



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF ENGINEERING

MSc in Oil and Gas Process Systems Engineering

Διπλωματική Εργασία

**Στατιστική Ανάλυση Ατυχημάτων στις Βιομηχανίες Δύλισης, Αποθήκευσης και
Διακίνησης Πετρελαιοειδών της Ευρωπαϊκής Ένωσης**

Φοιτητής: Λογγοβίτης Ν. Σταύρος

Student ID: 20190008

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ Τσολάκης Θωμάς

Αθήνα 2022

Επιτροπή αξιολόγησης και βαθμολόγησης διπλωματικής

Δρ Αιμιλία Κονδύλη, Καθηγήτρια, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

(Όνομα)

(Υπογραφή)

Δρ Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

(Όνομα)

(Υπογραφή)

Δήλωση συγγραφής

Εγώ, ο Λογγοβίτης Σταύρος επιβεβαιώνω ότι η εργασία με τίτλο Στατιστική Ανάλυση Ατυχημάτων στις Βιομηχανίες Διύλισης, Αποθήκευσης και Διακίνησης Πετρελαιοειδών της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι δική μου δουλειά. Δεν έχω αντιγράψει κατά λέξη άλλο υλικό, εκτός από ρητά εισαγωγικά, και έχω προσδιορίσει με σαφήνεια τις πηγές του υλικού.

Λογγοβίτης Σταύρος



Υπογραφή

Αιγάλεω – Οκτώβριος 2022

Τοποθεσία και ημερομηνία

Δήλωση συγγραφέα μεταπτυχιακής εργασίας

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Λογγοβίτης Σταύρος του Νικολάου, με αριθμό μητρώου 20190008 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Βιομηχανικά Συστήματα Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».



Λογγοβίτης Σταύρος

Ο Δηλών

Περίληψη

Η βιομηχανία πετρελαίου εξακολουθεί να είναι κεντρικής σημασίας για την παγκόσμια οικονομία. Τα προϊόντα του πετρελαίου δεν αποτελούν μόνο πρωταρχική πηγή ενέργειας για τα σπίτια και τις επιχειρήσεις, αλλά είναι επίσης θεμελιώδους σημασίας για μια ακμάζουσα βιομηχανία μεταφορών. Τα προϊόντα διύλισης του πετρελαίου διυλιστηρίων καθώς και τα παραπροϊόντα της παραγωγής, όπως η αμμωνία και το θείο, αποτελούν επίσης τα βασικά συστατικά για μια μεγάλη γκάμα προϊόντων όπως πλαστικά, υφάσματα, χρώματα και βαφές, φαρμακευτικά προϊόντα, λιπάσματα και πολλά άλλα. Η παρουσία του τομέα αυτού σε οποιαδήποτε χώρα θεωρείται σημαντικό οικονομικό πλεονέκτημα.

Η διύλιση πετρελαίου αποτελεί επίσης μια βιομηχανία υψηλού κινδύνου, καθώς οι περισσότερες εγκαταστάσεις επεξεργάζονται ετησίως χιλιάδες τόνους πετρελαίου για τη παραγωγή διαφόρων προϊόντων διύλισης, πολλά από τα οποία είναι εύφλεκτα, εκρηκτικά ή και τοξικά για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Ταυτόχρονα, τα διυλιστήρια είναι μεγάλες και πολύπλοκες βιομηχανικές εγκαταστάσεις με πολλές παραγωγικές μονάδες οι οποίες λειτουργούν σε συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Αυτός ο συνδυασμός παραγόντων στις εγκαταστάσεις διυλιστηρίων καθιστά δυνατό να εκδηλωθεί μία σειρά επικίνδυνων καταστάσεων που μπορούν τελικά να οδηγήσουν στη πρόκληση κάποιου σοβαρού ατυχήματος το οποίο θα επηρεάσει άμεσα τους εργαζόμενους, το περιβάλλον καθώς και την περιβάλλουσα κοινωνική δραστηριότητα.

Με σκοπό την αποτροπή αυτών των επικινδύνων καταστάσεων στο μέλλον, οι ειδικοί της βιομηχανίας πετρελαίου, έχουν τονίσει τη σημασία ενός συστήματος αναφοράς για βιομηχανικά ατυχήματα και συμβάντα των οποίων η μελέτη και η ανάλυση θα αποτελέσει σημαντικό εργαλείο πρόληψης. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει δημιουργήσει για το σκοπό αυτό το σύστημα αναφοράς μεγάλων ατυχημάτων (MARS) για την αναφορά μεγάλων ατυχημάτων στα κράτη μέλη. Το MARS (το οποίο αργότερα μετονομάστηκε σε eMARS όταν η πλατφόρμα έγινε διαδικτυακή) δημιουργήθηκε το 1982 να καλύψει την ανάγκη ενός συστήματος αναφοράς μεγάλων ατυχημάτων όπως αυτό ορίζεται στη ευρωπαϊκή οδηγία SEVESO I.

Η παρούσα εργασία κάνει μια ανάλυση όλων των αναφερόμενων ατυχημάτων και συμβάντων στην βιομηχανία πετρελαιοειδών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την περίοδο από το 1985 έως 2019 και αφορά 166 περιστατικά που συλλέχθηκαν από τη διαδικτυακή πλατφόρμα eMars. Η ανάλυση γίνεται βάσει όλων των πεδίων των αναφορών με σκοπό να βρεθούν κοινά μοτίβα, τα οποία θα βοηθήσουν στη βαθύτερη κατανόηση των αιτιών που μπορούν να οδηγήσουν σε κάποιο μεγάλο ατύχημα.

Προκειμένου να γίνουν κατανοητές όλες οι παράμετροι της ανάλυσης έχει προηγηθεί μία εκτενής αναφορά στη δομή των βιομηχανικών εγκαταστάσεων πετρελαιοειδών και στους κινδύνους που τις διέπουν.

Στα πλαίσια της εργασίας γίνεται επίσης αναφορά στα βιομηχανικά ατυχήματα μεγάλης έκτασης (B.A.M.E.) καθώς και στο νομικό πλαίσιο που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για την αποτροπή τους.

Επίσης, πριν την παρουσίαση της ανάλυσης των αναφορών για ατυχήματα στις εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, γίνεται μία παρουσίαση αντίστοιχων αναλύσεων που έχουν γίνει από άλλους συγγραφείς κατά το παρελθόν με σκοπό να εντοπιστούν τα κοινά σημεία και οι παράμετροι που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε κάποιο μεγάλο ατύχημα καθώς επίσης και να τονιστούν οι διορθωτικές κινήσεις που προτείνονται μετά την ανάλυση, οι οποίες θα απέτρεπαν να συμβεί κάτι παρόμοιο στο μέλλον.

Πίνακας Περιεχομένων

| | |
|---|----|
| Επιτροπή αξιολόγησης και βαθμολόγησης διπλωματικής..... | 2 |
| Δήλωση συγγραφής..... | 3 |
| Δήλωση συγγραφέα μεταπτυχιακής εργασίας..... | 4 |
| Περίληψη..... | 5 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή..... | 11 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Περιγραφή Παραγωγικών Διαδικασιών στη Βιομηχανία Διύλισης Πετρελαίου..... | 12 |
| 2.1 Το Αργό Πετρέλαιο και τα Προϊόντα Διύλισης..... | 12 |
| 2.2 Κύρια Προϊόντα Διύλισης Πετρελαίου..... | 13 |
| 2.3 Διεργασίες Διύλισης Πετρελαίου..... | 14 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Επικίνδυνοι Παράγοντες στις Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις Πετρελαιοειδών ... | 18 |
| 3.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την επικινδυνότητα των βιομηχανικών εγκαταστάσεων..... | 18 |
| 3.2 Περιγραφή γενικών κινδύνων για την Υγεία και την Ασφάλεια των εγκαταστάσεων | 19 |
| 3.2.1 Κίνδυνοι Πυρκαγιάς..... | 19 |
| 3.2.2 Είδη φωτιάς..... | 19 |
| 3.2.3 Κίνδυνοι Έκρηξης..... | 21 |
| 3.2.4 Κίνδυνοι Χημικών Αντιδράσεων | 23 |
| 3.2.5 Κίνδυνοι από τη διαχείριση Χημικών | 24 |
| 3.2.6 Κίνδυνοι κατά την εργασία σε «Κλειστό Χώρο»..... | 24 |
| 3.2.7 Κίνδυνοι από Πίεση | 25 |
| 3.2.8 Κίνδυνοι από Διάβρωση..... | 26 |
| 3.2.9 Κίνδυνοι από επικαθίσεις σε εξοπλισμό | 26 |
| 3.2.10 Κίνδυνοι από Διαρροή | 26 |
| 3.2.11 Κίνδυνοι από Ηλεκτρισμό..... | 27 |
| 3.2.12 Κίνδυνοι από τη χρήση Ηλεκτρονικών Συστημάτων | 28 |
| 3.2.13 Κίνδυνοι από τη Χωροταξική Διάταξη των εγκαταστάσεων | 28 |
| 3.2.14 Κίνδυνοι Φυσικών Καταστροφών και Εξωγενών Παραγόντων | 30 |
| 3.2.15 Άλλοι παράγοντες κινδύνου για το προσωπικό..... | 30 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Βιομηχανικό Ατύχημα Μεγάλης Έκτασης | 31 |
| 4.1 Ορισμός Βιομηχανικού Ατυχήματος Μεγάλης Έκτασης..... | 31 |
| 4.2 Νομοθεσία Βιομηχανικών Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης (SEVESO I, II, III)..... | 32 |
| 4.2.1 Ιστορική Αναδρομή..... | 32 |
| 4.2.2 Νομική Βάση..... | 33 |
| 4.3 Πεδίο Εφαρμογής | 33 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Βιβλιογραφική επισκόπηση στατιστικών στοιχείων για ατυχήματα στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών..... | 34 |

| | | |
|-------------------|---|----|
| 5.1 | Μεθοδολογία..... | 34 |
| 5.2 | Σχετικές μελέτες | 35 |
| 5.2.1 | Συνολικός τομέας Βιομηχανίας Πετρελαιοειδών | 35 |
| 5.2.2 | Τομέας διύλισης πετρελαίου | 37 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 | Στατιστική ανάλυση ατυχημάτων στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. | 39 |
| 6.1 | Μεθοδολογία συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων | 39 |
| 6.2 | Βασικές έννοιες..... | 40 |
| 6.3 | Παρουσίαση αποτελεσμάτων στατιστικής ανάλυσης | 42 |
| 6.3.1 | Τύπος περιστατικού..... | 42 |
| 6.3.2 | Ευρωπαϊκή οδηγία SEVESO στην οποία εμπίπτει το περιστατικό | 43 |
| 6.3.3 | Τύπος βιομηχανικών εγκαταστάσεων που συνέβη το περιστατικό | 44 |
| 6.3.4 | Χώρα στην οποία έλαβε μέρος το περιστατικό | 45 |
| 6.3.5 | Έτος κατά το οποίο έλαβε μέρος το περιστατικό | 46 |
| 6.3.6 | Μήνας κατά τον οποίο έλαβε μέρος το περιστατικό | 47 |
| 6.3.7 | Ημέρα κατά την οποία έλαβε μέρος το περιστατικό | 48 |
| 6.3.8 | Ωρα κατά την οποία έλαβε μέρος το περιστατικό | 49 |
| 6.3.9 | Είδος ατυχήματος..... | 50 |
| 6.3.10 | Εμπλεκόμενες Ουσίες | 51 |
| 6.3.11 | Μονάδα βιομηχανικής εγκατάστασης που συνέβη το περιστατικό..... | 53 |
| 6.3.12 | Κατάσταση λειτουργίας μονάδων των βιομηχανικών εγκαταστάσεων..... | 55 |
| 6.3.13 | Αιτίες που οδήγησαν στο περιστατικό | 57 |
| 6.3.14 | Επιπτώσεις περιστατικών | 59 |
| 6.3.15 | Κόστος περιστατικών | 67 |
| 6.3.16 | Διορθωτικές κινήσεις | 68 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 | Συμπεράσματα..... | 70 |
| 7.1 | Η αξία του συστήματος συλλογής και επεξεργασίας αναφορών ατυχημάτων | 70 |
| 7.2 | Η αξία αναφοράς των παρ' ολίγον ατυχημάτων | 70 |
| 7.3 | Συμπεράσματα στατιστικής ανάλυσης..... | 71 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | | 74 |

Λίστα Διαγραμμάτων

| | |
|---|----|
| Διάγραμμα 1. Αριθμός αναφορών ανά τύπο περιστατικού | 43 |
| Διάγραμμα 2. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά οδηγία SEVESO στην οποία εμπίπτουν | 44 |
| Διάγραμμα 3. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά τύπο βιομηχανικών εγκαταστάσεων | 45 |
| Διάγραμμα 4. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά χώρα στην οποία έλαβαν μέρος | 46 |
| Διάγραμμα 5. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά έτος κατά το οποίο σημειώθηκαν | 47 |
| Διάγραμμα 6. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά μήνα κατά το οποίο σημειώθηκαν | 48 |
| Διάγραμμα 7. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά ημέρα κατά την οποία σημειώθηκαν | 49 |
| Διάγραμμα 8. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά ώρα ημέρας κατά την οποία σημειώθηκαν | 50 |
| Διάγραμμα 9. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά είδος ατυχήματος | 51 |
| Διάγραμμα 10. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά είδος ατυχήματος | 52 |
| Διάγραμμα 11. Ποσοστό αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά είδος μονάδας των βιομηχανικών εγκαταστάσεων | 55 |
| Διάγραμμα 12. Ποσοστό αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά κατάσταση λειτουργίας των εγκαταστάσεων | 57 |
| Διάγραμμα 13. Κύριες κατηγορίες αιτίων που οδήγησαν σε περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. | 58 |
| Διάγραμμα 14. Κύριες κατηγορίες επιπτώσεων από περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. | 60 |
| Διάγραμμα 15. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά βαθμό επίπτωσης στην ανθρώπινη υγεία | 62 |
| Διάγραμμα 16. Συνολικός αριθμός ανθρώπων των οποίων η υγεία επηρεάστηκε από κάποιο περιστατικό στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά βαθμό επίπτωσης | 63 |
| Διάγραμμα 17. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά τύπο επίπτωσης στο περιβάλλον | 64 |
| Διάγραμμα 18. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά τύπο επίπτωσης στη κοινωνία | 66 |
| Διάγραμμα 19. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά κόστος περιστατικού | 68 |
| Διάγραμμα 20. Ποσοστό διορθωτικών κινήσεων στις αναφορές για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. | 69 |

Λίστα Πινάκων

| | |
|--|----|
| Πίνακας 1. Βασικά Προϊόντα Απόσταξης Αργού Πετρελαίου..... | 13 |
| Πίνακας 2. Κίνδυνοι Χημικών Αντιδράσεων | 24 |
| Πίνακας 3. Κατηγορίες ουσιών και ουσίες που περιλαμβάνονται στις αναφορές για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε..... | 53 |
| Πίνακας 4. Βαθμός επιπτώσεων σε κτήρια και επιχειρήσεις | 66 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 **Εισαγωγή**

Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις διύλιση και αποθήκευσης πετρελαίου είναι μεγάλες και πολύπλοκες βιομηχανικές εγκαταστάσεις με πολλές παραγωγικές μονάδες οι οποίες αποθηκεύουν, κατεργάζονται και παράγουν εκατομμύρια τόνους αργού πετρελαίου και πετρελαιοειδών αντίστοιχα. Εξαιτίας των ιδιοτήτων των ουσιών και των συνθηκών λειτουργίας των μονάδων τους, περιστατικά που εκδηλώνονται σε αυτές είναι δυνατό να εξελιχθούν σε ατυχήματα μεγάλης έκτασης με σημαντικές επιπτώσεις κι εκτός της εγκατάστασης.

Η πείρα που έχει συσσωρευτεί από προηγούμενες αναλύσεις ατυχημάτων στη βιομηχανία πετρελαιοειδών έχει δείξει ότι παρά τα καινοτόμα και αξιόπιστα συστήματα ασφαλείας που έχουν δημιουργηθεί και εφαρμοστεί στη παραγωγική διαδικασία, μαζί με τις εξελιγμένες μεθόδους που έχουν επινοηθεί για τον εντοπισμό των τρωτών της σημείων, ατυχήματα μεγάλης έκτασης εξακολουθούν να συμβαίνουν. Οι Chung και Jefferson (1998) ισχυρίζονται ότι η βιομηχανία πετρελαιοειδών στο σύνολό της δεν μαθαίνει από τα παρελθόντα ατυχήματα, ενώ ο Kletz (1997) αναφέρει ότι λάθη στο σχεδιασμό και στη λειτουργία επαναλαμβάνονται συνεχώς, με αποτέλεσμα να επαναλαμβάνονται και παρόμοια ατυχήματα. Αυτή η ανικανότητα, ωστόσο, να διδαχθούμε από τα περιστατικά του παρελθόντος δεν είναι εκ προθέσεως από σχεδιαστές ή χειριστές αλλά μάλλον αντικατοπτρίζει ένα εμπόδιο στην ανθρώπινη αντίληψη και ικανότητα.

Αυτό δείχνει ότι αν και οι γνώσεις που απαιτούνται για τη πρόληψη ενός μεγάλου βιομηχανικού ατυχήματος ή την ελαχιστοποίηση των συνεπειών του υπάρχουν, η έλλειψη της κατάλληλης κουλτούρας ασφάλειας που να επιτρέπει την αποτελεσματική χρήση αυτής της γνώσης εξακολουθεί να αποτελεί σοβαρό μειονέκτημα.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, έχοντας συλλάβει αυτό το θέμα, έχει ήδη συμπεριλάβει στις οδηγίες Seveso την εφαρμογή του συστήματος διαχείρισης ασφάλειας σε μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις προκειμένου να δημιουργηθεί μία κοινή πολιτική γραμμή για την ασφάλεια και σταδιακά να αναπτυχθεί η κατάλληλη κουλτούρα που θα οδηγήσει στη βελτίωση των επιπέδων ασφάλειας των εγκαταστάσεων. Για το λόγο αυτό και στις τρεις οδηγίες Seveso απαιτούν από τις αρμόδιες αρχές των

κρατών της ΕΕ να κοινοποιούν στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή τα μεγάλα ατυχήματα τα οποία συμβαίνουν στη κάθε χώρα. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε το Σύστημα Αναφοράς Μείζονος Ατυχήματος (MARS) έχοντας ως στόχο τη καταγραφή των διδαγμάτων που αντλήθηκαν από αυτά τα ατυχήματα.

Η ανάλυση των μεγάλων βιομηχανικών ατυχημάτων μπορεί να αποτελέσει μία πολύ σημαντική πηγή για τη βελτίωση της τεχνολογίας στον τομέα της ασφάλειας. Ωστόσο σημαντική πηγή γνώσης μπορεί να αποτελέσει και η ανάλυση των παρ' ολίγον ατυχημάτων αφού όπως αναφέρει και ο Kirchsteiger (1999) για τα παρ' ολίγον ατυχήματα «οι ίδιες ελλείψεις μπορούν να αποκαλυφθούν και από γεγονότα που δεν οδήγησαν σε κάποιο ατύχημα, ενώ η αναφορά τους μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο συμπλήρωμα για τον εντοπισμό των ελλείψεων και την προώθηση αλλαγών στο ήδη υπάρχον σύστημα ασφαλείας».

Από όλα λοιπόν τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι η συνεχής και ακριβής αναφορά των βιομηχανικών ατυχημάτων, ασχέτως της έκτασής τους, αποτελεί το σημαντικότερο εργαλείο για τη πρόληψη μεγάλων ατυχημάτων στο μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Περιγραφή Παραγωγικών Διαδικασιών στη Βιομηχανία Διύλισης Πετρελαίου

2.1 Το Αργό Πετρέλαιο και τα Προϊόντα Διύλισης

Το αργό πετρέλαιο είναι ένα σύνθετο μείγμα που περιέχει πληθώρα διαφορετικών υδρογονανθράκων. Οι τύποι του αργού πετρελαίου διαφέρουν σε μορφή και σύνθεση ανάλογα με τη περιοχή που γίνεται η εξόρυξή του. Ένα «μέσο» αργό πετρέλαιο περιέχει περίπου 84% άνθρακα, 14% υδρογόνο, 1-3% θείο και λιγότερο από 1% άζωτο, οξυγόνο, μέταλλα και άλατα (Wauquier, 1995). Στα διυλιστήρια πολλές φορές χρησιμοποιούνται μίγματα δύο ή και τριών διαφορετικών τύπων.

Οι ιδιότητες των υδρογονανθράκων εξαρτώνται από τον αριθμό και τη διάταξη των ατόμων άνθρακα και υδρογόνου στα μόριά του.

Σκοπός της διύλισης του αργού πετρελαίου είναι να ξεχωρίσει τους βασικούς τύπους υδρογονανθράκων για περαιτέρω κατεργασία με καταλύτες και σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης.

Οι τρεις βασικές ομάδες υδρογονανθράκων είναι οι **παραφινικοί**, οι **αρωματικοί** και οι **ναφθενικοί**.

2.2 Κύρια Προϊόντα Διύλισης Πετρελαίου

Το πρώτο στάδιο της διαδικασίας διύλισης είναι η διαδικασία απόσταξης του αργού πετρελαίου. Τα προϊόντα της απόσταξης καθώς και ορισμένες από τις ιδιότητές τους παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα (Heaton, 1996).

| Κλάσματα | Αριθμός ατόμων άνθρακα στο μόριο | % κατ' όγκο |
|--|----------------------------------|-------------|
| Αέρια | 1-4 | 1-2 |
| Ελαφριές Βενζίνες ή Ελαφριά Νάφθα | 5-6 | 20-40 |
| Νάφθα | 6-10 | |
| Κηροζίνη | 10-14 | 10-15 |
| Gas Oil | 14-19 | 15-20 |
| Πρώτες Ύλες Λιπαντικών / Κεριών ή Βαρέα Καύσιμα | 19-35 | 40-50 |
| Άσφαλτος | >35 | |

Πίνακας 1. Βασικά Προϊόντα Απόσταξης Αργού Πετρελαίου

Σύμφωνα με τον Wauquier (1995) τα κυριότερα προϊόντα που λαμβάνουμε από τις διάφορες διαδικασίες διύλισης πετρελαίου είναι:

- **Υγροποιημένο πετρελαϊκό αέριο (LPG):** Αποτελείται κυρίως από προπάνιο και βουτάνιο σε υγροποιημένη μορφή. Χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε μηχανές εσωτερικής καύσης αλλά και ως προϊόν οικιακής χρήσης (μαγείρεμα, θέρμανση κ.λπ.).
- **Βενζίνη:** Πρόκειται για το σημαντικότερο προϊόν διύλισης καθώς χρησιμοποιείται, μετά από κατάλληλη κατεργασία, στις μηχανές εσωτερικής καύσης. Σημαντικότερες ιδιότητες αποτελούν ο αριθμός οκτανίων, η πτητικότητα και η τάση ατμών.

- **Κηροζίνη:** Ενδιάμεσο απόσταγμα το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως ως καύσιμο αεροσκαφών αλλά προορίζεται και για οικιακή χρήση.
- **Ελαφρά κλάσματα πετρελαίου (Diesel):** Το συγκεκριμένο καύσιμο χρησιμοποιείται ως πετρέλαιο κίνησης ή πετρέλαιο θέρμανσης με τις κυριότερες διαφορές το ποσοστό θείου που περιέχουν, ο αριθμός κετανίου και η απόσταξη.
- **Βαρέα κλάσματα πετρελαίου:** Χρησιμοποιούνται ευρέως ως καύσιμο στη ναυσιπλοΐα καθώς και από μεγάλα μηχανήματα παραγωγής ενέργειας. Σημαντικότερες ιδιότητες είναι το ιξώδες καθώς και η περιεκτικότητα σε θείο για περιβαλλοντικούς λόγους.
- **Άσφαλτος:** Η άσφαλτος χρησιμοποιείται κυρίως στην οδοποιία ή ως μονωτικό υλικό.
- **Διαλύτες:** Μεγάλη ποικιλία προϊόντων για βιομηχανική και οικιακή χρήση.
- **Πετροχημικά:** Προϊόντα διύλισης όπως το προπυλένιο και το αιθυλένιο χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή πετρελαιοειδών όπως πλαστικά, συνθετικές ίνες, ελαστικά κ.λπ.
- **Λιπαντικά:** Με ειδικές διεργασίες γίνεται η παραγωγή λιπαντικών προϊόντων όπως λάδια μηχανής, γράσα, υδραυλικά λάδια κ.λπ. Σημαντικότερη ιδιότητα αποτελεί ο δείκτης ιξώδους.

2.3 Διεργασίες Διύλισης Πετρελαίου

Οι διεργασίες διύλισης πετρελαίου μπορούν να διαχωριστούν σε πέντε βασικές κατηγορίες (EAINYAE, 2008).

1. Φυσικές Διεργασίες

- Ατμοσφαιρική απόσταξη: Φυσική διεργασία η οποία έχει ως σκοπό των διαχωρισμό του αφυατωμένου αργού πετρελαίου σε κλάσματα.
- Απόσταξη υπό κενό: Φυσική διεργασία που εκτελείται με σκοπό των διαχωρισμό των υπολειμμάτων της ατμοσφαιρικής απόσταξης σε κλάσματα, χωρίς τον κίνδυνο πυρόλυσης.

