οι επιφάνειες κινδύνου ως:

- το 100% της επιφάνειας της πύρινης σφαίρας ή της υπερπίεσης (0,010 τετρ. μίλια)
- το 20% της μέγιστης επιφάνειας που καλύπτεται από το νέφος ατμών στη περίπτωση πρόσωρης ανάφλεξης
- το 50% της μέγιστης επιφάνειας που καλύπτεται από το νέφος ατμών στη περίπτωση «κανονικού» χρόνου ανάφλεξης
- το 100% της μέγιστης επιφάνειας που καλύπτεται από το νέφος ατμών στη περίπτωση καθυστερημένης ανάφλεξης.

1. Ο αναγνώστης μπορεί να ξενιστεί από τη τελείως «τεχνοκρατική» και «γραφειοκρατική» αναφορά των ανθρώπινων απωλειών στα πλαίσια μιας cost-benefit analysis από τη μεριά της επιχείρησης. Παρόλο που η πρακτική αυτή είναι ξένη προς την αντίληψη της ελληνικής κοινής γνώμης και τη θεωρία της μηδενικής ανοχής απωλειών, χρησιμοποιείται ευρέως στην αγγλοσαξονική ιδίως βιβλιογραφία.

2.3.5. Υπολογισμός της συχνότητας των δυνατών συμβάντων

Από τη στιγμή που θα συμβεί το ατύχημα, θα πρέπει να υπολογιστεί η πιθανότητα απελευθέρωσης του προπανίου και το μέγεθος της έκλυσης. Το σχήμα 2.3.6.1 παριστά ένα δένδρο γεγονότων. Η παράσταση χρησιμοποιείται ευρέως για την ανάλυση και την κατανόηση των επιπτώσεων τέτοιου είδους ατυχημάτων. Σε αυτή, με βάση τους χρόνους ανάφλεξης και τις πιθανότητες ανάφλεξης και έκρηξης, εκτιμώνται οι πιθανότητες κάθε συμβάντος καθώς και το εμβαδόν της επικίνδυνης περιοχής.

Στο Σχήμα 2.3.6.1 έχει ληφθεί ως πιθανότητα άμεσης ανάφλεξης η εκτίμηση 0,5, παρόλο που στοιχεία από τη βιβλιογραφία δείχνουν ότι η ανάλογη πιθανότητα είναι 0,75 για μεγάλες διαρροές προπανίου. Η εκτίμηση 0,5 είναι συντηρητική, διότι αυξάνει την πιθανότητα καθυστερημένης ανάφλεξης και συνεπώς την επίδραση σε μεγαλύτερη περιοχή, αφού το νέφος ατμών θα έχει χρόνο να απλωθεί.

Επιπλέον, επιλέγεται ως συχνότητα ατυχημάτων για κλειστούς αυτοκινητόδρομους η τιμή 1,5 ατυχημάτων ανά εκατομμύριο οχημάτων επί μιλια. Η τιμή θεωρείται συντηρητική αν και οι τιμές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ποικίλουν σε βαθμό που δεν επιτρέπουν αξιόπιστη επιλογή, όπως έχει ήδη αναφερθεί (από 0,5 έως 10 και περισσότερα ατυχήματα ανά εκατομμύριο οχημάτων επί μιλια).

Με βάση τη κατανομή 65/35 μεταξύ μικρών και μεγάλων διαρροών και την παραπάνω εκτίμηση ατυχημάτων, η συνολική πιθανότητα για μεγάλη διαρροή είναι $0,35 \times 1,5 \times 10^{-6}$ ανά μιλι $\eta 5,3 \times 10^{-6}$ ανά μιλι. Για μία μικρή διαρροή η αντίστοιχη πιθανότητα είναι $9,8 \times 10^{-6}$ ανά μιλι.

2.3.6. Εκτίμηση επικινδυνότητας

Ο στατιστικός υπολογισμός των συνεπειών καθορίζεται από την εξής σχέση:

$$\begin{aligned} \text{Συνέπεια} = & \quad \text{ζώνη κινδύνου για το συγκεκριμένο αποτέλεσμα} \\ & \quad \times \text{πυκνότητα πληθυσμού στο υπόψη τμήμα διαδρομής} \\ & \quad \times \text{ποσοστό θυμάτων από τον εκτιθέμενο πληθυσμό} \end{aligned}$$

Η επιφάνεια νέφους ατμών για την περίπτωση της μικρής διαρροής είναι 0,00059 τετρ. μιλια (έχει υποτεθεί ακτίνα της περιοχής που καλύπτεται από το νέφος ίση με 21,3 m, άρα η επιφάνεια είναι: πR^2 , όπου $R=21,3$ m).

Ακόμα και στην περίπτωση που το ατύχημα συμβεί στην περιοχή της μέγιστης πυκνότητας πληθυσμού (2000 άτομα ανά τετρ. μιλι), με ποσοστό δημιουργίας θυμάτων 30%, ο μέγιστος αριθμός των πιθανών θυμάτων είναι μικρότερος από ένα: $0,00059 \times 2000 \times 0,3 = 0,35$. Επομένως οι μικρές διαρροές δε λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό της επικινδυνότητας.

Η συχνότητα (ανά έτος) για το συγκεκριμένο αποτέλεσμα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\begin{aligned} \text{Συχνότητα} = & \quad \text{συχνότητα για ατύχημα μεγάλη διαρροή ανά μιλι} \\ & \quad \times \text{πιθανότητα του συγκεκριμένου αποτελέσματος} \\ & \quad \times \text{αριθμός ταξιδιών (αποστολών)} \end{aligned}$$

όπου η πιθανότητα του συγκεκριμένου αποτελέσματος καθορίζεται από το δένδρο γεγονότων.

| | | Χρόνος καθυστερημένης ανάφλεξης | έκρηξη | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ | Πιθανότητα για το συγκεκριμένο αποτέλεσμα | Επηρεαζόμενη έκταση σε τετρ.μέτρα |
|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------|---|-----------------------------------|
| Μεγάλη διαρροή πρωπανίου | ΝΑΙ – 0,5 | Ναι - 0,33 | Εκτόνωση, αργή ή ταχεία | 0,165 | 0,021 | |
| | | Όχι- 0,67 | Σφράγιση φροτάς | 0,335 | 0,010 | |
| | Σύντομος -0,5 πρωπανίου | Ναι- 0,33 | VCE – πρόσφορη ανάφλεξη | 0,083 | 0,033 | |
| | | Όχι- 0,67 | VCFI πρόσφορη ανάφλεξη | 0,167 | 0,012 | |
| | Μέσος - 0,3 | Ναι- 0,33 | VCE – ανάφλεξη σε μέσο χρόνο | 0,050 | 0,050 | |
| | | Όχι- 0,67 | VCFI ανάφλεξη σε μέσο χρόνο | 0,100 | 0,029 | |
| | | Ναι- 0,33 | VCE – κεθυστερημένη ανάφλεξη | 0,017 | 0,080 | |
| | Άριός - 0,1 | Όχι- 0,67 | VCFI- καθυστερημένη ανάφλεξη | 0,033 | 0,059 | |
| | | Μη ανάφλεξη - 0,1 | Δεν εμφανίζεται κινδύνος | 0,050 | 0,000 | |
| | | | | | | 1,000 |

Σχήμα 2.3.6.1: Λέντρο γεγονότων για μία μεγάλη διαρροή πρωπανίου από φροτηγό (VCE: Έκρηξη νέφους ατμού, VCFI: ανάφλεξη νέφους ατμού με ταχύτητη μετάδοση φλόγας και δημιουργία μικροής υπεροπίεσης (Vapour cloud flash fire))

Με βάση τους παραπάνω συλλογισμούς συμπληρώνεται ο Πίνακας 2.3.6.1, κυρίως για να διευκολύνει τον αναγνώστη στην επαλήθευση των υπολογισμών που οδήγησαν στη συμπλήρωση των τιμών του.

Πίνακας 2.3.6.1: Επικινδυνότητα μεταφοράς προπανίου για 300 αποστολές ανά έτος.

| Αποτέλεσμα | Συχνότητα (X 10 ⁻⁴ ανά έτος) | Συνέπειες συμβάντος (θύματα) |
|-------------------------------------|---|------------------------------------|
| Διαδρομή ΕΟ1 – Τμήμα 1 | | |
| Έκρηξη | 1,30 | 6,3 |
| Πύρινη σφαίρα (fireball) | 2,70 | 3,0 |
| VCE – πρόωρη ανάφλεξη | 0,66 | 9,9 |
| Flash fire – πρόωρη ανάφλεξη | 1,30 | 3,6 |
| VCE – «κανονική» ανάφλεξη | 0,40 | 15,0 |
| Flash fire – «κανονική» ανάφλεξη | 0,80 | 8,7 |
| VCE – καθυστερημένη ανάφλεξη | 0,14 | 24,0 |
| Flash fire – καθυστερημένη ανάφλεξη | 0,26 | 17,0 |
| Διαδρομή ΕΟ1 – Τμήμα 2 | | |
| Έκρηξη | 6,00 | 3,2 |
| Πύρινη σφαίρα | 120 | 1,5 |
| VCE – πρόωρη ανάφλεξη | 3,00 | 5,0 |
| Flash fire – πρόωρη ανάφλεξη | 6,10 | 1,8 |
| VCE – «κανονική» ανάφλεξη | 1,80 | 7,5 |
| Flash fire – «κανονική» ανάφλεξη | 3,70 | 4,4 |
| VCE – καθυστερημένη ανάφλεξη | 0,62 | 12,0 |
| Flash fire – καθυστερημένη ανάφλεξη | 1,20 | 8,9 |
| Διαδρομή ΕΟ1 – Τμήμα 3 | | |
| Έκρηξη | 1,80 | 12,6 |
| Πύρινη σφαίρα | 3,70 | 6,0 |
| VCE – πρόωρη ανάφλεξη | 0,92 | 19,8 |
| Flash fire – πρόωρη ανάφλεξη | 1,9 | 7,2 |
| VCE – «κανονική» ανάφλεξη | 0,56 | 30,0 |
| Flash fire – «κανονική» ανάφλεξη | 1,10 | 17,4 |
| VCE – καθυστερημένη ανάφλεξη | 0,19 | 48,0 |
| Flash fire – καθυστερημένη ανάφλεξη | 0,37 | 35,4 |
| Διαδρομή ΕΟ2 | | |
| Έκρηξη | 14,0 | 2,5 |
| Πύρινη σφαίρα | 29,0 | 1,2 |
| VCE – πρόωρη ανάφλεξη | 7,30 | 4,0 |
| Flash fire – πρόωρη ανάφλεξη | 15,0 | 1,4 |

| | | |
|-------------------------------------|------|-----|
| VCE – «κανονική» ανάφλεξη | 4,40 | 6,0 |
| Flash fire – «κανονική» ανάφλεξη | 8,70 | 3,5 |
| VCE – καθυστερημένη ανάφλεξη | 1,50 | 9,6 |
| Flash fire – καθυστερημένη ανάφλεξη | 2,90 | 7,1 |

Ο επόμενος Πίνακας 2.3.6.2 παρουσιάζει την επικινδυνότητα κάθε διαδρομής για διαφορετικά επίπεδα απωλειών. Η τιμή κάθε επικινδυνότητας υπολογίζεται με άθροιση των συχνοτήτων όλων των συνεπειών των συμβάντων του Πίνακα που αντιστοιχούν σε ίσο ή μεγαλύτερο αριθμό απωλειών. Με αυτή τη λογική, η συχνότητα των τιμών των λιγότερων απωλειών (δηλαδή των μικρότερων τιμών του N) είναι μεγαλύτερη, εφόσον υπάρχουν περισσότεροι προσθεταίοι στον υπολογισμό. Ο συλλογισμός μπορεί να εκφραστεί ως:

$$F_N = \sum_i F_i \quad \text{για όλες τις συνέπειες } i \text{ για τις οποίες } N_i > N$$

όπου: F_N η συχνότητα όλων των «συνεπειών» που αντιστοιχούν σε N ή περισσότερες απώλειες

F_i η συχνότητα της συνέπειας i .

N_i ο αριθμός των θυμάτων που αντιστοιχούν στη «συνέπεια» i .

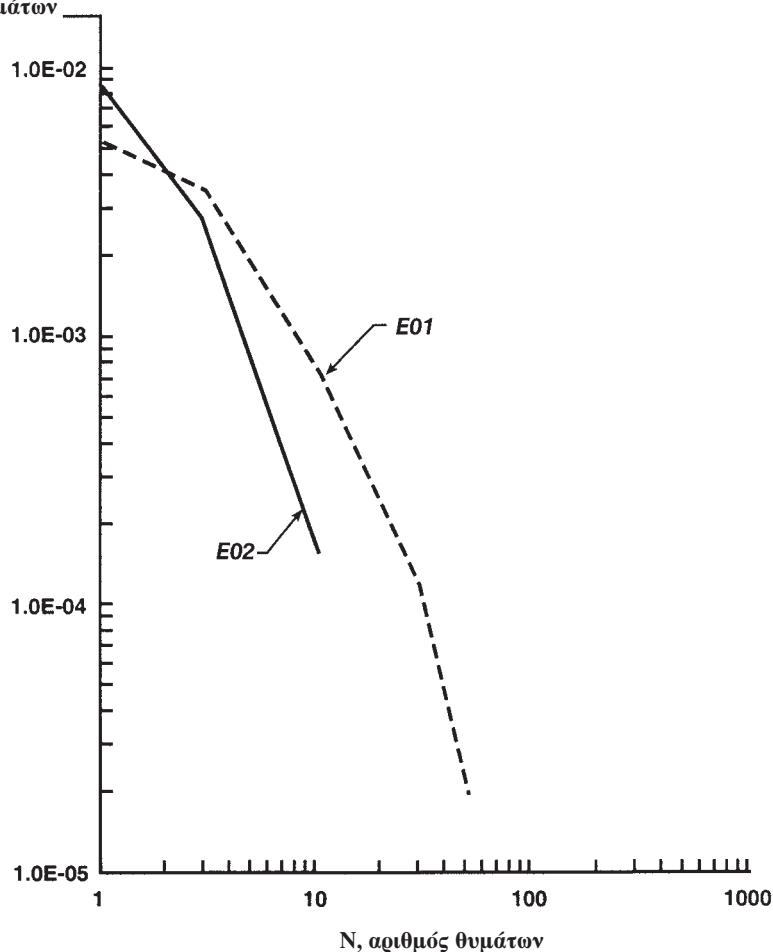
Η γραφική παράσταση της καμπύλης F-N δίνεται στο Σχήμα 2.3.6.2 ως η αθροιστική συχνότητα συναρτήσει του αριθμού απωλειών ανά έτος και συγκρίνει τις δύο διαδρομές. Ανάλογη καμπύλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκφράσει τις απώλειες ανά ταξίδι ή ανά τόνο φορτίου, αν και στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν θα πρόσθετε κάτι καινούργιο, εφόσον ο αριθμός ταξιδιών είναι ίδιος και για τις δύο διαδρομές, όπως και η ποσότητα φορτίου ανά ταξίδι.

Πίνακας 2.3.6.2 : Αριθμητικά στοιχεία της καμπύλης F-N (ανά έτος)

| Συχνότητα ($\times 10^4$) εμφάνισης αριθμού θυμάτων μεγαλύτερου ή ίσου από N | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|
| | N=1 | N=2 | N=3 | N=4 |
| Οδός EO1 | 53 | 34 | 7 | 1,1 |
| Οδός EO2 | 83 | 25 | 1,5 | - |

Συχνότητα F ύπαρξης

Ν ή περισσοτέρων θυμάτων



Σχήμα 2.3.6.2 : Καμπύλη F-N ανά έτος για τη μεταφορά προπανίου του παραδείγματος (Σελ. 272 GCTRA 1995).

Τα στοιχεία του Πίνακα 2.3.6.1 μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τον υπολογισμό του μέσου επιπέδου ατομικής επικινδυνότητας, με πρόσθεση των γινομένων κάθε συχνότητας και αντίστοιχης συνέπειας και μετά με διαίρεση δια του συνολικού πληθυσμού. Και στις δύο διαδρομές, η μέγιστη απόσταση κινδύνου είναι 0,38 μίλια, που προκύπτει από την πρόσθεση της ακτίνας εξάπλωσης του νέφους ατμών 488 m και της απόστασης 131 m όπου υπάρχει υπεροπίεση.

Ο πληθυσμός αυτός στη διαδρομή EO1 και από τις δύο πλευρές της οδού σε λωρίδα 2 X 0,38 μίλια είναι (βλ. Σχήμα 2.3.2.1):

$$\begin{aligned}
 & 5 \text{ μίλια} \times 2 \times 0,38 \text{ μίλια} \times 1000 \text{ άτομα/τετρ. μίλι} + \\
 & 23 \text{ μίλια} \times 2 \times 0,38 \text{ μίλια} \times 500 \text{ άτομα/τετρ. μίλι} + \\
 & 7 \text{ μίλια} \times 2 \times 0,38 \text{ μίλια} \times 2000 \text{ άτομα/τετρ. μίλι} = \\
 & = 23.180 \text{ άτομα}
 \end{aligned}$$

και για τη διαδρομή EO2 είναι:

55 μίλια X 2 X 0,38 μίλια X 400 άτομα/ τετρ. μίλι = 16.720 άτομα.

Ανάλογα με τα όσα αναφέρθηκαν στον ορισμό της ατομικής επικινδυνότητας:

$$\text{Μέση ατομική επικινδυνότητα (Average Individual Risk): } \text{AVER} = \sum_{i=1}^n f_i \cdot N_i / P$$

όπου n είναι ο αριθμός των συμβάντων, f_i είναι η συχνότητα εμφάνισης του συμβάντος i , N_i είναι ο αριθμός των θυμάτων για το συμβάν i , και P είναι ο πληθυσμός που κινδυνεύει.

Με τα στοιχεία του Πίνακα 2.3.6.1, η μέση ατομική επικινδυνότητα προκύπτει ίδια και για τις δύο διαδρομές και ιση με $1,6 \times 10^{-6}$ ανά έτος. Επομένως αν και δεν προκύπτει διαφορά μεταξύ των δύο διαδρομών, συνάγονται ορισμένα πολύτιμα συμπεράσματα.

2.3.7. Συμπεράσματα

Η παραπάνω ανάλυση αποτελεί ένα απλοποιημένο παράδειγμα για τη λήψη αποφάσεων ως προς την επιλογή της διαδρομής κατά τη μεταφορά επικινδύνων φορτίων. Στην πράξη όμως, δυστυχώς, πολλές εταιρείες λαμβάνουν υπόψη κατ' αποκλειστικότητα άλλους παράγοντες, όπως το κόστος μεταφοράς ή ο χρόνος παράδοσης. Μόνο εάν εξαναγκαστούν με το κατάλληλο νομικό πλαίσιο και συνειδητοποιήσουν τις ευθύνες τους προς τη κοινωνία και τις επιπτώσεις που θα έχει η τυχόν πρόκληση ατυχήματος στις ίδιες θα είναι δυνατή η μετάπτωση σε άλλους είδους αναλύσεις, που στηρίζονται στη θεωρία της μηδενικής ανοχής απωλειών.

Ενώ η μέση ατομική επικινδυνότητα είναι ίδια για τις δύο διαδρομές, η κοινωνική επικινδυνότητα είναι διαφορετική. Όπως φαίνεται από την καμπύλη F-N, η πιθανότητα ύπαρξης ενός ή περισσότερων θυμάτων είναι μεγαλύτερη για τη διαδρομή EO2, γρήγορα όμως η επικινδυνότητα γίνεται μικρότερη από αυτή της διαδρομής EO1. Ο μέγιστος αριθμός θυμάτων για τη διαδρομή EO2 περιορίζεται στα 10, ενώ στη διαδρομή EO1 μπορούν να ανέλθουν και σε 48. Επομένως εάν ο σκοπός είναι η μείωση των συνεπειών, η διαδρομή EO2 είναι η προφανής επιλογή. Όταν όμως δεν είναι ανεκτή η ύπαρξη έστω και μιας απώλειας, η παραπάνω επιλογή γίνεται λιγότερο ελκυστική. Η εταιρεία θα πρέπει να αξιολογήσει και άλλες επιλογές όπως η επένδυση στο ανθρώπινο δυναμικό (καλύτερη εκπαίδευση οδηγών και καλύτερες αμοιβές στο εμπλεκόμενο προσωπικό (κίνησης και τεχνικό), βελτίωση διαδικασιών κ.λπ.), η πιθανή μεταφορά του προπανίου τη νύχτα, ο έλεγχος και η παρακολούθηση των ταχυμέτρων ή ακόμα και η χρησιμοποίηση άλλων μέτρων μεταφοράς, όπως πλοίων (π.χ. από Αθήνα σε Βόλο) ή αγωγών μεταφοράς (από διυλιστήριο σε αεροδρόμιο για τη μεταφορά καυσίμου αεροσκαφών). Σε ορισμένες διαδρομές των ΗΠΑ, οι μεγάλες εταιρείες χρησιμοποιούν διορυφικά συστήματα εντοπισμού των φορτηγών. Η λύση αυτή δεν είναι ιδιαίτερα ακριβή, αναλόγως βέβαια του όγκου του μεταφορικού έργου, και επιτρέπει στα φορτηγά να αποφεύγουν τις διαδρομές με μεγάλη κίνηση. Επίσης υπάρχουν και συστήματα επιβεβαίωσης των κατάλληλων διαλειμμάτων των οδηγών, όπως και προσδιορισμού του ακριβούς χρόνου που βρίσκεται ο οδηγός και ο συνοδηγός στο τιμόνι.

Βέβαια, δεν αποκλείεται η εταιρεία να θεωρήσει ότι το κόστος λήψης επιπλέον μέτρων ασφαλείας είναι υψηλό... Σε αυτή τη περίπτωση, ιδίως όταν πρόκειται για εταιρεία παραγωγής (π.χ. μία εταιρεία υγραερίων ή ένα διυλιστήριο) που διαθέτει δικό της στόλο φορτηγών, αυτή μπορεί να αναθέσει το έργο της μεταφοράς σε υπεργολάβους, θεωρώντας ίσως ότι έτσι απαλλάσσεται από τις υποχρεώσεις της (risk shifting ή transferring). Είναι όμως πιθανόν ο υπεργολάβος, ακόμα και εάν πρόκειται για εξειδικευμένη εταιρεία μεταφορών επικινδύνων φορτίων, να μη διαχειρίζεται σωστά την επικινδυνότητα, εφόσον δεν έχει πρόσβαση στις ιδιομορφίες των φορτίων. Η σωστή λύση είναι προς την αντίθετη κατεύθυνση: η μεταφορά πρέπει να αποτελεί μία ολοκληρωμένη διαδικασία, από τη φόρτωση μέχρι την εκφόρτωση, ανεξάρτητα από το ποιοι εμπλέκονται. Όλοι οι εμπλεκόμενοι θα πρέπει να συνεργάζονται αποδεχόμενοι κοινή ευθύνη και να προσπαθούν με κάθε μέσο να εξαλείψουν τους κινδύνους. Έχει ήδη αποδειχθεί ότι μακροπρόθεσμα η συνεργασία αυτή αποτελεί την καλύτερη λύση για όλη τη βιομηχανία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Μελέτη των επιπτώσεων και των συνεπειών από πιθανά ατυχήματα ή συμβάντα

3.1 Επιπτώσεις Ατυχημάτων

3.1.1 Γενικά

Αυτή η ενότητα διαπραγματεύεται τις κυριότερες επιπτώσεις των διάφορων ατυχημάτων που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια του μεταφορικού έργου τόσο στο οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο, όσο και τις θαλάσσιες μεταφορές. Οι μεταφορές επικίνδυνων φορτίων είναι δυνατό να εγκυμονούν σοβαρούς κινδύνους α) για το μεταφορέα, β) το πλήρωμα του μεταφορικού μέσου και γ) τους πολίτες. Οι πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις ενός ατυχήματος στις μεταφορές είναι:

- (1) διαρροή τοξικών υλών
- (2) φωτιά
- (3) έκρηξη

Ανάλογα με το είδος του φορτίου και του τρόπου μεταφοράς, οι διαρροές εύφλεκτων αερίων είναι πιθανό να οδηγήσουν σε φωτιές ή έκρηξης νέφους αερίων, ενώ τα υγρά καύσιμα που χύνονται στο έδαφος, σε φωτιές λίμνης υγρού. Ο κίνδυνος της έκρηξης είναι υπαρκτός κατά τη μεταφορά ουσιών που θεωρούνται χημικά ασταθείς. Αν το μεταφερόμενο υλικό είναι τοξικό, ενδεχόμενη διαρροή του σε μεγάλες ποσότητες θα οδηγήσει σε σχηματισμό τοξικού νέφους. Τα τοξικά και τα διαβρωτικά υλικά μπορούν να εξαπλωθούν όπως όλα τα υγρά. Στις θαλάσσιες μεταφορές η διαρροή πτητικών ουσιών στην επιφάνεια του νερού, είναι πιθανό να δημιουργήσει νέφος αερίου. Τα μεταφορικά ατυχήματα ενέχουν επίσης τον κίνδυνο πρόκλησης ρύπανσης της ατμόσφαιρας, του εδάφους ή της θάλασσας διότι κατά κανόνα το υλικό που διαρρέει δεν επανασυλλέγεται αλλά διαχέεται στο περιβάλλον.

Οι συνηθέστερες αιτίες πρόκλησης ατυχημάτων προέρχονται από:

- α) το φορτίο
- β) το μεταφορέα (οδηγό) και
- γ) τους διάφορους χειρισμούς του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται.

Το φορτίο μπορεί να αναφλεγεί ή να εκραγεί ή να διαβρώσει τη συσκευασία του και να διαρρεύσει. Από την άλλη πλευρά, ο οδηγός του οχήματος μπορεί να εμπλακεί σε τροχαίο ή σιδηροδρομικό ατύχημα (εκτροχιασμός βαγονιών), ενώ δεν είναι σπάνιες οι συγκρούσεις δεξιαμενόπλοιων ή φορτηγών πλοιών στη θάλασσα. Τέλος ατύχημα μπορεί να προκληθεί από εσφαλμένους χειρισμούς κατά τη φόρτωση ή την εκφόρτωση επικίνδυνων υλών.

Στις παραγράφους που ακολουθούν αναλύονται με περισσότερες λεπτομέρειες οι σημαντικότερες επιπτώσεις των ατυχημάτων στις μεταφορές.

3.1.2 Διαρροές τοξικών ουσιών

Ο κίνδυνοι που απορρέουν από τη διαρροή κάποιας τοξικής ουσίας είναι συνάρτηση των συνθηκών της έκθεσης σε αυτήν και της φύσης της ίδιας της χημικής ουσίας. Κυμαίνονται από τα επίπεδα μίας σύντομης αλλά οξείας έκθεσης, μέχρι τη χρόνια έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις κατά τη διάρκεια της εργασίας. Και οι δύο αυτές περιπτώσεις χαρακτηρίζονται εξίσου σοβαρές. Σαν παράδειγμα αναφέρεται ότι μία μεγάλη διαρροή τοξικής ουσίας όπως είναι το χλώριο κάτω από δυσμενείς συνθήκες θεωρείται ότι διαθέτει μεγαλύτερο δυναμικό καταστροφής από αυτό της φωτιάς ή της έκρηξης. Ωστόσο, οι διαρροές μεγάλων ποσοτήτων τοξικών υλών είναι γεγονότα αρκετά σπανιότερα από μία μεγάλη φωτιά ή έκρηξη.

Η πρώτη αναφορά της συμβουλευτικής επιτροπής για τους σημαντικότερους κινδύνους (Advisory Committee on Major Hazards, ACMH - Harvey 1976) διατυπώνει:

«Αναφορικά με τις τοξικές ουσίες, η ξαφνική απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων είναι δυνατό να προκαλέσει πολύ υψηλότερο αριθμό θυμάτων από μια εξίσου μεγάλη διαρροή εύφλεκτου υλικού. Θεωρητικά, μια τέτοια διαρροή θα μπορούσε κάτω από συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες να δημιουργήσει θανάσιμες συγκεντρώσεις της ουσίας σε περιοχές που απέχουν ακόμα και 30 χιλιόμετρα από το σημείο της διαρροής. Ο αριθμός των θυμάτων (αν υπήρχαν) σε αυτή την περίπτωση θα ήταν συνάρτηση της πυκνότητας του πληθυσμού κατά μήκος της διαδρομής του τοξικού νέφους και της αποτελεσματικότητας των έκτακτων μέτρων που θα λαμβάνονταν μη εξαιρουμένης της εκκένωσης ολόκληρων περιοχών».

Μερικοί από τους σημαντικότερους παράγοντες που αφορούν τις τοξικές ουσίες είναι:

- α) η τοξική συγκεντρωση
- β) οι επιπτώσεις της έκθεσης
- γ) η δυνατότητα ανίχνευσης με την οσμή
- δ) προφύλαξεις κατά τη χρήση
- ε) ανίχνευση διαρροών και
- στ) πρώτες βοήθειες.

Οι περισσότερες τοξικές χημικές ουσίες που εγκυμονούν κινδύνους τόσο για τη χημική βιομηχανία όσο και κατά τη μεταφορά τους σε διάφορους προορισμούς, παράγονται είτε σαν τελικά προϊόντα παραγωγικής διαδικασίας είτε σαν παραπροϊόντα σε περίπτωση ατυχήματος. Για παράδειγμα το μονοξείδιο και το διοξείδιο του άνθρακα παράγονται κυρίως σε βιομηχανικές διεργασίες καύσης, αλλά και σε περίπτωση ανεπιθύμητης πυρκαγιάς. Ο αριθμός των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία αυξάνεται κάθε χρόνο. Το Κέντρο Πληροφοριών για τις Χημικές Ουσίες (Chemical Information Centre, UKCIS) στη Βρετανία σημειώνει ότι κάθε χρόνο παράγονται 20.000 με 30.000 χημικές ουσίες σε ποσότητες μεγαλύτερες από 1 τόνο. Επιπλέον, οι νέες χημικές ουσίες που εισέρχονται κάθε χρόνο στην αγορά της Μ. Βρετανίας υπολογίζονται σε 300 με 400. Το ενδιαφέρον για τα προβλήματα που σχετίζονται με τις τοξικές ύλες, επικεντρώνονταν συνήθως στις βλαπτικές επιδράσεις που δημιουργούνται από τη χρόνια έκθεση σε αυτές. Τα τελευταία χρόνια ωστόσο, ο προβληματισμός για την απειλή μίας μαζικής οξείας δηλητηρίασης από μεγάλης κλίμακας διαρροή τοξικών ουσιών εξαιτίας ατυχήματος είναι έντονος.

Ορισμένες από τις κυριότερες τοξικές χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στη χημική βιομηχανία παρουσιάζονται σε συνδυασμό με την τοξική τους επίδραση στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.1.2.1

| Τοξική Ουσία | Τοξική Επίδραση |
|---------------------|-------------------------|
| Αμμωνία | Ερεθιστική |
| Βρώμιο | Ερεθιστική |
| Χλώριο | Ερεθιστική |
| Υδροχλώριο | Ερεθιστική |
| Υδροκυάνιο | Συστηματική |
| Υδροφθόριο | Συστηματική, Ερεθιστική |
| Υδρόθειο | Συστηματική, Ερεθιστική |
| Φωσγένιο | Ερεθιστική |
| Διοξείδιο του Θείου | Ερεθιστική |

Ο χαρακτηρισμός της τοξικής επίδρασης με τον όρο «Ερεθιστική» δεν θα πρέπει να συσχετιστεί με τις ερεθιστικές ουσίες, αλλά υποδηλώνει βλαβερές επιδράσεις από ήπια δυσφορία έως και θάνατο. Οι επιδράσεις που χαρακτηρίζονται ως «συστηματικές» αφορούν την προσβολή κάποιου από τα θεμελιώδη βιολογικά συστήματα του ανθρώπου (νευρικό σύστημα, αναπνευστικό κ.λπ.). Σε γενικές γραμμές, η τοξική δόση που λαμβάνεται είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης της χημικής ουσίας και του χρόνου έκθεσης. Προκειμένου για ερεθιστικά τοξικά αέρια μία σημαντική παράμετρος που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το είδος της προσβολής του αναπνευστικού συστήματος είναι η διαλυτότητα στο νερό. Ο Haggard (1924) δίνει τις σχετικές τιμές που εκφράζουν τη διαλυτότητα κάποιων αερίων στο νερό σε θερμοκρασία 40 °C: αμμωνία 444, υδροχλώριο 385, βρώμιο 9,4, και χλώριο 1,4. Ακολούθως παρατίθενται ορισμένα στοιχεία για την τοξικότητα των κυριότερων βιομηχανικών αερίων.

Χλώριο

Το χλώριο είναι αέριο υψηλής τοξικότητας. Οι οριακές τιμές έκθεσης (Occupational Exposure Limits, OEL's) είναι 0,5 ppm και 1 ppm για μακροχρόνια και βραχυχρόνια παραμονή αντίστοιχα. Από άποψη φυσιολογίας, το χλώριο θεωρείται ερεθιστικό αέριο. Τα αποτελέσματα της έκθεσης σε χλώριο είναι ερεθισμός των βλεννογόνων της ορινικής κοιλότητας, διαταραχές στη λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος και πνευμονικό οίδημα.

Αμμωνία

Όπως και το χλώριο, η αμμωνία χαρακτηρίζεται από υψηλή τοξικότητα και έχει ευρύτατη χρήση σε μεγάλες ποσότητες. Χρησιμοποιείται με τη μορφή υγροποιημένου αερίου και διαχέεται με μεγάλη ευκολία στον αέρα. Οι οριακές τιμές έκθεσης στην αμμωνία είναι 25 και 35 ppm για μακροχρόνια και βραχυχρόνια παραμονή αντίστοιχα. Είναι αέριο ερεθιστικό και τα συμπτώματα που εμφανίζονται έπειτα από μια διακεκριμένη έκθεση είναι ακριβώς τα ίδια με την περίπτωση του χλωρίου. Η αμμωνία έχει πολύ μεγαλύτερη διαλυτότητα στο νερό από το χλώριο, με συνέπεια την προσβολή του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος και την πρόκληση οιδήματος στο λάρυγγα. Δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις όσον αφορά τα συμπτώματα μακροχρόνιας έκθεσης σε μη θανατηφόρες συγκεντρώσεις εκτός από τις περιπτώσεις όπου η σοβαρότητα της έκθεσης οδήγησε σε αναπνευστικές δυσλειτουργίες και απαιτήθηκε ιατρική βοήθεια.

Ακρυλονιτρίλιο

Είναι αέριο ερεθιστικό που συνοδεύεται από τη «φράση κινδύνου» R45, ανήκει δηλαδή στην κατηγορία των καρκινογόνων ουσιών. Η οριακή τιμή έκθεσης για μακρά παραμονή είναι 2 ppm ενώ για μικρής διάρκειας παραμονή δεν έχει οριστεί κάποια τιμή. Τα συμπτώματα από εισπνοή ατμών ακρυλονιτριλίου περιλαμβάνουν εμετούς, σπασμούς και πνευμονικό οίδημα.

Βρώμιο

Το βρώμιο είναι αέριο εξαιρετικά τοξικό. Οι οριακές τιμές έκθεσης είναι της τάξης των 0,1 και 0,3 ppm για μακρά και σύντομη έκθεση αντίστοιχα. Τα συμπτώματα της έκθεσης ξεκινούν από ερεθισμό των βλεννογόνων, προσβολή του αναπνευστικού συστήματος και καταλήγουν σε πνευμονικό οίδημα. Το βρώμιο έχει μικρότερη διαλυτότητα στο νερό από την αμμωνία και μεγαλύτερη από το χλώριο. Προκαλεί βλάβες στο άνω τμήμα του αναπνευστικού και τους πνεύμονες οδηγώντας σε ασφυξία. Σε σύγκριση με το χλώριο, το βρώμιο δημιουργεί συνήθως σοβαρότερες μη θανατηφόρες επιπλοκές.

Υδροχλώριο

Το υδροχλώριο είναι διαβρωτικό αέριο με οριακή τιμή έκθεσης μικρής διάρκειας τα 5 ppm. Δεν έχει οριστεί τιμή για μακροχρόνια παραμονή. Τα συμπτώματα της εισπνοής ατμών υδροχλωρίου είναι όμοια με αυτά της περίπτωσης της έκθεσης σε χλώριο.

Υδροκυάνιο

Το υδροκυάνιο έχει οριακή τιμή έκθεσης μικρής διάρκειας 10 ppm. Από άποψη φυσιολογίας, κατατάσσεται στα ασφυξιογόνα χημικά. Η εισπνοή του προκαλεί δηλητηρίαση κυανίου, μία μορφή ασφυξίας που οφείλεται στην αναστολή της λειτουργίας της εσωτερικής αναπνοής. Η δράση του μπορεί να είναι ταχύτατη και επιφέρει το θάνατο μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα.

Υδροφθόριο

Είναι αέριο τοξικό με ερεθιστικές και συστηματικές επιδράσεις. Η οριακή τιμή έκθεσης μικρής διάρκειας (ως φθόριο) είναι 3 ppm. Τα άμεσα συμπτώματα της έκθεσης είναι ερεθισμός των βλεννογόνων, προσβολή του αναπνευστικού συστήματος και πνευμονικό οίδημα. Υπάρχουν επίσης αποδείξεις για πρόκληση παθολογικών βλαβών στο ήπαρ, τα νεφρά, την καρδιά, τη σπλήνα και τον θύμο αδένα (thymus). Το υδροφθόριο μπορεί να υποστεί ολιγομερισμό (oligomerization), η έκταση του οποίου είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας και της πίεσης. Σε συνθήκες δωματίου, το φαινόμενο μοριακό βάρος του κυμαίνεται μεταξύ 68 και 78.

Υδρόθειο

Οι οριακές τιμές έκθεσης σε υδρόθειο για μακροχρόνια και βραχυχρόνια παραμονή είναι 10 και 15 ppm αντίστοιχα. Το υδρόθειο είναι ερεθιστικό και χημικό ασφυξιογόνο. Τα συμπτώματα της έκθεσης είναι όμοια με την περίπτωση του χλωρίου. Επιπλέον από την εισπνοή του προκαλείται ασφυξία οφειλόμενη σε αναστολή της οξυγόνωσης του εγκεφάλου. Χαμηλές συγκεντρώσεις του αερίου μπορούν να ανιχνευτούν, όμως η αίσθηση της οσμής χάνεται έπειτα από 2 με 15 λεπτά έκθεσης. Επιπλέον η χαρακτηριστική οσμή του υδρόθειου είναι δυνατό να καλυφθεί από την παρουσία άλλων χημικών ουσιών όπως το προπάνιο και το βουτάνιο καθιστώντας αδύνατη την ανίχνευση συγκεντρώσεων ακόμα και της τάξης των 5 με 10 ppm.

Φωσγένιο

Οι οριακές τιμές έκθεσης σε φωσγένιο είναι 0,02 και 0,06 ppm για μακροχρόνια και μικρής διάρκειας παραμονή αντίστοιχα. Το φωσγένιο είναι εφεθιστικό και η εισπνοή του προκαλεί πνευμονικό οίδημα. Έχει μικρότερη διαλυτότητα στο νερό από το χλώριο με συνέπεια να προσβάλλει λιγότερο την αναπνευστική οδό και περισσότερο τους πνεύμονες. Είναι πιθανό τα συμπτώματα να μην εμφανιστούν κατά τη διάρκεια της έκθεσης αλλά να παρουσιαστούν μερικές ώρες αργότερα με τελική κατάληξη το θάνατο. Το φωσγένιο έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν ως αέριο χημικού πολέμου.

Αναφορικά με το είδος των ατυχημάτων που συνήθως προκαλούν διαρροές χημικών ουσιών, διαχρίνονται κυρίως δύο κατηγορίες:

α) διάρρηξη ή διάτρηση του δοχείου που περιέχει την τοξική ουσία είτε πρόκειται για βυτίο, είτε για σιδηροδρομικό βαγόνι – δεξαμενή εξαιτίας τροχαίου ατυχήματος, εκτροχιασμού αμαξοστοιχίας κ.α. και

β) αστοχία ή εσφαλμένοι χειρισμοί του εξοπλισμού των μεταφορικού μέσου.

Το υλικό της διαρροής μπορεί να είναι αέριο, υγρό ή μίγμα αερίου-υγρού όπου συνυπάρχουν και οι δύο φάσεις ταυτόχρονα. Στην περίπτωση δοχείου που περιέχει υγρό υπό πίεση, το υλικό της διαρροής θα είναι επίσης υγρό όταν το σημείο εξόδου βρίσκεται κάτω από το επίπεδο του υγρού στο δοχείο και αέριο ή μίγμα αερίου-υγρού όταν βρίσκεται πάνω από το επίπεδο του υγρού. Για δεδομένη διαφορά πίεσης, η μάζα που διαρρέει είναι συνήθως κατά πολύ μεγαλύτερη στην περίπτωση της υγρής φάσης. Το σχήμα του ανοίγματος της διαρροής, όταν δεν έχει λάβει χώρα ολοκληρωτική καταστροφή της δεξαμενής ή απώλεια ενός μεγάλου τμήματος του τοιχώματός της, μπορεί να έχει τη μορφή ενός αιχμηρού ακροφυσίου, της διατομής ενός σωλήνα, ενός ακροφυσίου με στρογγυλεμένες άκρες ή μίας ρωγμής στο τοίχωμα του δοχείου. Άλλες γεωμετρίες ανοιγμάτων περιλαμβάνουν βαλβίδες αποστράγγισης, βαλβίδες ανακούφισης, φλάντζες κ.λπ. Ο βαθμός της διασποράς του υλικού της διαρροής επηρεάζεται από την αρχική ταχύτητα του εξερχόμενου ρευστού. Αν πρόκειται για αέριο ή ατμό, με χαμηλή ταχύτητα εξόδου δημιουργείται ένα νέφος με σχήμα φτερού (plume), ενώ σε υψηλότερες ταχύτητες το αποτέλεσμα είναι μία τυρβώδης δέσμη αερίου. Αν το υλικό της διαρροής είναι υγρό, αυτό φέρει είτε με χαμηλή ταχύτητα είτε σχηματίζει υγρό πίδακα στο σημείο εκροής. Οι διαρροές των υγρών καταλήγουν στη δημιουργία λίμνης στο έδαφος.

Η εκπομπή μεγάλης ποσότητας μιας τοξικής ουσίας σε αέρια κατάσταση μπορεί να σχηματίσει τοξικό νέφος, το οποίο ανάλογα με τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες και ιδιαίτερα την ένταση και την κατεύθυνση του ανέμου που πνέει, μεταφέρεται με μικρές ή μεγαλύτερες ταχύτητες επηρεάζοντας την ευρύτερη περιοχή του συμβάντος. Τα μεγέθη που επηρεάζουν τον τρόπο και την έκταση της διασποράς του τοξικού νέφους είναι:

- (1) η άνωση του ρευστού (μπορεί να είναι θετική, αρνητική ή ουδέτερη)
- (2) η αρχική ταχύτητα (օρμή) του ρευστού
- (3) η γεωμετρία της πηγής της διαρροής (γραμμική, σημειακή, εκτεταμένη)
- (4) η διάρκεια εκπομπής της πηγής (στιγμιαία, συνεχής, διακοπτόμενη)
- (5) το ύψος που λαμβάνει χώρα ή εκπομπή.

Επιπρόσθετα, η διασπορά του νέφους καθορίζεται και από πλήθος μετεωρολογικών και τοπογραφικών παραγόντων όπως:

- (1) η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου
- (2) οι ανωμαλίες του εδάφους
- (3) τα παρακείμενα κτήρια και εμπόδια

(4) η μορφολογία της περιοχής (αστική, παράκτια, θαλάσσια κ.λπ.)

Το ρευστό, όπως αναφέρθηκε, μπορεί να έχει ουδέτερη, θετική ή αρνητική άνωση. Η ουδέτερη άνωση είναι μία παραδοχή που εφαρμόζεται όταν το μήγμα του αερίου στο νέφος έχει πυκνότητα περίπου ίση με αυτή του αέρα. Τα αέρια με θετική άνωση έχουν χαμηλό μοριακό βάρος ή υψηλές θερμοκρασίες. Η πυκνότητα του αερίου εκτός από το μοριακό βάρος επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του, καθώς και την ύπαρξη μικροσκοπικών σταγονιδίων στο εσωτερικό του μήγματος. Πολλά από τα επικίνδυνα αέρια χαρακτηρίζονται από αρνητική άνωση και ονομάζονται βαριά αέρια.

Η συνεχής εκπομπή μίας ουσίας με χαμηλή κινητική ενέργεια δημιουργεί ένα «χαλαρό» νέφος (plume), με σχήμα φτερούγας. Αν η κινητική ενέργεια αυξηθεί, σχηματίζεται δέσμη (jet) με καθορισμένο και ευδιάκριτο σχήμα. Στις περιπτώσεις διαρροών υψηλής κινητικής ενέργειας, η ποσότητα του αέρα που ενσωματώνεται στο διαμορφούμενο μήγμα αυξάνεται. Η ποσότητα αυτή του αέρα επηρεάζει άμεσα την πυκνότητα του μήγματος και κατά συνέπεια τη μετέπειτα διασπορά του.

Οι σημαντικότερες γεωμετρίες της πηγής της διαρροής είναι ή σημειακή, η γραμμική και η εκτεταμένη. Μια εκπομπή από σωλήνα θεωρείται σημειακή, ενώ η εξάτμιση μίας λίμνης υγρού εκτεταμένη. Από την άλλη πλευρά, μία σύντομη και μία παρατεταμένη διαρροή μπορούν να προσεγγιστούν από μία στιγμιαία και μία συνεχή διαρροή αντίστοιχα.

Οι κυριότερες μετεωρολογικές συνθήκες που καθορίζουν τη διασπορά ενός τοξικού νέφους είναι η κατεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου, καθώς και η σταθερότητα των ατμοσφαιρικών συνθηκών. Η τελευταία καθορίζει και το βαθμό ανάμιξης του μήγματος. Η διασπορά του νέφους είναι πάντοτε ευρύτερη όταν επικρατούν ασταθείς ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Άλλος ένας παράγοντας που επηρεάζει τη διάχυση του νέφους είναι η μορφολογία του εδάφους. Στην πράξη υπάρχει μεγάλη ποικιλία όσον αφορά τις εδαφικές γεωμετρίες. Ο πάγος, για παράδειγμα, έχει πολύ χαμηλή τραχύτητα, ενώ τα δάση και οι αστικές περιοχές πολύ υψηλή. Μεγάλες διακυμάνσεις στην ομοιομορφία του εδάφους υπάρχουν και στις αριστοτικές περιοχές. Έτσι το κοντό γρασίδι έχει χαμηλή τραχύτητα, σε σχέση με ένα χωράφι γεμάτο σιτάρι. Η επιφάνεια της θάλασσας από την άλλη πλευρά μεταβάλλεται ανάλογα με την κίνηση των κυμάτων. Οι συνθήκες σε παράκτιες περιοχές τείνουν να εμφανίζουν ακραίες μεταβολές όσον αφορά τον άνεμο, τη θερμοκρασία και την υγρασία. Στην πραγματικότητα, ο κανόνας είναι οι συνεχείς αναταράξεις και οι στροβιλισμοί. Η πρόβλεψη της διασποράς του νέφους κάτω από αυτές τις συνθήκες είναι πολύπλοκη διαδικασία. Σε γενικές γραμμές οι αναταραχές και συνεπώς η διασπορά, εμφανίζονται λιγότερο πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και περισσότερο πάνω από την ξηρά. Ειδικότερα, αυτό συμβαίνει όταν θερμά ρεύματα αέρα διέρχονται πάνω από θερμότερο νερό. Αντίθετα, όταν ψυχρά ή ξηρά ρεύματα αέρα διέρχονται πάνω από θερμότερο νερό δημιουργούνται αναταράξεις. Σε πολλές περιπτώσεις σε παράκτιες περιοχές πνέει η αποκαλούμενη θαλασσινή αύρα, άνεμος που διαφέρει από τον απλό άνεμο που πνέει από ή προς την ακτή. Η αύρα, είναι ζεύμα αέρα που εισχωρεί στην ακτή σε βάθος από 100 ως 1000 μέτρα, τυπικά 500, με μέγιστη ταχύτητα ανέμου γύρω στα 7 m/sec. Η συγκυρία της ύπαρξης ενός τοξικού νέφους κοντά στην ακτή κατά τη διάρκεια θαλάσσιας αύρας αποτελεί μία από τις λιγότερο ευνοϊκές, όσον αφορά τη διασπορά του, λόγω της τάσης της αύρας να παρασύρει το νέφος πίσω στην ξηρά. Στην πράξη, η διασπορά του νέφους μπορεί να είναι αξιοσημείωτη εξαιτίας του συνδυασμού των ανέμων που πνέουν στην ακτή.

Όλες οι περιγραφές που διατυπώθηκαν παραπάνω αναφορικά με τη διάχυση ενός τοξικού νέφους, περιορίζονται στην περίπτωση αερίων με ουδέτερη άνωση ή παθητική διασπορά. Ένα μεγάλο όμως

ποσοστό των βιομηχανικών αερίων που έχουν ευρεία χρήση σήμερα εμφανίζουν αρνητική άνωση, είναι δηλαδή βαρύτερα από τον αέρα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τοξικών αερίων που μπορούν να δημιουργήσουν νέφος πυκνότερο από τον αέρα, είναι το χλωρίο, η αμμωνία, το υδροφθόριο καθώς και πολλοί υδρογονάνθρακες. Οι παραγόντες από τους οποίους εξαρτάται ο σχηματισμός ενός τέτοιου νέφους είναι:

- (1) το μοριακό βάρος του αερίου
- (2) η θερμοκρασία του
- (3) η παρουσία σταγονιδίων στη μάζα του (εκνέφωμα)
- (4) η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα.

Ένα νέφος αερίου είναι πυκνότερο από τον αέρα όταν αντίστοιχα το μοριακό βάρος του αερίου που διέρρευσε είναι μεγαλύτερο από αυτό του αέρα. Το αντίθετο ωστόσο, δεν ισχύει πάντα. Αν υποτεθεί ότι το σημείο βρασμού ενός αερίου με μοριακό βάρος μικρότερο από τον αέρα είναι αρκετά χαμηλό ώστε το σχηματιζόμενο νέφος να είναι αρκετά ψυχρό, το τελευταίο γίνεται πυκνότερο και παρουσιάζει συμπεριφορά πυκνού αερίου (dense gas).

Η παρουσία υγρών σταγονιδίων αποτελεί επίσης έναν παραγόντα που μπορεί να επηρεάσει την πυκνότητα του νέφους. Η διαδικασία της εξάτμισης των σταγονιδίων αυτών απορροφά θερμότητα από το αέριο με συνέπεια την πτώση της θερμοκρασίας του και την αύξηση της πυκνότητάς του.

Η πυκνότητα του νέφους εξαρτάται επιπλέον από την υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα. Το φαινόμενο της συμπύκνωσης των σταγονιδίων του νερού, προσθέτει θερμότητα στη μάζα του αερίου. Γενικά, το νέφος τείνει να εμφανίζει μεγαλύτερη πυκνότητα όταν αναμιγνύεται με ξηρό αέρα και μικρότερη όταν ο αέρας είναι υγρός.

Οι επίδραση του μοριακού βάρους και της θερμοκρασίας στην πυκνότητα ενός τοξικού νέφους είναι χαρακτηριστική στις περιπτώσεις διαρροής χλωρίου, μεθανίου και αμμωνίας μέσα σε ξηρό αέρα: Το μοριακό βάρος του χλωρίου (71) είναι πολύ μεγαλύτερο από τον αέρα (28,9). Συνεπώς το χλώριο σχηματίζει νέφος βαρύτερο από τον αέρα σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Εάν το νέφος αυτό ψυχθεί μέχρι μία θερμοκρασία κοντά στο σημείο βρασμού του χλωρίου (-34 °C), τότε γίνεται ακόμη πυκνότερο. Το μεθάνιο από την άλλη πλευρά, έχει μοριακό βάρος 16 και είναι ελαφρύτερο από τον αέρα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ωστόσο, ένα νέφος που σχηματίστηκε από μεθάνιο σε θερμοκρασία κοντά στο σημείο βρασμού του (-161 °C), είναι βαρύτερο από τον αέρα. Η αμμωνία με μοριακό βάρος 17, δημιουργεί νέφη ελαφρύτερα από τον αέρα ακόμα και σε θερμοκρασίες της τάξης των -33 °C (σημείο βρασμού). Παρ' όλα αυτά ένα νέφος αμμωνίας τείνει να εμφανίζεται πυκνότερο από τον αέρα σε συνδυασμό με την παρουσία σταγονιδίων (liquid spray). Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι οι διαρροές αερίων όπως το προπάνιο, το φυσικό αέριο (LNG), το χλωρίο, η αμμωνία και το υδροφθόριο σχηματίζουν νέφη βαρύτερα από τον αέρα.

Καθώς το τοξικό νέφος πυκνού αερίου διαλύεται και αραιώνει, η συγκέντρωση και η σχετική του πυκνότητα ελαττώνονται, ενώ η διασπορά του αποκτά τα χαρακτηριστικά της παθητικής διάχυσης αερίου με ουδέτερη άνωση. Υπάρχει πλήθος μηχανισμών μέσω των οποίων ένα τοξικό νέφος είναι δυνατό να υποστεί μεταβολές και αλλοιώσεις κατά τη διάρκεια της παραμονής του στην ατμόσφαιρα.

Οι μηχανισμοί αυτοί περιλαμβάνουν:

- (1) χημικές μεταβολές (Chemical transformations)
- (2) φυσικές μεταβολές (Physical transformations)
- (3) ξηρή απόθεση (Dry deposition)
- (4) υγρή απόθεση (Wet deposition).

Χημικές μεταβολές του νέφους μπορεί να προκύψουν εξαιτίας ατμοσφαιρικών αλληλεπιδράσεων με την υγρή ή την αέρια φάση του. Οι χημικές αυτές αντιδράσεις είναι συνήθως συμβατικές ή φωτοχημικές.

Οι φυσικές μεταβολές συνδέονται κυρίως με τα υγρά σωματίδια (aerosols) και αφορούν τη συμπύκνωση, τη διαδικασία δηλαδή της μετατροπής του ατμού σε υγρό σωματίδιο που συνεχίζεται με περαιτέρω συμπύκνωση επιπλέον ατμού στο ίδιο σωματίδιο. Φυσική μεταβολή είναι επίσης η «θρόμβωση» (coagulation), ο μηχανισμός της συνένωσης δύο ή περισσότερων σωματιδίων για το σχηματισμό ενός μεγαλύτερου, καθώς και το φαινόμενο της απορρόφησης υδατοδιαλυτών αερίων από σωματίδια νερού.

Η διαδικασία της ξηρής απόθεσης αναφέρεται στην κατακάθιση των σωματιδίων ενός νέφους με τη μορφή ξήραματος. Η απόθεση των μεγαλύτερων σωματιδίων καθορίζεται από τη βαρύτητα, ενώ αυτή των μικρότερων από την τυρπώδη κίνησή τους λόγω του ανέμου. Στον πίνακα 3.1.2.2 δίνονται οι συνήθεις ταχύτητες καθίζησης κάποιων τοξικών αερίων:

Πίνακας 3.1.2.2: Ταχύτητες απόθεσης ορισμένων τοξικών αερίων

| Αέριο | Ταχύτητα απόθεσης (cm/sec) |
|---------------------|----------------------------|
| Χλώριο | 1,8 - 2,1 |
| Διοξείδιο του θείου | 0,04 – 7,5 |
| Υδροφθόριο | 1,6 – 3,7 |
| Υδρόθειο | 0,015 – 0,38 |

Πειραματικά αποδεικνύεται ότι η ταχύτητα απόθεσης επηρεάζεται και από τη μορφή της επιφάνειας στην οποία καθίζανον τα σωματίδια.

Η υγρή απόθεση λαμβάνει χώρα όταν τα σωματίδια του νέφους καθίζανον μέσω της βροχής.

Είναι εξυπηρετικό σε πολλές περιστάσεις να υπάρχουν απλές μαθηματικές σχέσεις που να εκφράζουν την έκταση της διασποράς ενός τοξικού νέφους κατά την κατεύθυνση του ανέμου. Οι μεταβλητές που υπεισέρχονται στους απλούστερους υπολογισμούς είναι ανάλογα με την περίπτωση η συγκέντρωση του νέφους, η απόσταση προς την κατεύθυνση του ανέμου, ο ρυθμός της εκπεμπόμενης μάζας της διαρροής, καθώς και η ταχύτητα του ανέμου.

Στην περίπτωση παθητικής διασποράς στιγμιαίας ή μικρής διάρκειας διαρροής από το μοντέλο των Pasquill-Gifford προκύπτει:

$$x \propto Q^{0.39} \quad (1)$$

Όπως φαίνεται από την (1), η επικίνδυνη απόσταση (hazard range) x , είναι συνάρτηση της μάζας Q που απελευθερώθηκε, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η ταχύτητα του ανέμου.

Για παθητική συνεχόμενη διαρροή η σχέση (1) διαφοροποιείται ως εξής:

$$x \propto \left(\frac{Q}{u}\right)^{0.57} \quad (2)$$

Η σχέση (2) δίνει την απόσταση x συναρτήσει της μάζας Q και της ταχύτητας του ανέμου u .

Αναφορικά με τα αποκαλούμενα «πυκνά» ή «βαριά» τοξικά αέρια οι Britter και McQuaid (Workbook, 1988) δίνουν τις ακόλουθες εκφράσεις:

Προκειμένου για στιγμιαία ή μικρής διάρκειας διαρροή η επικίνδυνη απόσταση είναι:

$$x \propto Q_o^{0,25} * u_{ref}^{0,5} \quad (3)$$

Όπου Q_o ο όγκος της διαρροέουσας ποσότητας, u_{ref} η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος αναφοράς και x η απόσταση κατά την κατεύθυνση του ανέμου.

Τέλος για μία συνεχή διαρροή ισχύει:

$$x \propto q_o^{0,4} \quad (4)$$

Όπου q_o ο ογκομετρικός ρυθμός διαρροής του αερίου. Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει εξάρτηση από την ταχύτητα του ανέμου.

3.1.3 Φωτιές

Ένας από τους σημαντικότερους κινδύνους σε περίπτωση ατυχήματος είναι η εκδήλωση πυρκαγιάς. Πιθανές αιτίες μεγαλύτερων ή και μικρότερων πυρκαγιών είναι τα τροχαία ατυχήματα, η αστοχία κάποιου ηλεκτρικού ρεύματος, το κάπνισμα, ο στατικός ηλεκτρισμός, η τριβή, η μηχανική καταπόνηση, η πτώση κεραυνού, ισχυρές εκπομπές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ή και το ίδιο το μεταφερόμενο φορτίο λόγω χημικής αστάθειας και υψηλής αντιδραστικότητας. Η φωτιά είναι δυνατό να προκαλέσει αρκετά σοβαρές συνέπειες, ωστόσο μεγαλύτερες απώλειες σε ανθρώπινες ζωές έχουμε συνήθως έπειτα από έκρηξη. Η φωτιά είναι η διαδικασία καύσης, μία χημική αντίδραση κατά την οποία ένα υλικό ενώνεται με το οξυγόνο παραγόντας θερμότητα. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων η πυρκαγιά εκδηλώνεται όταν μία πηγή θερμότητας έρχεται σε επαφή με ένα καύσιμο υλικό. Όταν αυτό το υγρό ή στερεό υλικό θερμανθεί, δημιουργούνται ατμοί που σχηματίζουν ένα εύφλεκτο μίγμα με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Εάν αυτό το εύφλεκτο μίγμα θερμανθεί έως το σημείο ανάφλεξης (ignition point), αρχίζει η καύση. Με τον ίδιο τρόπο, κάθε καύσιμο αέριο ή μίγμα αερίων αναφλέγεται αν η θερμοκρασία του αυξηθεί πάνω από κάποιο όριο. Υπάρχουν τρεις παραγόντες απαραίτητοι για τη δημιουργία φωτιάς:

- (1) το καύσιμο υλικό
- (2) το οξυγόνο και
- (3) η θερμότητα.

Αυτοί οι τρεις παραγόντες είναι γνωστοί ως τρίγωνο της φωτιάς. Αν ένας από τους παραπάνω παραγόντες απουσιάζει, είναι αδύνατη η εκδήλωση φωτιάς. Επίσης αν κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς απομακρύνουμε κάποιον από τους τρεις αυτούς παραγόντες, έχουμε καταστολή της καύσης. Συνήθως η απαραίτητη για την ανάφλεξη θερμότητα προέρχεται από εξωτερική πηγή και συντηρείται από την ίδια την καύση. Η ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται για ανάφλεξη εξαρτάται από τη φυσική κατάσταση του υλικού. Για ένα αέριο αρκεί ένας σπινθήρας ή μία μικρή φλόγα, ενώ για ένα στερεό ενδεχόμενα χρειάζεται μία πιο ισχυρή πηγή θερμότητας. Κατά τεκμήριο, για την συντήρηση της φω-

τιάς, είναι σημαντικότερη η διάρκεια επαφής με την πηγή ανάφλεξης από τη θερμοκρασία της πηγής. Σαν παράδειγμα αναφέρεται ότι οι βόμβες Ναπάλμ (Napalm bombs) που δημιουργούν θερμοκρασίες της τάξης των 1100°C για 10-15 λεπτά αποδείχτηκαν πολύ αποτελεσματικότερες στην πρόσληση πυρκαγιάς από τις βόμβες θερμίτη (Thermite bombs), για τις οποίες οι αντίστοιχες συνθήκες είναι 1650°C για 15-20 δευτερόλεπτα. Η ανάφλεξη ενός ζευστού καύσιμου μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

α) Η παρεχόμενη για την ανάφλεξη ενέργεια παρέχεται από σπινθήρα ή μικρή φλόγα τοπικά στο εσωτερικό του αερίου. Χαρακτηριστικοί τρόποι τοπικής ανάφλεξης είναι:

- ανάφλεξη με σπινθήρα (λόγω στατικού ηλεκτρισμού κ.λπ.)
- ανάφλεξη από υπέρθερμη επιφάνεια
- ανάφλεξη λόγω τοιβής ή μηχανικής καταπόνησης (χτύπημα)
- ανάφλεξη από εκτοξευόμενο καντό αέριο
- ανάφλεξη από πυρακτωμένα σωματίδια
- ανάφλεξη από φλόγα ή φωτιά πυρσού (jet flame)
- ανάφλεξη λόγω συμπίεσης.

β) Η μάζα του αερίου θερμαίνεται μέχρι τη θερμοκρασία όπου λαμβάνει χώρα ανάφλεξη. Το φαινόμενο είναι γνωστό ως αυτανάφλεξη.

Η καταστολή της πυρκαγιάς επιτυγχάνεται είτε με τη διακοπή παροχής του καύσιμου υλικού, είτε με την ψύξη της εστίας της καύσης π.χ. με νερό, είτε τέλος με την αποκοπή του οξυγόνου, π.χ. με μηχανικό αφρό ή αδρανές αέριο. Στην πράξη δεν είναι απαραίτητο να απομακρυνθεί όλο το οξυγόνο προκειμένου να κατασταλεί η φωτιά: οι φωτιές υγρών καυσίμων σβήνουν όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου πέσει σε ποσοστό μεταξύ 12 και 16%, ενώ για στερεά καύσιμα απαιτείται μεγαλύτερη μείωση της συγκέντρωσης σε ποσοστά κάτω από 5%.

Η διάδοση της φωτιάς επιτυγχάνεται με απ' ευθείας δράση της φλόγας στο καιγόμενο υλικό, με μεταφορά θερμότητας και με μετακίνηση του καιγόμενου υλικού. Υπάρχουν τρία μοντέλα θερμικής μεταφοράς:

- α) Αγωγή (Conduction)*
- β) Μεταγωγή (Convection) και*
- γ) Υπέρυθρη Ακτινοβολία (Radiation).*

Και τα τρία μοντέλα θεωρούνται εξίσου σημαντικά στη μεταφορά θερμικής ενέργειας από τη φωτιά. Ωστόσο μεγαλύτερο ρόλο φαίνεται πως κατέχουν η μεταγωγή και η ακτινοβολία. Υπολογίζεται ότι το 75% της θερμότητας διαδίδεται με μεταγωγή. Τα θερμά προϊόντα της καύσης έχουν τυπικά θερμοκρασίες της τάξης των $800-1200^{\circ}\text{C}$ και πυκνότητα περίπου το 25% αυτής του αέρα. Η ακτινοβολία, συνήθως αντιστοιχεί σε μικρότερα ποσοστά της εκπειρόμενης από τη φωτιά θερμότητας, μεταφέρεται απ' ευθείας και ισοτροπικά στα γύρω αντικείμενα, και αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα μετάδοσης θερμότητας σε ανοικτό χώρο.

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ο όρος "Flashover" για να περιγράψει το φαινόμενο της ακαριαίας διάδοσης της πυρκαγιάς εξαιτίας των εύφλεκτων ατμών που απελευθερώνονται κατά τη διασπορά των καιγόμενων υλικών (υγρά, κομμάτια στερεών κ.λπ.) σε υψηλές θερμοκρασίες.

Ταξινόμηση πυρκαγιών

Υπάρχουν διεθνώς διαφόρων ειδών ταξινομήσεις για τις πυρκαγιές. Ακολούθως παρουσιάζεται η επικρατέστερη κατά BS EN2:1992

Class A: Πυρκαγιές όπου το καιγόμενο υλικό είναι στερεό, συνήθως οργανικής φύσης.

Class B: Πυρκαγιές όπου το καιγόμενο υλικό είναι κάποιο υγρό ή υγροποιημένο στερεό.

Class C: Πυρκαγιές αερίων.

Class D: Πυρκαγιές καιγόμενων μετάλλων (π.χ. νάτριο, κάλιο, μαγνήσιο κ.λπ.).

Οι πυρκαγιές υπόκεινται και σε μία ακόμη ταξινόμηση, ανάλογα με το είδος και τα χαρακτηριστικά τους:

(1) φωτιές νέφους αερίων (vapour cloud fires), που επιμέρους χωρίζονται σε:

- (α) φωτιές χωρίς έκρηξη
- (β) φωτιές που είναι αποτέλεσμα έκρηξης και
- (γ) φωτιές που καταλήγουν σε έκρηξη.

(2) πύρινες σφαίρες (fireballs)

(3) φωτιές πυρσού (jet flames)

(4) φωτιές υγρών που κατηγοριοποιούνται σε:

- (α) φωτιές λίμνης (pool fires) και
- (β) φωτιές τρεχούμενων υγρών (running liquid fires)

(5) φωτιές στερεών (solid fires) που διακρίνονται σε:

- (α) φωτιές συμπαγών υλών (solid material fires) και
- (β) φωτιές υλών σε μορφή σκόνης (dust fires).