2. Διεργασίες Χημικής Μετατροπής – Αποσύνθεση Μορίου

- Καταλυτική πυρόλυση: Καταλυτική διεργασία με σκοπό την μετατροπή διαφόρων κλασμάτων σε βενζίνη και πρώτη ύλη πετρελαιοειδών.
- Εξανθράκωση: Θερμική διεργασία μετατροπής των βαρέων κλασμάτων της απόσταξης υπό κενό σε βενζίνη και πρώτη ύλη πετρελαιοειδών.
- Υδρογονοπυρόλυση: Καταλυτική διεργασία με σκοπό τη μετατροπή βαρέων κλασμάτων σε ελαφρύτερα, καλύτερης ποιότητας προϊόντα.
- Αναμόρφωση με ατμό: Καταλυτική διεργασία με σκοπό τη παραγωγή υδρογόνου από αποθειωμένο αέριο.
- Πυρόλυση με ατμό: Θερμική διεργασία για τη διάσπαση μεγάλων μορίων υδρογονανθράκων των κλασμάτων της ατμοσφαιρικής απόσταξης,
- Ιξωδόλυση: Θερμική διεργασία η οποία έχει ως σκοπό τη μείωση του ιξώδους των βαρέων κλασμάτων της ατμοσφαιρικής απόσταξης για τη παραγωγή ελαφρύτερων κλασμάτων και πίσσας.

3. Διεργασίες Χημικής Μετατροπής – Αναμόρφωση μορίου

- Αλκυλίωση: Καταλυτική διεργασία με σκοπό τη παραγωγή ισοοκτανίου από την αντίδραση ολεφινών και παραφινών.
- Πολυμερισμός (Διμερισμός): Καταλυτική διεργασία κατά την οποία γίνεται ένωση δύο ή περισσότερων ολεφινών για τη παραγωγή νάφθας υψηλού αριθμού οκτανίων και πρώτης ύλης πετρελαιοειδών.

4. Διεργασίες Χημικής Μετατροπής – Αναδόμηση μορίου

- Καταλυτική αναμόρφωση: Καταλυτική διεργασία για την αναβάθμιση της νάφθας χαμηλού αριθμού οκτανίων σε προϊόν υψηλών οκτανίων.
- Ισομερίωση: Καταλυτική διεργασία μετατροπής ευθειών αλυσίδων (βουτάνιο, πεντάνιο, εξάνιο) σε διακλαδισμένες (ισοβουτάνιο, ισοπεντάνιο, ισοεξάνιο) για αύξηση του αριθμού οκτανίων.

5. Άλλες Διεργασίες

- Επεξεργασία αμινών: Διεργασία κατά την οποία χρησιμοποιείται η μέθοδος της απορρόφησης με σκοπό την απομάκρυνση των όξινων προσμείξεων στους αέριους και υγρούς υδρογονάνθρακες.
- Αφαλάτωση: Διεργασία για την απομάκρυνση των αλάτων από το αργό πετρέλαιο και τη δημιουργία αφαλατωμένου αργού πετρελαίου.
- Υδρογονοπυρόλυση: Καταλυτική διεργασία με σκοπό τη παραγωγή αποθειωμένων ολεφινών.
- Επεξεργασία με Υδρογόνο: Καταλυτική διεργασία κατά την οποία γίνεται απομάκρυνση ακαθαρσιών καθώς και κορεσμός υδρογονανθράκων των βαρέων κλασμάτων και των προϊόντων πυρόλυσης με σκοπό τη δημιουργία ελαφρύτερων κλασμάτων.
- Απασφάλτωση με διαλύτη: Διεργασία κατά την οποία απομακρύνεται η άσφαλτος από τα βαρέα κλάσματα της απόσταξης υπό κενό με σκοπό τη παραγωγή βαρέων βασικών λαδιών και ασφάλτου.
- Αποπαραφίνωση με διαλύτη: Διεργασία κατά την οποία χρησιμοποιείται η μέθοδος φιλτραρίσματος και ψύξης με σκοπό τη παραγωγή αποκηρωμένων βασικών λαδιών.
- Αποθειώση: Καταλυτική διεργασία κατά την οποία γίνεται απομάκρυνση του υδρόθειου και μετατροπή των μερκαπτανών και άλλων θειούχων ενώσεων από τα ακατέργαστα ελαφριά κλάσματα με σκοπό τη δημιουργία υψηλής ποιότητας ελαφριών κλασμάτων.

Παράλληλα με τις βασικές διεργασίες διύλισης του πετρελαίου γίνονται και αρκετές διεργασίες σε μονάδες οι οποίες έχουν ως σκοπό την υποστήριξη της παραγωγής και είναι απαραίτητες για τη λειτουργία ενός διυλιστηρίου. Μερικές από αυτές τις μονάδες είναι:

- αφαίρεσης όξινου νερού (sour water)
- επεξεργασίας στερεών και υγρών αποβλήτων
- επεξεργασίας νερού ψύξης
- αποθήκευσης και μεταφορά προϊόντων / πρώτων υλών
- ανάκτησης θείου
- παραγωγής ατμού και ενέργειας
- παραγωγής αζώτου και πεπεισμένου αέρα

Με βάση τα παραπάνω ένα διυλιστήριο χωρίζεται σε διάφορα τμήματα / μονάδες, ανάλογα με τις διεργασίες που εκτελούνται. Σε ένα τυπικό σύγχρονο διυλιστήριο περιλαμβάνονται οι παρακάτω μονάδες / εγκαταστάσεις:

1. Μονάδα Αφαλάτωσης Αργού
2. Μονάδα Ατμοσφαιρικής Απόσταξης
3. Μονάδα Απόσταξης Κενού
4. Μονάδα Ιξωδόλυσης
5. Μονάδα Καταλυτικής Πυρόλυσης
6. Μονάδα Καταλυτικής Αναμόρφωσης
7. Μονάδα Υδρογονοεπεξεργασίας
8. Μονάδα Αλκυλίωσης
9. Μονάδα Ισομερίωσης
10. Μονάδα Ανάκτησης Θείου
11. Μονάδα Εξανθράκωσης
12. Μονάδα Λιπαντικών
13. Μονάδες Λειτουργικών Παροχών (ατμός, ενέργεια κ.λπ.)
14. Μονάδα Επεξεργασίας Νερού
15. Μονάδες Συντήρησης
16. Μονάδα Φόρτωσης Οχημάτων / Πλοίων
17. Μονάδες Αποθήκευσης τελικών και ενδιάμεσων προϊόντων

Πρέπει, βέβαια, να σημειωθεί ότι δεν είναι απαραίτητο να υπάρχουν όλες οι παραπάνω μονάδες σε ένα διυλιστήριο για να είναι λειτουργικό. Ο αριθμός και το είδος των μονάδων εξαρτάται από τον βαθμό πολυπλοκότητας ενός διυλιστηρίου ο οποίος καθορίζεται από τον αριθμό και τη ποιότητα των τελικών προϊόντων που παράγει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**Επικίνδυνοι Παράγοντες στις Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις****Πετρελαιοειδών****3.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την επικινδυνότητα των βιομηχανικών εγκαταστάσεων**

Το πετρέλαιο καθώς και τα προϊόντα διύλισης έχουν επικίνδυνες ιδιότητες. Η μη τήρηση των τεχνολογικών κανονισμών και των μέτρων ασφαλείας μπορεί να επιφέρει σοβαρά ατυχήματα τα οποία θα προξενήσουν σοβαρές υλικές ζημιές και θα θέσουν σε κίνδυνο την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων. Επίσης στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών υπάρχει η πιθανότητα πρόκλησης βιομηχανικού ατυχήματος μεγάλης έκτασης με επιπτώσεις και εκτός των ορίων των εγκαταστάσεων.

Οι κίνδυνοι που συναντώνται στις διάφορες διεργασίες των βιομηχανικών εγκαταστάσεων πετρελαιοειδών (κυρίως στο τομέα διύλισης) μπορούν να χωριστούν σε κινδύνους «πρώτου» και «δεύτερου βαθμού» (EAINYAE, 2008). Οι κίνδυνοι πρώτου βαθμού είναι αυτοί που δίνουν τη δυνατότητα να υπάρξει μία επικίνδυνη κατάσταση και αποτελούν τη βάση για τη πρόκληση τραυματισμών, πυρκαγιών, εκρήξεων κ.λπ.

Οι κίνδυνοι «πρώτου βαθμού» περιλαμβάνουν:

- παρουσία θερμότητας
- παρουσία εύφλεκτων και εκρηκτικών ουσιών
- ύπαρξη πηγών ανάφλεξης
- παρουσία τοξικών ή/και διαβρωτικών ουσιών
- ύπαρξη ουσιών ή/και εξοπλισμού υπό πίεση
- μειωμένη ορατότητα (από ατμούς/νέφη, χωροταξική διάταξη κ.α.)

Όταν οι παραπάνω κίνδυνοι βρεθούν εκτός ελέγχου τότε το αποτέλεσμα είναι συνήθως οι κίνδυνοι «δεύτερου βαθμού» όπως:

- φωτιά
- έκρηξη
- διαρροή τοξικών ουσιών

3.2 Περιγραφή γενικών κινδύνων για την Υγεία και την Ασφάλεια των εγκαταστάσεων

3.2.1 Κίνδυνοι Πυρκαγιάς

Ο κίνδυνος της πυρκαγιάς είναι από τους πιο σημαντικούς στο κλάδο της βιομηχανίας πετρελαιοειδών. Το πετρέλαιο και τα προϊόντα που διακινούνται κατά τη παραγωγική διαδικασία είναι εύφλεκτα υλικά ενώ την ίδια στιγμή υπάρχουν πηγές ανάφλεξης σε διάφορα στάδια των διαδικασιών παραγωγής. Επίσης ακόμα σημαντικότερο είναι το γεγονός ότι πετρέλαιο και προϊόντα του μπορούν να αυτοαναφλεγούν όταν απελευθερωθούν στο περιβάλλον σε υψηλή θερμοκρασία (*Davletshina, 1998*).

Τα βασικά στοιχεία για τη έναρξη φωτιάς είναι:

- καύσιμη ύλη
- οξυγόνο (οξειδωτικά υλικά)
- πηγή ανάφλεξης

Αν κάποιο από τα παραπάνω στοιχεία απουσιάζει τότε δεν είναι δυνατό να προκληθεί φωτιά. Για το λόγο αυτό τα μέτρα πρόληψης και καταπολέμησης της φωτιάς έγκεινται στην εξαλείφει ενός ή περισσοτέρων στοιχείων. Τα συνήθη καύσιμα και πηγές ανάφλεξης περιλαμβάνουν:

Καύσιμα

- Υγρά: βενζίνη, ακετόνη, αιθέρας, πεντάνιο κ.α.
- Αέρια: ακετυλένιο, προπάνιο, υδρογόνο κ.α.
- Στερεά: πλαστικά, σκόνες, σωματίδια μετάλλων κ.α.

Πηγές Θερμότητας – Ανάφλεξης

- Φλόγες, σπινθήρες, στατικός ηλεκτρισμός, θερμές επιφάνειες κ.α.

3.2.2 Είδη φωτιάς

Υπάρχουν διάφοροι τύποι φωτιάς που μπορεί να εκδηλωθούν ανάλογα με τα γεγονότα που θα συμβούν με αντίστοιχα διαφορετικές συνέπειες. Σύμφωνα με τον Dennis P. Nolan (2008) οι τύποι φωτιάς είναι:

Pool Fire (Φωτιά Λίμνης Εύφλεκτου Υγρού): Όταν μία ουσία που έχει διαρρεύσει εξατμίζεται με αργό ρυθμό τότε δημιουργείται μια «λίμνη» στο σημείο της διαρροής. Σε περίπτωση ανάφλεξης πραγματοποιείται καύση του εύφλεκτου υγρού στην επιφάνεια της λίμνης η οποία συνεχίζεται πιο έντονη καθώς η θερμότητα από τη φωτιά επιταχύνει την εξατμηση. Οι βλάβες που προκαλούνται από τέτοιου είδους φωτιές οφείλονται στη θερμότητα που εκπέμπεται και στην επαφή εξοπλισμού και προσωπικού με τις φλόγες.

Jet Fire (Πίδακας Φωτιάς): Φωτιά που εκδηλώνεται ακριβώς στο σημείο μίας διαρροής αερίου όταν αυτό είναι υπό πίεση και έρθει άμεσα σε επαφή με πηγή ανάφλεξης. Αν η ταχύτητα jet είναι χαμηλή τότε η φλόγα μπορεί να αλλάξει κατεύθυνση από τη δύναμη του αέρα. Επίσης στη περίπτωση που η ουσία η οποία διαρρέεται συνυπάρχει σε δύο φάσεις, τότε υπάρχει ο κίνδυνος να δημιουργηθεί και «Φωτιά Λίμνης Εύφλεκτου Υγρού» από υγρή φάση που διαρρέει στο έδαφος. Ο «Πίδακας Φωτιάς» αποτελεί απειλή για τους ανθρώπους που θα βρεθούν κοντά στη δέσμη της φλόγας και η οποία μπορεί να φτάσει αρκετά μέτρα μακριά, αλλά ακόμα μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος η φωτιά φτάσει γειτονικά δοχεία που περιέχουν εύφλεκτα υλικά καθώς αυτά μπορεί να αστοχήσουν.

Flash Fire (Φωτιά Αέριου Νέφους): Φωτιά η οποία εκδηλώνεται όταν κατά τη διάρκεια μίας διαρροής αερίου που αναμειγνύεται με αέρα για να δημιουργήσει εύφλεκτο μείγμα και κατά την ανάφλεξη δεν υπάρχει αρκετή τύρβη ή περιορισμός έτσι ώστε να επιταχυνθεί η φλόγα και να υπάρξει απότομη εκτόνωση (έκρηξη). Άνθρωποι, υλικά και εξοπλισμός που βρίσκονται μέσα ή κοντά στο νέφος εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα θερμικής ακτινοβολίας και οι βλάβες προκαλούνται σε ανθρώπους από τη θερμότητα που εκπέμπεται καθώς και από την επαφή με τη φλόγα.

Fireball (Πύρινη Σφαίρα): Εκδηλώνεται σε περίπτωση που γίνει ανάφλεξη μίας διαρροής αερίου μίγματος πλούσιο σε καύσιμο. Η καύση θα συμβεί πρώτα στα εξωτερικά στρώματα του πλούσιου σε καύσιμο νέφους. Καθώς η πλευστότητα των θερμών αερίων αυξάνεται, το φλεγόμενο νέφος ανέρχεται, διογκώνεται και αποκτά σφαιρικό σχήμα. Οι βλάβες από τέτοιου είδους φωτιές οφείλονται στην θερμική ακτινοβολία καθώς και την επαφή με τις φλόγες.

3.2.3 Κίνδυνοι Έκρηξης

Η έκρηξη παρατηρείται πιο σπάνια σε σχέση με την εκδήλωση μίας πυρκαγιάς αλλά όταν συμβεί είναι πιο δύσκολο να ελεγχθεί και οι ζημιές που προκαλούνται είναι πολύ μεγαλύτερες. Μία έκρηξη θα μπορούσε να οριστεί σαν μία βίαιη αποδέσμευση ενέργειας της οποίας η ένταση εξαρτάται από τον ρυθμό έκλυσης της ενέργειας. Ένα μεγάλο μέρος των προϊόντων διύλισης μπορεί να δημιουργήσει εκρηκτικά μίγματα με τον αέρα. Τα μίγματα αυτά δημιουργούνται κατά τη διαρροή των ουσιών στην ατμόσφαιρα. Με τη παρουσία πηγής ανάφλεξης ακολουθεί έκρηξη.

Σύμφωνα με τους Crowl και Louvour, οι παράμετροι που επηρεάζουν σημαντικά τη συμπεριφορά μίας έκρηξης είναι:

- συνθήκες του περιβάλλοντος
- φυσικές ιδιότητες της ουσίας
- φύση της πηγής ανάφλεξης
- γεωμετρία του περιβάλλοντος χώρου (κλειστός / ανοικτός)
- τύρβη της εκρηκτικής ουσίας
- ποσότητα της εκρηκτικής ουσίας
- χρόνος πριν από την ανάφλεξη
- ρυθμός απελευθέρωσης ενέργειας κατά τη καύση

Υπάρχουν διάφοροι τύποι έκρηξης ανάλογα με τα γεγονότα που θα συμβούν με αντίστοιχα διαφορετικές συνέπειες. Σύμφωνα με τον Dennis P. Nolan (2008) οι κυριότεροι τύποι εκρήξεων σε σχέση με τις συνθήκες κατά τις οποίες προκλήθηκαν είναι:

Έκρηξη αέριου νέφους σε κλειστό χώρο (Unconfined Vapor Cloud Explosion, UVCE): Όταν μία διαρροή δημιουργήσει νέφος αερίου, το οποίο αναμιχθεί με τον αέρα και με ταυτόχρονη δημιουργία τύρβης, τότε η ταχύτητα της φλόγας μπορεί να επιταχυνθεί τόσο που να δημιουργήσει απότομη αύξηση της πίεσης από την εκτόνωση των καυσαερίων. Επιπλέον έχουμε έκλυση θερμότητας και δημιουργία φλόγας. Οι εκρήξεις αυτού του τύπου αποτελούν ένα από τους σοβαρότερους κινδύνους στη βιομηχανία επεξεργασίας πετρελαιοειδών. Αυτό δεν οφείλεται μόνο στις καταστροφικές τους συνέπειες αλλά και στο γεγονός ότι η ανάφλεξη μπορεί να

συμβεί σε απόσταση αρκετά πιο μακριά από το σημείο την έκλυσης με αποτέλεσμα να απειλήσει αρκετά μεγαλύτερη περιοχή. Οι επιπτώσεις μίας τέτοιας έκρηξης ποικίλουν και μπορεί να είναι από σπάσιμο τζαμιών μέχρι καταστροφή κτηρίων και εξοπλισμού καθώς και σοβαρές βλάβες στον άνθρωπο.

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion): Δημιουργείται σε περίπτωση που έχουμε θραύση δοχείου που περιέχει LPG σε θερμοκρασία μεγαλύτερη του σημείου ζέσεως του υγρού. Όταν η φωτιά διαρκέσει για αρκετό χρονικό διάστημα, λόγω της υπερθέρμανσης, προκαλείται εξασθένηση του μεταλλικού κελύφους ενός δοχείου/δεξαμενής με ταυτόχρονη άνοδο της πίεσης της εύφλεκτης ουσίας. Ο συνδυασμός αυτών των δύο φαινομένων οδηγεί στη δημιουργία ρήγματος στο κέλυφος του δοχείου/δεξαμενής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη βίαιη απελευθέρωση της εύφλεκτης ουσίας στο περιβάλλον (έκρηξη με θραύσματα), η οποία αναφλέγεται δημιουργώντας μία «Πύρινη σφαίρα», η ακτινοβολία της οποίας φτάνει σε μεγάλες αποστάσεις. Το μέγεθος των επιπτώσεων εξαρτάται από τη μάζα του υγρού που εμπλέκεται στο φαινόμενο.

Χημικές Αντιδράσεις Εκτός Ελέγχου (Runaway Reactions): Στη περίπτωση που μία χημική αντίδραση αρχίζει να «ξεφεύγει» ανεξέλεγκτα από τα επιτρεπτά όρια θερμοκρασίας και πίεσης, τότε μπορεί να απελευθερωθούν μεγάλα ποσά ενέργειας τα οποία είναι ικανά να προκαλέσουν αστοχία του εξοπλισμού στον οποίο βρίσκονται περιορισμένα με αποτέλεσμα την έκρηξη.

Έκρηξη από Απότομη Αλλαγή Φάσης (Rapid Phase Transition Explosion): Κατάσταση η οποία δημιουργείται όταν έχουμε φαινόμενα απότομης εξάτμισης ενός υγρού από επαφή με κάποιο υλικό σε αρκετά υψηλότερη θερμοκρασία. Το αποτέλεσμα είναι εκδήλωση έκρηξης.

Έκρηξη σε Κλειστό Χώρο (Confined Explosion): Έκρηξη που προκαλείται από την απότομη ανάφλεξη καυσίμου σε κλειστό χώρο, η οποία δημιουργεί ικανή πίεση για να προκαλέσει εκτεταμένες ζημιές στο χώρο που εκδηλώνεται.

3.2.4 Κίνδυνοι Χημικών Αντιδράσεων

Στη βιομηχανία πετρελαιοειδών πραγματοποιείται πλήθος χημικών διεργασιών οι οποίες περιλαμβάνουν διάφορες χημικές αντιδράσεις. Έτσι λοιπόν καταλαβαίνουμε ότι είναι πολύ σημαντικό να είναι απολύτως κατανοητοί οι μηχανισμοί των αντιδράσεων ώστε να μπορούν να ορισθούν οι συνθήκες της εκάστοτε διεργασίας και να αποφευχθούν επικίνδυνες καταστάσεις. Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται οι κατηγορίες των αντιδράσεων αυτών καθώς και τα χαρακτηριστικά τους, σύμφωνα με τους Fawcett και Wood (1976).

| Αντίδραση | Κίνδυνοι / Χαρακτηριστικά |
|--------------------|--|
| Καύση | -Παραγωγή θερμότητας. -Ελεγχόμενες ταχείες αντιδράσεις. -Συνήθως χρειάζεται πηγή ανάφλεξης αλλά όχι απαραίτητα. |
| Οξείδωση | -Ισχυρά εξώθερμες αντιδράσεις. -Για την ασφάλεια απαιτούνται μικρές ποσότητες οξειδωτικών παραγόντων και καυσίμου καθώς και χαμηλές θερμοκρασίες. |
| Εξουδετέρωση | -Έκλυση θερμότητας. -Αντίδραση χαμηλού κινδύνου. |
| Διπλή Αποικοδόμηση | -Χαμηλή έκλυση θερμότητας. -Χαμηλός κίνδυνος. |
| Υδρόλυση | -Ήπιες εξώθερμες αντιδράσεις. -Υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες για την επίτευξη των στόχων. |
| Υδρογόνωση | -Κίνδυνος από τη χρήση υδρογόνου υπό υψηλή πίεση. -Εξώθερμες αντιδράσεις παρουσία καταλύτη. -Πολύ υψηλές θερμοκρασίες στην επιφάνεια του καταλύτη. |
| Πολυμερισμός | -Κίνδυνος αύξηση της θερμοκρασίας από ξαφνική μη ελεγχόμενη αντίδραση. |
| Πυρόλυση | -Κίνδυνος από υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις. -Ενδόθερμες αντιδράσεις παρουσία καταλύτη. |

| | |
|---------------------------------|---|
| | -Κίνδυνος υπερθέρμανσης του καταλύτη. |
| Αρωματοποίηση και Ισομερίωση | -Κίνδυνος από υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις. -Κίνδυνος από τη παρουσία υδρογόνου. -Κίνδυνος από τη παρουσία καταλύτη. |

Πίνακας 2. Κίνδυνοι Χημικών Αντιδράσεων

3.2.5 Κίνδυνοι από τη διαχείριση Χημικών

Στη βιομηχανία πετρελαιοειδών γίνεται ευρεία χρήση αλλά διαχείριση χημικών ουσιών (υδρογονανθράκων) οι οποίες μπορεί να βλάψουν την υγεία των εργαζομένων αν δεν τηρηθούν όλοι οι προβλεπόμενοι κανόνες ασφαλείας που αφορούν την αποθήκευση, τη μεταφορά και τη χρήση τους. Επίσης είναι πολύ σημαντικό να έχουν κατανοηθεί πλήρως οι φυσικές, χημικές και επικίνδυνες ιδιότητές τους προτού γίνει χρήση.

Οι χημικές ουσίες μπορεί να είναι συνήθως σε υγρή ή και αέρια μορφή (αναθυμιάσεις / καπνοί) και σε ορισμένες περιπτώσεις στερεά (σκόνη θείου) και συνήθως εισέρχονται στον οργανισμό μέσω της εισπνοής, της κατάποσης, της απορρόφησης και της έγχυσης. Πολλές φορές οι επιδράσεις τέτοιου είδους χημικών είναι μη αναστρέψιμες για την ανθρώπινη υγεία.

3.2.6 Κίνδυνοι κατά την εργασία σε «Κλειστό Χώρο»

Ένα μεγάλο μέρος των ατυχημάτων που συμβαίνουν στη βιομηχανία πετρελαιοειδών προέρχεται από εργασίες που εκτελούνται σε κλειστό χώρο. Ο κίνδυνος ενός τέτοιου ατυχήματος δεν αφορά μόνο τους ανθρώπους που εργάζονται εντός του κλειστού χώρου αλλά και συναδέλφους που συμμετέχουν στις προσπάθειες απεγκλωβισμού / διάσωσης και οι οποίοι δεν είναι σωστά εκπαιδευμένοι. Κλειστοί χώροι είναι οι δεξαμενές αποθήκευσης, τα δοχεία αντιδραστήρων, οι θάλαμοι καύσης και φούρνους κ.λπ., εξοπλισμός στον οποίο γίνονται περιοδικά εργασίες συντήρησης όταν τεθεί εκτός λειτουργίας.

Οι κίνδυνοι που εμφανίζονται σε κλειστούς χώρους συνήθως σχετίζονται με:

- απουσία οξυγόνου
- δηλητηρίαση από ξαφνική διαρροή υγρών, στερεών ή αέριων ουσιών που μπορεί να κατακλίσουν τον χώρο
- φωτιά και έκρηξη (λόγω ανάφλεξης εύφλεκτων ρευστών)
- αυξημένες θερμοκρασίες
- άλλοι κίνδυνοι (μηχανική, πτώση από ύψος, πτώση αντικειμένων κ.λπ.)

Για όλους τους παραπάνω λόγους γίνεται κατανοητό ότι πριν την πραγματοποίηση μίας οποιαδήποτε εργασίας σε κλειστό χώρο, πρέπει να γίνεται σωστή εκτίμηση όλων των επικίνδυνων παραγόντων και να λαμβάνονται όλα τα κατάλληλα μέτρα προστασίας πριν την έναρξη της.