Όρια ευφλεκτότητας

Κάθε εύφλεκτο αέριο καίγεται μόνο σε ένα περιορισμένο εύρος συγκέντρωσης στον αέρα. Κάτω από μία συγκεκριμένη τιμή συγκέντρωσης του εύφλεκτου αερίου, το μίγμα αποκαλείται «φτωχό», ενώ υπάρχει δριο συγκέντρωσης πάνω από το οποίο το μίγμα είναι «πλούσιο». Οι συγκεντρώσεις μεταξύ των ορίων αυτών αποτελούν την εύφλεκτη περιοχή. Τα όρια αυτά είναι γνωστά ως κατώτερο και ανώτερο δριο ευφλεκτότητας αντίστοιχα, (Lower and upper flammability limits) και είναι συνάρτηση ποικιλών παραγόντων όπως η πίεση, η θερμοκρασία, η κατεύθυνση της φλόγας, το βαρυτικό πεδίο και η γεωμετρία του περιβάλλοντος χώρου. Άλλα χαρακτηριστικά όρια είναι το σημείο αυτανάφλεξης (auto-ignition temperature) που ορίζεται ως η θερμοκρασία στην οποία συμβαίνει αυτόματη ανάφλεξη της μάζας του μίγματος με τον αέρα και το σημείο ανάφλεξης (flashpoint) που ορίζεται ως η θερμοκρασία στην οποία η πίεση των ατμών του ζευστού είναι τέτοια που δίνει μίγματα με τον αέρα, ίσης συγκέντρωσης με το κατώτερο δριο ευφλεκτότητας (LFL).

Συχνά πραγματοποιούνται συγκρίσεις της ευφλεκτότητας διαφόρων ουσιών ή της ίδιας ουσίας σε διαφορετικά μίγματα με τον αέρα. Δεν υπάρχει ωστόσο μία μόνο παράμετρος που να καθορίζει την ευφλεκτότητα, η οποία σχετίζεται με το σημείο ανάφλεξης, τα όρια ευφλεκτότητας, τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης, την ενέργεια ανάφλεξης και την ταχύτητα της καύσης. Συνήθως, το σημείο ανάφλεξης θεωρείται το κυριότερο κριτήριο ευφλεκτότητας, έτσι εύφλεκτη λογίζεται η ουσία που έχει χαμηλό σημείο ανάφλεξης και αντίστροφα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι υπόλοιπες παράμετροι δεν είναι σημαντικές.

Είδη πυρκαγιών

Οι πυρκαγιές σε ανοικτό χώρο ταξινομούνται ως εξής:

- (1) φωτιά καύσης νέφους αερίων (flash fires)
- (2) φωτιές λίμνης υγρού (pool fires)
- (3) πύρινες σφαίρες (fireballs)
- (4) φωτιά πυρσού (jet flames)
- (5) έκθεση δεξαμενής σε φωτιά (fire engulfed vessels).

Σε γενικές γραμμές ένα πλήρες μοντέλο περιγραφής μιας φωτιάς ενσωματώνει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- (1) διαστάσεις και σχήμα της φλόγας
- (2) ρυθμός εκπεμπόμενης θερμότητας
- (3) ποσοστό της θερμότητας που διαδίδεται με ακτινοβολία
- (4) θερμοκρασία της φλόγας
- (5) εκπεμπόμενη θερμότητα στην επιφάνεια
- (6) εκπομπή θερμότητας από τις φλόγες
- (7) συντελεστής θέασης (View factor).

Ωστόσο δεν είναι απαραίτητη η μελέτη όλων αυτών των πληροφοριών για την περιγραφή μιας φωτιάς. Αρκούν για μια αρκετά ακριβή περιγραφή ο ρυθμός εκπεμπόμενης θερμότητας και το ποσοστό της εκπεμπόμενης θερμότητας με ακτινοβολία. Παρακάτω ακολουθεί ανάλυση των διαφόρων ειδών πυρκαγιάς.

Φωτιές καύσης νέφους αερίων (vapour cloud fires ή flash fires)

Αυτού του είδους η φωτιά παρουσιάζεται όταν έχουμε ανάφλεξη νέφους αερίου που σχηματίστηκε σταδιακά εξαιτίας κάποιας διαρροής, χωρίς δημιουργία σημαντικής υπερπίεσης. Στην περίπτωση που εμφανιστεί υπερπίεση, το φαινόμενο χαρακτηρίζεται ως έκρηξη νέφους αερίου (vapour cloud explosion). Οι διαρροές εύφλεκτων υγρών ή αερίων δεν θεωρείται ιδιαίτερα συχνό περιστατικό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα πρόκλησης πυρκαγιάς αποτελεί η διαρροή υγροποιημένου αερίου χαμηλής θερμοκρασίας πάνω σε νερό. Αν η ανάφλεξη είναι πρόωρη, το νέφος θα είναι μικρό σε μέγεθος, ενώ σε αντίθετη περίπτωση, αν δηλαδή μεσολαβήσει αρκετός χρόνος πριν την ανάφλεξη και το νέφος προλάβει να εξαπλωθεί, τότε υπάρχει σοβαρός κίνδυνος μεγάλης πυρκαγιάς. Αυτή η περίπτωση απαντάται σπάνια. Πειραματικά δεδομένα που πηγάζουν από δοκιμές με προπάνιο και LNG (Liquefied Natural Gas), φανερώνουν ότι: οι ταχύτητες της φλόγας ήταν πολύ χαμηλότερες από 150 m/sec, όριο που χαρακτηρίζει την εμφάνιση υπερπίεσης και κυμαίνονταν μεταξύ 4-10 m/sec για το LNG ενώ για το προπάνιο οι αντίστοιχες τιμές ήταν 12-20 m/sec. Αναφορικά με τη θερμική ακτινοβολία, η ισχύς επιφανειακής θερμικής εκπομπής μετρήθηκε 173 kw/m², τόσο για το LNG όσο και για το προπάνιο, ενώ για μεγαλύτερες φωτιές αντιπροσωπευτική τιμή θεωρούνται τα 200 kw/m². Συνήθως οι φωτιές αυτές καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις της τάξης μερικών χιλιάδων m², καταναλώνουν το οξυγόνο της ατμόσφαιρας, μειώνοντας κατακόρυφα την περιεκτικότητα του αέρα σε αυτό, ενώ σημαντική είναι και η εκπομπή αιθαλής (κάπνας).

Πύρινες σφαίρες (fireballs)

Το είδος αυτό της φωτιάς συνδέεται συνήθως με τα υγροποιημένα αέρια. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να γίνει ο εξής διαχωρισμός: πύρινη σφαίρα προερχόμενη από έκρηξη δεξαμενής υπό πίεση και πύρινη σφαίρα από το σχηματισμό νέφους αερίου. Στην πρώτη περίπτωση η έκρηξη είναι δυνατό να γίνει είτε παρουσία φωτιάς στα πλαίσια ενός φαινομένου BLEVE, είτε απουσία φωτιάς. Η μεγάλη ορμή υποδηλώνει έκρηξη δεξαμενής, ενώ όταν επικρατούν οι δυνάμεις άνωσης η φωτιά οφείλεται σε ανάφλεξη νέφους αερίου. Δημιουργία πύρινης σφαίρας έχουμε και στην περίπτωση θραύσης αγωγού υγραερίου και ανάφλεξη της διαρροής. Με τον τρόπο αυτό καίγεται το αέριο που δεν ανεφλέγη και ακολουθεί φωτιά πυρσού (jet flame) που θα περιγραφεί παρακάτω. Επίσης πύρινες σφαίρες εμφανίζονται και κατά την έκρηξη ζεστού λαδιού που απελευθερώνει καιγόμενο αέριο, φαινόμενο αντίστοιχο με την πτώση νερού μέσα σε τηγάνι με καυτό λίπος. Συμβάντα σχετιζόμενα με εκδήλωση πυρκαγιάς αυτού του είδους δεν θεωρούνται ασυνήθιστα. Εκδηλώνονται πάντα όταν έχουμε έκρηξη δεξαμενής η οποία βρίσκεται εγκλωβισμένη σε φωτιά. Παρόμοιες συνθήκες συναντούμε στα βυτιοφόρα κατά την οδική ή σιδηροδρομική μεταφορά. Η πύρινη σφαίρα διέρχεται κατά κανόνα από τρεις φάσεις:

- α) ανάπτυξη
- β) σταθερή καύση και
- γ) εξάντληση.

Η φάση της ανάπτυξης μπορεί να χωριστεί σε δύο στάδια διάρκειας περίπου 1 sec το καθένα. Στο πρώτο, η φλόγα είναι λαμπερή με κίτρινο-άσπρο χρώμα υποδηλώνοντας θερμοκρασίες της τάξης των 1300°C . Η πύρινη σφαίρα μεγαλώνει όσο το μισό της τελικής της διαμέτρου, ενώ τα σταγονίδια καυσίμου με διάμετρο μικρότερο από 4-5 mm εξαερώνονται παρέχοντας πλούσιο μίγμα. Στο δεύτερο στάδιο η σφαίρα παίρνει τις τελικές της διαστάσεις αλλά το 10% περίπου της επιφάνειάς της είναι σκοτεινό από τον καπνό. Το υπόλοιπο κομμάτι έχει χρώμα κιτρινωπό ή πορτοκαλί γεγονός που υποδεικνύει θερμοκρασίες φλόγας στην περιοχή των $900\text{-}1300^{\circ}\text{C}$.

Κατά τη δεύτερη φάση που διαρκεί περίπου 10 δευτερόλεπτα, η μπάλα δεν μεγαλώνει πια, είναι σχεδόν σφαιρική και τελικά υψώνεται λαμβάνοντας το γνωστό σχήμα του μανιταριού. Οι θερμοκρασίες σε αυτή τη φάση είναι $1100\text{-}1200^{\circ}\text{C}$. Ακολουθεί η φάση της εξάντλησης που διαρκεί περίπου 5 δευτερόλεπτα. Η σφαίρα διατηρεί το μέγεθός της, έχει όμως λιγότερο καπνό και περισσότερο διαφανείς φλόγες. Οι πύρινες σφαίρες εκτιμάται ότι έχουν ισχύ επιφανειακής θερμικής εκπομπής περίπου 350 kw/m^2 . Σύμφωνα με τον W.E. Baker (1983) οι τυπικές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται σε αυτού του είδους τις πυρκαγιές διαφοροποιούνται ως εξής:

| | |
|-----------------|------------------------|
| υδρογονάνθρακες | 1350°K |
| στερεά καύσιμα | 2500°K |
| υγρά καύσιμα | 3600°K |
| εκρηκτικές ύλες | 5000°K |

Φωτιές λίμνης (pool fires)

Οι φωτιές λίμνης υγρού εμφανίζονται όταν ένα εύφλεκτο υγρό διαρρέεύσει στο έδαφος και αναφλεγεί. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι φωτιές μέσα σε δεξαμενές αποθήκευσης ή μέσα σε κανάλια (օρύγματα). Μια άλλη μορφή τέτοιας πυρκαγιάς είναι δυνατό να παρουσιαστεί στην επιφάνεια εύφλεκτου υγρού που χύθηκε πάνω σε νερό. Καθοριστικοί παράγοντες στις περιπτώσεις αυτές είναι ο ρυθμός καύσης του υγρού, η μεταφερόμενη θερμότητα στην επιφάνεια του υγρού και το

ποσοστό της ακτινοβολούμενης θερμότητας. Οι φωτιές αυτής της κατηγορίας είναι ένα πολυσύνθετο φαινόμενο και η θεωρητική μελέτη τους είναι πολύπλοκη. Η φωτιά λίμνης δημιουργεί φλόγες διπλάσιου ύψους από τη διάμετρό της. Όταν έχει άπνοια οι φλόγες είναι κατακόρυφες, ενώ όταν φυσάει άνεμος σχηματίζουν γωνία με το οριζόντιο επίπεδο. Ο άνεμος μεταφέρει τη βάση της φλόγας και την επεκτείνει κατά την κατεύθυνσή του. Τα χαρακτηριστικά της φωτιάς εξαρτώνται από τη διάμετρό της. Ο ρυθμός κατανάλωσης του καιγόμενου υγρού αυξάνει με τη διάμετρο της φωτιάς, ενώ για αρκετά μεγάλες διαμέτρους αποκτά σταθερή τιμή. Εντελώς ανάλογα συμπεριφέρεται και η εκπεμπόμενη από τις φλόγες θερμότητα. Ορισμένα καύσιμα, όπως το φυσικό αέριο (LNG), καίγονται με σχετικά καθαρή φλόγα, ενώ άλλα όπως η κηροζίνη και το υγραέριο (LPG) αποδίδουν πολύ καπνό κατά την καύση τους. Η ποσότητα του καπνού επηρεάζει την εκπεμπόμενη θερμότητα. Η παρουσία σωματιδίων άνθρακα στις φλόγες έχει διάφορες επιπτώσεις. Μία από αυτές είναι ότι αυξάνει την ικανότητα εκπομπής της φλόγας ενώ παράλληλα η αιθάλη την καλύπτει. Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσουν οι φλόγες είναι της τάξης των 1100°K . Η ισχύς επιφανειακής θερμικής εκπομπής σύμφωνα με τις εκτιμήσεις πολυάριθμων μελετών φθάνει τα 170 kw/m^2 . Σύμφωνα με μελέτες των Moorehouse και Pritchard (1982), σε μεγάλες φωτιές υδρογονανθράκων, εξαιρούμενων των υγροποιημένων αερίων, η επιφανειακή θερμική ισχύς εκπομπής είναι απίθανο να ξεπεράσει τα 60 kw/m^2 . Η αντίστοιχη τιμή που θεωρείται αντιπροσωπευτική για φωτιές από φυσικό αέριο είναι τα 200 kw/m^2 .

Φωτιά πυρσού (*Jet flame or flare*)

Αυτός ο τύπος της φωτιάς εμφανίζεται όταν ένα εύφλεκτο αέριο υπό πίεση που εξέρχεται από ένα σωλήνα ή άλλο άνοιγμα αναφλεγεί σχηματίζοντας μία φλόγα με τη μορφή δέσμης. Χαρακτηριστικό παραδειγμα αποτελεί η φωτιά η οποία προέρχεται από ανάφλεξη ρευστού που εξέρχεται από βαλβίδα ανακούφισης πίεσης. Είναι αρκετά δύσκολο να διαπραγματευτεί κανείς σενάρια που πρωταγωνιστούν φωτιές αυτού του είδους, η φλόγα των οποίων μπορεί να φτάσει και τα 50 μέτρα μήκος ή περισσότερο. Σε πολλές περιπτώσεις η δέσμη της φλόγας από βαλβίδες ανακούφισης έχει οδηγήσει σε υπερθέρμανση και έκρηξη γειτονικών οχημάτων (βυτιοφόρα κ.λπ.) ή δεξαμενών καυσίμων κ.α., προκαλώντας έκρηξη τύπου BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion, or BLEVE). Η φωτιά πυρσού είναι συνήθως αποτέλεσμα ανάφλεξης κάποιας διαρροής εύφλεκτου ρευστού. Σε χαμηλές ταχύτητες εξόδου του ρευστού, η φλόγα συνήθως είναι προσκολλημένη (εφάπτεται) στο σημείο της διαρροής. Σε υψηλότερες ταχύτητες όμως, η φλόγα αποσπάται σταδιακά και η απόστασή της από το άνοιγμα της διαρροής αυξάνει με την ταχύτητα με αποτέλεσμα την διατάραξη της σταθερότητας της ροής και της κατεύθυνσής της που οδηγεί τελικά στην σβέση της. Ωστόσο, αν η φλόγα προσκρούσει σε σταθερό εμπόδιο, αυτό μπορεί να συντελέσει στη σταθεροποίησή της. Η έκταση μίας φωτιάς πυρσού περιγράφεται συνήθως με ένα συντελεστή l/d ο οποίος εκφράζεται ως το πηλίκο του μήκους της φλόγας προς τη διάμετρο του στομίου της διαρροής. Οι προκύπτουσες τιμές ξεπερνούν πολλές φορές το 300. Σε γενικές γραμμές το μήκος της φλόγας σε μια απόσταση που έχει πρακτικό ενδιαφέρον είναι ανάλογο της τετραγωνικής ρίζας της ροής της μάζας του ρευστού και εκφράζεται:

$$L_i = 6 m^{0.5} \quad (5)$$

Όπου L_i το μήκος της φλόγας και m η ροή της μάζας του ρευστού (kg/sec).

Το ποσοστό της ακτινοβολούμενης θερμότητας από μία δέσμη φλόγας ρευστού είναι συνάρτηση

του καυσίμου και εμφανίζεται μικρότερο για το υδρογόνο και το μεθάνιο συγκριτικά με αυτό του προπανίου. Έχει την τάση να αυξάνεται, αυξανομένης της διαμέτρου του στομίου της διαρροής έως ότου φτάσει ένα μέγιστο που κυμαίνεται από 0,15 ως 0,3. Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσει ή φλόγα καθώς διαχέεται είναι της τάξης των 1600°C για ομαλή φοή και 2000°C για τυρβώδη φοή. Οι μέγιστες θερμοκρασίες που μετρήθηκαν σε δέσμες φλόγας από υγροποιημένο προπάνιο ήταν της τάξης των 1300°C , ενώ η ισχύς θερμικής επιφανειακής εκπομπής έφτασε σημειακά τα 250 kw/m^2 .

Έκθεση δεξαμενής σε φωτιά (*fire engulfed vessel*)

Στην παραγραφο αυτή εξετάζεται η περίπτωση κατά την οποία μία δεξαμενή ή, υπό την ευρύτερη έννοια, ένα δοχείο βρίσκεται εντός της εστίας μιας πυρκαγιάς η οποία ανήκει σε οποιαδήποτε από τις κατηγορίες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το δοχείο αυτό μπορεί κατά περίπτωση να είναι ένα βυτιοφόρο, ή κάποιο κοντέινερ που μεταφέρεται σιδηροδρομικώς ή με πλοίο. Σημαντική παράμετρος σε τέτοια συμβάντα είναι ο ρυθμός απορρόφησης θερμότητας από το εγκλωβισμένο στη φωτιά δοχείο. Το ποσό της θερμότητας αυτής δεν μπορεί να προσδιοριστεί επακριβώς, ωστόσο για την επιφάνεια της φλόγας μια τιμή θερμικής φοής της τάξης των 150 kw/m^2 αποτελεί λογική εκτίμηση. Στο εσωτερικό της φλόγας η φοή της θερμότητας λαμβάνεται συνήθως υψηλότερη κατά $50-100 \text{ kw/m}^2$. Επιπλέον η θερμότητα μεταδίδεται και μέσω μεταγωγής. Προκειμένου για φωτιές λίμνης υγρού μία φοή θερμότητας της τάξης των $30-40 \text{ kw/m}^2$ θεωρείται συντηρητική εκτίμηση, ενώ στις φωτιές πυρσού είναι αξιοσημείωτα υψηλότερη. Η θερμοκρασία στην οποία ο χάλυβας εμφανίζει σημαντική απώλεια της αντοχής του είναι περίπου 400°C . Η υπερβολική άνοδος της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με τη μείωση της αντοχής των τοιχωμάτων της δεξαμενής είναι δυνατό να οδηγήσουν σε διάρρηξη του δοχείου, λόγω υπερπίεσης, στην περίπτωση που δεν λειτουργήσει σωστά η βαλβίδα ανακούφισης ή και σε καθολική έκρηξη. Σε κάθε περίπτωση, είτε πρόκειται για φωτιά λίμνης υγρού είτε για φωτιά πυρσού, η διάρρηξη του δοχείου μπορεί να συμβεί εντός πέντε λεπτών. Η βαλβίδα ανακούφισης πίεσης δεν προσφέρει πραγματική προστασία. Η διάρρηξη του δοχείου λαμβάνει χώρα σε πιέσεις αρκετά χαμηλότερες από την πίεση λειτουργίας της βαλβίδας όταν η φωτιά έχει τη μορφή πυρσού, ενώ για φωτιές λίμνης υγρού η πίεση του περιεχόμενου αερίου φτάνει αυτή της ρύθμισης της βαλβίδας αλλά η ικανότητα ανακούφισης της υπερπίεσης που αυτή παρέχει, δεν επαρκεί.

3.1.4. Εκρήξεις

Ένας ακόμη σημαντικός κίνδυνος που απορρέει από πιθανό ατύχημα κατά τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων είναι η έκρηξη. Στη βιομηχανία, οι εκρήξεις προκαλούν συνήθως αριθμητικά λιγότερα σοβαρά ατυχήματα από τις φωτιές και περισσότερα από τις διαρροές τοξικών υλών. Ωστόσο, όταν συμβεί κάποια έκρηξη, οι απώλειες, τόσο σε έμψυχο όσο και σε άψυχο υλικό, είναι κανόνα μεγαλύτερες από αυτές που σημειώνονται σε αντίστοιχες πυρκαγιές. Γενικά, θεωρείται ότι οι εκρήξεις διαθέτουν δυναμικό καταστροφής μεγαλύτερο από αυτό της φωτιάς, αλλά μικρότερο από αυτό της διαρροής τοξικών χημικών. Η πρώτη αναφορά της συμβουλευτικής επιτροπής για τους σημαντικότερους κινδύνους (Advisory Committee on Major Hazards, ACMH- Harvey 1976) διατυπώνει:

«Στην περίπτωση των εύφλεκτων υλών, η μεγαλύτερη απειλή είναι η μαζική διαφυγή πτητικών υγρών ή αερίων που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν ένα μεγάλο νέφος εύφλεκτων και πιθανά εκρηκτικών ατμών. Αν οι ατμοί αυτοί αναφλεγούν, οι επιπτώσεις της καύσης θα εξαρτηθούν από πολλούς παρά-

γοντες, ανάμεσα στους οποίους είναι η ταχύτητα του ανέμου και ο βαθμός της αραίωσης του νέφους στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η χειρότερη πιθανή συνέπεια είναι μεγάλος αριθμός απωλειών σε ανθρώπινες ζωές και καταστροφές στην περιοχή του ατυχήματος και πέρα από αυτή. Μια σημαντική πτυχή της απειλής αυτής είναι το μικρό χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στην εμφάνιση της διαρροής και την έναρξη πυρκαγιάς ή την έκρηξη, το οποίο μπορεί να είναι μικρότερο του ενός λεπτού».

To φαινόμενο της έκρηξης

Έκρηξη ονομάζεται η ξαφνική και βίαιη απελευθέρωση ενέργειας. Η βιαιότητα της έκρηξης εξαρτάται από το ρυθμό απελευθέρωσης της ενέργειας αυτής. Η ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη σε ένα λάστιχο αυτοκινήτου για παράδειγμα, είναι ικανή να προκαλέσει ξαφνικό «σκάσιμο» του, ή απλά «ξεφούσκωμα» με σταδιακή απώλεια του αέρα. Υπάρχουν πολλά είδη ενέργειας που μπορεί να εκλυθούν σε μία έκρηξη. Τα τρία βασικότερα είναι (1) φυσική ενέργεια, (2) χημική ενέργεια και (3) πυρηνική ενέργεια. Η δυναμική (φυσική) ενέργεια υπάρχει με τη μορφή της πίεσης σε πεπιεσμένα αέρια, της τάσης σε μεταλλικές κατασκευές, ή της ηλεκτρικής ενέργειας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα βίαιης εκτόνωσης φυσικής ενέργειας είναι η έκρηξη δοχείου λόγω υπερπίεσης ή η ξαφνική διάρρηξη του λόγω ύπαρξης αδύνατου σημείου στο τοίχωμα από φθορά. Άλλη μία σημαντική μορφή φυσικής ενέργειας είναι η θερμική ενέργεια. Συνήθως παίζει ωρό στη δημιουργία συνθηκών για πρόκληση έκρηξης και όχι ως πηγή ενέργειας για την ίδια την έκρηξη. Για παράδειγμα η υπερθέρμανση δοχείου που περιέχει υγρό υπό πίεση προκαλεί απότομη εκτόνωση του υγρού αν ανοιχθεί σε ατμοσφαιρική πίεση.

Η χημική ενέργεια πηγάζει από τις χημικές αντιδράσεις. Παραδείγματα βίαιης απελευθέρωσης χημικής ενέργειας είναι η έκρηξη δοχείου λόγω καύσης εύφλεκτου αερίου και η έκρηξη ενός αντιδραστήρα εξαιτίας αποσύνθεσης των προϊόντων της αντίδρασης κατά τη διάρκεια μίας χημικής αντίδρασης που βρίσκεται εκτός ελέγχου. Οι χημικές εκρήξεις είναι (1) ομοιόμορφες εκρήξεις (Uniform explosions) ή (2) διαδιδόμενες εκρήξεις (Propagating explosions). Η έκρηξη σε μία δεξαμενή θεωρείται ομοιόμορφη έκρηξη, ενώ αυτή σε ένα μακρύ αγωγό δίνει συνήθως μία διαδιδόμενη έκρηξη.

Η παρούσα ανάλυση επικεντρώνεται στις χημικές εκρήξεις και συγκεκριμένα σε αυτές που είναι αποτέλεσμα ανάφλεξης εύφλεκτων αερίων. Η ανάλυση των εκρήξεων που σχετίζονται με την πυρηνική ενέργεια ξεφεύγει από το σκοπό αυτής της μελέτης.

Ανάφλεξη και εκτόνωση

Οι εκρήξεις που προέρχονται από καύση εύφλεκτου αερίου κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

- (1) ανάφλεξη (deflagration) και
- (2) εκτόνωση (detonation).

Στην ανάφλεξη το εύφλεκτο μίγμα καίγεται σχετικά αργά. Για μίγματα υδρογονανθράκων – αέρα ή ταχύτητα της ανάφλεξης είναι περίπου 1 m/sec. Η διαδικασία της εκτόνωσης είναι εντελώς διαφορετική. Το μέτωπο της φλόγας μετακινείται με τη μορφή κρουστικού κύματος ακολουθούμενο από το θερμικό κύμα της καύσης που τροφοδοτεί με ενέργεια και συντηρεί το πρώτο. Στη σταθερή κατάσταση, το μέτωπο της εκτόνωσης έχει αναπτύξει ταχύτητα ίση με αυτή του ήχου όσον αφορά την κίνηση των υπέρθερμων προϊόντων της καύσης και συνεπώς πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα στο άκαυστο μίγμα. Για μίγματα υδρογονανθράκων – αέρα η ταχύτητα εκτόνωσης είναι της τάξης των 2.000-3.000 m/sec, ενώ η ταχύτητα του ήχου στον αέρα (0°C) μόλις 330 m/sec. Η εκτόνωση δημιουργεί μεγαλύτερες υπερπιεσεις και είναι περισσότερο καταστροφική από μία ανάφλεξη. Σαν παράδειγμα αναφέ-

ρεται ότι η ανάφλεξη σε κλειστό δοχείο που περιέχει μίγμα αέρα – υδρογονανθράκων, αναπτύσσει μέγιστη πίεση της τάξης των 8 bar, ενώ στην αντίστοιχη περίπτωση της εκτόνωσης, το μέγιστο μπορεί να φτάσει τα 20 bar. Η εκτόνωση αποτελεί την πιο επικίνδυνη μορφή έκρηξης και μπορεί να συμβεί σε εκρηκτικές ουσίες, σε εκρηκτικά μίγματα αερίων και σε νέφη αερίων. Η ανάφλεξη είναι δυνατό να εξελιχθεί σε εκτόνωση ειδικότερα κατά τη διαδρομή σε ένα επιμήκη σωλήνα. Εκλύεται ενέργεια από τη μία άκρη του σωλήνα και τα αέρια της καύσης διαστέλλονται. Το μέτωπο της ανάφλεξης κινείται με ταχύτητα που είναι το άθροισμα της ταχύτητας καύσης και της ταχύτητας των αερίων της καύσης. Αν η ταχύτητα της φλόγας είναι αρκετά χαμηλή, η διαδικασία της καύσης συνεχίζεται σε σταθερή πίεση. Αν όμως είναι αρκετά υψηλή δημιουργούνται διαταραχές πίεσης με αποτέλεσμα το μέτωπο της φλόγας να επιταχύνεται και να κινείται σαν να είχε προηγηθεί ωστικό κύμα. Ακόμα μεγαλύτερη επιτάχυνση της κίνησης της φλόγας μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή της κατάστασης από ανάφλεξη σε εκτόνωση όπου το κύμα ταξιδεύει με ταχύτητα μεγαλύτερη από του ήχου στο άκαυστο αέριο. Προκειμένου να υπάρξει ανάφλεξη θα πρέπει το εύφλεκτο αέριο μίγμα να βρίσκεται εντός των ορίων ευφλεκτότητας και να έρθει σε επαφή με πηγή ανάφλεξης, ή να θερμανθεί μέχρι τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης. Οι συνθήκες για να συμβεί εκτόνωση του μίγματος είναι οι ίδιες, με τη διαφορά ότι θα πρέπει το μίγμα να βρίσκεται εντός των ορίων εκτόνωσης. Είναι δυνατό στην περίπτωση που η πηγή ανάφλεξης είναι αρκετά ισχυρή, να συμβεί απ' ευθείας εκτόνωση χωρίς το στάδιο της ανάφλεξης.

Οι πηγές ανάφλεξης είναι σε γενικές γραμμές οι ίδιες που αναφέρθηκαν και στην ενότητα που διαπραγματεύεται τις φωτιές:

- (1) φλόγες και θερμές επιφάνειες.
- (2) σπινθήρες
- (3) χημικές ουσίες π.χ. ασταθή μίγματα, καταλύτες και μίγματα υψηλής αντιδραστικότητας κ.λπ.
- (4) στατικός ηλεκτροστατικότητας
- (5) συμπίεση.

Ταξινόμηση εκρήξεων

Οι εκρήξεις κατά τη μεταφορά επικίνδυνων προϊόντων κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

(1) Φυσικές εκρήξεις (Physical explosions).

- α) υπερπίεση συστήματος υπό πίεση
- β) υποπίεση συστήματος υπό πίεση
- γ) άνοδος της θερμοκρασίας πάνω από το κανονικό σε συστήματα υπό πίεση
- δ) πτώση της θερμοκρασίας κάτω από το κανονικό σε συστήματα υπό πίεση.

(2) Εκρήξεις συμπυκνωμένης φάσης (Condensed phase explosions)

- α) πολύ εκρηκτικές ύλες
- β) νιτρικό αμμώνιο
- γ) οργανικά υπεροξείδια
- δ) χλωρικό νάτριο

(3) Εκρήξεις αερίου νέφους (Vapour cloud explosions).

(4) Εκρήξεις τύπου BLEVE (Boiling liquid expanding vapour explosions (BLEVE's)).

Φυσικές Εκρήξεις (Physical explosions)

Ως φυσικές εκρήξεις χαρακτηρίζονται αυτές που οφείλονται περισσότερο σε φυσικά (θερμοκρα-

σία, πίεση) παρά σε χημικά αίτια. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα τέτοιων εκρήξεων αποτελεί η διάρρηξη κλειστού δοχείου (δεξαμενής) η ενέργεια για την οποία προέρχεται από την ανάπτυξη υπερπίεσης στο εσωτερικό του. Η ενέργεια της εκτόνωσης κατά την έκρηξη ενός δοχείου είναι συνάρτηση της αρχικής πίεσης που επικρατεί, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από το είδος του σφάλματος που έλαβε χώρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση αυτή, τόσο ισχυρότερη είναι η έκρηξη. Τρία σενάρια αστοχιών μπορούν να διακριθούν:

- α) υπερπίεση
- β) αστοχία του υλικού κατασκευής του δοχείου (μηχανική αστοχία ή σφάλμα) και
- γ) φωτιά στο άμεσο περιβάλλον του δοχείου.

Αν η δεξαμενή αστοχήσει, λόγω αυξημένης πίεσης, κατά τη λειτουργία με ταυτόχρονο σφάλμα στη βαλβίδα ανακούφισης πίεσης, θα ακολουθήσει έκρηξη του δοχείου σε πίεση πολλαπλάσια –τυπικά τετραπλάσια για μαλακό χάλυβα- από αυτή που συνιστά ο κατασκευαστής για κανονική λειτουργία. Οι συνθήκες αυτές αποτελούν το χειρότερο δυνατό σενάριο. Σε περίπτωση, ωστόσο, μηχανικής αστοχίας του δοχείου λόγω μηχανουργικού σφάλματος, διάβρωσης ή ισχυρούς κρούσης, η επακόλουθη έκρηξη θα γίνει στα επίπεδα της πίεσης λειτουργίας.

Τέλος αν το δοχείο τυλιχτεί στις φλόγες και δοθέντος ότι λειτουργεί η βαλβίδα ανακούφισης, η πίεση κατά την έκρηξη θα είναι ίση με τη συσσωρευμένη πίεση. Αυτή η περίπτωση αποτελεί το τυπικό σενάριο ενός ατυχήματος διαστελλόμενης έκρηξης αναβράζοντας υγρού, ή BLEVE.

Η ενέργεια της έκρηξης ενός κλειστού δοχείου κατανέμεται ως εξής:

- α) διαστολή του δοχείου
- β) διάρρηξη του δοχείου
- γ) ωστικό κύμα και
- δ) ενέργεια θραυσμάτων.

Αν η αστοχία οφείλεται σε υπερπίεση, το δοχείο υφίσταται αρχικά διαστολή. Παρ' όλα αυτά, η ενέργεια που καταναλώνεται για τη διαστολή του δοχείου μπορεί να αγνοηθεί λόγω του ότι αφενός έχει προστεθεί στο σύστημα πριν την έκρηξη, αφετέρου είναι αντικειμενικά πολύ μικρή για να ληφθεί υπόψη.

Η ενέργεια που απαιτείται για τη διάρρηξη του δοχείου θεωρείται και αυτή αμελητέα. Το Κέντρο για την Ασφάλεια των Χημικών Διεργασιών (Centre for Chemical Process Safety, CPPS), ορίζει μία τιμή ίση με 1-10 kJ για τη διάρρηξη ενός δοχείου πίεσης. Μία έκρηξη με 100 φορές περισσότερη ενέργεια θα θεωρούνταν μικρή.

Συμπερασματικά, το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας της έκρηξης μεταδίδεται στο ωστικό κύμα και τα θραύσματα με τη μορφή κινητικής ενέργειας.

Έκρηξης συμπυκνωμένης φάσης (Condensed phase explosions)

Η εκτόνωση μίας εκρηκτικής ύλης αναφέρεται στη βιβλιογραφία με τον όρο «Έκρηξη συμπυκνωμένης φάσης». Το εκρηκτικό που χρησιμοποιείται ως πρότυπο αναφοράς είναι η τρινιτροτόλουσόλη, γνωστή σαν TNT. Οι εκρήξεις αυτής της κατηγορίας είναι αποτέλεσμα εκτόνωσης πυρομαχιών, εμπορικών εκρηκτικών, νιτρικού αμμωνίου κ.α. Τα χαρακτηριστικά της έκρηξης από TNT εξαρτώνται από τη μάζα και το σχήμα του εκρηκτικού καθώς και από το σημείο (α) της ανάφλεξης. Κατά την εκτόνωση ενός εκρηκτικού υλικού, η απελευθέρωση της ενέργειας γίνεται σχεδόν στιγμιαία, με συνέπεια η έκρηξη να είναι καταστροφική συνοδευόμενη από ισχυρό κρουστικό κύμα. Το ωστικό αυτό κύμα της έκρηξης ωστόσο, έχει πολύ μικρή διάρκεια. Τα εκρηκτικά υλικά μεταφέρονται συνήθως το-

ποθετημένα σε ξεχωριστές συσκευασίες, έχοντας κάποια απόσταση μεταξύ τους ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος εκτόνωσης μίας ποσότητας εξαιτίας της εκτόνωσης παρακείμενης ποσότητας, ή αλλιώς να αποφευχθεί το φαινόμενο της «Συμπαθητικής εκτόνωσης (*Sympathetic detonation*)» όπως είναι ευρύτερα γνωστό. Τα εκρηκτικά περιέχουν το δικό τους οξυγόνο και μπορούν να εκραγούν ακόμα και σε αναερόβιες συνθήκες. Ανάμεσα στα αναμενόμενα προϊόντα της έκρηξης είναι το μιοριακό οξυγόνο και άκανστα αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό. Τα εκρηκτικά μίγματα που στερούνται οξυγόνου δίνουν ανάμεσα στα προϊόντα της έκρηξης και καύσιμα αέρια όπως μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο. Τα μεγέθη που παρουσιάζουν ενδιαφέρον στις εκτονώσεις εκρηκτικών υλών είναι:

- α) η ενέργεια της έκρηξης
- β) η θερμική ενέργεια της έκρηξης και
- γ) η θερμική ενέργεια της καύσης.

Η ενέργεια της έκρηξης αποτελείται από τη θερμική ενέργεια και τη μηχανική ενέργεια (έργο). Το ποσοστό της ενέργειας που μεταφέρεται λόγω θερμοκρασιακής διαφοράς ονομάζεται θερμική ενέργεια της έκρηξης. Ακολούθως παρατίθενται τα αντίστοιχα μεγέθη που χαρακτηρίζουν το TNT όπως δόθηκαν από τους Kinney και Graham (1985):

θερμική ενέργεια καύσης: 15.132 Joule/g

ενέργεια έκρηξης: 4.850 Joule/g

θερμική ενέργεια έκρηξης: 2.710 Joule/g .

Ένα μεγάλο ποσοστό των εκρήξεων συμβαίνει στο επίπεδο του εδάφους. Σε μία τέτοια έκρηξη το έδαφος παρουσιάζει ένα είδος εμποδίου στην κατακόρυφη κατεύθυνση της εκτόνωσης. Για την έκρηξη πάνω στο έδαφος θεωρούμε ότι το ωστικό κύμα έχει ισχύ τέτοια που υπερβαίνει αυτή της «ελεύθερης» έκρηξης στον αέρα κατά ένα συντελεστή με τιμή που κυμαίνεται ανάμεσα στο 1 και το 2. Με άλλα λόγια, η φαινόμενη ενέργεια της έκρηξης στο έδαφος πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή που τυπικά φτάνει το 2. Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται σε γενικές γραμμές από δύο παράγοντες: α) τη συμμετρία της έκρηξης και β) το σχηματισμό κρατήρα. Η «ελεύθερη» έκρηξη έχει σφαιρική συμμετρία, ενώ η επίγεια ημισφαιρική. Με βάση τη συμμετρία, η φαινόμενη ενέργεια του ωστικού κύματος της δεύτερης είναι διπλάσια από αυτή της πρώτης. Ωστόσο, μέρος της ενέργειας σε μία επίγεια έκρηξη καταναλώνεται στο σχηματισμό κρατήρα στο έδαφος. Οι συντελεστές που βρίσκονται εφαρμογή στην περίπτωση του TNT βρίσκονται στην περιοχή 1,5 με 2, με τυπική τιμή το 1,8 για εκρήξεις στο έδαφος. Οι παραπάνω εκτιμήσεις αφορούν το ποσοστό της ενέργειας που μεταδίδεται στο ωστικό κύμα και όχι τη συνολική ενέργεια της έκρηξης που παραμένει και στις δύο περιπτώσεις η ίδια. Το ίδιο ισχύει και για την ενέργεια των θραυσμάτων που εκτοξεύονται.

Εκρήξεις αερίου νέφους (*Vapour cloud explosions*)

Όταν ένα νέφος εύφλεκτου ρευστού καίγεται, η καύση μπορεί να δημιουργήσει υπεροπίεση και συνεπώς να προκαλέσει μία έκρηξη αερίου νέφους (*VCE*). Αν όμως δεν δημιουργηθεί υπεροπίεση, το αποτέλεσμα θα είναι μία φωτιά νέφους αερίου. Οι εκρήξεις νέφους αερίων αποτελούν έναν από τους μεγαλύτερους κινδύνους στις μεταφορές επικίνδυνων υλών και προκαλούν συνήθως εκτεταμένες καταστροφές. Ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των εκρήξεων αυτών είναι ότι το νέφος παρασύρεται σε μεγάλη απόσταση από το σημείο της αρχικής διαρροής απειλώντας με τον τρόπο αυτό πολύ μεγαλύτερες περιοχές. Μέχρι και το πρώτο μισό της δεκαετίας του 1980 οι εκρήξεις νέφους αερίων αναφέρονταν στη βιβλιογραφία ως *Mη Περιορισμένες εκρήξεις νέφους αερίων (Unconfined vapour*

cloud explosions, UVCE). Ωστόσο επειδή κατά την καύση νέφους αερίων η εμφάνιση υπεροπίεσης προϋποθέτει την ύπαρξη διαφόρων δομών και εμποδίων και άλλων μερικών περιορισμών, ο όρος «μη περιορισμένες» γενικά παραλείπεται.

Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά των εκρήξεων αυτού του είδους είναι:

- α) η ύπαρξη ορίων εκτόνωσης (detonability limits)
- β) η εμφάνιση της μη περιορισμένης εκτόνωσης
- γ) η πιθανότητα απ' ευθείας εκτόνωσης
- δ) ο τρόπος διάδοσης της φλόγας και
- ε) η μετάβαση από την κατάσταση της ανάφλεξης σε αυτή της εκτόνωσης.

Πολλές φορές στη βιβλιογραφία τα όρια εκτόνωσης συγχέονται με τα όρια ευφλεκτότητας. Ωστόσο έχει αποδειχθεί, ότι τα πρώτα απέχουν κατά πολύ από τα δεύτερα, και είναι δυσκολότερο να μετρηθούν. Κατά γενική ομολογία, τα όρια εκτόνωσης φαίνεται να εξαρτώνται από την ισχύ της πηγής ανάφλεξης. Η βιαιότητα που χαρακτηρίζει μία μη περιορισμένη έκρηξη αερίου νέφους υποδηλώνει ότι μπορεί να θεωρηθεί ως εκτόνωση (detonation), ισχυρισμός μη αποδεκτός μέχρι πρότινος. Η επικρατούσα άποψη ήταν ότι οι εκρήξεις νέφους αερίων πραγματοποιούνταν μόνο με τη μορφή ανάφλεξης (deflagration). Είναι αναμφισβήτητο ότι σε πολλές περιπτώσεις τυχαίων εκρήξεων έχει συμβεί εκτόνωση αερίου νέφους, καθώς και ότι η εκτόνωση μπορεί να συμβεί χωρίς καθυστέρηση σε ένα μη περιορισμένο νέφος, παρουσία ικανής ισχύος πηγής ανάφλεξης. Συνήθως, το νέφος αερίων απλά αναφλέγεται, με ταχύτητες αρκετά υψηλές προκαλώντας εκτεταμένες καταστροφές με το ωστικό κύμα που δημιουργείται, ιδιαίτερα αν το νέφος περιέχει σε μεγάλο ποσοστό καύσιμο μίγμα αερίων τη στιγμή της έναυσης. Ο τρόπος μετάβασης από την κατάσταση της ανάφλεξης σε αυτή της εκτόνωσης δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως. Δεν έχει ερμηνευτεί ο μηχανισμός με τον οποίο οι φλόγες σε ένα μη περιορισμένο νέφος αερίων αποκτούν ταχύτητες τέτοιες χαρακτηριστικές της εκτόνωσης. Έχει διατυπωθεί η θεωρία ότι αυτό συμβαίνει, όταν συντρέχουν ειδικές συνθήκες όπως η πιθανότητα εκτόνωσης στο εσωτερικό του νέφους με τη συνδρομή ισχυρής πηγής ανάφλεξης, ή η αλληλεπίδραση του ωστικού κύματος με εμπόδια ή κτηριακές δομές με αποτέλεσμα την ανάπτυξη υψηλότερων πιέσεων τοπικά και την επιτάχυνση του μετώπου της φλόγας.

Ακολούθως συνοψίζονται ορισμένες παραμέτροι της καύσης ενός νέφους αερίων, όπως προέκυψαν πειραματικά.

Αντιδραστικότητα καυσίμου.

Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει καθοριστικά την ταχύτητα της φλόγας και τις αναπτυσσόμενες υπεροπίεσεις είναι η αντιδραστικότητα του καυσίμου. Τα καύσιμα γενικά κατατάσσονται σε χαμηλής, μέσης και υψηλής αντιδραστικότητας. Για παράδειγμα το μεθάνιο θεωρείται καύσιμο χαμηλής αντιδραστικότητας, το αιθυλένιο μέσης και το ακετυλένιο υψηλής.

Ανομοιογένεια νέφους: ταχύτητα φλόγας και υπεροπίεση.

Πειραματικές μετρήσεις δείχνουν ότι αν και οι φλόγες τείνουν να είναι χαμηλότερες σε μίγματα που απέχουν αρκετά από τα στοιχειομετρικά, σε χώρους όπου η μάζα του ρευστού είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται καλή ανάμειξη με τον αέρα (περίπου στοιχειομετρική), δεν θα ήταν σωστό να υποτεθεί ότι η ταχύτητα της φλόγας θα μειωθεί σημαντικά σε αναλογία με το βαθμό της ανομοιογένειας του μίγματος.

Ανομοιογένεια νέφους: ενεργό κατώτερο όριο ευφλεκτότητας.

Εξαιτίας των διακυμάνσεων στη συγκέντρωση των αερίων του νέφους, δημιουργούνται πολλές φορές θύλακες εύφλεκτων αερίων με συγκέντρωση υψηλότερη από αυτή του κατώτερου ορίου ευφλε-

κτότητας (LFL, Lower Flammability Limit). Η περίπτωση αυτή αντιμετωπίζεται με τη χρησιμοποίηση ενός «ενεργού» ορίου που εφαρμόζεται στο εν λόγω τμήμα του νέφους. Οι περιοχές του νέφους με συγκεντρώσεις πάνω από το όριο αυτό αντιμετωπίζονται ως εύφλεκτο μίγμα. Κοινή πρακτική είναι να λαμβάνεται το ενεργό LFL ως το μισό του πραγματικού LFL, με άλλα λόγια λαμβάνεται ένας συντελεστής ασφαλείας ίσος με 2, (αναλογία μέγιστου – μέσης τιμής ίση με 2). Από την άλλη πλευρά έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι μεμονωμένοι θύλακες αερίων μπορούν να αναφλεγούν, χωρίς να προκαλέσουν γενικευμένη ανάφλεξη του νέφους.

Σχήμα του νέφους.

Το τυπικό σχήμα ενός νέφους αερίων που σχηματίζεται από διαρροή και διάχυση πυκνού αερίου είναι αυτό του κέικ (pancake). Αυτό έχει σημαντική επίπτωση στην καύση του σχηματιζόμενου μίγματος. Μία συνέπεια αυτής της γεωμετρίας του νέφους είναι ότι το αέριο μπορεί να διασταλεί ή να διαφύγει από την κορυφή του, ούτως ώστε να συμπιέζεται λιγότερο το άκαυστο αέριο μπροστά από το μέτωπο της φλόγας, το οποίο διαδίδεται με χαμηλότερες ταχύτητες.

Μία ακόμα επίδραση της γεωμετρίας συνδέεται με την πιθανότητα να συμβεί εκτόνωση στο νέφος. Υπάρχει ένα ελάχιστο πάχος του νέφους πέρα από το οποίο είναι δυνατή η εκτόνωση και είναι χαρακτηριστικό για κάθε αέριο.

Εμπόδια και μερικός περιορισμός.

Πειραματικές εργασίες φανερώνουν ότι η ταχύτητα της φλόγας τείνει να αυξάνεται παρουσία εμποδίων στο χώρο, αλλά και ότι η έκταση αυτής της αύξησης ποικίλει. Στην περίπτωση αερίου χαμηλής αντιδραστικότητας και χωρίς την παρουσία εμποδίων, η επιτάχυνση του μετώπου της φλόγας είναι σχετικά χαμηλή. Η προσθήκη εμποδίων σε συνδυασμό με μερικό περιορισμό (έδαφος κ.λπ.) οδηγεί σε πολύ μεγαλύτερες αυξήσεις της ταχύτητας της φλόγας.

Ισχύς πηγής ανάφλεξης.

Ισχυρές πηγές ανάφλεξης θεωρούνται τα εκρηκτικά και οι φωτιές πυρσού (jet flames), με περισσότερο αποδοτικές τις δεύτερες. Έχει αποδειχθεί ότι η ισχυρή πηγή ανάφλεξης σε συνδυασμό με παράγοντες όπως εμπόδια στη διαδρομή της φλόγας και μερικός περιορισμός συντελεί στην εμφάνιση μεγάλων ταχυτήτων φλόγας και πιθανή ανατίναξη (εκτόνωση) του νέφους.

Ψεκασμός με νερό (Water sprays).

Ο ψεκασμός του νέφους αερίων με νερό προτείνεται σε διάφορες μελέτες σαν μέσο αραιώσης της συγκέντρωσης ενός εύφλεκτου μίγματος στον αέρα, σε μια προσπάθεια να μετριαστούν οι επιπτώσεις της διαρροΐς. Ωστόσο ο ψεκασμός νερού σύμφωνα με άλλους μελετητές (Pikaar 1985), είναι δυνατό να προκαλέσει αύξηση της τύρβης και του στροβιλισμού στο νέφος και γενικότερα αναταράξεις με αποβλεπτες συνέπειες. Οι Eggleston, Herrera και Pish (1976), αναφέρουν σε εργασία τους ότι σε πολλές περιπτώσεις οι ταχύτητες της φλόγας αυξήθηκαν απόσμενα ως αποτέλεσμα του ψεκασμού με νερό. Η διάσταση απόψεων αναφορικά με την αποτελεσματικότητα αυτού του μέσου εξακολουθεί να προβληματίζει.

Φαινόμενο BLEVE (Boiling liquid expanding vapour explosions)

Το φαινόμενο BLEVE λαμβάνει κατά κανόνα χώρα όταν ένα κλειστό δοχείο που περιέχει εύφλεκτο υγρό εκτίθεται σε φωτιά με αποτέλεσμα το μέταλλο από το οποίο είναι κατασκευασμένο να χάσει την μηχανική αντοχή του και να υποστεί διάρρηξη. Όταν το δοχείο που περιέχει το εύφλεκτο υγρό υπό πίεση θερμανθεί, η πίεση των ατμών του ανεβαίνει, αυξάνοντας την πίεση στο εσωτερικό του δοχείου. Σε περίπτωση που η πίεση αυξηθεί τόσο ώστε να φτάσει την τιμή της ρύθμισης της βαλβίδας

ανακούφισης, η τελευταία ανοίγει. Η στάθμη του υγρού μέσα στο δοχείο υποχωρεί καθώς οι ατμοί ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Το υγρό είναι αρκετά αποτελεσματικό όσον αφορά την ψύξη των τοιχωμάτων του δοχείου που βρίσκεται σε επαφή, το σχηματιζόμενο όμως αέριο όχι. Το τμήμα του τοιχώματος που βρίσκεται σε επαφή με την υγρή φάση μειώνεται σταδιακά καθώς το υγρό εξατμίζεται. Στη συνέχεια το μεταλλικό περίβλημα που δεν ψύχεται πλέον, έρχεται σε επαφή με τις φλόγες με αποτέλεσμα την υπερθέρμανσή του, την εξασθένηση της μηχανικής αντοχής του και την πιθανή διάρρηξή του. Αυτό μπορεί να συμβεί ακόμα και στην περίπτωση που λειτουργήσει κανονικά η βαλβίδα ανακούφισης. Τα δοχεία υπό πίεση είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να αντέχουν πιέσεις της τάξης της ονομαστικής πίεσης λειτουργίας της βαλβίδας, σε κανονικές όμως θερμοκρασιακές συνθήκες. Με την άνοδο της θερμοκρασίας το μέταλλο χάνει την αντοχή του και δεν μπορεί να ανταπεξέλθει σε μεγάλες υπεροπιέσεις. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων αναφορικά με το φαινόμενο BLEVE εμπλέκονται δοχεία πίεσης σταθερά, όπως δεξαμενές αποθήκευσης, ή κινητά όπως βυτιοφόρα και δεξαμενές σε σιδηροδρομικά βαγόνια που περιέχουν συνήθως κάποιο υγροποιημένο εύφλεκτο αέριο. Όταν η δεξαμενή εκτεθεί σε πυρκαγιά και κατά την πορεία υποστεί ρήξη, το αποτέλεσμα είναι κατά πάσα πιθανότητα μία πύρινη σφαίρα (fireball). Ένα κοινό σενάριο ατυχήματος που οδηγεί συνήθως σε έκρηξη τύπου BLEVE είναι ο εκτροχιασμός μίας εμπορικής αμαξοστοιχίας με εύφλεκτο φορτίο: κάποια βαλβίδα ανακούφισης πίεσης ανοίγει, η διαρροή αναφλέγεται και η προκύπτουσα φωτιά πυρσού προκαλεί την υπερθέρμανση δεξαμενής διπλανού βαγονιού. Το περιεχόμενο υγρό υπερθερμαίνεται η πίεση αυξάνεται και η βαλβίδα ανακούφισης ανοίγει με ταυτόχρονη ανάφλεξη των ατμών από τις παρακείμενες φλόγες. Για ένα χρονικό διάστημα το μεταλλικό περίβλημα ψύχεται από το υγρό που εφάπτεται στην επιφάνειά του, στη συνέχεια όμως, καθώς ολοένα και μεγαλύτερες ποσότητες υγρού εξαερώνονται, υπερθερμαίνεται, εξασθενίζει και διαρρηγνύεται. Μια μεγάλη ποσότητα του εύφλεκτου υγροποιημένου αερίου απελευθερώνεται, αεριοποιείται και σχηματίζει ένα καιγόμενο νέφος ατμών, ή συχνότερα μια σφαιρική φωτιά.

Επιγραμματικά το φαινόμενο BLEVE μπορεί να περιγραφεί από τα εξής στάδια:

- (1) διάρρηξη του δοχείου πίεσης
- (2) διαρροή του υγρού στο περιβάλλον συνεπεία της αστοχίας του δοχείου και
- (3) ανάφλεξη του ρευστού και σχηματισμός πύρινης σφαίρας.

Η έκρηξη τύπου BLEVE ενός δοχείου υπό πίεση που περιέχει εύφλεκτο υγρό έχει τα ακόλουθα αποτελέσματα:

- (1) ωστικό κύμα
- (2) εκτόξευση θραυσμάτων και
- (3) δημιουργία πύρινης σφαίρας.

Το φαινόμενο BLEVE δημιουργεί αφενός υπερπίεση. Τα φαινόμενα που σχετίζονται με την υπερπίεση αυτή είναι:

- α) η διαστολή του ρευστού
- β) η ταχύτατη αεριοποίηση του υγρού και
- γ) η καύση των ατμών.

Τα γεγονότα αυτά δεν συμβαίνουν ταυτόχρονα αλλά μπορούν να εκτιμηθούν ως ξεχωριστά αποτελέσματα.

Η έκρηξη τύπου BLEVE προκαλεί αφετέρου θραύσματα (missiles). Τα θραύσματα είναι μικρά ή μεγαλύτερα τεμάχια διαφόρων υλικών, που προέρχονται είτε από το περιβάλλον της έκρηξης, είτε από το υλικό του ίδιου του δοχείου. Οι πιέσεις που αναπτύσσονται κατά τη στιγμή της έκρηξης είναι

πολύ μεγάλες με αποτέλεσμα την εκτόξευση τεμαχίων από διάφορα υλικά προς όλες τις κατευθύνσεις. Σε πολλές περιπτώσεις η ορμή είναι τόση που ολόκληρο το δοχείο εκτοξεύεται σε μεγάλη απόσταση.

Τέλος το φαινόμενο BLEVE που είναι επακόλουθο έκθεσης ολόκληρου του δοχείου με το εύφλεκτο ρευστό σε φωτιά έχει σα συνέπεια τη δημιουργία φωτιάς με τη μορφή της πύρινης σφαίρας (fireball).

Στην πραγματικότητα δεν είναι απαραίτητη η εμπλοκή ενός εύφλεκτου υγρού σε μια έκρηξη τύπου BLEVE. Η διάρρηξη δοχείου πίεσης που περιέχει οποιοδήποτε υπέρθερμο υγρό (ακόμα και νερό) μπορεί να οδηγήσει σε BLEVE. Επιπρόσθετα, παρόλο που κατά κανόνα η έκθεση του δοχείου πίεσης σε φωτιά αποτελεί αιτία πρόκλησης BLEVE, δε θεωρείται απαραίτητη προϋπόθεση για το χαρακτηρισμό του είδους της έκρηξης. Γενικά οποιαδήποτε διάρρηξη δοχείου με υπέρθερμο υγρό μπορεί να ονομαστεί έκρηξη τύπου BLEVE. Είναι συνεπώς πιθανό – αλλά όχι συνηθισμένο – μία έκρηξη BLEVE που δεν προκλήθηκε από έκθεση δεξαμενής σε φλόγες, να αποτελέσει την αιτία διαρροής μεγάλων ποσοτήτων εύφλεκτων ατμών οδηγώντας σε φωτιά ή και έκρηξη νέφους αερίου.

Ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή του ατυχήματος μέχρι την εκδήλωση του φαινομένου BLEVE σύμφωνα με πειραματικές μετρήσεις είναι συνήθως 5-30 λεπτά. Όσον αφορά τον τρόπο της διάρρηξης, φαίνεται πως τα κυλινδρικά δοχεία αστοχούν κατά μήκος του μεγάλου άξονά τους, ενώ καταγράφηκαν και περιπτώσεις αστοχιών κατά μήκος της περιμέτρου των δοχείων. Στην τελευταία περίπτωση τα κομμάτια έχουν την τάση να εκτοξεύονται με τη μορφή βολίδας σε μεγάλες αποστάσεις. Αξίζει να σημειωθεί τέλος, ότι οι δεξαμενές σφαιρικού σχήματος, έχουν την τάση να εμφανίζουν μηχανική αστοχία στο υψηλότερο σημείο (την κορυφή) τους.

3.2 Συνέπειες ατυχημάτων

3.2.1. Γενικά

Μία ορθολογική προσέγγιση των απωλειών που συνεπάγονται τα ατυχήματα βασίζεται κυρίως στην κατανόηση αφενός της φύσης των ατυχημάτων και αφετέρου του είδους των καταστροφών που αυτά προκαλούν. Οι συνέπειες των ατυχημάτων είναι συνάρτηση του μεγέθους του κινδύνου που αυτά εγκυμονούν. Η κλιμάκωση του κινδύνου εξαρτάται από ένα αριθμό παραγόντων όπως η ποσότητα και το είδος του φορτίου, η ενέργεια, ο χρόνος, η σχέση έντασης – απόστασης και η έκθεση στον κίνδυνο.

Είναι ευνόητο ότι η ποσότητα και η φύση της επικινδυνότητας του μεταφερόμενου φορτίου καθορίζουν το μέγεθος των πιθανών απωλειών σε περίπτωση ατυχήματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του επικινδυνού υλικού και η αντιδραστικότητά του, τόσο μεγαλύτερο είναι και το καταστροφικό δυναμικό που αναμένεται να εκδηλωθεί σε κάποιο ατύχημα.

Όλα τα υλικά διαθέτουν ένα αποθηκευμένο ενεργειακό δυναμικό είτε λόγω χημικών αντιδράσεων που συμβαίνουν στο εσωτερικό τους, είτε λόγω της κατάστασης στην οποία βρίσκονται. Πιο συγκεκριμένα, ένα υλικό που διατηρείται σε υγρή μορφή πάνω από το κανονικό σημείο βρασμού του, σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση, διαθέτει μεγάλες ποσότητες «φυσικής» ενέργειας, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε βίαιη ατμοποίησή του και επακόλουθη διασπορά του, αν υπάρξει απώλεια πίεσης στο δοχείο που το περιέχει. Από την άλλη πλευρά, ένα υλικό που διατηρείται ως κατεψυγμένο υγρό σε ατμοσφαιρική πίεση διαθέτει πολύ μικρότερα ποσά φυσικής ενέργειας και δεν εγκυμονεί κινδύνους βίαιων εκτονώσεων σε πιθανή διάρρηξη του δοχείου του.

Ο χρόνος υπεισέρχεται στην εκτίμηση του κινδύνου ως έκφραση του ρυθμού έκλυσης μιας χημικής ουσίας αλλά και του διαστήματος που μεσολαβεί μέχρι το συμβάν. Ο ρυθμός διαρροής ενός εύφλεκτου αερίου ή υγρού για παράδειγμα, καθορίζει το μέγεθος του σχηματιζόμενου εύφλεκτου νέφους ή αντίστοιχα της λίμνης εύφλεκτου υγρού. Από το ρυθμό έκλυσης, εντελώς ανάλογα, εξαρτάται ο κίνδυνος που ελλοχεύει κατά τη διαρροή ενός τοξικού αερίου. Από την άλλη πλευρά, ο χρόνος που διατίθεται για τη λήψη προστατευτικών μέτρων και την απομάκρυνση των εμπλεκόμενων ατόμων είναι επίσης σημαντική παράμετρος. Μία έκρηξη παρέχει συνήθως ελάχιστο χρόνο αντίδρασης που είναι της τάξης των λίγων δευτερολέπτων, ενώ μία διαρροή τοξικού υλικού προσφέρει κατά κανόνα περισσότερο χρόνο της τάξης των λίγων λεπτών.

Άλλο ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της επικινδυνότητας αποτελεί η απόσταση στην οποία είναι πιθανό να προκληθούν τραυματισμοί και υλικές καταστροφές. Σε γενικές γραμμές, η φωτιά θεωρείται μικρότερης εμβέλειας και η διαρροή τοξικού υλικού μεγαλύτερης, όσον αφορά το δυναμικό πρόκλησης απωλειών σε μεγάλες αποστάσεις, ενώ οι εκρήξεις τοποθετούνται κάπου στο ενδιάμεσο. Αναφορικά με την έκθεση του ανθρώπινου παραγοντα, η γνώση της ελάχιστης απόστασης ασφαλείας που θα πρέπει να τηρηθεί κατά περίπτωση ώστε να αποφευχθούν τραυματισμοί, είναι υψηλής σημασίας. Με βάση κριτήρια όπως η ένταση της θερμικής ακτινοβολίας και η υπεροπίεση από φωτιές και εκρήξεις αντίστοιχα, προκύπτει μία απόσταση ασφαλείας της τάξης των 250-500 μέτρων, ανάλογα με την έκταση του συμβάντος. Στην περίπτωση τοξικού νέφους η απόσταση ασφαλείας είναι κατά κανόνα ακόμα μεγαλύτερη. Η μέγιστη ακτίνα δράσης των συνεπειών ενός ατυχήματος δεν είναι δυνατό να υπολογιστεί με μεγάλη ακρίβεια. Ένα από τα χαρακτηριστικότερα αποτελέσματα μιας έκρηξης είναι η θραύση υαλοπινάκων. Έχει αναφερθεί θραύση τζαμιών σε απόσταση μέχρι και 32 χιλιόμετρα από το επίκεντρο πολύ μεγάλης έκρηξης. Είναι όμως αμφίβολο κατά πόσο σε μια τέτοια περίσταση η ενέργεια των θραυσμάτων μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό. Από την άλλη πλευρά, αρκετά σπάνιες -άλλα όχι απίθανες- είναι οι περιπτώσεις βιολογικών επιδράσεων από τοξικά αέρια σε αποστάσεις πλέον των 16 χιλιομέτρων από το σημείο της έκλυσης.

Μια παράμετρος που μπορεί να ελαττώσει σε αξιοσημείωτο βαθμό τις πιθανές ανθρώπινες απώλειες σε περίπτωση ατυχήματος είναι η μείωση ή και αποφυγή της έκθεσης των ατόμων που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή της ακτίνας δράσης των επιπτώσεων του ατυχήματος. Η μείωση της έκθεσης είναι δυνατό να επιτευχθεί με τη βοήθεια των μέτρων έκτακτης ανάγκης που λαμβάνονται έπειτα από την αναγνώριση του κινδύνου. Οι κυριότερες τακτικές προφύλαξης από την έκθεση στον κίνδυνο είναι ή απομάκρυνση από την περιοχή του ατυχήματος με προσωπική πρωτοβουλία ή στα πλαίσια οργανωμένης εκκένωσης και η αναζήτηση ασφαλούς καταφυγίου εντός κάποιου κτηρίου κ.λπ.. Τα μέτρα έκτακτης ανάγκης δε συνεπάγονται πάντα την εκκένωση της περιοχής του συμβάντος. Πολλές φορές σε περιπτώσεις εμφάνισης τοξικού νέφους, οι οδηγίες έκτακτης ανάγκης συνιστούν παραμονή του πληθυσμού εντός καλά σφραγισμένων (κλειστές πόρτες και παράθυρα) κτηρίων. Στον αντίποδα, οι εκρήξεις όπως προαναφέρθηκε δεν δίνουν συνήθως σημεία προειδοποίησης και κατά συνέπεια δεν υπάρχει χρόνος για εκκένωση των εμπλεκόμενων. Ωστόσο, αν και το αρχικό συμβάν είναι απότομο και ξαφνικό, ανακύπτουν κίνδυνοι από επακόλουθες φωτιές και περαιτέρω εκρήξεις που ίσως καθιστούν επιτακτική τη μερική ή ολική εκκένωση της περιοχής.

Οι φωτιές, όπως είναι γνωστό, προκαλούν καταστροφές σε περιουσίες και περιβάλλον και θέτουν σε μεγάλο κίνδυνο τις ζωές των ανθρώπων που εμπλέκονται σε ατυχήματα προκαλώντας τραυματισμούς ή ακόμα και το θάνατο. Ανάλογες είναι και οι συνέπειες των εκρήξεων οι οποίες, αν και συμβαίνουν σπανιότερα, διαθέτουν δυναμικό πρόκλησης καταστροφών και θανάτων κατά πολύ μεγαλύ-

τερο. Από την άλλη πλευρά η πιθανή διαρροή τοξικών υλικών έπειτα από ατύχημα, δεν προκαλεί μεν καταστροφές σε περιουσίες, ωστόσο θεωρείται -σε αναλογία πάντα με την έκταση της μόλυνσης- εξαιρετικά επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία και μπορεί να οδηγήσει άμεσα σε μαζικούς θανάτους. Ανυπολόγιστες είναι και οι επιβαρύνσεις που καλείται να επωμιστεί το περιβάλλον έπειτα από μία εκτεταμένη διαρροή τοξικών υλών τόσο στην ατμόσφαιρα όσο και το έδαφος, με μακροχρόνιες συνέπειες.

3.2.2. Ανθρώπινες απώλειες

Σε γενικές γραμμές, οι μεγάλοι αριθμοί θυμάτων από πυρκαγιές, εκρήξεις και διαρροές τοξικών που παρουσιάζονται σε αρκετές θεωρητικές μελέτες, προκύπτουν υποθέτοντας τις δυσμενέστερες δυνατές συγκυρίες και συνθήκες και βασίζονται σε μοντέλα υπολογισμών με τις πλέον απαισιόδοξες προβλέψεις. Η υπερεκτίμηση αυτή των απωλειών έρχονται σε αντίθεση με τους αριθμούς των καταγεγραμμένων πραγματικών συμβάντων. Ως το 1984, οπότε και σημειώθηκε η καταστροφή στο Bhopal της Ινδίας, η ασυμφωνία αυτή ήταν παραπάνω από έκδηλη. Το περιστατικό του Bhopal που είχε σαν αποτέλεσμα το θάνατο 4.000 ανθρώπων έπειτα από διαρροή ισοκυανικού μεθυλίου σε εργοστάσιο, δικαιώσε σε μεγάλο βαθμό τις εκτιμήσεις των θεωρητικών μελετών.

Τα περισσότερα σχέδια εκτάκτου ανάγκης στα πλαίσια της διαδικασίας εκτίμησης του κινδύνου ατυχημάτων μεγάλης έκτασης χρησιμοποιούν πληροφορίες που αφορούν στα χαρακτηριστικά του εκτιθέμενου πληθυσμού. Ο πληθυσμός αυτός αποτελείται από δύο ομάδες: τα άτομα που εργάζονται στον τόπο του ατυχήματος (πλήρωμα, οδηγός, χειριστές κ.λ.π.) και τα άτομα του γενικού πληθυσμού που ζουν ή εργάζονται στην ευρύτερη περιοχή του ατυχήματος. Είναι συνήθως εύκολο να προβλεφθεί ο αριθμός των εργαζομένων που εμπλέκονται άμεσα με το σημείο του συμβάντος, δεν ισχύει όμως το ίδιο για την περίπτωση του γενικού πληθυσμού. Τα δεδομένα που απαιτούνται προκειμένου να εκτιμηθεί το μέγεθος του εκτιθέμενου πληθυσμού είναι:

- α) η πληθυσμιακή πυκνότητα
- β) η σύνθεση του πληθυσμού
- γ) οι αλλαγές της πυκνότητας ανάλογα με την ώρα της ημέρας
- δ) οι ευάλωτες κατηγορίες του πληθυσμού και
- ε) τα άτομα που βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους.

Η πληθυσμιακή πυκνότητα είναι η μαθηματική έκφραση του αριθμού των ατόμων ανά μονάδα επιφάνειας, συνήθως άτομα ανά τετραγωνικό χλιόμετρο (άτομα/km²). Η πυκνότητα του πληθυσμού μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια μέσω των στοιχείων της τελευταίας απογραφής. Υπάρχουν επίσης προσεγγιστικά μοντέλα υπολογισμού που προβλέπουν πυκνότητες 4000 κατοίκων ανά km² για αστικές περιοχές και 100 κατοίκους ανά km² για αγροτικές περιοχές.

Η ανάλυση της σύνθεσης του πληθυσμού αναφέρεται στην κατηγοριοποίηση των ατόμων ανάλογα με την ηλικία το φύλο και τις επαγγελματικές τους δραστηριότητες, ώστε να είναι δυνατή η κατά προσέγγιση εκτίμηση της παραμονής τους στο σπίτι, το χώρο εργασίας ή σε εξωτερικό χώρο σε συνδυασμό πάντα με την ώρα της ημέρας.

Ορισμένα άτομα του πληθυσμού τείνουν να εμφανίζουν μεγαλύτερη ενασθησία και να είναι περισσότερο ευάλωτα στους κινδύνους που συνεπάγονται τα τοξικά ατυχήματα. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν κατά κανόνα τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι και τα άτομα με ειδικές ανάγκες. Στην πράξη, γίνε-

ται μια πρώτη ομαδοποίηση του γενικού πληθυσμού σε ενήλικες εργάσιμης ηλικίας από τη μία πλευρά και σε μικρά παιδιά και ηλικιωμένους από την άλλη. Εκτιμάται ότι η πρώτη ομάδα αντιστοιχεί περίπου στο 75% του πληθυσμού και η δεύτερη στο 25%.

Αναφορικά με την κίνηση των ατόμων σε υπαίθριους χώρους θεωρείται (Petts, Lees and Withers, 1987) ότι ο γενικός πληθυσμός της πρώτης ομάδας παραμένει εκτός κτηρίων περίπου 1 ώρα καθημερινά, ενώ για τη δεύτερη ο χρόνος παραμονής λαμβάνεται 1,5 ώρα. Γίνεται επίσης η παραδοχή ότι κατά τις ώρες 18:30 έως 08:00 το ποσοστό των ατόμων που βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους είναι 1%.

Σύμφωνα με την Βρετανική Ένωση για τα συμπιεσμένα αέρια (British Compressed Gases Association, BCGA, 1984) ο χρόνος αντίδρασης ενός ανθρώπου σε μία έκτακτη και απρόσμενη κατάσταση κυμαίνεται μεταξύ 5 και 20 δευτερόλεπτων. Πιο συγκεκριμένα:

(1) Το 5% του πληθυσμού (όπως τα βρέφη και τα άτομα με ειδικές ανάγκες) είναι ανίκανα για οποιαδήποτε αντίδραση.

(2) Το 95% του πληθυσμού είναι ικανό να αντιδράσει ως ακολούθως:

το 80% αντιδρά μέσα σε 15 δευτερόλεπτα,

το 25% αντιδρά μέσα σε 10 δευτερόλεπτα και

το 10% αντιδρά μέσα σε 7,5 δευτερόλεπτα.

Θεωρείται τέλος, ότι κανένα άτομο δεν είναι σε θέση να αντιδράσει εντός 5 δευτερολέπτων.

Το σύνολο των παραπάνω πληροφοριών είναι δυνατό να απεικονίσει αφενός την κατανομή του γενικού πληθυσμού σε χωροχρονικό επίπεδο και αφετέρου να οδηγήσει σε πολύτιμα συμπεράσματα όσον αφορά το είδος και την έκταση των μέτρων έκτακτης ανάγκης κατά περίπτωση.

Διαρροές τοξικών ουσιών

Από τα σημαντικότερα ατυχήματα που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία μόνο ένα μικρό ποσοστό αφορά διαρροές τοξικών υλών. Οι διαρροές αυτές διασκορπίζονται συνήθως πολύ γρήγορα προκαλώντας σχετικά μικρές ανθρώπινες απώλειες. Η τοξική δόση που δέχεται ο οργανισμός είναι συνάρτηση του χρόνου έκθεσης του ατόμου και συνεπώς επηρεάζεται από παραμέτρους που αφορούν την πληθυσμιακή κατανομή στον τόπο του ατυχήματος. Οι τοξικές χημικές ουσίες εισέρχονται στον οργανισμό με τρεις τρόπους: α) την αναπνοή, β) την κατάποση και γ) με εξωτερική επαφή. Κατά κανόνα, τα αέρια, οι ατμοί, οι καπνοί και οι σκόνες εισπνέονται, ενώ τα υγρά και τα στερεά καταπίνονται. Η είσοδος των χημικών ουσιών στο σώμα μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί με απορρόφηση από το δέρμα, τα μάτια, το στόμα, το λάρυγγα και το ουροποιητικό σύστημα. Η έκθεση σε ορισμένους χημικούς παραγόντες έχει σαν αποτέλεσμα την πρόκληση προσωρινών ή και μόνιμων βλαβών στον οργανισμό του ανθρώπου. Το εύρος και η έκταση των βλαβών αυτών ποικίλουν, ενώ τα συμπτώματα μπορούν να εκδηλωθούν άμεσα ή έπειτα από πολλά χρόνια. Τα άμεσα (acute) συμπτώματα είναι συνέπεια μίας μόνο έκθεσης σε υψηλές συγκεντρώσεις κάποιου τοξικού παραγόντα. Αντίθετα, τα χρόνια (chronic) μπορούν να εμφανιστούν έπειτα από πολύχρονη και επαναλαμβανόμενη έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις της χημικής ουσίας. Υπάρχει ωστόσο η περίπτωση οι βιολογικές επιπτώσεις μίας έκθεσης σε υψηλής συγκέντρωσης τοξική ουσία να παρουσιαστούν αρκετά αργότερα. Μία τοξική ουσία είναι δυνατό να επιφέρει βαθμιαίες (graded) ή επιλεκτικές (quantum) επιδράσεις στον οργανισμό. Η βαθμιαία επίδραση χαρακτηρίζει τα συμπτώματα εκείνα που εμφανίζουν προοδευτική επιδείνωση με την αύξηση της δόσης. Για παράδειγμα, η έκθεση σε μονοξείδιο του άνθρακα προκαλεί συμπτώματα σταδιακά αυξανόμενης σοβαρότητας. Από την άλλη πλευρά, η επιλεκτική επίδραση αναφέρεται στο γεγονός της εκδήλωσης συμπτωμάτων σε ορισμένο μόνο αριθμό ατόμων από το σύ-

νολο του πληθυσμού που εκτέθηκε στη χημική ουσία. Στην περίπτωση αυτή, το ποσοστό των ατόμων του πληθυσμού που εμφανίζει τα συμπτώματα, είναι συνάρτηση της ληφθείσας δόσης.

Οι επιπτώσεις μίας οξείας έκθεσης σε τοξικές ουσίες περιλαμβάνουν:

- (1) ερεθισμό του αναπνευστικού συστήματος, των ματιών και του δέρματος
- (2) νάρκωση
- (3) ασφυξία (χημική ή απλή) και
- (4) συστηματικές βλάβες (systemic damage).

Η εισπνοή ορισμένων χημικών ουσιών όπως το χλώριο, επιφέρει ερεθισμό της αναπνευστικής οδού γεγονός που μπορεί να ενεργήσει ως προειδοποίηση. Υπάρχουν ωστόσο διάφορα χημικά, η συγκέντρωση των οποίων στον αέρα ανέρχεται σε τοξικά επίπεδα πριν προκαλέσουν αντιληπτό ερεθισμό, μη παρέχοντας προειδοποιητικά συμπτώματα. Επιπλέον, η εισπνοή ουσιών όπως οι ατμοί υδρογονανθράκων, προκαλεί υπνηλία ή και νάρκωση, επιβραδύνοντας τις αντιδράσεις του εκτιθέμενου ατόμου, με κίνδυνο να υποστεί ατύχημα. Από την άλλη πλευρά συγκεκριμένα χημικά εισπνεόμενα δημιουργούν μία αίσθηση ευφορίας ή μέθης που οδηγεί το άτομο σε υποεκτίμηση των κινδύνων. Πολλά αέρια όπως το ήλιο και το άζωτο, δρουν σαν απλά ασφυξιογόνα διότι εκτοπίζουν το οξυγόνο του αέρα, με συνέπεια την ελάττωση της ελάχιστης απαιτούμενης συγκέντρωσής του για τη διατήρηση των αισθήσεων. Τα χημικά ασφυξιογόνα όπως το μονοξείδιο του άνθρακα και το υδροκυάνιο, επεμβαίνουν στη λειτουργία της αναπνοής και εμποδίζουν την απαραίτητη ποσότητα του οξυγόνου να φτάσει στους διάφορους ιστούς.

Οι επιπτώσεις της χρόνιας έκθεσης σε τοξικές χημικές ουσίες περιλαμβάνουν την πρόκληση τραυματισμών ή ασθενειών. Μία από τις σημαντικότερες ασθένειες που σχετίζεται με την έκθεση σε συγκεκριμένους χημικούς παράγοντες είναι ο καρκίνος. Τα χημικά που αποδεδειγμένα συντελούν στην ανάπτυξη καρκίνου χαρακτηρίζονται καρκινογόνα, ενώ άλλα παρουσιάζουν μεταλλαξιογόνο δράση ή οδηγούν σε τερατογενέσεις. Επιπρόσθετα, ορισμένες χημικές ουσίες εμφανίζουν χαρακτηριστικά βιοσυσώρευσης, τείνουν δηλαδή να συσσωρεύονται στον οργανισμό με την πάροδο του χρόνου και θεωρούνται ιδιαίτερα επιβλαβή. Στην πράξη ποικιλώνυμοι χημικοί παράγοντες προσβάλλουν διαφορετικά σημεία του σώματος και το είδος των βιολογικών τους επιδράσεων εξαρτάται από το δργανό που αφορά η προσβολή αυτή.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί η διαφορά μεταξύ των όρων «έκθεση» και «δόση». Η **έκθεση** αντιστοιχεί στη συγκέντρωση της τοξικής ουσίας στο περιβάλλον εντός του οποίου βρίσκεται το άτομο (π.χ. στον αέρα που αναπνέει ή στο νερό που πίνει). Η **δόση** από την άλλη πλευρά, αφορά την ποσότητα της τοξικής ουσίας που φθάνει σε συγκεκριμένο όργανο ή ιστό του σώματος που εξετάζεται.

Η σύγκριση των δεδομένων που αναφέρονται στην τοξικότητα οδηγεί στον ορισμό του **τοξικού φορτίου** (Toxic Load). Το τοξικό φορτίο είναι μία ανεξάρτητη μεταβλητή με τη βοήθεια της οποίας εκφράζεται μαθηματικά το μέγεθος της βιολογικής βλάβης. Στην περίπτωση της κατάποσης, το τοξικό φορτίο **L**, ισοδυναμεί με τη δόση **d**, δηλαδή **L = d**

Στην περίπτωση της εισπνοής αερίου, το τοξικό φορτίο **L** είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης **c** και του χρόνου **t** και μπορεί να εκφραστεί ως γινόμενο:

$$L = c t \text{ ή εναλλακτικά } L = c t^m$$

Για οξεία βραχυπρόθεσμη έκθεση μέσω εισπνοής τοξικού αερίου, η τιμή του **m** για πειραματόζωα τείνει να είναι μικρότερη από τη μονάδα, συνήθως της τάξης του 0,5.

Σημαντικές έννοιες που αναφέρονται στο μέγεθος της έκθεσης σε μία τοξική ουσία είναι το **όριο συγκέντρωσης** και το **όριο δόσης**.

To όριο συγκέντρωσης LC_{50} (Median Lethal Concentration) εκφράζει τη συγκέντρωση της ουσίας

στην οποία το 50 % των εκτιθέμενων πειραματόζων (συνήθως αρουραίων ή ποντικών) θα πεθάνει αν εκτεθεί για κάποιο συγκεκριμένο χρόνο της τάξης των 10 έως 30 λεπτών.

To ório δόσης LD50 (Median Lethal Dose) απεικονίζει τη δόση της τοξικής ουσίας η οποία έχει σαν αποτέλεσμα το θάνατο του 50 % των πειραματόζων σε συνθήκες ανάλογες με αυτές του προηγούμενου ορισμού.

Έχουν οριστεί δύο τύποι οριακών τιμών τοξικότητας. Ο πρώτος αφορά τα επαγγελματικά όρια έκθεσης (occupational exposure limits) και ο δεύτερος τα όρια έκθεσης έκτακτης ανάγκης (emergency exposure limits). Η ένωση της Βιομηχανικής Υγιεινής των ΗΠΑ (American Industrial Hygiene Association, AIHA), δημοσίευσε μία σειρά ορίων έκθεσης έκτακτης ανάγκης, γνωστά ως ERPG (Emergency Response Planning Guidelines). Το όριο ERPG εκφράζει τη μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση της ουσίας στον αέρα, στην οποία θεωρείται ότι σχεδόν όλα τα άτομα είναι δυνατό να εκτεθούν για μία ώρα χωρίς να αναπτύξουν συγκεκριμένα συμπτώματα όπως αυτά καθορίζονται παρακάτω. Χρησιμοποιούνται κυρίως τρεις διαβαθμίσεις των ορίων αυτών:

Πίνακας 3.2.2.1

| Όριο ERPG | Επίπτωση |
|-----------|--|
| ERPG - 1 | Συμπτώματα με ήπιο και παροδικό χαρακτήρα ή αντίληψη συγκεκριμένης δυσάρεστης και ενοχλητικής οσμής. |
| ERPG - 2 | Σοβαρά, μη αναστρέψιμα προβλήματα υγείας, ή συμπτώματα που εμποδίζουν τον εκτιθέμενο να λάβει προστατευτικά μέτρα. |
| ERPG - 3 | Συμπτώματα που απειλούν τη ζωή του εκτιθέμενου ατόμου. |

Το επικρατέστερο σήμερα σύστημα οριακών τιμών έκθεσης (Threshold Limit Values, TLV's) σε διεθνές επίπεδο είναι αυτό των Αμερικανών Υγιεινολόγων (American Conference of Government Industrial Hygienists, ACGIH).

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες οριακών τιμών έκθεσης:

- (1) η χρονικά σταθμισμένη μέση οριακή τιμή έκθεσης (TLV- Time Weighted Average, TWA)
- (2) η οριακή τιμή έκθεσης μικρής διάρκειας (TLV-Short Term Exposure Limit, STEL) και
- (3) οριακή τιμή έκθεσης οροφής (TLV-Ceiling, C).

Η **TLV-TWA** είναι η χρονικά σταθμισμένη μέση τιμή συγκέντρωσης για μία κανονική οκτάωρη ημέρα εργασίας ή εβδομάδα 40 ωρών εργασίας στην οποία όλοι οι εργαζόμενοι μπορούν να εκτίθενται επανειλημμένα χωρίς επιπτώσεις στην υγεία τους.

Η **TLV-STEL** είναι η μέγιστη συγκέντρωση στην οποία επιτρέπεται να εκτεθούν οι εργαζόμενοι για μία περίοδο 15 λεπτών συνεχόμενα χωρίς επιπτώσεις. Επιτρέπονται έως και τέσσερις δεκαπεντάλεπτες εκθέσεις ανά ημέρα με χρονικό διάστημα τουλάχιστον 60 λεπτών ανάμεσα σε κάθε μία από αυτές.

Η **TLV-C** αντιστοιχεί στη συγκέντρωση που δεν επιτρέπεται να ξεπεραστεί σε καμία περίπτωση, ακόμα και στιγμιαία. Η τελευταία βρίσκεται ειδικότερα εφαρμογή σε ουσίες με ταχύτατη τοξική δράση.

Οι παραπάνω οριακές τιμές εκφράζονται συνήθως σε μονάδες ppm (parts per million) μέρη αερίου ή ατμού ανά εκατομμύριο μέρη μίγματος με τον αέρα σε θερμοκρασία 25 °C και πίεση 760 mmHg και mg/m³ (χιλιοστογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο).

Φωτιές

Οι φωτιές διαθέτουν υπολογίσιμο δυναμικό πρόκλησης εκτεταμένων καταστροφών σε περιουσίες και θανάσιμων τραυματισμών σε ανθρώπους. Η εκτίμηση των επιδράσεων της φωτιάς στον ανθρώπινο οργανισμό πηγάζει από τη μελέτη της θερμικής ακτινοβολίας και την επακόλουθη συσχέτισή της με τη δημιουργία εγκαυμάτων στο σώμα. Τα εγκαύματα αυτά μπορεί να είναι συνέπεια μίας σύντομης αλλά ισχυρής δόσης θερμικής ακτινοβολίας ή και άμεσης επαφής του σώματος με τις φλόγες. Χαρακτηριστική περίπτωση δημιουργίας εγκαυμάτων από άμεση επαφή με φλόγες είναι αυτή της ανάφλεξης των ρούχων του ατόμου συνεπεία των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται λόγω της θερμικής ακτινοβολίας.

Ο τρόπος αντίδρασης ενός ανθρώπου σε περιστατικό φωτιάς εξαρτάται από τη φύση του συμβάντος και την ετοιμότητα ή ψυχοραμία του ατόμου. Οι επιπτώσεις της θερμικής ακτινοβολίας στον ανθρώπο διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με την πηγή της ακτινοβολίας. Χαρακτηριστική πηγή θερμικής ακτινοβολίας είναι μία πύρινη σφαίρα σαν επακόλουθο ενός φαινομένου BLEVE. Στατιστικά ο τύπος της φωτιάς αυτής εγκυμονεί τους μεγαλύτερους κινδύνους όσον αφορά την πρόκληση πολυάριθμων σοβαρών τραυματισμών. Ατυχήματα που περιλαμβάνουν φωτιές λίμνης, λόγω της σταδιακής εξέλιξής τους, προσφέρουν συνήθως περισσότερο χρόνο για αντίδραση ή ασφαλή διαφυγή. Η σοβαρότητα των επιπτώσεων της έκθεσης σε θερμική ακτινοβολία, είναι συνάρτηση της έντασης της ακτινοβολίας και της διάρκειας της έκθεσης, ενώ η θνησιμότητα των τραυματιών επηρεάζεται καταλυτικά από την ηλικία. Οι μικρότερες ηλικίες εμφανίζουν υψηλότερες αντοχές σε εκτεταμένα εγκαύματα και συνεπώς μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης έπειτα από σοβαρό τραυματισμό. Ο πίνακας 3.2.2.2 απεικονίζει τα ποσοστά θνησιμότητας περιστατικών που διακομίστηκαν σε νοσοκομεία με εγκαύματα κλιμακούμενης σοβαρότητας συναρτήσει της επιφάνειας του δέρματος που εκτέθηκε και της ηλικιακής ομάδας στην οποία ανήκαν οι τραυματίες (J.C. Lawrance, 1991).

Πίνακας 3.2.2.2

| Επιφάνεια εγκαύματος (%) | Ηλικία (έτη) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 0-4 | 5-9 | 10-14 | 15-19 | 20-24 | 25-29 | 30-34 | 35-39 | 40-44 | 45-49 | 50-54 | 55-59 | 60-64 | 65-69 | 70-74 | 75-79 | 80-84 | 85 + |
| 93 + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 88-92 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 83-87 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 78-82 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 73-77 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 68-72 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 63-67 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 58-62 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 53-57 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 48-52 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 43-47 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 38-42 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 33-37 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 28-32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 23-27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 1 | |
| 18-22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,9 |
| 13-17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,7 |
| 8-12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| 3-7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 0-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

Ο τραυματισμός που προκαλείται από μία σύντομη αλλά ισχυρή δύση θερμικής ακτινοβολίας μπορεί να περιγραφεί με πολλούς τρόπους. Ο πιο βιολικός τρόπος είναι ο ορισμός του συντελεστή τραυματισμού (injury factor), που εκφράζεται με το γινόμενο της έντασης της θερμικής ακτινοβολίας και του χρόνου έκθεσης.

Η εμπειρική μαθηματική σχέση που χρησιμοποιείται συνήθως είναι:

$t I^n = \text{σταθερό}$,

όπου I η ένταση της θερμικής ακτινοβολίας (kW/m^2),

t ο χρόνος έκθεσης (sec) και

n ένας δείκτης.

Ο Hymes (1983), προτείνει την τιμή $n = 1,33$ που καλύπτει ικανοποιητικά τις περιπτώσεις των θανάσιμων και μη τραυματισμών. Ένα ακόμα χρήσιμο μέγεθος είναι το θερμικό φορτίο L που εκφράζεται ως $L = t I^{4/3}$ και η θερμική δύση $D = t I$ με μονάδες kJ/m^2 .

Το ανθρώπινο δέρμα αποτελείται από δύο στρώματα, την επιδερμίδα και το χόριο. Το πάχος του κυμαίνεται από 5 χιλιοστά στην περιοχή της πλάτης έως 0,5 χιλιοστά στα βλέφαρα των ματιών. Η συνολική επιφάνεια που καλύπτει το δέρμα στο μέσο άνθρωπο είναι $1,8 \text{ m}^2$. Οι επιπτώσεις της θερμικής ακτινοβολίας διακρίνονται κατά αύξοντα βαθμού σοβαρότητας σε:

α) *Έγκαύματα πρώτου βαθμού*. Η επιφάνεια του δέρματος παρουσιάζει έντονη και παρατεταμένη ερυθρότητα.

β) *Έγκαύματα δεύτερου βαθμού*. Εμφανίζονται φλύκταινες στο δέρμα που συνοδεύονται από έντονο πόνο.

γ) *Έγκαύματα τρίτου βαθμού*. Εμφανίζεται απανθράκωση του δέρματος.

Το έγκαυμα πρώτου βαθμού επηρεάζει μόνο την επιδερμίδα. Εμφανίζεται ερυθρότητα, αλλά όχι φλύκταινες. Το έγκαυμα δεύτερου βαθμού μπορεί να είναι επιφανειακό ή βαθύ. Στην πρώτη περίπτωση, η βλάβη αφορά την επιδερμίδα και μέρος του χορίου, ενώ εμφανίζονται και φλύκταινες. Στη δεύτερη, η βλάβη επηρεάζει βαθύτερα το χόριο προκαλώντας σοβαρότερο τραυματισμό. Ένα έγκαυμα τρίτου βαθμού καταστρέφει και την επιδερμίδα και το χόριο. Ο βαθμός του τραυματισμού από έγκαυμα σχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία του δέρματος. Στους 44°C εμφανίζεται το αίσθημα του πόνου, ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες προκαλείται τραυματισμός. Η έκταση του τραυματισμού αυξάνεται ραγδαία με τη θερμοκρασία. Στους 50°C ο βαθμός του τραυματισμού (injury rate) είναι περίπου 100 φορές μεγαλύτερος από ότι στους 44°C με 45°C . Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει τις επιπτώσεις σε έμψυχο και άψυχο υλικό συναρτήσει της ισχύος θερμικής ακτινοβολίας.

Πίνακας 3.2.2.3

| Ένταση Θερμικής Ακτινοβολίας (kW/m^2) | Παρατηρούμενο αποτέλεσμα |
|--|---|
| 1,6 | Καμία δυσάρεστη επίδραση ακόμα και για μακροχρόνια έκθεση. |
| 4,0 | Ικανή να προκαλέσει πόνο στο προσωπικό σε διάστημα 20 δευτερολέπτων. Είναι πιθανή η δημιουργία εγκαυμάτων έως και 2ου βαθμού. |
| 9,5 | Ο πόνος γίνεται αισθητός μέσα σε 8 δευτερόλεπτα. Έγκαύματα 2ου βαθμού εμφανίζονται έπειτα από έκθεση 20 δευτερολέπτων. |
| 12,5 | Ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια για την ανάφλεξη του ξύλου και τήξη πλαστικών σωλήνων (κατευθυνόμενη (piloted) πρόσπτωση ακτινοβολίας). |

| | |
|------|--|
| 37,5 | Ικανή να προκαλέσει σοβαρές ζημιές σε εξοπλισμό και ανάφλεξη ξύλινων αντικειμένων σε μακροχρόνια έκθεση (διάχυτη ακτινοβολία). |
|------|--|

Μερική προστασία από την επίδραση της θερμικής ακτινοβολίας μπορούν να προσφέρουν τα ρούχα που συνήθως καλύπτουν μεγάλο ποσοστό του ανθρώπινου σώματος. Ωστόσο η προστασία αυτή είναι περιορισμένη, εξαιτίας της πιθανότητας να αναφλεγούν λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται σε περίπτωση πυρκαγιάς. Σύμφωνα με τον Hymes, η πλειοψηφία των εμπορικών ενδυμάτων αυτοαναφλέγεται εντός 5 δευτερολέπτων υπό την επίδραση θερμικής ακτινοβολίας της τάξης των 75 kW/m^2 . Η ανάφλεξη των ρούχων ενέχει δύο κινδύνους: αφενός εμποδίζει την προσπάθεια του ευρισκόμενου σε κίνδυνο ατόμου να διαφύγει, καθώς στρέφει την προσοχή του πρωτίστως στην κατάσβεση των ρούχων του και αφετέρου προκαλεί εγκαύματα στα σημεία επαφής των ενδυμάτων με το σώμα. Η θερμική ενέργεια της καύσης των υφασμάτων βρίσκεται στην περιοχή των $5-20 \text{ kJ/g}$, μέγεθος που μεταφράζεται σε $1-4 \text{ Joule/mm}^2$ υφάσματος. Κατά την καύση των ενδυμάτων μεταφέρεται ένα ποσοστό της τάξης του 15% έως 50% της θερμικής ενέργειας στον άνθρωπο. Η ενέργεια αυτή ισοδυναμεί με θερμική δύση που κυμαίνεται μεταξύ 105 και 365 kJ/m^2 . Στην πράξη, σε κάθε τετραγωνικό εκατοστό καμένου υφάσματος αντιστοιχεί ίσης επιφάνειας καμένη επιδερμίδα.

Εκτός όμως από τις άμεσες θερμικές επιπτώσεις των πυρκαγιών, σοβαρό παράγοντα κινδύνου αποτελούν και οι έμμεσες. Ο δρός αναφέρεται στην εισπνοή τοξικών αερίων, ατμών και καπνού που παραγονται σε πολλές περιπτώσεις κατά την καύση διαφόρων χημικών ουσιών. Η εισπνοή των καπνών ή των τοξικών ουσιών που απελευθερώνονται είναι δυνατό να επιφέρει ακόμα και το θάνατο, προκαλώντας ασφυξία ή δηλητηρίαση. Στατιστικά, οι περισσότεροι επικίνδυνες φωτιές τόσο σε επίπεδο ανθρώπινων απωλειών, όσο και σε επίπεδο υλικών καταστροφών, είναι αυτές που ξεσπούν ή μεταδίδονται στο εσωτερικό κτηρίων. Αν και η ανάλυση των πυρκαγιών σε κτήρια ξεφεύγει από τους σκοπούς της μελέτης αυτής, κρίνεται σκόπιμη μία σύντομη αναφορά, στα πλαίσια των ομοιοτήτων που παρουσιάζουν οι συνθήκες στο εσωτερικό των κτηρίων με αυτές στο εσωτερικό των εμπορικών πλοίων. Τα τοξικά αέρια που παραγονται σε φωτιές κλειστών χώρων είναι κυρίως προϊόντα της καύσης όπως το διοξείδιο και το μονοξείδιο του άνθρακα. Η ποσότητα του μονοξειδίου του άνθρακα αυξάνεται, όταν η παροχή του αέρα στο χώρο της πυρκαγιάς είναι περιορισμένη, λόγω ατελούς καύσης. Όπως είναι γνωστό, το μονοξείδιο του άνθρακα έχει περίπου ίση πυκνότητα με αυτή του αέρα και διαχέεται εύκολα. Είναι άσομο και επομένως δύσκολα ανιχνεύσιμο. Μία συγκέντρωση της τάξης του 1,3% αρκεί για να προκαλέσει απώλεια των αισθήσεων, μετά από λίγες μόνο αναπνοές. Το διοξείδιο του άνθρακα θεωρείται επίσης τοξικό, αλλά η δράση του σε κλειστούς χώρους είναι κυρίως ασφυξιογόνος. Συγκέντρωση της τάξης του 9% προκαλεί γενικά απώλεια των αισθήσεων μέσα σε λίγα λεπτά. Άλλα περισσότερο τοξικά αέρια μπορεί να απελευθερωθούν από την καύση υλικών όπως πλαστικά και λάστιχο. Ανάμεσα σε αυτά είναι το υδροχλώριο, το διοξείδιο του θείου, το υδροκυάνιο και το φωσγένιο, οι βιολογικές επιδράσεις των οποίων παρουσιάστηκαν σε προηγούμενη ενότητα. Ο καπνός που συνοδεύει τις πυρκαγιές, έχει την ιδιότητα να εμποδίζει την ορατότητα, δυσχεραίνοντας τόσο τη διαφυγή των ατόμων από το χώρο της φωτιάς όσο και το έργο της διάσωσης και θεωρείται υπεύθυνος για την πλειοψηφία των θανάτων που σημειώνονται σε πυρκαγιές κτηρίων.

Η ακτίνα δράσης μίας φωτιάς, εξαρτάται από το είδος της. Οι φωτιές εκτός από αυτή της καύσης νέφους αερίου εκδηλώνονται σε σταθερό σημείο και συνεπώς οι επιπτώσεις τους καθορίζονται από την ένταση της θερμικής ακτινοβολίας, η εξασθένιση της οποίας, υπακούει στο νόμο του αντίστροφου τετραγώνου. Ακολούθως παρατίθενται μαθηματικές σχέσεις που εκφράζουν τα ποσοστά θνησιμότη-

τας (1% και 50%), συναρτήσει του θερμικού φορτίου που αναπτύσσεται σε κάθε περίπτωση.

α) Πύρωνες σφαίρες

Ο Prugh (1994) για φωτιά προπανίου, χρησιμοποιεί τη σχέση:

$$r_{50} = 38 (M_T)^{0,46} \quad (6)$$

Όπου M_T είναι η μάζα του καυσίμου σε τόνους και r η απόσταση σε μέτρα στην οποία παρατηρείται θνησιμότητα 50%.

β) Φωτιές λίμνης

Οι παρακάτω σχέσεις που δίνονται από τον Considine (1984) αφορούν την περίπτωση διαρροής μικρής διάρκειας υπό συνθήκες νημεμίας.

$$r_{50} = 16,1 M^{0,38} \quad \text{και} \quad r_{01} = 21,7 M^{0,38} \quad (7)$$

Όπου r_{50} και r_{01} οι αποστάσεις σε μέτρα από το κέντρο της διαρροής για θνησιμότητα 50% και 1% αντίστοιχα και M η μάζα του καυσίμου σε (te) LPG (ισοδύναμοι τόνοι LPG).

Ο χρόνος έκθεσης θεωρείται ίσος με το χρόνο καύσης.

γ) Φωτιές πυρσού

Για φωτιές πυρσού από LPG, το μοντέλο των Considine και Grint δίνει:

$$L = 9,1 m^{0,5} \quad \text{και} \quad W = 0,25 L \quad (8)$$

Όπου L το μήκος της φλόγας του πυρσού σε μέτρα, m ο ρυθμός διαρροής του καυσίμου (kg/sec). Για άτομα που βρίσκονται έναντι του μετώπου της φλόγας ισχύει:

$$\begin{aligned} r_{50} &= 16 t^{0,4} m^{0,47} && \text{όταν } 1 < m < 3000 \\ r_{01} &= 2,8 t^{0,38} m^{0,47} && \text{όταν } 10 < t < 300 \end{aligned} \quad (9)$$

Όπου r είναι η απόσταση από την άκρη της φλόγας για δεδομένη θνησιμότητα σε μέτρα και t ο χρόνος έκθεσης σε sec.

Για άτομα που βρίσκονται εκατέρωθεν της φλόγας ισχύει:

$$\begin{aligned} r_{50} &= 1,9 t^{0,4} m^{0,47} && \text{όταν } 1 < m < 3000 \quad \text{και} \quad 10 < t < 300 \\ r_{01} &= 2,8 t^{0,38} m^{0,47} && \text{όταν } r > W \end{aligned} \quad (10)$$

Όπου r η απόσταση σε μέτρα από τον άξονα της φλόγας για δεδομένη θνησιμότητα.

Εκρήξεις

Μία έκρηξη μπορεί γενικά να έχει σαν αποτέλεσμα:

α) βλάβες από το ωστικό κύμα

β) θερμικές επιπτώσεις

γ) βλάβες από τα θραύσματα

δ) πρόκληση δονήσεων (μικρού σεισμού) στην περιοχή του συμβάντος

ε) δημιουργία κρατήρα στο έδαφος και
στ) τραυματισμό ανθρώπων και ζώων.

Τα παραπάνω αν και αποτελούν χαρακτηριστικά όλων των εκρήξεων, δεν λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα, αλλά εξαρτώνται από το είδος και το μέγεθος της έκρηξης: Για παράδειγμα μία έκρηξη στον αέρα, κατά κανόνα δε δημιουργεί κρατήρα, ο οποίος είναι γνώριμη συνέπεια ανατίναξης εκρηκτικών υλών. Τα φαινόμενα που συνοδεύουν την έκρηξη, επιδρούν περισσότερο ή λιγότερο –ανάλογα πάντα με την ισχύ της– στον πληθυσμό που εκτίθεται. Προκειμένου να εκτιμηθεί η έκθεση στον κίνδυνο, διακρίνονται δύο κατηγορίες γενικού πληθυσμού: τα άτομα στην ύπαιθρο (εξωτερικούς χώρους) και τα άτομα εντός κτηρίων (σε εσωτερικούς χώρους). Για κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες υπάρχουν περαιτέρω υποκατηγορίες ή ομάδες με κριτήριο την κατάσταση στην οποία βρίσκονται και την αντίδρασή τους στο συμβάν.

Τα άτομα που βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους χωρίζονται σε:

I1) άτομα ενήμερα ή και ανυποψίαστα για το συμβάν που ασχολούνται με τις καθημερινές τους υποχρεώσεις

I2) άτομα ενήμερα για το συμβάν το οποίο και παρατηρούν από κάποιο παράθυρο, ή άτομα που αγνοούν το συμβάν και απλά έτυχε να βρίσκονται μπροστά σε παράθυρο.

Από την άλλη πλευρά, τα άτομα που βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους διακρίνονται σε:

O1) πεζούς ανυποψίαστους ή ενήμερους για το συμβάν που μετακινούνται στα πλαίσια των καθημερινών τους εργασιών

O2) άτομα που βρίσκονται εντός οχημάτων κοντά στον τόπο του ατυχήματος

O3) άτομα τα οποία αν και γνωρίζουν για το συμβάν προσεγγίζουν το σημείο από περιέργεια και

O4) μέλη των σωστικών συνεργείων. ή γενικά των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης. που καταφθάνουν στον τόπο του ατυχήματος.

Ο αριθμός των ατόμων που τοποθετούνται στις παραπάνω κατηγορίες, διαφοροποιείται με το χρόνο, καθώς καταλυτικό ρόλο παίζει το διάστημα που μεσολαβεί από την έναρξη του συμβάντος μέχρι την έκρηξη. Η διαφοροποίηση αυτή αφορά τόσο τα άτομα σε εξωτερικούς χώρους, όσο και αυτά στους εσωτερικούς: Όταν παρέχεται χρόνος αντίδρασης, οι αριθμοί των εκτεθειμένων ατόμων αυξομειώνονται. Από τη μία πλευρά, πεζοί και εποχούμενοι θα προσπαθήσουν να απομακρυνθούν από τον τόπο του συμβάντος, ή να λάβουν στοιχειώδη προστατευτικά μέτρα, από την άλλη όμως υπάρχει σε πολλές περιπτώσεις συσσώρευση ατόμων που από περιέργεια παρατηρούν τα δρώμενα. Παράλληλα αρχίζουν να καταφθάνουν τα μέλη των σωστικών συνεργείων, της πυροσβεστικής, της αστυνομίας κ.λπ. Συνεπώς, ο συνολικός αριθμός των εκτιθέμενων ατόμων θα μεταβάλλεται συνεχώς καθώς εξελίσσεται το συμβάν.

Οι αιτίες των διαφόρων βλαβών που μπορεί να προκαλέσει μία έκρηξη σε άτομα ευρισκόμενα σε εξωτερικό χώρο περιλαμβάνουν:

- α) το ωστικό κύμα
- β) η βίαιη απώθηση του σώματος ή πτώση
- γ) τα θραύσματα
- δ) η θερμική ακτινοβολία και
- ε) τοξικά αέρια της έκρηξης.

Τα αντίστοιχα είδη των πιθανών τραυματισμών είναι:

- α) η θραύση του ακουστικού τυμπάνου

- β) πνευμονική αιμορραγία
- γ) τραυματισμός από πτώση ή πρόσκρουση σε ακίνητο εμπόδιο εξαιτίας της παράσυρσης του σώματος
- δ) τραυματισμός από τα εκτοξευόμενα θραύσματα
- ε) εγκαύματα από τη θερμική ακτινοβολία και
- στ) τοξική δηλητηρίαση.

Εντελώς ανάλογοι είναι και οι πιθανοί τραυματισμοί ατόμων που βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους τη στιγμή της έκρηξης. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι τα τελευταία είναι επιπρόσθετα υποκείμενα στον κίνδυνο του τραυματισμού από πτώση οικοδομικών υλικών ή και ολόκληρου του κτηρίου, αλλά και της ασφυξίας λόγω της σχηματιζόμενης σκόνης η οποία σε μεγάλες πυκνότητες, εμφανίζει ασφυξιογόνες ιδιότητες.

Ρήξη ακουστικού τυμπάνου

Η βασική λειτουργία του ανθρώπινου αυτιού είναι η ανταπόκριση σε ηχητικά κύματα πολύ χαμηλής ενέργειας με εύρος συχνότητας 20 - 20.000 Hz. Το ωστικό κύμα μίας έκρηξης, από την άποψη της φυσικής επιστήμης, έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το ηχητικό κύμα. Ωστόσο, το αυτί αδυνατεί να ανταποκριθεί σε ένα παλμό υψηλής ενέργειας και περιόδου μικρότερης από 0,3 ms όπως είναι το ωστικό κύμα της έκρηξης, με αποτέλεσμα την απότομη σύσπαση του και επακόλουθη ρήξη του τυμπάνου λόγω της δημιουργηθείσας στιγμαίας υπερπίεσης. Ο F.G. Hirsch (1968) που έχει μελετήσει τη φυσιολογία της ανθρώπινης ακοής, υποστηρίζει ότι υπάρχει σαφής σχέση μεταξύ της μέγιστης υπερπίεσης (peak overpressure) και τη ρήξης του τυμπάνου. Επιπλέον αποδεικνύεται ότι μία απότομη αύξηση της υπερπίεσης τείνει στην ενίσχυση της πιθανότητας πρόκλησης βλαβών στο ακουστικό τύμπανο. Ο παρακάτω πίνακας απεικονίζει την πιθανότητα της ρήξης του τυμπάνου συναρτήσει της αναπτυσσόμενης από το ωστικό κύμα υπερπίεσης.

Πίνακας 3.2.2.4

| Πιθανότητα ρήξης τυμπάνου (%) | Μέγιστη υπερπίεση | |
|-------------------------------|-------------------|---------------------|
| | (psi) | (N/m ²) |
| 1 (κατώφλι) | 2,4 | 16.500 |
| 10 | 2,8 | 19.300 |
| 50 | 6,3 | 43.500 |
| 90 | 12,2 | 84.000 |

Τραυματισμός πνεύμονα

Υπό την επίδραση ενός ωστικού κύματος, η εξωτερική πίεση που εφαρμόζεται στο θωρακικό τοίχωμα είναι μεγαλύτερη από την εσωτερική. Το φαινόμενο αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την κίνηση του θωρακικού τοιχώματος προς το εσωτερικό και την πρόκληση τραυματισμού στους πνεύμονες. Η κίνηση αυτή του θωρακικού τοιχώματος διαρκεί ορισμένο χρόνο, γεγονός που καθιστά σημαντική παραμέτρο τη χρονική διάρκεια του ωστικού κύματος. Έχει πειραματικά αποδειχθεί, ότι ο ρόλος της αναπτυσσόμενης υπερπίεσης είναι καθοριστικός μόνο σε περιπτώσεις μεγάλης σχετικά διάρκειας του

ωστικού κύματος. Αναφορές θνησιμότητας από πνευμονική αιμορραγία στη διεθνή βιβλιογραφία παρατίθενται από τους Fugelso, Weiner και Breeding:

Πίνακας 3.2.2.5

| Πιθανότητα θανάτου (%) | Μέγιστη υπερπίεση | |
|------------------------|-------------------|---------------------|
| | (psi) | (N/m ²) |
| 1 (κατώφλι) | 14,5 | 100.000 |
| 10 | 17,5 | 120.000 |
| 50 | 20,5 | 140.000 |
| 90 | 25,5 | 175.000 |
| 99 | 29,0 | 200.000 |

Παράσυρση ή πτώση ολόκληρου του σώματος

Το ωστικό κύμα μιας έκρηξης είναι δυνατό να παρασύρει ανθρώπους και αντικείμενα για αρκετή απόσταση προς την κατεύθυνση διάδοσής του. Η απώθηση αυτή είναι κατά κανόνα βίαιη, απότομη και καταλήγει πολλές φορές στην πτώση του ατόμου από την όρθια στάση, η την πρόσκρουσή του σε ακίνητα ή κινητά εμπόδια, με συνέπεια τον τραυματισμό του. Η πτώση του ατόμου στο έδαφος είναι στατιστικά απίθανο να προκαλέσει σοβαρό τραυματισμό, ωστόσο ή πρόσκρουση σε άκαμπτο εμπόδιο, είναι δυνατό, ανάλογα πάντα με τη σκληρότητα και το σχήμα του εμποδίου, αλλά και το μέρος του σώματος που εμπλέκεται, να οδηγήσει ακόμα και στο θάνατο. Ο πίνακας 3.2.2.6 παρουσιάζει δεδομένα αναφορικά με τραυματισμούς που προκύπτουν από την απώθηση ολόκληρου του σώματος σαν συνάρτηση της ταχύτητας πρόσκρουσης, (Glasstone, 1962).

Πίνακας 3.2.2.6

| Κατάσταση ατόμου / Φύση τραυματισμού | Ταχύτητα πρόσκρουσης (m/sec) |
|---------------------------------------|------------------------------|
| Πρόσκρουση όρθιου ατόμου | |
| «Ασφαλής περιοχή»: | |
| Καμία δυσάρεστη επίπτωση | < 2,44 |
| Σοβαρή ενόχληση ή πόνος | 2,44 – 3,05 |
| Τραυματισμός: | |
| Κατώφλι τραυματισμού | 3,05 – 3,7 |
| Κατώφλι κατάγματος (φτέροντας, πόδια) | 4,0 – 4,9 |
| Πρόσκρουση καθήμενου ατόμου | |
| «Ασφαλής περιοχή»: | |
| Καμία δυσάρεστη επίπτωση | < 2,44 |
| Σοβαρή ενόχληση ή πόνος | 2,44 – 4,3 |
| Τραυματισμός: | |
| Κατώφλι τραυματισμού | 4,6 – 7,9 |
| Κάταγμα κρανίου: | |
| Ασφαλής περιοχή | 3,0 |
| Κατώφλι | 4,0 |

| | |
|--|------|
| Πιθανότητα 50% | 5,5 |
| Πιθανότητα 100% | 7,0 |
| Πρόσκρουση ολόκληρου του σώματος: | |
| Ασφαλής περιοχή | 3,0 |
| Κατώφλι θανάσιμου τραυματισμού | 6,4 |
| Θνησιμότητα 50% | 16,5 |
| Θνησιμότητα 100% | 42,0 |

Τραυματισμός από θραύσματα

Τα θραύσματα είναι μικρότερα ή μεγαλύτερα τεμάχια διαφόρων υλικών που εκτοξεύονται με μεγάλες συνήθως ταχύτητες με κατεύθυνση από το κέντρο της έκρηξης προς τα έξω. Διακρίνονται σε πρωτεύοντα και δευτερεύοντα θραύσματα. Πρωτεύοντα θραύσματα θεωρούνται αυτά που προέρχονται από το κέντρο της έκρηξης π.χ κομμάτια δοχείου πίεσης και χρακτηρίζονται από υψηλές ταχύτητες. Τα δευτερεύοντα θραύσματα πηγάζουν από τις καταστροφικές επιδράσεις του ωστικού κύματος της έκρηξης στις διάφορες δομές, έχουν χαμηλότερες κατά κανόνα ταχύτητες από τα πρωτεύοντα, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις θεωρούνται εξίσου επικίνδυνα. Παραδείγματα τέτοιων θραυσμάτων αποτελούν κομμάτια από το όχημα, πέτρες και χώμα από το σχηματισμό του κρατήρα στο έδαφος, τα διάφορα οικοδομικά υλικά (τούβλα, κεραμίδια κ.λπ.) και κομμάτια γυαλιού από θραύση υαλοπινάκων. Πολλά από αυτά είναι σχετικά μεγάλα σε μέγεθος, με αμβλύ σχήμα και εκτοξεύονται με χαμηλές ταχύτητες. Τα σπασμένα γυαλιά ωστόσο, είναι μικρά σε μέγεθος, αιχμηρά και αποκτούν συνήθως μεγάλες ταχύτητες, γεγονός που τα καθιστά ικανά να προκαλέσουν τραυματισμούς σε αποστάσεις αρκετά μεγαλύτερες από το κέντρο της έκρηξης σε σύγκριση με τα συνήθη δευτερεύοντα θραύσματα.

Προκειμένου να εκτιμηθούν οι συνέπειες της επίδρασης των θραυσμάτων στους ανθρώπους είναι απαραίτητη η διάκρισή τους σε αιχμηρά και μη αιχμηρά τεμάχια. Τα αιχμηρά θραύσματα διεισδύουν στο δέρμα, ενώ τα μη αιχμηρά προκαλούν τραυματισμό μέσω της πίεσης επαφής που ασκούν κατά την πρόσκρουσή τους στο σώμα. Ένα θραύσμα θεωρείται γενικά επικίνδυνο όταν η κινητική του ενέργεια είναι τουλάχιστον 79 Joule. Στην πράξη ωστόσο, θραύσματα με τιμές κινητικής ενέργειας από 40 μέχρι 60 J προκαλούν ενίστε σοβαρά θραύσματα στο σώμα. Η μαθηματική έκφραση της κινητικής ενέργειας E_k είναι:

$$E_k = \frac{1}{2} m_f u_f^2$$

Όπου m_f είναι η μάζα του θραύσματος σε χιλιόγραμμα και u_f η ταχύτητα πρόσκρουσης σε m/sec.

Η μέθοδος της κινητικής ενέργειας μπορεί να εφαρμοστεί για μάζες θραυσμάτων στην περιοχή 0,1 - 4,5 kg. Για μικρότερες μάζες θραυσμάτων, χρησιμοποιείται η εξίσωση:

$$u_{50} = 1247 k^{2/3} m f^{2/3} + 22,03 \quad (11)$$

Όπου u_{50} είναι η ταχύτητα διείσδυσης στην οποία το 50% των θραυσμάτων εισέρχονται στο δέρμα,

k ένας συντελεστής που εξαρτάται από το σχήμα του θραύσματος και λαμβάνεται ίσος με 4740 kg/m^{3/2} για τα περισσότερα από τα επιβλαβή θραύσματα και

m_f είναι η μάζα του θραύσματος.

Η παραπάνω εξίσωση προέκυψε εμπειρικά από πειράματα που διεξήχθησαν σε πειραματόζωα και διάφορα υλικά που προσομοιώνουν το ανθρώπινο δέρμα.

Ο Glasstone (1962) παραθέτει δεδομένα αναφορικά με τραυματισμούς από θραύσματα γυαλιού διαφόρων ταχυτήτων πρόσκρουσης:

Πίνακας 3.2.2.7

α) Κοιλιακή χώρα: Ταχύτητα πρόσκρυσης σε m/sec.

| Μάζα Θραύσματος (gr) | Πιθανότητα διείσδυσης | | |
|----------------------|-----------------------|-------|-------|
| 1 % | 50 % | 99 % | |
| 0,1 | 71,6 | 125,0 | 222,5 |
| 0,5 | 48,8 | 83,8 | 147,8 |
| 1,0 | 42,7 | 74,7 | 131,0 |
| 10,0 | 35,0 | 54,9 | 108,2 |

Πίνακας 3.2.2.8

β) Τραυματισμός από θραύσματα γυαλιού μάζας 10 gr.

| Αποτέλεσμα | Ταχύτητα θραύσματος (m/sec) |
|------------------------------|-----------------------------|
| <i>Πληγή δέρματος:</i> | |
| Κατώφλι | 15,2 |
| <i>Σοβαρός Τραυματισμός:</i> | |
| Κατώφλι | 30,5 |
| Πιθανότητα 50% | 54,9 |
| Πιθανότητα 100% | 91,4 |

Στα πλαίσια μιας ευρύτερης αντιμετώπισης, θα μπορούσε ίσως να εξεταστεί παράλληλα με τις επιπτώσεις των δευτερευόντων θραυσμάτων και η κατάρρευση ενός κτηρίου. Τα άτομα που βρίσκονται μέσα σε κτήρια τη στιγμή της κατάρρευσής τους συνεπεία μίας έκρηξης, είναι υποκείμενα σε θανάσιμους τραυματισμούς από ογκώδη και βαριά οικοδομικά υλικά. Η εμπειρία που πηγάζει από συγκυρίες σεισμών και βομβαρδισμών, θέλει τις κατακόρυφες δομές του κτηρίου να αστοχούν, αφήνοντας ένα σωρό από πατώματα το ένα πάνω από το άλλο (μιορφή σάντουιτς). Αν και σε πολλές περιπτώσεις η κατάρρευση του κτηρίου είναι ολοκληρωτική, η ύπαρξη επιζώντων μέσα στα κενά που σχηματίζουν οι κατεστραμμένες δομές του κτηρίου, δεν είναι απίθανη. Οι στατιστικές από περιπτώσεις σεισμών, αποκαλύπτουν ότι περίπου ένα ποσοστό της τάξης του 50% των ανθρώπων εντός του κτηρίου που καταρρέει θα επιζήσει. Η εκτίμηση αυτή μπορεί να επεκταθεί και στην περίπτωση της κατάρρευσης λόγω έκρηξης, άποψη που ενισχύεται από το γεγονός ότι τόσο οι σεισμοί, όσο και οι έκρηξεις είναι φαινόμενα αναπάντεχα και ξαφνικά, χωρίς να υπάρχει τόπος ασφαλούς καταφυγίου, ούτε και χρόνος για την αναζήτησή του.

Οι βιολογικές επιπτώσεις της θερμικής ακτινοβολίας και της τοξικής έκθεσης αναφέρθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους και δεν θα εξεταστούν περαιτέρω.

Η εκτίμηση της ακτίνας δράσης μιας έκρηξης εξαρτάται, όπως είναι αναμενόμενο, από το είδος της έκρηξης. Οι κυριότεροι τύποι εκρήξεων που διαπραγματεύονται από την άποψη αυτή είναι οι εκρήξεις πυκνής φάσης (condensed phase explosions) όπως αυτές του TNT (τρινιτροτολουνόλιο) και αυτές που μπορούν να περιγραφούν από το μοντέλο του ισοδύναμου TNT, καθώς επίσης και οι εκρήξεις νέφους αερίου (vapour cloud explosions).

Το ωστικό κύμα μιας έκρηξης πυκνής φάσης χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη υπερπίεση και την ώθηση. Η μεταβολή της υπερπίεσης σε συνάρτηση με την απόσταση από το κέντρο της έκρηξης προκύπτει με τη βοήθεια ειδικών γραφημάτων (*Loss Prevention in the Process Industries*, κεφ 17, παρ. 26). Ισχύει:

$$p^0 = f(z) \text{ με } z = r / W^{1/3} \quad (12)$$

Όπου p^0 είναι η υπερπίεση κορυφής (peak overpressure)

r η απόσταση

W η μάζα του εκρηκτικού υλικού και

z η κλιμακωμένη απόσταση (scaled distance).

Για ένα περιορισμένο εύρος της καμπύλης η υπερπίεση p^0 σε σχέση με την απόσταση z μπορεί να προσεγγιστεί γραμμικά:

$$\frac{(p^0)_r}{p^0} = \left(\frac{r_r}{r} \right)^n \quad (13)$$

Όπου n είναι ένας συντελεστής και ο δείκτης r η τιμή αναφοράς.

Από την καμπύλη του Baker και για περιοχές υπερπίεσης μεταξύ 0,1 – 1,0 bar ο συντελεστής n λαμβάνει την τιμή 1,7.

Προκειμένου να υπολογιστεί η ακτίνα δράσης στην περίπτωση της έκρηξης αέριου νέφους, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η κίνηση του νέφους που αποτελεί τον κυρίαρχο παράγοντα. Οι Considine και Grint παραθέτουν τις ακόλουθες σχέσεις που βασίζονται στο ισοδύναμο μοντέλο TNT:

$$p^0 = 138 (I^{1/3} / r_c)^{1,558} \text{ για } r < r_c \text{ και } 0,05 < p^0 < 1 \quad (14)$$

$$p^0 = 138 (I^{1/3} / r)^{1,558} \text{ για } r > r_c \text{ και } 0,05 < p^0 < 1$$

Όπου I είναι η μάζα του ρευστού στο νέφος σε ισοδύναμους τόνους TNT

p^0 η υπερπίεση κορυφής σε bar,

r_c η ακτίνα του νέφους σε μέτρα.

Οι παραπάνω συγγραφείς αναφέρουν ότι τα ποσοστά θνησιμότητας για υπερπιέσεις μεγέθους 0,36 και 0,18 bar, είναι 50% και 1% αντίστοιχα. Εντός των ορίων του νέφους, το ποσοστό της θνησιμότητας θεωρείται 100%.

Διευκρινίζεται ότι για την περίπτωση διαρροής σύντομης διάρκειας (στιγμιαία διαρροή) η ακτίνα και το βεληνεκές του νέφους μεταβάλλονται με το χρόνο. Η μάζα I του ρευστού στο νέφος μπορεί να ληφθεί ίση με τη μάζα που απελευθερώθηκε στη διαρροή. Το νέφος είναι βέβαια εύφλεκτο μόνο όταν η συγκέντρωσή του είναι εντός των ορίων ανάφλεξης. Στην περίπτωση της συνεχούς έκλυσης, το

νέφος θεωρείται μη κυκλικό και χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση για τον υπολογισμό της ακτίνας του νέφους r_c :

$$r_c = (1,2 k R^{5/3} / \pi)^{1/2} \quad (15)$$

Όπου R είναι η απόσταση σε μέτρα από την περιοχή με συγκέντρωση ίση με την LFL
 k είναι μία σταθερά που εξαρτάται από την κατεύθυνση του πλευρικού ανέμου,
 $\pi = 3,14$

Στην πραγματικότητα, η αναπτυσσόμενη υπεροπίεση σε μία έκρηξη νέφους αερίου, είναι αντιστρόφως ανάλογη με την απόσταση.

3.2.3. Επιπτώσεις στην υγεία και άμεση αντιμετώπιση της έκθεσης σε επικίνδυνα υλικά (HAZMAT) κατά επιμέρους κατηγορία με βάση την ταξινόμηση ADR

Στο κείμενο που ακολουθεί παρατίθενται τα βασικά στοιχεία ταυτοποίησης του κινδύνου και της εκτίμησης των επιπτώσεων στην υγεία των εκτεθειμένων προσδιορίζοντας την οδό έκθεσης και επιβάρυνσης του οργανισμού, του χαρακτήρα της απειλής ζωτικών λειτουργιών, τις εκδηλώσεις και τα συμπτώματα – επιπτώσεις από τη συγκεκριμένη έκθεση κατά οργανικά συστήματα, τις διαδικασίες απορρύπανσης, τις ενδεδειγμένες πρώτες βοήθειες και την παραθεση ειδικών επισημάνσεων για κάθε μία κατηγορία επικίνδυνων φορτίων με βάση την ταξινόμηση ADR.

ΕΚΡΗΚΤΙΚΑ Κατηγορία 1

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΥΣΙΩΝ

Κάθε χημική ένωση, μείγμα ή σύνθεση που είναι σχεδιασμένη για να λειτουργήσει με έκρηξη (ως εκρηκτικό δηλαδή) ή εκτόνωση (με ταυτόχρονη απελευθέρωση αερίων και θερμότητας) ή με εσωτερική χημική αντίδραση η οποία είναι δυνατό να λειτουργήσει με ανάλογο τρόπο, ακόμα και αν δεν έχει σχεδιαστεί σαν εκρηκτικό.

Συναντώνται σε υγρή ή στερεά μορφή.

Συμπεριλαμβανομένων της δυναμίτιδας, TNT, μαύρης σκόνης, πυροτεχνημάτων και των πυρομαχικών.

ΤΡΟΠΟΙ ΕΚΘΕΣΗΣ

Επαφή με το δέρμα και τα μάτια.

Εισπνοή.

Κατάποση.

Διαδερμική απορρόφηση.

ΑΙΡΕΙΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

- Έκρηξη.
- Πρόκληση πολυσυστηματικού τραυματισμού.
- Πρόκληση χημικής έκθεσης υψηλής τοξικότητας.

ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Κυκλοφορικό: πρόκληση κατάστασης σοκ και καρδιακής αρρυθμίας.

Αναπνευστικό: ταχύπνοια και δύσπνοια.

ΚΝΣ (Κεντρικό Νευρικό Σύστημα): κεφαλαλγία, ξάλη, εξελισσόμενη αφασία (stupor) και κώμα.

Πεπτικό: ναυτία, εμετοί, διάρροια και γαστρεντερίτιδες.

Οφθαλμοί: χημική επιπεφυκίτης, και οφθαλμική βλάβη.

Δέρμα: δερματίτιδα και δερματικά εξανθήματα.

Άλλα: αζωτούχες ενώσεις μπορούν να προκαλέσουν μεθαιμοσφαιριναιμία.

ΑΙΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗ

- Χρησιμοποίηση αναπνευστικής συσκευής με θετική πίεση και παροχή οξυγόνου (self-contained breathing apparatus – SCBA).
- Χρησιμοποίηση καταλλήλων Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) και ενδυμάτων, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο CANUTEC Initial Emergency Response Guidebook. Αν απαιτείται ειδική προστατευτική ενδυμασία, είναι αναγκαία η λήψη οδηγών από τον προμηθευτή του χημικού προϊόντος ή χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων προδιαγραφών ΜΑΠ.
- Καθυστέρηση εισόδου - προσπέλασης στην περιοχή του συμβάντος μέχρις ότου αφιχθεί κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, εφοδιασμένο με κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό.
- Απομάκρυνση των εκτεθειμένων (ασθενών ή/και τραυματιών) από τη ρυπανθείσα περιοχή.
- Άμεση αφαίρεση, απομάκρυνση και απομόνωση του ρουχισμού (ενδύματα, υποδήματα, κοσμήματα κ.λπ.) των πασχόντων.
- Προσεκτικός καθαρισμός και απομάκρυνση –με χρήση απορροφητικού υλικού- από το δέρμα του πάσχοντος, των στερεών σωματιδίων ή υγρών κηλίδων.
- Ξέπλυμα (ντους) του πάσχοντος –εφόσον αυτό είναι δυνατό- με νερό θερμοκρασίας 30°C (για τουλάχιστον 20 λεπτά).
- Πλύσιμο του ασθενούς με πράσινο ή κάποιο άλλο απαλό σαπούνι (γλυκερίνης) και άφθονο νερό.
- Χρησιμοποιήστε περισσότερο εξειδικευμένα πρωτόκολλα απορρύπανσης.

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

- Βεβαιωθείτε ότι διενεργήθηκε η κατάλληλη απορρύπανση.
- Εάν το θύμα δεν αναπνέει είναι αναγκαία η άμεση έναρξη τεχνητής αναπνοής (όχι με τη μέθοδο στόμα με στόμα, για το ενδεχόμενο το θύμα να έχει καταπιεί τοξικές ουσίες) με τη χρήση –κατά προτίμηση– ειδικής συσκευής με βαλβίδα κατεύθυνσης.

- Άμεση πλύση των ματιών με τη βοήθεια νερού με μικρή δοζ.
- Απαγορεύεται η πρόκληση εμετού. Εάν παρόλα αυτά το πάσχων άτομο κάνει εμετό ή έχει τάση, τοποθετείστε το σε πλάγια θέση (όχι ανάσκελα, ούτε μπρούμπτα) με το κεφάλι προς τα κάτω ώστε να διατηρούνται ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί τυχόν αναρρόφηση.
- Φροντίδα ώστε ο πάσχων να παραμείνει ήρεμος και με σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός του.
- Άμεση μέριμνα για διακομιδή και παροχή ιατρικής φροντίδας.
- Μέριμνα ώστε το προσωπικό των ιατρικών υπηρεσιών που θα επιληφθούν του συμβάντος να είναι ενήμερο για τις εμπλεκόμενες χημικές ουσίες και να έχει λάβει τα κατάλληλα μέτρα και προφυλάξεις για τη δική του προστασία.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Άμεση κλήση των εμπλεκομένων υπηρεσιών άμεσης δράσης (Τροχαία, ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική).
- Άμεση απομόνωση της περιοχής του συμβάντος (διαρροής ή έκρηξης) τουλάχιστον σε ακτίνα 500μ, προς όλες τις κατευθύνσεις.
- Μετακίνηση του πληθυσμού εκτός της περιοχής του συμβάντος και μακριά από τα παράθυρα.
- Απομάκρυνση των μη εξουσιοδοτημένων ατόμων από την περιοχή του συμβάντος.
- Τοποθέτηση και μετακίνηση των ατόμων σε κατεύθυνση τέτοια ώστε να μη μεταφέρει επάνω τους ο άνεμος την εκλιψησία ρύπανση (αέρια, σκόνες κ.λπ.).
- Απομάκρυνση από περιοχές και χώρους που βρίσκονται σε επίπεδο κάτω από εκείνο της επιφάνειας της γης στην περιοχή του συμβάντος.
- Εφόσον έχει εκδηλωθεί φωτιά σε μεταφορικό μέσο, η ελάχιστη απόσταση εκκένωσης από την περιοχή του συμβάντος, είναι τα 80μ.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Υπολογίστε τον κίνδυνο έκρηξης.
- Ελάχιστη απόσταση ασφαλείας είναι τα 1.600μ περιμετρικά του συμβάντος.
- Προετοιμασία για αντιμετώπιση πολλαπλών τραυμάτων.

ΕΥΦΛΕΚΤΑ ΑΕΡΙΑ Κατηγορία 2

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΥΣΙΩΝ

Κάθε αέριο συμπιεσμένο, υγροποιημένο ή διαλυμένο που βρίσκεται υπό πίεση και συναντά τις προϋποθέσεις του κατώτερου ορίου αναφλεξιμότητας, τη διακύμανση του ορίου αναφλεξιμότητας, εμφάνιση φλόγας ή την εξάπλωση της φλόγας.

Παραδείγματα: ασετυλίνη, βουτάνιο, υδρογόνο, προπάνιο και LPG.

ΟΔΟΙ-ΤΡΟΠΟΙ ΕΚΘΕΣΗΣ

- Επαφή μέσω δέρματος και οφθαλμών.
- Εισπνοή.

ΑΙΓΕΙΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

- Δύσπνοια και αποπληξία.

ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Κυκλοφορικό: κυκλοφορικό σοκ και αρρυθμία.

Αναπνευστικό: ταχύπνοια και δύσπνοια. Ορισμένα δρουν ως ασφυξιογόνα ή προκαλούν αναπνευστική ανακοπή και πνευματικό οίδημα.

ΚΝΣ: κεφαλαλγία, σύγχυση, ζάλη προοδευτική εγκατάσταση αφασία (stupor), κύμα και καταπληξία είναι δυνατό να εμφανιστούν.

Πεπτικό: ερεθισμός των βλεννογόνων είναι δυνατόν να προκληθεί ναυτία και εμετός.

Οφθαλμοί: χημική επιπεφυκίτιδα και βλάβη στον κερατοειδή.

Δέρμα: ερεθισμός δέρματος και αρυνταγήματα λόγω εξάπλωσης του αερίου.

ΑΙΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗ

- Χρησιμοποίηση αναπνευστικής συσκευής με θετική πίεση και παροχή οξυγόνου (self-contained breathing apparatus – SCBA).
- Χρησιμοποίηση καταλλήλων Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) και ενδυμάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο CANUTEC Initial Emergency Response Guidebook. Αν απαιτείται ειδική προστατευτική ενδυμασία, είναι αναγκαία η λήψη οδηγών από τον προμηθευτή του χημικού προϊόντος ή χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων προδιαγραφών ΜΑΠ.
- Καθυστέρηση εισόδου - προσπέλασης στην περιοχή του συμβάντος μέχρις ότου αφιχθεί κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, εφοδιασμένο με κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό.
- Απομάκρυνση των εκτεθειμένων (ασθενών ή/και τραυματιών) από την ρυπανθείσα περιοχή.
- Άμεση αφαίρεση, απομάκρυνση και απομόνωση του ρουχισμού (ενδύματα, υποδήματα, κοσμήματα κ.λπ.) των πασχόντων.
- Προσεκτικός καθαρισμός και απομάκρυνση –με χρήση απορροφητικού υλικού– από το δέρμα του πάσχοντα, των στερεών σωματιδίων ή υγρών αηλίδών.
- Ξέπλυμα (ντους) του πάσχοντος –εφόσον αυτό είναι δυνατό– με νερό θερμοκρασίας 30°C (για τουλάχιστον 20 λεπτά).
- Πλύσιμο του ασθενούς με πράσινο ή κάποιο άλλο απαλό σαπούνι (γλυκερίνης) και άφθονο νερό.
- Χρησιμοποιήστε περισσότερο εξειδικευμένα πρωτόκολλα απορρύπανσης.