3.2.7 Κίνδυνοι από Πίεση

Πολλές από τις διεργασίες που πραγματοποιούνται στις εγκαταστάσεις διύλισης πετρελαίου γίνονται υπό συνθήκες μεγάλης πίεσης. Αν η πίεση ξεπεράσει τα επιτρεπτά όρια ασφαλείας τότε υπάρχει σοβαρός κίνδυνος αστοχίας του εξοπλισμού που είναι δυνατό να οδηγήσει σε διαρροή εύφλεκτων ουσιών στο χώρο μίας μονάδας.

Περιπτώσεις δημιουργίας υπερπίεσης μπορούν να συμβούν:

- από απώλεια επαναρροής στους πύργους απόσταξης
- από εσωτερική έκρηξη λόγω χημικής αντίδρασης ή θερμικής διαστολής
- από απώλεια του νερού ψύξης η οποία θα προκαλέσει αύξηση της πίεσης στον εξοπλισμό των μονάδων παραγωγής (δοχεία, πύργοι)
- από μπλοκάρισμα των αγωγών λόγω συσσώρευσης υλικών ή αστοχία στο σύστημα αυτομάτου ελέγχου
- από απότομη εξάτμιση και αύξηση της πίεσης λόγω εκτόνωσης κάποιου υγρού με χαμηλότερο σημείο ζέσεως σε δοχείο που λειτουργεί σε υψηλότερη θερμοκρασία

Για να αποφεύγονται οι καταστάσεις υπερπίεσης είναι απαραίτητα και χρησιμοποιούνται βαλβίδες ασφαλείας (pressure relief valves) και συστήματα ανακούφισης της πίεσης στα διάφορα κρίσιμα σημεία του εξοπλισμού.

3.2.8 Κίνδυνοι από Διάβρωση

Τα διαβρωτικά συστατικά του αργού πετρελαίου κατανέμονται σε όλα τα προϊόντα απόσταξης και επηρεάζουν και άλλες μονάδες του διυλιστηρίου. Για το λόγο αυτό σε όλη τη παραγωγική διαδικασία χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι ώστε να εξουδετερωθούν οι διαβρωτικές ουσίες ή να μειωθεί η διαβρωτική τους ικανότητα.

Αιτία διάβρωσης μπορούν να αποτελέσουν και τα διάφορα χημικά που χρησιμοποιούνται κατά τις διεργασίες της διύλισης όπως το θειικό οξύ, το υδροφθορικό οξύ, η καυστική σόδα, η αμμωνία κ.λπ.

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας που προκαλεί διάβρωση του εξοπλισμού είναι η απορρόφηση υδρογόνου από τα μέταλλα, αποτέλεσμα της οποίας είναι τα μέταλλα να γίνονται πιο ψαθυρά.

3.2.9 Κίνδυνοι από επικαθίσεις σε εξοπλισμό

Τα προϊόντα της διάβρωσης, τα οποία επικάθονται λόγω της εξάτμισης του νερού στο εσωτερικό των σωληνώσεων, συχνά δημιουργούν επικαθίσεις με αποτέλεσμα να δημιουργούνται φραγές στις σωληνώσεις και σε άλλα μέρη του εξοπλισμού. Σοβαρά προβλήματα λόγω επικαθίσεων δημιουργούνται συχνά στους εναλλάκτες θερμότητας μειώνοντας σημαντικά την απόδοσή τους. Η πιο ήπια μέθοδος καθαρισμού των επικαθίσεων είναι η υδροβολή τους αν και σε πολλές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η χρήση χημικών (οξέα) για χημικό καθαρισμό και υδροβολής.

3.2.10 Κίνδυνοι από Διαρροή

Οι κίνδυνοι από μία διαρροή εξαρτώνται από τις επιδράσεις που έχει η ουσία που διέρρευσε (τοξική, εύφλεκτη, εκρηκτική κ.λπ.). Σημαντικοί παράγοντες στις επιπτώσεις μίας διαρροής αποτελεί το είδος της ουσίας, η ποσότητα η οποία διέρρευσε καθώς και ο χρόνος έκθεσης σε αυτή. Το αποτέλεσμα μία διαρροής θα μπορούσε να είναι φωτιά ή έκρηξη (μικρής ή μεγάλης έκτασης) καθώς επίσης και δηλητηρίαση του προσωπικού που θα εκτεθεί σε αυτές.

Μία διαρροή μπορεί να εκδηλωθεί με έναν από του παρακάτω τρόπους:

- διαρροή από ρωγμή εξαιτίας αστοχίας σωληνογραμμής εξοπλισμού
- διαρροή από σύνδεση
- διαρροή από βάνα / ασφαλιστικό

Βασικό μέτρο προστασίας αποτελούν οι ανιχνευτές αερίων που προειδοποιούν σε περίπτωση διαρροής. Επίσης οι μονάδες πρέπει να είναι κατάλληλα εξοπλισμένες με ειδικά συστήματα τα οποία θα διακόψουν την παροχή σε περίπτωση διαρροής. Σημαντικό ρόλο επίσης έχει ο σχεδιασμός φραγμάτων / αποχετευτικών δικτύων τα οποία θα περιορίσουν την εξάπλωση της ουσίας που διαρρέει εντός του χώρου μίας μονάδας .

3.2.11 Κίνδυνοι από Ηλεκτρισμό

Ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας είναι υπαρκτός στα περισσότερα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Τα αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος στον ανθρώπινο οργανισμό εξαρτώνται από την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, τη φυσιολογία του ανθρώπου καθώς και τις συνθήκες που επικρατούν. Επίσης σημαντικό ρόλο έχει και η διάρκεια έκθεσης στο ηλεκτρικό ρεύμα. Οι επιπτώσεις για την υγεία σε περίπτωση έκθεσης μπορούν να είναι από ελαφρύ σοκ μέχρι καρδιακή ανακοπή, σοβαρά εγκαύματα και πιθανό θάνατο.

Για την αποφυγή έκθεσης του προσωπικού σε ηλεκτρικό ρεύμα πρέπει να τηρούνται αυστηροί κανόνες ασφαλείας και να απαγορεύεται η είσοδος σε σημεία όπου υπάρχει τέτοιος κίνδυνος.

Εκτός από άμεσους κινδύνους έκθεσης στο ηλεκτρικό ρεύμα, υπάρχουν και έμμεσοι κίνδυνοι μπορούν να εμφανιστούν όπως η ξαφνική διακοπή της παροχής του ηλεκτρικού ρεύματος όπου θα πρέπει να υπάρξει άμεση διακοπή της παραγωγικής διαδικασίας ώστε να αποφευχθούν επικίνδυνες καταστάσεις.

Τέλος σημαντικοί είναι οι κίνδυνοι που προέρχονται από πρόκληση σπινθήρα κατά τη χρήση ηλεκτρικών εργαλείων ή ηλεκτρονικών συσκευών (μπαταρίες).

3.2.12 Κίνδυνοι από τη χρήση Ηλεκτρονικών Συστημάτων

Η αυξημένη χρήση προγραμματιζόμενων ηλεκτρονικών συστημάτων (DCSs, PLCs κ.λπ.) για τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας, έχει εισάγει νέους κινδύνους στη βιομηχανία πετρελαιοειδών.

Από μελέτη σχετική με ατυχήματα πάνω σε ατυχήματα που αφορούν προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά συστήματα (G. F. Nalven, 1996) διαπιστώθηκε ότι:

- 20% των συμβάντων οφείλεται σε εσφαλμένη αντίληψη για του κινδύνους που υπεισέρχονται από τη χρήση τέτοιων συστημάτων
- 15-20% οφείλεται σε λανθασμένοι εκτίμηση των κινδύνων κατά τις εργασίες συντήρησης
- 17% οφείλεται σε σφάλμα του λογισμικού
- 12% οφείλεται σε βλάβες οργάνων μέτρησης
- 12% οφείλεται σε κακή σχεδίαση του user interface
- 5% των συμβάντων οφείλεται σε βλάβη του υπολογιστή

Μία καλή πρακτική για να αποφεύγονται επικίνδυνες καταστάσεις λόγω λανθασμένων ενδείξεων είναι η διασταύρωση μίας πληροφορίας και με έμμεσους τρόπους (π.χ. μέτρηση της θερμοκρασίας ενός λέβητα από στοιχεία πίεσης και τάσης ατμών).

Επίσης είναι πολύ σημαντικό όλες οι καλωδιώσεις να είναι καλά προστατευμένες από περιπτώσεις φθοράς είτε αυτές προκαλούνται από φυσικά αίτια είτε σε περίπτωση ατυχήματος (φωτιά).

3.2.13 Κίνδυνοι από τη Χωροταξική Διάταξη των εγκαταστάσεων

Η διάταξη των διαφόρων μονάδων στο χώρο παίζει πολύ σημαντικό ρόλο ώστε να περιοριστούν οι επιπτώσεις ενός ατυχήματος.

Ο Lees (2005) αναφέρει στο βιβλίο του τις κύριες πρακτικές ασφάλειας που εφαρμόζονται στη χωροταξία των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και αυτές είναι:

- οι μονάδες πρέπει να είναι όσο το δυνατό πιο διαχωρισμένες έτσι ώστε ένα συμβάν σε μία μονάδα να μην επηρεάσει τις υπόλοιπες

- οι εγκαταστάσεις όπως πυρσοί καύσης, φούρνοι, λέβητες κ.λπ. πρέπει να είναι διατεταγμένοι εγκάρσια στη φορά των κύριων ανέμων ούτως ώστε μία πιθανή διαρροή από γειτονική μονάδα να μην συναντήσει πηγή φλόγας
- η διάταξη πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μην απαιτείται ή να ελαχιστοποιείται η κίνηση οχημάτων διαμέσου των μονάδων
- οι δρόμοι που βρίσκονται εντός των εγκαταστάσεων πρέπει να έχουν τις κατάλληλες διαστάσεις ώστε να μην εμποδίζεται η άμεση διέλευση των πυροσβεστικών οχημάτων
- οι εγκαταστάσεις γραφείων, συντήρησης, χημείων κ.λπ. πρέπει να βρίσκονται μακριά από τις μονάδες παραγωγής
- οι αίθουσες ελέγχου πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση ασφαλείας από τις μονάδες παραγωγής και είναι κατάλληλα προστατευμένες από εκρήξεις, πυρκαγιές και διαρροές επικίνδυνων ουσιών
- οι μονάδες πρέπει να είναι κατηγοριοποιημένες βάσει ζωνών επικινδυνότητας (Ζώνη 0, 1 ή 2)
- οι μεγάλες δεξαμενές πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη της μίας διαμέτρου και η πρόσβαση σε αυτές να γίνεται από περισσότερες από μία κατευθύνσεις
- οι καλωδιώσεις του κρίσιμου εξοπλισμού των εγκαταστάσεων πρέπει να βρίσκονται υπογείως ώστε να μην διακοπεί η επικοινωνία σε περίπτωση πυρκαγιάς ή έκρηξης
- οι εγκαταστάσεις πρέπει να έχουν περιμετρική περίφραξη και όλες οι πύλες εισόδου/εξόδου των εργαζομένων να φυλάσσονται σε 24ωρη βάση
- εντός των εγκαταστάσεων πρέπει να υπάρχει σύστημα πυρόσβεσης και οι σωληνώσεις του νερού πυρόσβεσης πρέπει να διέρχονται εκτός των μονάδων παραγωγής ώστε να μην καταστραφούν σε περίπτωση έκρηξης ή φωτιάς
- οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις πρέπει να διαθέτουν δύο ή και περισσότερες πύλες εισόδου/εξόδου ώστε να είναι ευκολότερη η εκκένωση τους σε περίπτωση κάποιου σοβαρού περιστατικού

3.2.14 Κίνδυνοι Φυσικών Καταστροφών και Εξωγενών Παραγόντων

Οι κίνδυνοι από φυσικές καταστροφές είναι πολλές φορές πολύ δύσκολο έως αδύνατο να αντιμετωπιστούν και ο μοναδικός τρόπος αντιμετώπισης είναι η σωστή επιλογή της τοποθεσίας. Μερικές από τις παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη πριν την επιλογή της τοποθεσίας είναι:

- σεισμικότητα / ηφαιστειακή δράση της περιοχής
- πιθανότητα έκθεσης σε παλιρροιακό κύμα
- πιθανότητα πλημμύρας
- πιθανότητα κατολισθήσεων / χιονοστιβάδων
- πιθανότητα προσβολής σε θυελλώδης ανέμους
- πιθανότητες σε έκθεση ακραίων θερμοκρασιών περιβάλλοντος

Επίσης υπάρχουν κίνδυνοι που προέρχονται από εξωγενείς παράγοντες όπως η γειτνίαση με εγκαταστάσεις υψηλής επικινδυνότητας, με κεντρικές οδικές αρτηρίες, σαμποτάζ κ.λπ.

3.2.15 Άλλοι παράγοντες κινδύνου για το προσωπικό

Τέλος πρέπει να αναφερθούν και οι παράγοντες κινδύνου που δεν ανήκουν σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες αλλά πρέπει να λαμβάνονται πάντα σοβαρά υπόψη ώστε να αποφευχθούν επικίνδυνες καταστάσεις που θα βλάψουν την ανθρώπινη υγεία και κατ' επέκταση μέσω ανθρώπινου σφάλματος θα προκαλέσουν υλικές ζημιές στον εξοπλισμό των εγκαταστάσεων.

Τέτοιου είδους παράγοντες κινδύνου είναι:

- νυκτερινή εργασία (κούραση, στρες, επιβάρυνση της υγείας κ.λπ.)
- έκθεση σε θόρυβο
- εργονομικοί κίνδυνοι (χειρονακτική διακίνηση φορτίων, εργασία σε δυσπρόσιτα σημεία, εργασία πέρα του δώρου κ.λπ.)
- μηχανικοί κίνδυνοι (εργαλεία χειρός, γερανογέφυρες κ.λπ.)
- έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες εντός των εγκαταστάσεων
- ελλιπής φωτισμός κυρίως κατά τις νυκτερινές ώρες

- έκθεση σε δονήσεις στο χώρο εργασίας
- έκθεση σε βιολογικούς παράγοντες κινδύνου
- έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία γ (ραδιογραφικός έλεγχος)
- κίνδυνος τραυματισμού από διερχόμενο όχημα
- σκόνη και ίνες από υλικά των μονώσεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Βιομηχανικό Ατύχημα Μεγάλης Έκτασης

4.1 Ορισμός Βιομηχανικού Ατυχήματος Μεγάλης Έκτασης

Τα Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης είναι τα ατυχήματα των οποίων οι συνέπειες δεν περιορίζονται στο εσωτερικό των βιομηχανικών εγκαταστάσεων αλλά εξαπλώνονται και εκτός των ορίων τους. Είναι περιστατικά όπως η διασπορά τοξικού νέφους, η πυρκαγιά ή η έκρηξη που έχουν το χαρακτηριστικό επιπτώσεων σε μεγάλη έκταση, που είναι δυνατό να προκαλέσουν σοβαρό κίνδυνο άμεσο ή έμμεσο, για τον άνθρωπο, στο εσωτερικό και στο εξωτερικό της εγκατάστασης ή/και για το περιβάλλον, και στην οποία – εγκατάσταση - χρησιμοποιούνται μια ή περισσότερες επικίνδυνες ουσίες όπως αυτές ορίζονται στη σχετική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2012/18/EU, 2012).

Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά αυτών των ατυχημάτων είναι:

- μεγάλος αριθμός τραυματιών ή θανάσιμων τραυματισμών εντός ή / και εκτός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων
- πιθανότητα αλυσιδωτών αντιδράσεων (domino effect) σε γειτονικές εγκαταστάσεις
- απομάκρυνση του πληθυσμού που βρίσκεται κοντά στη περιοχή του ατυχήματος
- καταστροφικές επιπτώσεις των βιομηχανικών αλλά και παρακειμένων εγκαταστάσεων
- μεγάλες επιπτώσεις στο περιβάλλον λόγω των ουσιών που απελευθερώθηκαν κατά το ατύχημα

- μεγάλες οικονομικές επιπτώσεις για την εταιρεία, την περιοχή αλλά και τη χώρα όπου συνέβη το ατύχημα

4.2 Νομοθεσία Βιομηχανικών Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης (SEVESO I, II, III)

4.2.1 Ιστορική Αναδρομή

Την δεκαετία του 1970 η Ευρώπη σηματοδεύτηκε από δύο μεγάλα βιομηχανικά ατυχήματα. Τα ατυχήματα που συνέβησαν στο Flixborough το 1974 και στο Seveso το 1976 ανέδειξαν με τραγικό τρόπο την ανάγκη θέσπισης ενός θεσμικού πλαισίου που θα απέτρεπε την επανάληψη ενός παρόμοιου συμβάντος.

Η λύση δόθηκε το 1982 με τη ψήφιση της ευρωπαϊκής οδηγίας 82/501/Ε.Ο.Κ. (Seveso I) η οποία ονομάστηκε έτσι με αφορμή το καταστροφικό ατύχημα στην ομώνυμη πόλη της Ιταλίας το 1976. Μέσα στα επόμενα χρόνια η οδηγία θα ανανεωθεί 3 φορές. Οι τροποποιήσεις του 1987 με την 87/216/EEC και του 1988 με την 88/610/EEC, είχαν ως στόχο την διεύρυνση του σκοπού της οδηγίας, ειδικότερα στα σημεία που αφορούσαν τους τρόπους αποθήκευσης επικίνδυνων υλικών. Η τρίτη και τελευταία τροποποίηση έγινε το 1991 με την 91//692/EEC.

Τα νέα περιβαλλοντικά προγράμματα που έτρεχαν εκείνη τη περίοδο στην Ευρώπη καθώς και η πρόταση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για μία εκ νέου αναθεώρηση της οδηγίας, έγιναν η αφορμή να παρουσιαστεί η νέα οδηγία Seveso II στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο το 1994.

Η νέα οδηγία υιοθετήθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο στις 9 Δεκεμβρίου 1996 με την 96/82/EC και τέθηκε σε εφαρμογή στις 3 Φεβρουαρίου 1997, ενώ στις 3 Φεβρουαρίου 1999 έγινε υποχρεωτική για όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το 2003 ψηφίστηκε η τροποποίηση της Seveso II με την οδηγία 2003/105/EC. Η εναρμόνιση της Ελλάδας με την οδηγία αυτή έγινε με τη ΚΥΑ 12044/613 (ΦΕΚ 376/Β/19.3.2007 και ΦΕΚ 2259/Β/27.11.2007).

Το 2012 η ευρωπαϊκή οδηγία αναθεωρήθηκε εκ νέου με την ισχύουσα οδηγία 2012/18/EU γνωστή και ως Seveso III.

4.2.2 Νομική Βάση

Η οδηγία Seveso III βασίζεται στο Άρθρο 192 της Συνθήκης για τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στο άρθρο αυτό διαμορφώνεται και η Περιβαλλοντική Πολιτική της ΕΕ και θεσπίζει τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων μετά από πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, ως γνωμοδοτικό όργανο. Επίσης, βάσει του άρθρου 192, δίνεται η δυνατότητα στα κράτη μέλη να θεσπίσουν στο εσωτερικό τους αυστηρότερα μέτρα που αφορούν την Περιβαλλοντική Πολιτική σε σχέση με αυτά που αναφέρονται στη Συνθήκη.

Η οδηγία 2012/18/EU (Seveso III), σύμφωνα με το Άρθρο 1, θεσπίζει κανόνες για την πρόληψη μεγάλων ατυχημάτων σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες και τον περιορισμό των συνεπειών τους στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον, με στόχο να διασφαλιστεί υψηλό επίπεδο προστασίας σε όλη την Ένωση με συνεπή και αποτελεσματικό τρόπο.

4.3 Πεδίο Εφαρμογής

Η οδηγία Seveso III εφαρμόζεται στις μονάδες, οι οποίες στο Άρθρο 3 παράγραφος 1 ορίζονται ως «ο υπό έλεγχο φορέα εκμετάλλευσης συνολικός χώρος όπου υπάρχουν επικίνδυνες ουσίες σε μία ή περισσότερες εγκαταστάσεις, συμπεριλαμβανομένων των κοινών ή συναφών υποδομών ή δραστηριοτήτων· οι μονάδες κατατάσσονται σε κατώτερης ή ανώτερης βαθμίδας» (2012/18/EU, 2012).

Η παρούσα οδηγία, σύμφωνα με τη παράγραφο 2 του Άρθρου 2, δεν εφαρμόζεται στα ακόλουθα:

- α) στρατιωτικές μονάδες, εγκαταστάσεις ή αποθήκες
- β) κινδύνους από ιονίζουσα ακτινοβολία προερχόμενη από ουσίες
- γ) οδική, σιδηροδρομική, εσωτερική πλωτή, θαλάσσια ή αεροπορική μεταφορά και άμεσα σχετιζόμενη ενδιάμεση προσωρινή αποθήκευση επικίνδυνων ουσιών εκτός των μονάδων που καλύπτονται από την παρούσα οδηγία, συμπεριλαμβανομένης της φόρτωσης, εκφόρτωσης και μεταφόρτωσης από και προς άλλο μεταφορικό μέσο σε νηοδόχους, αποβάθρες και σιδηροδρομικούς σταθμούς διαλογής

δ) μεταφορά επικίνδυνων ουσιών μέσω αγωγών, συμπεριλαμβανομένων των σταθμών άντλησης, έξω από τις μονάδες που καλύπτονται από την παρούσα οδηγία

ε) εκμετάλλευση, δηλαδή η έρευνα, η εξόρυξη και η επεξεργασία, ορυκτών σε ορυχεία και λατομεία, μεταξύ άλλων και μέσω γεωτρήσεων

στ) υπεράκτια έρευνα και εκμετάλλευση ορυκτών, συμπεριλαμβανομένων των υδρογονανθράκων

ζ) υπόγεια υπεράκτια αποθήκευση αερίου, σε ειδικούς αποθηκευτικούς χώρους και σε χώρους στους οποίους γίνεται ακόμα έρευνα και εκμετάλλευση ορυκτών, συμπεριλαμβανομένων των υδρογονανθράκων· η) χώρους υγειονομικής ταφής αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της υπόγειας εναποθήκευσης αποβλήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Βιβλιογραφική επισκόπηση στατιστικών στοιχείων για ατυχήματα στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών

5.1 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της επισκόπησης αρχικά περιελάμβανε αναζήτηση σε επιλεγμένους ιστότοπους, μηχανές αναζήτησης και σχετικά περιοδικά και τη συλλογή του τελικού (μετά την απόρριψη) αριθμού αναφορών, μελετών και δημοσιευμένων άρθρων. Η έρευνα χωρίστηκε σε δύο τύπους: σε αυτές που αφορούσαν τον συνολικό τομέα των Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων Πετρελαιοειδών και σε αυτές που αφορούσαν τον τομέα Διύλισης.

Τα κριτήρια για την επιλογή των σχετικών άρθρων ήταν:

1. Μελέτες δημοσιευμένες σε γνωστά επιστημονικά περιοδικά με σύστημα κρίσης
2. Γλώσσα γραφής στα ελληνικά ή στα αγγλικά
3. Περίοδος συγγραφής (1 Ιανουαρίου 2000 - 30 Οκτωβρίου 2021)
4. Λέξεις-κλειδιά που σχετίζονται με το εννοιολογικό περιεχόμενο του τίτλου εργασίας

Κριτήρια εξαίρεσης:

1. Τίτλος ή περιεχόμενο που δεν σχετίζεται με το αντικείμενο προς αναζήτηση
2. Το είδος μελέτης δεν ανήκε στο αντίστοιχο της συγκεκριμένης εργασίας
3. Ιδιαίτερα μικρό δείγμα ερευνών

5.2 Σχετικές μελέτες

Ακολουθούν οι μελέτες που προέκυψαν από την αναζήτηση στατιστικών στοιχείων ατυχημάτων στη βιομηχανία πετρελαιοειδών, με ομαδοποίησή τους ανάλογα με τον τομέα ενασχόλησης.

5.2.1 Συνολικός τομέας Βιομηχανίας Πετρελαιοειδών

Ο στόχος της μελέτης των Jarvis και Goddard (2016), η οποία πραγματοποιήθηκε εκ μέρους της Lloyd Market Association, ήταν η δημιουργία ενός «εργαλείου» το οποίο θα βοηθούσε τους επιθεωρητές ασφαλείας της εταιρείας να αναγνωρίζουν τα επικίνδυνα σημεία μιας βιομηχανίας πετρελαιοειδών και να εστιάζουν σε αυτά τις εκτιμήσεις κινδύνου. Τα συμπεράσματα της μελέτης προκύπτουν μετά από ανάλυση 100 περιστατικών έκρηξης ή/και φωτιάς σε βιομηχανίες πετρελαιοειδών για τη περίοδο 1996 – 2015 και επιδεικνύουν τις σοβαρές ελλείψεις στην ανάλυση κινδύνου των παραγωγικών διαδικασιών, την κακή συντήρηση του εξοπλισμού, την απουσία αυτόματων βανών επείγουσας απομόνωσης και την έλλειψη ή μη τήρηση διαδικασιών ασφαλούς λειτουργίας.