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

- Βεβαιωθείτε ότι διενεργήθηκε η κατάλληλη απορρύπανση.

• Εάν το θύμα δεν αναπνέει είναι αναγκαία η άμεση έναρξη τεχνητής αναπνοής (όχι με τη μέθοδο στόμα με στόμα για το ενδεχόμενο το θύμα να έχει καταπιεί τοξικές ουσίες) με τη χρήση –κατά προτίμηση– ειδικής συσκευής με βαλβίδα κατεύθυνσης.

- Άμεση πλύση των ματιών με τη βοήθεια νερού με μικρή ζοή.
- Απαγορεύεται η πρόκληση εμετού. Εάν παρόλα αυτά το πάσχων άτομο ήταν εμετό ή έχει τάση, τοποθετείστε το σε πλάγια θέση (όχι ανάσκελα, ούτε μπρούμπτα) με το κεφάλι προς τα κάτω ώστε να διατηρούνται ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί τυχόν αναρρόφηση.
- Φροντίδα ώστε ο πάσχων να παραμείνει ήρεμος και με σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός του.
- Άμεση μέριμνα για διακομιδή και παροχή ιατρικής φροντίδας.
- Μέριμνα ώστε το προσωπικό των ιατρικών υπηρεσιών που θα επιληφθούν του συμβάντος να είναι ενήμερο για τις εμπλεκόμενες χημικές ουσίες και να έχει λάβει τα κατάλληλα μέτρα και προφυλάξεις για τη δική του προστασία.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Άμεση κλήση των εμπλεκομένων υπηρεσιών άμεσης δράσης (Τροχαία, ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική).
- Άμεση απομόνωση της περιοχής του συμβάντος (διαρροϊκής ή έκρηξης) τουλάχιστον σε ακτίνα 500μ, προς όλες τις κατεύθυνσεις.
- Μετακίνηση του πληθυσμού εκτός της περιοχής του συμβάντος και μακριά από τα παράθυρα.
- Απομάκρυνση των μη εξουσιοδοτημένων ατόμων πό την περιοχή του συμβάντος.
- Τοποθέτηση και μετακίνηση των ατόμων σε κατεύθυνση τέτοια ώστε να μη μεταφέρει επάνω τους ο άνεμος την εκλυθείσα ρύπανση (αέρια, σκόνες κ.λπ.).
- Απομάκρυνση από περιοχές και χώρους που βρίσκονται σε επίπεδο κάτω από εκείνο της επιφάνειας της γης στην περιοχή του συμβάντος.
- Εφόσον έχει εκδηλωθεί φωτιά σε μεταφορικό μέσο, η ελάχιστη απόσταση εκκένωσης από την περιοχή του συμβάντος, είναι τα 80μ.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Υπολογίστε τον κίνδυνο έκρηξης.
- Ελάχιστη απόσταση ασφαλείας είναι τα 1.600μ περιμετρικά του συμβάντος.
- Προετοιμασία για αντιμετώπιση πολλαπλών τραυμάτων.

ΜΗ ΑΝΑΦΛΕΞΙΜΑ ΑΕΡΙΑ Κατηγορία 2.2

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΥΣΙΩΝ

Οποιοδήποτε μη αναφλέξιμο, μη τοξικό συμπιεσμένο αέριο που διατηρείται σε συσκευασία υπό πίεση ίση ή μεγαλύτερη των 280 kPa (41psi) στους 20°C. Είναι δυνατόν να είναι συμπιεσμένο, υγροποιημένο, συμπιεσμένο υπό ψύξη (pressurized cryogenic) ή συμπιεσμένο αέριο σε διάλυμα.

Παραδείγματα: ήλιο, ξένο, αργό, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα.

ΤΡΟΠΟΙ-ΟΔΟΙ ΕΚΘΕΣΗΣ

- Επαφή μέσω δέρματος και οφθαλμών.
- Εισπνοή.

ΑΙΓΕΙΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Πνευμονικό οίδημα και αναπνευστική αδυναμία. Πολλά προϊόντα μπορούν να δράσουν ως απλά ασφυξιογόνα.

ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Κυκλοφορικό: κυκλοφορικό σοκ και αρρυθμία.

Αναπνευστικό: ταχύπνοια, υποξία και δύσπνοια. Ερεθισμός των αναπνευστικών οδών. Συμπτώματα πνευμονικού οιδήματος.

ΚΝΣ: κεφαλαλγία, σύγχυση, ζάλη προοδευτική εγκατάσταση αφασία (stupor), κύμα και αποπληξία είναι δυνατό να εμφανιστούν.

Πεπτικό: ερεθισμός των βλεννογόνων, είναι δυνατόν να προκληθεί ναυτία και εμετός.

Οφθαλμοί: χημική επιπεφυκίτιδα και βλάβη στον κερατοειδή.

Δέρμα: ερεθισμός δέρματος και ιρυοπαγήματα λόγω εξάπλωσης του αερίου.

ΑΙΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗ

• Χρησιμοποίηση αναπνευστικής συσκευής με θετική πίεση και παροχή οξυγόνου (self-contained breathing apparatus –SCBA).

• Χρησιμοποίηση καταλλήλων Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) και ενδυμάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο CANUTEC Initial Emergency Response Guidebook. Αν απαιτείται ειδική προστατευτική ενδυμασία, είναι αναγκαία η λήψη οδηγών από τον προμηθευτή του χημικού προϊόντος ή χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων προδιαγραφών ΜΑΠ.

• Καθυστέρηση εισόδου - προσπέλασης στην περιοχή του συμβάντος μέχρις ότου αφιχθεί κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, εφοδιασμένο με κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό.

• Απομάκρυνση των εκτεθειμένων (ασθενών ή/και τραυματιών) από την ρυπανθείσα περιοχή.

• Εφόσον υφίστανται εκδηλώσεις και συμπτώματα δερματικής προβολής ή έκθεσης σε υγρά ή/και στερεά υλικά.

• Προσεκτικός καθαρισμός και απομάκρυνση –με χρήση απορροφητικού υλικού– από το δέρμα του πάσχοντα, των στερεών σωματιδίων ή υγρών κηλίδων.

• Ξέπλυμα (ντους) του πάσχοντος –εφόσον αυτό είναι δυνατό– με νερό θερμοκρασίας 30 °C (για τουλάχιστον 20 λεπτά).

• Πλύσιμο του ασθενούς με πράσινο ή κάποιο άλλο απαλό σαπούνι (γλυκερίνης) και άφθονο νερό.

• Χρησιμοποιήστε περισσότερο εξειδικευμένα πρωτόκολλα απορρύπανσης.

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

- Βεβαιωθείτε ότι διενεργήθηκε η κατάλληλη απορρύπανση.
- Εάν το θύμα δεν αναπνέει είναι αναγκαία η άμεση έναρξη τεχνητής αναπνοής (όχι με την μέθοδο στόμα με στόμα, για το ενδεχόμενο το θύμα να έχει καταπιεί τοξικές ουσίες) με την χρήση –κατά προτίμηση- ειδικής συσκευής με βαλβίδα κατεύθυνσης.
- Άμεση πλύση των ματιών με τη βοήθεια νερού με μικρή ροή.
- Απαγορεύεται η πρόκληση εμετού. Εάν παρόλα αυτά το πάσχων άτομο κάνει εμετό ή έχει τάση, τοποθετείστε το σε πλάγια θέση (όχι ανάσκελα, ούτε μπρούμπτα) με το κεφάλι προς τα κάτω ώστε να διατηρούνται ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί τυχόν αναρρόφηση.
- Φροντίδα ώστε ο πάσχων να παραμείνει ήρεμος και με σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός του.
- Άμεση μέριμνα για διακομιδή και παροχή ιατρικής φροντίδας.
- Μέριμνα ώστε το προσωπικό των ιατρικών υπηρεσιών που θα επιληφθούν του συμβάντος να είναι ενήμερο για τις εμπλεκόμενες χημικές ουσίες και να έχει λάβει τα κατάλληλα μέτρα και προφυλάξεις για τη δική του προστασία.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Άμεση κλήση των εμπλεκομένων υπηρεσιών άμεσης δράσης (Τροχαία, ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική).
- Άμεση απομόνωση της περιοχής του συμβάντος (διαρροής ή έκρηξης) τουλάχιστον σε ακτίνα 500μ, προς όλες τις κατεύθυνσεις.
- Μετακίνηση του πληθυσμού εκτός της περιοχής του συμβάντος και μακριά από τα παράθυρα.
- Απομάκρυνση των μη εξουσιοδοτημένων ατόμων από την περιοχή του συμβάντος.
- Τοποθέτηση και μετακίνηση των ατόμων σε κατεύθυνση τέτοια ώστε να μη μεταφέρει επάνω τους ο άνεμος την εκλυθείσα ρύπανση (αέρια, σκόνες κ.λπ.).
- Απομάκρυνση από περιοχές και χώρους που βρίσκονται σε επίπεδο κάτω από εκείνο της επιφάνειας της γης στην περιοχή του συμβάντος.
- Εφόσον έχει εκδηλωθεί φωτιά σε μεταφορικό μέσο, η ελάχιστη απόσταση εκκένωσης από την περιοχή του συμβάντος, είναι τα 80μ.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

Τα υγροποιημένα αέρια μπορούν να προκαλέσουν φαινόμενο BLEVE.

**ΥΓΡΑ ΚΑΥΣΙΜΑ
Κατηγορία 3**

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΥΣΙΩΝ

Κάθε υγρό που έχει σημείο ανάφλεξης άνω των 60°C ή κάτω των 93°C.

Παραδείγματα: υγρό φρένων, γλυυκο-αιθέρες και καμφορέλαιο (camphoroil).

ΤΡΟΠΟΙ-ΟΔΟΙ ΕΚΘΕΣΗΣ

- Επαφή μέσω δέρματος και οφθαλμών.
- Εισπνοή.
- Κατάποση.
- Διαδερμική απορρόφηση.

ΑΙΓΕΙΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Καταστολή του ΚΝΣ που μπορεί να προκαλέσει αναπνευστική αναπνοή ή σπασμούς, καρδιακές αρρυθμίες και πνευμονικό οίδημα.

ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ

Καρδιαγγειακό: καρδιακές αρρυθμίες, ταχυκαρδία και υπόταση.

Αναπνευστικό: ερεθισμός των ανωτέρων αναπνευστικών οδών, δύσπνοια, ταχύπνοια που μπορεί να εξελιχθεί σε γενικευμένο οξύ πνευμονικό οίδημα. Αίσθημα καύσου στο θώρακα.

ΚΝΣ: καταστολή του ΚΝΣ και κώμα, σύγχυση, δυσχέρεια προσανατολισμού, κεφαλαλγία, ζαλάδες, καταβολή και τέλος, καταπληξία.

Πεπτικό: πόνος και ερεθισμός των βλεννογόνων του πεπτικού σωλήνα. Ναυτία, εμετοί και διάρροια.

Οφθαλμοί: χημική επιπεφυκίτιδα και βλάβη στον κερατοειδή.

Δέρμα: ερεθισμός και δερματική κυάνωση στα άκρα.

ΑΙΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗ

• Χρησιμοποίηση αναπνευστικής συσκευής με θετική πίεση και παροχή οξυγόνου (self-contained breathing apparatus –SCBA).

• Χρησιμοποίηση καταλλήλων Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) και ενδυμάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο CANUTEC Initial Emergency Response Guidebook. Αν απαιτείται ειδική προστατευτική ενδυμασία, είναι αναγκαία η λήψη οδηγών από τον προμηθευτή του χημικού προϊόντος ή χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων προδιαγραφών ΜΑΠ.

• Καθυστέρηση εισόδου - προσπέλασης στην περιοχή του συμβάντος μέχρις ότου αφιχθεί κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, εφοδιασμένο με κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό.

• Απομάκρυνση των εκτεθειμένων (ασθενών ή/και τραυματιών) από τη ρυπανθείσα περιοχή.

• Άμεση αφαίρεση, απομάκρυνση και απομόνωση του ρουχισμού (ενδύματα, υποδήματα, κοσμήματα κ.λπ.) των πασχόντων.

• Προσεκτικός καθαρισμός και απομάκρυνση –με χρήση απορρόφητικού υλικού– από το δέρμα του πάσχοντα, των στερεών σωματιδίων ή υγρών κηλίδων.

• Ξέπλυμα (ντους) του πάσχοντος –εφόσον αυτό είναι δυνατό– με νερό θερμοκρασίας 30 °C (για τουλάχιστον 20 λεπτά).

• Πλύσιμο του ασθενούς με πράσινο ή κάποιο άλλο απαλό σαπούνι (γλυκερίνης) και άφθονο νερό.

- Χρησιμοποιήστε περισσότερο εξειδικευμένα πρωτόκολλα απορρύπανσης.

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

- Βεβαιωθείτε ότι διενεργήθηκε η κατάλληλη απορρύπανση.
- Εάν το θύμα δεν αναπνέει είναι ανογκαία η άμεση έναρξη τεχνητής αναπνοής (όχι με την μέθοδο στόμα με στόμα, για το ενδεχόμενο το θύμα να έχει καταπιεί τοξικές ουσίες) με τη χοήση –κατά προτίμηση– ειδικής συσκευής με βαλβίδα κατεύθυνσης.
- Άμεση πλύση των ματιών με τη βοήθεια νερού με μικρή δοσή.
- Απαγορεύεται η πρόκληση εμετού. Εάν παρόλα αυτά το πάσχων άτομο κάνει εμετό ή έχει τάση, τοποθετείστε το σε πλάγια θέση (όχι ανάσκελα, ούτε μπρούμπτα) με το κεφάλι προς τα κάτω ώστε να διατηρούνται ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί τυχόν αναρρόφηση.
- Φροντίδα ώστε ο πάσχων να παραμείνει ήρεμος και με σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός του.
- Άμεση μέριμνα για διακομιδή και παροχή ιατρικής φροντίδας.
- Μέριμνα ώστε το προσωπικό των ιατρικών υπηρεσιών που θα επιληφθούν του συμβάντος να είναι ενήμερο για τις εμπλεκόμενες χημικές ουσίες και να έχει λάβει τα κατάλληλα μέτρα και προφύλαξης για τη δική του προστασία.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Άμεση κλήση των εμπλεκομένων υπηρεσιών άμεσης δράσης (Τροχαία, ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική).
- Άμεση απομόνωση της περιοχής του συμβάντος (διαρροϊκή ή έκρηξης) τουλάχιστον σε ακτίνα 500μ, προς όλες τις κατεύθυνσεις.
- Μετακίνηση του πληθυσμού εκτός της περιοχής του συμβάντος και μακριά από τα παράθυρα.
- Απομάκρυνση των μη εξουσιοδοτημένων ατόμων από την περιοχή του συμβάντος.
- Τοποθέτηση και μετακίνηση των ατόμων σε κατεύθυνση τέτοια ώστε να μη μεταφέρει επάνω τους ο άνεμος την εκλυθείσα ρύπανση (αέρια, σκόνες κ.λπ.).
- Απομάκρυνση από περιοχές και χώρους που βρίσκονται σε επίπεδο κάτω από εκείνο της επιφάνειας της γης στην περιοχή του συμβάντος.
- Εφόσον έχει εκδηλωθεί φωτιά στο μεταφορικό μέσο, η ελάχιστη απόσταση εκκένωσης από την περιοχή του συμβάντος, είναι τα 80μ.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Αποφύγετε την επινεφρόνη και τους ανάλογους Β-αγωνιστές (εκτός και αν ο πάσχων βρίσκεται σε καρδιακή ανακοπή ή εμφανίζει αντιδραστική νόσο των αεραγωγών που δεν ανταποκρίνονται σε άλλη θεραπευτική αγωγή) λόγω πιθανής ευερεθιστότητας του μυοκαρδίου.
- Η χρησιμοποίηση αυτών των φαρμάκων μπορεί να οδηγήσει σε κοιλιακή μαρμαρυγή.
- Κατάλληλη προετοιμασία για την αντιμετώπιση θερμικών κινδύνων.

ΕΥΦΛΕΚΤΑ ΥΓΡΑ

Κατηγορία 3

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΥΣΙΩΝ

Κάθε υγρό που έχει σημείο ανάφλεξης μικρότερο των 60,5 °C.

Παραδείγματα: βενζίνη, βενζόλιο, τολουόλη, τριχλωδοαιθυλένιο, και ακετόνη.

ΤΡΟΠΟΙ-ΟΔΟΙ ΕΚΘΕΣΗΣ

- Επαφή μέσω δέρματος και οφθαλμών.
- Εισπνοή.
- Κατάποση.
- Διαδερμική απορρόφηση.

ΑΙΙΕΙΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Καταστολή του ΚΝΣ που μπορεί να προκαλέσει αναπνευστική αναπνοή ή σπασμούς, καρδιακές αρρυθμίες και πνευμονικό οίδημα.

ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ

Καρδιαγγειακό: καρδιακή αρρυθμία, ταχυκαρδία και υπόταση.

Αναπνευστικό: ερεθισμός του ανωτέρου αναπνευστικού συστήματος, δύσπνοια, ταχύπνοια που μπορεί να καταλήξει σε γενικευμένο οξύ πνευμονικό οίδημα. Αίσθημα καύσου στο θώρακα.

ΚΝΣ: καταστολή του ΚΝΣ και κώμα, σύγχυση, δυσχέρεια προσανατολισμού, κεφαλαλγία, ζαλάδες, καταβολή και τέλος, καταπληξία.

Πεπτικό: πόνος και ερεθισμός των βλεννογόνων του πεπτικού σωλήνα. Ναυτία, εμετοί και διάρροια.

Οφθαλμοί: χημική επιπεφυκίτιδα και βλάβη στον κερατοειδή.

Δέρμα: ερεθισμός και δερματίτιδα. Κυάνωση στα άκρα.

ΑΙΟΡΡΥΠΑΝΣΗ

- Χρησιμοποίηση αναπνευστικής συσκευής με θετική πίεση και παροχή οξυγόνου (self-contained breathing apparatus – SCBA).

- Χρησιμοποίηση καταλλήλων Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) και ενδυμάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο CANUTEC Initial Emergency Response Guidebook. Αν απαιτείται ειδική προστατευτική ενδυμασία, είναι αναγκαία η λήψη οδηγών από τον προμηθευτή του χημικού προϊόντος ή χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων προδιαγραφών ΜΑΠ.

- Καθυστέρηση εισόδου – προσπέλασης στην περιοχή του συμβάντος μέχρις ότου αφιχθεί κατάλ-

ληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, εφοδιασμένο με κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό.

- Απομάκρυνση των εκτεθειμένων (ασθενών ή/και τραυματιών) από τη ρυπανθείσα περιοχή.
- Άμεση αφαίρεση, απομάκρυνση και απομόνωση του φουχισμού (ενδύματα, υποδήματα, κοσμήματα κ.λπ.) των πασχόντων.
- Προσεκτικός καθαρισμός και απομάκρυνση –με χρήση απορροφητικού υλικού– από το δέρμα του πάσχοντα, των στερεών σωματιδίων ή υγρών κηλίδων.
- Ξέπλυμα (ντους) του πάσχοντος –εφόσον αυτό είναι δυνατό– με νερό θερμοκρασίας 30°C (για τουλάχιστον 20 λεπτά).
- Πλύσιμο του ασθενούς με πράσινο ή κάποιο άλλο απαλό σαπούνι (γλυκερίνης) και άφθονο νερό.
- Χρησιμοποιήστε περισσότερο εξειδικευμένα πρωτόκολλα απορρύπανσης.

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

- Βεβαιωθείτε ότι διενεργήθηκε η κατάλληλη απορρύπανση.
- Εάν το θύμα δεν αναπνέει είναι αναγκαία η άμεση έναρξη τεχνητής αναπνοής (όχι με την μέθοδο στόμα με στόμα, για το ενδεχόμενο το θύμα να έχει καταπιεί τοξικές ουσίες) με τη χρήση –κατά προτίμηση- ειδικής συσκευής με βαλβίδα κατεύθυνσης.
- Άμεση πλύση των ματιών με τη βοήθεια νερού με μικρή δοσή.
- Απαγορεύεται η πρόκληση εμετού. Εάν παρόλα αυτά το πάσχων άτομο κάνει εμετό ή έχει τάση, τοποθετείστε το σε πλάγια θέση (όχι ανάσκελα, ούτε μπρούμπτα) με το κεφάλι προς τα κάτω ώστε να διατηρούνται ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί τυχόν αναρρόφηση.
- Φροντίδα ώστε ο πάσχων να παραμείνει ήρεμος και με σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός του.
- Άμεση μέριμνα για διακομιδή και παροχή ιατρικής φροντίδας.
- Μέριμνα ώστε το προσωπικό των ιατρικών υπηρεσιών που θα επιληφθούν του συμβάντος να είναι ενήμερο για τις εμπλεκόμενες χημικές ουσίες και να έχει λάβει τα κατάλληλα μέτρα και προφυλάξεις για τη δική του προστασία.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Άμεση κλήση των εμπλεκομένων υπηρεσιών άμεσης δράσης (Τροχαία, ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική).
- Άμεση απομόνωση της περιοχής του συμβάντος (διαρροΐς ή έκρηξης) τουλάχιστον σε ακτίνα 500μ, προς όλες τις κατεύθυνσεις.
- Μετακίνηση του πληθυσμού εκτός της περιοχής του συμβάντος και μακριά από τα παράθυρα.
- Απομάκρυνση των μη εξουσιοδοτημένων ατόμων από την περιοχή του συμβάντος.
- Τοποθέτηση και μετακίνηση των ατόμων σε κατεύθυνση τέτοια ώστε να μην μεταφέρει επάνω τους ο άνεμος την εκλυθείσα ρύπανση (αέρια, σκόνες κ.λπ.).
- Απομάκρυνση από περιοχές και χώρους που βρίσκονται σε επίπεδο κάτω από εκείνο της επιφάνειας της γης στην περιοχή του συμβάντος.
- Εφόσον έχει εκδηλωθεί φωτιά στο μεταφορικό μέσο, η ελάχιστη απόσταση εκκένωσης από την περιοχή του συμβάντος, είναι τα 80μ.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Αποφύγετε την επινεφρίνη και τους ανάλογους Β-αγωνιστές (εκτός και αν ο πάσχων βρίσκεται σε καρδιακή ανακοπή ή εμφανίζει αντιδραστική νόσο των αεραγωγών που δεν ανταποκρίνονται σε άλλη θεραπευτική αγωγή) λόγω πιθανής ευερεθιστότητας του μυοκαρδίου.
- Η χρησιμοποίηση αυτών των φαρμάκων μπορεί να οδηγήσει σε κοιλιακή μαρμαρυγή.
- Κατάλληλη προετοιμασία για την αντιμετώπιση θερμικών κινδύνων.

ΕΥΦΛΕΚΤΑ ΣΤΕΡΕΑ Κατηγορία 4

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΥΣΙΩΝ

Κάθε στερεό υλικό –εκτός των εκρηκτικών– που μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά μέσω τριβής, καταράτηση θερμότητας από την κατασκευή ή τον τρόπο χρήσης ή που μπορεί εύκολα να αναφλεγεί.

Όταν αυτές οι ουσίες αναφλέγονται, καίγονται ενεργητικά και επίμονα δημιουργώντας ένα σοβαρό κίνδυνο. Μερικά προϊόντα αντιδρούν με το νερό ενώ άλλα αντιδρούν με τον αέρα.

Παραδείγματα: φάσφορος, λίθιο, κάλιο, μαγνήσιο, τιτάνιο και ρητίνοποιημένος άνθρακας.

ΤΡΟΠΟΙ-ΟΔΟΙ ΕΚΘΕΣΗΣ

- Επαφή μέσω δέρματος και οφθαλμών.
- Εισπνοή.
- Κατάποση.
- Διαδερμική απορρόφηση.

ΑΙΓΕΙΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Σοκ και σοβαρά εγκαύματα των ιστών.

Σοβαρός ερεθισμός του αναπνευστικού συστήματος όπου μπορεί να προκαλέσει πνευμονικό οίδημα.

Ηλεκτροδιογραφικές αλλοιώσεις και αιφνίδιος θάνατος έχουν καταγραφεί σε συνδυασμό με μερικά προϊόντα.

ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Καρδιαγγειακό: καρδιακή αρρυθμία και shock.

Αναπνευστικό: οξύ πνευμονικό οίδημα, δύσπνοια, ταχύπνοια και ερεθισμός του αναπνευστικού δένδρου.

ΚΝΣ: κεφαλαλγία, ζάλη, εύκολη κόπωση, φωτοφοβία και καταπληξία.

Πεπτικό: ναυτία, εμετός, κοιλιακά άλγη και αυξημένη σιαλόρροια.

Οφθαλμοί: δακρύρροια, επιπεφυκίτιδα και σοβαρή βλάβη στον κερατοειδή.

Δέρμα: σοβαρά χημικά και δερματικά εγκαύματα και ίκτερος.

Άλλα: υπογλυκαιμία, ορισμένα συμπτώματα όπως το πνευμονικό οίδημα μπορούν να εμφανιστούν καθυστερημένα. Η ικανότητα αναγνώρισης του προϊόντος από τη μυρωδιά μπορεί να απωλεσθεί μετά από μια βραχεία έκθεση (κόπωση του νεύρου της όσφρησης).

ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗ

- Χρησιμοποίηση αναπνευστικής συσκευής με θετική πίεση και παροχή οξυγόνου (self-contained breathing apparatus – SCBA).
- Χρησιμοποίηση καταλλήλων Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) και ενδυμάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο CANUTEC Initial Emergency Response Guidebook. Αν απαιτείται ειδική προστατευτική ενδυμασία, είναι αναγκαία η λήψη οδηγών από τον προμηθευτή του χημικού προϊόντος ή χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων προδιαγραφών ΜΑΠ.
- Καθυστέρηση εισόδου – προσπέλασης στην περιοχή του συμβάντος μέχρις ότου αφιχθεί κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, εφοδιασμένο με κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό.
- Απομάκρυνση των εκτεθειμένων (ασθενών ή/και τραυματιών) από τη ρυπανθείσα περιοχή.
- Άμεση αφαίρεση, απομάκρυνση και απομόνωση του ρουχισμού (ενδύματα, υποδήματα, κοσμήματα κ.λπ.) των πασχόντων.

Εάν το νερό αντιδρά με τα προϊόντα που έχουν εμποτίσει το δέρμα δεν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί νερό. Θα πρέπει να γίνει επικάλυψη του δέρματος του πάσχοντα με κάποιο λάδι ηλιοπροστασίας και να διακομιστεί για περαιτέρω χειρουργική αντιμετώπιση.

Εάν το προϊόν δεν αντιδρά με το νερό είναι δυνατός και σκόπιμος ο καθαρισμός και η έκπλυση – απομάκρυνση των ουσιών που έχουν επικαθήσει.

Εάν κόκκινοι φωσφόρου έχουν επικαθήσει στο δέρμα θα πρέπει να εφαρμοστεί συνεχής διαβροχή του με νερό, απλό και αποστειρωμένο, διαποτίζοντας και το ρουχισμό καθόλη τη διάρκεια της διακοινιδής στο νοσοκομείο για χειρουργική αντιμετώπιση. Σ' αυτή την περίπτωση (έκθεσης σε φώσφορο) δεν θα πρέπει να εφαρμοστούν ελαιώδη σκευάσματα, λόγω του ότι αυτά ευνοούν τη διαδερμική απορρόφηση.

- Πλύσιμο του ασθενούς με πράσινο ή κάποιο απαλό σαπούνι και άφθονο νερό
- Χρησιμοποίηση περισσότερο εξειδικευμένου πρωτοκόλλου απορρύπανσης όπου αυτό κρίνεται αναγκαίο.

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

- Βεβαιωθείτε ότι διενεργήθηκε η κατάλληλη απορρύπανση.
- Εάν το θύμα δεν αναπνέει είναι αναγκαία η άμεση έναρξη τεχνητής αναπνοής (όχι με την μέθοδο στόμα με στόμα, για το ενδεχόμενο το θύμα να έχει καταπιεί τοξικές ουσίες) με τη χρήση -κατά προτίμηση- ειδικής συσκευής με βαλβίδα κατεύθυνσης.
- Άμεση πλύση των ματιών με τη βοήθεια νερού με μικρή ροή.
- Απαγορεύεται η πρόκληση εμετού. Εάν παρόλα αυτά το πάσχων άτομο κάνει εμετό ή έχει τάση, τοποθετείστε το σε πλάγια θέση (όχι ανάσκελα, ούτε μπρούμπτα) με το κεφάλι προς τα κάτω ώστε να διατηρούνται ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί τυχόν αναρρόφηση.

- Φροντίδα ώστε ο πάσχων να παραμείνει ήρεμος και με σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός του.
- Άμεση μέριμνα για διακομιδή και παροχή ιατρικής φροντίδας.
- Μέριμνα ώστε το προσωπικό των ιατρικών υπηρεσιών που θα επιληφθούν του συμβάντος να είναι ενήμερο για τις εμπλεκόμενες χημικές ουσίες και να έχει λάβει τα κατάλληλα μέτρα και προφυλάξεις για τη δική του προστασία.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Άμεση κλήση των εμπλεκομένων υπηρεσιών άμεσης δράσης (Τροχαία, ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική).
- Άμεση απομόνωση της περιοχής του συμβάντος (διαρροής ή έκρηξης) τουλάχιστον σε ακτίνα 500μ, προς όλες τις κατευθύνσεις.
- Μετακίνηση του πληθυσμού εκτός της περιοχής του συμβάντος και μακριά από τα παράθυρα.
- Απομάκρυνση των μη εξουσιοδοτημένων ατόμων από την περιοχή του συμβάντος.
- Τοποθέτηση και μετακίνηση των ατόμων σε κατεύθυνση τέτοια ώστε να μη μεταφέρει επάνω τους ο άνεμος την εκλυθείσα ρύπανση (αέρια, σκόνες κ.λπ.).
- Απομάκρυνση από περιοχές και χώρους που βρίσκονται σε επίπεδο κάτω από εκείνο της επιφάνειας της γης στην περιοχή του συμβάντος.
- Εφόσον έχει εκδηλωθεί φωτιά στο μεταφορικό μέσο, η ελάχιστη απόσταση εκκένωσης από την περιοχή του συμβάντος, είναι τα 80μ.

ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ Κατηγορία 5.1.

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΥΣΙΩΝ

Μια ουσία που εκλύει εύκολα οξυγόνο ικανό να ευνοήσει – προάγει την καύση της ύλης.

Παραδείγματα : υπεροξείδιο του λιθίου και χλωριούχο ασβέστιο.

Πολλά έχουν διαβρωτικές ιδιότητες. Άλλα έχουν την τάση να εκρήγνυνται μετά από έκθεση σε θερμότητα ή πρόσκρουση.

ΤΡΟΠΟΙ – ΟΔΟΙ ΕΚΘΕΣΗΣ

- Έκθεση μέσω δέρματος και οφθαλμών.
- Εισπνοή.
- Κατάποση.

ΑΙΓΕΙΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Πνευμονικό οίδημα, κυκλοφοριακό collapsus, οίδημα λάρυγγα. Διαβρώσεις στο δέρμα στους βλεννογόνους και τα εσωτερικά όργανα.

ΕΚΛΗΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Καρδιαγγειακό: ολιγαιμικό shock και κυκλοφοριακό collapsus. Ταχυκαρδία με εξασθένιση του σφυγμού.

Αναπνευστικό: οξύ πνευμονικό οίδημα, ασφυξία, χημική πνευμονίτις και απόφραξη των ανώτερων αεροφόρων οδών λόγω οιδήματος.

ΚΝΣ: συμπτώματα υποξίας, αφασία (stupor), λήθαργος και κώμα.

Πεπτικό: οξεία τοξικότητα λόγω κατάποσης και εγκαύματα στο γαστρεντερικό σωλήνα. Ναυτία, εμετοί και διάρροια συχνά συνοδευόμενες από αίμα (αιματηρές κενώσεις).

Οφθαλμοί: επιπεφυκίτιδα, θόλωση του κερατοειδούς και πιθανή τύφλωση.

ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗ

- Χρησιμοποίηση αναπνευστικής συσκευής με θετική πίεση και παροχή οξυγόνου (self-contained breathing apparatus –SCBA).

- Χρησιμοποίηση καταλλήλων Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) και ενδυμάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο CANUTEC Initial Emergency Response Guidebook. Αν απαιτείται ειδική προστατευτική ενδυμασία, είναι αναγκαία η λήψη οδηγών από τον προμηθευτή του χημικού προϊόντος ή χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων προδιαγραφών ΜΑΠ.

- Καθυστέρηση εισόδου – προσπέλασης στην περιοχή του συμβάντος μέχρις ότου αφιχθεί κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, εφοδιασμένο με κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό.

- Απομάκρυνση των εκτεθειμένων (ασθενών ή/και τραυματιών) από την ρυπανθείσα περιοχή.
- Άμεση αφαίρεση, απομάκρυνση και απομόνωση του ρουχισμού (ενδύματα, υποδήματα, κοσμήματα κ.λ.π.) των πασχόντων.

- Πλύσιμο του ασθενούς με πράσινο ή κάποιο απαλό σαπούνι και άφθονο νερό.
- Χρησιμοποίηση περισσότερο εξειδικευμένου πρωτοκόλλου απορρύπανσης όπου αυτό κρίνεται αναγκαίο.

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

- Βεβαιωθείτε ότι διενεργήθηκε η κατάλληλη απορρύπανση.
- Εάν το θύμα δεν αναπνέει είναι αναγκαία η άμεση έναρξη τεχνητής αναπνοής (όχι με τη μέθοδο στόμα με στόμα, για το ενδεχόμενο το θύμα να έχει καταπιεί τοξικές ουσίες) με τη χοήση –κατά προτίμηση– ειδικής συσκευής με βαλβίδα κατεύθυνσης.

- Άμεση πλύση των ματιών με τη βοήθεια νερού με μικρή δροή.
- Απαγορεύεται η πρόκληση εμετού. Εάν παρόλα αυτά το πάσχων άτομο κάνει εμετό ή έχει τάση, τοποθετείστε το σε πλάγια θέση (όχι ανάσκελα ούτε μπρούμπτα) με το κεφάλι προς τα κάτω ώστε να διατηρούνται ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί τυχόν αναρρόφηση.
- Φροντίδα ώστε ο πάσχων να παραμείνει ήρεμος και με σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός του.
- Άμεση μέριμνα για διακομιδή και παροχή ιατρικής φροντίδας.
- Μέριμνα ώστε το προσωπικό των ιατρικών υπηρεσιών που θα επιληφθούν του συμβάντος να είναι ενήμερο για τις εμπλεκόμενες χημικές ουσίες και να έχει λάβει τα κατάλληλα μέτρα και προφυλάξεις για τη δική του προστασία.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Άμεση κλήση των εμπλεκομένων υπηρεσιών άμεσης δράσης (Τροχαία, ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική).
- Άμεση απομόνωση της περιοχής του συμβάντος (διαρροής ή έκρηξης) τουλάχιστον σε ακτίνα 500μ, προς όλες τις κατεύθυνσεις.
- Μετακίνηση του πληθυσμού εκτός της περιοχής του συμβάντος και μακριά από τα παράθυρα.
- Απομάκρυνση των μη εξουσιοδοτημένων ατόμων από την περιοχή του συμβάντος.
- Τοποθέτηση και μετακίνηση των ατόμων σε κατεύθυνση τέτοια ώστε να μη μεταφέρει επάνω τους ο άνεμος την εκλυθείσα ρύπανση (αέρια, σκόνες κ.λπ.).
- Απομάκρυνση από περιοχές και χώρους που βρίσκονται σε επίπεδο κάτω από εκείνο της επιφάνειας της γης στην περιοχή του συμβάντος.
- Εφόσον έχει εκδηλωθεί φωτιά στο μεταφορικό μέσο, η ελάχιστη απόσταση εκκένωσης από την περιοχή του συμβάντος, είναι τα 80μ.

ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΑ Κατηγορία 5.2.

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΥΣΙΩΝ

Μια οργανική ένωση που περιέχει οξυγόνο σε δισθενή δομή (-Ο-Ο-). Μπορεί να θεωρηθεί παραγώγο του υπεροξειδίου του υδρογόνου στο οποίο ένα ή περισσότερα από τα άτομα του υδρογόνου αντικαταστάθηκαν από οργανικές ρίζες.

Πολλά υπεροξειδία είναι διαβρωτικά. Προσφέρουν, επίσης, οξυγόνο υποστηρίζοντας την καύση άλλων ουσιών. Έχουν την τάση να εκρήγνυνται μετά από έκθεση σε θερμότητα και πρόσκρουση.

Παραδείγματα : Περακετικό οξύ, υπεροξείδιο της μεθυλοαιθυλοκετόνης.

ΤΡΟΠΟΙ – ΟΔΟΙ ΕΚΘΕΣΗΣ

- Έκθεση μέσω δέρματος και οφθαλμών.
- Εισπνοή.
- Κατάποση.

ΑΙΠΕΙΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Πνευμονικό οίδημα, κυκλοφοριακό collapsus, οίδημα λάρυγγος. Διαβρώσεις στο δέρμα τους βλεννογόνους και τα εσωτερικά όργανα.

ΕΚΛΗΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Καρδιαγγειακό: ολιγαιμικό shock και κυκλοφοριακό colapsus. Ταχυκαρδία και εξασθένιση του σφυγμού.

Αναπνευστικό: οξύ πνευμονικό οίδημα, ασφυξία, χημική πνευμονίτις και απόφραξη των ανωτέρων αεροφόρων οδών με βρογχόπασμο (συριγμός) λόγω οιδήματος.

ΚΝΣ: συμπτώματα υποξίας, αφασία (stupor), λήθαργος και κώμα.

Πεπτικό: οξεία τοξικότητα λόγω κατάποσης και εγκαύματα στον γαστρεντερικό σωλήνα. Ναυτία, εμετός, διάρροια με πιθανότητες παρουσίας αιματηρών κενώσεων.

Οφθαλμοί: επιπεφυκίτις, θόλωση του κερατοειδούς και πιθανή τύφλωση.

Δέρμα: μερικά και ολικά εγκαύματα.

ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗ

- Χρησιμοποίηση αναπνευστικής συσκευής με θετική πίεση και παροχή οξυγόνου (self-contained breathing apparatus – SCBA).
- Χρησιμοποίηση καταλλήλων Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) και ενδυμάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο CANUTEC Initial Emergency Response Guidebook. Αν απαιτείται ειδική προστατευτική ενδυμασία, είναι αναγκαία η λήψη οδηγών από τον προμηθευτή του χημικού προϊόντος ή χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων προδιαγραφών ΜΑΠ.
- Καθυστέρηση εισόδου – προσπέλασης στην περιοχή του συμβάντος μέχρις ότου αφιχθεί κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, εφοδιασμένο με κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό.
- Απομάκρυνση των εκτεθειμένων (ασθενών ή/και τραυματιών) από τη ρυπανθείσα περιοχή.
- Άμεση αφαίρεση, απομάκρυνση και απομόνωση του ρουχισμού (ενδύματα, υποδήματα, κοσμήματα κ.λπ.) των πασχόντων.
- Προσεκτικός καθαρισμός και απομάκρυνση -με χρήση απορροφητικού υλικού- από το δέρμα του πάσχοντος, των στερεών σωματιδίων ή υγρών κηλίδων.
- Ξέπλυμα (ντους) του πάσχοντος –εφόσον αυτό είναι δυνατό– με νερό θερμοκρασίας 30°C (για τουλάχιστον 20 λεπτά).
- Πλύσιμο του ασθενούς με πράσινο ή κάποιο άλλο απαλό σαπούνι (γλυκερίνης) και άφθονο νερό.
- Χρησιμοποιήστε περισσότερο εξειδικευμένα πρωτόκολλα απορρύπανσης.

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

- Βεβαιωθείτε ότι διενεργήθηκε η κατάλληλη απορρύπανση.
- Εάν το θύμα δεν αναπνέει είναι αναγκαία η άμεση έναρξη τεχνητής αναπνοής (όχι με την μέθοδο στόμα με στόμα, για το ενδεχόμενο το θύμα να έχει καταπιεί τοξικές ουσίες) με τη χρήση -κατά προτίμηση- ειδικής συσκευής με βαλβίδα κατεύθυνσης.
- Άμεση πλύση των ματιών με τη βοήθεια νερού με μικρή ροή.
- Απαγορεύεται η πρόκληση εμετού. Εάν παρόλα αυτά το πάσχων άτομο κάνει εμετό ή έχει τάση, τοποθετείστε το σε πλάγια θέση (όχι ανάσκελα, ούτε μπρούμπτα) με το κεφάλι προς τα κάτω ώστε να διατηρούνται ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί τυχόν αναρρόφηση.

- Φροντίδα ώστε ο πάσχων να παραμείνει ήρεμος και με σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός του.
- Άμεση μέριμνα για διακομιδή και παροχή ιατρικής φροντίδας.
- Μέριμνα ώστε το προσωπικό των ιατρικών υπηρεσιών που θα επιληφθούν του συμβάντος να είναι ενήμερο για τις εμπλεκόμενες χημικές ουσίες και να έχει λάβει τα κατάλληλα μέτρα και προφυλάξεις για τη δική του προστασία.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Άμεση κλήση των εμπλεκομένων υπηρεσιών άμεσης δράσης (Τροχαία, ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική).
- Άμεση απομόνωση της περιοχής του συμβάντος (διαρροής ή έκρηξης) τουλάχιστον σε ακτίνα 500μ, προς όλες τις κατεύθυνσεις.
- Μετακίνηση του πληθυσμού εκτός της περιοχής του συμβάντος και μακριά από τα παράθυρα.
- Απομάκρυνση των μη εξουσιοδοτημένων ατόμων από την περιοχή του συμβάντος.
- Τοποθέτηση και μετακίνηση των ατόμων σε κατεύθυνση τέτοια ώστε να μη μεταφέρει επάνω τους ο άνεμος την εκλυθείσα ρύπανση (αέρια, σκόνες κ.λπ.).
- Απομάκρυνση από περιοχές και χώρους που βρίσκονται σε επίπεδο κάτω από εκείνο της επιφάνειας της γης στην περιοχή του συμβάντος.
- Εφόσον έχει εκδηλωθεί φωτιά στο μεταφορικό μέσο, η ελάχιστη απόσταση εκκένωσης από την περιοχή του συμβάντος, είναι τα 80μ.

ΕΡΕΘΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ Κατηγορία 6

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΥΣΙΩΝ

Κάθε υγρή ή στερεά ουσία που όταν έρθει σε επαφή με φωτιά ή εκτεθεί στον αέρα απελευθερώνει επικίνδυνους ή έντονα ερεθιστικούς καπνούς - αναθυμιάσεις που δεν είναι ωστόσο δηλητηριώδης.

Παραδείγματα : δακρυγόνα αέρια, νευροπαραλυτικά αέρια cs/cv, βρωμιούχο ξυλόλιο, χλωριούχο φαινακύλιο και chemical macel.

ΤΡΟΠΟΙ-ΟΔΟΙ ΕΚΘΕΣΗΣ

- Μέσω δέρματος και οφθαλμών.
- Εισπνοή.
- Κατάποση.

ΑΙΓΕΙΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Τα ερεθιστικά των αναπνευστικών οδών μπορούν να προκαλέσουν σοβαρό πνευμονικό οίδημα

που εκδηλώνεται με μικρή χρονική υστέρηση από την έκθεση ή ακόμη και άμεσο ερεθισμό στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα ή οίδημα.

ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ

Καρδιοαγγειακό: καρδιαγγειακό collapsus με ταχύ και αδύναμο σφυγμό. Είναι δυνατό να εμφανιστεί και αντανακλαστική βραδυκαρδία.

Αναπνευστικό: Κατά το χρόνο έκθεσης στους περισσότερους παράγοντες, το μοναδικό σύμπτωμα που εμφανίζεται είναι ένας ήπιος παροδικός βήχας. Τα συμπτώματα μπορούν να αυτοπροσδιοριστούν σ' αυτό για μιας ήπιας εντάσεως έκθεση. Με χρονική υστέρηση (σε σχέση με την έκθεση) είναι δυνατόν να «εισβάλλει» δύσπνοια, ταχύπνοια, βίαιος βήχας και να ακολουθήσει πνευμονικό οίδημα. Μερικοί παράγοντες επιδρούν άμεσα στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας πόνο, ασφυξία και σπασμό της γλωτίδος (επιφέροντας παροδική κατάργηση του αντανακλαστικού της αναπνοής). Σοβαρή έκθεση μπορεί να προκαλέσει απόφραξη των ανωτέρων αεροφόρων οδών λόγω σπασμού της γλωτίδος.

ΚΝΣ: Κόπωση, ανησυχία και απώλεια αισθήσεων σαν καθυστερημένη εκδήλωση.

Πεπτικό: Έντονη φλεγμονή των βλεννογόνων του γαστρεντερικού σωλήνα, ναυτία, εμετοί και κοιλιακός πόνος.

Οφθαλμοί: Χημική επιπεφυκίτις.

Δέρμα: Ερεθισμός του δέρματος και του βλεννογόνου, ωχρότης και κυάνωση.

Άλλα: Για πολλά άλλα από τα προϊόντα αυτής της κατηγορίας τα συμπτώματα και οι εκδηλώσεις μπορεί να εμφανιστούν μετά την πάροδο 5 έως 72 ωρών από την έκθεση.

Σε μερικές ουσίες ή εκθέσεις σε υψηλές συγκεντρώσεις, τα συμπτώματα μπορούν να εμφανιστούν άμεσα.

ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗ

- Χρησιμοποίηση αναπνευστικής συσκευής με θετική πίεση και παροχή οξυγόνου (self-contained breathing apparatus –SCBA).
- Χρησιμοποίηση καταλλήλων Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) και ενδυμάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο CANUTEC Initial Emergency Response Guidebook. Αν απαιτείται ειδική προστατευτική ενδυμασία, είναι αναγκαία η λήψη οδηγών από τον προμηθευτή του χημικού προϊόντος ή χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων προδιαγραφών ΜΑΠ.
 - Καθυστέρηση εισόδου - προσπέλασης στην περιοχή του συμβάντος μέχρις ότου αφιχθεί κατάληλα εκπαίδευμένο προσωπικό, εφοδιασμένο με κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό.
 - Απομάκρυνση των εκτεθειμένων (ασθενών ή/και τραυματιών) από τη ρυπανθείσα περιοχή.
 - Άμεση αφαίρεση, απομάκρυνση και απομόνωση του ρουχισμού (ενδύματα, υποδήματα, κοσμήματα κ.λπ.) των πασχόντων.
 - Προσεκτικός καθαρισμός και απομάκρυνση -με χρήση απορροφητικού υλικού- από το δέρμα του πάσχοντος, των στερεών σωματιδίων ή υγρών κηλίδων.
 - Ξέπλυμα (ντους) του πάσχοντος -εφόσον αυτό είναι δυνατό- με νερό θερμοκρασίας 30°C (για τουλάχιστον 20 λεπτά).
 - Πλύσιμο του ασθενούς με πράσινο ή κάπιοι άλλο απαλό σαπούνι (γλυκερίνης) και άφθονο νερό.

- Χρησιμοποιήστε περισσότερο εξειδικευμένα πρωτόκολλα απορρύπανσης.

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

- Βεβαιωθείτε ότι διενεργήθηκε η κατάλληλη απορρύπανση.
- Εάν το θύμα δεν αναπνέει είναι αναγκαία η άμεση έναρξη τεχνητής αναπνοής (όχι με την μέθοδο στόμα με στόμα, για το ενδεχόμενο το θύμα να έχει καταπιεί τοξικές ουσίες) με τη χρήση -κατά προτίμηση- ειδικής συσκευής με βαλβίδα κατεύθυνσης.
- Άμεση πλύση των ματιών με τη βοήθεια νερού με μικρή δοσή.
- Απαγορεύεται η πρόκληση εμετού. Εάν παρόλα αυτά το πάσχων άτομο κάνει εμετό ή έχει τάση, τοποθετείστε το σε πλάγια θέση (όχι ανάσκελα. ούτε μπρούμπτα) με το κεφάλι προς τα κάτω ώστε να διατηρούνται ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί τυχόν αναρρόφηση.
- Φροντίδα ώστε ο πάσχων να παραμείνει ήρεμος και με σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός του.
- Άμεση μέριμνα για διακομιδή και παροχή ιατρικής φροντίδας.
- Μέριμνα ώστε το προσωπικό των ιατρικών υπηρεσιών που θα επιληφθούν του συμβάντος να είναι ενήμερο για τις εμπλεκόμενες χημικές ουσίες και να έχει λάβει τα κατάλληλα μέτρα και προφυλάξεις για τη δική του προστασία.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Άμεση κλήση των εμπλεκομένων υπηρεσιών άμεσης δράσης (Τροχαία, ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική).
- Άμεση απομόνωση της περιοχής του συμβάντος (διαρροής ή έκρηξης) τουλάχιστον σε ακίνα 500μ, προς όλες τις κατεύθυνσεις.
- Μετακίνηση του πληθυσμού εκτός της περιοχής του συμβάντος και μακριά από τα παράθυρα.
- Απομάκρυνση των μη εξουσιοδοτημένων ατόμων από την περιοχή του συμβάντος.
- Τοποθέτηση και μετακίνηση των ατόμων σε κατεύθυνση τέτοια ώστε να μη μεταφέρει επάνω τους ο άνεμος την εκλυθείσα ρύπανση (αέρια, σκόνες κ.λπ.).
- Απομάκρυνση από περιοχές και χώρους που βρίσκονται σε επίπεδο κάτω από εκείνο της επιφάνειας της γης στην περιοχή του συμβάντος.
- Εφόσον έχει εκδηλωθεί φωτιά στο μεταφορικό μέσο, η ελάχιστη απόσταση εκκένωσης από την περιοχή του συμβάντος, είναι τα 80μ.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

Στις περισσότερες περιπτώσεις ήπιας έκθεσης τα συμπτώματα είναι περιορισμένης έντασης και σοβαρότητας και απαιτείται κατάλληλη υποστηρικτική αντιμετώπιση των πασχόντων. Η χρησιμοποίηση φαρμάκων όπως ατροπίνη, επινεφρίνη, βρογχολυτικά και αντιβηχικά δεν ενδείκνυνται διότι είναι δυνατόν να προκαλέσουν περαιτέρω βλάβη. Επιβάλλεται η αντιμετώπιση των έντονων συμπτωμάτων λόγω της συγκεκριμένης έκθεσης.

ΔΗΛΗΤΗΡΙΩΔΕΙΣ ΟΥΣΙΕΣ Α ΚΑΙ Β Κατηγορία 2 και 6

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΥΣΙΩΝ

Δηλητηριώδη αέρια, υγρά ή άλλες ουσίες στις οποίες η έκθεση ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις, αποτελεί σοβαρό κίνδυνο για την υγεία και τη ζωή.

Παραδείγματα : κυανίδιο, αρσενικό, φωσγένιο, ανιλίνη, βρωμιούχο μεθύλιο και διάφορα παρασιτοκτόνα και ζιζανιοκτόνα. Προϊόντα που μπορεί να είναι τοξικά.

ΤΡΟΠΟΙ – ΟΔΟΙ ΕΚΘΕΣΗΣ

- Επαφή μέσω δέρματος και οφθαλμών.
- Εισπνοή.
- Κατάποση.
- Διαδερμική απορρόφηση.

ΑΠΕΙΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Καρδιαγγειακό collapsus, πνευμονικό οίδημα, καταστολή του ΚΝΣ και καρδιοαναπνευστική ανακοπή. Αυτές οι δηλητηριώδεις ουσίες έχουν ένα ευρύ φάσμα δράσεων και απειλών κατά της ζωής.

Παρατίθενται ορισμένα από τα γενικά συμπτώματα ωστόσο υπάρχουν και άλλα που διαφοροποιούνται έντονα από ουσία σε ουσία.

ΕΚΛΗΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Καρδιοαγγειακό: καρδιοαγγειακό collapsus, αρρυθμία και καρδιακή ανακοπή.

Αναπνευστικό: οξύ πνευμονικό οίδημα, δύσπνοια, βρογχόσπασμος, ταχύπνοια και αντιδραστικές ερεθιστικές εκδηλώσεις του ανώτερου αναπνευστικού και αναπνευστική ανακοπή.

ΚΝΣ: καταστολή ΚΝΣ, κώμα και καταπληξία.

Πεπτικό: ναυτία, εμετός, διάρροια (μερικές φορές με αίμα) και κοιλιακός πόνος.

Οφθαλμοί: χημική επιπεφυκίτις, έγκαυμα και θόλωση κερατοειδούς. Είναι δυνατόν να συνυπάρχει έντονη δακρύωση.

Δέρμα: ερεθισμός και χημικά εγκαύματα.

Άλλα: μερικά προϊόντα μπορούν να προκαλέσουν το σύνδρομο της σιαλόρροιας, δακρύρροιας, ούρησης, κένωσης, κοιλιακού πόνου και αιματέμεσης (SLUDGE syndrome). Άλλα προϊόντα μπορούν να προκαλέσουν μεθαιμοσφαιριναίμια ή να επηρεάσουν την κυτταρική αναπνοή (οξειδωτική φωσφοριλύωση).

ΑΙΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗ

- Χρησιμοποίηση αναπνευστικής συσκευής με θετική πίεση και παροχή οξυγόνου (self-contained breathing apparatus –SCBA).
- Χρησιμοποίηση καταλλήλων ΜΑΠ και ενδυμάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο CANUTEC Initial Emergency Response Guidebook. Αν απαιτείται ειδική προστατευτική ενδυμασία, είναι αναγκαία η λήψη οδηγών από τον προμηθευτή του χημικού προϊόντος ή χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων προδιαγραφών ΜΑΠ.
- Καθυστέρηση εισόδου - προσπέλασης στην περιοχή του συμβάντος μέχρις ότου αφιχθεί κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, εφοδιασμένο με κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό.
- Απομάκρυνση των εκτεθειμένων (ασθενών ή/και τραυματιών) από την ρυπανθείσα περιοχή.
- Άμεση αφαίρεση, απομάκρυνση και απομόνωση του ρουχισμού (ενδύματα, υποδήματα, κοσμήματα κ.λπ.) των πασχόντων.
- Προσεκτικός καθαρισμός και απομάκρυνση -με χρήση απορροφητικού υλικού- από το δέρμα του πάσχοντος, των στερεών σωματιδίων ή υγρών κηλίδων.
- Ξέπλυμα (ντους) του πάσχοντος -εφόσον αυτό είναι δυνατό- με νερό θερμοκρασίας 30°C (για τουλάχιστον 20 λεπτά).
- Πλύσιμο του ασθενούς με πράσινο ή κάποιο άλλο απαλό σαπούνι (γλυκερίνης) και άφθονο νερό.
- Χρησιμοποιήστε περισσότερο εξειδικευμένα πρωτόκολλα απορρύπανσης.

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

- Βεβαιωθείτε ότι διενεργήθηκε η κατάλληλη απορρύπανση.
- Εάν το θύμα δεν αναπνέει είναι αναγκαία η άμεση έναρξη τεχνητής αναπνοής (όχι με την μέθοδο στόμα με στόμα, για το ενδεχόμενο το θύμα να έχει καταπιεί τοξικές ουσίες) με τη χρήση -κατά προτίμηση- ειδικής συσκευής με βαλβίδα κατεύθυνσης.
- Άμεση πλύση των ματιών με τη βοήθεια νερού με μικρή δοσή.
- Απαγορεύεται η πρόκληση εμετού. Εάν παρόλα αυτά το πάσχων άτομο κάνει εμετό ή έχει τάση, τοποθετείστε το σε πλάγια θέση (όχι ανάσκελα ούτε μπρούμπτα) με το κεφάλι προς τα κάτω ώστε να διατηρούνται ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί τυχόν αναρρόφηση.
- Φροντίδα ώστε ο πάσχων να παραμείνει ήρεμος και με σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός του.
- Άμεση μέριμνα για διακομιδή και παροχή ιατρικής φροντίδας.
- Μέριμνα ώστε το προσωπικό των ιατρικών υπηρεσιών που θα επιληφθούν του συμβάντος να είναι ενήμερο για τις εμπλεκόμενες χημικές ουσίες και να έχει λάβει τα κατάλληλα μέτρα και προφυλάξεις για τη δική του προστασία.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Άμεση κλίση των εμπλεκομένων υπηρεσιών άμεσης δράσης (Τροχαία, ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική).
- Άμεση απομόνωση της περιοχής του συμβάντος (διαρροής ή έκρηξης) τουλάχιστον σε ακτίνα 500μ, προς όλες τις κατευθύνσεις.

- Μετακίνηση του πληθυσμού εκτός της περιοχής του συμβάντος και μακριά από τα παράθυρα.
- Απομάκρυνση των μη εξουσιοδοτημένων ατόμων από την περιοχή του συμβάντος.
- Τοποθέτηση και μετακίνηση των ατόμων σε κατεύθυνση τέτοια ώστε να μη μεταφέρει επάνω τους ο άνεμος την εκλυθείσα ρύπανση (αέρια, σκόνες κ.λπ.).
- Απομάκρυνση από περιοχές και χώρους που βρίσκονται σε επίπεδο κάτω από εκείνο της επιφάνειας της γης στην περιοχή του συμβάντος.
- Εφόσον έχει εκδηλωθεί φωτιά στο μεταφορικό μέσο, η ελάχιστη απόσταση εκκένωσης από την περιοχή του συμβάντος, είναι τα 80μ.

ΟΙΚΟΤΟΞΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ Κατηγορία 6

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΥΣΙΩΝ

Ζώντες μικροοργανισμοί και οι τοξίνες τους, οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες σε ανθρώπους και ζώα.

Παραδείγματα : βάκιλος του άνθρακα, λύσσα, τέτανος, αλλαντίαση, πολυομυελίτιδα και HIV.

ΤΡΟΠΟΙ - ΟΔΟΙ ΕΚΘΕΣΗΣ

- Εισπνοή.
- Κατάποση.
- Διαδερμική απορρόφηση.

ΑΠΕΙΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Αυτοί οι οικοτοξικοί παράγοντες διαθέτουν μια ποικιλία δράσεων και απειλών κατά της ζωής. Για πολλούς από αυτούς απαιτείται μια περίοδος επωάσεως και δεν υπάρχουν οξεία – άμεσα συμπτώματα. Η ταυτοποίηση αυτών των παραγόντων είναι καθοριστική προκειμένου να εκτιμηθεί η σοβαρότητα και η έκταση των αναμενόμενων συμπτωμάτων και κινδύνων.

ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗ

- Χρησιμοποίηση αναπνευστικής συσκευής με θετική πίεση και παροχή οξυγόνου (self-contained breathing apparatus –SCBA).
- Χρησιμοποίηση καταλλήλων Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) και ενδυμάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο CANUTEC Initial Emergency Response Guidebook. Αν απαιτείται ειδική προστατευτική ενδυμασία, είναι αναγκαία η λήψη οδηγών από τον προμηθευτή του χημικού προϊόντος ή χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων προδιαγραφών ΜΑΠ.
- Καθυστέρηση εισόδου - προσπέλασης στην περιοχή του συμβάντος μέχρις ότου αφιχθεί κατάλ-

ληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, εφοδιασμένο με κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό.

- Απομάκρυνση των εκτεθειμένων (ασθενών ή/και τραυματιών) από τη ρυπανθείσα περιοχή.
- Άμεση αφαίρεση, απομάκρυνση και απομόνωση του ρουχισμού (ενδύματα, υποδήματα, κοσμήματα κ.λπ.) των πασχόντων.
- Προσεκτικός καθαρισμός και απομάκρυνση –με χρήση απορροφητικού υλικού– από το δέρμα του πάσχοντος, των στερεών σωματιδίων ή υγρών αηλίδων.
- Ξέπλυμα (ντους) του πάσχοντος -εφόσον αυτό είναι δυνατό- με νερό θερμοκρασίας 30°C (για τουλάχιστον 20 λεπτά).
- Πλύσιμο του ασθενούς με πράσινο ή κάποιο άλλο απαλό σαπούνι (γλυκερίνης) και άφθονο νερό.
- Χρησιμοποιήστε περισσότερο εξειδικευμένα πρωτόκολλα απορρύπανσης.

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

- Βεβαιωθείτε ότι διενεργήθηκε η κατάλληλη απορρύπανση.
- Εάν το θύμα δεν αναπνέει είναι αναγκαία η άμεση έναρξη τεχνητής αναπνοής (όχι με την μέθοδο στόμα με στόμα για το ενδεχόμενο το θύμα να έχει καταπιεί τοξικές ουσίες) με τη χρήση -κατά προτίμηση- ειδικής συσκευής με βαλβίδα κατεύθυνσης.
- Άμεση πλύση των ματιών με τη βοήθεια νερού με μικρή δοσή.
- Απαγορεύεται η πρόκληση εμετού. Εάν παρόλα αυτά το πάσχων άτομο κάνει εμετό ή έχει τάση, τοποθετείστε το σε πλάγια θέση (όχι ανάσκελα ούτε μπρούμπτα) με το κεφάλι προς τα κάτω ώστε να διατηρούνται ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί τυχόν αναρρόφηση.
- Φροντίδα ώστε ο πάσχων να παραμείνει ήρεμος και με σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός του.
- Άμεση μέριμνα για διακομιδή και παροχή ιατρικής φροντίδας.
- Μέριμνα ώστε το προσωπικό των ιατρικών υπηρεσιών που θα επιληφθούν του συμβάντος να είναι ενήμερο για τις εμπλεκόμενες χημικές ουσίες και να έχει λάβει τα κατάλληλα μέτρα και προφυλάξεις για τη δική του προστασία.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Άμεση κλήση των εμπλεκομένων υπηρεσιών άμεσης δράσης (Τροχαία, ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική).
- Άμεση απομόνωση της περιοχής του συμβάντος (διαρροής ή έκρηξης) τουλάχιστον σε ακτίνα 10-25μ, προς όλες τις κατευθύνσεις.
- Μετακίνηση του πληθυσμού εκτός της περιοχής του συμβάντος και μακριά από τα παράθυρα.
- Απομάκρυνση των μη εξουσιοδοτημένων ατόμων από την περιοχή του συμβάντος.
- Τοποθέτηση και μετακίνηση των ατόμων σε κατεύθυνση τέτοια ώστε να μη μεταφέρει επάνω τους ο άνεμος την εκλυθείσα ρύπανση (αέρια, σκόνες κ.λπ.).
- Απομάκρυνση από περιοχές και χώρους που βρίσκονται σε επίπεδο κάτω από εκείνο της επιφάνειας της γης στην περιοχή του συμβάντος.
- Εφόσον έχει εκδηλωθεί φωτιά στο μεταφορικό μέσο, η ελάχιστη απόσταση εκκένωσης από την περιοχή του συμβάντος, είναι τα 80μ.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Άμεση παροχή συμπτωματικής αγωγής και υποστηρικτικής φροντίδας.
- Η αναγνώριση του προϊόντος είναι καθοριστικής σημασίας για την συγκεκριμένοποίηση της θεραπευτικής αγωγής. Οι περισσότερες τοξίνες έχουν περιόδους επωάσεως που ποικίλουν σε διάφορα με ή χωρίς οξεία συνοδευτικά συμπτώματα.
- Οι περισσότερες περιπτώσεις αφορούν εκθέσεις που χρειάζονται ελάχιστη και όχι άμεση θεραπευτική αντιμετώπιση.
- Απαιτείται μεταφορά σε νοσοκομείο με την αυστηρή τήρηση των γενικών μέτρων προφύλαξης.

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΑ ΥΛΙΚΑ I, II και III Κατηγορία 7

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΥΣΙΩΝ

Κάθε υλικό ή συνδυασμός υλικών που εκπέμπει αυτόματα ιοντίζουσα ακτινοβολία και έχει ειδική δράση μεγαλύτερη των 0,002 μCi/g.

Παραδείγματα : πλουτώνιο, κοβάλτιο, ουράνιο 235, ραδιενεργά απόβλητα. Πάσχοντες που έχουν εκτεθεί σε θεραπεία με ακτίνες «γ» μπορούν επίσης να εκπέμπουν ακτινοβολία. Αυτοί οι πάσχοντες δεν αποτελούν ωστόσο δευτερογενή κίνδυνο. Αντίστροφα, έκθεση σε πηγές σωματιδιακής ακτινοβολίας (α και β σωματίδια, νετρόνια, πρωτόνια και ποζιτρόνια) σε μορφή σκόνης υγρού ή αερίου επιμολύνουν τον πάσχοντα και αποτελούν δευτερογενή κίνδυνο για όσους εκτίθενται χωρίς λόγο.

ΤΡΟΠΟΙ-ΟΔΟΙ ΕΚΘΕΣΗΣ

- Μέσω δέρματος και οφθαλμών.
- Εισπνοή.
- Κατάποση.
- Διαδερμική απορρόφηση.
- Κίνδυνος έκθεσης λόγω γειτνιάσεως με ορισμένα προϊόντα.

ΑΠΕΙΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Βλάβες στο γενετικό υλικό DNA και RNA των κυττάρων. Κύτταρα με υψηλό μεταβολικό ρυθμό όπως αυτό του γαστρεντερικού σωλήνα και του αιμοποιητικού συστήματος είναι περισσότερο ευάλωτα.

Μαζική έκθεση σε ιοντίζουσα ακτινοβολία μπορεί αν προκαλέσει εκτεταμένες νευρολογικές και γαστρεντερολογικές βλάβες.

Η βλάβη στη λειτουργία του μυελού των οστών μπορεί να επιφέρει ανοσοκαταστολή και συστηματικές λοιμώξεις. Διαλυτές ραδιενεργές ουσίες μπορούν να προκαλέσουν και τοπικά συμπτώματα.

Οι ουσίες αυτές μπορούν να δράσουν σαν καρκινογόνοι παράγοντες

ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Καρδιαγγειακό: ταχυκαρδία και καρδιαγγειακό collapsus.

Αναπνευστικό: δύσπνοια, βήχα και ερεθισμός όπως επίσης οίδημα των ανώτερων αεροφόρων οδών και πνευμονίτις.

ΚΝΣ: απώλεια συνειδήσεως και κώμα, κεφαλαλγία, λήθαργος, καταβολή, τρόμος και σπασμοί.

Πεπτικό: ναυτία, εμετός και διάρροια.

Οφθαλμοί: δακρύζοροια, επιπεφυκίτις, βλάβη στον κερατοειδή.

Δέρμα: τα συμπτώματα κυμαίνονται ανάμεσα σε ήπιο ερεθισμό και εγκαύματα, τριχόπτωση.

Αιμοποιητικό: Καταστολή του μυελού των οστών

Άλλα: σε πολλές περιπτώσεις τα συμπτώματα εμφανίζονται καθυστερημένα μετά από ώρες ή και ημέρες.