Το 2016 οι Yi Zhou, Xiaogang Zhao, Jianyu Zhao και Du Chen δημοσίευσαν την μελέτη τους η οποία είχε ως στόχο να χρησιμοποιήσει τα στατιστικά αποτελέσματα από ατυχήματα με έκρηξη ή/και φωτιά σε τερματικούς σταθμούς πετρελαϊκών προϊόντων της Κίνας και να εντοπίσει τις πιο επικίνδυνες περιοχές των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, τους ευάλωτους εξοπλισμούς, τις πηγές ανάφλεξης, τις εμπλεκόμενες ουσίες καθώς και τις κύριες αιτίες των ατυχημάτων και να προτείνει τα σημεία που χρίζουν βελτιώσεων στα θέματα ασφάλειας των τερματικών σταθμών. Τα στατιστικά αποτελέσματα προέρχονται από της ανάλυση 435 περιστατικών φωτιάς ή/και έκρηξης σε τερματικούς σταθμούς πετρελαϊκών προϊόντων της Κίνας και

συνέβησαν κατά τη περίοδο 1951 – 2013. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη στατιστική ανάλυση είναι ότι η πιο επικίνδυνη περιοχή για να συμβεί κάποιο ατύχημα είναι τα σημεία φόρτωσης και εκφόρτωσης προϊόντων καθώς και οι διαδικασίες με τις οποίες πραγματοποιούνται, ο πιο ευάλωτος εξοπλισμός είναι οι δεξαμενές αποθήκευσης, το πιο συνηθισμένο είδος ατυχήματος είναι η *έκρηξη αέριου νέφους* ενώ σε όλες τις περιπτώσεις τα κύρια αίτια του ατυχήματος ήταν *διοικητικές ελλείψεις*. Επίσης εκτιμάται ότι η πλειοψηφία των ατυχημάτων θα είχε αποφευχθεί αν υπήρχε καλύτερη διοικητική μέριμνα. Τέλος υπάρχει το συμπέρασμα ότι πρέπει να εφαρμοστούν πιο σύγχρονα συστήματα ανίχνευσης διαρροών και πυρόσβεσης.

Οι Banner και Davidson (2019) στην ετήσια αναφορά ατυχημάτων της Concawe αναλύουν τα περιστατικά τις περιόδου 1993 – 2018 από τα στοιχεία που τους παρείχαν οι 42 εταιρείες μέλη της Concawe, οι οποίες αντιστοιχούν στο 98% της ευρωπαϊκής ικανότητας διύλισης. Σκοπός της ετήσιας αναφοράς είναι να παρέχει στις εταιρείες μέλη ένα σημείο αναφοράς με το οποίο θα συγκρίνουν τις επιδόσεις τους ώστε να μπορούν να προσδιορίζουν την αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης της ασφάλειάς τους, να εντοπίζουν ελλείψεις και να λαμβάνουν διορθωτικά μέτρα. Επίσης έχει ως σκοπό να αποδείξει ότι η υπεύθυνη διαχείριση της ασφάλειας στη βιομηχανία πετρελαίου έχει ως αποτέλεσμα το χαμηλό επίπεδο ατυχημάτων παρά τους εγγενείς κινδύνους στις δραστηριότητές τους. Η μελέτη εστιάζει στο γεγονός ότι το έτος 2018 συνέβησαν περισσότερα θανατηφόρα ατυχήματα σε σχέση με τα δύο προηγούμενα έτη (τα οποία είχαν και τα χαμηλότερα νούμερα θανατηφόρων ατυχημάτων από το 2009), γεγονός που αποδεικνύει ότι η προσπάθεια για μηδενικά θανατηφόρα ατυχήματα πρέπει να είναι συνεχής και να μην υπάρχει καθησυχασμός και χαλάρωση των μέτρων ασφαλείας.

Η μελέτη του Kadri (2020), οποία πραγματοποιήθηκε εκ μέρους της Marsh JLT Specialty, στηρίζεται στην ανάλυση 1000 περιστατικών στη βιομηχανία πετρελαιοειδών τα από συνέβησαν κατά τη περίοδο 1974 – 2019 και εστιάζει στα 100 με τις μεγαλύτερες οικονομικές συνέπειες. Σκοπός της μελέτης είναι να συμβάλει στη βελτίωση της ασφάλειας των βιομηχανικών εγκαταστάσεων με στόχο τη μείωση των περιστατικών στο μέλλον. Ως συμπέρασμα της ανάλυσης προκύπτει ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρούνται πολλά ατυχήματα μεγάλης έκτασης στα διυλιστήρια

πετρελαίου και ο κύριος λόγος είναι η παλαιότητα τους καθώς τα περισσότερα από αυτά λειτουργούν για περισσότερα από 30 έτη. Η μακροχρόνια λειτουργία των βιομηχανικών εγκαταστάσεων πολλές φορές επιφέρει δυσάρεστες συνέπειες καθώς με τη πάροδο του χρόνου δημιουργούνται φθορές στον εξοπλισμό, οι άνθρωποι τις εταιρείας τείνουν να ξεχνούν τα περιστατικά που συνέβησαν στο παρελθόν ή υπάρχει καθησυχασμός ότι τίποτα δεν έχει συμβεί για 30 ή και περισσότερα χρόνια και με τον καιρό χαλαρώνουν τα μέτρα ασφαλείας, οι συνθήκες λειτουργίας έχουν αλλάξει και δεν έχουν γίνει διορθωτικές κινήσεις ενώ σημαντικό παράγοντα αποτελεί και η σταδιακή αποχώρηση του έμπειρου προσωπικού των εγκαταστάσεων.

Η μελέτη των Nwankwo, Agewa, Theophilus και Esanowo (2021) αναγνωρίζει τον ανθρώπινο παράγοντα ως τη πιο συνηθισμένη αιτία καταστροφικών ατυχημάτων στη βιομηχανία πετρελαιοειδών. Ως εκ τούτου η μελέτη στοχεύει να αναλύσει τους αιτιώδεις ανθρώπινους παράγοντες των ατυχημάτων στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου χρησιμοποιώντας το *Σύστημα Ανάλυσης και Ταξινόμησης Ανθρώπινων Παραγόντων (HFACS – OGI)*. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από 184 ατυχήματα τα οποία συνέβησαν στη βιομηχανία πετρελαίου κατά τη περίοδο 2013 – 2017. Η μελέτη καταλήγει στο γεγονός ότι τα περισσότερα ατυχήματα (86%) προκλήθηκαν από λάθη και ελλείψεις του εργολαβικού προσωπικού των εγκαταστάσεων και θα πρέπει να καθιερωθούν συγκεκριμένες διαδικασίες ασφάλειας πριν την εκτέλεση κάποιας εργασίας από εργολαβικό προσωπικό. Επίσης θα πρέπει να συντάσσεται μία έκθεση εκτίμησης κινδύνου σε συνεργασία τους προσωπικού της εγκατάστασης και του εργολάβου. Τέλος πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην σωστή εκπαίδευση του προσωπικού.

5.2.2 Τομέας διύλισης πετρελαίου

Ο σκοπός της μελέτης των Konstantinidou, Nivolianitou, Markatos και Kiranoudis (2005) είναι η αποφυγή μελλοντικών ατυχημάτων στις ελληνικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις διύλισης πετρελαίου μέσα από τη κατανόηση των αιτιών που τα προκάλεσαν. Αποτελεί τη πρώτη επιστημονική δημοσίευση σχετικά με ατυχήματα στις ελληνικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις διύλισης πετρελαίου και στηρίζεται σε 1115 αναφορές από τη πλατφόρμα eMARS οι οποίες αφορούν περιστατικά από Ελλάδα και Κύπρο τα οποία συνέβησαν κατά τη περίοδο 1997 – 2003. Τα κυριότερα

συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των δεδομένων είναι ότι πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στον ανθρώπινο παράγοντα καθώς αποτελεί αιτία ατυχήματος στο 46% των αναφορών, παρατηρείται μεγάλη απουσία διαδικασιών ασφαλούς συντήρησης του εξοπλισμού ενώ σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρήθηκε κακός σχεδιασμός των μονάδων. Τέλος τονίζει την σημαντικότητα αναφοράς των παρ' ολίγον ατυχημάτων αφού η μελέτη τους και η κατανόηση τους θα αποτρέψει ένα μελλοντικό ατύχημα.

Η μελέτη του Duguid (2008) αφού αναλύει 1000 περιστατικά που συνέβησαν σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις διύλισης πετρελαίου κατά τη περίοδο 1940 – 2005, καταλήγει στην επιβεβαίωση της Αρχής του Pareto η οποία αναφέρει ότι το 20% των προβλημάτων που εμφανίζονται πιο συχνά συνήθως ευθύνονται για το 80% των περιστατικών.

Σκοπός της δημοσίευσης των Samia και Rochida (2013) είναι η ανάλυση των ατυχημάτων ώστε να γίνουν κατανοητές οι πιθανές καταστροφικές επιπτώσεις των μεγάλων ατυχημάτων, να εντοπιστούν οι αιτίες που τα προκάλεσαν καθώς και οι συνέπειές τους, ώστε να γίνουν μάθημα και να αποφευχθούν παρόμοιες καταστάσεις στο μέλλον. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν οι αναφορές από 44 περιστατικά που συνέβησαν κατά τη περίοδο 2003 – 2013. Η δημοσίευση καταλήγει στο συμπέρασμα ο αριθμός των ατυχημάτων δεν μειώθηκε με τη πάροδο του χρόνου και αυτό οφείλεται κυρίως στη κακή συντήρηση του εξοπλισμού, ενώ τα 2/3 των περιστατικών κατέληξαν σε έκρηξη ή φωτιά. Ο συγγραφέας επίσης συμπεραίνει ότι αυτά τα ατυχήματα θα είχαν αποφευχθεί αν υπήρχε καλύτερη εκπαίδευση του προσωπικού, καλύτερο πρόγραμμα συντήρησης, καλύτερος σχεδιασμός των μονάδων της εγκατάστασης καθώς και σχέδιο έκτακτης ανάγκης.

Το 2013 δημοσιεύτηκε η μελέτη των Wood, Arellano και Van Wijk η οποία στηρίζεται στις αναφορές 99 ατυχημάτων της περιόδου 1965 – 2012, που συνέβησαν σε διυλιστήρια πετρελαίου της E.E. και του O.O.Σ.A., και εστιάζει στους κινδύνους που μπορούν να προκληθούν από διαβρώσεις στον εξοπλισμό ενός διυλιστηρίου. Σκοπός της ανάλυσης είναι να αναγνωριστούν οι τεχνικές και διοικητικές ελλείψεις που οδήγησαν στην αστοχία του εξοπλισμού από διάβρωση και να αποτελέσουν έναν

οδηγό εκτίμησης κινδύνου για τους τεχνικούς ασφαλείας, ώστε να αποφευχθούν παρόμοια ατυχήματα στο μέλλον. Τα κύρια συμπεράσματα της μελέτης είναι ότι:

- η διάβρωση εξακολουθεί να αποτελεί παράγοντα κινδύνου στα διυλιστήρια της Ε.Ε. και του Ο.Ο.Σ.Α. καθώς από το 2000 έως το 2013 έχουν συμβεί 40 μεγάλα ατυχήματα που οφείλονται στη διάβρωση του εξοπλισμού, με καταστροφικές επιπτώσεις για το περιβάλλον και μεγάλες οικονομικές ζημιές για τις εγκαταστάσεις αλλά και τη κοινωνία γύρω από αυτές.
- τα ατυχήματα από διάβρωση συνήθως προκαλούνται διότι οι κίνδυνοι της διάβρωσης δεν έχουν αναγνωριστεί ή επειδή σκόπιμα έχουν αγνοηθεί από τους ιθύνοντες.
- δεν υπάρχει η κατάλληλη εκπαίδευση και γνώση ώστε να εκτιμηθούν σωστά οι πιθανότητες δημιουργίας διαβρώσεων και οι κίνδυνοι που εγκυμονούν.
- παρατηρείται γήρανση του εξοπλισμού ο οποίος δεν αντικαθιστάται.
- υπάρχει έλλειψη διαδικασιών ασφάλειας σχετικά με τον εντοπισμό διαβρώσεων αλλά και την αποφυγή σχηματισμού τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Στατιστική ανάλυση ατυχημάτων στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε.

6.1 Μεθοδολογία συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων

Για την εκτέλεση της στατιστικής ανάλυσης ατυχημάτων στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, συλλέχθηκαν 166 αναφορές ατυχημάτων από την βάση δεδομένων της πλατφόρμα eMARS της Ευρωπαϊκής Κομισιόν. Η βάση δεδομένων eMARS δημιουργήθηκε ώστε να κοινοποιήσει όλα όσα μπορούμε να διδαχθούμε από τα ατυχήματα που συνέβησαν στο παρελθόν σύμφωνα με τον σκοπό που αναφέρεται στην οδηγία Seveso (2012/18/EE). Σκοπός της δηλαδή είναι να διατηρήσει τη φύση της ως αντικειμενική πηγή διδαγμένων πληροφοριών και να διατηρήσει την προθυμία των αρχών και των φορέων εκμετάλλευσης να παράσχουν μια ειλικρινή και λεπτομερή περιγραφή του τι πραγματικά συνέβη, προκειμένου να αποφευχθούν μελλοντικά παρόμοια περιστατικά.

Τα στοιχεία ταυτοποίησης του ονόματος των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και ο τύπος των συμβάντων δεν αποκαλύπτονται δημόσια στη πλατφόρμα eMars. Για τον λόγο αυτό χρειάστηκε να γίνει διασταύρωση των αναφορών και με άλλες βάσεις δεδομένων που αφορούν ατυχήματα σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών όπως η Γαλλική πλατφόρμα Agia και η Γερμανική ZEMA.

Οι αναφορές που συλλέχθηκαν αφορούν τη περίοδο 1985 – 2019 και τα στοιχεία που εξήχθησαν και αναλύθηκαν για το σύνολο των περιστατικών είναι:

- Τύπος περιστατικού
- Ευρωπαϊκή οδηγία Seveso στην οποία εμπίπτει το περιστατικό
- Τύπος βιομηχανικών εγκαταστάσεων
- Χώρα στην οποία συνέβη το περιστατικό
- Έτος – Μήνας – Ημέρα – Ώρα κατά την οποία συνέβη το περιστατικό
- Είδος ατυχήματος
- Εμπλεκόμενες ουσίες
- Μονάδα βιομηχανικής εγκατάστασης
- Κατάσταση λειτουργίας των μονάδων των βιομηχανικών εγκαταστάσεων
- Αιτίες που οδήγησαν στο περιστατικό
- Επιπτώσεις περιστατικών
- Κόστος περιστατικών
- Διορθωτικές κινήσεις

6.2 Βασικές έννοιες

Πριν την παρουσίαση της στατιστικής ανάλυσης ατυχημάτων στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών θα ήταν συνετό να γίνει μία αναφορά στους όρους που αποτελούν σημαντικό παράγοντα στην κατανόηση των αιτιών και των συνθηκών που προκαλούν ένα βιομηχανικό ατύχημα ώστε να αποφευχθούν παρερμηνείες ή λάθη.

Ατύχημα – Συμβάν – Παρ’ Ολίγον Ατύχημα (Accident – Incident – Near Miss)

Στον τομέα της βιομηχανικής ασφάλειας, πολύ συχνά παρατηρείται το φαινόμενο, οι έννοιες του ατυχήματος και του συμβάντος να αποκτούν κοινή σημασία, το οποίο πολλές φορές συχνά οδηγεί σε λανθασμένα συμπεράσματα.

Αν θέλαμε να δώσουμε έναν γενικό ορισμό, θα μπορούσαμε να πούμε ότι το ατύχημα και το συμβάν είναι οι απροσδόκητες και ξαφνικές ακολουθίες γεγονότων με

ανεπιθύμητες εκβάσεις οι οποίες προκαλούν βλάβες στον άνθρωπο, στις εγκαταστάσεις και στο περιβάλλον.

Η διαφορά μεταξύ ατυχημάτων και συμβάντων είναι ότι το ατύχημα είναι ένα συμβάν το οποίο εξελίχθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να επιφέρει άσχημες συνέπειες. Σύμφωνα με τον Van der Schaaf (*Schaaf Van der, 1991*), ένα συμβάν το οποίο τελικά δεν εξελίχθηκε σε ατύχημα αναγνωρίζεται ως παρ' ολίγον ατύχημα και ορίζει ως παρ' ολίγον ατύχημα μια κατάσταση στην οποία μια τρέχουσα ακολουθία γεγονότων αποτρέπεται στο να αναπτυχθεί σε ένα γεγονός με καταστροφικές συνέπειες.

Κατάσταση Κανονικής Λειτουργίας – Σταμάτημα – Ξεκίνημα (Normal Operation – Shutdown – Startup)

Όπως αναφέρουν οι Vasquez, Jorge, Carlos Jimenez (2013), ο ετήσιος κύκλος ζωής μίας βιομηχανικής εγκατάστασης πετρελαιοειδών περιλαμβάνει διάφορα στάδια λειτουργίας τα οποία είναι απαραίτητα για την βιωσιμότητα της.

Στο μεγαλύτερο μέρος του κύκλου της βρίσκεται σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας και ορίζουμε ως κατάσταση κανονικής λειτουργίας τη χρονική περίοδο κατά την οποία οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις εκτελούν απρόσκοπτα όλες τις διαδικασίες παραγωγής. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, μπορούν να εκτελούνται διάφορες εργασίες συντήρησης του εξοπλισμού, οι οποίες όμως δεν επηρεάζουν την παραγωγική διαδικασία. Όταν υπάρξει η ανάγκη για εκτεταμένες εργασίες συντήρησης, τότε είναι απαραίτητο να διακοπή η παραγωγική διαδικασία ώστε να μπορέσουν να εκτελεστούν όλες οι εργασίες με ασφάλεια. Αυτή η περίοδος όπου εκτελούνται όλες οι απαραίτητες εργασίες ονομάζεται *σταμάτημα* (Shutdown). Ένα shutdown μπορεί να αφορά ένα μέρος του εξοπλισμού των εγκαταστάσεων ή ακόμα και το σύνολο των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και συνήθως έχει διάρκεια από μία εβδομάδα έως τρεις μήνες. Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από μεγάλη επικινδυνότητα λόγω της φύσεως των εργασιών και του αυξημένου αριθμού των ανθρώπων που τις εκτελούν.

Μετά το πέρας των εργασιών συντήρησης ενός shutdown ξεκινάει η διαδικασία *ξεκινήματος* (Startup) των μονάδων της βιομηχανικής εγκατάστασης. Η περίοδος αυτή έχει διάρκεια κάποιον ημερών, μέχρι η εγκαταστάσεις να επανέλθουν σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας. Η διαδικασία του startup αποτελεί επίσης μία περίοδο μεγάλης επικινδυνότητας.

6.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων στατιστικής ανάλυσης

Η στατιστική ανάλυση που παρουσιάζεται παρακάτω, βασίστηκε σε 166 αναφορές ατυχημάτων σε διάφορες βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και αφορούν τη χρονική περίοδο από το 1985 έως το 2019. Στις αναφορές περιλαμβάνονται βιομηχανικές εγκαταστάσεις διαφόρων τύπων και μεγεθών όπως διυλιστήρια, παράκτιες εγκαταστάσεις, χώροι αποθήκευσης (tank farms) και διακίνησης.

Οι αναφορές ατυχημάτων περιλαμβάνουν:

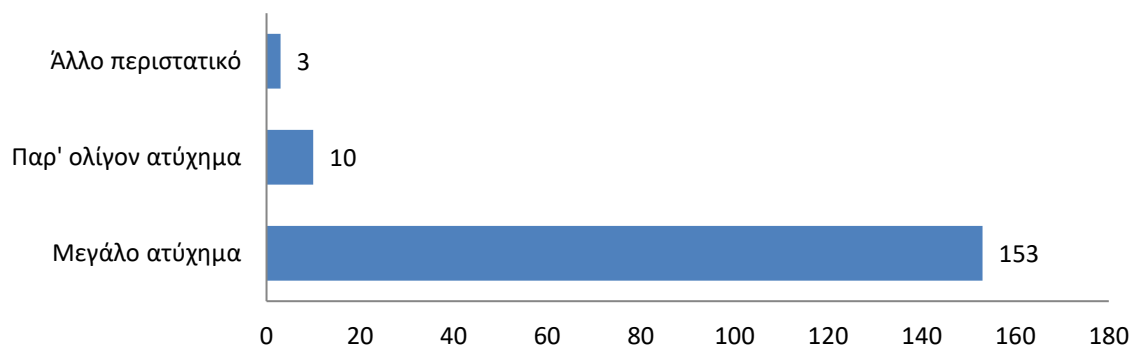
- Παρ' ολίγον ατυχήματα (Near Misses)
- Εργατικά ατυχήματα (έγκαιμα, ασφυξία, εκδορές)
- Βιομηχανικά ατυχήματα (διαρροή, φωτιά, έκρηξη)
- Λειτουργικά ατυχήματα (shutdowns, trips)
- Εξωτερικές ενέργειες που επηρέασαν τις εγκαταστάσεις (τρομοκρατικές ενέργειες, δολιοφθορές)
- Καιρικά φαινόμενα που επηρέασαν τις εγκαταστάσεις (ισχυρή βροχόπτωση, κεραυνοί, ψύχος)
- Ασυνήθιστα φαινόμενα

6.3.1 Τύπος περιστατικού

Η κατανομή των αναφορών ως προς τον τύπο του περιστατικού στο οποίο αναφέρονται παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 1.

Το μεγαλύτερο μέρος των αναφορών χαρακτηρίζονται ως «Μεγάλο ατύχημα» και περιλαμβάνουν φωτιές, έκρηξης και διαρροές υλικών. Κάποιες από αυτές τις αναφορές αφορούν *βιομηχανικά ατυχήματα μεγάλης έκτασης (B.A.M.E.)* όπου οι επιπτώσεις τους δεν περιορίστηκαν μόνο εντός των εγκαταστάσεων. Δεύτερο σε συχνότητα τύπου περιστατικού συναντάμε το «Παρ' ολίγον ατύχημα». Οι αναφορές αυτού του τύπου αφορούν περιστατικά τα οποία δεν κατέληξαν σε κάποιο ατύχημα και η μελέτη τους έχει μεγάλη σημασία αφού με αυτών τον τρόπο εντοπίζονται τα οποία κενά ασφαλείας και έτσι μπορούν να αποτραπούν πιθανά ατυχήματα στο

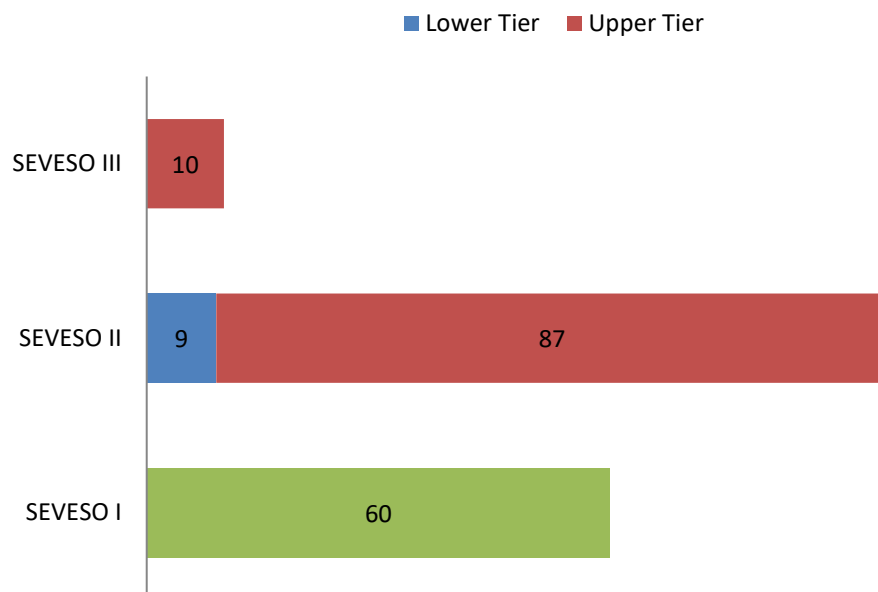
μέλλον που θα προέκυπταν από παρόμοιες καταστάσεις. Τέλος βλέπουμε ότι υπάρχουν 3 αναφορές οι οποίες χαρακτηρίζονται ως «Άλλο περιστατικό». Οι αναφορές αυτές περιλαμβάνουν κυρίως τραυματισμούς ή θανάτους προσωπικού της εγκατάστασης, ο οποίος προήλθε από εγκαύματα, ασφυξία, εισπνοή τοξικών αερίων κ.α.



Διάγραμμα 1. Αριθμός αναφορών ανά τύπο περιστατικού

6.3.2 Ευρωπαϊκή οδηγία SEVESO στην οποία εμπίπτει το περιστατικό

Όλες οι αναφορές εμπίπτουν στις ευρωπαϊκές οδηγίες SEVESO I, II, και III ανάλογα με το είδος του περιστατικού και την χρονολογία που αυτό συνέβη. Η κατανομή των αναφορών ως προς την ευρωπαϊκή οδηγία SEVESO στην οποία εμπίπτουν παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 2. Στις ευρωπαϊκές οδηγίες SEVESO II και SEVESO III, υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ ανώτερης (Upper Tier) και κατώτερης βαθμίδας (Lower Tier) στην οποία κατηγοριοποιείται μία βιομηχανική εγκατάσταση. Η κατηγοριοποίηση αυτή γίνεται βάσει κάποιων ορίων στις ποσότητες των ουσιών που διαχειρίζονται και οι οποίες κατατάσσονται ως τοξικές, εύφλεκτες, εκρηκτικές ή επιβλαβείς για το περιβάλλον.