ΑΙΟΡΡΥΠΑΝΣΗ

Απαιτείται εφαρμογή εξειδικευμένων πρωτοκόλλων.

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

- Βεβαιωθείτε ότι διενεργήθηκε η κατάλληλη απορρύπανση.
- Εάν το θύμα δεν αναπνέει είναι αναγκαία η άμεση έναρξη τεχνητής αναπνοής (όχι με την μέθοδο στόμα με στόμα για το ενδεχόμενο το θύμα να έχει καταπιεί τοξικές ουσίες) με τη χρήση -κατά προτίμηση- ειδικής συσκευής με βαλβίδα κατεύθυνσης.
- Άμεση πλύση των ματιών με τη βοήθεια νερού με μικρή δοσή.
- Απαγορεύεται η πρόκληση εμετού. Εάν παρόλα αυτά το πάσχων άτομο κάνει εμετό ή έχει τάση, τοποθετείστε το σε πλάγια θέση (όχι ανάσκελα ούτε μπρούμπτα) με το κεφάλι προς τα κάτω ώστε να διατηρούνται ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί τυχόν αναρρόφηση.
- Φροντίδα ώστε ο πάσχων να παραμείνει ήρεμος και με σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός του.
- Άμεση μέριμνα για διακομιδή και παροχή ιατρικής φροντίδας.
- Μέριμνα ώστε το προσωπικό των ιατρικών υπηρεσιών που θα επιληφθούν του συμβάντος να είναι ανήμερο για τις εμπλεκόμενες χημικές ουσίες και να έχει λάβει τα κατάλληλα μέτρα και προφυλάξεις για τη δική του προστασία.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

• Άμεση κλήση των εμπλεκομένων υπηρεσιών (Τροχαία, ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική) και του «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΥ» που είναι ο αρμόδιος φορέας για τη μέτρηση των επιπέδων ακτινοβολίας. Η αρχή αυτή (Δημόκριτος) είναι αρμόδια για την εκτίμηση των συνεπειών και για τον προσδιορισμό των ενεργειών έκτακτης ανάγκης.

- Απαιτείται απομόνωση της περιοχής του συμβάντος σε απότομα 25-50μ. περιμετρικά.
- Προσοχή στην κατεύθυνση των ανέμων.
- Απομάκρυνση των μη εξουσιοδοτημένων ατόμων.

- Απομόνωση και άμεση διακομιδή των εκτεθέντων με τις κατάλληλες για την περίπτωση προφυλάξεις.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Πολλά από τα συμπτώματα της έκθεσης σε ιονίζουσα ακτινοβολία εμφανίζονται με χρονική καθυστέρηση.
- Η σχολαστική λήψη του ιστορικού της έκθεσης είναι βασική για την εκτίμηση του κινδύνου και των προσδιορισμών κατάλληλων θεραπευτικών παρεμβάσεων.
- Η δόση της ακτινοβολίας καθορίζει το είδος και την κλινική πορεία του εκτεθέντος.
- 100 rads: συμπτώματα από το πεπτικό (ναυτία, εμετός, κοιλιακοί σπασμοί, διάρροια). Τα συμπτώματα μπορούν να εμφανιστούν και μετά από αρκετές ώρες.
- 600 rads: σοβαρές αλλοιώσεις στο πεπτικό (νευρολογική γαστρεντερίτις) που μπορούν να οδηγήσουν σε αφυδάτωση και θάνατο μετά από μερικές ημέρες.
- >1000 rads: νευρολογικά και καρδιαγγειακά συμπτώματα (σπασμοί, λήθαργος, αταξία, ζάλη, κώμα, καρδιαγγειακό collapsus) εμφανίζονται μετά από λίγα λεπτά ή ώρες. Η καταστολή του μυελού των οστών, η λευκοπενία και οι λοιμώξεις εμφανίζονται συνήθως στην συνέχεια και μετά από υψηλή έκθεση.
- Η όλη υποστήριξη των πασχόντων θα πρέπει να γίνεται με βάση περισσότερο εξειδικευμένα πρωτόκολλα και κατάλληλα κέντρα.

ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ Κατηγορία 8

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΟΥΣΙΩΝ

Κάθε υγρό ή στερεό που προκαλεί ορατή καταστροφή στο ανθρώπινο δέρμα ή έχει σοβαρή διαβρωτική επίδραση στο σίδηρο ή το αλουμίνιο. Η Environmental Protection Agency (EPA) ορίζει σαν διαβρωτικά προϊόντα εκείνα που έχουν pH μέχρι 2 ή πάνω από 12,5. Αυτή η ομάδα περιλαμβάνει οξέα και βάσεις μαζί. Μερικά προϊόντα είναι δυνατόν να προκαλέσουν συστηματική τοξικότητα.

Παραδείγματα : Υδροχλωρικό οξύ, υδροφθορικό οξύ, υδροξείδιο του νατρίου και καυστική ποτάσα.

ΤΡΟΠΟΙ – ΟΔΟΙ ΕΚΘΕΣΗΣ

- Μέσω δέρματος και οφθαλμών.
- Εισπνοή.
- Κατάποση.

ΑΠΕΙΛΗ ΚΑΤΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Έντονος ερεθισμός των ιστών που μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα στο ανώτερο αναπνευστικό

σύστημα και οίδημα, collapsus και σοβαρά εγκαύματα στο δέρμα.

Μπορεί να προκαλέσει διάτρηση του γαστρεντερικού σωλήνα, αιμορραγία, και περιτονίτιδα.

Η απορρόφηση ορισμένων προϊόντων αυτής της κατηγορίας είναι δυνατόν να προκαλέσει συστηματικές τοξικές βλάβες.

ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ

Καρδιαγγειακό: ταχυκαρδία και shock.

Αναπνευστικό: δύσπνοια, ταχύπνοια, έγκαυμα και οίδημα στο ανώτερο αναπνευστικό, συριγμός, βήχας, βρογχόσπασμός και πνευμονικό οίδημα.

ΚΝΣ: απάθεια, διανοητική σύγχυση, θολή όραση και τρόμος.

Πεπτικό: ναυτία, εμετός, αιμορραγία, κοιλιακός πόνος, επώδυνη σιαλόρροια, εγκαύματα στη στοματική κοιλότητα, τον οισοφάγο, το στομάχι και το κατώτερο τμήμα του γαστρεντερικού σωλήνα.

Οφθαλμοί: χημική επιπεφυκίτις και σοβαρή οφθαλμική βλάβη.

Δέρμα: χημικά εγκαύματα, δερματικά εξανθήματα, κυάνωση ή ωχρότης.

ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗ

- Χρησιμοποίηση αναπνευστικής συσκευής με θετική πίεση και παροχή οξυγόνου (self-contained breathing apparatus –SCBA).

- Χρησιμοποίηση καταλλήλων Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) και ενδυμάτων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιλαμβάνονται στο CANUTEC Initial Emergency Response Guidebook. Αν απαιτείται ειδική προστατευτική ενδυμασία, είναι αναγκαία η λήψη οδηγών από τον προμηθευτή του χημικού προϊόντος ή χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων προδιαγραφών ΜΑΠ.

- Καθυστέρηση εισόδου - προσπέλασης στην περιοχή του συμβάντος μέχρις ότου αφιχθεί κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, εφοδιασμένο με κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό.

- Απομάκρυνση των εκτεθειμένων (ασθενών ή/και τραυματιών) από τη ρυπανθείσα περιοχή.

- Άμεση αφαίρεση, απομάκρυνση και απομόνωση του ρουχισμού (ενδύματα, υποδήματα, κοσμήματα κ.λπ.) των πασχόντων.

- Προσεκτικός καθαρισμός και απομάκρυνση -με χρήση απορροφητικού υλικού- από το δέρμα του πάσχοντος, των στερεών σωματιδίων ή υγρών κηλίδων.

- Ξέπλυμα (ντους) του πάσχοντος -εφόσον αυτό είναι δυνατό- με νερό θερμοκρασίας 30 °C (για τουλάχιστον 20 λεπτά).

- Πλύσιμο του ασθενούς με πράσινο ή κάποιο άλλο απαλό σαπούνι (γλυκερίνης) και άφθονο νερό.

- Χρησιμοποιήστε περισσότερο εξειδικευμένα πρωτόκολλα απορρύπανσης.

ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

- Βεβαιωθείτε ότι διενεργήθηκε η κατάλληλη απορρύπανση.

- Εάν το θύμα δεν αναπνέει είναι αναγκαία η άμεση έναρξη τεχνητής αναπνοής (όχι με την μέθοδο στόμα με στόμα, για το ενδεχόμενο το θύμα να έχει καταπιεί τοξικές ουσίες) με τη χρήση -κατά προτίμηση- ειδικής συσκευής με βαλβίδα κατεύθυνσης.

- Άμεση πλύση των ματιών με τη βοήθεια νερού με μικρή δοζ.
- Απαγορεύεται η πρόκληση εμετού. Εάν παρόλα αυτά το πάσχων άτομο κάνει εμετό ή έχει τάση, τοποθετείστε το σε πλάγια θέση (όχι ανάσκελα ούτε μπρούμπτα) με το κεφάλι προς τα κάτω ώστε να διατηρούνται ανοιχτοί οι αεραγωγοί και να προληφθεί τυχόν αναρρόφηση.
- Φροντίδα ώστε ο πάσχων να παραμείνει ήρεμος και με σταθερή τη θερμοκρασία του σώματός του.
- Άμεση μέριμνα για διακομιδή και παροχή ιατρικής φροντίδας.
- Μέριμνα ώστε το προσωπικό των ιατρικών υπηρεσιών που θα επιληφθούν του συμβάντος να είναι ενήμερο για τις εμπλεκόμενες χημικές ουσίες και να έχει λάβει τα κατάλληλα μέτρα και προφυλάξεις για την δική του προστασία.

ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

- Άμεση κλήση των εμπλεκομένων υπηρεσιών άμεσης δράσης (Τροχαία, ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική).
- Άμεση απομόνωση της περιοχής του συμβάντος (διαρροϊκή ή έκρηξης) τουλάχιστον σε ακτίνα 100-200μ, περιμετρικά.
- Μετακίνηση του πληθυσμού εκτός της περιοχής του συμβάντος και μακριά από τα παράθυρα.
- Απομάκρυνση των μη εξουσιοδοτημένων ατόμων από την περιοχή του συμβάντος.
- Τοποθέτηση και μετακίνηση των ατόμων σε κατεύθυνση τέτοια ώστε να μη μεταφέρει επάνω τους ο άνεμος την εκλυθείσα ρύπανση (αέρια, σκόνες κ.λπ.).
- Απομάκρυνση από περιοχές και χώρους που βρίσκονται σε επίπεδο κάτω από εκείνο της επιφάνειας της γης στην περιοχή του συμβάντος.
- Εφόσον έχει εκδηλωθεί φωτιά στο μεταφορικό μέσο, η ελάχιστη απόσταση εκκένωσης από την περιοχή του συμβάντος, είναι τα 80μ.

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

Δεν πρέπει να επιδιώκεται η εξουδετέρωση των προϊόντων λόγω εξώθερμης αντίδρασης.

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ Κατηγορία 9

Απαιτείται εξειδικευμένο πρωτόκολλο για κάθε μία από τις ουσίες αυτές.

3.2.4. Περιβάλλον

Το πρόβλημα της προστασίας του περιβάλλοντος έχει λάβει παγκόσμια διάσταση. Θεωρείται και είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της εποχής μας. Η διαπίστωση αυτή δεν είναι βέβαια κάτι καινούριο, υπό την έννοια ότι πάντοτε οι ενέργειες του ανθρώπου, άμεσα ή έμμεσα, είχαν κάποιο αντίκτυπο στο φυσικό χώρο που τον περιβάλλει. Σήμερα όμως, σύμφωνα με επιστημονικές μελέτες, η

υποβάθμιση και η καταστροφή του περιβάλλοντος αποτελούν μια εκτεταμένη και γεμάτη κινδύνους πραγματικότητα. Οι αλόγιστες παρεμβάσεις του ανθρώπου στη φύση και η καταχρηστική χρησιμοποίηση και εκμετάλλευση του φυσικού πλούτου οδηγούν μεσοπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα σε ολέθριες συνέπειες. Υποβαθμίζονται, καταστρέφονται ή εξαφανίζονται πρωταρχικά για τη ζωή αγαθά όπως το καθαρό νερό, ο καθαρός αέρας, τα τοπία, τα ζώα και τα φυτά. Επιπρόσθετα, μεταβάλλονται δυσμενώς οι κλιματολογικές συνθήκες, υπονομεύεται η διατροφή μας, απελείται πολύπλευρα η υγεία μας, ενώ παράλληλα εμποδίζεται και διαστρέφεται η φυσιολογική ανάπτυξη του ψυχικού μας κόσμου.

Η βιομηχανία και οι λοιπές οικονομικές δραστηριότητες του ανθρώπου απαιτούν την καθημερινή μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων επικίνδυνων φορτίων. Η μεταφορά των φορτίων αυτών, στο μεγαλύτερο ποσοστό τους -ξεπερνά το 65%- γίνεται οδικώς. Ένα ποσοστό της τάξης του 15% μεταφέρεται σιδηροδρομικώς, το 20% με θαλάσσια μεταφορικά μέσα, ενώ ελάχιστα επικίνδυνα εμπορεύματα μεταφέρονται αεροπορικώς. Τα αυχήματα που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της μεταφοράς επικίνδυνων εμπορευμάτων, εγκυμονούν σε πολλές περιπτώσεις σοβαρούς κινδύνους για το κοινωνικό σύνολο, τη ζωή και την υγεία των ανθρώπων και των ζώων, καθώς και για τη δημόσια τάξη και ασφάλεια. Οι κίνδυνοι αυτοί πηγάζουν κατά κύριο λόγο από την πιθανότητα διαρροής μέρους ή και ολόκληρου του επικίνδυνου φορτίου στον περιβάλλοντα χώρο, που συνιστά ρύπανση και διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας με απρόβλεπτες πολλές φορές συνέπειες για τη χλωρίδα, την πανίδα και τους κατοίκους μιας περιοχής.

Ατύχημα μεγάλης έκτασης λογίζεται κάθε γεγονός που έχει σαν συνέπεια τη διαρροή (εκπομπή) ικανής ποσότητας τοξικών υλών, μία πυρκαγιά ή μία έκρηξη, προέρχεται από μη ελεγχόμενες εξελίξεις και συνεπάγεται σοβαρό άμεσο ή έμμεσο κίνδυνο για ανθρώπους και περιβάλλον.

Χαρακτηριστική περίπτωση μη ελεγχόμενης εξέλιξης είναι η καταστροφή της συσκευασίας του φορτίου ή η αστοχία της δομής του μεταφορικού μέσου. Το είδος και το μέγεθος της οικολογικής βλάβης που προκαλεί ή ακούσια ή εκούσια απόρριψη επικίνδυνων χημικών ουσιών στο περιβάλλον, εξαρτάται από τη φύση, τις ιδιότητες την κατάστασή τους καθώς και από την ποσότητα της έκλυσης.

Γενικά, η χημική ρύπανση που προέρχεται από πυρκαγιές, εκρήξεις και διαρροές τοξικών ουσιών, συμβάλλει στην επιδείνωση των κυριότερων σύγχρονων περιβαλλοντικών προβλημάτων όπως:

- η εξασθένιση της στιβάδας του όζοντος
- το φαινόμενο του θερμοκηπίου
- η οξίνιση του περιβάλλοντος (όξινη βροχή)
- μόλυνση και εν γένει υποβάθμιση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, των υδάτινων αποδεκτών (ποταμοί, λίμνες, θάλασσα) και του εδάφους.

Η εξασθένιση της στιβάδας του όζοντος

Η στιβάδα του όζοντος είναι ένα αέριο στρώμα που βρίσκεται στη στρατόσφαιρα σε ύψος 25-30 km πάνω από την επιφάνεια της γης και λειτουργεί σαν φυσική προστατευτική ασπίδα που φιλτράρει την επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου. Το τμήμα του ηλιακού φάσματος με μήκος κύματος 180-280 nm γνωστό σαν UV-C (υπεριώδες), είναι θανατηφόρο για τους ζωντανούς οργανισμούς. Το όζον, έχει την ιδιότητα να απορροφά σχεδόν εξ ολοκλήρου την υπεριώδη ακτινοβολία UV-C καθώς και ένα μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας με μήκος κύματος 280-320 nm (UV-B) που είναι επίσης επικίνδυνο για ορισμένες μορφές ζωής. Στη στρατόσφαιρα, μόρια του οξυγόνου διασπώνται σε άτομα, τα οποία ενώνονται με άλλα μόρια οξυγόνου και σχηματίζουν το όζον. Η διαδικασία αυτή είναι αντιστρεπτή: Το όζον διασπάται σε μοριακό και ατομικό οξυγόνο μέσω της απορρόφησης της ηλια-

κής υπεριώδους ακτινοβολίας. Το συνολικό ποσό του όζοντος στη στρατόσφαιρα αντικατοπτρίζει μία ισοδροπία ανάμεσα στο ρυθμό παραγωγής και διάσπασής του. Τα τελευταία όμως χρόνια, παρατηρήθηκε μια μείωση του πάχους του στρώματος του όζοντος, ιδιαίτερα πάνω από την Ανταρκτική, όπου διαπιστώθηκε σημαντική εξασθένιση της στιβάδας του προστατευτικού αερίου (τρύπα του όζοντος). Βασικές αιτίες της εξασθένισης της στιβάδας του όζοντος θεωρούνται σήμερα ορισμένες χημικές ουσίες που συμπεριφέρονται καταλυτικά στην ατμόσφαιρα. Ένα μόνο μόριο μιας τέτοιας ουσίας μπορεί να καταστρέψει μέχρι και 100.000 άτομα όζοντος πριν απομακρυνθεί. Καταλύτες επικίνδυνοι για το όζον είναι τα οξείδια του χλωρίου, του αζώτου και του υδρογόνου. Το μεγαλύτερο μερίδιο «ευθύνης» για την ελάττωση του όζοντος έχουν οι χλωροφθοράνθρακες (CFC's).

Όπως προαναφέρθηκε, η μείωση της στιβάδας του όζοντος έχει σα συνέπεια την άφιξη αφιλτράριστης ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης. Η δράση της υπεριώδους ακτινοβολίας στους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς είναι επιβλαβής.

Τα περισσότερα φυτά είναι ευαίσθητα στην υπεριώδη ακτινοβολία. Είναι πιθανή η ελάττωση στην παραγωγή βιόμαζας. Στον άνθρωπο μπορεί να προκληθούν αλλεργικές αντιδράσεις, γήρανση του δέρματος, καρκίνοι του δέρματος, καταρράκτης στα μάτια κ.α. Σοβαρότατες είναι και οι επιπτώσεις σε παγκόσμιο επίπεδο λόγω: α) της Μεταβολής του κλίματος, καθώς το όζον λειτουργεί σα δεξαμενή θερμικής ενέργειας επηρεάζοντας τη θερμοκρασία της στρατόσφαιρας και της τροπόσφαιρας β) της ανόδου της θερμοκρασίας του εδάφους εξαιτίας της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας που φθάνει στη γη.

To φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Greenhouse effect) είναι όρος που χρησιμοποιείται διεθνώς τις τελευταίες δεκαετίες για να περιγράψει την παγκόσμια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στον πλανήτη. Τον τελευταίο αιώνα εξαιτίας των μεγάλων ποσοτήτων καυσίμων που καίγονται, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί σημαντικά. Το 19ο αιώνα, η συγκέντρωση του αερίου αυτού ήταν 280 ppm, ενώ σήμερα έχει ξεπεράσει τα 340 ppm. Εκτιμάται ότι με τον υπάρχοντα ρυθμό κατανάλωσης καυσίμων, το 2050 η συγκέντρωση του CO₂ θα έχει διπλασιαστεί. Τα μόρια του διοξειδίου του άνθρακα απορροφούν ενέργεια από τις υπέρυθρες ακτίνες του ηλιακού φάσματος. Το τμήμα αυτό του ηλιακού φάσματος περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της θερμικής ενέργειας, η οποία κανονικά πρέπει να ακτινοβολείται από τη γη και να επιστρέψει στο διάστημα. Το CO₂ έχει την ιδιότητα να δεσμεύει την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από το έδαφος της γης το οποίο δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία σαν ένα θερμομονωτικό σώμα, δημιουργώντας αυτό που ονομάζουμε «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Ήδη από το 1899 διατυπώθηκε η άποψη ότι η αυξανόμενη περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του άνθρακα θα προκαλέσει άνοδο της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Πολλοί επιστήμονες εκφράζουν φόβους ότι μέσα στις επόμενες δεκαετίες η μέση θερμοκρασία μπορεί να αυξηθεί σε επίπεδα τέτοια, ώστε να λιώσουν οι πάγοι των πόλων και να ανυψωθεί η στάθμη των οικεανών κατά 30 μέτρα, γεγονός που θα ήταν καταστροφικό για όλες τις παραλιακές πόλεις. Η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη είναι βέβαιο ότι θα οδηγήσει σε φαγδαίες κλιματολογικές μεταβολές, μετάπτωση των ζωνών βλάστησης και μείωση της βιοποικιλότητας λόγω υπέρβασης των ορίων θερμικής ανοχής των οργανισμών.

Οξύνιση του περιβάλλοντος

Η οξύνιση του φυσικού περιβάλλοντος έχει σχέση με την αύξηση της οξύτητας των αβιοτικών πα-

οραγόντων ενός οικοσυστήματος και συνδέεται με τη διασπορά του διοξειδίου του θείου και των οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα. Τα οξείδια αυτά κατακάθονται στο έδαφος σαν ξηρές αποθέσεις ή σχηματίζουν οξέα και μεταφέρονται με τα υδροσταγονίδια δημιουργώντας «όξινα κατακρημνίσματα» γνωστά ως οξινή βροχή. Οι οξινες εναποθέσεις έχουν ορισμένες σοβαρές επιπτώσεις ιδιαίτερα όταν το pH των είναι χαμηλότερο από 5,1. Ανάμεσα σε αυτές είναι:

α) αλλοίωση κτηρίων, αγαλμάτων και αρχαίων μνημείων, διάβρωση μετάλλων και άλλων δομικών υλικών

β) θάνατος ψαριών, υδρόβιων φυτών και μικροοργανισμών σε λίμνες και ποτάμια

γ) εξασθένιση ή και καταστροφή δασών -ειδικότερα κωνοφόρων- σε μεγάλο υψόμετρο, μέσω της απόπλυσης του ασβεστίου, του καλίου και άλλων θρεπτικών για τα φυτά συστατικών από το έδαφος

δ) καταστροφή του οιζικού συστήματος των φυτών και θάνατος πολλών ειδών ψαριών λόγω της απελευθέρωσης ιόντων βαρέων μετάλλων όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, το κάδμιο κ.α. από το έδαφος και τα ιζήματα του πυθμένα.

ε) εξασθένιση φυτών και ευαισθητοποίησή τους στην προσβολή από ασθένειες, την ξηρασία, καθώς και σε έντομα και μύκητες που επιβιώνουν σε οξινες συνθήκες

στ) πρόκληση ασθενειών στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου ή επιδείνωση των ήδη υπαρχουσών.

Ρύπανση της ατμόσφαιρας, των υδάτινων αποδεκτών και του εδάφους

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να θεωρηθεί η χειρότερη από όλες τις μορφές ρύπανσης διότι:

α) Είναι πρακτικά αδύνατος ο καθαρισμός του αέρα από τους ρυπαντές. Η Αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με την έννοια της απομάκρυνσης των ρυπαντών, είναι δυνατό να γίνει μόνο στις πηγές της ρύπανσης.

β) Δεν υπάρχει δυνατότητα αποφυγής της εισπνοής του μολυσμένου αέρα, σε αντίθεση π.χ. με το νερό, όπου εάν το δίκτυο ύδρευσης είναι ανασφαλές σε επίπεδο υγιεινής, υπάρχει η εναλλακτική λύση της κατανάλωσης νερού άλλης προέλευσης, όπως το εμφιαλωμένο.

γ) Οι ρύποι στον ατμοσφαιρικό αέρα παρουσιάζουν μεγάλη δυνατότητα διάχυσης, οπότε είναι αδύνατος ο περιορισμός των χημικών ουσιών που έχουν διαφύγει, αλλά από την άλλη πλευρά η αραιωσή τους ελαττώνει τις συνέπειες των επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Η γήινη ατμόσφαιρα διαθέτει μηχανισμούς αυτοκαθαρισμού όπως τη βροχή και τις άλλες μορφές κατακρημνίσεων, την απορρόφηση των ρύπων από τη θάλασσα και την καθίζησή τους στο έδαφος. Πρόσθετα, οι ίδιοι οι ρύποι αποσυντίθενται ή οξειδώνονται. Τέλος η διάχυση των ρύπων βοηθά στην αραιωσή τους. Οι μηχανισμοί που αναφέρθηκαν μπορούν να αντιμετωπίσουν εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα, χωρίς όμως να σημαίνει ότι η δυνατότητα αυτή είναι απεριόριστη.

Η ατμόσφαιρα που περιβάλλει τη γη είναι μίγμα πολλών αερίων. Η έκτασή της φτάνει τα 100 χιλιόμετρα σε ύψος, αλλά το 95% των αερίων περιέχεται στα πρώτα 15 χιλιόμετρα από την επιφάνεια. Η σύνθεση της ατμόσφαιρας στην επιφάνεια της γης αποτελείται σε εκατοστιαία σύνθεση κατ' όγκο από τα εξής συστατικά: άζωτο: 78%, οξυγόνο: 21% αργό: 0,9%.

Εκτός από αυτά υπάρχουν και άλλα αέρια με μικρές περιεκτικότητες, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, διάφορα ευγενή αέρια, μεθάνιο κ.λπ. Στον αέρα περιέχονται και υδρατμοί σε κυμαινόμενο ποσοστό, οι οποίοι δημιουργούν τα γνωστά μετεωρολογικά φαινόμενα της βροχής, της χιονόπτωσης κ.λπ. Η ατμόσφαιρα ρυπαίνεται από διάφορες φυσικές δραστηριότητες, όπως ή φυσική αποικοδόμηση της οργανικής ύλης, η ηφαιστειακή δραστηριότητα, οι πυρκαγιές των δασών από κεραυνούς, το υ-

περιώδες τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που παράγει όζον και τους ανέμους που ανασηκώνουν σκόνη. Όλοι οι ανωτέρω ρύποι, μολονότι σε ποσότητες ξεπερνούν κατά πολύ τους αντίστοιχους από ανθρώπινες δραστηριότητες, δε δημιουργούν ιδιαίτερα προβλήματα. Αυτό που θα πρέπει να αναφερθεί είναι ότι η διεργασία της καύσης στα πλαίσια των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, ευθύνεται σε ένα πολύ μεγάλο ποσοστό για τη ρύπανση της ατμόσφαιρας. Η ρύπανση δημιουργείται από τα προϊόντα της κατανάλωσης διαφόρων υγρών και στερεών καυσίμων με βάση τον άνθρακα, τα οποία περιέχουν τοξικές ή δηλητηριώδεις ενώσεις, όμως, και η έκλυση μη τοξικών αερίων όπως το διοξείδιο του άνθρακα όταν γίνεται σε μεγάλες ποσότητες που αλλοιώνουν τη φυσική σύνθεση του αέρα είναι ανεπιθύμητη. Η έκλυση των βλαβερών αερίων λαμβάνει χώρα είτε λόγω ατελούς καύσης, είτε διότι κατά την καύση σε υψηλές θερμοκρασίες συμβαίνουν παράλληλα και άλλες χημικές αντιδράσεις που έχουν σαν αποτέλεσμα την παραγωγή διαφορετικών προϊόντων.

Οι ρύποι που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- αέριοι ρύποι, που περιλαμβάνουν τα διάφορα αέρια που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα και
- β) σωματίδια, που περιλαμβάνουν στερεά και υγρά πολύ μικρού μεγέθους τα οποία αιωρούνται για κάποιο χρονικό διάστημα στον αέρα.

Ο δρος «σωματίδια» είναι γενικός και χαρακτηρίζει όλους τους ρυπαντές με μέγεθος μεγαλύτερο από ένα μόριο και μικρότερο από 1000 μμ. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των σωματιδίων είναι το μέγεθος και η ταχύτητα κατακάθισης. Γενικά τα σωματίδια με μέγεθος πάνω από 100 μμ έχουν ταχεία κατακάθιση, ενώ τα σωματίδια με μέγεθος μικρότερο από 1 μμ αιωρούνται λόγω του μικρού βάρους των. Τα σωματίδια με μέγεθος πάνω από 20 μμ καλούνται ανάπιπτα γιατί καθιζάνουν εύκολα στο έδαφος, ενώ τα μικρότερα από 10 μμ ονομάζονται αιωρούμενα.

Μερικές ενδιαφέρουσες κατηγορίες σωματιδίων είναι οι εξής:

α) **Η σκόνη** που δημιουργείται από τη θραύση ή την ελάττωση του μεγέθους στερεών σωμάτων (π.χ σε περίπτωση έκρηξης). Τα σωματίδια αυτά έχουν σχήμα ακανόνιστο και μέγεθος που κυμαίνεται από 1 μμ έως 200 μμ. Σε αυτή την κατηγορία υπάγεται και η αιωρούμενη τέφρα που εκπέμπεται από την καύση άνθρακα.

β) **Ο καπνός**, που αποτελείται από στερεά σωματίδια ή υγρά σταγονίδια μεγέθους από 0,01 μμ έως 1 μμ. Λόγω του μικρού μεγέθους τους, τα σωματίδια του καπνού δεν πέφτουν στο έδαφος και αιωρούνται πάντα στον αέρα. Είναι σχεδόν σφαιρικά, με υγρή ή πισσώδη φύση με ακανόνιστο σχήμα, αν βρίσκονται σε στερεά κατάσταση. Ο καπνός παράγεται κατά την καύση οργανικών υλών (ξύλα, άνθρακες κ.λπ.) και δημιουργεί εκτός των άλλων και οπτική ρύπανση λόγω του μιαύρου χρώματός του.

γ) **Οι αναθυμιάσεις.** Εκπέμπονται από καύσεις, συμπυκνώσεις και άλλες διεργασίες που γίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες. Διακρίνονται από τον καπνό διότι δεν έχουν μαύρο χρώμα. Το μέγεθος των σωματιδίων αυτών κυμαίνεται από 0,1 ως 1 μμ.

δ) **Η ομίχλη.** Αποτελείται από σταγονίδια μεγέθους 2 έως 200 μμ και σχηματίζεται από συμπυκνώσεις υδρατμών ή ατμών διαφόρων χημικών ουσιών, ή διαμερισμό υγρών.

ε) **Η καπνομίχλη (SMOG)** που αποτελεί συνδυασμό καπνού και ομίχλης.

Η δράση των σωματιδίων που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα είναι πολυδιάστατη:

Τα στερεά ή υγρά σωματίδια που βρίσκονται στον αέρα μπορεί να αποκτήσουν ιδιαίτερες ιδιότητες, διαφορετικές ή πολύ εντονότερες από αυτές που τα χαρακτηρίζουν στη συνήθη κατάστασή τους. Η αιτία είναι ο λεπτός διαμερισμός τους με αποτέλεσμα να εμφανίζουν μεγάλη επιφάνεια ανά μονάδα μάζας και να «ενεργοποιούνται» ιδιότητες όπως η απορρόφηση αερίων και η κατάλυση χημικών

αντιδράσεων. Οι συνέπειες της συμπεριφοράς αυτής μπορεί να είναι απρόβλεπτες.

Έχουν αναφερθεί εκρήξεις κατά την καύση ή οξείδωση χημικών ενώσεων που βρίσκονται σε πολύ λεπτό καταμερισμό. Τα σωματίδια με μέγεθος μικρότερο από 3 μμ εισέρχονται εύκολα στο αναπνευστικό σύστημα ανθρώπων και ζώων και λόγω της έντονης τάσης απορρόφησης αερίων που έχουν, συλλέγοντα διάφορα τοξικά αέρια όπως το διοξείδιο του θείου, που παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα στους πνεύμονες προσκολλημένο στην επιφάνεια των σωματιδίων αυτών.

Ένας ακόμη μηχανισμός που αποδίδεται στην αυξημένη καταλυτική ικανότητα των σωματιδίων που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα είναι η οξείδωση του διοξειδίου του θείου που εκπέμπεται στον αέρα από το οξυγόνο με καταλύτη λεπτά σωματίδια οξειδίου του σιδήρου (σκουριάς). Το σχηματιζόμενο τριοξείδιο του θείου ενυδατώνεται από τους υδρατμούς και παράγονται σταγονίδια θεικού οξείου, ουσία εξαιρετικά διαβρωτική και δξινη.

Σημαντική είναι η συμμετοχή των αιωρούμενων σωματιδίων στον σχηματισμό της αιθαλομίχλης, λόγω της προσρόφησης αερίων και της ταυτόχρονης προώθησης χημικών αντιδράσεων εξαιτίας της καταλυτικής δράσης τους.

Τέλος τα σωματίδια έχουν την ιδιότητα να απορροφούν κάθε ακτινοβολούμενη ενέργεια, την οποία στη συνέχεια μεταδίδουν στον περιβάλλοντα αέρα, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό τη θερμοκρασία του, ενώ τα ίδια τα αέρια της ατμόσφαιρας δεν έχουν τη δυνατότητα απορρόφησης ενέργειας.

Συμπερασματικά οι επιβλαβείς επιδράσεις των σωματιδίων στα ζώα και τον άνθρωπο οφείλονται:

α) στην τοξικότητα των ουσιών που τα αποτελούν, όπως το 3,4 βενζοπυρένιο που βρίσκεται στον καπνό και θεωρείται καρκινογόνο (πολυπυρηνικός υδρογονάνθρακας).

β) την τοξικότητα των ουσιών που απορροφούν τα σωματίδια και

γ) την παρεμπόδιση των αναπνευστικών λειτουργιών.

Αναφορικά με την τελευταία επίδραση είναι σήμερα γνωστό ότι τα σωματίδια με μέγεθος μεγαλύτερο από 5 μμ κατακρατούνται από το ανώτερο αναπνευστικό σύστημα και αποβάλλονται από τον ανθρώπινο οργανισμό με κινήσεις των μαστιγίων του κροσσωτού επιθηλίου που μεταφέρει τη βλέννα. Τα μικρότερα σωματίδια φτάνουν μέχρι τις κυψελίδες για να απομακρυνθούν με διάφορους μηχανισμούς όπως η δράση των φαγοκυττάρων που περιβάλλουν τους ρύπους και η λειτουργία του λεμφικού συστήματος. Είναι ωστόσο βέβαιο, ότι σημαντικό μέρος των πολύ μικρών σωματιδίων που τελικά εισδύουν στον πνεύμονα παραμένουν εκεί και δημιουργούν δύσπνοια, πνευμονοκονιάσεις και άλλες ασθένειες όπως ο καρκίνος των πνευμόνων, το βρογχικό άσθμα και η χρόνια βρογχίτιδα.

Εκτός από τα αιωρούμενα σωματίδια, σημαίνοντα ρόλο στη συνολική ρύπανση κατέχουν και οι αέριες μολυσματικές ουσίες όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του θείου, τα οξείδια του αζώτου, οι υδρογονάνθρακες και το διοξείδιο του άνθρακα.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)

Είναι αέριο άχρωμο και άσμο και αποτελεί το βασικό προϊόν που παράγεται κατά την καύση και την αποσύνθεση οργανικών ενώσεων. Δεν είναι τοξικό και γι' αυτό από πολλούς δε θεωρείται ρύπος. Προβλήματα μπορεί να προκαλέσει στην περίπτωση που εκτοπίσει τελείως τον ατμόσφαιρικό αέρα από κάποια περιοχή και δεν υπάρχει επάρκεια οξυγόνου για τη διατήρηση της ζωής. Το CO_2 είναι φυσικό συστατικό της ατμόσφαιρας και ανταλλάσσεται μεταξύ του αέρα και των ζώντων οργανισμών (ζώων και φυτών) στα πλαίσια του κύκλου του άνθρακα στη φύση. Η ανταλλαγή αυτή γίνεται πολύ γρήγορα και επομένως έχει μικρή επίδραση στην παγκόσμια ατμοσφαιρική συγκέντρωσή του. Καθοριστική είναι η ανταλλαγή που λαμβάνει χώρα μεταξύ της ατμόσφαιρας και της ανώτερης στιβά-

δας του νερού των ωκεανών πάχους 50-100 μέτρων. Μια δεύτερη ανταλλαγή διοξειδίου του άνθρακα γίνεται μεταξύ της προηγούμενης στιβάδας νερού και των βαθύτερων στρωμάτων. Σε παγκόσμια κλίμακα, αυτός ο μηχανισμός εξισορρόπησης είναι πολύ αργός. Επομένως οι διαρκείς και ανεξέλεγκτες εκπομπές CO_2 στην ατμόσφαιρα διαταράσσουν την ισορροπία του κύκλου του άνθρακα: Οι ωκεανοί μπορούν να απορροφήσουν μέχρι το 50% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στον αέρα. Το υπόλοιπο αέριο συσσωρεύεται στην ατμόσφαιρα συντελώντας στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Είναι αέριο άχρωμο, άοσμο, τοξικό και ελαφρύτερο από τον αέρα. Παράγεται κυρίως κατά την ατελή καύση του άνθρακα και των υδρογονανθράκων. Σε υψηλές συγκεντρώσεις σε κλειστούς χώρους προκαλεί το θάνατο. Η δηλητηρίαση από μονοξείδιο του άνθρακα μοιάζει με ασφυξία, ενώ δημιουργεί ζάλη, πονοκέφαλο, μειωμένες αντιδράσεις και περιορισμό του οπτικού ορίου. Είναι περισσότερο επικίνδυνο για ανθρώπους που πάσχουν από αναιμία, καρδιακές παθήσεις, χρόνιες ασθένειες των πνευμόνων και υπερθυρεοειδισμό. Η τοξικότητά του οφείλεται στην ιδιότητά του να δεσμεύει την αιμοσφαιρινή του αίματος, εμποδίζοντας τη μεταφορά του οξυγόνου στον οργανισμό μέσω του αίματος. Το αέριο αυτό οξειδώνεται στην ατμόσφαιρα από μόνο του σε διοξείδιο του άνθρακα σε διάσημα λίγων μηνών.

Διοξείδιο του θείου (SO_2)

Είναι αέριο άχρωμο και βαρύτερο από τον αέρα. Έχει χαρακτηριστική οσμή που γίνεται αισθητή σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις του. Παράγεται κατά την καύση ανθράκων και πετρελαιοειδών. Το περιεχόμενο στα καύσιμα θείο καίγεται και μετατρέπεται σε διοξείδιο και τριοξείδιο του θείου που διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα, ενώ ένα μέρος του θείου παραμένει στη σχηματιζόμενη τέφρα με τη μορφή θειικών αλάτων. Το διοξείδιο του θείου είναι ευδιάλυτο στο νερό και κατά συνέπεια απορροφάται με ευκολία από τη βλέννα των ορινικών κοιλοτήτων και του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος. Προκαλεί έκκριση βλέννας και δυσχέρεια στην αναπνοή, ενώ συγκεντρώσεις της τάξης των 5 ppm δημιουργούν φθορά των πνευμόνων. Η αντίδραση του διοξειδίου του θείου με τα αιωρούμενα σωματίδια του παρέχει τη δυνατότητα πρόσβασης και στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα. Το SO_2 αποτελεί το κύριο συστατικό της οξινής βροχής οι επιπτώσεις της οποίας αναλύθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο.

Οξείδια του αζώτου (NOx)

Από τα οξείδια του αζώτου μόνο το υποξείδιο (N_2O), το οξείδιο (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) βρίσκονται σε αξιόλογες συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα και από αυτά μόνο τα δύο τελευταία δημιουργούν προβλήματα ρύπανσης. Τα οξείδια του αζώτου παράγονται κατά την καύση ορυκτών καυσίμων, πετρελαίου και βενζινών σε υψηλές θερμοκρασίες. Το μονοξείδιο του αζώτου είναι αέριο άχρωμο και άοσμο με μικρή τοξικότητα, ενώ το διοξείδιο του αζώτου είναι αέριο με χαρακτηριστική οσμή και χρώμα κόκκινο – καφέ, με υψηλή τοξικότητα. Τόσο το μονοξείδιο όσο και το διοξείδιο του αζώτου έχουν βλαβερές επιδράσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Το μονοξείδιο του αζώτου ελαττώνει την ικανότητα του αίματος για πρόσληψη και μεταφορά οξυγόνου. Οξειδώνεται εύκολα προς διοξείδιο του αζώτου. Το τελευταίο, όταν έρχεται σε επαφή με την υγρασία (στον αέρα ή μέσα στο σώμα) σχηματίζει το εξαιρετικά διαβρωτικό νιτρικό οξύ, προκαλώντας ερεθισμό στα μάτια,

τη μάτη, το βρογχικό σύστημα και τους πνεύμονες. Υψηλές συγκεντρώσεις αυτού του αερίου είναι θανατηφόρες. Το NO₂ είναι ισχυρό οξειδωτικό και προσβάλλει τα μέταλλα με μεγάλη ευκολία. Επιπλέον, το μόριό του απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου και ενεργοποιείται παρέχοντας το έναυσμα μιας πολύπλοκης σειράς αντιδράσεων με τους ατμοσφαιρικούς υδρογονάνθρακες που οδηγούν στη δημιουργία της φωτοχημικής αιθαλομίχλης.

Υδρογονάνθρακες (HC's)

Η κατηγορία αυτή αφορά ένα μεγάλο αριθμό οργανικών ενώσεων που αποτελούνται από υδρογόνο και άνθρακα. Εκπέμπονται κύρια υπό συνθήκες ατελούς καύσης υγρών κυρίως καυσίμων. Σημαντικές είναι και οι ποσότητες που εκλύονται στην ατμόσφαιρα μέσω της εξάτμισης (π.χ. σε περίπτωση απώλειας φορτίου χωρίς να ακολουθήσει ανάφλεξη). Οι επιδράσεις τους στην υγεία αναφέρονται ως επί το πλείστον στη δημιουργία καρκινογενέσεων στους πνεύμονες από τους υδρογονάνθρακες αρωματικής δομής, όπως το βενζοπυρένιο μεγάλο μέρος του οποίου προέρχεται από την καύση του ορυκτού άνθρακα και μικρότερο από την καύση του πετρελαίου και του κατεργασμένου ελαστικού. Οι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο σύνολο των φωτοχημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα, καθώς ευθύνονται για το σχηματισμό υπεροξειδίων.

Άλλοι ρυπαντές

Εκτός από τους ρύπους που αναφέρθηκαν προηγούμενα, υπάρχει και πλήθος άλλων ρυπαντών, το σύνολο των οποίων θα ήταν αδύνατο να παρατεθεί. Χαρακτηριστικά παραδείγματα χημικών ουσιών βιομηχανικής προέλευσης είναι επιγραμματικά: το υδροφθόριο, το υδρόθειο, η αμμωνία, το υδροχλώριο καθώς και διάφορα τοξικά μέταλλα όπως το κάδμιο, ο υδράργυρος, το βηρούλλιο και το αρσενικό. Η τοξικότητα κάθε ρυπαντή είναι διαφορετική και εξαρτάται από τη φύση του.

Χημική ρύπανση είναι δυνατό να υποστούν και οι υδάτινοι αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια και θάλασσες) είτε άμεσα λόγω απόρριψης του επικίνδυνου φορτίου στον αποδέκτη, είτε έμμεσα μέσω της μόλυνσης του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα. Το νερό αποτελεί πολύτιμο αγαθό και είναι φυσικός πόρος που κατατάσσεται στην κατηγορία των κοινωνικών αγαθών. Οι ποσότητες του νερού που υπάρχουν στον πλανήτη είναι τεράστιες και ανέρχονται σε 1.600 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα. Μέρος της ποσότητας αυτής -περίπου το 15%- αφορά νερό αρυσταλλικής μορφής συνδεδεμένο χημικά με το φλοιό της γης. Το μεγαλύτερο μέρος του ελεύθερου νερού (82%) είναι αλμυρό, ενώ μόλις το 3% έχει ποιοτικά χαρακτηριστικά κατάλληλα για χρήση. Ένα σημαντικό μέρος της ποσότητας αυτής είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί διότι αφορά τους παγετώνες και υπόγειο νερό μεγάλου βάθους. Έχει εκτιμηθεί ότι μόλις το 0,5% του συνολικού νερού δηλαδή περί τα 8 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα είναι διαθέσιμα για τον άνθρωπο. Τα θαλάσσια νερά καταλαμβάνουν τα 3/4 της συνολικής επιφάνειας της υδρογείου. Σε αυτά ζει το 75% των έμβιων όντων του πλανήτη. Είναι παραγωγικότερα από τα καλλιεργούμενα εδάφη, διότι 10 στρέμματα θάλασσας μπορούν να παράγουν τόσες χρήσιμες στον άνθρωπο ανόργανες και οργανικές ουσίες όσες 1.000 στρέμματα γης. Σήμερα είναι αποδεδειγμένο ότι πάνω από το 10% των ακτών έχουν ρυπανθεί από αστικά λύματα, βιομηχανικά απόβλητα και ποσότητες πετρελαιοειδών και τοξικών χημικών ουσιών από ατυχήματα στη ναυσιπλοΐα. Εκτός από τις θάλασσες και οι υπόλοιποι υγρότοποι (λίμνες και ποτάμια) συντηρούν και διατρέφουν μια πλουσιότατη, πολύμορφη και πολύτιμη για τον άνθρωπο χλωρίδα και πανίδα.

Υπάρχει πλήθος χημικών ουσιών στο νερό. Άλλες είναι φυσικής προέλευσης και άλλες αποτέλε-

σμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η τοξικότητα αυτών των ενώσεων διαφέρει ανάλογα με το είδος της ρυπογόνου χημικής ουσίας. Έχει προταθεί ο χωρισμός τους σε ομάδες ανάλογα με τη βλάβη που είναι δυνατό να προκαλέσουν:

Τοξικές ουσίες

Σε αυτές περιλαμβάνονται μεταλλικά ιόντα βαρέων μετάλλων όπως το κοβάλτιο, ο υδράργυρος, το χρώμιο, το νικέλιο, ο μόλυβδος, το αρσενικό, το κυάνιο, διάφορα παρασιτοκτόνα και φυτοφάρμακα κ.λπ. Η τοξικότητά τους εμφανίζεται σε περιεκτικότητες της τάξης μερικών μερών στο δισεκατομμύριο (ppb).

Ανεπιθύμητες ενώσεις

Σε αυτές ανήκουν ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος, τα απορρυπαντικά, οι φαινόλες, οι υδρογονάνθρακες, οι αζωτούχες ενώσεις κ.λπ.

Ανάμεσα στις αζωτούχες ενώσεις μόνο οι ανόργανες (νιτρώδη, νιτρικά και αμμωνία) προκαλούν ρύπανση των υδάτινων αποδεκτών.

Τα νιτρώδη (NO_2 -) σχηματίζονται στο νερό είτε από την αμμωνία με την επίδραση βακτηρίων, είτε κατά τη μετατροπή των νιτρικών σε άζωτο από βακτηρίδια. Μεγάλη συγκέντρωση νιτρώδων αποτελεί ένδειξη βιομηχανικής ή αστικής ρύπανσης.

Τα νιτρικά (NO_3 -) σχηματίζονται από τους μικροοργανισμούς δέσμευσης του αζώτου και τη δράση βακτηριδίων πάνω στην αμμωνία. Οι διαδικασίες αυτές είναι ανεξάρτητες από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Στην περίπτωση όμως απόρριψης αμμωνίας στα νερά, η συγκέντρωση των νιτρικών παρουσιάζεται αυξημένη δημιουργώντας υπόνοιες για ρύπανση. Τα νιτρικά υπάρχουν επίσης και σε πολλές κατηγορίες λιπασμάτων. Αν και η αμμωνία δεν αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για το πόσιμο νερό εφόσον δεσμεύεται από το χλώριο, τα νιτρώδη είναι εξαιρετικά δηλητηριώδη για τους ζώντες οργανισμούς. Τα νιτρικά μετατρέπονται στο στομάχι σε νιτρώδη και μπορεί να προκαλέσουν μεθαιμοσφαιριναιμία σε βρέφη.

Περιοριστικοί παράγοντες

Εδώ ανήκουν ενώσεις φυσικής προέλευσης στο νερό που δεν επιτρέπεται να υπερβούν συγκεκριμένα όρια. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται στοιχεία όπως το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο, το κάλιο και ιόντα χλωρίου, θειώδη, ανθρακικά κ.λπ. Είναι ανεπιθύμητα σε περιεκτικότητες μεγαλύτερες από 100 ppm.

Κρίνεται σκόπιμο στο σημείο αυτό να γίνει μία αναφορά στη μεταφορά των επικίνδυνων φορτίων και ειδικότερα των ρυπών χημικών φορτίων με δεξαμενόπλοια. Η διαδικασία της μεταφοράς, εγκυμονεί σημαντικούς κινδύνους για τα πλοία, τα πληρώματά τους και το θαλάσσιο περιβάλλον σε περίπτωση διαρροής του φορτίου στη θάλασσα με οποιοδήποτε τρόπο. Όπως είναι αναμενόμενο, αν η διαφυγή των επικίνδυνων ουσιών προς τη θάλασσα λάβει χώρα σε μικρή απόσταση από την ακτή, οι επιπτώσεις θα γίνουν αμέσως αντιληπτές. Οι επιπτώσεις αυτές πιθανόν να περιλαμβάνουν ανάλογα με την έκταση της διαρροής και την τοξικότητα της ουσίας, προσωρινή ή μόνιμη βλάβη της χλωρίδας και της πανίδας στην περιοχή και ρύπανση των ακτών. Η περίπτωση της ρύπανσης στην ανοικτή θάλασσα παρουσιάζει λιγότερο εμφανείς δυσμενείς επιδράσεις στο περιβάλλον αλλά όχι ασήμαντες. Η ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος συχνά συνεπάγεται διαταραχή των δραστηριοτήτων των διαφόρων οργανισμών που ζουν σε αυτό με αποτέλεσμα τη μείωση της βιωσιμότητας και τον τελικό θά-

νατό τους. Η εξαφάνιση ορισμένων ειδών σηματοδοτεί τη θραύση της τροφικής αλυσίδας. Επιπλέον, η συσσώρευση των δυσμενών επιδράσεων σε συνδυασμό με την οικολογική συνάφεια των μελών που απαρτίζουν την τροφική αλυσίδα, ο κίνδυνος αφορά το σύνολο της θαλάσσιας πανίδας. Εκτός από τους κινδύνους που εγκυμονεί για τον άνθρωπο λόγω της πιθανότητας άμεσης επαφής με τα τοξικά χημικά φορτία, η χημική ρύπανση ισοδυναμεί με διατάραξη βασικών για τον άνθρωπο δραστηριοτήτων όπως η αλιεία, η παροχή πόσιμου νερού και η παραγωγή οξυγόνου. Οι συνηθέστεροι τρόποι της εισόδου ρυπαντών στη θάλασσα είναι:

- α) μεταφορά των ρυπαντών από την ξηρά μέσω των ποταμών
- β) απ' ευθείας απόρριψη χημικών ουσιών στη θάλασσα από φορτηγά πλοία, δεξαμενόπλοια ή εξέδρες φόρτωσης και
- γ) μεταφορά των ρυπαντών στη θάλασσα από την ατμόσφαιρα μέσω της βροχής ή της κατακάθισης.

Το μεγαλύτερο μέρος των χημικών ουσιών που χαρακτηρίζονται επικίνδυνες για το θαλάσσιο περιβάλλον και γενικότερα για τους υδάτινους αποδέκτες και τα οικοσυστήματα που διαβιούν σε αυτούς μπορεί να ταξινομηθεί στις ακόλουθες κατηγορίες:

A. Πετρέλαιο και προϊόντα πετρελαίου.

Η βλαπτική επίδραση του πετρελαίου συνοψίζεται στην παρεμπόδιση της οξυγόνωσης της επιφάνειας της θάλασσας. Ορισμένες μιορφές πετρελαιοειδών αποσυντίθενται με πολύ αργούς ρυθμούς και παρουσιάζουν χαρακτηριστικά βιοσυστώρευσης. Επιπλέον, μερικά συστατικά του πετρελαίου είναι δηλητηριώδη και εμφανίζουν καρκινογόνο δράση.

B. Βαρέα μέταλλα.

Είναι τοξικά για τους θαλάσσιους οργανισμούς και συσσωρεύονται στο νερό και την τροφική αλυσίδα. Έχουν επίσης την ιδιότητα να μειώνουν δραστικά τις δραστηριότητες του φυτοπλαγκτού.

C. Οξέα, βάσεις και άλατα.

Οι ουσίες αυτές παρουσιάζουν ποικιλία αρνητικών επιδράσεων, όπως η ελάττωση ή η διακοπή των δραστηριοτήτων των θαλάσσιων οργανισμών. Στον αντίποδα ορισμένες ουσίες αυτής της κατηγορίας προκαλούν υπερβολική αύξηση των δραστηριοτήτων των ίδιων οργανισμών.

D. Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, εντομοκτόνα και φυτοφάρμακα.

Οι χημικές ουσίες που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία αποσυντίθενται πολύ αργά, συσσωρεύονται στο νερό και τους διάφορους οργανισμούς, ενώ χαρακτηρίζονται από υψηλή τοξικότητα ακόμη και σε μικρές συγκεντρώσεις. Προκαλούν γενικά πολύ σοβαρές βιολογικές βλάβες στους οργανισμούς.

Ξεχωριστές κατηγορίες ρυπαντών των υδάτινων αποδεκτών αποτελούν επίσης τα ορατενεργά απόβλητα και οι ουσίες υψηλού μικροβιακού φορτίου (μικροβιακή μόλυνση).

Οι δυσμενείς επιδράσεις και η βλαπτικότητα των διαφόρων ρυπαντών για το θαλάσσιο περιβάλλον εξαρτάται από παράγοντες όπως:

- η συγκέντρωση και η ποσότητα του ρυπαντή, καθώς και ο χρόνος έκθεσης των οργανισμών
- η φυσικοχημική κατάσταση του ρυπαντή
- τα είδη των οργανισμών που έρχονται σε επαφή με τον ρυπαντή
- οι φάσεις της ανάπτυξης των οργανισμών και η εποχή (π.χ. εποχή αναπαραγωγής κ.λπ.)

- η γεωγραφική θέση όπου έλαβε χώρα η ρύπανση (στις παράκτιες περιοχές η βλάβη είναι συνήθως μεγαλύτερη)

- η ύπαρξη και άλλων πηγών ρύπανσης στην περιοχή που έχει σαν αποτέλεσμα τη συνδυασμένη δράση περισσότερων της μίας χημικών ουσιών.

Η Συμβουλευτική Επιτροπή για τη Ρύπανση του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ σε έκθεσή της το 1965 αναφέρει:

Υποβάθμιση του περιβάλλοντος είναι η δυσμενής αλλοίωση των στοιχείων που μας περιβάλλουν, εξ' ολοκλήρου ή κατά κύριο λόγο, εξ' αυτίας των δραστηριοτήτων του ανθρώπου, με τις άμεσες ή τις έμμεσες μεταβολές της παραγωγής και της κατανάλωσης ενέργειας, της μεταβολής της οικονομίας, της χημικής και της φυσικής κατάστασης του περιβάλλοντος, αλλά και της μεταβολής της πυκνότητας των ζωντανών οργανισμών. Αυτές οι μεταβολές μπορούν να επιδράσουν άμεσα ή έμμεσα με τον αέρα, το νερό, τα αγροτικά και βιολογικά προϊόντα, αλλά και με τα αντικείμενα και τα αγαθά του ή τις ευκαιρίες του για την αναψυχή και εκτίμηση της φύσης.

Είναι φανερό ότι η ρύπανση και η μόλυνση, ή γενικά η υποβάθμιση του περιβάλλοντος, δεν είναι ένα πρόβλημα που αφορά μόνο την επιστημονική κοινότητα. Επειδή επηρεάζει τις ανθρώπινες ζωές είναι ένα πρόβλημα υγείας. Επειδή επηρεάζει την ιδιοκτησία και την παραγωγικότητα είναι ένα πρόβλημα οικονομίας. Επειδή επηρεάζει τους ζωντανούς οργανισμούς είναι ένα πρόβλημα συντήρησης της φύσης και των φυσικών αποθεμάτων της. Επειδή επηρεάζει τέλος τις αισθήσεις, είναι ένα πρόβλημα αισθητικό.

3.2.5. Περιουσίες

Καταστροφές από φωτιές

Σε προηγούμενη ενότητα εξετάστηκαν οι μηχανισμοί της επίδρασης των πυρκαγιών στον ανθρώπινο παράγοντα. Εκτός όμως από τις απώλειες σε έμψυχο υλικό, οι φωτιές παρουσιάζουν ένα πολύ μεγάλο δυναμικό πρόκλησης καταστροφών σε κινητή και ακίνητη περιουσία ή γενικά στο άψυχο υλικό. Ο μηχανισμός της καταστροφής είναι παρόμοιος και βασίζεται στην ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών από τη θερμική ακτινοβολία της φλόγας, ή την άμεση έκθεση στις θερμοκρασίες της ίδιας της φλόγας. Η καύση οργανικών και ανόργανων υλικών, είναι χημική διαδικασία μη αναστρέψιμη. Αυτό σημαίνει ότι τα καιγόμενα υλικά δεν είναι δυνατό να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση, εφόσον έχουν καταστραφεί από την καύση.

Ο όρος «απώλειες σε άψυχο υλικό» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη μερική ή ολική καταστροφή περιουσιών και αγαθών εξαιτίας της φωτιάς όπως:

α) το ίδιο το μέσο μεταφοράς του επικίνδυνου φορτίου στο οποίο ξέσπασε η πυρκαγιά (τραίνο, φορτηγό αυτοκίνητο, φορτηγό πλοίο κ.λπ.)

β) το μεταφερόμενο φορτίο

γ) οχήματα που ανήκουν σε τρίτους και βρίσκονται πλησίον της περιοχής του ατυχήματος

δ) κτήρια ή εγκαταστάσεις που γειτνιάζουν με το σημείο του συμβάντος με αποτέλεσμα τη μετάδοση της φωτιάς.

Το μέγεθος των υλικών ζημιών συνεπεία μιας φωτιάς είναι πρακτικά συνάρτηση του είδους της πυρκαγιάς, της ποσότητας του διαθέσιμου για καύση υλικού και της φύσης του σημείου που εκδηλώθηκε. Μία ακόμα παράμετρος που παίζει καθοριστικό ρόλο είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μέχρι την επέμ-

βαση της πυροσβεστικής υπηρεσίας που σηματοδοτεί την έναρξη των προσπαθειών για τον περιορισμό και την κατάσβεση της φωτιάς.

Η μιօρφή της φωτιάς που εκδηλώνεται, σε κάθε περίπτωση, εξαρτάται από τις συνθήκες που οδήγησαν στην ανάφλεξη, την κατάσταση αποθήκευσης του καύσιμου υλικού και τα χαρακτηριστικά της διαρροής (ποσότητα, γεωμετρία κ.λπ.). Οι φωτιές λίμνης και οι φωτιές πυρσού, δρουν τοπικά σε σχέση με τις φωτιές νέφους αερίου, όπου το νέφος μπορεί να μετακινηθεί υπό την επίδραση του ανέμου προτού αναφλεγεί. Από την άλλη πλευρά, οι πύρινες σφαίρες αποτελούν στις περισσότερες περιπτώσεις μέρος ενός φαινομένου BLEVE οπότε συνοδεύονται από έκρηξη.

Τόσο το μέγεθος της πυρκαγιάς όσο και ο βαθμός της εξάπλωσής της, είναι ανάλογα με την ποσότητα του καύσιμου υλικού που επηρεάζει καταλυτικά την ακτίνα δράσης όλων των τύπων φωτιάς όπως περιγράφηκε σε προηγούμενη ενότητα.

Το σημείο που ξεσπάει η φωτιά προσδιορίζει σε μεγάλο ποσοστό το είδος και την ποσότητα των πιθανών υλικών καταστροφών. Μια φωτιά που εκδηλώνεται σε όχημα το οποίο κινείται στην εθνική οδό (σε υπαίθριο χώρο) ή σε πλοίο στην ανοικτή θάλασσα, έχει κατά κανόνα πολύ μικρότερο δυναμικό καταστροφής από μία φωτιά σε πυκνοκατοικημένη αστική περιοχή όπου αναμένονται πολύ περισσότερες απώλειες σε έμψυχο και άψυχο υλικό. Από την άλλη πλευρά όμως, η μετάβαση των δυνάμεων της πυροσβεστικής υπηρεσίας στο σημείο του συμβάντος είναι συνήθως ταχύτερη σε κατοικημένες αστικές ή ημιαστικές περιοχές λόγω της κατανομής των πυροσβεστικών σταθμών, οι οποίοι εδρεύουν ως επί το πλείστον εντός των πολεοδομικών συγκροτημάτων ή των βιομηχανικών περιοχών.

Ο χρόνος επέμβασης των δυνάμεων καταστολής της φωτιάς κρίνεται εξίσου σημαντικός, όσον αφορά την εξέλιξή της, και την πρόληψη των υλικών ζημιών. Η έγκαιρη επέμβαση της πυροσβεστικής υπηρεσίας προολαμβάνει συνήθως την πρόκληση εκτεταμένων καταστροφών και αποτρέπει την περαιτέρω μετάδοσή της σε γειτονικά οχήματα ή κτήρια. Μια πυρκαγιά που μπορεί να σβήσει εύκολα στα πρώτα λεπτά της εξέλιξής της, αργότερα απαιτεί προσπάθεια ωρών και τεράστιες ποσότητες νερού ή χημικών ουσιών για την κατάσβεση της. Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες, πέντε λεπτά μετά την έναρξη της φωτιάς χρειάζεται ένα ποτήρι νερό για την κατάσβεση της. Από πέντε μέχρι και δέκα λεπτά η ποσότητα που χρειάζεται είναι ένας κουβάς νερό, ενώ από δέκα έως δεκαπέντε λεπτά απαιτούνται αρκετοί πυροσβεστήρες. Η εστία της φωτιάς, μεταβάλλεται γρήγορα σε μεγάλη πυρκαγιά έπειτα από χρονικό διάστημα της τάξης των 15 με 20 λεπτών. Είναι λοιπόν ευνόητο ότι η άμεση και έγκαιρη επέμβαση είναι καθοριστικής σημασίας όσον αφορά την έκταση των υλικών ζημιών.

Οι προβλεπόμενες ενέργειες σε περίπτωση πυρκαγιάς είναι:

- α) άμεση σήμανση συναγερμού και
- β) καταπολέμηση της φωτιάς με όλα τα μέσα που διατίθενται.

Σε περίπτωση που η εστία της φωτιάς βρίσκεται σε κλειστό χώρο, είναι πολύ βασικό να κλείνουν αμέσως όλες οι πόρτες, τα παράθυρα, οι αεραγωγοί και οι εξαεριστήρες, ώστε να μην υπάρχει τροφοδοσία της καύσης με οξυγόνο. Επιπλέον, με την απομόνωση του καιγόμενου χώρου, εμποδίζεται πρακτικά και η μετάδοση της φωτιάς σε γειτονικούς χώρους ή διαμερίσματα που διατηρούνται ελεύθερα από καπνούς και καυσαέρια. Το τελευταίο κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς αφενός επιτρέπει στις δυνάμεις κατάσβεσης να εντοπίσουν ευκολότερα την εστία της πυρκαγιάς και αφετέρου περιορίζει τις «δευτερεύουσες» αλλά υπολογίσιμες υλικές ζημιές σε γειτνιάζουσες εγκαταστάσεις από την αιθάλη. Ως δευτερεύουσες, αλλά καθόλου ευκαταφρόνητες, μπορούν να θεωρηθούν και οι υλικές ζημιές που προκαλούνται στο εσωτερικό των κινητών και ακίνητων εγκαταστάσεων από τα υλικά πυρόσβεσης και κυρίως το νερό.

Από όλα τα παραπάνω συνάγεται ότι καθοριστικής σημασίας, όσον αφορά την ταχύτητα εξέλιξης μιας πυρκαγιάς και κατ' επέκταση το μέγεθος αλλά και τη σοβαρότητα των υλικών καταστροφών, είναι ο μηχανισμός της ανάφλεξης και οι συνθήκες που επηρεάζουν τη μετάδοση και διασπορά της φλόγας.

Γενικά, η φωτιά χαρακτηρίζεται από τα στάδια της ανάφλεξης, της σταθερής ή ασταθούς καύσης και της διάδοσης της φλόγας πάνω σε επιφάνειες υλικών και στο εσωτερικό μιας εγκατάστασης (κτήριο, όχημα κ.λπ.). Οι παραγραφοί που ακολουθούν επικεντρώνονται:

- α) στην ανάφλεξη των υγρών
- β) στην ανάφλεξη των στερεών και
- γ) στη διάδοση της φλόγας.

Η επιδεκτικότητα ενός εύφλεκτου υγρού σε ανάφλεξη συνδέεται με το σημείο ανάφλεξης (flash point). Στην περίπτωση υγρών με υψηλό σημείο ανάφλεξης, σημαίνοντα ωρό διαδραματίζει και το σημείο καύσης (firepoint). Το τελευταίο χαρακτηρίζει τη θερμοκρασία στην οποία το υγρό όχι μόνο αναφλέγεται, αλλά επιπλέον συντηρεί τη φλόγα. Συνεπώς το σημείο καύσης είναι μία θερμοκρασία μεγαλύτερη από το σημείο ανάφλεξης. Παραδοσιακά, ένα υγρό θεωρείται πολύ εύφλεκτο όταν χαρακτηρίζεται από χαμηλό σημείο ανάφλεξης, της τάξης των 32°C . Στην περίπτωση αυτή, ο κίνδυνος έγκειται στην ανάφλεξη του εύφλεκτου μίγματος (ατμού) που σχηματίζεται πάνω από την επιφάνεια του υγρού. Η εξάτμιση και διάχυση του μίγματος αυτού είναι δυνατό να οδηγήσει σε φωτιά καύσης αέριου νέφους. Αντίθετα, ένα υγρό με υψηλό σημείο ανάφλεξης, προκειμένου να αναφλεγεί, θα πρέπει να θερμανθεί μέχρι το σημείο καύσης του. Η απαραίτητη θερμότητα μπορεί να προέλθει από επαφή της επιφάνειας του υγρού με γυμνή φλόγα. Οι Sirignano και Glassman (1970) έδειξαν ότι το φαινόμενο της επιφανειακής τάσης των υγρών δημιουργεί ρεύματα μεταγωγής θερμότητας που ψύχουν την ποσότητα του θερμαινόμενου υπό την επίδραση της φλόγας υγρού. Μια δεδομένη λίμνη υγρού τελικά θα αναφλεγεί, έπειτα όμως από τη μεταφορά σημαντικών ποσών θερμότητας (Burgoyne και Roberts, 1968). Η ανάφλεξη λαμβάνει χώρα σε μικρότερο χρονικό διάστημα όταν υπάρχει στην επιφάνεια του υγρού κάποιο πορώδες υλικό (π.χ. ύφασμα). Αυτό συμβαίνει διότι το στρώμα του υγρού που συγκρατεί το υλικό αυτό είναι εξαιρετικά λεπτό, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι απώλειες θερμότητας και να εμφανίζεται μία απότομη αύξηση της θερμοκρασίας τοπικά.

Αναφορικά με την ανάφλεξη των στερεών, είναι σκόπιμο να γίνεται ένας διαχωρισμός μεταξύ της αυτόματης (spontaneous) ανάφλεξης και της ανάφλεξης κατευθυνόμενης πρόσπτωσης (piloted ignition). Η αυτόματη ανάφλεξη εμφανίζεται όταν το υλικό θερμαίνεται σε τέτοιο βαθμό, ώστε να αναφλεγούν οι ατμοί που εκπέμπονται λόγω θερμοκρασίας από την επιφάνειά του. Αντίθετα κατά την περίπτωση της κατευθυνόμενης πρόσπτωσης, ή ανάφλεξη των ατμών υλοποιείται μέσω της ίδιας της φλόγας που θερμαίνει το υλικό. Το στερεό υλικό του οποίου η θερμική συμπεριφορά έχει διεξοδικά μελετηθεί είναι το ξύλο. Οι Lawson και Simmus (1952) διεξήγαγαν πλήθος πειραμάτων που περιελάμβαναν την έκθεση ξύλειας από μαόνι, βελανιδιά και κέδρο σε θερμική ακτινοβολία. Το κατώφλι της έντασης της θερμικής ακτινοβολίας για αυτόματη ανάφλεξη κυμάνθηκε στην περιοχή $0,57\text{--}0,66 \text{ cal/cm}^2 \text{ s}$ με μέση τιμή $0,62 \text{ cal/cm}^2 \text{ s}$, ενώ οι αντίστοιχες τιμές για ανάφλεξη κατευθυνόμενης πρόσπτωσης προέκυψαν $0,30\text{--}0,36 \text{ cal/cm}^2 \text{ s}$ με μέση τιμή $0,35 \text{ cal/cm}^2 \text{ s}$. Ο παρακάτω πίνακας απεικονίζει τη σχέση μεταξύ της έντασης της θερμικής ακτινοβολίας και του χρόνου έκθεσης:

Πίνακας 3.2.5.1

| Χρόνος έκθεσης (sec) | Ένταση Θερμικής Ακτινοβολίας (cal/cm ² s) | |
|----------------------|--|-------------------------|
| | Αυτόματη ανάφλεξη | Κατευθυνόμενη πρόσπτωση |
| 5 | 1,45 | - |
| 10 | 1,10 | 1,40 |
| 25 | 0,77 | 1,05 |
| 50 | 0,65 | 0,86 |
| 100 | 0,52 | - |

Η ελάχιστη τιμή έντασης της θερμικής ακτινοβολίας για την ανάφλεξη της ξυλείας που χοησιμοποιείται για το σχεδιασμό και την κατασκευή των κτηρίων λαμβάνεται 0,3 cal/cm² s ή 12 kW/m² (Scottish Building Regulations, 1971). Ο ακόλουθος πίνακας που δίνεται από τον Di Nenno (1982) παρουσιάζει τις επιδράσεις της θερμικής ακτινοβολίας σε κατασκευές και διαφορετικά υλικά.

Πίνακας 3.2.5.2

| Ένταση Θερμικής Ακτινοβολίας (kW/m ²) | Κατώφλι (Όριο) |
|---|--|
| 30 | Αυτόματη ανάφλεξη ξυλείας |
| 15 | Ανάφλεξη κατευθυνόμενης πρόσπτωσης (ξύλο) |
| 20 | Ανάφλεξη υγρού καυσίμου δοκιμής σε 40 sec |
| 10 | Ανάφλεξη υγρού καυσίμου δοκιμής σε 120 sec |
| 18 – 20 | Άλλοιώση της μόνωσης των καλωδίων |
| 12 | Τήξη πλαστικών υλών |
| 37,5 | Βλάβες σε εξοπλισμό (μηχανήματα) |

Η ελάχιστη θερμοκρασία αυτόματης ανάφλεξης της ξυλείας είναι συνήθως της τάξης των 545 °C. Η αντίστοιχη τιμή για την περίπτωση της ανάφλεξης κατευθυνόμενης πρόσπτωσης είναι περίπου 380 °C. Θεωρώντας ότι η αρχική θερμοκρασία του ξύλου είναι 20 °C, οι θερμοκρασιακές διαφορές προκύπτουν 525 και 360 °C αντίστοιχα.

Η σχέση μεταξύ της ελάχιστης έντασης θερμικής ακτινοβολίας I_o και της θερμοκρασιακής διαφοράς για ανάφλεξη θ_s είναι: $I_o = h \theta_s$

Οι Simms και Law (1967) για ανάφλεξη κατευθυνόμενης πρόσπτωσης δίνουν την τιμή:

$$h = 8,6 \times 10^{-4} \text{ cal/cm}^2 \text{ s } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Για } \theta_s = 360 \text{ } ^\circ\text{C προκύπτει } I_o = 0,31 \text{ cal/cm}^2 \text{ s.}$$

Είναι σκόπιμο να σημειωθεί ότι η περιεκτικότητα του ξύλου σε νερό (υγρασία) καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ελάχιστη ενέργεια ανάφλεξης, την ελάχιστη ένταση θερμικής ακτινοβολίας και τον απαιτούμενο χρόνο έκθεσης τόσο στην αυτόματη ανάφλεξη όσο και στην ανάφλεξη κατευθυνόμενης πρόσπτωσης χωρίς επαφή. Μια περιεκτικότητα σε νερό της τάξης του 60% διπλασιάζει την ελάχιστη

απαιτούμενη θερμική ακτινοβολία για ανάφλεξη κατευθυνόμενης πρόσπτωσης.

Η εξέλιξη της φωτιάς εξαρτάται –ειδικότερα κατά τα πρώιμα στάδια της– από την ταχύτητα διάδοσης της φλόγας πάνω στην επιφάνεια υγρών ή στερεών υλικών. Η φλόγα δρα από τη μία πλευρά ως πηγή θερμότητας και από την άλλη προκαλεί κατευθυνόμενη ανάφλεξη. Στην περίπτωση που το μέσο διάδοσης είναι υγρό (έδαφος καλυψμένο από εύφλεκτο υγρό), το κριτήριο για τη διασπορά της φλόγας είναι το σημείο καύσης (fire point) του υγρού. Αν η θερμοκρασία του υγρού είναι χαμηλότερη από το σημείο καύσης, τότε θα πρέπει να θερμανθεί προκειμένου να συντηρηθεί η φλόγα. Αν η θερμοκρασία του υγρού είναι υψηλότερη από το σημείο καύσης, τότε η διασπορά της φλόγας καθορίζεται από την ταχύτητά της μέσα στο εύφλεκτο μήγμα που σχηματίζεται πάνω από την επιφάνειά του. Οι Burgoyne και Roberts (1968) απέδειξαν ότι σε ένα στοιχειομετρικό μήγμα, η φαινόμενη ταχύτητα διασποράς της φλόγας είναι 4 με 5 φορές μεγαλύτερη από την βασική ταχύτητα καύσης.

Η ταχύτητα της φλόγας πάνω σε επιφάνειες στερεών εξαρτάται από τον προσανατολισμό και τη γεωμετρία της επιφάνειας, την κατεύθυνση της διάδοσης, το πάχος και τις ιδιότητες του καύσιμου υλικού και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Η συμπεριφορά της φλόγας σε μία κάθετη επιφάνεια διαφέρει από αυτή σε μία οριζόντια επιφάνεια: η ταχύτητα διάδοσής της, εμφανίζεται μεγαλύτερη όταν η κατεύθυνση είναι προς τα πάνω σε μία κατακόρυφη επιφάνεια και τείνει να αυξάνεται εκθετικά. Από την άλλη πλευρά, ο ρυθμός της διασποράς της φλόγας είναι συνάρτηση του πάχους του υλικού. Έχει αποδειχθεί θεωρητικά και πειραματικά ότι σε λεπτά στρώματα καύσιμου υλικού η ταχύτητα διάδοσης είναι αντιστρόφως ανάλογη με το πάχος του τοιχώματος. Μία ακόμη παράμετρος που επιδρά στη διάδοση της φλόγας είναι η πυκνότητα του υλικού. Εφόσον όπως είναι γνωστό ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ενός στερεού είναι κατά προσέγγιση ανάλογος με την πυκνότητά του, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η ταχύτητα της φλόγας παρουσιάζεται υψηλότερη στα υλικά μικρότερης πυκνότητας. Η ταχύτητα διάδοσης επηρεάζεται τέλος και από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η αρχική θερμοκρασία του υλικού, η ταχύτητα του αέρα στην επιφάνειά του, την ένταση της θερμικής ακτινοβολίας στην οποία εκτίθεται και την περίσσεια ή έλλειψη του οξυγόνου στην περιοχή της καύσης. Μία αύξηση της έντασης της θερμικής ακτινοβολίας μπορεί να ενισχύσει υπολογίσιμα το ρυθμό διάδοσης της φλόγας, ενώ η επίδραση ενός ζεύματος αέρα εξαρτάται από την κατεύθυνση που αυτό έχει. Ένα δυνατό ζεύμα αέρα προς την κατεύθυνση διάδοσης της φλόγας τείνει να επιταχύνει το ρυθμό διασποράς της τελευταίας. Το ίδιο συμβαίνει και όταν ζεύμα χαμηλής ταχύτητας αέρα πνέει σε κατεύθυνση αντίθετη από αυτή της διάδοσης. Ωστόσο, στην τελευταία περίπτωση υψηλότερες ταχύτητες αέρα οδηγούν σε επιβράδυνση του ρυθμού διασποράς της φλόγας. Έχει δε αποδειχθεί ότι για μία τιμή της ταχύτητας του αέρα αρκετά υψηλή και ανεξάρτητα από την κατεύθυνση του ζεύματος, η φλόγα τελικά σβήνει.

Η διασπορά της φλόγας σε επιφάνειες στερεών μελετήθηκε από πολλούς ερευνητές. Ο F.A. Williams (1977) εισήγαγε την αποκαλούμενη «Θεμελιώδη εξίσωση διάδοσης»:

$$\varrho V \Delta H = dq/dt \quad (17)$$

Όπου: ΔH η μεταβολή της ενθαλπίας ανά μονάδα μάζας κατά την άνοδο της θερμοκρασίας του υλικού μέχρι το σημείο καύσης,

dq/dt ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας κατά μήκος της επιφάνειας του υλικού,

Ο ρυθμός της διασποράς της φλόγας και

ϱ η πυκνότητα του καύσιμου υλικού.

Καταστροφές από εκρήξεις

Οι υλικές καταστροφές που προκαλούν οι εκρήξεις οφείλονται στη συνδυασμένη δράση α) του ωστικού κύματος, β) της εκπειρόμενης θερμικής ακτινοβολίας και γ) των εκτοξευόμενων θραυσμάτων. Το δυναμικό καταστροφής των εκρήξεων όμως δεν εξαντλείται μόνο σε αυτά. Σημαντικές βλάβες εξοπλισμού και εγκαταστάσεων μπορεί να προκύψουν σε περίπτωση που την έκρηξη διαδεχθεί το ξέσπασμα πυρκαγιάς ή οποία αν δεν ελεγχθεί εγκαίρως, είναι δυνατό να προξενήσει καταστροφές αρκετές τάξεις μεγέθους μεγαλύτερες από αυτές της αρχικής έκρηξης. Μία έκρηξη, τέλος, είναι πιθανό να προκαλέσει σεισμική δόνηση ή το σχηματισμό κρατήρα στο έδαφος.

Η απόκτηση πρακτικών γνώσεων στο πεδίο των υλικών ζημιών από εκρήξεις, βασίζεται μέχρι σήμερα κατά κύριο λόγο σε εμπειρικά δεδομένα. Αυτά τα δεδομένα ωστόσο, συνήθως παρέχουν μόνο πληροφορίες που συσχετίζονται με την έκταση των καταστροφών με τα επίπεδα της αναπτυσσόμενης από το ωστικό κύμα υπερπίεσης. Άλλες παράμετροι όπως η διάρκεια και το σχήμα του ωστικού κύματος δεν λαμβάνονται υπόψη. Έχουν δημοσιευτεί κατά καιρούς διάφοροι πίνακες που περιέχουν τέτοιους είδους πληροφορίες, όπως αυτός του Glasstone (1966, 1977), ο οποίος αποτελεί συχνά αντικείμενο αναφοράς στη διεθνή βιβλιογραφία.

Πίνακας 3.2.5.3: Έκταση υλικών καταστροφών από εκρήξεις.

| Υπερπίεση (kPa) | Αποτέλεσμα |
|-----------------|--|
| 0,15 | Ενοχλητικός θόρυβος |
| 0,2 | Περιστασιακή θραύση μεγάλων υαλοπινάκων |
| 0,3 | Δυνατός θόρυβος, κρότος διάσπασης φράγματος ήχου |
| 0,7 | Θραύση τζαμιών μικρών παραθύρων |
| 1 | Κατώφλι πίεσης για θραύση υαλοπινάκων |
| 2 | Μικρές ζημιές σε οροφές κατοικιών, θραύση τζαμιών παραθύρων σε ποσοστό 10%. |
| 3 | Περιορισμένες ζημιές σε δομικά στοιχεία |
| 3,5 - 7 | Θραύση μικρών και μεγάλων υαλοπινάκων, πιθανή καταστροφή πλαισίων παραθύρων. |
| 5 | Επουσιώδεις ζημιές σε φέροντα δομικά στοιχεία |
| 8 | Σοβαρές ζημιές ή και κατάρρευση τμημάτων κατοικιών |
| 7 - 15 | Θραύση κυματοειδών πλακών αμιάντου, αστοχία συνδέσμων και κάμψη οροφών από κυματοειδή φύλλα αλουμινίου ή χάλυβα, υποχώρηση ξύλινων τοιχωμάτων. |
| 10 | Μικρή παραμόρφωση μεταλλικών στοιχείων επικάλυψης κτηρίων. |
| 15 | Μερική κατάρρευση τοίχων και οροφών κατοικιών |
| 15 - 20 | Καταστροφή μη οπλισμένων τοίχων από τσιμέντο ή τούβλα |
| 18 | Κατώτερο όριο πρόκλησης σοβαρών υλικών ζημιών σε δομικά στοιχεία. Κατάρρευση του 50% των τοιχωμάτων από τούβλα |
| 20 | Μικρές ζημιές σε βαριά βιομηχανικά μηχανήματα |
| 20 - 28 | Καταστροφή τοιχωμάτων από χάλυβα, διάρρηξη δεξαμενών πετρελαίου. |

| | |
|----------------|--|
| 30 | Καταστροφή προσόψεων βιομηχανικών κτηρίων |
| 35 | Θραύση ξύλινων στύλων διανομής ηλεκτρικού ρεύματος |
| 35 - 50 | Σχεδόν ολοκληρωτική καταστροφή κατοικιών |
| 50 | Ανατροπή φορτωμένων βυτιοφόρων ή δεξαμενών |
| 50 - 55 | Αστοχία μη ενισχυμένων τοιχωμάτων από τούβλα πάχους 25-35 cm |
| 60 | Ολική καταστροφή φορτωμένων εμπορευματικών βαγονιών |
| 70 | Πιθανή ολική κατάρρευση κτιρίων, μετακίνηση και καταστροφή βαριών μηχανημάτων και εργαλείων. |

Ο Stephens (1970) παρουσίασε μία εύκολη όσο και πρακτική μέθοδο αναφορικά με την εκτίμηση της σοβαρότητας των υλικών ζημιών στα διάφορα κτήρια: η έκταση των υλικών καταστροφών μπορεί συνοπτικά να ταξινομηθεί σε τέσσερα επίπεδα (ζώνες), ανάλογα με το μέγεθος της υπερπίεσης που αναπτύσσει το ωστικό κύμα της έκρηξης. Σύμφωνα με την περιγραφή αυτή, ένα κτήριο θεωρείται εντελώς κατεστραμμένο (ζώνη A), όταν η επισκευή του είναι οικονομικά ασύμφορη. Η ζώνη B περιλαμβάνει σοβαρές ζημιές, όπως η μερική κατάρρευση ή η αστοχία τμημάτων του φέροντος οργανισμού του κτηρίου. Στη ζώνη C ανήκει η περίπτωση του κτηρίου με υλικές ζημιές μεσαίου μεγέθους που επιδέχονται επισκευή. Οι βλάβες χαμηλής σοβαρότητας για τη στατικότητα του κτηρίου όπως οι μικρές ρηγματώσεις στα τοιχώματα, η θραύση παραθύρων ή οι ζημιές σε κεραμοσκεπές περιλαμβάνονται στη ζώνη D. Η κλιμάκωση που ορίζει ο Stephens απεικονίζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 3.2.5.4

| Ζώνη | Έκταση υλικών ζημιών | Υπερπίεση (kPa) |
|------|-----------------------------|-----------------|
| A | Ολοκληρωτική καταστροφή | > 83 |
| B | Σοβαρές βλάβες | > 35 |
| C | Μέτριες βλάβες | > 17 |
| D | Αμελητέες έως μικρές βλάβες | > 3,5 |

Μία διαφορετική προσέγγιση όσον αφορά την εκτίμηση των υλικών καταστροφών από το ωστικό κύμα μιας έκρηξης παρουσίασε ο C.S. Robinson (1944). Η μέθοδος του είναι γνωστή ως «μέθοδος απόστασης – εκρηκτικού φορτίου» (distance – charge correlation) και βασίζεται στο συσχετισμό των υλικών ζημιών με την ποσότητα **W** της εκρηκτικής ύλης και την απόσταση **R** από το επίκεντρο της έκρηξης. Ο πίνακας 3.2.4.5 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανατίναξης εκρηκτικής ύλης μάζας 100.000 lb (λιβρών).

Πίνακας 3.2.5.5

| Αποτέλεσμα έκρηξης | Απόσταση από το επίκεντρο (m) | Ανηγμένη απόσταση R / W ^{1/3} (m /lb ^{1/3}) |
|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| Μικρές ζημιές (εσωτερική ζώνη) | 335 | 6,55 |
| Σοβαρές ζημιές (μέση τιμή) | 360 | 7,74 |

| | | |
|---|--------|--------|
| Ζημιές από τη σεισμική δύνηση (κανονικό έδαφος) | 640 | 13,78 |
| Εκτόξευση θραυσμάτων (μέση τιμή) | 1524 | 32,91 |
| Μικρές ζημιές (εξωτερική ζώνη) | 3048 | 65,53 |
| Όριο Θραύσης υαλοπινάκων (μέση τιμή) | 30.480 | 655,32 |

Ένα διαφορετικό μοντέλο που παρουσιάζει ενδιαφέρον είναι αυτό που αναπτύχθηκε από τους Gilbert, Lees και Scilly (1994) οι οποίοι μελέτησαν τις αυθεντικές αναφορές ζημιών σε κτήρια κατά την περίοδο του Β' Παγκοσμίου πολέμου από συμβατικές βόμβες, υπτάμενες βόμβες V-1 και πυραύλους V-2. Ορισμένα από τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την εφαρμογή του μοντέλου αυτού απεικονίζονται παρακάτω:

Πίνακας 3.2.5.6

| Δραστική γόμωση (kg) | Απόσταση (m) | Ανηγμένη απόσταση (m/kg ^{1/3}) | Μέγιστη υπερπίεση (Pa) | Ωθηση (Pa s) |
|----------------------|--------------|--|-------------------------|--------------|
| 100 | 10,4 | 2,24 | 2,19 x 10 ⁵ | 606 |
| 200 | 16,5 | 2,82 | 1,32 x 10 ⁵ | 609 |
| 500 | 30,3 | 3,82 | 0,717 x 10 ⁵ | 614 |
| 1.000 | 47,6 | 4,76 | 0,473 x 10 ⁵ | 623 |
| 2.000 | 72,5 | 5,76 | 0,34 x 10 ⁵ | 650 |
| 5.000 | 115 | 6,71 | 0,266 x 10 ⁵ | 759 |
| 10.000 | 151 | 6,99 | 0,25 x 10 ⁵ | 917 |
| 20.000 | 192 | 7,07 | 0,245 x 10 ⁵ | 1.140 |

Η μηχανική καταπόνηση των διαφόρων κατασκευών από το ωστικό κύμα μιας έκρηξης έχει μελετηθεί από τους Glasstone και Dolan (1980). Συγκεκριμένα, η δραστική πίεση (effective pressure) p_e σε δεδομένη γεωμετρική επιφάνεια στερεού εκφράζεται από το άθροισμα της υπερπίεσης (overpressure) p και της πίεσης από την αντίσταση του αέρα (drag pressure) p_d :

$$p_e(t) = p(t) + p_d(t) \quad (18)$$

Η πίεση αντίστασης του αέρα είναι συνάρτηση της δυναμικής (dynamic) πίεσης q :

$$P_d(t) = C_D q(t) \quad (19)$$

Όπου C_D ο συντελεστής αντίστασης του αέρα (drag coefficient).

Οι τιμές που λαμβάνει ο συντελεστής αντίστασης του αέρα C_D για χαρακτηριστικές γεωμετρίες και προσανατολισμούς στερεών υλικών απεικονίζονται παραστατικά στο ακόλουθο σχήμα:

Σχήμα 3.2.5.1: Τιμές του συντελεστή C_D **Γεωμετρικό σχήμα**

Επιμήκης κύλινδρος



Σφαίρα



Επιμήκης κύλινδρος

Δίσκος
(κυκλικός ή τετράγωνος)

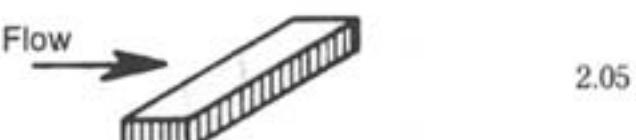
Κύβος



Κύβος



Παραλληλεπίπεδο



Γενικά διακρίνονται δύο είδη μηχανικής φόρτισης των κατασκευών κατά τη διάδοση ενός ωστικού κύματος: η φόρτιση περίθλασης (diffraction loading) και η φόρτιση από την αντίσταση του αέρα (drag loading). Η πρώτη, αναφέρεται στη φόρτιση από την περίθλαση του ωστικού κύματος και καθορίζεται κύρια από τη μέγιστη αναπτυσσόμενη υπερόπιεση. Η δεύτερη, εξαρτάται από τη δυναμική πίεση q και συνεπώς από την πίεση αντίστασης του αέρα. Υπάρχουν δύο τύποι φόρτισης περίθλασης. Ο ένας οφείλεται στη διαφορά πίεσης που αναπτύσσεται μεταξύ της πρόσοψης και του οπίσθιου τμήματος της

επιφάνειας κατά τον άξονα διάδοσης του ωστικού κύματος. Με εξαίρεση τις επιμήκεις κατασκευές, έχει πολύ μικρή διάρκεια. Ο άλλος τύπος φόρτισης περίθλασης οφείλεται στη διαφορά πίεσης μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού ενός κτηρίου. Αυτή η καταπόνηση προσεγγίζει τη συμπεριφορά ενός στατικού φορτίου και είναι μεγαλύτερης διάρκειας. Το δυναμικό των υλικών ζημιών εξαιτίας του φορτίου περίθλασης είναι συνάρτηση της μέγιστης υπερπίεσης και της χρονικής διάρκειας του ωστικού κύματος.

Η φόρτιση από την αντίσταση του αέρα εξαρτάται τόσο από το ωστικό κύμα, όσο και από τη μορφολογία της κατασκευής. Η ίδια κατασκευή, είναι δυνατό να υποστεί φόρτιση περίθλασης ή αντίστασης του αέρα ανάλογα με τη διάρκεια του ωστικού κύματος της έκρηξης. Γενικά ένα ωστικό κύμα μικρής διάρκειας τείνει να φορτίζει τις διάφορες δομές με το μηχανισμό της περίθλασης, ενώ απεναντίας ένα μεγάλης διάρκειας, φορτίζει μέσω της αντίστασης του αέρα. Στην περίπτωση μιας κλειστής κατασκευής, η διάρκεια της φόρτισης από περίθλαση είναι περίπου ίση με το χρόνο που απαιτείται για να διανύσει το ωστικό κύμα την απόσταση από το μπροστινό έως το οπίσθιο τμήμα της δομής. Το χρονικό διάστημα αυτό είναι σχετικά μικρό. Η φόρτιση από την αντίσταση του αέρα εκδηλώνεται καθ' όλη τη διάρκεια της προαναφερθείσας φάσης και για ένα χρονικό διάστημα μετά από αυτή. Η χρονική περίοδος της φόρτισης από την αντίσταση του αέρα είναι μεγάλη σε σύγκριση με την αντίστοιχη της φόρτισης περίθλασης. Οι κατασκευές που κατά κανόνα υφίστανται φορτίσεις από περίθλαση περιλαμβάνουν κλειστές ή ημίκλειστες γεωμετρίες όπως τα κτήρια με μικρού μεγέθους παραθυρά και οι δεξαμενές αποθήκευσης. Φορτίσεις από την αντίσταση του αέρα, τείνουν να δέχονται επιμήκεις δομές με μεγάλο σχετικά ύψος όπως οι κολώνες του ηλεκτρικού δικτύου και οι φανοστάτες. Σε αυτή την κατηγορία μπορεί να ανήκουν και κτήρια με μεγάλες επιφάνειες παραθύρων.

Οι μηχανικές φορτίσεις από την αντίσταση του αέρα αποδεικνύονται περισσότερο σημαντικές σε περιπτώσεις εκρήξεων που δίνουν ωστικό κύμα μεγάλης διάρκειας όπως οι πυρηνικές εκρήξεις και λιγότερο σε περιπτώσεις εκρήξεων με ωστικό κύμα μικρής διάρκειας, όπως αυτές της τρινιτροτόλουσόλης (TNT).

Οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν την απόκριση μιας κατασκευής στις μηχανικές φορτίσεις είναι:

- α) η φυσική περίοδος
- β) το όριο ελαστικότητας
- γ) ο συντελεστής ελαστικότητας (ductility ratio) και
- δ) η συνάρτηση αντίστασης.

Η ελαστική συμπεριφορά μιας δομής μπορεί να περιγραφεί από την ακόλουθη σχέση:

$$T_n = 1/f_n = 2\pi / \omega_n = 2\pi (m/k)^{1/2} \quad (20)$$

Όπου f_n η φυσική κυκλική συχνότητα, T_n η φυσική περίοδος και ω_n η φυσική συχνότητα.

Από την εξίσωση αυτή είναι δυνατό να υπολογιστεί η ελαστική σταθερά k από την φυσική περίοδο T_n και αντιστρόφως.

Ορισμένες τυπικές τιμές της φυσικής περιόδου χαρακτηριστικών δομών δίνονται από τον R. J. Harris (1983):

πλινθοδομή (τοίχος από τούβλα) = 20 – 40 sec

τοίχος από σκυρόδεμα = 10 – 15 sec

πάτωμα από σκυρόδεμα = 10 – 30 sec

Ο Kinney (1962) πρότεινε την ακόλουθη εμπειρική σχέση για τον υπολογισμό της φυσικής περιόδου ενός σύγχρονου κτηρίου:

$$T = 0,05 H / B^{1/2} \quad (21)$$

Όπου B το πλάτος του κτηρίου (ft), H το ύψος του (ft) και T η φυσική περίοδος (sec).

Το εύρος της ελαστικής συμπεριφοράς σε μία κατασκευή, καθορίζεται από το όριο ελαστικότητας, που είναι βασικά το όριο της στατικής φόρτισης. Στην περίπτωση που η διάρκεια επιβολής της φόρτισης είναι πολύ μικρή, το σχετικό όριο μπορεί να είναι το δυναμικό όριο ελαστικότητας. Πληροφορίες αναφορικά με το όριο ελαστικότητας διαφόρων υλικών παρέχει ο Kinney (1962). Σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά, ο λόγος της δυναμικής προς τη στατική μηχανική αντοχή του κατασκευαστικού χάλυβα είναι περίπου 1,58 για διάρκειες φόρτισης έως 5,5 ms. Ο αντίστοιχος λόγος για το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι της τάξης του 1,38 για διάρκεια φόρτισης έως 10 ms. Για μηχανικές φορτίσεις διάρκειας 100 ms ο λόγος της δυναμικής προς την στατική αντοχή «πέφτει» στην τιμή 1,15 και για τα δύο υλικά. Όλες οι παραπάνω τιμές αφορούν το χρονικό διάστημα t_e που μεσολαβεί έως το υλικό να φτάσει το όριο της μέγιστης ελαστικής παραμόρφωσης, πέρα από το οποίο, η παραμόρφωση είναι μόνιμη (πλαστική παραμόρφωση). Το χρονικό αυτό διάστημα δίνεται προσεγγιστικά από την εξίσωση:

$$t_e = T/4 (p_m / r_e)^{-1/2} \quad (22)$$

Όπου p_m είναι η πίεση του ωστικού κύματος (N/m^2), r_e η μέγιστη ελαστική παραμόρφωση ανά μονάδα επιφάνειας (N/m^2), t_e είναι ο χρόνος μέχρι το όριο της ελαστικής παραμόρφωσης (sec) και T η φυσική περίοδος (sec).

Ο συντελεστής ελαστικότητας μορίζεται ως ο λόγος της μέγιστης ανεκτής παραμόρφωσης προς την ελαστική παραμόρφωση: $\mu = X_f / X_e$, όπου X_e είναι η μετατόπιση στο όριο της ελαστικότητας και X_f η μετατόπιση στο όριο της αστοχίας. Τα υλικά με χαμηλό συντελεστή ελαστικότητας χαρακτηρίζονται εύθραυστα, ενώ αυτά με υψηλό συντελεστή ελατά.

Η συμπεριφορά μιας κατασκευής σε μηχανική καταπόνηση απεικονίζεται με καμπύλες φόρτισης – παραμόρφωσης. Η συνάρτηση αντίστασης κάθε δομής μπορεί να εξαχθεί προσεγγίζοντας την καμπύλη φόρτισης – παραμόρφωσης με δύο ευθείες γραμμές. Η μέγιστη ελαστική αντίσταση εμφανίζεται στο σημείο της μέγιστης ελαστικής παραμόρφωσης X_e .

Κοινό χαρακτηριστικό όλων ανεξαιρέτως των εκρηκτών, είναι η εκτόξευση θραυσμάτων διαφόρων μεγεθών με μεγάλες ταχύτητες, προς όλες τις κατευθύνσεις. Όπως είναι γνωστό, το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που εκλύεται κατά την έκρηξη μεταδίδεται στο ωστικό κύμα που έπεται. Η ενέργεια που απομένει, εμφανίζεται με τη μορφή της κινητικής ενέργειας των θραυσμάτων που εκσφενδονίζονται. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Porter (1980), η κινητική ενέργεια των θραυσμάτων αντιστοιχεί στο 5 με 10% της συνολικής ενέργειας που απελευθερώνεται με την έκρηξη. Αντίστοιχοι υπολογισμοί που βασίζονται σε θερμοδυναμικές μεθόδους ανεβάζουν το παραπάνω ποσοστό στο 20% της συνολικής ενέργειας της έκρηξης. Όταν η έκρηξη λαμβάνει χώρα σε ένα κλειστό σύστημα (δοχείο πίεσης κ.λπ.), τα θραύσματα αποτελούνται τόσο από κομμάτια του περιβλήματος, τα οποία ονομάζονται πρωτεύοντα, όσο και από άλλα αντικείμενα του περιβάλλοντος χώρου που εκτοξεύονται καθώς μέρος της ενέργειας του ωστικού κύματος που συνοδεύει την έκρηξη μεταδίδεται στα διάφορα υλικά που συναντά στην πορεία του. Τα τελευταία καλούνται δευτερεύοντα θραύσματα. Το δυνα-

μικό πρόβλημας υλικών καταστροφών από τα θραύσματα είναι συνάρτηση της αρχικής ενέργειας των εκσφενδονιζόμενων τεμαχίων, του μεγέθους τους, του αριθμού τους και του δραστικού τους βεληνεκούς.

Η αρχική ενέργεια ενός θραύσματος σχετίζεται άμεσα με την αρχική ταχύτητα με την οποία εκσφενδονίζεται. Η δύναμη που ασκείται σε ένα θραύσμα εξαρτάται από το μηχανισμό της έκρηξης. Στην περίπτωση της διάρρηξης ενός δοχείου πίεσης που περιέχει αέριο, η υπερπίεση που οδηγεί στην αστοχία μπορεί να είναι αποτέλεσμα αργής αύξησης της πίεσης στο εσωτερικό του δοχείου, ή να οφείλεται σε έκρηξη ή οποία προκαλεί ακαριαία άνοδο της πίεσης στο δοχείο. Η έκρηξη του δοχείου συνοδεύεται και από τη δημιουργία ωστικού κύματος. Υπάρχουν δύο δυνάμεις που συντελούν στην επιτάχυνση του θραύσματος: η μία οφείλεται στη διαφορά πίεσης μεταξύ του αερίου στο δοχείο και του περιβάλλοντος και η άλλη είναι η δυναμική πίεση, ή το φρένο του αέρα. Στην πράξη, η διαφορά πίεσης διαρκεί για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, ανάγοντας σε καθοριστικό παράγοντα επιτάχυνσης των θραυσμάτων τη δυναμική πίεση.

Μία ακόμα περίπτωση αποτελεί η κατάρρευση ενός διαχωριστικού τοιχώματος συνεπεία της έκρηξης. Σύμφωνα με τα προηγούμενα, οι δυνάμεις που ασκούνται στα θραύσματα είναι η διαφορά πίεσης μεταξύ του μετώπου του τοιχώματος και του περιβάλλοντος και η δυναμική πίεση. Διακρίνονται δύο ενδεχόμενα: το πρώτο αφορά την αστοχία του τοιχώματος έπειτα από φρενάρισμα και απότομη αύξηση της πίεσης και το δεύτερο την υποχώρησή του κατόπιν αργής μεταβολής της ασκούμενης σε αυτό πίεσης. Και στις δύο αυτές περιπτώσεις, η διαφορική πίεση δρα για μικρό χρονικό διάστημα, ενώ η επιτάχυνση των θραυσμάτων καθορίζεται κυρίως από τη δυναμική πίεση. Ο C.V. Moore (1967) παρουσίασε μία μέθοδο εκτίμησης της αρχικής ταχύτητας των θραυσμάτων της έκρηξης από την ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη σε ένα δοχείο πίεσης. Σύμφωνα με αυτή:

$$\frac{1}{2} M_V u_i^2 = E_f M_f \Leftrightarrow u_i = (2 E_f M_f / M_V)^{1/2} \quad (23)$$

Όπου E_f η αποθηκευμένη στο δοχείο ενέργεια ανά μονάδα μάζας του περιεχόμενου φευστού, M_f η μάζα του περιεχόμενου στο δοχείο φευστού, M_V η μάζα του δοχείου πίεσης και u_i η αρχική ταχύτητα του θραύσματος.

Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής γίνεται η παραδοχή ότι όλα τα θραύσματα έχουν την ίδια ταχύτητα, υπόθεση που δεν απέχει από την πραγματικότητα όπως έχει πειραματικά παρατηρηθεί: Όταν ένα δοχείο πίεσης εκρήγνυται και θρυμματίζεται σε πολλά κομμάτια, τα θραύσματα που κινούνται προς διαφορετικές κατευθύνσεις, αποκτούν συγκρισιμες τελικές ταχύτητες. Η παραπάνω εξίσωση θεωρείται ότι δίνει το άνω όριο της αρχικής ταχύτητας των θραυσμάτων.

Ο αριθμός των θραυσμάτων που προκύπτουν από την απώλεια περιβλήματος σε μία έκρηξη κυμαίνεται σε μεγάλο βαθμό. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διάρρηξη ενός δοχείου πίεσης. Αν η αστοχία του δοχείου είναι «ψυχρή» ή εύθραυστη, (brittle) το δοχείο θρυμματίζεται και κατά συνέπεια ο αριθμός των θραυσμάτων είναι μεγάλος. Αν από την άλλη πλευρά η αστοχία του δοχείου είναι «θερμή» (ductile) και σταδιακή, η πιθανότητα δημιουργίας θραυσμάτων είναι μικρή. Στην περίπτωση αυτή, και εφόσον προκύψουν θραύσματα, αυτά είναι συνήθως λίγα σε αριθμό, αλλά μεγάλης μάζας με δυνατότητα να προκαλέσουν σοβαρές καταστροφές και θανάσιμους τραυματισμούς. Η αστοχία ενός δοχείου μπορεί να συμβεί είτε υπό συνθήκες κανονικής πίεσης λόγω μηχανικού ελαττώματος, είτε υπό συνθήκες υπερβολικής πίεσης (υδροστατικής πίεσης, πίεσης αερίου κ.λπ.). Σε ένα κυλινδρικό δοχείο όπως αυτά που απαντώνται στις μεταφορές, η αστοχία (π.χ. οργιμάτωση) έχει συνή-

θως αξιονική διεύθυνση, ενώ κατά την επέκτασή της παρουσιάζει την τάση να διαδίδεται περιμετρικά.

Συμπερασματικά, όσον αφορά τα πρωτεύοντα θραύσματα, ξεχωρίζουν κυρίως τρεις περιπτώσεις:

α) έκρηξη του δοχείου πίεσης και δημιουργία μεγάλου αριθμού θραύσμάτων μικρού μεγέθους

β) διάσπαση του δοχείου σε δύο μεγάλα κομμάτια, ή και εκτόξευση του ίδιου του δοχείου σε μεγάλη απόσταση και

γ) μεμονωμένη εκτόξευση ενός αντικειμένου (π.χ. εξάρτημα της βαλβίδας ανακούφισης πίεσης).

Το βεληνεκές ή ακτίνα δράσης ενός θραύσματος σε συνθήκες έλλειψης της αντίστασης του αέρα, δίνεται από την εξίσωση:

$$x = u_i^2 \sin^2 a / g \quad (24)$$

Όπου x η οριζόντια απόσταση που διανύει το θραύσμα, u_i η αρχική του ταχύτητα, a η γωνία εκτόξευσης και g η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Είναι φανερό ότι η μέγιστη απόσταση ή βεληνεκές του θραύσματος προκύπτει από την παραπάνω εξίσωση για γωνία εκτόξευσης ίση με 45° και ισούται με $x = u_i^2 / g$.

Στην πραγματικότητα η ακτίνα δράσης ενός θραύσματος είναι μικρότερη από αυτή που δίνει η παραπάνω εξίσωση, λόγω της ύπαρξης και άλλων δυνάμεων εκτός της βαρύτητας που ασκούνται κατά τη διάρκεια της πορείας του όπως η αντίσταση του αέρα και η άνωση.

Υπάρχει πλήθος εμπειρικών εξισώσεων στη διεθνή βιβλιογραφία αναφορικά με την εκτίμηση της ικανότητας διείσδυσης των θραύσμάτων στα διάφορα υλικά. Στην πράξη, μόνο ένα ποσοστό της κινητικής ενέργειας του θραύσματος μεταφέρεται στο στόχο (κτήριο, όχημα, κλπ) και έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει υλικές ζημιές. Μέρος της κινητικής ενέργειας καταναλώνεται στην παραμόρφωση ή και αποσύνθεση του ίδιου του θραύσματος. Η κατανομή της ενέργειας ανάμεσα στο θραύσμα και το στόχο εξαρτάται από τη σχετική σκληρότητά που παρουσιάζουν αμφότερα τα υλικά και εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις. Εάν το θραύσμα παραμορφώνεται ευκολότερα από το στόχο, τότε απορροφά μεγαλύτερη ενέργεια από αυτή που μεταδίδει. Η σχετική σκληρότητα (relative stiffness) είναι συνάρτηση της ταχύτητας πρόσκρουσης. Όταν η ταχύτητα πρόσκρουσης είναι χαμηλή, η σχετική σκληρότητα καθορίζεται από τη συνολική παραμόρφωση και των δύο υλικών. Στην αντίθετη περίπτωση, οι υψηλές ταχύτητες πρόσκρουσης προκαλούν τοπικές παραμορφώσεις και η ενεργειακή κατανομή διαφοροποιείται. Οι B.G. Cox και Saville αναφέρουν μια σειρά εμπειρικών εξισώσεων για την εκτίμηση της διεισδυτικότητας των θραύσμάτων στα διάφορα υλικά στην εργασία τους "High Pressure Safety Code" (1975). Οι εξισώσεις που παραθέτουν ισχύουν για ταχύτητες θραύσμάτων οι οποίες δεν υπερβαίνουν τα 1000 m/sec . Σε υψηλότερες ταχύτητες ο μηχανισμός της ενεργειακής ανταλλαγής περιπλέκεται διότι τόσο ο στόχος όσο και το θραύσμα υφίστανται τήξη λόγω της μεγάλης ενέργειας πρόσκρουσης.

Προκειμένου για μικρά θραύσματα, το βάθος της διείσδυσης t δίνεται από τη σχέση:

$$t = K m^{n_1} V^{n_2} \quad (25)$$

Όπου: m είναι η μάζα του θραύσματος (kg), t είναι το πάχος του εμποδίου που απαιτείται για να σταματήσει το θραύσμα (m), V είναι η ταχύτητα του θραύσματος (m/sec), K είναι μία σταθερά και οι n_1 , n_2 δείκτες.

Οι τιμές που λαμβάνουν η σταθερά K και οι δείκτες n_1 , n_2 για διάφορα υλικά – στόχους δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 3.2.5.7: Τιμές της σταθεράς K και των δεικτών n_1 , n_2

| Υλικό – στόχος | K | n_1 | n_2 |
|--|---------------------|-------|-------|
| Σκυρόδεμα (δύναμη κρούσης 35 MN/m ²) | 18×10^{-6} | 0,4 | 1,5 |
| Τοιχοποιία (πλινθοδομή) | 23×10^{-6} | 0,4 | 1,5 |
| Μαλακός χάλυβας | 6×10^{-5} | 0,33 | 1,0 |

Η εξίσωση (25) ισχύει για θραύσματα από χάλυβα με αμβλύ σχήμα όπως οι συμπαγείς κύλινδροι που έχουν μήκος ίσο με τη διάμετρό τους και μάζα όχι μεγαλύτερη από 1 χιλιόγραμμο. Για θραύσματα μεγαλύτερου μεγέθους, το βάθος της διείσδυσης του θραύσματος δίνεται από τη σχέση:

$$t = C_m / A [\log_{10} (1 + 5 \times 10^{-5} V^2)] \quad (26)$$

Όπου A είναι η προσφερόμενη επιφάνεια (presented area) του θραύσματος (m²), V η ταχύτητά του (m/sec) και C μια σταθερά. Η σταθερά C εξαρτάται από το υλικό κατασκευής του στόχου και λαμβάνει τις παρακάτω τιμές:

Πίνακας 3.2.5.8: Τιμές της σταθεράς C

| Υλικό - στόχος | Σταθερά C |
|---|----------------------|
| Μη οπλισμένο σκυρόδεμα (δύναμη κρούσης 15 MN/m ²) | 10×10^{-4} |
| Σκυρόδεμα με ενίσχυση 1,4% (δύναμη κρούσης 40 MN/m ²) | $3,5 \times 10^{-4}$ |
| Πλινθοδομή | 25×10^{-4} |
| Μαλακός χάλυβας | $0,5 \times 10^{-4}$ |
| Κράμα χάλυβα | $0,3 \times 10^{-4}$ |

Η εξίσωση (26) εφαρμόζεται σε περιπτώσεις θραυσμάτων με αμβλύ σχήμα και μάζα που υπερβαίνει το ένα χιλιόγραμμο.

Προκειμένου για θραύσματα ραβδοειδούς σχήματος το βάθος διείσδυσης t προκύπτει:

$$t = 2 \times 10^{-7} m V^{1.5} / d^{1.8} \text{ σε σκυρόδεμα και} \quad (27)$$

$$t = (0,33 \times 10^{-9} m V^2 / d^3)^{1/1.41} \text{ σε πλάκα μαλακού χάλυβα} \quad (28)$$

Όπου d η διάμετρος του θραύσματος (m).

Γενικά, θραύσματα ακανόνιστου σχήματος όπως αυτά που παραγονται κατά την έκρηξη ενός δοχείου πίεσης, εμφανίζουν στην πράξη αρκετά μικρότερη ικανότητα διείσδυσης στα διάφορα υλικά – συχνά μόνο το 50%- της αντίστοιχης των συμπαγών θραυσμάτων με αμβλύ σχήμα, ενώ αντίθετα, τα αιχμηρά και γωνιώδη θραύσματα επιτυγχάνουν την ισχυρότερη διατρητική ικανότητα.

Παράλληλα με την εκδήλωση ωστικού κύματος και την εκτόξευση θραυσμάτων, την έκρηξη συνοδεύει και η δημιουργία σεισμικής δόνησης στο έδαφος. Οι σεισμικές δονήσεις που προκαλούν οι ε-

κρήξεις στην ξηρά προκαλούν κατά κανόνα μικρότερης έκτασης και σοβαρότητας υλικές ζημιές από τις αντίστοιχες που οφείλονται στο ωστικό κύμα. Σύμφωνα με τον V.J. Clancey (1972), μια σεισμική δόνηση στο έδαφος μπορεί να θεωρηθεί ως διαταραχή ημιτονοειδούς μορφής και να περιγραφεί από τη συχνότητα, το πλάτος, την μέγιστη επιτάχυνση και την μέγιστη ταχύτητα της. Τα μεγέθη αυτά συνδέονται μεταξύ τους με τις παρακάτω σχέσεις:

$$V_{max} = 2\pi f A \quad (29)$$

$$\text{και} \quad a_{max} = 4\pi^2 f^2 A \quad (30)$$

Όπου a είναι η επιτάχυνση, A το πλάτος, f η συχνότητα και V_{max} η μέγιστη ταχύτητα της δόνησης.

Προκειμένου για έκρηξη που λαμβάνει χώρα στην επιφάνεια του εδάφους, η ισχύς της δόνησης είναι συνάρτηση της ποσότητας του εκρηκτικού και της φύσης του εδάφους. Η εξίσωση που χρησιμοποιείται ευρύτατα για τον υπολογισμό του πλάτους της δόνησης είναι :

$$A = 0,001 K \sqrt{E / d} \quad (31)$$

Όπου A είναι το πλάτος σε ίντσες (in), d η απόσταση σε πόδια (ft), E η μάζα του εκρηκτικού σε λίβρες (lb) και K μία σταθερά.

Η σταθερά K εξαρτάται από τα γεωλογικά χαρακτηριστικά του εδάφους και λαμβάνει την τιμή 100 για σκληρό βράχο και 300 για αργιλώδες έδαφος.

Συγκριτικά αναφέρεται ότι δόνηση πλάτους 0,025 mm γίνεται αντιληπτή από κάποιον που έχει την προσοχή του συγκεντρωμένη στο γεγονός αυτό, ενώ δονήσεις πλάτους 0,076 mm είναι πιθανό να παραχθούν από την κίνηση βαρέων οχημάτων σε κοντινή απόσταση. Η συχνότητα μιας δόνησης είναι συνήθως χαμηλή, της τάξης των 2 – 5 Hz σε περιπτώσεις μαλακού ή σαθρού εδάφους και υψηλότερη, στην περιοχή 30-100 Hz σε σκληρό βράχο.

Οι βλάβες που προκαλούν στα κτήρια και τις διάφορες κατασκευές οι σεισμικές δονήσεις των εκρήξεων προσεγγίστηκαν από τους Langefors και Kihlstrom (1963) με την εισαγωγή της ποσότητας:

$$\varphi = Q / R^{3/2} \quad (32)$$

Όπου Q είναι η μάζα του εκρηκτικού φορτίου (kg) και R η απόσταση από το επίκεντρο της έκρηξης (m).

Οι παραπάνω μελετητές παρουσίασαν ορισμένα δεδομένα αναφορικά με το εύρος των υλικών ζημιών από σεισμικές δονήσεις εκρήξεων στα συνήθη κτήρια. Οι πληροφορίες αυτές συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 3.2.5.9

| Q / R ^{3/2} | | Υλικές ζημιές σε κατοικίες |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Σκληρός βράχος (kg/m ^{3/2}) | Μαλακός βράχος (kg/m ^{3/2}) | |
| 0,008 | 0,02 | Πτώση επιχρύσματος (σοβά) χωρίς ρωγμές |
| 0,06 | 0,25 | Κατώφλι δημιουργίας ασήμαντων ρωγμών |
| 0,12 | 0,50 | Δημιουργία ρωγμών |
| 0,25 | 1,0 | Σοβαρές ρωγμές |

Ο παραπάνω συσχετισμός δεν ισχύει όταν οι οριζόντιες αποστάσεις από το επίκεντρο της έκρηξης είναι μικρότερες από 2 με 3 φορές το βάθος στο οποίο αυτή λαμβάνει χώρα. Οι τιμές του πίνακα αφορούν κανονικές κατοικίες κτισμένες πάνω σε βραχώδες έδαφος. Η τιμή που θα πρέπει να έχει η ποσότητα φ για να προκληθούν ίδιου μεγέθους υλικές ζημιές σε κατασκευές από σκυρόδεμα είναι 2 με 4 φορές μεγαλύτερη.

Στα πλαίσια της ανάλυσης των φαινομένων που συνοδεύουν την έκρηξη, σκόπιμο είναι να αναφερθεί και η πιθανή δημιουργία κρατήρα στο έδαφος. Ο κρατήρας είναι συνήθως αποτέλεσμα έκρηξης πυκνής φάσης (εκρηκτικής ύλης). Οι παράγοντες που επηρεάζουν το είδος και το μέγεθος του σχηματιζόμενου κρατήρα είναι η θέση της εκρηκτικής ύλης σε σχέση με το έδαφος, η φύση του εδάφους, καθώς και η ποσότητα του εκρηκτικού. Μία έκρηξη στην επιφάνεια του εδάφους δημιουργεί κρατήρα μικρό σε βάθος αλλά μεγαλύτερης διαμέτρου από μια αντίστοιχη έκρηξη λίγο κάτω από την επιφάνεια. Επίσης, η ίδια έκρηξη θα προκαλέσει μεγαλύτερο κρατήρα σε βραχώδες έδαφος και μικρότερο σε αμμώδες. Στην πρώτη περίπτωση, η αρχική δόνηση διαδίδεται και οργιματώνει το βράχο με τη διέλευση του κύματος πίεσης. Τα διαστελλόμενα αέρια εισέρχονται στις ρωγμές και επιταχύνουν το θρυμματισμό του βράχου. Αντίθετα, στη δεύτερη περίπτωση η διάδοση της δόνησης είναι αμελητέα. Από την άλλη πλευρά υπάρχουν εκρήξεις όπως οι εκρήξεις νέφους αερίου, που είναι απίθανο να οδηγήσουν στη δημιουργία κρατήρα. Μία εξίσωση που συσχετίζει τον όγκο του κρατήρα από έκρηξη δυναμίτιδας στην επιφάνεια κανονικού εδάφους αποτελεί ο τύπος του Olsen:

$$V = 0,4 Q^{8/7} \quad (33)$$

Όπου V ο όγκος του κρατήρα σε κυβικά πόδια (ft^3) και Q η μάζα του εκρηκτικού σε λίβρες (lb).

Ο V.C. Marshall (1987) εισήγαγε μία σχέση που συνδέει τη διάμετρο ενός κρατήρα με τον όγκο του:

$$D = 3 V^{0,5} / h \quad (34)$$

Όπου D η διάμετρος του κρατήρα (m), V ο όγκος του (m^3) και h το βάθος του (m).

Ο C.S. Robinson (1944) παρουσίασε πειραματικά δεδομένα σχετικά με τα μεγέθη των δημιουργούμενων κρατήρων. Αυτά συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 3.2.5.10

| Διαστάσεις κρατήρα | | | | |
|--------------------|---------------|----------------|------------|------------------|
| Εκρηκτική ύλη | Ποσότητα (lb) | Διάμετρος (ft) | Βάθος (ft) | Όγκος (ft^3) |
| Δυναμίτης | 50 | 6 | 2 | 30 |
| Δυναμίτης | 2.400 | 31 | 9 | 3.200 |
| Νιτρικό Αμμώνιο | 9.000.000 | 400 | 90 | 10.000.000 |

(Η τρίτη περίπτωση αφορά την έκρηξη που συνέβη στο Oppau της Γερμανίας το 1921).

Εκτός από την καταστροφή που προκαλούν στο έδαφος (οδόστρωμα, τοίχωμα πλοίου κ.λπ.), οι κρατήρες συνοδεύονται συνήθως και από εκτόξευση θραύσμάτων. Τα θραύσματα αυτά αποτελούνται από τεμάχια του υλικού του εδάφους (χώμα, πέτρες, τσιμέντο κ.λπ.). Η ακτίνα δράσης των θραύσμάτων αυτών μελετήθηκε από τους Richmond και Fletcher (1971) οι οποίοι έπειτα από πειραματι-

κές εκρήξεις γομώσεων με υπόβαθρο βράχο και χώμα κατέληξαν στις κάτωθι εξισώσεις:

$$R_{\max} = 70 W^{0.4} \quad \text{βράχος} \quad (35)$$

$$R_{\max} = 30 W^{0.4} \quad \text{χώμα} \quad (36)$$

Όπου R_{\max} είναι το βεληνεκές του θραύσματος σε πόδια (ft), W είναι η μάζα του εκρηκτικού (ισοδύναμου TNT) σε λίβρες (lb).

Οι σχέσεις αυτές ισχύουν για θραύσματα με μάζα που υπερβαίνει τη 0,5 lb, καθώς οι παραπάνω συγγραφείς αναφέρουν ότι η μάζα των θραυσμάτων κατά τη διεξαγωγή πειραμάτων προέκυψε κατά μέσο όρο αισθητά μεγαλύτερη από 0,5 lb.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Σχεδιασμός διαδικασιών αντιμετώπισης ατυχημάτων

4.1. Γενικά

Τα ατυχήματα μεγάλης έκτασης κατά τη μεταφορά κάθε είδους επικίνδυνων φορτίων, όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, μπορεί να έχουν καταστροφικές συνέπειες για τον άνθρωπο, το περιβάλλον και την οικονομία. Ως εκ τούτου, η πρόληψη και η αύξηση της ετοιμότητας για την αντιμετώπιση των ατυχημάτων αυτών, αναγορεύονται σε απαραίτητη υποχρέωση τόσο των μεταφορικών εταιρειών, όσο και των δημοσίων υπηρεσιών που είναι επιφορτισμένες με την καταστολή τους. Με βάση αυτό το σκεπτικό, η διαχείριση του κινδύνου στις μεταφορές επικίνδυνων φορτίων αποτελείται από τρεις κυρίως άξονες: α) την πρόληψη, β) την αντιμετώπιση και γ) τον απολογισμό του ατυχήματος.

Η πρόληψη αναφέρεται στο σύνολο των ενεργειών που στοχεύουν στην ομαλή διεξαγωγή του μεταφορικού έργου και την αποφυγή κάθε ατυχήματος. Στα πλαίσια αυτής της λογικής εντάσσονται ζητήματα όπως ο ορισμός της ασφαλέστερης διαδρομής που πρέπει να ακολουθηθεί, η επιλογή του καταλληλότερου μέσου για δεδομένη μεταφορά, η σωστή σχεδίαση των χειρισμών φορτοεκφόρτωσης, η μέριμνα για ορθή κατανομή του φορτίου, η τακτική και επιμελημένη συντήρηση του οχήματος και των συστημάτων ασφαλείας κ.α. Προκειμένου να αποδώσουν τα λαμβανόμενα κατά περίπτωση μέτρα πρόληψης, είναι απαραίτητο να προηγηθεί ο συνυπολογισμός όλων των συνθηκών που μπορεί να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητες καταστάσεις και να εκτιμηθεί ο βαθμός επικινδυνότητας.

Η φάση της αντιμετώπισης ή καταστολής, αφορά το χρονικό διάστημα από την εκδήλωση του συμβάντος μέχρι τη λήξη του και περιλαμβάνει τις εξής ενέργειες: ενημέρωση των αρμόδιων αρχών, προσπάθεια περιορισμού της εξάπλωσης του ατυχήματος με τη βοήθεια του εξοπλισμού ασφαλείας, εφαρμογή των διαδικασιών που προβλέπει το πρωτόκολλο έκτακτης ανάγκης, ειδοποίηση του πληρώματος και του γύρω πληθυσμού που βρίσκεται σε κίνδυνο, λήψη των κατάλληλων μέτρων προστασίας και καθοδήγηση του πληθυσμού, καθώς και παροχή πρώτων βοηθειών στους πληγέντες εφόσον υπάρχουν.

Μετά τη λήξη του συμβάντος, ακολουθεί η φάση του απολογισμού, η οποία συνίσταται στην αξιολόγηση και διερεύνηση των αιτίων που οδήγησαν στο ατύχημα. Η διεργασία αυτή αποσκοπεί στην άντληση γνώσης και εμπειρίας ώστε στο μέλλον να αποφευχθούν παρόμοιες ανεπιθύμητες καταστάσεις.

Στα πλαίσια της αντιμετώπισης ενός ατυχήματος εντάσσεται η κατάρτιση των Σχεδίων Έκτακτης Ανάγκης. Τα σχέδια αυτά στοχεύουν αφενός στον προσδιορισμό των απαιτούμενων μέτρων και μέσων που πρέπει να επιστρατευτούν προκειμένου να εντοπιστούν, να περιοριστούν και να ελεγχθούν οι επιπτώσεις των ατυχημάτων σε ανθρώπους περιουσίες και περιβάλλον και αφετέρου στον συντονισμό και την υποστήριξη όλων των εμπλεκόμενων φορέων, ώστε να μπορέσουν να συνδράμουν αποτελεσματικά στην καταστολή του συμβάντος. Σύμφωνα με τον Frank P. Lees [1], «Σχεδιασμός Έκτα-

κτης Ανάγκης είναι το σύνολο των προσχεδιασμένων ενεργειών και διαδικασιών για τη διαχείριση του ατυχήματος που αποσκοπούν τόσο στην πρόληψη της κλιμάκωσης του αρχικού συμβάντος, όσο και στην ελαχιστοποίηση της έκθεσης των ανθρώπων σε κίνδυνο».

Είναι φανερό ότι ο παραπάνω ορισμός σηματοδοτεί ένα διαχωρισμό αναφορικά με τις προβλεπόμενες ενέργειες έκτακτης ανάγκης, με κριτήριο τα όρια της εγκατάστασης όπου λαμβάνει χώρα το ατύχημα. Οι ενέργειες που περιορίζονται εντός του μεταφορικού μέσου και σε μικρή απόσταση από αυτό (on site) αφορούν τη λήψη μέτρων για την καταπολέμηση του εναρκτήριου γεγονότος του ατυχήματος και την πρόληψη της εξάπλωσής του. Τέτοια μέτρα είναι η ενεργοποίηση των συστημάτων ασφαλείας, η ψυξή των πηγών θερμότητας όπως για παράδειγμα οι εστίες της φωτιάς κ.λπ. Από την άλλη πλευρά, οι ενέργειες που επεκτείνονται και εκτός των ορίων του μεταφορικού μέσου (off site) αφορούν στην καθοδήγηση του πληθυσμού και τη λήψη προστατευτικών μέτρων ώστε να περιοριστεί η έκθεσή του στον κίνδυνο (επικίνδυνη χημική ουσία, πιθανότητα έκρηξης κ.α.).

4.2. Μεταφορά επικίνδυνων φορτίων – Αντιμετώπιση των επιπτώσεων στην υγεία των εκτεθειμένων από διαρροή, έκρηξη, φωτιά

Η έκθεση που σχετίζεται με τη μεταφορά των επικίνδυνων υλικών HAZMAT (Hazardous Materials Transport) θέτει ένα σοβαρό πρόβλημα αντιμετώπισης και προστασίας της ατομικής και δημόσιας υγείας –από διαρροή, έκρηξη, πυρκαγιά– κατά την μεταφορά τους, ιδιαίτερα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Η παρουσίαση του υφιστάμενου θεσμικού πλαισίου για το συγκεκριμένο θέμα δεν είναι στις επιδιώξεις του παρόντος και καλύπτεται σε ξεχωριστό κεφάλαιο. Οι υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης και πρώτων βοηθειών (ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική, Τροχαία κ.λπ.) έχουν την αρμοδιότητα-υποχρέωση να αναπτύξουν και εφαρμόσουν, σε εθνικό και τοπικό-νομαρχιακό επίπεδο, ένα κατανοητό και ολοκληρωμένο-ευέλικτο για όλους τους κινδύνους - Σχέδιο Αντιμετώπισης Μεγάλου Ατυχήματος (ΣΑΜΑ) που είναι δυνατό να προκύψει κατά τη μεταφορά επικίνδυνων υλικών.

Το ΣΑΜΑ θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνει, αναπτύσσει και διαχειρίζεται προληπτικά μέτρα για την αποτροπή ατυχημάτων κατά τη μεταφορά HAZMAT και ειδικότερα να μεριμνά για την ανάπτυξη και καλή λειτουργία ενός αλγόριθμου ενεργειών που θα στοχεύουν στην ασφαλή παρέμβαση και προστασία των εκτεθειμένων ατόμων-πληθυσμών σε περίπτωση ατυχήματος. Διαμορφώνοντας έτσι μια σύγχρονη πολιτική και πρακτική εφαρμογή (κατευθυντήριες οδηγίες) για ολοκληρωμένα σχέδια επικινδυνίας, αξιολόγησης, εκπαίδευσης και εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένων και των ενδεδειγμένων κάθε φορά Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ). Λαμβάνοντας ταυτόχρονα μέριμνα για οργανωτικές πλευρές της ασφαλούς διαχείρισης και προστασίας του συνόλου των εμπλεκομένων στο σύστημα έκτακτης ανάγκης και πρώτων βοηθειών τόσο στον τόπο του ατυχήματος όσο και κατά τη διάρκεια της μεταφοράς-διακομιδής των ατόμων που υπέστησαν επικίνδυνη έκθεση, συμπεριλαμβανομένης και της φάσης υποδοχής τους σε Νοσοκομειακές υποδομές. Η δόμηση μιας τέτοιας διαδικασίας απαιτεί την διαμόρφωση και υιοθέτηση συγκεκριμένου πρωτοκόλλου ενεργειών που κατα ελάχιστο θα πρέπει να διασφαλίζουν τις εξής προϋποθέσεις:

- 1ο ΒΗΜΑ** Αναγνώριση και γνωστοποίηση της ύπαρξης επικίνδυνης έκθεσης κατά τη μεταφορά HAZMAT
- 2ο ΒΗΜΑ** Ταυτοποίηση (εφόσον είναι δυνατό) της επικίνδυνης ουσίας-υλικού προκειμένου να προσδιοριστεί έστω κατά προσέγγιση το επίπεδο της υφιστάμενης τοξικότητας και ο κίνδυνος δευτερογενούς έκθεσης
- 3ο ΒΗΜΑ** Οριοθέτηση του πεδίου με στόχο την:
- Απομόνωση και τον περιορισμό της ρύπανσης-έκθεσης
 - Κατάλληλη απορρύπανση και αντιμετώπιση των άμεσα εκτεθέντων ατόμων με ταυτόχρονη μέριμνα για προστασία της ομάδας έκτακτης ανάγκης και πρώτων βοηθειών
 - Αποκατάσταση -το ταχύτερο δυνατό- της κανονικής ροής στην περιοχή.

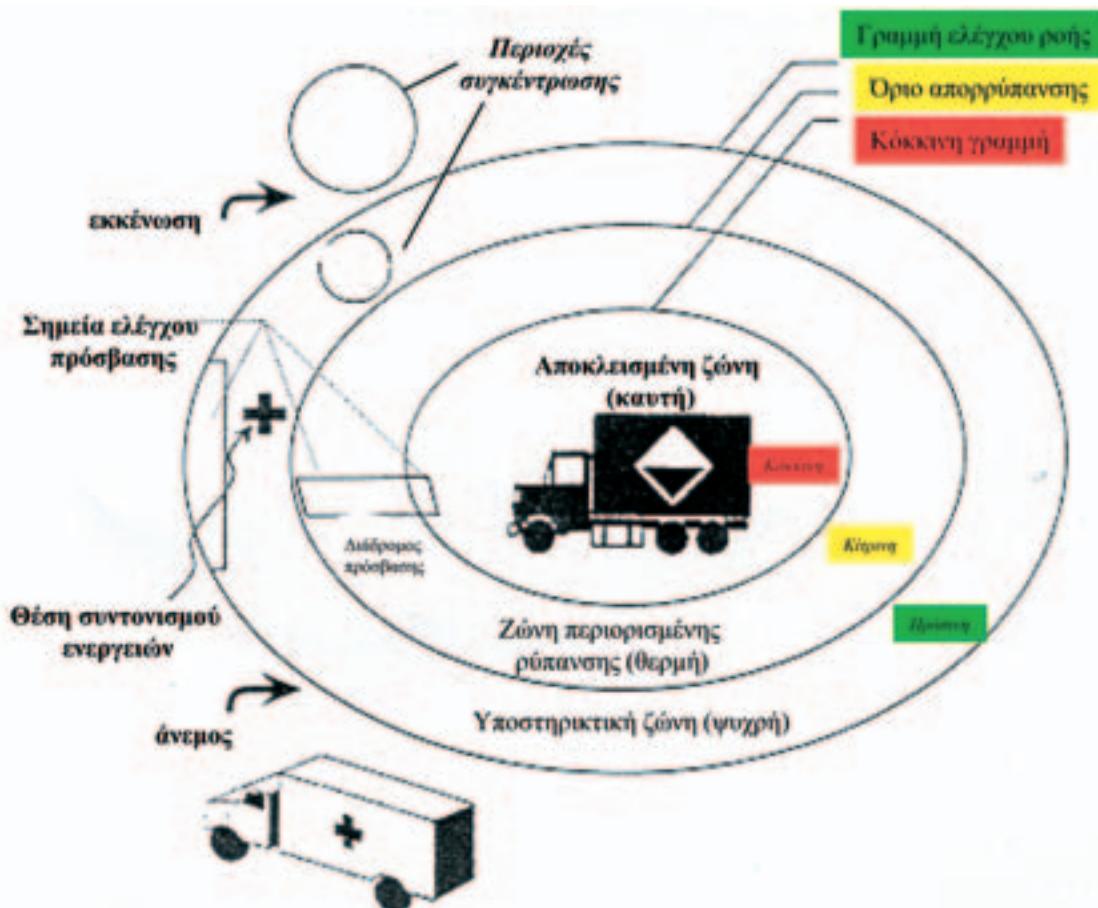
Σύμφωνα και με τις υφιστάμενες διεθνείς πρακτικές -όπως προκύπτει από την σχετική βιβλιογραφία- το πρότυπο-μοντέλο μιας τέτοιας διαδικασίας περιλαμβάνει:

Α. Την οριοθέτηση τριών ζωνών (ομόκεντροι κύκλοι) ελέγχου του συμβάντος (διαρροή, έκρηξη, πυρκαϊά) αλιμακούμενων με βάση την υφιστάμενη επικινδυνότητα σε :

I. Καυτή/κόκκινη/αποκλεισμένη ή αυστηρά ελεγχόμενη ζώνη

II. Θερμή/κίτρινη/ελεγχόμενη περιοχή απορρύπανσης

III. Ψυχρή/πράσινη/περιοχή υποστήριξης



Πηγή: NIOSH OSHA (τροποποιημένο)

Β. Την εξασφάλιση ελεύθερου διαδρόμου εισόδου και εξόδου στις συγκεκριμένες περιοχές διασφαλίζοντας έτσι τη δυνατότητα να καταστούν προσπελάσιμες από το προσωπικό έκτακτης ανάγκης και πρώτων βοηθειών.