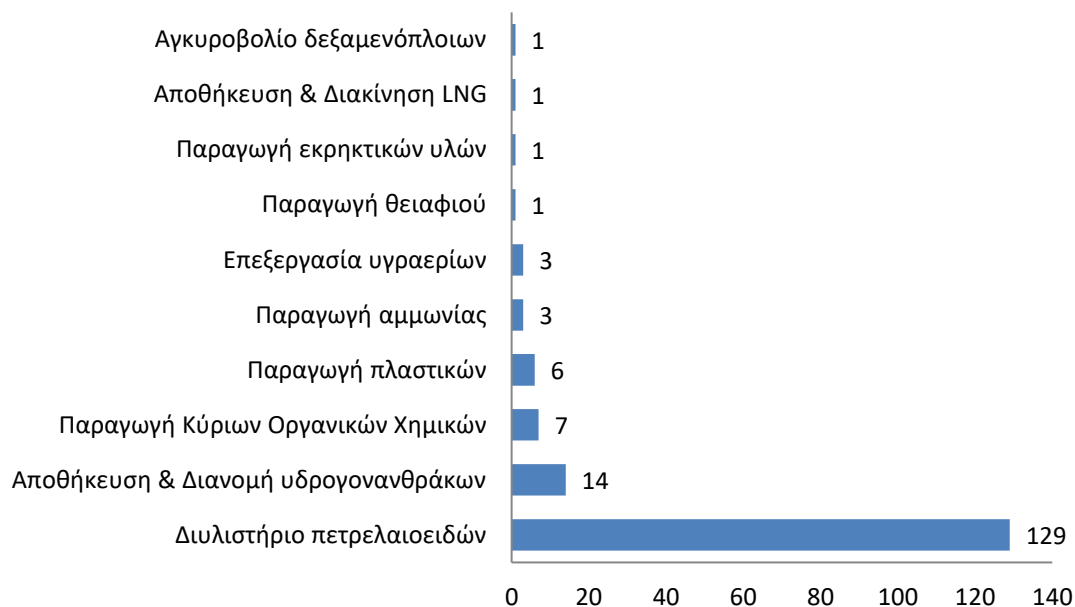


Διάγραμμα 2. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά οδηγία SEVESO στην οποία εμπίπτουν

6.3.3 Τύπος βιομηχανικών εγκαταστάσεων που συνέβη το περιστατικό

Στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζεται ο τύπος των βιομηχανικών εγκαταστάσεων που έλαβε μέρος το κάθε περιστατικό. Τα περισσότερα περιστατικά έλαβαν μέρος σε *διυλιστήρια πετρελαιοειδών* και αντιστοιχούν στο 77% των αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. Δεύτερα σε συχνότητα, και σε ποσοστό 8,5% των αναφορών, συναντάμε περιστατικά που συνέβησαν σε εγκαταστάσεις *αποθήκευσης και διανομής υδρογονανθράκων*. Στο 4% των περιπτώσεων έχουμε περιστατικά που έλαβαν μέρος σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις *παραγωγής κύριων οργανικών χημικών*. Τα περιστατικά που έλαβαν μέρος σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις *παραγωγής πλαστικών* αποτελούν το 3,5% των αναφορών. Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις *παραγωγής αμμωνίας* καθώς και οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις *επεξεργασίας υγραερίων* παρουσιάζουν την ίδια συχνότητα εμφάνισης και καταλαμβάνουν από 2% ποσοστό στο σύνολο των αναφορών. Τέλος από ποσοστό 0,75% επί του συνόλου των αναφορών καταλαμβάνουν τα περιστατικά που συνέβησαν σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις *παραγωγής θειαφιού*, βιομηχανικές εγκαταστάσεις *παραγωγής εκρηκτικών υλών*, βιομηχανικές εγκαταστάσεις

αποθήκευσης και διακίνησης LNG και σε εγκαταστάσεις θαλάσσιου αγκυροβολίου δεξαμενόπλοιων.

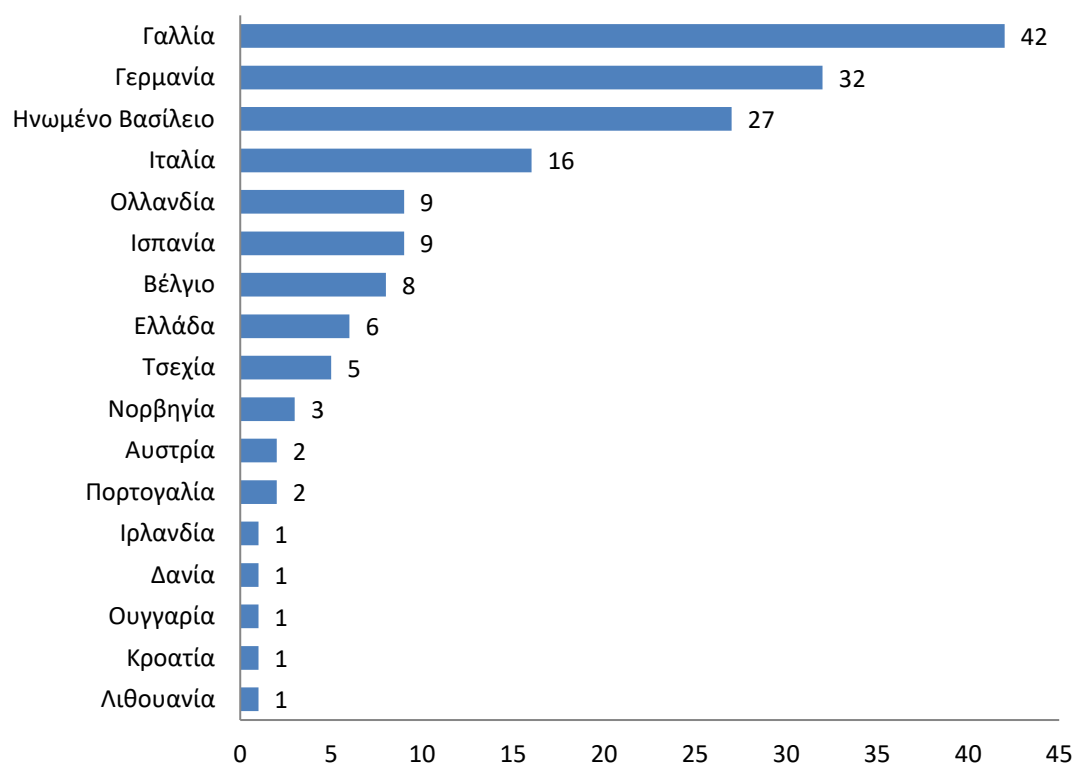


Διάγραμμα 3. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά τύπο βιομηχανικών εγκαταστάσεων

6.3.4 Χώρα στην οποία έλαβε μέρος το περιστατικό

Στο Διάγραμμα 4 βλέπουμε την κατανομή των αναφορών ως προς την χώρα στην οποία έλαβαν μέρος τα περιστατικά. Εδώ πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η συχνότερη αναφορά κάποιων κρατών, σε σχέση με κάποια άλλα, δεν σημαίνει απαραίτητα ότι αυτές οι χώρες έχουν συχνότερα ατυχήματα ή ότι δεν σέβονται την Ευρωπαϊκή νομοθεσία. Αντίστοιχα και για τις χώρες που αναφέρονται λιγότερες φορές δεν σημαίνει απαραίτητα ότι σπάνια συμβαίνει κάποιο περιστατικό στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις των χωρών αυτών. Είναι λογικό οι χώρες που είναι περισσότερα χρόνια μέλη της Ε.Ε. να έχουν αναφέρει περισσότερα περιστατικά σε σχέση με τα νεότερα κράτη μέλη τα οποία δεν ήταν εναρμονισμένα με τις οδηγίες SEVESO. Επίσης κάποιες χώρες έχουν περισσότερες εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών σε σχέση με κάποιες άλλες και έτσι αυξάνονται και οι πιθανότητες να υπάρξει κάποιο περιστατικό με τη πάροδο του χρόνου. Αυτό που είναι κοινό για όλες τις χώρες και έχει την μεγαλύτερη σημασία είναι αν όλες οι χώρες κοινοποιούν όλα τα περιστατικά στην πλατφόρμα eMARS της ευρωπαϊκής επιτροπής ώστε να μπορέσουν να γίνουν

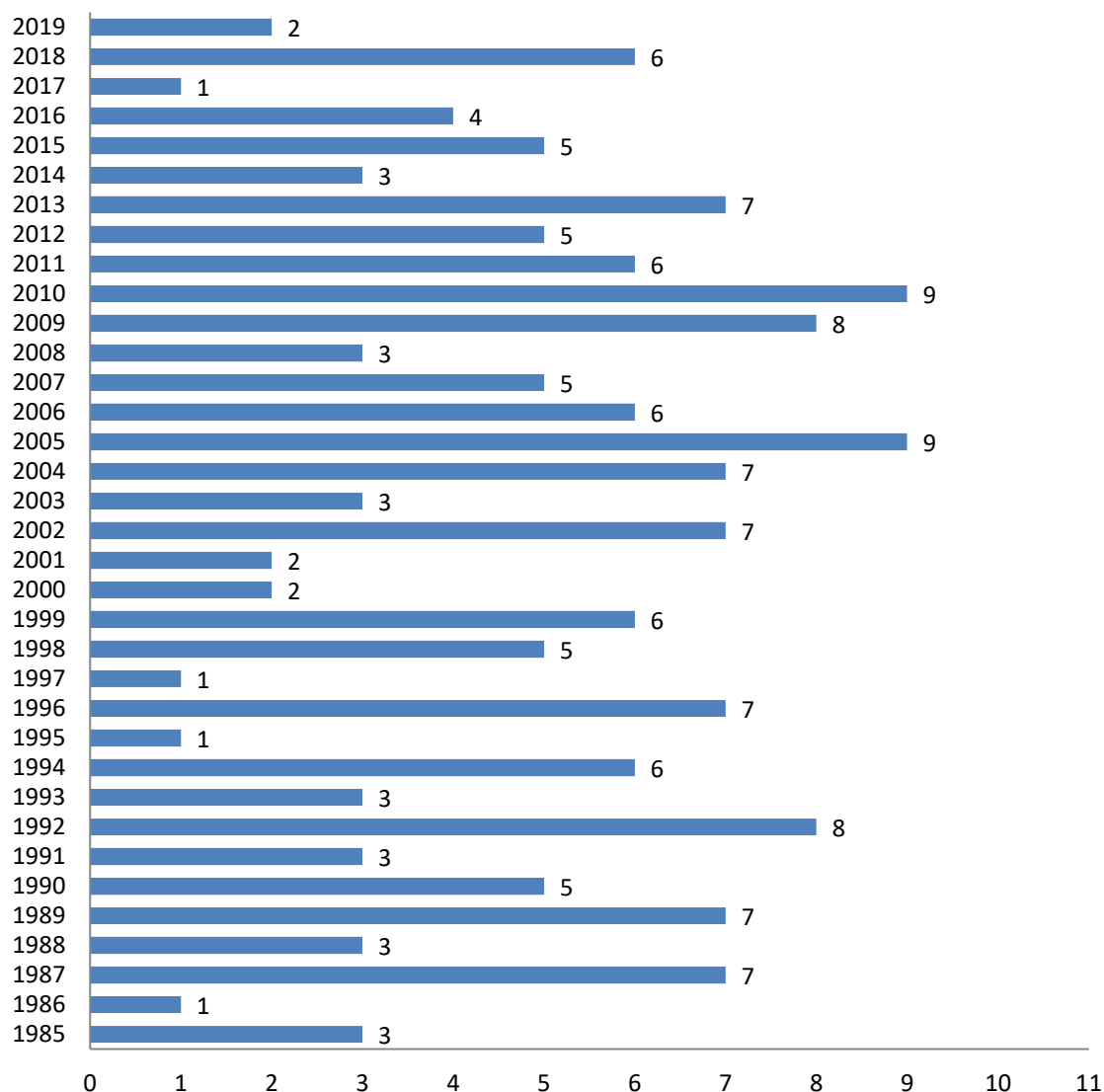
αντικείμενο μελέτης και να βοηθήσουν στην βελτίωση της ασφάλειας των βιομηχανικών εγκαταστάσεων.



Διάγραμμα 4. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά χώρα στην οποία έλαβαν μέρος

6.3.5 Έτος κατά το οποίο έλαβε μέρος το περιστατικό

Στα Διάγραμμα 5 βλέπουμε την κατανομή των αναφορών ως προς τη χρονολογία την οποία συνέβη το περιστατικό. Ο αριθμός των αναφορών ανά έτος δεν αποτελεί τον συνολικό αριθμό περιστατικών στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε., αλλά τον αριθμό των περιστατικών τα οποία αναφέρθηκαν στο σύστημα MARS. Για τον λόγο αυτό δεν μπορούμε να κάνουμε εκτιμήσεις για τον αν τα ατυχήματα στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. αυξάνονται ή μειώνονται αλλά μπορούμε να έχουμε μία σαφή εικόνα για τα περιστατικά τα οποία αναφέρονται και γνωστοποιούνται ώστε να γίνουν αντικείμενο μελέτης.

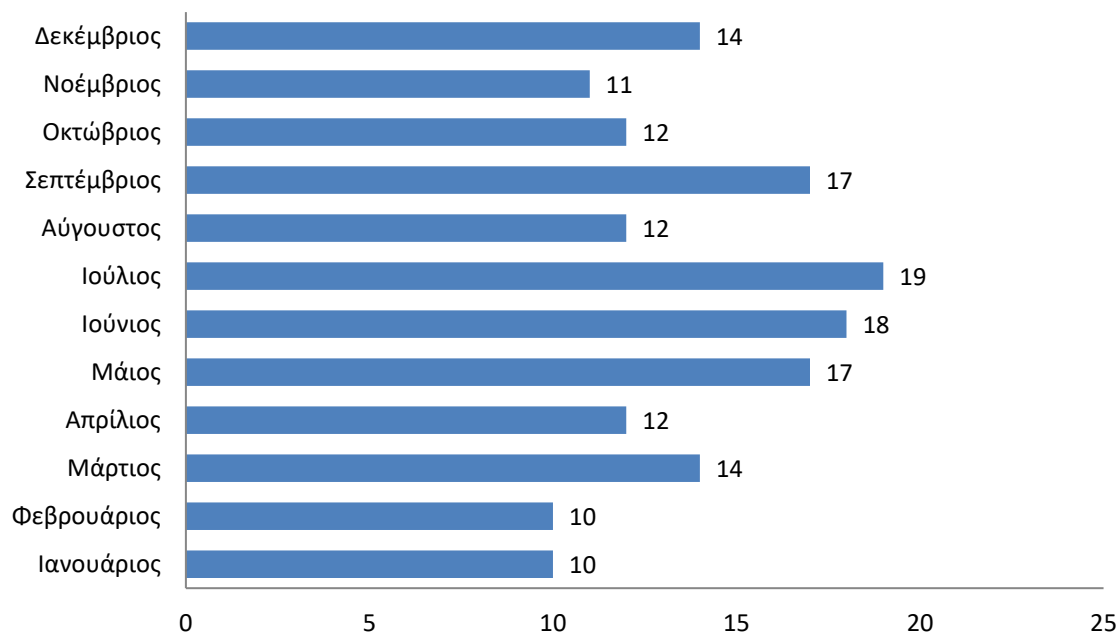


Διάγραμμα 5. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά έτος κατά το οποίο σημειώθηκαν

6.3.6 Μήνας κατά τον οποίο έλαβε μέρος το περιστατικό

Ο χρονική κατανομή ως προς τον μήνα που έλαβαν μέρος τα περιστατικά των αναφορών παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 6. Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι δεν παρουσιάζεται μεγάλη μεταβολή στις αναφορές συμβάντων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους με μία εξαίρεση για τους μήνες Μάιο – Ιούλιο όπου παρατηρείται μία αύξηση των περιστατικών. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι αυτούς τους μήνες, λόγω καλού καιρού, πολλές φορές γίνονται σταματήματα των μονάδων για συντήρηση και επισκευές (Shut-Down maintenance) καθώς και ξεκινήματα (Start-Up) αφού ο ζεστός καιρός βοηθάει στη ομαλότερη λειτουργία των μονάδων ενός διυλιστηρίου. Οι δύο

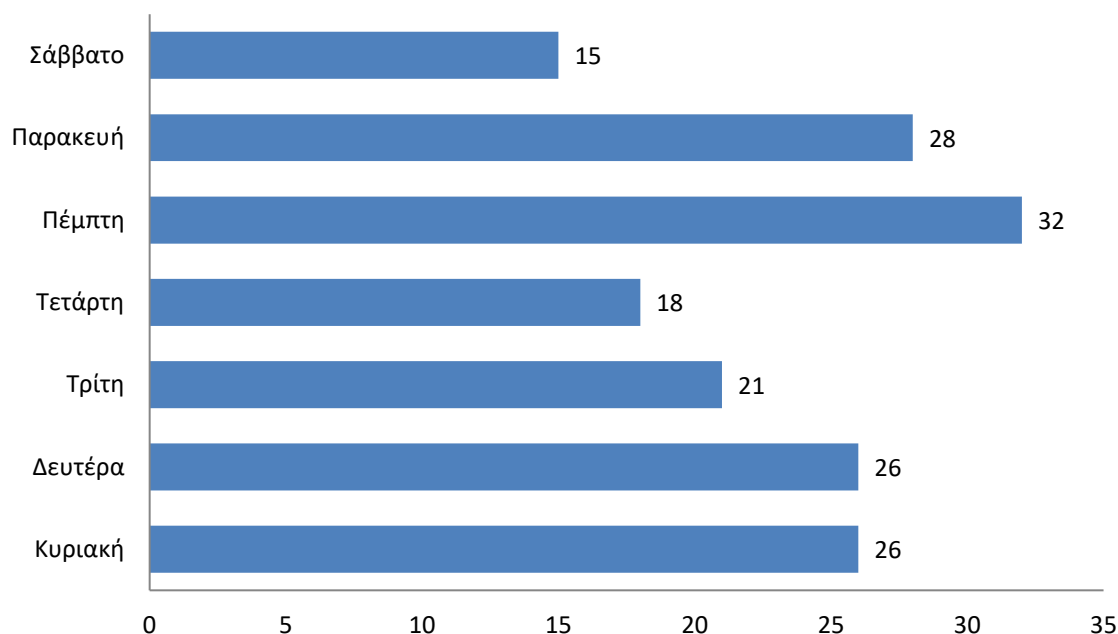
αυτές διαδικασίες αποτελούν περιόδους μεγάλης επικινδυνότητας στον κύκλο ζωής ενός διυλιστηρίου και παρουσιάζουν μεγάλο ποσοστό ατυχημάτων όπως έχει αποδειχθεί στο παρελθόν.



Διάγραμμα 6. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά μήνα κατά το οποίο σημειώθηκαν

6.3.7 Ημέρα κατά την οποία έλαβε μέρος το περιστατικό

Στο Διάγραμμα 7 βλέπουμε την χρονική κατανομή των αναφορών ως προς την ημέρα συνέβη το περιστατικό. Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει μεγάλη μεταβολή ως την ημέρα που θα μπορούσε να συμβεί ένα περιστατικό. Μία υπόθεση που θα μπορούσαμε να κάνουμε είναι ότι η μικρή αύξηση που παρατηρείται κατά την ημέρα Παρασκευή, οφείλεται στο ότι η εβδομάδα φτάνει προς το τέλος της για το ημερήσιο προσωπικό (το ημερήσιο προσωπικό συνήθως εργάζεται Δευτέρα – Παρασκευή ενώ το προσωπικό βάρδιας εργάζεται και το Σαββατοκύριακο) και ίσως η βιασύνη για να τελειώσει μία εργασία ή η μειωμένη προσήλωση σε αυτή πολλές φορές οδηγεί σε ατύχημα.



Διάγραμμα 7. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά ημέρα κατά την οποία σημειώθηκαν

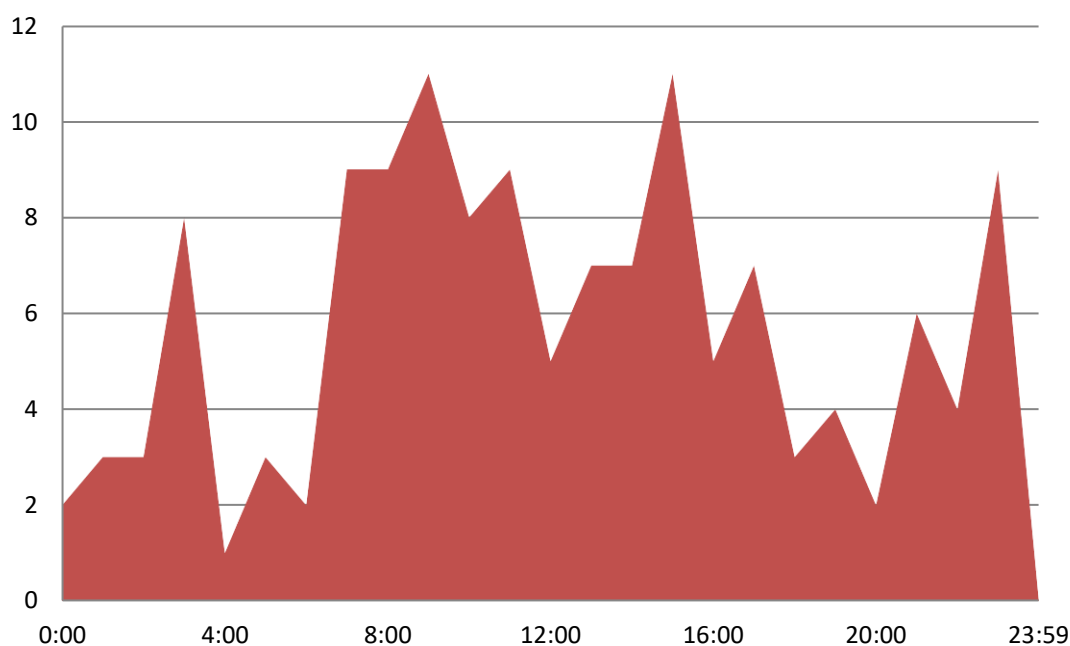
6.3.8 Ώρα κατά την οποία έλαβε μέρος το περιστατικό

Η χρονική κατανομή σε 24ωρη κλίμακα κατά την οποία σημειώθηκαν τα περιστατικά των αναφορών παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 8. Σε αυτή τη περίπτωση πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι δεν αναγράφεται σε όλες τις αναφορές η ακριβής ώρα όπου συνέβη το περιστατικό και για αυτό το λόγο η χρονική κατανομή βασίζεται μόνο στις αναφορές που έχουμε τα απαραίτητα στοιχεία. Αυτές οι αναφορές αποτελούν το 85% του δείγματος στο οποίο βασίστηκε η ανάλυση.

Από την κατανομή των περιστατικών σε διάστημα 24 ωρών είναι εμφανές ότι η μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζεται μεταξύ των ωρών 7πμ – 5μμ. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι εκείνες τις ώρες το ημερήσιο προσωπικό βρίσκεται εντός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και εκτελούνται αρκετές εργασίες συντήρησης σε αντίθεση με τις απογευματινές και βραδινές ώρες όπου υπάρχει μόνο το προσωπικό βάρδιας και εκτελούνται μόνο οι απαραίτητες εργασίες. Επίσης θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι τα μειωμένα περιστατικά στις 12μμ οφείλονται στο γεγονός ότι η ώρα αυτή είναι η ώρα διαλείμματος στις περισσότερες βιομηχανίες και έτσι υπάρχει παύση αρκετών εργασιών. Τέλος, παρατηρώντας το παρακάτω διάγραμμα βλέπουμε ότι υπάρχει μία αύξηση των περιστατικών ιδιαίτερα κατά τις ώρες 7πμ – 9πμ και 2μμ

– 3μμ. Αυτό θα μπορούσαμε να πούμε ότι ίσως οφείλεται στις αλλαγές του προσωπικού βάρδιας που συμβαίνει συνήθως σε εκείνες τις ώρες. Η κακή ή η ελλιπής επικοινωνία μεταξύ του προσωπικού της βάρδιας έχει αποτελέσει πολλές φορές μία από τις αιτίες που προξένησαν κάποιο ατύχημα.

Το ποσοστό των περιστατικών που έλαβαν μέρος κατά τις βραδινές ώρες λειτουργίας των βιομηχανικών εγκαταστάσεων (μετά τις 7μμ και πριν τις 7πμ) αποτελεί το 34% των αναφερθέντων περιστατικών σε αντίθεση με τα περιστατικά που καταγράφονται κατά τις ώρες εργασίας του ημερήσιου προσωπικού και αποτελούν το 66% δείγματος.