Γ. Τη διασφάλιση ενός αλγόριθμου ενεργειών που θα καλύπτουν βηματικά τις ανάγκες που παρατίθενται στη συνέχεια:

A. ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ

Αυτή περιλαμβάνει :

1. την προστασία των εμπλεκομένων (εκτεθειμένα άτομα και το προσωπικό των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης και πρώτων βοηθειών)
2. τη γνωστοποίηση του συμβάντος στο κατάλληλο προσωπικό του Νοσοκομείου στη περιοχή για την ενεργοποίηση των κατάλληλων μέτρων
3. την ελαχιστοποίηση των κινδύνων έκθεσης του προσωπικού των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης με τη χρήση κατάλληλων ΜΑΠ
4. τη γνωστοποίηση του συμβάντος στις αρμόδιες τοπικές αρχές (Υγειονομικές και Διοικητικές) για την ενεργοποίηση σειράς μέτρων και ενεργειών συμπεριλαμβανομένης και της ενημέρωσης του κοινού
5. τον προσδιορισμό μετά από εκτίμηση των αναγκών εκκένωσης της περιοχής
6. τον προσδιορισμό εναλλακτικών προορισμών των πληθυσμών ή και ατόμων που θα πρέπει να απομακρυνθούν από την περιοχή
7. τη διατήρηση διόδου – διαδρόμου επικοινωνίας ανάμεσα στις διάφορες ζώνες της περιοχής του συμβάντος και τις υπόλοιπες υποδομές και υπηρεσίες.

B. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

1. Παρεμβάσεις – ενέργειες διάσωσης.
2. Προσδιορισμός της τοξικότητας για τη χορήγηση της κατάλληλης θεραπείας συμπεριλαμβανομένων και των διαδικασιών απορρύπανσης ή αποστείρωσης.
3. Προστασίας του προσωπικού των εμπλεκομένων υπηρεσιών στις προαναφερόμενες διαδικασίες συμπεριλαμβανομένων των κατάλληλων ΜΑΠ.
4. Διαδικασία απορρύπανσης ή αποστείρωσης των ατόμων που έχουν εκτεθεί σε επικίνδυνες – τοξικές εκπομπές.
5. Υποστηρικτική φροντίδα (π.χ. χορήγηση οξυγόνου εφαε όσον είναι απαραίτητο).
6. Συμπληρωματική θεραπεία και αντιμετώπιση με τη χορήγηση κατάλληλων αντιδότων εφ' όσον υπάρχουν.
7. Απορρύπανση ή/και αποστείρωση του προσωπικού των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης και πρώτων βοηθειών.
8. Ειδικά μέτρα σε περίπτωση έκθεσης μεγάλης έκτασης.

Γ. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΡΟΗΣ

1. Διευκόλυνση της απορρύπανσης ή/και αποστείρωση (π.χ. απαγωγή ρύπανσης, πλύσιμο εφαε ο- σον είναι επιτρεπτό κ.λπ.).
2. Δραστηριότητες μέτρησης της καταλειπόμενης ρύπανσης με ειδικό εξοπλισμό (συμπεριλαμβα- νομένου του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα).
3. Εξουσιοδοτημένη επαναπροσπέλαση της περιοχής.
4. Γνωστοποίηση από τις αρμόδιες αρχές της απελευθέρωσης της περιοχής στο κοινό.
5. Αξιολόγηση του συμβάντος, των ενεργειών του τρόπου αντιμετώπισης των αποτελεσμάτων, των επιπτώσεων και εξαγωγή συμπερασματικών επισημάνσεων.

4.3. Βασικά στάδια διαχείρισης ατυχημάτων

Οι σημαντικότερες φάσεις που αποτελούν τη βάση ενός σχεδίου έκτακτης ανάγκης είναι ο **συνα- γερμός (alarm)**, η **αντιμετώπιση (response)** και η **αποκατάσταση (restoration)**.

Συναγερμός

Το στάδιο του συναγερμού περιλαμβάνει την ανίχνευση πιθανού ατυχήματος, τη συλλογή και επε- ξεργασία των απαραίτητων αρχικών στοιχείων και στη συνέχεια τις διαδικασίες ειδοποίησης των αρ- μοδίων αρχών ανάλογα με τη σοβαρότητα του ατυχήματος. Αφετηρία των ενεργειών αποτελεί σε ε- πίπεδο μεταφορικού μέσου ο εντοπισμός ενός ασυνήθιστου γεγονότος που θα μπορούσε να οδηγήσει σε μεγάλο ατύχημα (π.χ. διαρροή εύφλεκτης ή τοξικής ουσίας, εστία φωτιάς κ.λπ.) και η αξιολόγηση των πρώτων δεδομένων. Ο εντοπισμός μπορεί να γίνει είτε με αυτόματα συστήματα ανίχνευσης με ο- πτικοακουστική ειδοποίηση, ή από το ίδιο το πλήρωμα, το προσωπικό, τον οδηγό ή κάποιον ελεγκτή. Τα αρχικά δεδομένα έχουν πολύ μεγάλη σημασία για τις περαιτέρω ενέργειες και το επίπεδο κινη- τοποίησης των αρμοδίων αρχών, για τους κινδύνους που διατρέχουν οι εργαζόμενοι, ή ο πληθυσμός της γύρω περιοχής.

Τα στοιχεία αυτά αφορούν:

α) το είδος και τη φύση του περιστατικού, αν δηλαδή πρόκειται για φωτιά, έκρηξη, διαρροή επι- κίνδυνης ουσίας, ή συνδυασμό αυτών

β) τη σοβαρότητά του, η οποία ενισχύεται από την ύπαρξη θυμάτων ή τραυματιών, την πιθανότη- τα επέκτασης των επιπτώσεων σε γειτονικά οχήματα ή εγκαταστάσεις, καθώς και από τον αυξημένο κίνδυνο που διατρέχουν οι ομάδες διάσωσης.

Η σημασία των πρώτων δεδομένων όσον αφορά το επίπεδο κινητοποίησης για την αντιμετώπιση ενός συμβάντος αναδεικνύει την ανάγκη ύπαρξης ποσοτικής εκτίμησης επικινδυνότητας σε κάθε πε- ριπτωση διενέργειας μεταφοράς ειδικών φορτίων. Αμέσως μετά την ανίχνευση, ανάλογα με τη σο- βαρότητα της κατάστασης, το πλήρωμα του μεταφορικού μέσου υποχρεούται να αποστείλει σήμα συ- ναγερμού και να ειδοποιήσει όλες τις αρμόδιες αρχές επέμβασης (Πυροσβεστική, ΕΚΑΒ, Αστυνομία, Λιμενικό Σώμα κ.λπ). Για το λόγο αυτό, θεμελιώδους σημασίας είναι η αξιόπιστη και ανεμπόδιστη τη- λεπικοινωνιακή σύνδεση του μεταφορικού μέσου με τις διάφορες υπηρεσίες καταστολής. Στην Ελλά-

δα, σχετικά πρόσφατα ολοκληρώθηκε το Εθνικό Επιχειρησιακό Κέντρο στη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, το οποίο μέσω ενός σύγχρονου και εκτεταμένου τηλεπικοινωνιακού δικτύου έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί με όλες τις Νομαρχίες και τις Περιφέρειες της χώρας, αλλά και με τα υπάρχοντα κέντρα των αρχών επέμβασης, έτσι ώστε να συντονίζει τις δράσεις σε περιπτώσεις έκτακτων καταστάσεων (Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης, σεισμοί, πλημμύρες, πυρκαγιές κ.λπ.).

Αντιμετώπιση

Η αντιμετώπιση αποτελεί την κύρια φάση της διαχείρισης ενός ατυχήματος. Περιλαμβάνει ποικιλία δράσεων που στοχεύουν στην καταστολή και την πολιτική προστασία. Προϋποθέτει συντονισμό των δράσεων και των φορέων που εμπλέκονται προκειμένου να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα στον ελάχιστο δυνατό χρόνο. Αυτό αφορά και στη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο (κατά τη διάρκεια του ατυχήματος), αλλά και στην υλοποίηση ενεργειών που έχουν προκαθοριστεί και είναι ανεξάρτητες από το ατύχημα. Οι επιμέρους ενέργειες και διαδικασίες που απαρτίζουν το στάδιο της αντιμετώπισης ενός ατυχήματος μεγάλης έκτασης αφορούν:

A) Ζητήματα οργάνωσης.

Οι οργανωτικές ρυθμίσεις θα πρέπει να είναι αυστηρά καθορισμένες και σύμφωνες με το θεσμικό πλαίσιο της χώρας που αναφέρεται στη διαχείριση κάθε είδους κρίσεων και καταστροφών όπου συγκαταλέγονται και τα ατυχήματα κατά τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων.

Οι ρυθμίσεις αυτές σχετίζονται με:

- Την αναγνώριση όλων των τοπικών, περιφερειακών, εθνικών αλλά και ιδιωτικών φορέων ή οργάνων που θα έχουν συμμετοχή στη διαχείριση ενός ατυχήματος μεγάλης έκτασης και το λεπτομερή προσδιορισμό των αρμοδιοτήτων του καθενός, πριν και κατά τη διάρκεια του ατυχήματος.
- Το σύστημα διαχείρισης Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης, δηλαδή το συνδυασμό των όρλων και των μέσων σε μία κοινή οργανωτική δομή με καθορισμένες διαδικασίες και τρόπους επικοινωνίας με στόχο το συντονισμό και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των διαθέσιμων μέσων για την αποτελεσματική αντιμετώπιση του ατυχήματος.
- Τα κριτήρια της ειδοποίησης των αρμοδίων φορέων ανάλογα με τη σοβαρότητα του περιστατικού. Στο ίδιο πλαίσιο προσδιορίζονται και τα μέσα υποστήριξης και ειδοποίησης, δηλαδή τα υπεύθυνα πρόσωπα και υπηρεσίες σε κάθε βαθμίδα. Τέλος θα πρέπει να καθορίζεται πότε είναι απαραίτητη η ενημέρωση του κοινού ή η εκκένωση του πληθυσμού για προληπτικούς λόγους.

B) Συλλογή δεδομένων.

Η συλλογή δεδομένων είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται πριν την εκδήλωση του ατυχήματος και βασίζεται σε ένα αριθμό πιθανών σεναρίων διαφόρων περιστατικών.

Η συγκέντρωση και αξιοποίηση στοιχείων ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των ατυχημάτων περιλαμβάνει τις ακόλουθες ενέργειες:

- Εκτίμηση της Επικινδυνότητας. Για μία ολοκληρωμένη ανάλυση επικινδυνότητας σημαίνοντα όρλο διαδραματίζει η Γραπτή Εκτίμηση Επαγγελματικού Κινδύνου που προβλέπεται από το Π.Δ. 17/96. Η ανάλυση της επικινδυνότητας είναι απαραίτητη προκειμένου να εκτιμηθεί η πιθανότητα ενός σεναρίου ατυχήματος και το μέγεθος των συνεπειών που αυτό θα έχει σε επίπεδο μεταφορικού μέσου, πληρώματος και γειτονικών εγκαταστάσεων στην ευρύτερη περιοχή (περιβαλλοντικές επιπτώσεις, κάτοικοι κ.λπ.). Κατά γενική ομολογία, τα ατυχήματα στις μεταφορές

είναι δυναμικά φαινόμενα και υπόκεινται σε ποικιλία επιδράσεων και δεν είναι πάντοτε εφικτή η ύπαρξη πλήρως προκαθορισμένων σεναρίων για κάθε περίπτωση. Ωστόσο, η σημασία της πρόβλεψης όσο το δυνατό περισσότερων πιθανών σεναρίων περιστατικών είναι μεγάλη.

- Δημιουργία Βάσεων Δεδομένων. Η κατάρτιση βάσεων δεδομένων σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές μπορεί να συνδράμει καταλυτικά στην αντιμετώπιση των ατυχημάτων. Με τη βοήθεια ειδικών λογισμικών είναι δυνατή η εύκολη πρόσβαση, η αναζήτηση, η αποθήκευση και η συσχέτιση διαφόρων στοιχείων μεταξύ τους, και συνεπώς εφικτή η διαχείριση ενός μεγάλου όγκου πληροφοριών που απαιτούνται άμεσα και αξιόπιστα. Τέτοιες βάσεις δεδομένων μπορεί να περιέχουν στατιστικά και ιστορικά στοιχεία αναφορικά με τις μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής του ατυχήματος, πληροφορίες που αφορούν τις ποσότητες, τις ιδιότητες, τους κινδύνους που ενέχουν οι μεταφερόμενες επικίνδυνες ουσίες και τα κατάλληλα μέτρα προστασίας που πρέπει να λαμβάνονται κατά περίπτωση.
- Σύνταξη καταλόγων με μέσα έκτακτης ανάγκης. Ο όρος «Μέσα έκτακτης ανάγκης» είναι γενικός και περιλαμβάνει τα σχέδια έκτακτης ανάγκης, τις διαδικασίες που σχετίζονται με τα οργανωτικά θέματα, το ανθρώπινο δυναμικό, τον εξοπλισμό καταστολής και τα μέσα ατομικής προστασίας του προσωπικού, τον εξοπλισμό μετρήσεων και παρακολούθησης της έκθεσης εντός και εκτός των ορίων της περιοχής του ατυχήματος, καθώς και τον τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό.
- Κατάρτιση καταλόγων ειδικών εμπειρογνωμόνων. Οι κατάλογοι αυτοί θα περιέχουν πληροφορίες σχετικά με φορείς, Ινστιτούτα ή εμπειρογνώμονες που έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν τεχνική υποστήριξη και εξειδικευμένη γνώση σε ζητήματα που αφορούν τη διαχείριση ατυχημάτων μεγάλης έκτασης. Οι φορείς αυτοί μπορεί να είναι ερευνητικά ίνστιτούτα, πανεπιστήμια, χημικές βιομηχανίες ή ειδικοί επιστήμονες. Οι εμπειρογνώμονες αυτοί είναι δυνατό να κληθούν στο Επιχειρησιακό Κέντρο κατά τη διάρκεια ενός ατυχήματος, ή να προσφέρουν τη βοήθεια από απόσταση στηριζόμενοι στην εμπειρία και την εξειδικευμένη γνώση που διαθέτουν.

Γ) Διαχείριση ατυχήματος σε πραγματικό χρόνο.

Μια πολύ σημαντική λειτουργία της αντιμετώπισης ενός ατυχήματος μεγάλης έκτασης αποτελεί η διαχείριση του περιστατικού σε πραγματικό χρόνο, με σόχο την εξασφάλιση της βέλτιστης ταχύτητας απόκρισης και την επίτευξη απόδοσοπτης επικοινωνίας όλων των εμπλεκόμενων με το συμβάν φορέων.

Οι βασικότερες συνιστώσες της ολοκληρωμένης και μεθοδευμένης διαχείρισης ενός ατυχήματος είναι:

α) Η παρακολούθηση της εξέλιξης του ατυχήματος.

Η συνεχής επιτήρηση των συνθηκών και της εξέλιξης ενός συμβάντος, αποσκοπεί στη συλλογή δεδομένων πραγματικού χρόνου όπως η αξιολόγηση των κινδύνων που ελλοχεύουν και η επιλογή του κατάλληλου για την περίπτωση σχεδίου δράσης.

β) Η παρακολούθηση των μετεωρολογικών συνθηκών.

Η εξαγωγή αποτελεσμάτων από τα διάφορα υπολογιστικά μοντέλα εκτίμησης επιπτώσεων απαιτεί τη γνώση της διεύθυνσης και της ταχύτητας του ανέμου, καθώς και του βαθμού ευστάθειας της ατμόσφαιρας. Σε περίπτωση ατυχήματος και προκειμένου να διασφαλιστεί η προστασία του γενικού πληθυσμού, θα πρέπει να είναι διαθέσιμες πληροφορίες για τα παραπάνω μεγέθη σε πραγματικό χρόνο.

γ) Η παρακολούθηση των κυκλοφοριακών συνθηκών.

Η παρακολούθηση των κυκλοφοριακών συνθηκών κρίνεται απαραίτητη στα πλαίσια της επι-

λογής των καταλληλότερων οδών προσέγγισης των μονάδων επέμβασης στον τόπο του ατυχήματος. Η γνώση του κυκλοφοριακού φορτίου είναι καθοριστικής σημασίας παραγόντας και στην περίπτωση που οι αρχές αποφασίσουν την εκκένωση του πληθυσμού. Η επιτήρηση της κατάστασης των δρόμων σε πραγματικό χρόνο θεωρείται αναγκαία για τη συλλογή πληροφοριών που σχετίζονται με την υπάρχουσα κίνηση, τυχόν έργα οδοποιίας σε εξέλιξη, ή οποιασδήποτε φύσης εμπόδιο μπορεί να προκύψει.

δ) Η Επικοινωνία.

Θεμελιώδη ρόλο κατέχει η αξιόπιστη και ποιοτική τηλεπικοινωνιακή σύνδεση μεταξύ του Επιχειρησιακού Κέντρου και του επικεφαλής στον τόπο του ατυχήματος, καθώς και η επικοινωνία μεταξύ των ομάδων επέμβασης. Η τηλεπικοινωνιακή σύνδεση για την αμφίδρομη διαβίβαση των δεδομένων πραγματικού χρόνου και η διαθεσιμότητα εφεδρικών συστημάτων επικοινωνίας, αποτελούν απαραίτητα χαρακτηριστικά ενός αποτελεσματικού σχεδιασμού.

Δ) Ενημέρωση του πληθυσμού.

Η έγκαιρη ειδοποίηση του κοινού και η καθοδήγησή του σε περίπτωση ατυχήματος μεγάλης έκτασης έχει άμεσο αντίκτυπο στη σοβαρότητα των επιπτώσεων του περιστατικού. Τα τελευταία χρόνια η ενημέρωση του γενικού πληθυσμού έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνητικών δραστηριοτήτων στα πλαίσια της οδηγίας Seveso και των αρμόδιων Γενικών Διευθύνσεων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Ορισμένα από τα βασικότερα ζητήματα που χρειάζεται να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό της ενημέρωσης του κοινού είναι:

- α) η οργάνωση και η τεχνολογική υποδομή για τη διάδοση των ζωτικών πληροφοριών
- β) ο ρόλος των Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης
- γ) η επιλογή των κατάλληλων εγκαταστάσεων για την ασφαλή προσωρινή φιλοξενία του απειλούμενου πληθυσμού
- δ) το περιεχόμενο των μηνυμάτων που θα μεταδοθούν στο κοινό κατόπιν κατάλληλης επεξεργασίας ώστε να μην περιέχουν αντιφάσεις ή ανακρίβειες και να μην προκαλέσουν πανικό και
- ε) η ανάλυση των πιθανών αντιδράσεων του πληθυσμού σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

Τα μέσα για την ειδοποίηση του πληθυσμού μπορεί κατά περίπτωση να είναι οι σειρήνες, τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης, μεγάφωνα τοποθετημένα σε σταθερά σημεία, ή μεγάφωνα κινητά, τοποθετημένα σε αυτοκίνητα και ελικόπτερα.

E) Μετάβαση στον τόπο του ατυχήματος.

Η άμεση κινητοποίηση των δυνάμεων καταστολής και η έγκαιρη μετάβασή τους στον τόπο του συμβάντος αποτελεί προϋπόθεση για την επιτυχή έκβαση της επέμβασης. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός της διαθεσιμότητας σε πραγματικό χρόνο των απαιτούμενων μέσων ανάλογα με το είδος, τη θέση, τη σοβαρότητα και την πιθανή εξέλιξη ενός ατυχήματος. Η διαθεσιμότητα αυτή είναι δυνατό για διάφορους λόγους να μεταβληθεί, με αποτέλεσμα τα μέσα που έχουν καταγραφεί εκ των προτέρων ως διαθέσιμα να μη βρίσκονται σε ετοιμότητα.

ΣΤ) Διαδικασίες αντιμετώπισης.

Η διαχείριση των επιχειρήσεων αντιμετώπισης έχει πρωταρχική σημασία για την ελαχιστοποίηση

των συνεπειών ενός ατυχήματος, την προστασία των πληρωμάτων και του γενικού πληθυσμού, καθώς και του προσωπικού των δυνάμεων επέμβασης. Οι προβλεπόμενες διαδικασίες που εφαρμόζονται στα πλαίσια ενός ολοκληρωμένου σχεδίου έκτακτης ανάγκης είναι:

α) Η αξιολόγηση του συμβάντος.

Η διαδικασία αυτή έχει την αφετηρία της στη φάση του συναγερμού όπως περιγράφηκε σε προηγούμενη παράγραφο και συνεχίζεται έως ότου εκλείψει ο κίνδυνος, ή τα επίπεδα έκθεσης μειωθούν στα επιτρεπόμενα όρια. Η αξιολόγηση αποσκοπεί στην αναγνώριση της φύσης, της ποσότητας και της κατάστασης του επικίνδυνου φορτίου, στον προσδιορισμό του είδους της απειλής για τον άνθρωπο, τις περιουσίες και το περιβάλλον, καθώς και στην εκτίμηση της έκτασης, της διάρκειας και της διασποράς της διαρροής των χημικών ουσιών. Απαραίτητη προϋπόθεση για την ορθότητα των εκτιμήσεων αυτών είναι ο καθορισμός ορίων επικινδυνότητας και ασφάλειας για κάθε πιθανό κίνδυνο ξεχωριστά.

β) Έλεγχος της περιοχής του συμβάντος.

Ο έλεγχος της περιοχής των επιχειρήσεων αποτελεί μία τακτική που εφαρμόζεται τόσο για τη διευκόλυνση των κινήσεων των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, όσο και για την προστασία του μόνιμου πληθυσμού και των διερχομένων. Διαχειριστικά ή περιοχή χωρίζεται σε δύο ζώνες (ή περισσότερες ανάλογα με το μοντέλο που εφαρμόζεται):

(1) Επικίνδυνη ζώνη ή ζώνη άμεσης επέμβασης

Η ανάληψη του ελέγχου της επικίνδυνης ζώνης χαρακτηρίζεται ως ενέργεια υψίστης προτεραιότητας για τις αρμόδιες αρχές. Η περιοχή των επιχειρήσεων σε μια ακτίνα γύρω από το σημείο του ατυχήματος εκκενώνεται και δεν επιτρέπεται η είσοδος σε κανέναν, εκτός από τα μέλη των ομάδων επέμβασης, τα οποία είναι εφοδιασμένα με τον κατάλληλο προστατευτικό εξοπλισμό. Η ζώνη αυτή θεωρείται υψηλού κινδύνου και η δράση των ομάδων επέμβασης μέσα στα όριά της εξαρτάται από το είδος του κινδύνου και τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν.

(2) Δευτερεύουσα ζώνη ή ζώνη προστατευτικών δράσεων.

Η ζώνη αυτή εκτείνεται πέρα από τη ζώνη αποκλεισμού και μέχρι τα όρια της ασφαλούς περιοχής. Κατά κανόνα, η ελάχιστη ακτίνα των προστατευτικών ζωνών έχει προεκτιμηθεί για διάφορα σενάρια περιστατικών. Στη συνέχεια όμως και κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του συμβάντος, οι ακτίνες των ζωνών ελέγχου αυξάνονται ή μειώνονται ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες, κατόπιν απόφασης του έμπειρου επικεφαλής των επιχειρήσεων.

γ) Έλεγχος της έκθεσης των μονάδων επέμβασης.

Ο περιορισμός της έκθεσης του προσωπικού των ομάδων έκτακτης ανάγκης υλοποιείται αφενός με την αυστηρή τήρηση αποστάσεων ασφαλείας από τις επικίνδυνες περιοχές και αφενέρου με τη χρησιμοποίηση ειδικού προστατευτικού εξοπλισμού. Η επιλογή των μέσων ατομικής προστασίας απαιτεί ιδιαίτερη μέριμνα, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή προστασία του προσωπικού από κάθε πιθανό κίνδυνο που σχετίζεται με το περιστατικό που καλείται να αντιμετωπίσει, χωρίς να περιορίζονται οι κινήσεις, η ορατότητα και η ικανότητα επικοινωνίας.

δ) Λήψη μέτρων προστασίας του πληθυσμού.

Ανάλογα με το είδος και την έκταση της απειλής, ένα πλήρες σχέδιο έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να προβλέπει τη λήψη μέτρων προστασίας του κοινού σε πραγματικό χρόνο. Αυτό προϋποθέτει την εκ των προτέρων αναγνώριση και ανάλυση όλων των διαθέσιμων προστατευτικών μέτρων και ενσωμάτωση των συμπερασμάτων στο σχέδιο αντιμετώπισης. Κατά περίπτω-

ση είναι δυνατό να υιοθετηθούν τα ακόλουθα μέτρα:

- 1) αναζήτηση καταφυγίου σε εσωτερικούς χώρους (εγκαταστάσεις, κατοικίες)
- 2) εκκένωση της επικίνδυνης ζώνης από κατοίκους και διερχόμενους προς ασφαλείς χώρους εκτός της πληγείσας ή απειλούμενης περιοχής
- 3) παροχή ιατρικής βοήθειας (μεταφορά τραυματιών σε νοσοκομεία, χημική απολύμανση, παροχή πρώτων βοηθειών))
- 4) απαγόρευση εισόδου στην επικίνδυνη ζώνη
- 5) υλοποίηση ειδικών μετρήσεων σε τροφές και πόσιμο νερό, ώστε να αποφευχθεί πιθανή τοξική μόλυνση. Στο ίδιο πλαίσιο εντάσσεται και ο έλεγχος του υδροδοτικού και του αποχετευτικού συστήματος.

ε) Παροχή Ιατρικής Υποστήριξης.

Αναφέρεται στις διαδικασίες που αποσκοπούν στην άμεση παροχή των απαραίτητων ιατρικών υπηρεσιών κατά τη διάρκεια ενός ατυχήματος. Η ετοιμότητα για παροχή πρώτων βοηθειών χρειάζεται τόσο στον τόπο του περιστατικού, όσο και στη ζώνη των προστατευτικών δράσεων.

στ) Επιλογή σχεδίου δράσης σε πραγματικό χρόνο.

Για την υλοποίηση της διαδικασίας αυτής απαιτούνται αφενός πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί εκ των προτέρων και αφετέρου στοιχεία της πραγματικής κατάστασης στην ευρύτερη περιοχή του ατυχήματος. Αξιοποιήσιμα δεδομένα προς την κατεύθυνση αυτή είναι οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή του ατυχήματος, οι κυκλοφοριακές συνθήκες, τα διαθέσιμα μέσα καταστολής, καθώς και ο τόπος και ο χρόνος που εκδηλώθηκε το περιστατικό. Κρίσιμη θεωρείται η εκτίμηση του κινδύνου σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες του συνοδεύουν είτε το σήμα συναγερμού, είτε συλλέγονται από τις πρώτες ομάδες επέμβασης.

Αποκατάσταση

Οι καταστροφικές συνέπειες ενός ατυχήματος μεγάλης έκτασης όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο δεν περιορίζονται μόνο στην υγεία του ανθρώπου. Το περιβάλλον μπορεί ανάλογα με το είδος του κινδύνου να υποστεί σοβαρές βλάβες ορισμένες από τις οποίες απαιτούν χρονοβόρες διαδικασίες αποκατάστασης. Μία ακόμα πτυχή των δυσμενών επιπτώσεων ενός ατυχήματος αφορά την κοινωνική και προσωπική ζωή των κατοίκων καθώς και την οικονομία της πληγείσας περιοχής. Όπως και σε κάθε περίπτωση φυσικών ή τεχνολογικών καταστροφών (BAME, σεισμοί, πλημμύρες κ.λπ.), τα μέτρα και τα έξοδα αποκατάστασης των πληγέντων και του περιβάλλοντος βαρύνουν τις αρμόδιες αρχές και την πολιτεία. Η διαχείριση των ατυχημάτων μεγάλης έκτασης μπορεί να τροφοδοτήσει τις αρμόδιες υπηρεσίες με πληροφορίες που αφορούν το είδος των βλαβών που χρήζουν αποκατάστασης και τις τεχνικές αντιμετώπισης που ενδείκνυται να εφαρμοστούν ιδιαίτερα όταν εκδηλώνεται διασπορά τοξικών ουσιών.

4.4. Εμπλοκή: ρόλοι, αρμοδιότητες και εξοπλισμός

Οι φορείς που αναλαμβάνουν την αντιμετώπιση ενός ατυχήματος εξαρτώνται από την έκτασή του, το είδος του μεταφορικού μέσου που εμπλέκεται και το επίπεδο της κινητοποίησης που απαιτείται σε κά-

θε περίπτωση. Κοινά χαρακτηριστικά των ατυχημάτων μεγάλης έκτασης είναι ότι συνήθως επηρεάζουν περιοχές μεγάλου εύρους, απαιτούν έγκαιρη επέμβαση των δυνάμεων αντιμετώπισης, οι οποίες καλούνται να εφαρμόσουν το σύνολο της γνώσης και της εμπειρίας τους στον ελάχιστο δυνατό χρόνο.

Συνοπτικά οι κύριες ενέργειες των φορέων που εμπλέκονται στην αντιμετώπιση ενός ατυχήματος μπορεί να είναι οι εξής:

- αναγνώριση της επικίνδυνης κατάστασης και αξιολόγηση του κινδύνου
- καθορισμός των ορίων της περιοχής που κρίνεται ότι διατρέχει κίνδυνο
- λήψη αποφάσεων για τα μέτρα αντιμετώπισης
- κήρυξη κατάστασης συναγερμού
- ενημέρωση, καθοδήγηση και εφόσον κριθεί απαραίτητο, εκκένωση της περιοχής
- παροχή πρώτων βοηθειών στους πληγέντες
- παρακολούθηση της εξέλιξης του ατυχήματος
- συντονισμός των επιμέρους φορέων και ενεργειών.

Η ύπαρξη μεγάλου αριθμού ανόμοιων σε πολλές περιπτώσεις φορέων, η πολυπλοκότητα των ενεργειών και ο μικρός χρόνος μέσα στον οποίο πρέπει να ληφθούν και να υλοποιηθούν αποφάσεις, καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για ύπαρξη συντονισμού των ενεργειών σε όλα τα επίπεδα και τον καθορισμό αρμοδιοτήτων.

Ένα αξιόπιστο και αποτελεσματικό **Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης** προϋποθέτει:

- α) καθορισμό του πεδίου δράσης, των αρμοδιοτήτων και της ευθύνης κάθε εμπλεκόμενου φορέα ή υπηρεσίας
- β) εγκατάσταση αξιόπιστου δικτύου επικοινωνιών
- γ) εγκατάσταση κατάλληλου συστήματος παρακολούθησης του ατυχήματος (σύστημα λήψης μετρήσεων π.χ. της συγκέντρωσης της επικίνδυνης ουσίας, σύστημα εκτίμησης των μετεωρολογικών συνθηκών κ.λπ.)
- δ) διασφάλιση ύπαρξης υποδομής και κατάλληλων μέσων για την υλοποίηση του σχεδίου
- ε) εγκαθίδρυση Επιχειρησιακού Κέντρου αντιμετώπισης της έκτακτης κατάστασης το οποίο θα συντονίζει τις επιμέρους επιχειρήσεις καταστολής του ατυχήματος
- στ) διασφάλιση της ύπαρξης αξιόπιστου και αποτελεσματικού συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης και ενημέρωσης του πληθυσμού, καθώς και λεπτομερή καθορισμό των διαδρομών εκκένωσης του πληθυσμού.

Τα περιστατικά έκτακτης ανάγκης και συνεπώς τα σχέδια αντιμετώπισης τέτοιων περιστατικών εμπεριέχουν την εμπλοκή ενός αριθμού εξωτερικών φορέων και υπηρεσιών. Στην πράξη, το είδος των δυνάμεων επέμβασης καθορίζεται από τη φύση και τον τόπο εκδήλωσης του ατυχήματος. Σε περιπτώσεις ατυχημάτων που αφορούν μεταφορές στην ξηρά (οδικές και σιδηροδρομικές), οι υπηρεσίες που επεμβαίνουν κατά κύριο λόγο είναι η Αστυνομία, η Πυροσβεστική και το ΕΚΑΒ. Επομένως, είναι σημαντικό να αποσαφηνιστεί ο ρόλος τους και ο τρόπος της συνδρομής τους στην καταστολή ενός συμβάντος.

Αστυνομία

Ο γενικός έλεγχος της διαχείρισης μιας έκτακτης κατάστασης αναλαμβάνεται συνήθως από την Αστυνομία. Ο ρόλος του επικεφαλής στον τόπο του ατυχήματος ανατίθεται συνήθως σε έναν ανώτερο αξιωματικό της Αστυνομίας, προκειμένου να συντονίσει το σύνολο των ενεργειών των δυνάμεων

επέμβασης. Τα θεσμοθετημένα καθήκοντα της Αστυνομίας περιλαμβάνουν την προστασία της ζωής και της περιουσίας, τον έλεγχο της οδικής κυκλοφορίας των οχημάτων και την αναγνώριση των θυμάτων. Είναι επιφορτισμένη από το νόμο να επεμβαίνει σε κάθε περιστατικό όπου ο γενικός πληθυσμός τίθεται σε κίνδυνο. Ορισμένες σημαντικές αρμοδιότητές της στα πλαίσια μιας κατάστασης έκτακτης ανάγκης αποτελούν η ασφάλεια των περαστικών και των ανθρώπων που παρατηρούν αμέτοχοι την εξέλιξη του συμβάντος, η διατήρηση της ελεύθερης πρόσβασης και διακίνησης της κυκλοφορίας των οχημάτων έκτακτης ανάγκης, η εκκένωση του πληθυσμού από τις απειλούμενες περιοχές, η αναγνώριση των θυμάτων και των τραυματιών, η ενημέρωση των συγγενών των θυμάτων καθώς και η διερεύνηση των αιτίων του ατυχήματος. Η Αστυνομία συντονίζει επίσης την επικοινωνία με τις ιατρικές υπηρεσίες όπως τα νοσοκομεία, τα κέντρα υγείας και το ΕΚΑΒ και προβαίνει σε ενημέρωση των Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης (ΜΜΕ).

Επιπλέον, η **αστυνομία οφείλει:**

- α) να ελέγξει αν έχουν ειδοποιηθεί η πυροσβεστική υπηρεσία και το ΕΚΑΒ
 - β) να συγκεντρώσει πληροφορίες για τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή του συμβάντος
 - γ) να κινητοποιήσει μονάδες της τροχαίας ώστε αφενός να διευκολύνουν την κίνηση των οχημάτων έκτακτης ανάγκης και αφετέρου να απομονώσουν την πρόσβαση τρίτων στην επικίνδυνη ζώνη
 - δ) να αποστείλει άμεσα περιπολικά στην περιοχή του περιστατικού
 - ε) να εγκαταστήσει Επιχειρησιακό Κέντρο λήψης και διαβίβασης εντολών και
 - στ) να ενημερώσει τις αρμόδιες τοπικές αρχές (Υπηρεσίες Νομαρχίας, Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας) ώστε να θέσουν σε εφαρμογή τα δικά τους σχέδια έκτακτης ανάγκης.
- Μια από τις δραστηριότητες που κατά κανόνα δεν ανήκει στα καθήκοντα της αστυνομίας είναι η διάσωση ατόμων στον τόπο του συμβάντος. Το έργο της διάσωσης είναι αρμοδιότητα κυρίως της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας και των Ειδικών Μονάδων Αντιμετώπισης Καταστροφών (ΕΜΑΚ).

Πυροσβεστική Υπηρεσία

Τα τυπικά καθήκοντα της πυροσβεστικής υπηρεσίας είναι, σύμφωνα με το νόμο, ο έλεγχος και η κατάσβεση των πυρκαγιών. Υπεύθυνος για το συντονισμό του έργου της καταστολής της φωτιάς είναι συνήθως ένας ανώτερος αξιωματικός της πυροσβεστικής. Οι αρμοδιότητες του επικεφαλής αξιωματικού δεν εξαντλούνται πάντοτε στο έργο της αντιμετώπισης μιας πυρκαγιάς. Ανάλογα με την ιδιαιτερότητα του συμβάντος, η Πυροσβεστική Υπηρεσία επιφορτίζεται με τη διαχείριση ατυχημάτων που αφορούν διαρροές τοξικών υλών ή και εκρήξεις. Στα καθήκοντα της Πυροσβεστικής συγκαταλέγεται και το έργο της διάσωσης ανθρώπων που βρίσκονται σε κίνδυνο. Στο έργο αυτό πολύτιμη αποδεικνύεται η συνδρομή των ανδρών των Μονάδων Αντιμετώπισης Καταστροφών (ΕΜΑΚ). Η Πυροσβεστική Υπηρεσία οφείλει να διατηρεί ικανό αριθμό δυνάμεων τόσο σε έμψυχο δυναμικό, όσο και σε μηχανοκίνητο εξοπλισμό, προκειμένου να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά οποιαδήποτε κρίση στα πλαίσια ενός ατυχήματος. Επιπλέον, η συμμετοχή των δυνάμεων της Πυροσβεστικής σε μικτά σχήματα και ομάδες επέμβασης όπου εντάσσονται μέλη των σωστικών συνεργείων και των άλλων εμπλεκόμενων υπηρεσιών, συμβάλλει στην αποδοτικότερη καταστολή του περιστατικού.

Η Αστυνομία και η Πυροσβεστική Υπηρεσία θα πρέπει να έχουν στη διάθεσή τους όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που στοιχειοθετούν το είδος και τα πιθανά σενάρια των διαφόρων ατυχημάτων στις μεταφορές, προκειμένου να προγραμματίσουν τις αντίστοιχες ενέργειες αντιμετώπισής τους, μέσα από την κατάρτιση σχεδίων δράσης.

Εθνικό Κέντρο Άμεσης Βοήθειας (EKAB)

Το έργο της παροχής πρώτων βοηθειών και της μεταφοράς των τραυματιών από τον τόπο του ατυχήματος στα εφημερεύοντα νοσοκομεία είναι αρμόδιότητα του EKAB. Οι δυνατότητες που παρουσιάζουν τα διάφορα νοσοκομεία όσον αφορά τον αριθμό των τραυματιών που μπορούν να περιθάλψουν ταυτόχρονα κυμαίνονται σε μεγάλο βαθμό. Τα εφημερεύοντα νοσοκομεία ενδείκνυται πολλές φορές να συγκροτούν ειδική ομάδα έκτακτης ανάγκης αποτελούμενη από γιατρούς, νοσηλευτικό προσωπικό και τραυματιοφορείς η οποία θα μεταβαίνει άμεσα με ασθενοφόρα στον τόπο του ατυχήματος, για να παράσχει τις πρώτες βοήθειες στους πληγέντες. Το EKAB οφείλει γενικά να είναι πλήρως ενημερωμένο για τα πιθανά σενάρια των ατυχημάτων στις μεταφορές και να διαθέτει ανάλογους μηχανισμούς ανταπόκρισης. Οι μηχανισμοί αυτοί θα πρέπει μέσα από κατάλληλα σχέδια δράσης να προβλέπουν τη διαθεσιμότητα ικανού αριθμού οχημάτων και ιατρικού προσωπικού, προκειμένου να υλοποιηθεί αποτελεσματικά το έργο τής επί τόπου περίθαλψης και της μεταφοράς των τραυματιών στο πλησιέστερο νοσοκομείο.

Άλλες υπηρεσίες επέμβασης

Ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης, είναι δυνατό να προβλέπει στα πλαίσια της αντιμετώπισης ενός ατυχήματος, τη συνδρομή και άλλων υπηρεσιών πέρα από την Αστυνομία, την Πυροσβεστική Υπηρεσία και το EKAB. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, η συμμετοχή των τριών υπηρεσιών στη διαχείριση μιας κρίσης αποδεικνύεται επαρκής. Ωστόσο υπάρχει το ενδεχόμενο, η φύση και ο τόπος του ατυχήματος να επιβάλλουν την εμπλοκή και άλλων υπηρεσιών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα σιδηροδρομικά ατυχήματα, και τα ατυχήματα σε φορτηγά πλοία ή δεξαμενόπλοια, είτε αυτά βρίσκονται σε τερματικές εγκαταστάσεις (λιμάνια), είτε στην ανοικτή θάλασσα. Στην πρώτη περίπτωση, είναι πιθανό να απαιτηθεί η συνδρομή ειδικών γερανοφόρων οχημάτων και συνεργείων του ΟΣΕ ώστε να αποκατασταθεί η λειτουργία των σιδηροδρομικών γραμμών και να απομακρυνθούν τυχόν εκτροχιασμένα βαγόνια. Επίσης, είναι πιθανό λόγω της περιορισμένης οδικής πρόσβασης και γενικά του δύσβατου της περιοχής του περιστατικού, να κριθεί επιτακτική σε ενδεχόμενη πυρκαγιά η κατάσβεση από αέρος με τη χοήση πυροσβεστικών ελικοπτέρων ή αεροπλάνων.

Στις θαλάσσιες μεταφορές, οι εμπλεκόμενοι φορείς σε περίπτωση ατυχήματος αφορούν τόσο το πλήρωμα του φορτηγού πλοίου, όσο και εξωτερικές υπηρεσίες. Η ιδιαιτερότητα του ατυχήματος στην ανοικτή θάλασσα έγκειται στο γεγονός ότι τα μέλη του πληρώματος επιφορτίζονται με ένα μεγάλο μέρος των δράσεων αντιμετώπισης του συμβάντος. Ο πλοίαρχος και οι λοιποί αξιωματικοί οφείλουν να είναι γνώστες των ενεργειών επείγουσας ανάγκης σε περίπτωση πυρκαγιάς, έκρηξης ή διαρροής του επικίνδυνου φορτίου. Το εσωτερικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης του εμπορικού πλοίου θα πρέπει να προβλέπει την ύπαρξη κέντρου διοίκησης και την εμπλοκή κατά περίπτωση:

- α) αγήματος αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης
- β) εφεδρικού αγήματος ανάγκης και
- γ) ομάδας μηχανοστασίου.

Εκτός από τις εσωτερικές ομάδες επέμβασης που επανδρώνει το πλήρωμα σε περίπτωση ατυχήματος, είναι δυνατό να κριθεί απαραίτητη και η συνδρομή ενός αριθμού εξωτερικών υπηρεσιών προκειμένου να αντιμετωπιστεί το περιστατικό. Οι αρμόδιες αρχές και υπηρεσίες που κατά κανόνα καλούνται να επέμβουν είναι:

- α) το Λιμενικό Σώμα
- β) η Πυροσβεστική Υπηρεσία

- γ) η Αστυνομία
- δ) ειδικοί πλοηγοί
- ε) ρυμουλκά σκάφη και μηχανοκίνητες βάρκες (λάντζες)
- στ) το Κέντρο Άμεσης Βοήθειας (EKAB) και
- ζ) το Κέντρο Ελέγχου Κίνησης Πλοίων (αν υπάρχει).

Ο φορέας που αναλαμβάνει το συντονισμό των δυνάμεων επέμβασης στην ανοικτή θάλασσα είναι ο Θάλαμος Επιχειρήσεων του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας.

Είναι πολλές φορές δυνατό, ο ίδιος ο κατασκευαστής μιας επικίνδυνης χημικής ουσίας να προχωρήσει στη συγκρότηση μίας ομάδας επέμβασης, αποτελούμενης από άτομα εξειδικευμένα στη διαχείριση του συγκεκριμένου επικίνδυνου υλικού, ώστε να είναι διαθέσιμη σε περιπτώσεις ατυχημάτων κατά τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων. Η συνδρομή των ομάδων αυτών στην κατεύθυνση της καταστολής ενός συμβάντος κρίνεται καθοριστική, δεδομένης της εμπειρίας και τεχνογνωσίας που διαθέτουν όσον αφορά τόσο την αντιμετώπιση διαφόρων εκτάκτων καταστάσεων όπως διαρροές, φωτιές κ.α., όσο και τις μετέπειτα απαραίτητες ενέργειες προκειμένου να καθαριστεί και να αποκατασταθεί η περιοχή του περιστατικού. Ο κατασκευαστής του επικίνδυνου χημικού προϊόντος αποστέλλει το συντομότερο δυνατό την ειδική αυτή ομάδα στον τόπο του συμβάντος. Ωστόσο το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της ενημέρωσής του για το συμβάν και της άφιξης της ομάδας επέμβασης στην περιοχή του περιστατικού, μπορεί να αριθμεί αρκετές ώρες.

Εξοπλισμός

Στα πλαίσια του σχεδιασμού αντιμετώπισης ατυχημάτων, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός του είδους και της ποσότητας των κατάλληλων μέσων που θα πρέπει να διαθέτουν οι εμπλεκόμενοι φορείς επέμβασης, προκειμένου να φέρουν σε πέρας αποτελεσματικά και με ασφάλεια το έργο της καταστολής ενός συμβάντος. Κάθε ομάδα επείγουσας επέμβασης θα πρέπει να είναι εφοδιασμένη τόσο με μηχανοκίνητο, όσο και με χειροκίνητο εξοπλισμό, ο οποίος εξαρτάται από τη φύση του περιστατικού που καλείται να αντιμετωπίσει. Ο **εξοπλισμός** που φέρει το προσωπικό των δυνάμεων επέμβασης αποτελείται κατά περίπτωση από:

1. Μέσα Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ)
2. μέσα αναρρίχησης, πρόσδεσης και ρυμούλκησης
3. γενικά εργαλεία και φακούς
4. μέσα απόφραξης διαρροών
5. συσκευές μέτρησης χημικών ουσιών
6. προβολείς και ηλεκτρογεννήτριες
7. συσκευές επικοινωνίας και
8. είδη παροχής πρώτων βοηθειών.

Ένα σημαντικό ζήτημα που σχετίζεται με τα ΜΑΠ είναι η επιλογή των προτύπων που θα πρέπει να πληρούν. Η εμπλοκή του προσωπικού των ομάδων επέμβασης σε ατυχήματα μεγάλης έκτασης ενδεχομένως περιλαμβάνει την έκθεση σε ποικιλία επικίνδυνων παραγόντων όπως τοξικές ή διαβρωτικές χημικές ουσίες, σκόνες, υψηλές θερμοκρασίες κ.λπ. Ανάλογα με τον απαιτούμενο βαθμό προστασίας και το μέρος του σώματος που προορίζονται να προστατεύσουν, τα ΜΑΠ διακρίνονται κυρίως σε στολές προστασίας, αναπνευστικές συσκευές, γάντια, κράνη, γυαλιά ασφαλείας και υποδήματα ασφαλείας. Οι στολές προστασίας που χρησιμοποιούνται σε συνθήκες έκτακτης ανάγκης είναι

συνήθως ολόσωμες, από κατάλληλο ελαστικό ή πυρίμαχο υλικό. Τα γάντια και τα υποδήματα κατασκευάζονται επίσης από ελαστικό ή πυρίμαχο υλικό, ενώ θα πρέπει να παρέχουν εκτός από χημική ή θερμική και ικανή μηχανική προστασία (π.χ. υποδήματα με μεταλλική ενίσχυση). Τα ιράνη προορίζονται σχεδόν αποκλειστικά για τη μηχανική προστασία της κεφαλής. Αποτελούνται συνήθως από μεταλλικό ή πλαστικό σκελετό, ενώ το εσωτερικό τους καλύπτεται από μαλακό υλικό για λόγους άνεσης και απορρόφησης της ενέργειας κρούσης. Σε περιπτώσεις έκλυσης χημικής ουσίας που χαρακτηρίζεται από ικανότητα διείσδυσης μέσω του δέρματος, είναι σκόπιμο, οι στολές προστασίας να κλείνουν αεροστεγώς σε συνδυασμό με αναπνευστική συσκευή. Υπάρχουν γενικά δύο τύποι αναπνευστικών συσκευών: οι μάσκες μισού και οι μάσκες ολόκληρου προσώπου, που παρέχουν επιπλέον προστασία των ματιών και του προσώπου. Ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους οι αναπνευστικές συσκευές διαιρένονται σε αναπνευστήρες (respirators) και συστήματα παροχής αέρα (air-supplied equipment). Οι αναπνευστήρες χρησιμοποιούν τον αέρα του περιβάλλοντος, τον οποίο φιλτράρουν απομακρύνοντας τοξικά αέρια, σκόνες και ατμούς.

Υπάρχουν τρία είδη ανταλλακτικών φίλτρων για τους αναπνευστήρες:

- α) φίλτρα για συγκεκριμένα αέρια και ατμούς
- β) φίλτρα για σκόνες και άλλα σωματίδια και
- γ) φίλτρα που προσφέρουν συνδυασμένη προστασία από ατμούς, σκόνες και αέρια.

Οι αναπνευστήρες δεν συνιστούν συσκευή αυτόνομης παροχής αέρα και για το λόγο αυτό δεν είναι κατάλληλοι για χρήση σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου, ή όταν ο εξωτερικός αέρας είναι μίγμα ασφυξιογόνων αερίων. Οι αναπνευστικές συσκευές με σύστημα παροχής αέρα παρέχουν προσφέρουν πλήρη προστασία σε περιβάλλον χημικής μόλυνσης. Διαθέτουν αυτόνομη παροχή αέρα ο οποίος βρίσκεται αποθηκευμένος υπό πίεση σε μεταλλικούς κυλίνδρους αναρτημένους στην πλάτη του διασώστη. Αυτού του τύπου οι αναπνευστικές συσκευές συνδυάζονται κατά κανόνα με μάσκες ολόκληρου προσώπου ή κάλυμμα κεφαλής (κουκούλα) και έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν αέρα για χρονικό διάστημα περίπου μίας ώρας.

Τα μέσα πρόσδεσης και ρυμούλκησης αποτελούνται συνήθως από σχοινί, συνδέσμους και γάντζους και ένα σύνολο εξαρτημάτων, ανάλογα με τη χρήση και τον κατασκευαστή. Χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο από τις ομάδες επέμβασης σε εφαρμογές διάσωσης. Για εφαρμογές ρυμούλκησης οχημάτων ή ανάσυρσης αντικειμένων χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο κατάλληλο συρματόσχοινο σε συνδυασμό με ηλεκτρικό βαρούλκο (βίντσι).

Οι ομάδες επέμβασης, ειδικότερα η Πυροσβεστική Υπηρεσία, και οι μονάδες αντιμετώπισης καταστροφών είναι πάντοτε εφοδιασμένες με ποικιλία εργαλείων για γενική χρήση. Στα εργαλεία αυτά περιλαμβάνονται γερμανικά και γαλλικά κλειδιά διαφόρων διαμετρημάτων, σκαπτικά εργαλεία (φτυάρια, τσάπες, αξίνες κ.λπ.), βαριοπούλες (σφύρες), λοστούς και τσεκούρια. Επιπρόσθετα, στα πλαίσια ενεργειών απεγκλωβισμού παγιδευμένων ατόμων ή επισκευών είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν σιδηροπόρια, αλυσοπόρια, συσκευές ηλεκτροκόλλησης ή οξυγονοκοπής, καθώς και ηλεκτρικά εργαλεία χειρός όπως τροχοί κοπής, τρυπανία κ.α. Στα εργαλεία έκτακτης ανάγκης συμπεριλαμβάνονται -υπό την ευρύτερη έννοια- και τα μέσα απόφραξης μιας διαρροής. Συχνά μια διαρροή μεγέθους μπορεί να σταματήσει με τη βοήθεια ενός ξύλινου πώματος ή άλλων υλικών. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να αποφεύγεται η ανάφλεξη μιας διαρροής ή μιας λίμνης εύφλεκτου υγρού. Εάν έχει προηγηθεί ανάφλεξη, είναι επιτακτική η εξάλειψη της διαρροής πριν επιχειρηθεί κατάσβεση. Η προσπάθεια κατάσβεσης μιας πυρκαγιάς χωρίς προηγουμένως να σταματήσει η φωτιά καινότιμου υλικού ενέχει σοβαρούς κινδύνους αναζωπύρωσης ή και έκρηξης. Οι ρητίνες και τα πολυμερή ταχείας συγκόλλη-

σης καθώς και τα πώματα από ξύλο ή εύπλαστο υλικό για στεγανοποίηση των διαρροών αποτελούν τυποποιημένο μέρος του εξοπλισμού των δυνάμεων επέμβασης.

Προκειμένου να εκτιμηθεί ο βαθμός της διασποράς ενός τοξικού ή εύφλεκτου νέφους, είναι απαραίτητη η διεξαγωγή μετρήσεων της συγκέντρωσης του χημικού παραγόντα που εκλύθηκε στον αέρα, με τη χρήση κατάλληλων για το σκοπό αυτό οργάνων. Οι συσκευές αυτές θα πρέπει να είναι φορητές, ηλεκτρονικές αμέσου ένδειξης, ώστε να παρέχουν στο χρήστη τη δυνατότητα διενέργειας μετρήσεων με ταχύτητα, αξιοπιστία και όσο το δυνατό καλύτερη ακρίβεια. Η υλοποίηση τέτοιων μετρήσεων στην περιοχή του ατυχήματος κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική, καθώς με βάση τα αποτελέσματά τους οι αρμόδιες αρχές μπορούν να αποφανθούν άμεσα για την αναγκαιότητα εκκένωσης του γενικού πληθυσμού και τον καθορισμό των ζωνών επέμβασης και προστατευτικών δράσεων.

Στο βασικό τεχνικό εξοπλισμό των ομάδων έκτακτης ανάγκης εντάσσονται και οι ηλεκτρογεννήτριες. Αυτές αναλαμβάνουν την αδιάλειπτη τροφοδοσία όλων των βιοθητικών συστημάτων στον τόπο του ατυχήματος με ηλεκτρική ενέργεια. Οι ηλεκτρογεννήτριες συνοδεύονται από τις απαραίτητες καλωδιώσεις, είναι φορητές, βενζινοκίνητες ή πετρελαιοκίνητες, ενώ θα πρέπει να έχουν ονομαστική ισχύ τέτοια που να καλύπτει την ταυτόχρονη λειτουργία όλων των ζωτικών για το έργο της διάσωσης και της καταστολής συσκευών, όπως συστήματα επικοινωνίας, ηλεκτρικά εργαλεία, αντλίες, φωτισμός κ.α. Ο νυχτερινός φωτισμός υλοποιείται με τη βοήθεια φορητών προβολέων τοποθετημένων σε κομβικά σημεία. Το τελευταίο αποκτά ξεχωριστή σημασία, αν ληφθεί υπόψη ή ιδιαιτερότητα των ατυχημάτων στις μεταφορές, η οποία έγκειται στο γεγονός ότι το συμβάν μπορεί να λάβει χώρα οπουδήποτε κατά μήκος μιας διαδρομής –άρα και σε ένα απομονωμένο σημείο κατά τη διάρκεια της νύχτας– όπου δεν υπάρχει φωτισμός ή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.

Τα συστήματα επικοινωνίας αποτελούν βασικότατο εργαλείο για την αντιμετώπιση μιας κρίσης. Σε περίπτωση ατυχήματος, είναι επιτακτική η αμφίδρομη διαβίβαση ενός μεγάλου όγκου πληροφοριών που αφορούν στην ενημέρωση των αρμόδιων αρχών, του πληθυσμού που βρίσκεται σε κίνδυνο, των συγγενών των θυμάτων, του τύπου κ.λπ.. Το έργο του συντονισμού των δράσεων στον τόπο του ατυχήματος βασίζεται κατά κύριο λόγο στην ύπαρξη αξιοπιστης και ανεμπόδιστης επικοινωνίας όλων των εμπλεκόμενων υπηρεσιών με το κέντρο επιχειρήσεων και με τον επικεφαλής της διαχείρισης του συμβάντος. Στην πράξη, οι διάφορες υπηρεσίες όπως η Αστυνομία, η Πυροσβεστική, το ΕΚΑΒ κ.α., διαθέτουν δικά τους οριοδίκτυα με τερματικές ασύρματες συσκευές που παρέχουν τη δυνατότητα της επικοινωνίας των κινητών μονάδων με τα αντίστοιχα κατά τόπους διοικητικά κέντρα. Σε κανονικές συνθήκες, κάθε οριοδίκτυο λειτουργεί σε διαφορετική οριοσυχνότητα (π.χ. Ναυτική VHF, συχνότητες αεροπλοΐας, αστυνομίας, συχνότητες ΟΣΕ κ.λπ.). Ωστόσο, σε συνθήκες έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να προβλέπεται η δυνατότητα ασύρματης σύνδεσης όλων των εμπλεκόμενων υπηρεσιών τόσο μεταξύ τους, όσο και με το κέντρο επιχειρήσεων. Το τελευταίο διαθέτει εκτός από ασύρματες και σταθερές τηλεφωνικές συνδέσεις και αποτελεί κομβικό σημείο λήψης και διαβίβασης πληροφοριών. Επιπρόσθετα, κάθε μέλος του προσωπικού που εμπλέκεται άμεσα με το σημείο του ατυχήματος όπως οι πυροσβέστες και οι διασώστες θα πρέπει να είναι εξοπλισμένο με φορητό ασύρματο συντονισμένο στη συχνότητα του Κέντρου Επιχειρήσεων προκειμένου να λαμβάνει οδηγίες, αλλά και να καλέσει σε βοήθεια εφόσον χρειαστεί. Για τους σκοπούς της γενικής επικοινωνίας αλλά και της επικοινωνίας πεδίου, ιδιαίτερα χρήσιμα αποδεικνύονται και τα κινητά τηλέφωνα. Τα τελευταία είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ως πρωτεύοντα ή εφεδρικά μέσα επικοινωνίας, και αποτελούν μία αξιοπιστη και πρακτική λύση σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η εκ των προτέρων γνωστοποίηση των αριθμών κλήσης των συσκευών στους αντίστοιχους χρήστες. Η ύπαρξη ε-

φεδρικών ασύρματων συσκευών, τηλεφωνικών συνδέσεων και κινητών τηλεφώνων στον τόπο του συμβάντος, καθώς και η πρόβλεψη εναλλακτικών μορφών επικοινωνίας, θα πρέπει να χαρακτηρίζουν ένα ολοκληρωμένο και αποτελεσματικό σύστημα επικοινωνιών.

Ο εξοπλισμός που αφορά στη διάσωση και τα είδη πρώτων βοηθειών αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι των δράσεων για την αντιμετώπιση ενός ατυχήματος. Θα πρέπει να αποθηκεύεται σε κατάλληλες συνθήκες και να συντηρείται επαρκώς, ενώ η χρήση του προϋποθέτει άρτια εκπαιδευμένο προσωπικό. Κατά κανόνα, στη **βασική υποδομή πρώτων βοηθειών** συγκαταλέγονται:

- α) ικανός αριθμός φορείων για τη μεταφορά τραυματιών
- β) βαλιτσάκια με ιατρικό εξοπλισμό (ορούς, σύριγγες, αποστειρωμένες γάζες, φαρμακευτικά σκευάσματα κ.λπ.)
- γ) εξοπλισμός ανάνηψης τραυματιών
- δ) σκηνές ή άλλου τύπου πρόχειρα καταλύματα για την περίθαλψη των πληγέντων και
- ε) εξοπλισμός πλύσης ματιών και καταιονητήρες (ντους) για αντιμετώπιση τραυμάτων από διαβρωτικές χημικές ουσίες.

Η ποσότητα, το είδος και η ποιότητα του εξοπλισμού οφείλουν να ανταποκρίνονται σε καταστάσεις κρίσης σε αναλογία με τα πιθανά σενάρια ατυχημάτων στις μεταφορές. Το έργο της **παροχής πρώτων βοηθειών** είναι δυνατό να περιλαμβάνει:

- α) μεταφορά τραυματιών
- β) ενέργειες ανάνηψης τραυματιών σε περιπτώσεις απώλειας των αισθήσεων
- γ) περιποίηση εγκαυμάτων
- δ) έλεγχο και διακοπή της αιμορραγίας
- ε) περιποίηση τραυμάτων σε μάτια, οστά, αρθρώσεις και μύες και
- στ) αντιμετώπιση δηλητηρίασης από τοξικές ουσίες.

Τέλος στον εξοπλισμό πρώτων βοηθειών συμπεριλαμβάνονται και τα είδη προσωπικής υγιεινής των ιατρικών ομάδων όπως ελαστικά γάντια, στολές και χειρουργικές μάσκες, για την προστασία τους από μολύνσεις και λοιμώδη νοσήματα.

4.5. Σενάρια ατυχημάτων

Κάθε σχέδιο έκτακτης ανάγκης, είτε αυτό είναι εσωτερικό είτε εξωτερικό, βασίζεται σε ένα σύνολο πιθανών σεναρίων ατυχημάτων. Είναι πολύ σημαντικό, η επιλογή των σεναρίων αυτών να πραγματοποιείται με αριτήρια: το επίπεδο σοβαρότητας του ατυχήματος και το εύρος των πιθανών περιστατικών. Καθοδήγηση όσον αφορά την ποιότητα και την ποσότητα των σεναρίων δίνεται στο σύγχρονα: “HSE Emergency Procedures Guidance”, που αναφέρει: «Το σχέδιο έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να διαπραγματευτεί την περίπτωση του χειρότερου συμβάντος που μπορεί σε λογικά πλαίσια να προβλεφθεί, αλλά οι λεπτομέρειες του σχεδιασμού θα πρέπει να επικεντρώνονται στα περιστατικά που θεωρούνται περισσότερο πιθανά».

Ο αριθμός των πιθανών συμβάντων που χρειάζεται να μελετηθεί μπορεί να είναι αρκετά μεγάλος και εξαρτάται από τη φύση του επικίνδυνου φορτίου και τον τρόπο που διεξάγεται η μεταφορά. Το σχέδιο έκτακτης ανάγκης πρέπει να χαρακτηρίζεται από ευελιξία. Στην πράξη καταρτίζεται ένα βασικό σχέδιο που λαμβάνει υπόψη έναν αριθμό πιθανών σεναρίων, το οποίο με κατάλληλες παραλλα-

γές είναι δυνατό να προσανατολιστεί σε ένα συγκεκριμένο σενάριο ανάλογα με τη σοβαρότητα του πραγματικού περιστατικού.

Σύμφωνα με το HSE Guidance, τα **πιθανά σενάρια ατυχημάτων** ταξινομούνται ως εξής:

Διακρίνονται τέσσερα είδη γεγονότων όσον αφορά τη μεταφορά εύφλεκτων ουσιών:

1. φωτιά χωρίς κίνδυνο επέκτασης
2. φωτιά με κίνδυνο επέκτασης έπειτα από κάποιο χρονικό διάστημα
3. φωτιά με κίνδυνο άμεσης επέκτασης και
4. ξαφνικό γεγονός (έκρηξη).

Τα αντίστοιχα γεγονότα που αφορούν τη **μεταφορά τοξικών χημικών ουσιών** είναι:

1. μικρής κλίμακας διαρροή
2. κίνδυνος για την ακεραιότητα του περιβλήματος του δοχείου
3. προσωρινή διαρροή που τίθεται γρήγορα υπό έλεγχο και
4. ξαφνική ανεξέλεγκτη διαρροή μεγάλης ποσότητας.

Ακολούθως εξετάζονται τα πιθανότερα σενάρια ατυχημάτων στις οδικές, σιδηροδρομικές και θαλάσσιες μεταφορές.

Οδικές μεταφορές

Η φύση του κινδύνου κατά την οδική μεταφορά φορτίων, διαμορφώνεται από πολλούς παράγοντες: Το όχημα κινείται σε περιβάλλον του οποίου οι συνθήκες δεν ελέγχονται από τον οδηγό. Το ατύχημα είναι δυνατό να συμβεί οπουδήποτε, κατά μήκος μιας άγνωστης διαδρομής. Από την άλλη πλευρά, η ποσότητα του διακινούμενου επικίνδυνου φορτίου είναι περιορισμένη, ενώ ο οδηγός έχει συνήθως τη δυνατότητα να μετακινήσει το όχημα σε ευνοϊκότερη θέση.

Κατά γενική ομολογία, το μεγαλύτερο ποσοστό των επικίνδυνων φορτίων που διακινείται οδικώς, μεταφέρεται σε υγρή μορφή ή σε μορφή υγροποιημένου αερίου με τη χρήση βυτίων. Τα συνηθέστερα είδη ατυχημάτων που σχετίζονται με τα συγκεκριμένα φορτία οφείλονται σε διαρροές λόγω διάρρηξης του περιβλήματος εξαιτίας σύγκρουσης ή ανατροπής του οχήματος. Διαρροές του φορτίου μπορεί να προκύψουν και λόγω αστοχίας ή λανθασμένου χειρισμού του εξοπλισμού του οχήματος. Άλλες αιτίες απώλειας της στεγανότητας του περιβλήματος αποτελούν η διάρρηξη λόγω υπερβολικής πλήρωσης ή υπερθέρμανσης και η έκθεση σε φωτιά. Εάν το βυτίο υποστεί διάρρηξη από υπερθέρμανση ή υπερπλήρωση, υπάρχει πιθανότητα εκδήλωσης φυσικής έκρηξης (physical explosion) η οποία συνοδεύεται από ωστικό κύμα και θραύσματα.

Οι χημικές ουσίες που διαρρέουν, για οποιονδήποτε λόγο, από ένα βυτίο μπορεί να είναι εύφλεκτες ή τοξικές. Μία διαρροή εύφλεκτης αέριας χημικής ουσίας είναι δυνατό να δημιουργήσει νέφος αερίου, το οποίο αν αναφλεγεί θα οδηγήσει σε φωτιά καύσης νέφους αερίου ή σε έκρηξη νέφους αερίου. Εντελώς ανάλογα, η διαρροή εύφλεκτης ουσίας σε υγρή μορφή μπορεί να οδηγήσει σε φωτιά λίμνης. Εάν το φορτίο που διαρρέει είναι τοξικό, υπάρχει ο κίνδυνος να δημιουργηθεί τοξική λίμνη ή νέφος.

Ένα ακόμη σενάριο αποτελεί η έκθεση ενός βυτίου που περιέχει εύφλεκτο υλικό σε φωτιά. Η διάρρηξη του βυτίου στην περίπτωση αυτή είναι δυνατό να οδηγήσει σε φαινόμενο BLEVE. Το τελευταίο απαντά συχνότερα στις σιδηροδρομικές μεταφορές, κατά τη σύγκρουση φορτηγών τρένων, λόγω της επίδρασης της φλόγας πυρσού από τις βαλβίδες ανακούφισης σε γειτονικά βαγόνια.

Η οδική μεταφορά επικίνδυνων φορτίων σε στερεά μορφή περιλαμβάνει τα εκρηκτικά υλικά και άλλες συγγενείς ουσίες, που εγκυμονούν τον κίνδυνο έκρηξης πυκνής φάσης.

Το έργο της ανάλυσης πιθανών σεναρίων ατυχημάτων κατά τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων ανέλαβε να διεκπεραιώσει η συμβουλευτική επιτροπή Advisory Committee on Dangerous Substances, (ACDS), η οποία συνέταξε το 1991 μία αναφορά με τίτλο: The ACDS Transport Hazards Report, αποσπάσματα της οποίας παρατίθενται στη συνέχεια.

Τα σενάρια των ατυχημάτων στις οδικές μεταφορές εξετάζονται στο παράρτημα 9 της αναφοράς ACDS. Σύμφωνα με τα στοιχεία της αναφοράς, οι χωρητικότητες των βυτίων μεταφοράς είναι 20-25 τε για υγρά καύσιμα, 15 τε για LPG, 17 τε για χλώριο και 15 τε για αιμμωνία. Διακρίνονται δύο κυρίως αίτια πρόκλησης ατυχήματος: η διάτρηση ενός βυτίου εξαιτίας τροχαίας σύγκρουσης και η αστοχία ή εσφαλμένος χειρισμός του εξοπλισμού του οχήματος.

Για βυτία που μεταφέρονται υγρά καύσιμα, τα σενάρια που διαπραγματεύονται είναι:

α) στιγμιαία διαρροή ποσότητας 4, 8 και 12 τε και

β) συνεχής διαρροή με ρυθμό 25 kg/sec που αντιστοιχεί σε ωρήμα διαμέτρου 100 χιλιοστών.

Η διαρροή υγρών καυσίμων υπό την επίδραση πηγής ανάφλεξης οδηγεί σε φωτιά λίμνης. Οι επιφάνειες της σχηματιζόμενης κατά περίπτωση λίμνης δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.5.1

| Ποσότητα διαρροής | Επιφάνεια λίμνης (m ²) | |
|-------------------|------------------------------------|------------------------|
| | Άμεση ανάφλεξη | Καθυστερημένη ανάφλεξη |
| 25 kg/sec | 314 | 908 |
| 4 te | 707 | 1.018 |
| 8 te | 1.385 | 1.964 |
| 12 te | 2.124 | 3.019 |

Προκειμένου για βυτία που μεταφέρονται LPG τα αντίστοιχα σενάρια είναι:

α) στιγμιαία διαρροή ποσότητας 15 te και

β) συνεχείς διαρροές με ρυθμό 2 και 32 kg/sec.

Υπάρχουν τα εξής ενδεχόμενα: άμεση ανάφλεξη της στιγμιαίας διαρροής με επακόλουθη εκδήλωση φωτιάς με τη μορφή πύρινης σφαίρας. Σε διαφορετική περίπτωση σχηματίζεται εύφλεκτο νέφος. Εάν το νέφος αυτό αναφλεγεί, μπορεί να οδηγήσει σε φωτιά νέφους αερίου ή έκρηξη νέφους αερίου.

Η άμεση ανάφλεξη της συνεχούς διαρροής σχηματίζει φωτιά πυρσού ή οδηγεί σε εκδήλωση φαινομένου BLEVE. Σε διαφορετική περίπτωση σχηματίζεται εύφλεκτο νέφος, το οποίο έπειτα από ανάφλεξη οδηγεί σε φωτιά νέφους αερίου, ή έκρηξη νέφους αερίου. Η φωτιά νέφους αερίου ενίστε μπορεί να συνοδεύεται από φωτιά πυρσού ή εκδήλωση φαινομένου BLEVE.

Προκειμένου για βυτία που μεταφέρονται χλώριο ή αιμμωνία, η αναφορά ACDS παραθέτει τα παρακάτω σενάρια:

Πίνακας 4.5.2

| Είδος Διαρροής | Χλώριο | Αιμμωνία |
|---|--------|----------|
| Διαρροή ρευστού δύο φάσεων από βαλβίδα (kg/sec) | 1,3 | 2,1 |
| Υγρό ή αέριο εξαιτίας διάρροης (kg/sec) | 45,1 | 33,5 |
| Ολική διαρροή φορτίου από απώλεια περιβλήματος (te) | 17,5 | 15 |

Η εξέλιξη των παραπάνω σεναρίων καθορίζεται με τη χρήση κατάλληλων μοντέλων εκτίμησης κινδύνου.

Ένα ολοκληρωμένο σενάριο ατυχήματος θα πρέπει να ενσωματώνει δεδομένα που αφορούν τα χαρακτηριστικά του εκτιθέμενου σε κίνδυνο πληθυσμού. Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του αριθμού των εκτιθέμενων ατόμων είναι σχετικά πολύπλοκα, γεγονός που δικαιολογείται προκειμένου να εκτιμηθεί ζεαλιστικά ο κίνδυνος. Οι συνθήκες της οδικής μεταφοράς διαφέρουν από τις αντίστοιχες της σιδηροδρομικής. Συγκεκριμένα, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η υπάρχουσα ποικιλία αναφορικά με τον τύπο και τη χρήση ενός δρόμου. Ακόμα μία βασική διαφορά συνιστά το γεγονός της μεγαλύτερης πιθανότητας εμπλοκής διαφόρων ατόμων (παρατηρητών) με το οδικό ατύχημα. Ο συνολικά εκτιθέμενος σε κίνδυνο πληθυσμός σε περίπτωση ατυχήματος στις οδικές μεταφορές αποτελείται από το πλήρωμα του οχήματος που εμπλέκεται, τους οδηγούς των υπόλοιπων οχημάτων και το γενικό «εκτός οδού» (off-road) πληθυσμό. Το ποσοστό του γενικού πληθυσμού που βρίσκεται σε υπαίθριο χώρο κυμαίνεται ανάλογα με τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες. Η αναφορά ACDS χρησιμοποιεί τέσσερις κατηγορίες πληθυσμιακής πυκνότητας. Αυτές λαμβάνονται 4.210, 1.310, 2.120 και 20 άτομα ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Η μέθοδος εκτίμησης της πυκνότητας του γενικού πληθυσμού βασίζεται στην αντιστοίχιση, με τη βοήθεια ειδικού χάρτη, σε κάθε τετραγωνικό χιλιόμετρο της επίμαχης περιοχής (περιμετρικά της οδικής αρτηρίας), ενός από τα τέσσερα επιπέδα πληθυσμιακής πυκνότητας.

Στα πλαίσια της εκτίμησης της έκθεσης του πληθυσμού που αφορά τους χρήστες του δρόμου, ο τόπος του ατυχήματος χωρίζεται σε δύο ζώνες: Η μία ζώνη αφορά τα οχήματα που ακολουθούν το μεταφορικό μέσο και η άλλη τα οχήματα που κινούνται στο αντίθετο ρεύμα της οδού. Παράλληλα, γίνεται η παραδοχή ότι δεν υπάρχει κυκλοφορία οχημάτων στη ζώνη που εκτείνεται μπροστά από το φορτηγό όχημα. Η πυκνότητα του πληθυσμού στη δεύτερη ζώνη εξαρτάται από την ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο αντίθετο ρεύμα και λαμβάνεται ίση με το 50% της πυκνότητας της πρώτης ζώνης. Η πυκνότητα του πληθυσμού των οχημάτων που ακολουθούν το όχημα μεταφοράς υπολογίζεται ως εξής:

Γίνεται η υπόθεση ότι η κυκλοφορία αποτελείται κατά 10% από βαρέα οχήματα μεταφοράς αγαθών και ότι το μήκος του οδοστρώματος που καταλαμβάνει ένα τέτοιο όχημα είναι περίπου 20 μέτρα. Το αντίστοιχο πλάτος λαμβάνεται 4 μέτρα. Η πληρότητα των οχημάτων λαμβάνεται ίση με 1,5 άτομα ανά όχημα. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, υπολογίζονται πληθυσμιακές πυκνότητες της τάξης των 0,056 ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο για αυτοκινητόδρομους ταχείας κυκλοφορίας και 0,05 ατόμων / m² για τους υπόλοιπους δρόμους. Σε αναλογία με τα παραπάνω, η αναφορά ACDS υιοθετεί την ύπαρξη 8 ζωνών πληθυσμιακής πυκνότητας, τεσσάρων σε κάθε κατεύθυνση κυκλοφορίας. Η ζώνη **a** αφορά την τυποποιημένη (standard) πυκνότητα. Η ζώνη **b** χαρακτηρίζει την υψηλή πυκνότητα, ενώ η ζώνη **c** την περιοχή μηδενικής πυκνότητας. Η ζώνη **d** αφορά τα οχήματα που ακολουθούν το φορτηγό όχημα. Οι υπόλοιπες ζώνες **h, g, f** και **e**, αναφέρονται στις αντίστοιχες περιοχές της αντίθετης κατεύθυνσης κυκλοφορίας.

Ο M. Cooke (1988) μελέτησε το ρυθμό των αλλαγών του αέρα στο εσωτερικό οχημάτων που κινούνται με διάφορες ταχύτητες. Σύμφωνα με αυτόν, μία ταχύτητα της τάξης των 64 km/h είναι αρκετή ώστε να οδηγήσει τουλάχιστον σε μία αλλαγή αέρα ανά λεπτό. Σε περίπτωση χρήσης του ανεμιστήρα, η ποσότητα του εξωτερικού αέρα που εισέρχεται στο όχημα είναι ακόμα περισσότερη. Εντελώς ανάλογα, η χρήση του ανεμιστήρα σε ακινητοποιημένο όχημα αντιστοιχεί περίπου σε μία αλλαγή αέρα ανά λεπτό. Ο Cooke απέδειξε ότι η παραμονή εντός του οχήματος δεν αναμένεται να εξα-

σφαλίσει ικανοποιητική προστασία λόγω του μικρού όγκου αέρα που αυτό εγκλωβίζει. Το τελευταίο αποκτά ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση που το αυτόχθονα αφορά διαρροή τοξικών υλών με επακόλουθη δημιουργία επικίνδυνου νέφους.

Σιδηροδρομικές μεταφορές

Τα σενάρια ατυχημάτων που αφορούν τις σιδηροδρομικές μεταφορές δε διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό από τα αντίστοιχα των οδικών μεταφορών. Οι μηχανισμοί που προκαλούν την εκδήλωση φωτιάς λίμνης, φωτιάς πυρσού, φωτιάς ή έκρηξης νέφους αερίου, καθώς και τη διαρροή τοξικών ουσιών είναι και στις δύο περιπτώσεις παρόμοιοι. Το ίδιο ισχύει και για τις φυσικές εκρήξεις και τις εκρήξεις πυκνής φάσης.

Υπάρχουν ωστόσο και ορισμένες διαφορές. Μια από αυτές οφείλεται στο γεγονός ότι η ενέργεια της σύγκρουσης μίας εμπορικής αμαξοστοιχίας είναι αρκετές τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη από αυτή της σύγκρουσης ενός βυτίου στο δρόμο. Επιπλέον, ο συρμός αποτελείται συνήθως από ένα μεγάλο αριθμό βαγονιών–δεξαμενών τα οποία περιέχουν συνολικά πολύ μεγαλύτερες ποσότητες επικίνδυνων χημικών ουσιών από ένα όχημα οδικής μεταφοράς. Το εμπορικό τρένο είναι δυνητικά περισσότερο επιρρεπές στην εμφάνιση αλυσιδωτών εκρήξεων τύπου Domino, καθώς σε περίπτωση πυρκαγιάς, είναι πιθανό κάποια βαγόνια να εκτεθούν στις φλόγες πυρσού των βαλβίδων ανακούφισης άλλων βαγονιών, με αποτέλεσμα την εκδήλωση φαινομένων BLEVE.

Τα σενάρια των ατυχημάτων στις σιδηροδρομικές μεταφορές διαπραγματεύεται το παράρτημα 8 της αναφοράς ACDS. Σύμφωνα με τα στοιχεία της αναφοράς, οι χωρητικότητες των δεξαμενών μεταφοράς στα βαγόνια των συρμών είναι 32 και 75 te για υγρά καύσιμα, 20 και 40 te για LPG, 29 te για χλωριο και 53 te για αμμωνία. Διαρρίνονται δύο κυρίως αίτια πρόκλησης ατυχήματος: το πρώτο αφορά σε διάρρηξη μίας ή περισσοτέρων δεξαμενών φορτίου λόγω σύγκρουσης ή εκτροχιασμού της αμαξοστοιχίας και το δεύτερο σε αστοχία ή εσφαλμένο χειρισμό του εξοπλισμού του εμπορικού βαγονιού.

Στην περίπτωση που το φορτίο είναι **υγρά καύσιμα**, τα σενάρια που εξετάζονται αναφέρονται:

α) σε στιγμιαίες διαρροές ποσοτήτων 32 και 75 te και

β) σε συνεχή διαρροή με ρυθμό 25 kg/sec που αντιστοιχεί σε ρήγμα διαμέτρου 100 χιλιοστών.

Η διαρροή υγρών καυσίμων υπό την επίδραση πηγής ανάφλεξης οδηγεί σε φωτιά λίμνης. Εάν η διαρροή είναι συνεχής, οι χρόνοι που απαιτούνται για την εκκένωση δεξαμενών χωρητικότητας 32 te και 75 te είναι κατά προσέγγιση 20 και 50 λεπτά αντίστοιχα. Η έκταση της σχηματιζόμενης λίμνης και συνεπώς της φωτιάς λίμνης, εξαρτάται από το χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ της εμφάνισης και της ανάφλεξης της διαρροής. Σε περίπτωση που η ανάφλεξη καθυστερήσει, η ακτίνα της λίμνης υγρού καυσίμου θα είναι της τάξης των 24 m για διαρροή ποσότητας 32 te και 37 m για διαρροή ποσότητας 75 te. Εάν η ανάφλεξη λάβει χώρα άμεσα, η ακτίνα της λίμνης και για τις δύο χωρητικότητες δεξαμενών προκύπτει περίπου 12 m.

Οι ακτίνες των σχηματιζόμενων λιμνών υγρών καυσίμων από στιγμιαίες διαρροές, είναι παρεμφερείς.

Προκειμένου για **βαγόνια-δεξαμενές που μεταφέρουν LPG** τα αντίστοιχα σενάρια είναι:

α) στιγμιαία διαρροή ποσοτήτων 20 και 40 te και

β) συνεχείς διαρροές με ρυθμό 2 και 32 kg/sec.

Η εξέλιξη των διαρροών αυτών είναι εντελώς όμοια με αυτή που περιγράφηκε στην παραγραφή για την οδική μεταφορά: ενδεχόμενη άμεση ανάφλεξη της στιγμιαίας διαρροής, οδηγεί σε εκδήλωση

φωτιάς με τη μορφή πύρινης σφαίρας. Σε διαφορετική περίπτωση σχηματίζεται εύφλεκτο νέφος. Εάν το νέφος αυτό αναφλεγεί, μπορεί να οδηγήσει σε φωτιά νέφους αερίου ή έκρηξη νέφους αερίου.

Αντίστοιχα, η άμεση ανάφλεξη της συνεχούς διαρροής σχηματίζει φωτιά πυρσού ή οδηγεί σε εκδήλωση φαινομένου BLEVE. Εάν η ανάφλεξη καθυστερήσει, σχηματίζεται εύφλεκτο νέφος, το οποίο έπειτα από ανάφλεξη οδηγεί σε φωτιά νέφους αερίου, ή έκρηξη νέφους αερίου. Η φωτιά νέφους αερίου είναι πιθανό να συνοδεύεται από φωτιά πυρσού ή εκδήλωση φαινομένου BLEVE.

Για τη σιδηροδρομική μεταφορά χλωρίου και αμμωνίας, η αναφορά ACDS παραθέτει τα παρακάτω σενάρια:

Πίνακας 4.5.3

| Είδος Διαρροής | Χλώριο | Αμμωνία |
|--|--------|---------|
| Διαρροή ρευστού δύο φάσεων από βαλβίδα (kg/sec) | 1,3 | 2,1 |
| Διαρροή αέριας ή υγρής φάσης εξαιτίας διάρρηξης (kg/sec) | 45,1 | 33,5 |
| Ολική διαρροή φορτίου από απώλεια περιβλήματος (te) | 29 | 53 |

Η εξέλιξη των σεναρίων του πίνακα 4.5.3 καθορίζεται με τη χρήση κατάλληλων μοντέλων διασποράς χημικών ουσιών.

Η πυκνότητα του γενικού πληθυσμού κατά μήκος των σιδηροδρομικών γραμμών υπολογίζεται με την εφαρμογή της μεθόδου που περιγράφηκε στην παραγραφή για τις οδικές μεταφορές. Χρησιμοποιούνται δηλαδή οι γνωστές τέσσερις τιμές πληθυσμιακής πυκνότητας της αναφοράς ACDS, οι οποίες με τη βοήθεια ειδικού χάρτη και δεδομένων της τελευταίας απογραφής, αντιστοιχίζονται σε κάθε τετραγωνικό χιλιόμετρο της ευρύτερης περιοχής του ατυχήματος.

Σε περίπτωση σιδηροδρομικού ατυχήματος που αφορά διακίνηση επικίνδυνων φορτίων, εκτός από το γενικό πληθυσμό, σε κίνδυνο εκτίθενται δυνητικά τόσο το πλήρωμα όσο και οι επιβάτες επιβατικών αμαξοστοιχιών που εκτελούν το ίδιο με το εμπορικό τρένο δρομολόγιο και βρίσκονται στην περιοχή του συμβάντος, ή εμπλέκονται άμεσα με το συμβάν. Η αναφορά ACDS παραθέτει πέντε **σενάρια που αφορούν την έκθεση σε κίνδυνο των επιβατών ενός επιβατικού τρένου**.

- 1) Έκθεση επιβατικού τρένου το οποίο βρίσκεται ακινητοποιημένο εντός της ζώνης που χαρακτηρίζεται επικίνδυνη, λόγω διαρροής από κάποιο εμπορικό τρένο.
- 2) Σύγκρουση ενός επιβατικού τρένου και ενός τρένου μεταφοράς επικίνδυνων υλικών, με επακόλουθη πρόσκληση διαρροής στο δεύτερο.
- 3) Σύγκρουση ενός επιβατικού τρένου με ένα εμπορικό, στο οποίο είχε ήδη εκδηλωθεί διαρροή.
- 4) Επιβατική αμαξοστοιχία εισέρχεται σε επικίνδυνη ζώνη όπου προηγουμένως έχει εκδηλωθεί διαρροή επικίνδυνης ουσίας από φορτίο εμπορικού τρένου.
- 5) Επιβατική αμαξοστοιχία εισέρχεται σε επικίνδυνη ζώνη και επιπλέον συγκρούεται με το φορτηγό τρένο του 4ου σεναρίου, προκαλώντας επιδείνωση της διαρροής.

Τα παραπάνω σενάρια εξετάζονται σε συνδυασμό με τις επικρατούσες ανεμολογικές συνθήκες. Συγκεκριμένα διερευνάται η περίπτωση

- α) ανέμου που πνέει παράλληλα με τις γραμμές του τρένου και
- β) άνεμος που πνέει κάθετα στις γραμμές του τρένου.

Το ποσοστό των βαγονιών του επιβατικού τρένου που εμπλέκονται στο ατύχημα εκφράζει το λόγο

του μήκους της επικίνδυνης ζώνης προς το ολικό μήκος του τρένου.

Η παράγραφος αυτή ολοκληρώνεται με μία αναφορά στο ρυθμό ανανέωσης του εσωτερικού αέρα στα βαγόνια μιας επιβατικής αμαξοστοιχίας. Σε όλα σχεδόν τα σύγχρονα τρένα, ο ρυθμός εξαερισμού ρυθμίζεται μέσω του κλιματισμού από το βαγόνι του μηχανοδηγού. Η συνήθης ρύθμιση είναι της τάξης των 13 αλλαγών αέρα ανά ώρα. Στην καμπίνα του μηχανοδηγού ο ρυθμός εξαερισμού είναι περίπου 6 φορές μεγαλύτερος, γεγονός που σημαίνει ότι ο οδηγός είναι πρακτικά εκτεθειμένος στις συνθήκες του εξωτερικού αέρα και συνεπώς περισσότερο επιφερεπής σε ενδεχόμενη τοξική μόλυνση.

Θαλάσσιες μεταφορές

Τα αυχήματα που συμβαίνουν κατά τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων δια της θαλάσσιας οδού, αποτελούν σοβαρή απειλή όχι μόνο για την ανθρώπινη ζωή, αλλά και το περιβάλλον. Διαρροές μιας επικίνδυνης χημικής ουσίας είναι πιθανό να σημειωθούν λόγω αστοχίας των τοιχωμάτων των δεξαμενών του φορτίου ή κατά τη διάρκεια των εργασιών φορτοεκφόρτωσης του υλικού. Ένα από τα επικρατέστερα σενάρια είναι η απελευθέρωση μεγάλης ποσότητας ενός πτητικού εύφλεκτου ή τοξικού υγροποιημένου αερίου στο νερό της θάλασσας. Το υλικό που διαρρέει στη θάλασσα, εξατμίζεται με ταχύτατους ρυθμούς, με ταυτόχρονη δημιουργία εύφλεκτου ή τοξικού νέφους. Ένα τέτοιο περιστατικό χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα επικίνδυνο σε περίπτωση που η εξέλιξη αυτή συμβεί εντός ή πλησίον των εγκαταστάσεων του λιμένα.

Ένα ακόμη σενάριο αυχήματος που συγκεντρώνει αρκετό ενδιαφέρον αποτελεί η εκδήλωση πυρκαγιάς ή έκρηξης στο εσωτερικό του πλοίου. Τα αυχήματα αυτού του είδους, δε θεωρούνται σπάνια και εγκυμονούν σοβαρότατους κινδύνους, απειλώντας την ακεραιότητα του σκάφους και τις ζωές των μελών του πληρώματος. Το εναρκτήριο γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε γενικευμένη πυρκαγιά ή έκρηξη, είναι συνήθως η εκδήλωση φωτιάς στο μηχανοστάσιο, το αντλιοστάσιο ή σε κάποια δεξαμενή φορτίου. Ιδιαίτερος κίνδυνος υπάρχει όταν το μεταφερόμενο φορτίο αποτελούν εκρηκτικές ύλες. Μερικές από τις κατασφρικότερες εκρήξεις στην ιστορία της ναυσιπλοΐας αφορούσαν φορτία νιτρικού αιματινού τα οποία είναι ισχυρά εκρηκτικά.

Το σενάριο της ολικής ή μερικής απώλειας ενός φορτίου πετρελαιοειδών λαμβάνεται σοβαρά υπόψη λόγω της εκτεταμένης απειλής που παρουσιάζει για το θαλάσσιο περιβάλλον. Το πετρέλαιο διακινείται κατά κανόνα σε πολύ μεγάλες ποσότητες, ενώ η ρύπανση σε περίπτωση διάχυσής του στη θάλασσα, προκαλεί περιβαλλοντικές βλάβες που είναι πολύ δύσκολο να αποκατασταθούν.

Τα σενάρια των αυχημάτων στις θαλάσσιες μεταφορές διαπραγματεύεται το παρόντημα 7 της αναφοράς ACDS. Ωστόσο, οι περιγραφές περιορίζονται στους κινδύνους εντός των λιμένων, που θεωρούνται σταθερές εγκαταστάσεις.

Τα κυριότερα **είδη συμβάντων** που μπορούν να οδηγήσουν σε ατύχημα μεγάλης έκτασης είναι:

- α) σύγκρουση δύο πλοίων εν κινήσει
- β) προσάραξη του πλοίου σε αβαθή νερά
- γ) πρόσκρουση κινούμενου σκάφους σε άλλο που είναι ελλιμενισμένο
- δ) πρόσκρουση του σκάφους στην αποβάθρα.

Ειδικότερα όσον αφορά τα **δεξαμενόπλοια** οι πιθανές επιπτώσεις των παραπάνω συμβάντων περιλαμβάνουν ρήγματα από:

- α) σύγκρουση σε σημείο πάνω από την επιφάνεια του νερού
- β) σύγκρουση σε σημείο κάτω από την επιφάνεια του νερού
- γ) προσάραξη και

δ) πρόσκρουση στην προβλήτα.

Προκειμένου για φορτηγά πλοία μεταφοράς υγραερίου ως πιθανές επιπτώσεις λαμβάνονται:

α) ψυχρή διαρροή μέσω κάποιας οπής

β) ψυχρό ρήγμα της δεξαμενής του φορτίου.

Η διάμετρος της οπής σε περίπτωση ψυχρής διαρροής θεωρείται ίση με αυτή του σωλήνα πλήρωσης. Στην περίπτωση της ψυχρής διάρρηξης της δεξαμενής, η διαρροή θεωρείται στιγμιαία όταν το φορτίο αφορά υγραέριο υπό πίεση (pressurized), ή διάρκειας μεγαλύτερης των πέντε λεπτών όταν το φορτίο είναι σε κατάσταση ψύξης (refrigerated). Γίνεται επίσης η υπόθεση ότι το 90% των περιπτώσεων αφορούν απλές διαρροές και το 10% ρήγματα δεξαμενών του φορτίου.

Εκτός από τα παραπάνω, η αναφορά ACDS προβλέπει επιπλέον τέσσερα **σενάρια ατυχήματος στα πλαίσια της θαλάσσιας μεταφοράς**:

α) διαρροή κατά τις εργασίες φορτοεκφόρτωσης

β) έκρηξη σε δεξαμενόπλοιο υγρών καυσίμων

γ) εκδήλωση φωτιάς σε δεξαμενόπλοιο υγραερίου και

δ) έκρηξη νιτρικού αμμωνίου σε φορτηγό πλοίο.

Μία διαρροή φορτίου που συμβαίνει για οποιοδήποτε από τους προαναφερθέντες λόγους είναι δυνατό, ανάλογα πάντα με τη διάρκεια και την έκτασή της, να προκαλέσει φωτιά, έκρηξη ή τοξική μόλυνση. Σε περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς στο σκάφος, στατιστικά αποδεικνύεται ότι η πιθανότητα απώλειας φορτίου είναι 0,7%, με την προϋπόθεση ότι το 90% των περιστατικών αφορά «θερμές» διαρροές (διαρροές λόγω υπερθέρμανσης) και το 10% «θερμά» ρήγματα. Οι θερμές διαρροές αντιμετωπίζονται ως διαρροές από τη βαλβίδα ανακούφισης, το υλικό των οποίων καταναλίσκεται από την πυρκαγιά. Η αντιμετώπιση των θερμών ρήγμάτων εξαρτάται από τη φύση του φορτίου.

Τα θερμά ρήγματα σε δεξαμενές πεπιεσμένου υγραερίου οδηγούν σε εκδήλωση φωτιάς με τη μορφή πύρινης σφαίρας. Η χωρητικότητα των δεξαμενών του φορτίου είναι συνήθως της τάξης των εκατοντάδων τόνων, γεγονός που καθιστά αδύνατη την εκτίμηση του μεγέθους της πύρινης σφαίρας με τη βοήθεια συμβατικών μοντέλων. Αντίστοιχα, η δημιουργία θερμού ρήγματος σε δεξαμενή κατεψυγμένου εύφλεκτου αερίου θεωρείται ότι μπορεί να οδηγήσει επίσης σε φωτιά πύρινης σφαίρας, χωρίς ωστόσο αυτό να είναι απολύτως βέβαιο. Πιθανότερη στην περίπτωση αυτή είναι η δημιουργία φωτιάς λίμνης. Το μέγεθος του κινδύνου που χαρακτηρίζει τα δύο τελευταία ενδεχόμενα είναι συγκρίσιμο.

Η πιθανή εξέλιξη των σεναρίων της «ψυχρής» διαρροής και του «ψυχρού» ρήγματος σε δεξαμενόπλοια με φορτίο πεπιεσμένο ή κατεψυγμένο υγραέριο διερευνάται με βάση τα διάφορα υπολογιστικά μοντέλα διασποράς πυκνών αερίων (dense gas). Παράλληλα εφαρμόζονται τα αντίστοιχα μοντέλα ανάφλεξης, προκειμένου να εκτιμηθεί το ποσοστό των περιστατικών που καταλήγει σε ανάφλεξη του σχηματιζόμενου νέφους. Γενικά γίνεται η παραδοχή ότι το 10% των περιπτώσεων ανάφλεξης αφορά εκρήξεις νέφους αερίου και το 90% φωτιές νέφους αερίου.

Οι εκρήξεις εύφλεκτων υγρών αποτελούν ακόμα μία κατηγορία πιθανών συμβάντων που λαμβάνονται υπόψη. Η μοντελοποίηση τέτοιων περιστατικών όσον αφορά την αναπτυσσόμενη υπερπίεση και τα εκτοξευόμενα θραύσματα δείχνει ότι η ακτίνα δράσης τους έχει σχετικά τοπικό χαρακτήρα και περιορίζεται ως επί το πλείστον στο ίδιο το σκάφος. Ωστόσο, οι εκρήξεις αυτές κατά κανόνα προκαλούν μεγάλες μεταξύ του πληρώματος του σκάφους.

Τα σενάρια που αναφέρονται σε εκρήξεις νιτρικού αμμωνίου αναλύονται με βάση το μοντέλο του ισοδύναμου TNT. Για συσκευασμένο νιτρικό αμμώνιο η ισοδύναμη ποσότητα TNT λαμβάνεται ίση με

το 13% της συνολικής μάζας του φορτίου, ενώ για χύδην φορτίο ίση με το 33% της μάζας του.

Έναν από τους μεγαλύτερους κινδύνους κατά τη μεταφορά υγραερίου αποτελεί ενδεχόμενη εκτεταμένη διαρροή του φορτίου στη θάλασσα λόγω ρήγματος που προκλήθηκε από προσάραξη ή σύγκρουση με άλλο σκάφος, ή λόγω εσφαλμένου χειρισμού κατά τις εργασίες φορτοεκφόρτωσης, γεγονός που σε συνδυασμό με ανάφλεξη, μπορεί να καταλήξει σε μεγάλη φωτιά ή έκρηξη στο δεξαμενόπλοιο.

Από την άλλη πλευρά, τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς τοξικών χημικών ουσιών τείνουν να παρουσιάζουν διαφορετικής φύσης κινδύνους από αυτούς που εγκυμονεί η μεταφορά εύφλεκτων υγρών ή αέριων καινούριων. Τα σενάρια που ανταποκρίνονται στην περίπτωση αυτή αναφέρονται στην πιθανότητα πρόκλησης αλυσιδωτής χημικής αντίδρασης, έκρηξης, τοξικής διαρροής στον αέρα και τοξικής μόλυνσης της θάλασσας και της ακτής.

Η εκτίμηση της έκθεσης του γενικού πληθυσμού και του προσωπικού των λιμένων στους κινδύνους που συνεπάγονται τα ατυχήματα στις θαλάσσιες μεταφορές, υλοποιείται κυρίως με τη συνδρομή των στοιχείων της πρόσφατης απογραφής της επίμαχης περιοχής. Η επιφάνεια της περιοχής χωρίζεται σε τμήματα με τη βιοήθεια νοητού πλέγματος που αποτελείται από τετράγωνα με πλευρά μήκους 100 μέτρων. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, κάθε τετράγωνο λαμβάνει μία αριθμητική τιμή, ή οποία εκφράζει τον αριθμό των ανθρώπων που βρίσκονται στο εσωτερικό του. Η κατανομή του πληθυσμού κυμαίνεται ανάλογα με την ώρα της ημέρας. Οι τιμές που αφορούν τις νυχτερινές ώρες βασίζονται στα δεδομένα των απογραφών, ενώ οι αντίστοιχες που αφορούν τις πρωινές ώρες προκύπτουν με συνδυασμό πληροφοριών τόσο από τις τελευταίες απογραφές, όσο και από την οικονομική δραστηριότητα στην περιοχή.

4.6. Συντονισμός δυνάμεων καταστολής

Η ολομέτωπη συνεργασία και η ανάπτυξη αμοιβαίας εμπιστοσύνης μεταξύ των φορέων που εμπλέκονται στην καταστολή ενός ατυχήματος αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την επιτυχή εφαρμογή του συνόλου των διαδικασιών που προβλέπει κάθε σχέδιο αντιμετώπισης εκτάκτων καταστάσεων. Το έργο που καλείται να υλοποιήσει το προσωπικό των δυνάμεων επέμβασης χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες δράσεις υψηλής προτεραιότητας μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται:

- α) η απομάκρυνση των θεατών και των διερχόμενων από το σημείο του ατυχήματος
 - β) ο έλεγχος των διαρροών των επικίνδυνων χημικών φορτίων
 - γ) απομάκρυνση όλων των πηγών ανάφλεξης από το χημικό φορτίο ώστε να περιοριστεί η πιθανότητα πυρκαγιάς και επακόλουθης έκρηξης
 - δ) η συγκέντρωση πληροφοριών για τις επικίνδυνες χημικές ιδιότητες του φορτίου (χαμηλό σημείο βρασμού, πιθανότητα αυτανάφλεξης, βίαιης αντίδρασης με το νερό κ.α.), προκειμένου να καθοριστεί η στρατηγική αντιμετώπισης του συμβάντος και
 - ε) η ενημέρωση του συντονιστικού οργάνου που εποπτεύει τις ενέργειες καταστολής του ατυχήματος.
- Ο γενικός ρόλος και οι αρμοδιότητες των κυριότερων ομάδων επέμβασης όπως η αστυνομία και η προσβεστική υπηρεσία αναπτύχθηκαν στην ενότητα 4.4. Ωστόσο οι ενέργειες των εμπλεκόμενων υπηρεσιών εντάσσονται σε ένα πλαίσιο συνεργασίας και δράσεων το οποίο καθορίζεται συνήθως από ένα συντονιστικό όργανο που εκτελεί χρέη επικεφαλής του καταστατικού έργου στον τόπο του ατυχήματος. Το ρόλο του συντονισμού των ενεργειών αναλαμβάνει το Κέντρο Ελέγχου Έκτακτης Ανά-

γης (Emergency Control Centre), ή πιο απλά Κέντρο Επιχειρήσεων (KE), το οποίο συγκροτείται σε περιπτώσεις ατυχημάτων μεγάλης έκτασης και επιφορτίζεται με τη διαχείριση της κρίσης. Κατά κανόνα, η εγκατάσταση του Κέντρου Επιχειρήσεων πραγματοποιείται σε σημείο εκτός της ζώνης άμεσης επέμβασης και σε ικανή απόσταση από το κέντρο του ατυχήματος ώστε να παρέχει τη μέγιστη δυνατή ασφάλεια. Ένα ακόμη κριτήριο επιλογής της τοποθεσίας του KE αποτελεί η επαρκής πρόσβαση τόσο στον τόπο του συμβάντος, όσο και στο κύριο οδικό δίκτυο. Οι προδιαγραφές του KE θα πρέπει να εξασφαλίζουν την απρόσκοπη λειτουργία του ακόμα και σε αντίξεις συνθήκες, όπως αυτές που επικρατούν σε περιπτώσεις πυρκαγιάς, έκρηξης ή διαρροής τοξικών ουσιών. Εάν υφίσταται κίνδυνος σχηματισμού τοξικού νέφους, κρίνεται σκόπιμο ο σχεδιασμός του KE να υλοποιείται με τρόπο που να το καθιστά ικανό να ανταπεξέλθει επιχειρησιακά ακόμα και στην περίπτωση που το νέφος επηρεάσει το σημείο όπου αυτό έχει εγκατασταθεί. Ωστόσο, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες των μετακινήσεων του προσωπικού που επανδρώνει το KE, τόσο κατά την άφιξή του στο σημείο, όσο και κατά τη διάρκεια εξέλιξης του συμβάντος. Οι μετακινήσεις του προσωπικού σε περιβάλλον τοξικής μόλυνσης δέοντας είναι να αποφεύγονται ή τουλάχιστον να περιορίζονται στις απολύτως απαραίτητες.

Καθοριστικό παράγοντα όσον αφορά την ευελιξία και την αποτελεσματικότητα του Κέντρου Διαχείρισης μιας σοβαρής κρίσης, συνιστά η ικανότητα αξιόπιστης αμφίδρομης επικοινωνίας με τα διοικητικά κέντρα όλων των εμπλεκόμενων υπηρεσιών, καθώς και με τους επικεφαλής των ομάδων επέμβασης στον τόπο του ατυχήματος. Η επικοινωνία αυτή υλοποιείται με τη βοήθεια σταθερών τηλεφωνικών συνδέσεων, ασύρματων συσκευών και κινητών τηλεφώνων. Η αδιάλειπτη λειτουργία των συστημάτων επικοινωνίας κατά τη διάρκεια μιας κατάστασης έκτακτης ανάγκης είναι ζωτικής σημασίας. Το KE θα πρέπει να είναι εφοδιασμένο με επαρκή αριθμό σταθερών τηλεφωνικών συνδέσεων και συσκευών, με πρόσβαση σε εξωτερικές τηλεφωνικές γραμμές. Είναι επίσης απαραίτητο να διασφαλιστεί ότι οι εξωτερικές γραμμές δεν θα καταλαμβάνονται ταυτόχρονα από εισερχόμενα τηλεφωνήματα. Για το σκοπό αυτό, είναι επιτακτική η διάθεση μίας τουλάχιστον εξωτερικής γραμμής χωρίς αριθμό κλήσης που προορίζεται αποκλειστικά για εξερχόμενα τηλεφωνήματα. Η αδιάκοπη και ομαλή λειτουργία του συστήματος επικοινωνίας υποστηρίζεται από την ύπαρξη αξιόπιστης τροφοδοσίας ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία συνήθως παρέχεται από ειδικές μπαταρίες ή τροφοδοτικά αδιάλειπτης παροχής ισχύος, τα γνωστά UPS. Εκτός από τις σταθερές τηλεφωνικές συνδέσεις, σε πολύτιμο εργαλείο επικοινωνίας αναδεικνύονται και τα κινητά τηλέφωνα που συνιστούν ουσιαστικά μία προέκταση του βασικού τηλεφωνικού δικτύου. Από την άλλη πλευρά, η χοήση φορητών ασύρματων συσκευών προσφέρει τη δυνατότητα άμεσης επικοινωνίας του KE με τα μέλη των επιμέρους ομάδων επέμβασης που δραστηριοποιούνται στον τόπο του ατυχήματος αποτελώντας το κύριο μέσο λήψης και διαβίβασης εντολών και οδηγιών σε πραγματικό χρόνο.

Πέρα από τα μέσα επικοινωνίας και ανάλογα με τη φύση του περιστατικού, το KE εφοδιάζεται με είδη έκτακτης ανάγκης όπως αναπνευστικές συσκευές, όργανα μέτρησης της συγκέντρωσης τοξικών αερίων, εξαρτήματα διάσωσης κ.α.

Προκειμένου να επιτελέσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το έργο του συντονισμού των δυνάμεων επέμβασης, το KE θα πρέπει να έχει στη διάθεσή του ηλεκτρονικές και έντυπες βάσεις δεδομένων με όλες τις πληροφορίες που κατά περίπτωση θεωρούνται απαραίτητες στην κατεύθυνση καταστολής του συμβάντος.

Σε αυτό το υλικό περιλαμβάνονται:

- κατάλογοι με τα επικίνδυνα φορτία και τις ιδιότητές τους

- β) οδηγίες που αφορούν τα κατάλληλα μέσα πυρόσβεσης
- γ) λίστες με τα προτεινόμενα ΜΑΠ και τον υπόλοιπο εξοπλισμό ασφαλείας
- δ) λεπτομερείς χάρτες του οδικού δικτύου και των υποδομών της περιοχής του ατυχήματος.

Χρησιμοποιώντας τόσο τα παραπάνω δεδομένα όσο και τις πληροφορίες κατά την εξέλιξη του ατυχήματος, το ΚΕ αποφαίνεται για ζητήματα όπως ο καθορισμός της ακτίνας της περιοχής βιοηθητικών δράσεων, ο τρόπος δράσης και η κατανομή των δυνάμεων επέμβασης στο σημείο του συμβάντος και η έκταση της απειλούμενης περιοχής προκειμένου -εφόσον αριθμεί αναγκαίο- να κινηθεί η διαδικασία της εκκένωσής της. Στις πληροφορίες πραγματικού χρόνου περιλαμβάνονται και οι κατάλογοι με τα ονόματα του εντεταλμένου προσωπικού των δυνάμεων επέμβασης στον τόπο του περιστατικού.

Το ΚΕ επανδρώνεται από τον επικεφαλής της διαχείρισης του ατυχήματος ο οποίος είναι συνήθως ο πρόεδρος της Αστυνομίας ή της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας με μεγάλη εμπειρία στην αντιμετώπιση παρόμοιων κρίσεων, ανώτερους αξιωματικούς όλων των εμπλεκόμενων υπηρεσιών, ειδικούς εμπειρογνώμονες, καθώς και βιοηθητικό προσωπικό όπως τεχνικοί, χειριστές ασυρμάτων και ηλεκτρονικών υπολογιστών και αγγελιοφόροι. Έχοντας στη διάθεσή του τα δεδομένα των διαφόρων σεναρίων κινδύνου που έχουν προβλεφθεί στα πλαίσια του σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης, ο επικεφαλής του ΚΕ σε συνεργασία με τους υπόλοιπους αξιωματικούς που το στελεχώνουν, συντονίζει το έργο της καταστολής, προβαίνοντας σε μια συνεχή αξιολόγηση της σοβαρότητας της κατάστασης -όπως αυτή διαμορφώνεται- και εκτιμώντας την πιθανή εξέλιξη και τελική έκβαση του συμβάντος.

4.7. Ενημέρωση – Απομάκρυνση εργαζομένων και πληθυσμού

Σε περίπτωση σοβαρού ατυχήματος, καθίσταται επιτακτική η άμεση ειδοποίηση και κατόπιν η ενημέρωση ενός αριθμού εμπλεκομένων μερών. Τα μέρη αυτά κατά περίπτωση αποτελούν:

- α) το πλήρωμα του μεταφορικού μέσου
- β) το πλήρωμα γειτονικών μεταφορικών μέσων
- γ) ο γενικός πληθυσμός και
- δ) οι αρμόδιες αρχές (Αστυνομία, Πυροσβεστική Υπηρεσία κ.λπ.). Η ειδοποίηση του πληρώματος επιτυγχάνεται με τη σήμανση συναγερμού, ο οποίος θα πρέπει να ακούγεται ευδιάκριτα τόσο στους εσωτερικούς, όσο και στους εξωτερικούς χώρους του μεταφορικού μέσου. Τα ηχητικά σήματα συναγερμού, δέον είναι να συνοδεύονται και από οπτικά σήματα (π.χ. φωτεινός φάρος συναγερμού) ιδιαίτερα σε χώρους υψηλού θιρύβου (μηχανοστάσια κ.λπ.). Το σύστημα ειδοποίησης κατά κανόνα διαθέτει ικανό αριθμό σημείων με εύκολη πρόσβαση και αναγνώριση, από όπου μπορεί να δοθεί το χαρακτηριστικό σήμα συναγερμού είτε αυτόματα είτε με ενέργεια του πληρώματος. Δεν θεωρείται πρακτική η χρησιμοποίηση πολλών διαφορετικών τύπων συναγερμού. Στην πλειοψηφία των περιστατικών, δύο είδη είναι αρκετά: ένα για περίπτωση φωτιάς ή έκρηξης και ένα για περίπτωση διαρροής τοξικών ουσιών. Η έγκαιρη ειδοποίηση του πληρώματος έχει ιδιαίτερη σημασία, καθότι είναι δυνατό να περιορίσει τις συνέπειες ενός ατυχήματος, και να αποτρέψει την περαιτέρω εξέλιξη του. Τη φάση της ειδοποίησης ακολουθεί η ενημέρωση για το είδος του συμβάντος. Η ενημέρωση συνήθως περιλαμβάνει οδηγίες που απευθύνονται στο πλήρωμα και υλοποιείται μέσω συστήματος μεγαφώνων που βρίσκονται εγκατεστημένα σε όλα τα τμήματα ενός μεγάλου μεταφορικού μέσου όπως π.χ. ένα δεξαμενόπλοιο. Τα

εκπεμπόμενα μηνύματα θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από σαφήνεια και συντομία. Είναι επιθυμητό, η κοινοποίηση μιας κατάστασης έκτακτης ανάγκης να πραγματοποιείται μέσα από τυπικές διαδικασίες που έχουν προκαθοριστεί για το σκοπό αυτό. Ένα από τα ζητήματα που ανακύπτουν σε καταστάσεις κρίσης είναι η επιλογή της σειράς με την οποία θα ειδοποιηθούν τα εμπλεκόμενα μέρη.

Οι αρμόδιες αρχές θα πρέπει να ενημερωθούν αναφορικά με :

- α) τον τόπο και το χρόνο του συμβάντος
- β) το είδος του φορτίου
- γ) την κατάσταση των δεξιαμενών του φορτίου
- δ) ύπαρξη τραυματιών ή θυμάτων
- ε) τη φύση της ευρύτερης περιοχής του συμβάντος (κατοικημένη περιοχή, ύπαιθρος)
- στ) τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες
- ζ) την ενδεχόμενη συνδρομή και άλλων υπηρεσιών και
- η) τα μέσα διατήρησης της επικοινωνίας (κινητά τηλέφωνα κ.λπ.).

Παράλληλα θα πρέπει να ειδοποιηθούν όλα τα παρακείμενα μεταφορικά μέσα (σκάφη, αμαξοστοιχίες, φορτηγά αυτοκίνητα) ώστε να εντείνουν την προσοχή τους, και εφόσον κριθεί απαραίτητο να εγκαταλείψουν την περιοχή.

Ο γενικός πληθυσμός μιας περιοχής χαρακτηρίζεται κατά κανόνα από απρόβλεπτες αντιδράσεις. Οι πληροφορίες που δίνονται στη δημοσιότητα από τις αρχές και αναφέρονται στην κατάσταση έκτακτης ανάγκης θα πρέπει να απευθύνονται αποκλειστικά στον πληθυσμό που βρίσκεται σε ενδεχόμενο κίνδυνο και να είναι προσεκτικά διατυπωμένες προκειμένου να αποφευχθεί γενικευμένος πανικός. Η ενημέρωση αυτή μπορεί να περιλαμβάνει: γενικές πληροφορίες για τη φύση του ατυχήματος με έμφαση στις πιθανές συνέπειες για τον εκτιθέμενο πληθυσμό και το περιβάλλον, τα ονόματα των επικίνδυνων χημικών ουσιών που εμπλέκονται στο συμβάν και τις επικίνδυνες ιδιότητές τους, καθώς και οδηγίες αναφορικά με τους τρόπους αυτοπροστασίας και τις ενδεικνύμενες ενέργειες κατά τη διάρκεια της κρίσης. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων οι πληροφορίες αυτές μεταδίδονται από την τηλεόραση και το ραδιόφωνο.

Οι καταστάσεις έκτακτης ανάγκης που προκύπτουν στα πλαίσια ενός σοβαρού οδικού, σιδηροδρομικού ή ναυτικού ατυχήματος περιλαμβάνουν κατά κανόνα την εκκένωση της περιοχής του συμβάντος από το προσωπικό που δεν εμπλέκεται άμεσα με την αντιμετώπισή του. Είναι επίσης επιθυμητή, η απομάκρυνση του μη απαραίτητου προσωπικού από γειτονικές περιοχές ή γειτονικά μεταφορικά μέσα που ενδέχεται να εκτεθούν σε κίνδυνο σε περίπτωση κλιμάκωσης του ατυχήματος. Η διαδικασία της εκκένωσης, διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο, ιδιαίτερα σε περιστατικά που αφορούν μεταφορικά μέσα με πολυάριθμο πλήρωμα, όπως τα φορτηγά πλοία. Μία προτεινόμενη πρακτική αποτελεί η συγκέντρωση του πληρώματος σε προκαθορισμένους χώρους που βρίσκονται σε ασφαλή σημεία στο εσωτερικό του σκάφους. Τα σημεία συγκέντρωσης (assembly points) θα πρέπει να κατανέμονται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζουν εναλλακτικές διαδρομές πρόσβασης στο προσωπικό, να επισημαίνονται με ευδιάκριτη σήμανση και αριθμούς ή χαρακτήρες αναγνώρισης και να διαθέτουν τηλέφωνο ή άλλη συσκευή επικοινωνίας. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, οι χώροι συγκέντρωσης επανδρώνονται από εξουσιοδοτημένο προσωπικό επιφορτισμένο με την καταγραφή των ατόμων που καταφεύγουν σε αυτούς και τη διατήρηση της επικοινωνίας με τις εξωτερικές ομάδες επέμβασης. Με τον τρόπο αυτό, διευκολύνεται τόσο ο εντοπισμός των αγνοούμενων μελών του πληρώματος, όσο και η λήψη οδηγιών για τις περαιτέρω ενέργειες.

Ένα εκτεταμένο ατύχημα που αφορά στη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων πρακτικά μπορεί να λά-

βει χώρα οπουδήποτε κατά μήκος μιας διαδρομής, ακόμα και εντός πυκνοκατοικημένων περιοχών. Στην περίπτωση αυτή, ενέργειες όπως η απομάκρυνση των διερχόμενων και των θεατών από τον τόπο του περιστατικού, η εκτροπή της κυκλοφορίας των οχημάτων, η διατήρηση της ελεύθερης πρόσβασης των οχημάτων των ομάδων επέμβασης και η εκκένωση του γενικού πληθυσμού αποκτούν ξεχωριστή σημασία. Πολλές φορές, παρόλο που η απομάκρυνση του γενικού πληθυσμού δεν είναι αυστηρά επιβεβλημένη, οι αρχές προβαίνουν στην εκκένωση μιας περιοχής λόγω ελλιπούς πληροφόρησης σχετικά με τη φύση και το μέγεθος του κινδύνου που εγκυμονεί η έκλυση μιας χημικής ουσίας, ιδιαίτερα αν πρόκειται για τοξική. Τα περιστατικά που συνοδεύονται από φωτιές ή εκρήξεις, τείνουν να εμφανίζουν μια ταχύτατη εξέλιξη, γεγονός που καθιστά την απομάκρυνση του γενικού πληθυσμού αναποτελεσματική. Η εφαρμογή της διαδικασίας εκκένωσης της περιοχής αποκτά νόημα όταν το ατύχημα αφορά διαρροή μεγάλης ποσότητας τοξικού αερίου. Στην τελευταία περίπτωση, εκτός από την απομάκρυνση του πληθυσμού, κρίνεται σκόπιμο να εξεταστεί ως εναλλακτική μέθοδος προστασίας από το τοξικό νέφος και η παραμονή στο εσωτερικό των κτηρίων. Οι Purdy και Davies (1985) εισήγαγαν ένα μοντέλο υπολογισμού των συγκεντρώσεων ενός τοξικού αερίου τόσο στο εσωτερικό, όσο και στο εξωτερικό ενός κτηρίου κατά τη διέλευση του τοξικού νέφους. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, ένα κτήριο με ρυθμό εξαερισμού της τάξης των 2 αλλαγών αέρα ανά ώρα, προσφέρει προστασία που μειώνει το τοξικό φορτίο του ατόμου που βρίσκεται στο εσωτερικό του τουλάχιστον κατά μία τάξη μεγέθους σε σχέση με το αντίστοιχο φορτίο που θα δεχόταν στο εξωτερικό του κτηρίου. Ωστόσο, ο βαθμός προστασίας στο εσωτερικό ενός κτηρίου ελαττώνεται αισθητά εάν τα επίπεδα εξαερισμού είναι υψηλότερα. Συμπερασματικά, υψηλός βαθμός προστασίας από ένα τοξικό νέφος είναι δυνατό να επιτευχθεί εάν ο πληθυσμός παραμείνει σε εσωτερικούς χώρους, κλείνοντας πόρτες και παράθυρα. Περαιτέρω μείωση του συνολικού τοξικού φορτίου είναι εφικτή εφόσον τα άτομα εγκαταλείψουν την κατάλληλη χρονική στιγμή τον εσωτερικό χώρο –όπου ήδη έχει μολυνθεί ο αέρας– και μεταβούν σε υπαίθριο χώρο στον καθαρό αέρα. Οι παραπάνω συγγραφείς κρίνουν ότι εκτός από ορισμένες περιπτώσεις όπου συντρέχουν ειδικές συνθήκες, η αναζήτηση καταφυγίου στο εσωτερικό των κτηρίων προσφέρει αποτελεσματικότερη προστασία από ότι η εκκένωση. Ο Essery (1991) αναφέρει ότι για δεδομένη διαρροή ποσότητας χλωρίου διάρκειας 20 λεπτών, το κλάσμα της τοξικής δόσης που λαμβάνει ένα άτομο που βρίσκεται στο εσωτερικό κτηρίου με ρυθμό αερισμού 2 αλλαγές ανά ώρα είναι μόνο 4%, ενώ το αντίστοιχο κλάσμα που λαμβάνει ένα άτομο στον εξωτερικό χώρο είναι 100%.

Όσον αφορά την απομάκρυνση του γενικού πληθυσμού, διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

1. απομάκρυνση έπειτα από εκδήλωση διαρροής τοξικής ουσίας
2. απομάκρυνση λόγω αναμενόμενης έκλυσης τοξικής ουσίας και
3. απομάκρυνση μετά από τη διέλευση του τοξικού νέφους.

Στην πρώτη περίπτωση, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η πιθανότητα μετακίνησης του τοξικού νέφους σε βαθμό που εξαρτάται από τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες. Άνεμοι χαμηλής ταχύτητας της τάξης των 2 m/sec, είναι δυνατό να το μεταφέρουν σε απόσταση 1,2 χιλιομέτρων σε χρονικό διάστημα 10 λεπτών, ενώ η αντίστοιχη απόσταση για άνεμο ταχύτητας 5 m/sec ανέρχεται στα 3 km.

Η εφαρμογή της διαδικασίας απομάκρυνσης του πληθυσμού θεωρείται δικαιολογημένη και αποτελεσματική σε περίπτωση που συνεπεία κάποιου αυχήματος υπάρχει μεγάλη πιθανότητα απελευθέρωσης τοξικών ουσιών στην ατμόσφαιρα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η έκθεση μιας δεξαμενής τοξικών ουσιών σε φωτιά. Η ενδεχόμενη απώλεια περιβλήματος έπειτα από παρέλευση ικανού χρονικού διαστήματος εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται καθιστά επιτακτική

την προληπτική απομάκρυνση των κατοίκων της περιοχής.

Μετά τη διέλευση του τοξικού νέφους, είναι σκόπιμη η λήψη πρόσθετων μέτρων, που αποσκοπούν στην ελάττωση του συνολικού τοξικού φορτίου που λαμβάνει ο πληθυσμός που παραμένει σε εσωτερικούς χώρους. Τα μέτρα αυτά συνίστανται στην απομάκρυνση των ατόμων από τα κτήρια, όπου ο αέρας έχει εν τω μεταξύ μολυνθεί, και τη συγκέντρωσή τους σε υπαίθριο χώρο με χαμηλότερη συγκέντρωση του τοξικού ρύπου. Τις ενέργειες αυτές είναι δυνατό να οικολουθήσει -κατά περίπτωση και εφόσον οι συνθήκες το επιβάλλουν- η απομάκρυνση όλου του πληθυσμού από την πληγείσα περιοχή.

Στην πράξη, η εφαρμογή των μέτρων απομάκρυνσης του πληθυσμού εμπεριέχει αρκετές δυσκολίες. Δεδομένα που αφορούν περιστατικά που έλαβαν χώρα στη Μεγάλη Βρετανία συγκλίνουν στο γεγονός ότι η λήψη της απόφασης για την εφαρμογή της εκκένωσης εμφανίζει πολλές φορές κρίσιμες καθυστερήσεις. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία, θεωρείται απίθανο η απόφαση αυτή να ληφθεί μέσα στα πρώτα 30 λεπτά από την έναρξη του περιστατικού. Ακόμα όμως και όταν η απόφαση για εκκένωση της περιοχής έχει ήδη ληφθεί, η υλοποίησή της από την Αστυνομία δεν είναι πάντοτε άμεση. Σε αντίθεση με την Πυροσβεστική Υπηρεσία, οι δυνάμεις της Αστυνομίας που είναι επιφορτισμένες με την εφαρμογή των μέτρων εκκένωσης συνήθως δεν διαθέτουν τον απαραίτητο προστατευτικό εξοπλισμό (αναπνευστικές συσκευές κ.α.). Μια ακόμα δυσχέρεια κατά τη διαδικασία της εκκένωσης αποτελεί το γεγονός των κρουσμάτων έλλειψης πειθαρχίας από την πλευρά του πληθυσμού όσον αφορά στην συμμόρφωση με τις οδηγίες των αρμοδίων αρχών. Παρόλο που η συντοιπτική πλειοψηφία του κοινού συμπεριφέρεται με σύνεση και λογική σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, αποφεύγοντας τον πανικό, σε ορισμένες περιπτώσεις εντοπίζονται προβλήματα απροθυμίας των πολιτών να εγκαταλείψουν τις κατοικίες τους.

Συνοψίζοντας, θεωρείται δεδομένο ότι ένα πλήρες σχέδιο αντιμετώπισης αυχημάτων μεγάλης έκτασης θα πρέπει να ενσωματώνει, στα πλαίσια της πολιτικής προστασίας, διαδικασίες που αναφέρονται στην απομάκρυνση του γενικού πληθυσμού, αναγνωρίζοντας ωστόσο τις περιστάσεις όπου η αναζήτηση καταφυγίου σε κλειστούς χώρους παρέχει αποτελεσματικότερη προστασία από τον κίνδυνο. Παράλληλα, θα πρέπει να προβλέπεται η δυνατότητα παροχής άμεσης ιατρικής βοήθειας, στη μερίδα εκείνη του πληθυσμού που ενδέχεται να εμφανίσει προβλήματα υγείας υπό την επίδραση της τοξικότητας του χημικού ρύπου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Τα πρωτότυπα κείμενα των συμφωνιών ADR και RID βρίσκονται στην ιστοσελίδα των νομοθετημάτων της ΕΕ: europa.eu.int/eur-lex/el

1. Major Hazard Aspects of the Transport of Dangerous Goods, Reports and Appendices, ACDS (Advisory Committee on Dangerous Substances), Health and Safety Commission, HMSO, London, 1991
2. Agency for toxic Substances and Disease Registry, www.atsdr.cdc.gov
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, www.acgih.org
4. Bates G., Criss E., Spaite D., Prehospital organization-medical control of hazardous materials incidents, In : Sullivan J.B., Kreiger G.R, eds, Clinical environmental health and hazardous materials toxicology, 2nd ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 1992, 355-364
5. Binder S., Deaths, injuries and evacuations from acute hazards materials releases, Am. J. Public Health, 1989,79, 1042-1044
6. Bronstein A.C., Curromie P.L., Emergency care for hazardous materials exposure, 2nd ed., St. Louis, Mosby-Year Book, 1994
7. Burgess J.L., et al., Emergency department hazardous materials protocol for contaminated patients, Ann. Emerg. Med., 1999, 34(2), 205-12
8. Burgess J., Keifer M., Richardson M., Hazardous materials exposure information service : development, analysis and medical implications, Ann. Emerg. Med. 29(2), Feb.1997, 248-254
9. Burgess J., Papas G.I., Robertson W., Hazardous materials incidents: the Washington Poison Center Experience and approach to exposure assessment, JOEM, 39(8), Aug.1997, 760-766
10. Burgess J.L., Blackmon G.M., Brodkin V.A., Robertson, W.O., Hospital preparedness for hazardous materials incidents and treatment of contaminated patients, West J. Med, 1997, 167, 387-391
11. Burgess J.L., Keifer M.C., Barnhart S., et al, Hazardous materials exposure information service: development, analysis and medical implications, Ann. Emerg. Med., 1998, 29, 248-254
12. Burgess JL, Kirk Metal, Emergency department hazardous material protocols for contaminated patients, Ann. Emerg. Med., 1999,34, 205-212, Comments in: Ann. Emerg. Med., 1999, 34(2), 223-225
13. Guidelines for evaluating the characteristics of vapor cloud explosions, flash fires and BLEVEs, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, 1998
14. Guidelines for Chemical Transportation Risk Analysis (GCTRA), American Institute of Chemical Engineers, New York, 1995
15. Hall H.I., Dhara VR, Kaye W.E., Price-Green P., Public health consequences of hazardous substance release, Toxicol. Ind.Health, 1996, 12, 289-293
16. Hall H.I., Dhare V.R. et al, Surveillance for emergency events involving hazardous substances – U.S., 1990-1992, MMWR, 1994, 43: 1-6
17. IATA , Dangerous Goods Regulations, Η έκδοση ανανεώνεται κάθε χρόνο και θα πρέπει να εφαρμόζεται η τρέχουσα έκδοση
18. Lees F.P., Loss Prevention in the Process Industries, Butterworth-Heinemann, 2nd Edition, Oxford, 1996

19. Ludwing H., NIOSH pocket guide to chemical hazards, Washington, DC, VS Government Printing Office for the US Department of Health and Human Services (DHHS) and the National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), 1994.
20. Nakayachy K., How do people evaluate risk reduction when they are told zero risk is impossible?, Risk Analysis, 1998, 18(3), 235-242
21. NFPA 473, Standard for competencies for EMS personnel responding to hazardous materials incidents, Quincy, MA, National Fire Protection Association, 1992
22. NIOSH, www.cdc.gov/niosh.
23. OSHA, www.osha.gov
24. Sullivan F., Wang R., Jenouri I., Principles and protocols for prevention, evaluation and management of exposure to hazardous materials, Emerg. Med. Rep., 1998, 19, 21-32
25. North American Emergency Response Guide book, US Department of Transportation (DOT), Transport Canada (TC), Secretariat of Communications and Transportation of Mexico (SCT), 2nd ed., Washington, DC, 2000
26. Vilchez, J.A., Sevilla S., Montiel H., Casal J., Historical analysis of accidents in chemical plants and in the transportation of hazardous materials, 1995, J. Loss Prev. Process Ind., 8(2), 87-96
27. Γεωργιάδου Ε., Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης, ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., Αθήνα, 2001
28. Δαΐζου Α. (συλλογή και επιμέλεια), Χρονολογικός και Θεματικός Κατάλογος Νομοθετημάτων σχετικών με την Υγιεινή και Ασφάλεια στους χώρους εργασίας και το περιβάλλον (1861-2002), ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., Αθήνα, 2002
29. Δουμάνη Δ.Α., Μεταφορά Επικινδύνων Φορτίων με Πλοία, Σταυριδάκης, Πειραιάς, 1984
30. Θεοδωράτος Π. Χ., Καρακασίδης Ν. Γ., Υγιεινή - Ασφάλεια Εργασίας και Προστασία Περιβάλλοντος, 1997
31. Ίδρυμα Ευγενίδου - Υπ. Μεταφορών και Επικοινωνιών, Οδική Μεταφορά Επικινδύνων Εμπορευμάτων – Βασική Εκπαίδευση, Ίδρυμα Ευγενίδου, 1999
32. Ίδρυμα Ευγενίδου - Υπ. Μεταφορών και Επικοινωνιών, Οδική Μεταφορά Επικινδύνων Εμπορευμάτων – Μεταφορές με βυτία, Ίδρυμα Ευγενίδου, 1999
33. Ίδρυμα Ευγενίδου-Υπ. Μεταφορών και Επικοινωνιών, Οδική Μεταφορά Εκρηκτικών Υλικών- Κλάσεως 1, Ραδιενεργών Υλικών – Κλάσεως 7, Ίδρυμα Ευγενίδου, 2000
34. Μπίκος Π., Ο κλάδος της εμπορίας πετρελαιοειδών, Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Μελετών (IOBE), Ειδικά Κλαδικά Θέματα, 8, Β' Έκδοση, Αθήνα, 1997
35. Δεδούσης Η., αΙδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Μελετών (IOBE), Οδικές Εμπορευματικές Μεταφορές, Κλαδική Μελέτη 180, Αθήνα, 2001
36. Κανάραχος Α., Κουλοχέρης Δ., Οδική Μεταφορά Επικινδύνων Εμπορευμάτων σύμφωνα με την Οδηγία ADR, ΕΜΠ, 2001
37. Κώνστας Α., Διασφάλιση Οδηγών από επικίνδυνα εμπορεύματα που μεταφέρονται οδικώς σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία ADR, Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1995
38. Νόμος 1741/1987 (ΦΕΚ 225Α/21-12-87) με τον οποίο κυρώνεται από την χώρα μας η Συμφωνία ADR και οι YA 50941/40/90(104B9 και YA 71538/2868/97821B με τις οποίες έγινε η αποδοχή της αναθεωρημένης συμφωνίας ADR του 1990 και 1995, όπως επίσης και το Π.Δ. 104/99 και την YAΦ2/21099/1700/7-4-2000.
39. Οδηγία 94/55/EK σχετικά με την οδική μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων- «Συμφωνία ADR» όπως συμπληρώθηκε με την οδηγία 96/86/EK, 97/47 και 200/62/EK

40. ΟΣΕ , Έρευνα για τη διακίνηση επικινδύνων φορτίων και τον ρόλο του ΟΣΕ, Τελική Έκθεση, ΑΠΘ, Τμ Πολιτικών Μηχανικών, Επιστ. Υπεύθυνος: Καθ. Γ. Γιαννόπουλος, 1998
41. Παπαγεωργίου Β. Π., Βιομηχανική Οργανική Χημεία
42. Παπαδόπουλος Π., Γεωργιάδου Π., Η γραπτή εκτίμηση του επαγγελματικού κινδύνου (Π.Δ. 17/96) ως εργαλείου ελέγχου της επικινδυνότητας των βιομηχανικών εγκαταστάσεων – δυνατότητες και προβλήματα, Τεχνικά Χρονικά, 2000, 1, ΤΕΕ, 82-88
43. Προστασία του Περιβάλλοντος από τη βιομηχανική δραστηριότητα – Πρόληψη βιομηχανικών ατυχημάτων μεγάλης έκτασης, ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., 2000
44. Τζιρίτης Δ., Ασφάλεια από επικίνδυνες χημικές ουσίες, στα πλοία, τις τερματικές εγκαταστάσεις και τη ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία, Εκδόσεις Ναυτικών Βιβλίων Εμμ. Ν. Σταυριδάκη, Πειραιάς
45. Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε., Εντοπισμός βιομηχανιών που χρησιμοποιούν επικίνδυνες ουσίες σε επίπεδο χώρας, (Μελετητής: SPEED ΕΠΕ), Αθήνα, 1994

ΤΟ ΒΙΒΛΙΟ

ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ

ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΚΑΙ ΤΥΠΩΘΗΚΕ

ΑΠΟ ΤΟΝ

ΕΚΔΟΤΙΚΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΛΙΒΑΝΗ ΑΒΕ

Σόλωνος 98 – 106 80 Αθήνα

Τηλ. : 210 3661200, Φαξ: 210 3617791

<http://www.livanis.gr>

ΓΙΑ ΤΟ

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η ΠΑΡΟΥΣΑ ΕΙΝΑΙ Η Α' ΕΚΔΟΣΗ ΚΑΙ ΤΥΠΩΘΗΚΕ ΣΕ 2.000 ΑΝΤΙΤΥΠΑ