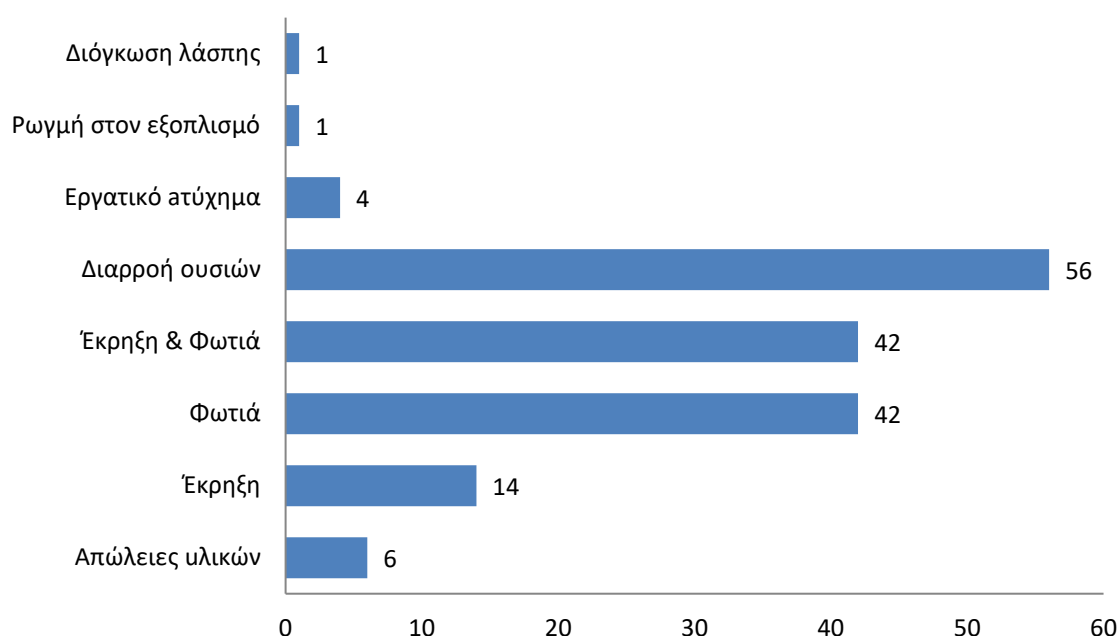


Διάγραμμα 8. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά ώρα ημέρας κατά την οποία σημειώθηκαν

6.3.9 Είδος ατυχήματος

Στο Διάγραμμα 9 βλέπουμε την κατανομή των αναφορών ανά είδος ατυχήματος. Εύκολα μπορεί κάποιος να παρατηρήσει ότι αυτό που συναντάμε πιο συχνά στις αναφορές είναι ατυχήματα που αφορούν διαρροές αερίων ή υγρών ουσιών οι οποίες δεν ανεφλέγησαν και που αποτελούν το 34% του δείγματος. Παρ' όλα αυτά αν ομαδοποιήσουμε τις αναφορές που αφορούν περιστατικά με φωτιά, έκρηξη ή και τα δύο από αυτά, τότε βλέπουμε ότι οι αναφορές που κατέληξαν σε ατυχήματα με καταστροφικές συνέπειες για τον εξοπλισμό, το περιβάλλον και τον άνθρωπο

αντιστοιχούν στο 59% του δείγματος. Ένα ποσοστό 4% του δείγματος αφορά περιστατικά που οδήγησαν σε απώλειες υλικών με περιβαλλοντικές αλλά και οικονομικές επιπτώσεις. Μόνο τέσσερα περιστατικά χαρακτηρίζονται ως εργατικά ατυχήματα τα οποία επέφεραν ακαριαίο θάνατο σε άτομα του προσωπικού λόγω σοβαρών τραυματισμών, ασφυξίας ή εισπνοής τοξικών ουσιών και αντιστοιχούν σε ποσοστό 2%. Τέλος υπάρχει μία αναφορά περιστατικού το οποίο είχε σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ρωγμή στον εξοπλισμό χωρίς όμως περαιτέρω συνέπειες, καθώς και μία αναφορά η οποία αφορά περιστατικό μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα με διάγκωση της λάσπης από τα κατάλοιπα του πετρελαίου λόγω δημιουργίας βακτηρίων.

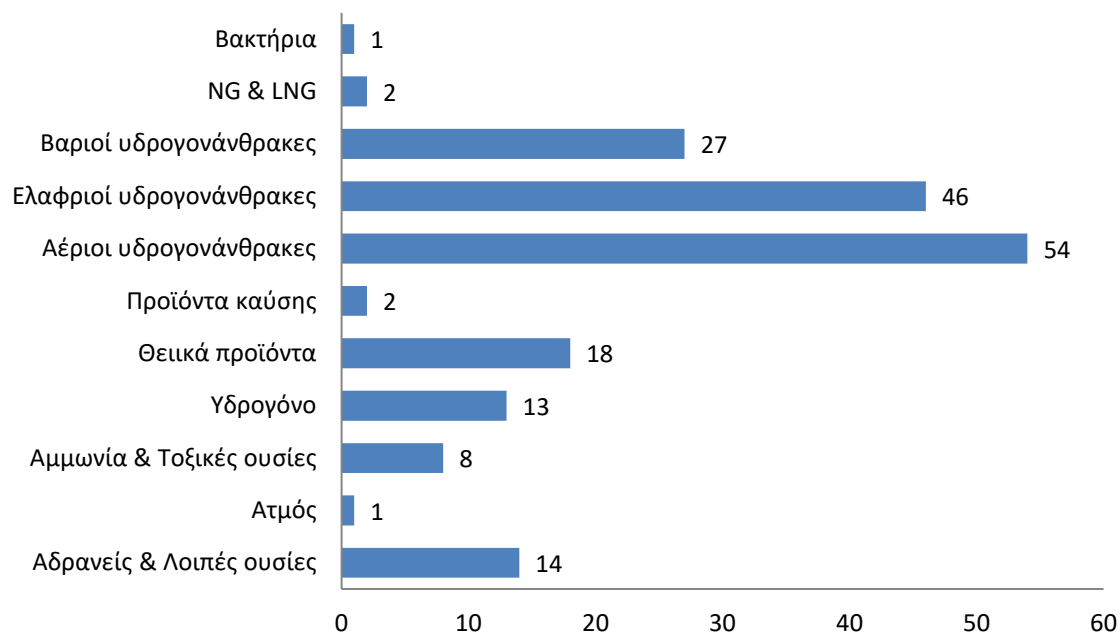


Διάγραμμα 9. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά είδος ατυχήματος

6.3.10 Εμπλεκόμενες Ουσίες

Στο Διάγραμμα 10 παρουσιάζονται οι κατηγορίες ουσιών που εμπλέκονται στα περιστατικά των αναφορών καθώς και η συχνότητα εμφάνισής τους. Οι ουσίες αυτές εμφανίζονται στις αναφορές είτε ως διαρροές στο έδαφος, το νερό ή την ατμόσφαιρα, οι οποίες σε αρκετές περιπτώσεις εξελίχθηκαν σε φωτιά ή/και έκρηξη, είτε ως η αιτία

εγκαύματος, δηλητηρίασης ή ασφυξίας του προσωπικού. Οι ουσίες που περιλαμβάνει η κάθε κατηγορία παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.



Διάγραμμα 10. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά είδος ατυχήματος

Οι συχνότερα εμφανιζόμενες ουσίες είναι αυτές που ανήκουν στην κατηγορία των αέριων υδρογονανθράκων και τις συναντάμε σε 54 αναφορές. Κυρίως αφορούν διαρροές μεθανίου, αιθανίου, προπανίου, βουτανίου και LPG. Η κατηγορία των ελαφριών υδρογονανθράκων όπως η βενζίνη, το πετρέλαιο κίνησης και η ελαφριά νάφθα εμφανίζεται σε 46 αναφορές, ενώ σε 27 αναφορές αφορούν περιστατικά από διαρροή βαρέων υδρογονανθράκων κυρίως αργού πετρελαίου και βαριάς νάφθας. Θειικά προϊόντα όπως υδρόθειο, θειικό οξύ ή διοξείδιο του θείου εμφανίζονται σε 18 αναφορές είτε ως διαρροή είτε ως αιτία δηλητηρίασης του προσωπικού. Την κατηγορία που περιλαμβάνει αδρανείς και λοιπές ουσίες την συναντάμε σε 14 αναφορές που κατά κύριο λόγο αφορούν άζωτο ή καταλύτες. Σχεδόν με την ίδια συχνότητα συναντάμε την εμπλοκή του υδρογόνου σε κάποιο περιστατικό αφού εμφανίζεται σε 13 αναφορές. Σε 8 αναφορές περιστατικών οι εμπλεκόμενες ουσίες αφορούν αμμωνία και λοιπές τοξικές ουσίες. Το φυσικό αέριο (NG) και το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) εμπλέκονται σε 2 περιστατικά. Σε δύο περιστατικά επίσης εμφανίζονται ουσίες ως προϊόντα καύσης όπως CO και CO₂. Τέλος σε μία

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής Στατιστική Ανάλυση Ατυχημάτων στις Βιομηχανίες Διύλιση, Αποθήκευσης και Διακίνησης Πετρελαιοειδών της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναφορά υπάρχει ως εμπλεκόμενη ουσία ο ατμός ενώ υπάρχει και μία αναφορά όπου η εμπλεκόμενη ουσία είναι βακτήρια που δημιουργήθηκαν από τα κατάλοιπα του πετρελαίου.

| Κατηγορία | Ουσίες |
|----------------------------|---|
| Βαριοί υδρογονάνθρακες | Αργό πετρέλαιο, Βαριά Νάφθα, Diesel, Fuel oil, Λιπαντικά, Κηρώδης ουσίες |
| Ελαφριοί υδρογονάνθρακες | Βενζίνη, Πετρέλαιο κίνησης, Ελαφριά Νάφθα, Κηροζίνη, Προϊόντα ισομερισμού |
| Αέριοι υδρογονάνθρακες | LPG, Μεθάνιο, Αιθάνιο, Προπάνιο, Βουτάνιο, Fuel Gas |
| Προϊόντα καύσης | Μονοξείδιο του Άνθρακα, Διοξείδιο του Άνθρακα |
| Θεϊκά προϊόντα | Υδρόθειο, Θειάφι, Διοξείδιο του Θείου, Θεϊκό οξύ, * |
| Υδρογόνο | Υδρογόνο |
| Αμμωνία & Τοξικές ουσίες | Αμμωνία, Υδροφθορικό οξύ, Αρσενικό οξύ, Οξικό οξύ, Όξινο νερό, VCM, MDEA |
| Φυσικό αέριο (NG & LNG) | Φυσικό αέριο, Υγροποιημένο φυσικό αέριο |
| Ατμός | Ατμός |
| Αδρανείς και λοιπές ουσίες | Άζωτο, Καταλύτες, Χημικές ουσίες που δεν αναφέρονται παραπάνω |

Πίνακας 3. Κατηγορίες ουσιών και ουσίες που περιλαμβάνονται στις αναφορές για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε.

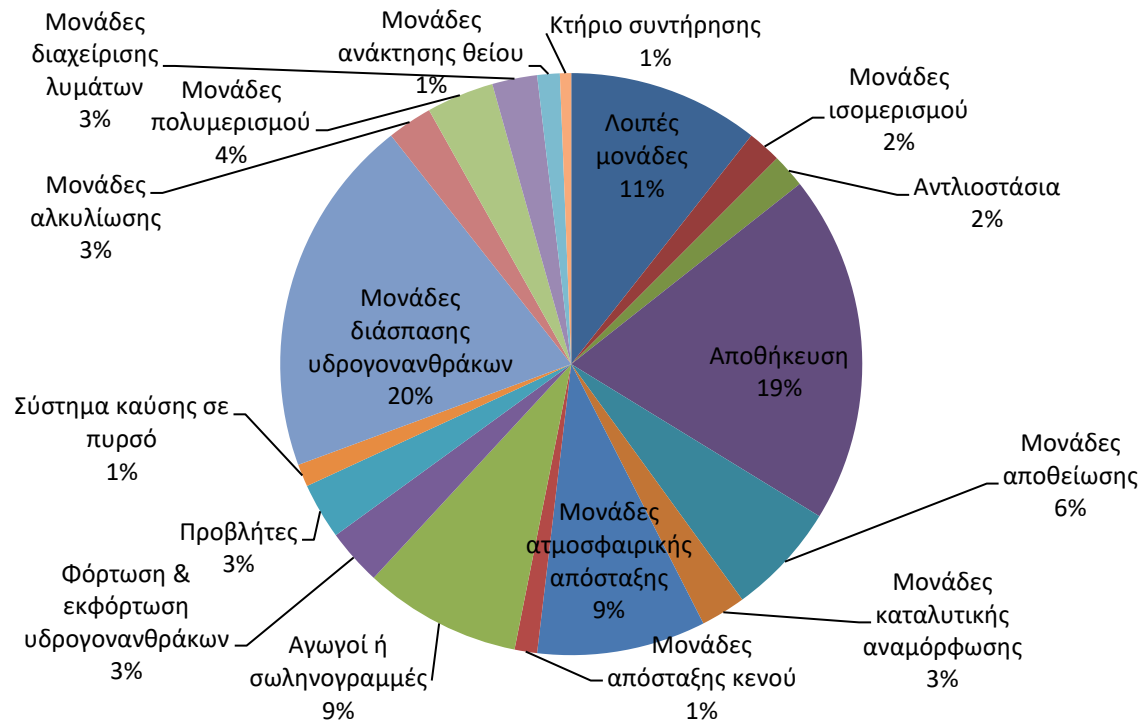
6.3.11 Μονάδα βιομηχανικής εγκατάστασης που συνέβη το περιστατικό

Στο Διάγραμμα 11 παρουσιάζονται οι μονάδες των βιομηχανικών εγκαταστάσεων στις οποίες συνέβησαν τα αναφερθέντα περιστατικά. Τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης με ποσοστό 20% τη συναντάμε στις μονάδες διάσπασης (Cracking units) όπου οι βαρύτεροι υδρογονάνθρακες διασπώνται σε ελαφρύτερους οι οποίοι έχουν μεγαλύτερη εμπορική αξία. Οι μονάδες διάσπασης διαφέρουν ανάλογα με τον τρόπο που πραγματοποιείται η παραγωγική διαδικασία, η οποία μπορεί να είναι θερμική διάσπαση (thermal cracking), ατμοπυρόλυση (steam cracking), καταλυτική διάσπαση (catalytic cracking) ή υδρογονοδιάσπαση (hydrocracking).

Το 19% των αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. αφορούν τους χώρους αποθήκευσης των προϊόντων της παραγωγής. Πρόκειται για

δεξαμενές στις οποίες αποθηκεύονται υδρογονάνθρακες σε υγρή μορφή και μπορούν να έχουν χωρητικότητα από μερικές εκατοντάδες m^3 μέχρι και δεκάδες χιλιάδες m^3 . Οι χώροι αποθήκευσης συνήθως αποτελούν ένα ξεχωριστό τμήμα των βιομηχανικών εγκαταστάσεων ενός διυλιστηρίου αλλά μπορούν να υπάρξουν και ως αυτόνομες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Ο χώρος όπου βρίσκεται το σύνολο των δεξαμενών μίας εγκατάστασης συχνά αναφέρεται και ως “Tank Farm”. Το πιο σύνηθες περιστατικό στις μονάδες δεξαμενισμού είναι οι διαρροές υλικών από υπερχειλίση ή από βύθιση της οροφής τους. Υπάρχουν όμως και περιστατικά, που καταγράφονται ως εργατικά ατυχήματα, και συνέβησαν σε άδειες δεξαμενές κατά την διαδικασία εργασιών συντήρησης λόγω αναθυμιάσεων. Τα περιστατικά που συνέβησαν στις μονάδες απόσταξης αποτελούν το 10% των αναφορών (9% μονάδες ατμοσφαιρικής απόσταξης CDU και 1% μονάδες απόσταξης κενού VDU). Οι μονάδες απόσταξης αποτελούν των πυρήνα του κάθε διυλιστηρίου αφού από εκεί ξεκινάει η παραγωγική διαδικασία, ενώ όλα τα σύγχρονα διυλιστήρια έχουν δύο ή τρεις μονάδες ατμοσφαιρικής απόσταξης και τουλάχιστον μία μονάδα απόσταξης κενού. Σημαντικό ποσοστό της τάξης του 9% αποτελούν και οι αναφορές σχετικές με περιστατικά που συνέβησαν σε αγωγούς ή σωληνογραμμές (Pipping) των βιομηχανικών εγκαταστάσεων που διακινούνται εύφλεκτα προϊόντα. Σε ποσοστό 6% των αναφορών συναντάμε περιστατικά που συνέβησαν στις μονάδες αποθείωσης (Desulphurization units). Περιστατικά που έλαβαν μέρος στις μονάδες πολυμερισμού αποτελούν το 4% των αναφορών. Οι μονάδες καταλυτικής αναμόρφωσης (Catalytic reforming), αλκυλίωσης (Alkylation units) καθώς και οι μονάδες διαχείρισης λυμάτων (Waste Water units) παρουσιάζουν την ίδια συχνότητα εμφάνισης στις αναφορές και καταλαμβάνουν το ποσοστό του 3% η κάθε μία. Το ίδιο ποσοστό αντιστοιχεί και στα περιστατικά που συνέβησαν στους χώρους φόρτωσης ή εκφόρτωσης υγρών υδρογονανθράκων είτε πρόκειται για χερσαίους σταθμούς φόρτωσης / εκφόρτωσης είτε για θαλάσσιους (προβλήτες). Οι μονάδες ισομερισμού (Isomerization units) καθώς και τα αντλιοστάσια (Pump stations) αποτελούνε μέρος των βιομηχανικών εγκαταστάσεων που συνέβη κάποιο σοβαρό περιστατικό στο 2% των περιπτώσεων. Τις μονάδες ανάκτησης Θείου (Sulphur recovery units) τις συναντάμε με συχνότητα που αντιστοιχεί στο 1% του συνόλου των αναφορών όπως και το σύστημα καύσης σε πυρσό (Flaring system). Όλες οι υπόλοιπες μονάδες των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, οι οποίες αναφέρονται μόνο μία φορά, έχουν ομαδοποιηθεί και

αποτελούν το 11% του συνόλου των αναφορών. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι σε μία αναφορά γίνεται λόγος για περιστατικό (έκρηξη και φωτιά) το σημειώθηκε στο κτήριο συντήρησης (Maintenance Building) των βιομηχανικών εγκαταστάσεων ενός διυλιστηρίου με καταστροφικές συνέπειες για τον άνθρωπο και τις εγκαταστάσεις.



Διάγραμμα 11. Ποσοστό αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά είδος μονάδας των βιομηχανικών εγκαταστάσεων

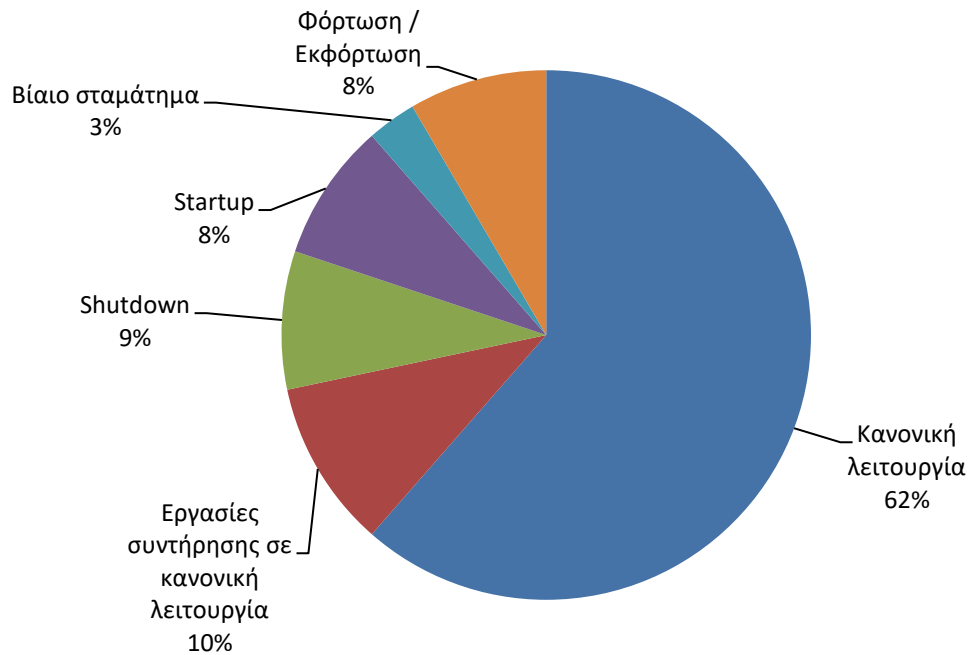
6.3.12 Κατάσταση λειτουργίας μονάδων των βιομηχανικών εγκαταστάσεων

Στο Διάγραμμα 12 παρουσιάζεται το ποσοστό επί του συνόλου των αναφορών σχετικά με την κατάσταση λειτουργίας που βρίσκονταν οι μονάδες των βιομηχανικών εγκαταστάσεων την ώρα του περιστατικού.

Παρότι οι περίοδοι *σταματήματος* (Shutdown) και *ξεκινήματος* (Startup) των μονάδων που γίνονται για λόγους συντήρησης θεωρούνται οι πιο επικίνδυνες στον ετήσιο κύκλο παραγωγής μιας βιομηχανικής εγκατάστασης πετρελαιοειδών, αυτό που παρατηρούμε αμέσως είναι ότι τα περισσότερα περιστατικά, σε ποσοστό 62%, συνέβησαν σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας (Normal operation) των μονάδων των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Αυτό μπορεί σε διάφορους παράγοντες όπως:

- οι ώρες κανονικής λειτουργίας αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του ετήσιου κύκλου παραγωγής των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και έτσι αυξάνονται οι πιθανότητες να συμβεί κάποιο περιστατικό μέσα σε αυτή τη περίοδο.
- σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας διακινείται τεράστιος όγκος επικίνδυνων ουσιών, σε υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες και συχνά αποτελούν σημαντικό παράγοντα στην εξέλιξη κάποιο περιστατικού.
- στις περιόδους σταματήματος και ξεκινήματος των μονάδων καθώς και στις *εργασίες συντήρησης σε κανονική λειτουργία*, τις περισσότερες φορές, οι κίνδυνοι είναι γνωστοί και λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε να επαλειφθούνε.
- η κανονική λειτουργίας μίας μονάδας ή μίας εγκατάστασης μπορεί να διαταραχθεί από ακραία καιρικά φαινόμενα ή από άλλους εξωτερικού παράγοντες οι οποίοι δεν συμπεριλήφθηκαν στην εκτίμηση κινδύνου των βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

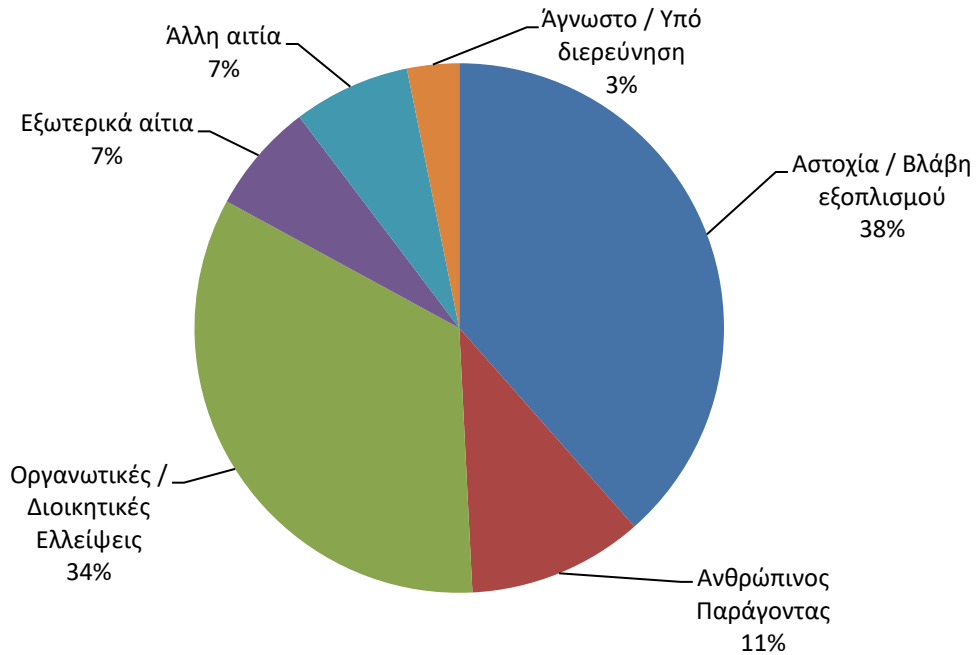
Ποσοστό 10% αποτελούν οι αναφορές που αφορούν περιστατικά τα οποία συνέβησαν κατά την πραγματοποίηση εργασιών συντήρησης σε μέρος του εξοπλισμού των μονάδων ενώ αυτές βρίσκονταν σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας. Ο λόγος που γίνεται ο διαχωρισμός σε σχέση με την κατάσταση κανονικής λειτουργίας είναι ότι τα περιστατικά αυτά δεν προκλήθηκαν από κάποιο «τυχαίο» γεγονός αλλά οφείλονται σε καθαρά σε λανθασμένη εκτίμηση κινδύνου και σε ελλείψεις διαδικασίες ασφαλείας. Οι αναφορές για περιστατικά που συνέβησαν κατά την περίοδο *σταματήματος* των μονάδων αποτελούν το 9% του συνόλου ενώ τα περιστατικά που συνέβησαν κατά τη περίοδο *ξεκινήματος* των μονάδων παραγωγής αποτελούν το 8% του συνόλου. Ίδιο ποσοστό καταλαμβάνουν και οι αναφορές για περιστατικά που συνέβησαν κατά τη *φόρτωση / εκφόρτωση* προϊόντων σε χερσαία ή πλωτά μέσα. Τέλος ένα ποσοστό 3% αφορά περιστατικά τα οποία συνέβησαν ως αποτέλεσμα *βίαιου σταματήματος* της μονάδας παραγωγής, ενώ αυτή βρισκόταν σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας. Η αιτία ενός τέτοιου βίαιου σταματήματος, βάσει των αναφορών, είναι είτε από ξαφνική διακοπή στην παροχή ηλεκτρικής τάσης είτε από λανθασμένο χειρισμό ο οποίος ενεργοποίησε το σύστημα ESD της μονάδας.



Διάγραμμα 12. Ποσοστό αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά κατάσταση λειτουργίας των εγκαταστάσεων

6.3.13 Αιτίες που οδήγησαν στο περιστατικό

Τα άμεσα αίτια που οδήγησαν στο κάθε περιστατικό κατατάσσονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες και κάθε μία από αυτές απαρτίζεται από αρκετές υποκατηγορίες. Στο Διάγραμμα 13 παρουσιάζεται το ποσοστό που καταλαμβάνει το κάθε αίτιο στο σύνολο των αναφορών από περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. Σαν αίτιο του κάθε περιστατικού λαμβάνουμε τα δεδομένα που μας υποδεικνύονται από το αρμόδιο τμήμα της κάθε εταιρίας, μετά από έρευνα και ανάλυση. Επίσης είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι για τα περισσότερα περιστατικά έχουν αναγνωριστεί περισσότερες από μια ως κύριες αιτίες του ατυχήματος, οι οποίες ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες. Σε 8 από τις 166 αναφορές η κύρια αιτία που οδήγησε στο περιστατικό παραμένει άγνωστη, είτε γιατί δεν έχει δηλωθεί, είτε επειδή το περιστατικό είναι ακόμα υπό διερεύνηση. Οι περιπτώσεις αυτές αποτελούν 3% του δείγματος.



Διάγραμμα 13. Κύριες κατηγορίες αιτιών που οδήγησαν σε περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε.

Η κατηγορία που συναντάμε πιο συχνά και αναφέρεται στο 38% των αναφορών ως μία από τις κύριες αιτίες του περιστατικού, είναι η *αστοχία / βλάβη εξοπλισμού*. Οι αιτίες που συναντάμε πιο συχνά σε αυτή την κατηγορία είναι:

- μηχανική βλάβη / δυσλειτουργία
- διάβρωση εξοπλισμού
- βούλωμα εξοπλισμού
- βλάβη / δυσλειτουργία οργάνων μέτρησης
- μη ελεγχόμενη αντίδραση (runaway reaction)

Σε ποσοστό που αντιστοιχεί στο 34% των περιπτώσεων, συναντάμε αιτίες οι οποίες κατατάσσονται στην κύρια κατηγορία *οργανωτικές / διοικητικές ελλείψεις*. Μερικές από τις αιτίες που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι:

- ανεπαρκής διοικητική οργάνωση
- ελλείψεις στις διαδικασίες συντήρησης / επιθεώρησης
- ελλιπής εκπαίδευση προσωπικού
- ελλιπής επίβλεψη εργασιών
- λανθασμένος σχεδιασμός εξοπλισμού / εγκατάστασης

- λανθασμένη εγκατάσταση εξοπλισμού
- λανθασμένη ανάλυση παραγωγικής διεργασίας

Ο *ανθρώπινος παράγοντας* αναφέρεται ως η μία από τις κύριες αιτίες ενός περιστατικού στο 11% επί του συνόλου των αναφορών. Οι αιτίες που απαρτίζουν την κατηγορία αυτή είναι:

- σφάλμα χειριστή
- ανυπακοή /αποτυχία εκπλήρωσης καθηκόντων
- κακόβουλη παρέμβαση

Πιο σπάνια, σε ποσοστό 7%, συναντάμε περιστατικά που προκλήθηκαν από *εξωτερικά αίτια*. Τα αίτια αυτά, βάσει των αναφορών, είναι:

- έντονα φυσικά φαινόμενα
- αλυσιδωτή αντίδραση ατυχήματος (domino-effect)
- διακοπή κοινών παροχών (νερό, ατμός, αέρας κ.α.)
- διακοπή ηλεκτροδότησης των εγκαταστάσεων
- παραβίαση ασφάλειας των εγκαταστάσεων

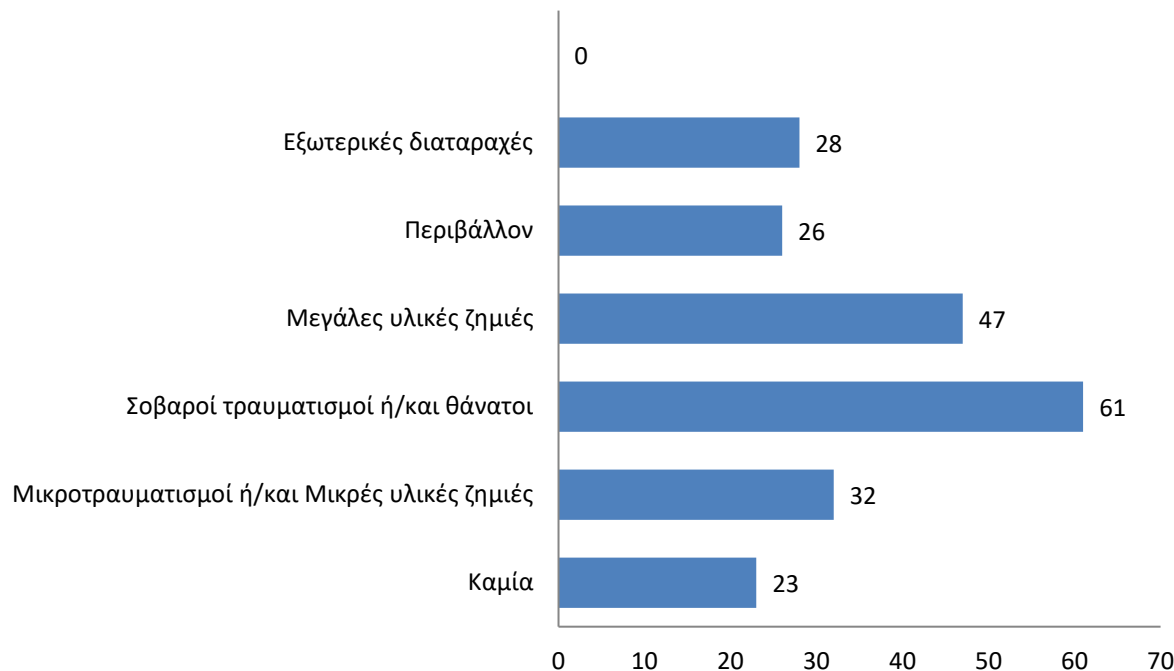
Στην συγκεκριμένη κατηγορία εντάσσονται και τρία περιστατικά τα οποία καταγράφονται ως «τρομοκρατική ενέργεια».

Τέλος υπάρχουν 18 αναφορές (ποσοστό 7%) οι οποίες δεν κατατάσσουν τα αίτια (ή κάποια από τα αίτια) του περιστατικού σε καμία από τις τέσσερις κύριες κατηγορίες και δηλώνονται ως *άλλη αιτία*.

6.3.14 Επιπτώσεις περιστατικών

Στο Διάγραμμα 14 παρουσιάζονται οι άμεσες επιπτώσεις των περιστατικών. Ο διαχωρισμός των επιπτώσεων γίνεται σε πέντε κύριες κατηγορίες, οι οποίες αποτελούνται από πολλές υποκατηγορίες. Εδώ είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι για αρκετά περιστατικά υπήρξαν περισσότερες από μία επιπτώσεις. Για τον λόγο αυτό, ο συνολικός αριθμός των καταγεγραμμένων επιπτώσεων είναι πολύ μεγαλύτερος από το σύνολο των αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. Τέλος υπάρχουν και 23 αναφορές όπου το περιστατικό, αν

και θεωρείται σημαντικό, δεν είχε καμία άμεση επίπτωση για τον άνθρωπο, το περιβάλλον, την κοινωνία ή τις εγκαταστάσεις και έτσι δεν κατατάσσεται σε καμία από τις πέντε κύριες κατηγορίες.



Διάγραμμα 14. Κύριες κατηγορίες επιπτώσεων από περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε.

Αυτό που εύκολα παρατηρούμε στο παραπάνω διάγραμμα είναι ότι τα περισσότερα περιστατικά είχαν σοβαρές επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία. Σε 61 περιστατικά υπήρξαν *σοβαροί τραυματισμοί ή/και θάνατοι*, τόσο εντός όσο και εκτός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Τα περιστατικά στα οποία είχαμε *καταστροφικές υλικές ζημιές* στις εγκαταστάσεις και στη παραγωγή, με μεγάλες οικονομικές απώλειες, είναι 47. Σε αυτή την κατηγορία υπάρχουν και περιστατικά των οποίων οι καταστροφικές επιπτώσεις επεκτάθηκαν ακόμα και αρκετά χιλιόμετρα εκτός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Σε 32 περιπτώσεις το περιστατικό είχε ως αποτέλεσμα να προκληθούν *μικροτραυματισμοί ή/και μικρές υλικές ζημιές*. Οι επιπτώσεις ενός βιομηχανικού ατυχήματος, αρκετές φορές, έχουν αντίκτυπο και στην τοπική κοινωνία, προκαλώντας *εξωτερικές διαταραχές* οι οποίες δυσχεραίνουν την καθημερινότητα των πολιτών. Μερικές από τις εξωτερικές διαταραχές που συναντάμε συχνότερα στις αναφορές είναι η παρεμπόδιση συγκοινωνιών, το κλείσιμο οδικών αρτηριών, η θραύση τζαμιών, μικρές ή μεγάλες ζημιές σε γειτονικά κτήρια, βιομηχανίες, σχολεία, πανεπιστήμια, νοσοκομεία κ.α. Αυτού του είδους οι επιπτώσεις

αποτυπώνονται σε 28 περιστατικά. Τέλος, παρατηρούμε ότι 26 περιστατικά είχαν σοβαρές επιπτώσεις για το περιβάλλον.

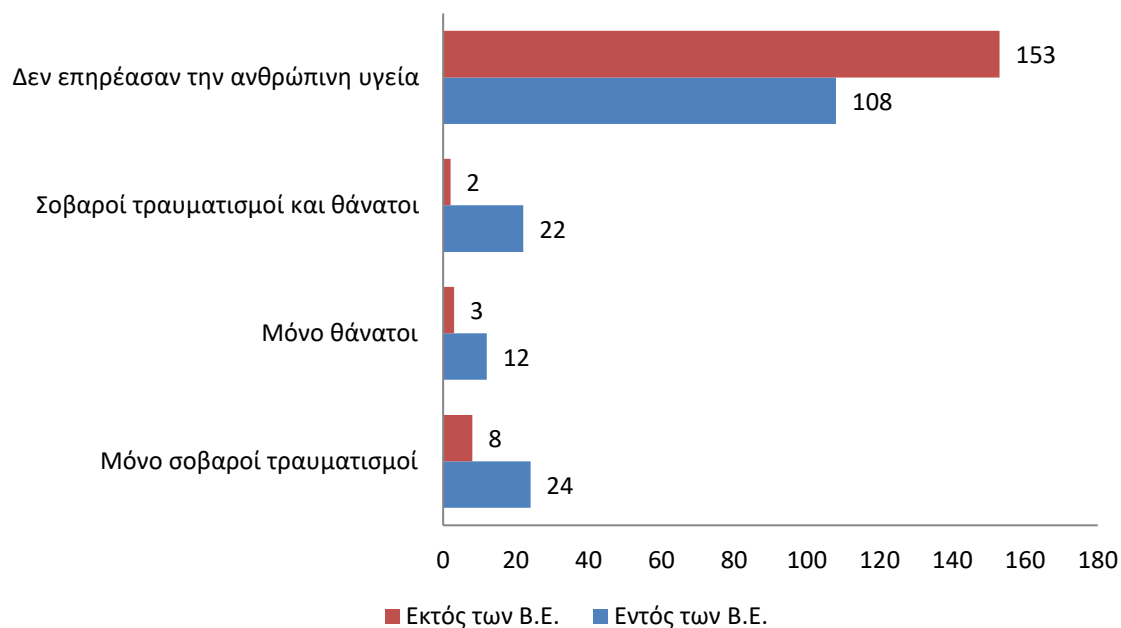
6.3.14.1 Σοβαρές επιπτώσεις περιστατικών για τον άνθρωπο

Όπως έχει γίνει κατανοητό, ένα βιομηχανικό ατύχημα, μπορεί να επιφέρει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των εργαζομένων. Υπάρχουν όμως και αρκετές περιπτώσεις όπου οι επιπτώσεις ενός ατυχήματος επεκτείνονται και εκτός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων μίας βιομηχανίας πετρελαιοειδών, επηρεάζοντας άμεσα και την υγεία των πολιτών.

Στο Διάγραμμα 15 βλέπουμε σε πόσες από 166 αναφορές για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε., υπήρξε κάποιος σοβαρός τραυματισμός ή/και θάνατος εργαζομένου ή πολίτη.

Ο αριθμός των περιπτώσεων όπου υπήρξαν σοβαρές επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία των εργαζομένων είναι 58 (24 μόνο σοβαροί τραυματισμοί, 12 μόνο θάνατοι, 22 σοβαροί τραυματισμοί και θάνατοι) και αποτελεί το 35% των αναφορών για περιστατικά στις Βιομηχανίες Πετρελαιοειδών της Ε.Ε. Στο 28% των περιπτώσεων σημειώθηκαν σοβαροί τραυματισμοί των εργαζομένων ενώ στο 22% των περιπτώσεων υπήρξαν απώλειες ανθρώπινης ζωής. Στο 65% των περιπτώσεων δεν υπήρξαν σοβαρές επιπτώσεις για την υγεία των εργαζομένων.

Τα περιστατικά όπου οι επιπτώσεις του ατυχήματος επεκτάθηκαν και εκτός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, επιφέροντας σοβαρές βλάβες στην υγεία των πολιτών είναι 13 (8 μόνο σοβαροί τραυματισμοί, 3 μόνο θάνατοι, 2 σοβαροί τραυματισμοί και θάνατοι) αποτελούν το 8% των αναφορών. Στο 6% των περιπτώσεων σημειώθηκαν σοβαροί τραυματισμοί κάποιων πολιτών ενώ στο 3% των περιπτώσεων υπήρξαν απώλειες ανθρώπινης ζωής. Στο 92% των περιπτώσεων δεν υπήρξαν σοβαρές επιπτώσεις για την υγεία των πολιτών.



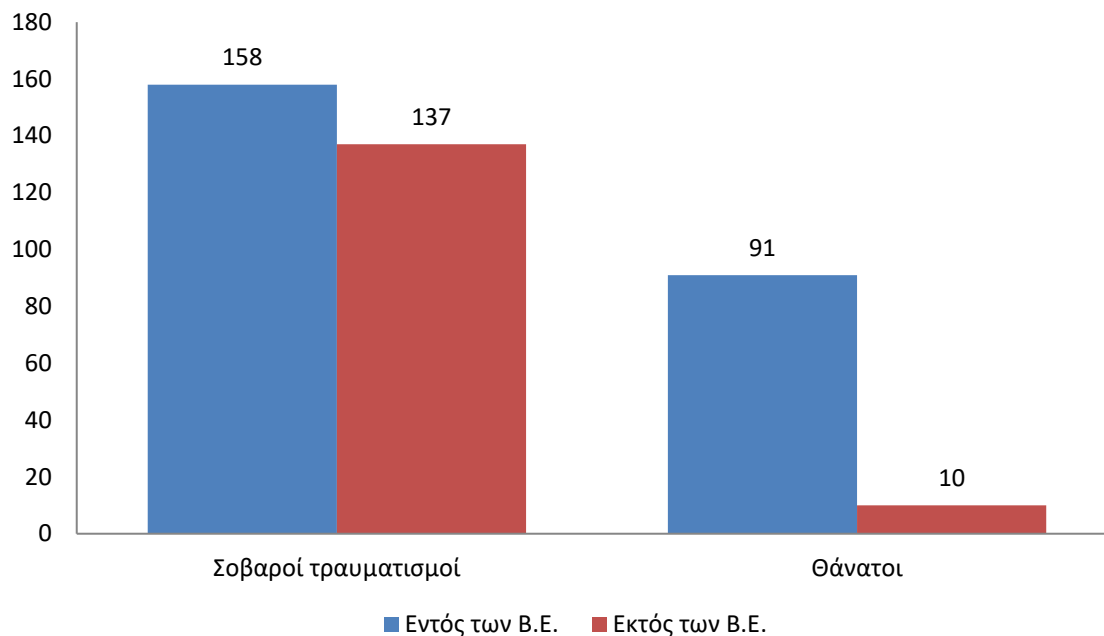
Διάγραμμα 15. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά βαθμό επίπτωσης στην ανθρώπινη υγεία

Ο συνολικός αριθμός των ανθρώπων των οποίων η υγεία επηρεάστηκε σοβαρά από κάποιο ατύχημα, στο σύνολο των αναφορών για περιστατικά στις Βιομηχανίες Πετρελαιοειδών της Ε.Ε., παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 16.

Έτσι λοιπόν παρατηρούμε ότι στα 166 περιστατικά που ερευνούμε, σημειώνονται 158 σοβαροί τραυματισμοί εργαζομένων και 91 θάνατοι. Επίσης καταγράφονται 137 σοβαροί τραυματισμοί πολιτών και 10 θάνατοι. Με βάση αυτά τα στοιχεία θα μπορούσαμε να πούμε η αντιστοιχία ανά περιστατικό είναι 0,95 σοβαροί τραυματισμοί εργαζομένων, 0,83 σοβαροί τραυματισμοί πολιτών, 0,55 θάνατοι εργαζομένων και 0,06 θάνατοι πολιτών. Αν όμως λάβουμε ως δείγμα μόνο τις 61 περιπτώσεις (Διάγραμμα 13) όπου υπήρξαν πραγματικά σοβαρές επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία των εργαζομένων και των πολιτών τότε παρατηρούμε ότι ανά περιστατικό καταγράφονται 2,59 σοβαροί τραυματισμοί εργαζομένων, 2,25 σοβαροί τραυματισμοί πολιτών, 1,49 θάνατοι εργαζομένων και 0,16 θάνατοι πολιτών.

Συγκρίνοντας λοιπόν τις δύο περιπτώσεις βλέπουμε ότι, αν και τα νούμερα στην πρώτη περίπτωση είναι μικρά, η εξέλιξη ενός περιστατικού που πραγματικά θα οδηγήσει στο να υπάρξουν επιπτώσεις στην Ανθρώπινη Υγεία, τότε αυτές θα είναι

πολύ σοβαρές, κυρίως για τους ανθρώπους που βρίσκονται εντός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων αλλά και για όσους βρίσκονται εκτός.



Διάγραμμα 16. Συνολικός αριθμός ανθρώπων των οποίων η υγεία επηρεάστηκε από κάποιο περιστατικό στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά βαθμό επίπτωσης

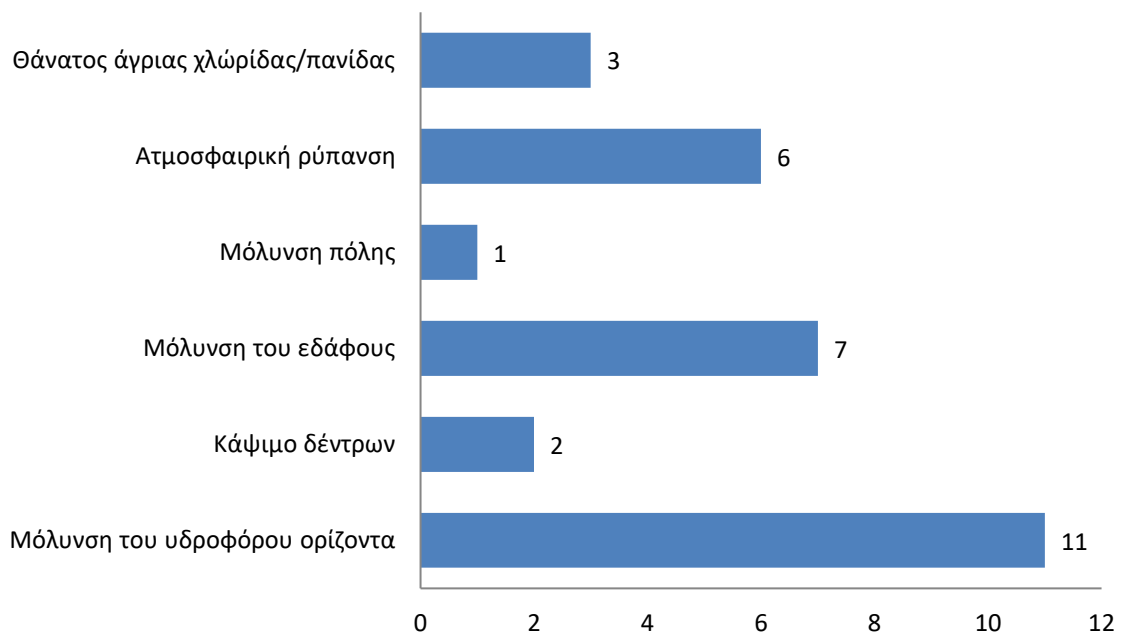
6.3.14.2 Σοβαρές επιπτώσεις περιστατικών για τον περιβάλλον

Τα περιστατικά στα οποία συναντάμε διαρροές αερίων ή υγρών ουσιών, οι οποίες δεν ανεφλέγησαν ή δεν προκάλεσαν κάποια έκρηξη, τις περισσότερες φορές δεν έχουν σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις για την εταιρεία αλλά ούτε άμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Παρ' όλα αυτά οι επιπτώσεις αυτών των περιστατικών μπορούν να είναι καταστροφικές για το περιβάλλον, επηρεάζοντας άμεσα την τοπική χλωρίδα και πανίδα. Επίσης είναι γνωστό ότι η παρατεταμένη και μακροχρόνια μόλυνση του εδάφους, του υδροφόρου ορίζοντα και τις ατμόσφαιρας από βλαβερές ουσίες επιφέρει σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία με το πέρασμα του χρόνου.

Στο Διάγραμμα 17 παρουσιάζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αναφορών από περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε.

Συνολικά, από τα 166 περιστατικά της έρευνας, σοβαρές επιπτώσεις για το περιβάλλον σημειώθηκαν στα 30, δηλαδή στο 18% των περιπτώσεων. Στις

περισσότερες (11) περιπτώσεις βλέπουμε ότι υπήρξε *μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα*. Στις περιπτώσεις αυτές συναντάμε σοβαρές μολύνσεις θαλασσών, ποταμών, λιμνών αλλά και υπόγειων φυσικών δεξαμενών νερού, οι οποίες αρκετές φορές χρησιμοποιούνται για άρδευση ή ακόμα και για παροχή πόσιμου νερού. Σε 7 περιστατικά υπήρξε *μόλυνση του εδάφους*, κυρίως από διαρροή υγρών υδρογονανθράκων, των οποίων η εξάπλωση κυμαίνεται από 200 έως και 3000 m². Επίσης σε δύο περιπτώσεις υπήρξε άμεσος κίνδυνος, οι υγροί υδρογονάνθρακες να διαπεράσουν το υπέδαφος και να μολύνουν τα υπόγεια ύδατα της περιοχής. Η *ατμοσφαιρική ρύπανση* καταγράφεται ως άμεση περιβαλλοντική επίπτωση σε 6 αναφορές. Σε δύο περιστατικά το τοξικό νέφος μεταφέρθηκε αρκετά χιλιόμετρα μακριά από τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις επηρεάζοντας την ζωή στις πόλεις. Ιδιαίτερα δε σε ένα περιστατικό, το τοξικό νέφος από τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις στην Γαλλία, μολυνε τον ατμοσφαιρικό αέρα μίας πόλης στην Γερμανία.



Διάγραμμα 17. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά τύπο επίπτωσης στο περιβάλλον

Σε 3 περιστατικά, η διαρροή επιβλαβών ουσιών επέφερε τον *θάνατο της άγριας χλωρίδα/πανίδας*. Στις αναφορές αυτές καταγράφεται ο θάνατος εκατοντάδων πτηνών και ψαριών. Καταστροφικές επίσης επιπτώσεις για το περιβάλλον καταγράφονται και

σε 2 περιστατικά των οποίων η αιτία δεν είναι η διαρροή κάποιας ουσία αλλά η φωτιά, η οποία είχε ως αποτέλεσμα το κάψιμο δέντρων που βρίσκοντας εντός και εκτός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Τέλος υπάρχει μία αναφορά για περιστατικό διαρροής στερεών υδρογονανθράκων. Οι υδρογονάνθρακες αυτοί μεταφέρθηκαν μέσω του αέρα στην πλησιέστερη πόλη και επικάθησαν σε όλες τις επιφάνειες ενώ εισήλθαν ακόμα και μέσα σε κτήρια.

6.3.14.3 Σοβαρές επιπτώσεις περιστατικών για την κοινωνία

Όπως είδαμε και παραπάνω, οι εξέλιξη ενός περιστατικού μπορεί να επιφέρει, εκτός των άλλων, σοβαρές επιπτώσεις στην κοινωνία, επηρεάζοντας άμεσα την καθημερινότητα των πολιτών. Οι άμεσες επιπτώσεις των αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 18.

Έτσι λοιπόν βλέπουμε ότι σε 16 αναφορές, οι επιπτώσεις του περιστατικού, οδήγησαν σε *παρακώλυση των υποδομών* των γύρω περιοχών. Πιο συγκεκριμένα ως επιπτώσεις καταγράφονται:

- κλείσιμο οδικών αρτηριών
- κλείσιμο σιδηροδρομικών γραμμών
- κλείσιμο αεροδρομίων και εναέριας κυκλοφορίας
- κλείσιμο λιμανιών
- διακοπή τηλεπικοινωνιών



Διάγραμμα 18. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά τύπο επίπτωσης στη κοινωνία

Σε 7 περιστατικά, οι αρχές συμβούλεψαν των κατοίκους των γύρω περιοχών να παραμείνουν σε κλειστούς χώρους ώστε να μην θέσουν σε κίνδυνο την υγεία τους. Σε 5 αναφορές από περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. βλέπουμε ότι η δυνατή έκρηξη εντός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, προκάλεσε την *θραύση κρυστάλλων* σε κτήρια που βρίσκονται αρκετά μέτρα μακριά. Επίσης σε 5 περιστατικά υπήρξε διαταραχή στην ομαλή λειτουργία *σχολείων, νοσοκομείων και ιδρυμάτων*. Διαταραχή στην ομαλή λειτουργία κοντινών *εργοστασίων, γραφείων και μικρών μαγαζιών* καθώς και στις *κοντινές κατοικίες & ξενοδοχεία*, καταγράφεται σε 4 περιστατικά. Ο βαθμός κατά τον οποίο το κάθε περιστατικό επηρέασε την ομαλή λειτουργία των κοντινών κτηρίων και επιχειρήσεων παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.

| Τύπος Κτηρίου | Αριθμός Αναφορών | | |
|----------------------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| | Εκκένωση | Ακατάλληλο προς Χρήση | Ολική Καταστροφή |
| Σχολεία, Νοσοκομεία, Ιδρύματα | 3 | 1 | 1 |
| Εργοστάσια, Γραφεία, Καταστήματα | 1 | 2 | 1 |
| Οικίες, Ξενοδοχεία | 2 | 1 | 1 |

Πίνακας 4. Βαθμός επιπτώσεων σε κτήρια και επιχειρήσεις

Σε μία αναφορά παρατηρούμε ότι το περιστατικό είχε ως άμεση επίπτωση την *διακοπή του πόσιμου νερού* μίας ολόκληρης πόλης για αρκετές ώρες. Τέλος σε 4

αναφορές καταγράφεται ως άμεση επίπτωση για την κοινωνία, η μεγάλη έκταση που πήρε η είδηση του ατυχήματος στα διεθνή Μ.Μ.Ε., δημιουργώντας σύγχυση στους πολίτες αλλά και πλήττοντας σε μεγάλο βαθμό την φήμη της εταιρίας.

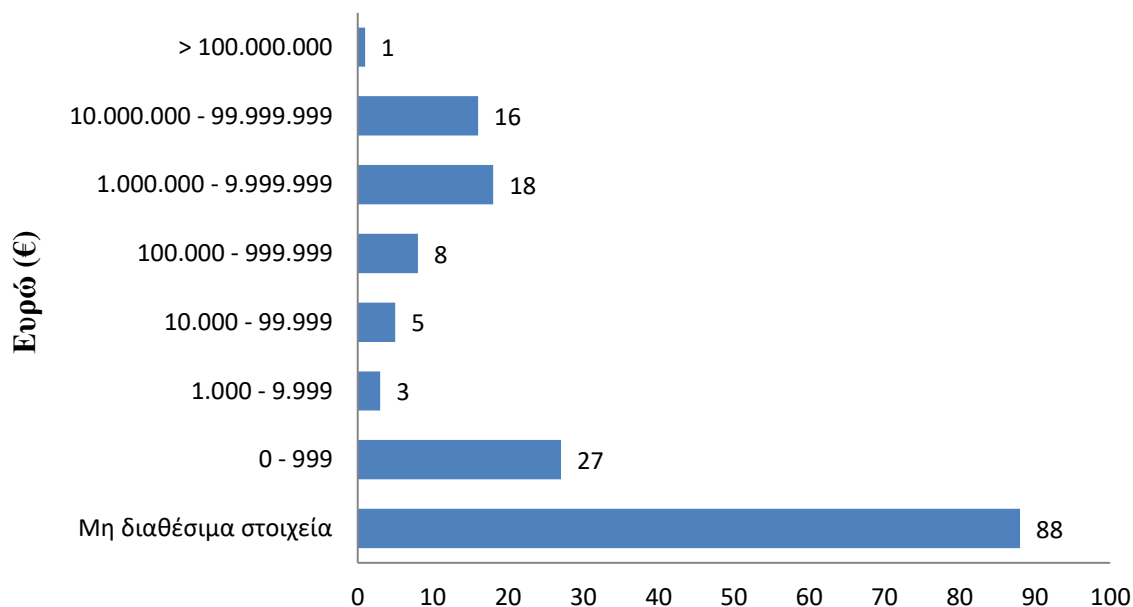
6.3.15 Κόστος περιστατικών

Οι βιομηχανίες πετρελαιοειδών είναι βιομηχανικές εγκαταστάσεις με πολύ μεγάλο κόστος κατασκευής και συντήρησης. Επίσης όλα τα προϊόντα που διακινούνται και παράγονται έχουν μεγάλη εμπορική αξία. Είναι λοιπόν κατανοητό ότι οποιαδήποτε απώλεια του εξοπλισμού ή των υλικών της παραγωγής επιφέρει μεγάλες οικονομικές ζημιές για την εταιρία. Εδώ πρέπει να διευκρινίσουμε ότι ως απώλειες προϊόντων δεν θεωρούμε μόνο τις ποσότητες αυτές που μπορεί να καταστράφηκαν σε ένα περιστατικό, αλλά και τις ποσότητες που δεν θα παραχθούν μελλοντικά λόγω διακοπής της παραγωγικής διαδικασίας. Η παράμετρος αυτή μεγαλώνει ακόμα περισσότερο το κόστος ενός περιστατικού. Τέλος στο κόστος ενός περιστατικού πρέπει να συνυπολογίσουμε τυχόν ποσά που θα χρειαστεί να δοθούν ως αποζημιώσεις για την αποκατάσταση ζημιών που προκλήθηκαν εκτός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων αλλά και για την καταβολή προστίμων.

Η διακύμανση του κόστους από τις αναφορές για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 19.

Για το 53% των αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. δεν έχουμε ακριβή δεδομένα για το κόστος του περιστατικού. Το ποσοστό αυτό αποτελείται από 88 αναφορές εκ των οποίων για τις 66 δεν δίνονται καθόλου πληροφορίες για το κόστος του περιστατικού ενώ για τις υπόλοιπες 22, αν και δεν έχουμε ακριβή δεδομένα, γνωρίζουμε ότι το κόστος είναι μεγαλύτερο των 2 εκατομμυρίων ευρώ, χωρίς όμως να γνωρίζουμε το ακριβές ποσό. Επίσης στο 16% των περιστατικών, αναφέρεται ότι δεν υπήρξε κάποιο οικονομικό κόστος ή θεωρείται αμελητέο. Τα περιστατικά των οποίων το κόστος είναι σχετικά μικρό και κυμαίνεται μεταξύ 1.000 – 9.999€ είναι 3 και αποτελούν το 2% των αναφορών. Σε 5 περιστατικά το κόστος κυμαίνεται μεταξύ 10.000 – 99.999€ και αποτελούν το 3% των αναφορών. Το 5% των αναφορών αποτελείται από περιστατικά των οποίων το κόστος κυμαίνεται από 100.000€ έως και 999.999€. Από το σύνολο των αναφορών για τις οποίες γνωρίζουμε το ακριβές κόστος του περιστατικού, το μεγαλύτερο ποσοστό (11%)

αποτελούν αυτές που κυμαίνονται μεταξύ 1.000.000 – 9.999.999€. Τέλος το 10% των περιστατικών είχε κόστος μεγαλύτερο από 10.000.000€ έως και 99.999.999€, ενώ υπάρχει και ένα περιστατικό του οποίου το κόστος υπολογίζεται στο 150.000.000€.



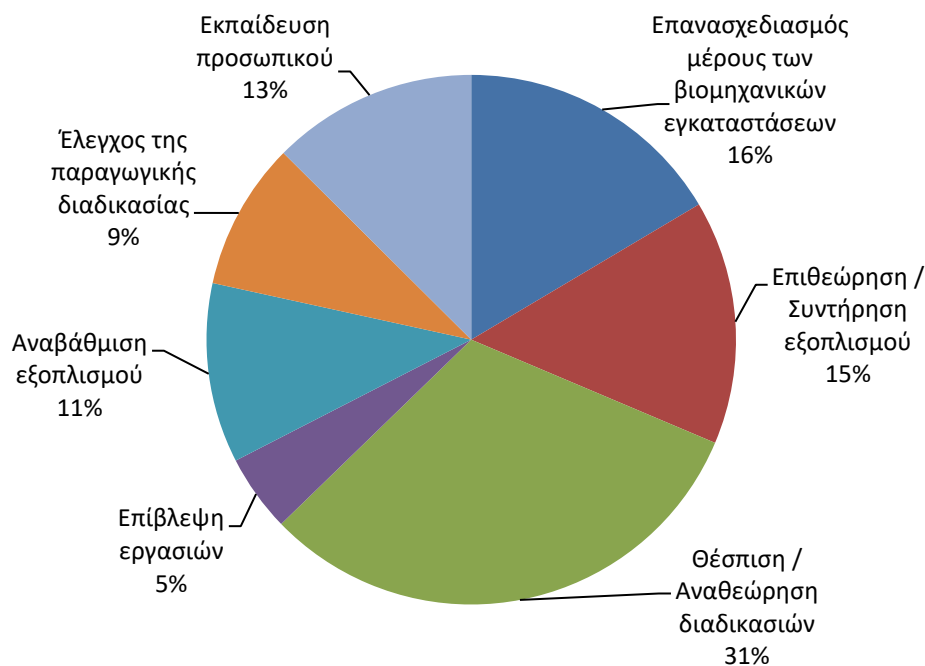
Διάγραμμα 19. Αριθμός αναφορών για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε. ανά κόστος περιστατικού

6.3.16 Διορθωτικές κινήσεις

Μετά από κάθε περιστατικό και αφού εξακριβωθούν τα ακριβή αίτια που το προκάλεσαν καθώς και οι λόγοι που οδήγησαν στις όποιες επιπτώσεις, είναι σημαντικό να αναγνωριστούν όλες οι ελλείψεις και να γίνουν οι απαραίτητες διορθωτικές κινήσεις ώστε να μην επαναληφθεί κάτι παρόμοιο στο μέλλον αλλά και να μειωθεί ο κίνδυνος για τις επιπτώσεις στον άνθρωπο, το περιβάλλον, την κοινωνία και τις εγκαταστάσεις. Οι ελλείψεις καθώς και οι διορθωτικές κινήσεις που αφορούν τις 166 αναφορές για περιστατικά στις βιομηχανίες περιστατικών της Ε.Ε. παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 20.

Στο 31% των περιπτώσεων βλέπουμε ότι ως κύρια αιτία αναγνωρίζεται η *έλλειψη ή η μη τήρηση διαδικασιών*, οι οποίες, ως διορθωτική κίνηση πρέπει είτε να θεσπιστούν από την εταιρία είτε να αναθεωρηθούν. Κυρίως συναντάμε διαδικασίες σχετικές με την ασφαλή εκτέλεση μίας εργασίας ή την εκτέλεση μίας παραγωγικής διαδικασίας.

Ο επανασχεδιασμός ενός μέρους των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, αποτελεί διορθωτική κίνηση στο 16% των περιπτώσεων αφού μετά την ανάλυση του περιστατικού, εντοπίστηκαν λάθη και ελλείψεις στον εξοπλισμό. Στο 15% των περιπτώσεων θεώρησαν ότι πρέπει να γίνεται συχνότερη επιθεώρηση και συντήρηση του εξοπλισμού, ενώ στο 13% των αναφορών θεώρησαν ότι πρέπει να δοθεί μεγαλύτερο βάρος στην εκπαίδευση του προσωπικού, ώστε να γνωρίζουν τις παραγωγικές διαδικασίες των μονάδων αλλά και να αποκτήσουν συνείδηση ασφαλούς εργασίας εντός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων.



Διάγραμμα 20. Ποσοστό διορθωτικών κινήσεων στις αναφορές για περιστατικά στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών της Ε.Ε.

Η απόφαση να αναβαθμιστεί ο εξοπλισμός των εγκαταστάσεων με νέα και πιο σύγχρονα μέσα, είναι κάτι που συναντάμε στο 11% των αναφορών, ενώ στο 9% των αναφορών έδωσαν βαρύτητα στον ακριβέστερο και ασφαλέστερο έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας. Τέλος, στο 5% των αναφορών, θεώρησαν ότι πρέπει να υπάρχει μεγαλύτερη επίβλεψη στις εργασίες που εκτελούνται εντός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων ώστε να αποφεύγονται τυχόν λάθη και παραλήψεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Συμπεράσματα**7.1 Η αξία του συστήματος συλλογής και επεξεργασίας αναφορών ατυχημάτων**

Οι βάσεις δεδομένων για αναφορές ατυχημάτων στις βιομηχανίες πετρελαιοειδών υπάρχουν εδώ και αρκετά χρόνια τόσο σε εθνικό όσο και σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Με τον τρόπο αυτό όλες οι εταιρείες πετρελαιοειδών, οι αρμόδιες αρχές και όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη είναι σε θέση να ανταλλάσσουν πληροφορίες για τα αίτια των περιστατικών, τα μέτρα πρόληψης καθώς και τις διορθωτικές κινήσεις που πρέπει να γίνουν ώστε σε πρώτη φάση να μην ξανασυμβούν και εφόσον ξανασυμβούν να μετριαστούν ή ακόμα και να εξαλειφθούν οι συνέπειες τους. Όπως μπορούμε να συμπεράνουμε από την βιβλιογραφική επισκόπηση, η συλλογή και η στατιστική ανάλυση αυτών των δεδομένων μπορεί να αποτελέσει ένα πρόσθετο εργαλείο της βιομηχανίας πετρελαιοειδών, και όσων μελών της ασχολούνται με θέματα ασφάλειας, το οποίο θα τους βοηθήσει να εντοπίσουν τα τρωτά σημεία μίας βιομηχανικής εγκατάστασης, τα λάθη στον σχεδιασμό της αλλά και τις διοικητικές ελλείψεις στον τρόπο λειτουργίας της έτσι ώστε να είναι σε θέση να λάβουν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την βελτίωση της ασφάλειά της.

7.2 Η αξία αναφοράς των παρ' ολίγον ατυχημάτων

Η συμπερίληψη των παρ' ολίγον ατυχημάτων στο σύστημα αναφερόμενων περιστατικών επισημαίνει τις πολύ σημαντικές πτυχές αυτών των περιστατικών. Ακόμη και εάν αυτά τα γεγονότα δεν έχουν σημαντικές συνέπειες για τον εξοπλισμό, το περιβάλλον και τον άνθρωπο, μπορούν να παρέχουν πολύ χρήσιμες πληροφορίες στον εντοπισμό ελλείψεων και τρωτών σημείων μίας βιομηχανικής εγκατάστασης πετρελαιοειδών, τόσο σε επίπεδο του σχεδιασμού όσο και σε επίπεδο διαδικασιών λειτουργίας. Η σημασία αναφοράς των παρ' ολίγον ατυχημάτων αποτελεί σημαντικό εργαλείο πρόληψης ατυχημάτων αφού όπως αναφέρει και ο Kletz (1997) δεν υπάρχει θεμελιώδης διαφορά στα αίτια των μικρών και των μεγάλων ατυχημάτων αλλά αυτό που τα διαχωρίζει είναι ο τρόπος με τον οποίο εξελίχθηκαν στο χρόνο.

7.3 Συμπεράσματα στατιστικής ανάλυσης

Η στατιστική ανάλυση, η οποία στηρίχθηκε σε 166 αναφορές ατυχημάτων σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών της Ε.Ε., μας δείχνει ότι παρά τα καινοτόμα συστήματα ασφαλείας που έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόσκει στη παραγωγική διαδικασία, μαζί με τις εξελιγμένες μεθόδους που έχουν επινοηθεί για τον εντοπισμό των τρωτών της σημείων, ατυχήματα και παρόμοια περιστατικά εξακολουθούν να συμβαίνουν.

Κατά τη περίοδο 1985 – 2019 τα περισσότερα ατυχήματα συνέβησαν σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις διύλισης πετρελαίου και αποτελούν το 77% των περιπτώσεων. Το 2005 και 2010 ήταν οι χρονιές με τις περισσότερες αναφορές ατυχημάτων όπου αναφέρθηκαν 9 περιστατικά στο κάθε έτος.

Το μεγαλύτερο μέρος των αναφορών περιλαμβάνει ατυχήματα στα οποία σημειώθηκε φωτιά ή/και έκρηξη και αποτελούν το 59% του δείγματος ενώ το 34% αφορά διαρροές αέριων ή υγρών ουσιών οι οποίες δεν ανεφλέγησαν, προκαλώντας όμως σε πολλές περιπτώσεις μόλυνση του περιβάλλοντος. Σε 127 αναφορές ατυχημάτων οι εμπλεκόμενες ουσίες αφορούν διαρροές αέριων, ελαφριών και βαρέων υδρογονανθράκων ενώ σε μικρότερη συχνότητα συναντάμε περιστατικά όπου διέρρευσαν θειικά προϊόντα (18 αναφορές) και υδρογόνο (13 αναφορές). Οι βιομηχανικές μονάδες με τη μεγαλύτερη επικινδυνότητα είναι οι μονάδες διάσπασης υδρογονανθράκων και τις συναντάμε στο 20% των αναφορών ενώ το 19% των αναφορών αφορά ατυχήματα που συνέβησαν σε δεξαμενές αποθήκευσης υγρών υδρογονανθράκων.

Τα ατυχήματα τα οποία συνέβησαν κατά τη κανονική λειτουργία των μονάδων αποτελούν το 62% των αναφορών ενώ το 17% αφορούν περιστατικά τα οποία συνέβησαν κατά τη περίοδο σταματήματος ή ξεκινήματος των μονάδων. Τα πιο συχνά αίτια ατυχήματος αφορούν αστοχία/βλάβη του εξοπλισμού και τα συναντάμε στο 38% των αναφορών ενώ αιτίες που σχετίζονται με οργανωτικές και διοικητικές ελλείψεις τις συναντάμε στο 34% του δείγματος. Ο ανθρώπινος παράγοντας αναφέρεται ως μία από τις κύριες αιτίες ατυχήματος στο 11% των περιστατικών για ατυχήματα στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών της Ε.Ε.

Από τις 166 αναφορές ατυχημάτων σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών της Ε.Ε. που αναλύθηκαν, μόνο οι 23 δεν αναφέρουν ότι είχαν κάποια επίπτωση για τον εξοπλισμό, το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Σε 61 περιστατικά σημειώθηκαν σοβαροί τραυματισμοί, αρκετοί από τους οποίους ήταν θανάσιμοι. Πιο συγκεκριμένα καταγράφονται 295 σοβαροί τραυματισμοί και 101 θανάσιμοι τραυματισμοί, τόσο εντός όσο και εκτός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Σε 47 αναφορές βλέπουμε ότι οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις υπέστησαν μεγάλες υλικές ζημιές με τις συνολικές ζημιές να ξεπερνάνε τα 2.000.000 ευρώ ανά περιστατικό. Επίσης σε 27 περιστατικά υπήρξαν πολύ σοβαρές επιπτώσεις για το περιβάλλον όπως μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα, μόλυνση του εδάφους, ατμοσφαιρική ρύπανση, κάψιμο δέντρων και θανάτωση της τοπικής άγριας χλωρίδας και πανίδας. Σε 28 αναφορές βλέπουμε ότι το βιομηχανικό ατύχημα εξελίχθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε οι επιπτώσεις του επηρέασαν την κοινωνική ζωή εκτός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Πιο συγκεκριμένα σε 16 περιστατικά υπήρξε παρεμπόδιση ή καταστροφή των υποδομών της πόλης ενώ οι επιπτώσεις 18 ατυχημάτων ήταν καταστροφικές για γειτνιάζουσες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, νοσοκομεία, σχολεία, πανεπιστήμια, καταστήματα αλλά και για τις κοντινές κατοικίες και ξενοδοχειακές μονάδες. Επίσης βλέπουμε ότι σε 7 περιστατικά οι επιπτώσεις του ατυχήματος ήταν τέτοιες όπου οι αρμόδιες αρχές συνέστησαν στους πολίτες να παραμείνουν εντός κλειστού χώρου για να προστατευτούν από το τοξικό νέφος και την εκτίναξη αντικειμένων λόγω των ισχυρών εκρήξεων.

Στο τέλος κάθε αναφοράς, αφού εξακριβώθηκαν τα ακριβή αίτια που προκάλεσαν το περιστατικό καθώς και οι λόγοι που οδήγησαν στις όποιες επιπτώσεις, αναγνωρίστηκαν όλες οι ελλείψεις ώστε να γίνουν όλες οι απαραίτητες διορθωτικές κινήσεις με σκοπό να μην επαναληφθεί κάτι παρόμοιο στο μέλλον αλλά και να μειωθεί ο κίνδυνος των επιπτώσεων στον άνθρωπο.

- Στο 36% των περιπτώσεων βλέπουμε ότι ως κύρια αιτία αναγνωρίζεται η έλλειψη ή η μη τήρηση διαδικασιών, οι οποίες, ως διορθωτική κίνηση θα πρέπει είτε να θεσπιστούν νέες από τον οργανισμό είτε να αναθεωρηθούν οι υφιστάμενες. Οι διορθωτικές αυτές κινήσεις αφορούν κυρίως διαδικασίες σχετικές με την ασφαλή εκτέλεση μίας εργασίας ή την παραγωγική διαδικασία.

- Οι ελλείψεις και τα λάθη στον σχεδιασμό οδήγησαν στον επανασχεδιασμό ενός μέρους των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και αποτελεί διορθωτική κίνηση στο 16% των περιπτώσεων.
- Στο 15% των περιπτώσεων θεώρησαν ότι πρέπει να γίνεται συχνότερη επιθεώρηση και συντήρηση του εξοπλισμού, ενώ στο 13% των αναφορών θεώρησαν ότι πρέπει να δοθεί μεγαλύτερο βάρος στην εκπαίδευση του προσωπικού, ώστε να γνωρίζουν τις παραγωγικές διαδικασίες των μονάδων αλλά και να αποκτήσουν συνείδηση ασφαλούς εργασίας εντός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων.
- Η αναβάθμιση του εξοπλισμού των εγκαταστάσεων με νέα και πιο σύγχρονα μέσα, ως διορθωτική κίνηση, είναι κάτι που συναντάμε στο 11% των αναφορών, ενώ στο 9% των αναφορών έδωσαν βαρύτητα στον ακριβέστερο και ασφαλέστερο έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας.
- Τέλος, η μεγαλύτερη επίβλεψη στις εργασίες που εκτελούνται εντός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων ώστε να αποφεύγονται τυχόν λάθη και παραλήψεις, αναφέρεται ως διορθωτική κίνηση στο 5% των αναφορών.

Με βάση όλα τα παραπάνω, οι περισσότερες διορθωτικές ενέργειες αφορούν στο σύστημα διαχείρισης ασφάλειας μιας εγκατάστασης και για αυτό θα πρέπει να δίνεται έμφαση στη σωστή εφαρμογή του, στη περιοδική ανασκόπηση της λειτουργιάς του καθώς και στην εκπαίδευση του προσωπικού στην σωστή εφαρμογή του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. A. Heaton (1996). *An introduction to industrial chemistry*.
2. Dennis P. Nolan (2011). *Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical and Related Facilities* (3rd edition).
3. ARIA. *Feedback on technological accidents* από το δικτυακό τόπο <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>
4. C. Banner, C. Davidson (2019). *European downstream oil industry safety performance - Statistical summary of reported incidents 2018*.
5. C. Kirchsteiger (1999). *Status and functioning of the European Commission's major accident reporting system*.
6. Chettouh Samia, Hamzi Rachida (2013). *Statistical Analysis of Accidents Reported in the Algerian Oil Refining Industry for the Period 2003–2013*.
7. Chizaram D. Nwankwo, Andrew O. Arewa, Stephen C. Theophilus & Victor N. Esenowo (2021). *Analysis of accidents caused by human factors in the oil and gas industry using the HFACS-OGI framework*.
8. D.A. Crowl, J.E. Louvour (1990). *Chemical process safety fundamentals with applications*.
9. European Commission. *eMARS dashboard* από το δικτυακό τόπο <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/content>
10. G.F. Nalven (1996.) *Plant Safety*.
11. H.H. Fawcett, S.W. Wood (1976). *Safety and accident prevention in chemical operations*
12. I.M. Duguid (2008). *Analysis of the past incidents in the Process Industries*.
13. J.P. Wauquier (1995). *Petroleum Refining, Volume 1 - Crude Oil, Petroleum Products, Process Flowsheets*.
14. J. Vasquez, P. Jorge, A. Carlos, J. Jimenez (2013). *Analysis of alarm management in startups and shutdowns for oil refining processes*
15. Lees F. P. (2005). *Loss Prevention in the Process Industries* (3rd edition).
16. Maureen Heraty Wood, Ana Lisa Vetere Arellano, Lorenzo Van Wijk (2013). *Corrosion-Related Accidents in Petroleum Refineries*.
17. Myrto Konstandinidou, Zoe Nivolianitou, Nikolaos Markatos, Chris Kiranoudis (2005). *Statistical analysis of incidents reported in the Greek Petrochemical Industry for the period 1997–2003*.

18. P.W.H. Chung, M. Jefferson (1998). *The integration of accident databases with computer tool in the chemical industry.*
19. Ron Jarvis, Andy Goddard (2016). *An Analysis of Common Causes of Major Losses in the Onshore Oil, Gas & Petrochemical Industries.*
20. Schaaf Van der (1992). *Near miss reporting in the chemical process industry.*
21. Shakeel H. Kadri (2020). *100 Largest Losses in the Hydrocarbon Industry 1974-2019* (26th edition).
22. T.A. Davletshina (1998). *Industrial Fire Safety Guidebook* (1st edition)
23. T. Kletz (1997). *Lessons from disaster - how organizations have no memory and accidents recur.*
24. Yi Zhou, Xiaogang Zhao, Jianyu Zhao, Du Chen (2016). *Research on Fire and Explosion Accidents of Oil Depots.*
25. ZEMA Infosis. *Major Accidents and Incidents* από το δικτυακό τόπο <https://www.infosis.uba.de>
26. ΕΛΙΝΥΑΕ (2008). *Μελέτη εκτίμησης επαγγελματικού κινδύνου στον κλάδο προϊόντων διύλισης πετρελαίου.*
27. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2012). *ΟΔΗΓΙΑ 2012/18/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 4ης Ιουλίου 2012 για την αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες και για την τροποποίηση και στη συνέχεια την κατάργηση της οδηγίας 96/82/ΕΚ του Συμβουλίου.*