



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Στατιστική ανάλυση ατυχημάτων στην πετρελαϊκή βιομηχανία από  
στοιχεία διεθνών βάσεων με εστίαση στον ανθρώπινο παράγοντα»**

**ΓΑΡΕΛΑΚΗΣ ΧΑΡΙΤΩΝ**

### **Εξεταστική επιτροπή**

1. Καθηγητής Μιχαήλ Γαλετάκης (επιβλέπων)
2. Αναπλ. Καθηγητής Ανδρέας Γιώτης,
3. Επικ. Καθηγητής Εμμανουήλ Βαρουχάκης

**Χανιά, Ιούλιος 2024**

Οι απόψεις που εκφράζονται στην παρούσα εργασία αποτελούν την προσωπική τοποθέτηση του συγγραφέα και δεν αντικατοπτρίζουν τις θέσεις της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής. Παρατίθεται πλήρης βιβλιογραφική λίστα για όλες τις πηγές που έχουν χρησιμοποιηθεί είτε αυτούσιες είτε παραφρασμένες μέσα στο κείμενο.

## Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, κ. Γαλετάκη Μιχάλη, Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων για την καθοδήγηση και την υποστήριξή του. Η εμπειρία και οι πολύτιμες συμβουλές του ήταν καθοριστικές για την ολοκλήρωση της εργασίας μου. Η συνεργασία μας ήταν πολύτιμη και τον ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη και την υπομονή του. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου καθώς και τους φίλους μου, που με ωθούσαν να γίνω καλύτερος στη διάρκεια των σπουδών μου.

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	- 6 -
Abstract .....	- 7 -
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ .....	- 8 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	- 9 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ .....	- 11 -
2.1 Βασικές έννοιες και ορισμοί .....	- 11 -
2.1.1 Εργατικό ατύχημα .....	- 11 -
2.1.2 Ασφάλεια .....	- 12 -
2.1.3 Διαχείριση κινδύνου .....	- 13 -
2.1.4 Δείκτες εργατικών ατυχημάτων .....	- 14 -
2.2 Επίπτωση ατυχημάτων .....	- 15 -
2.2.1 Οικονομικό αντίκτυπο στις εταιρίες .....	- 16 -
2.2.2 Αντίκτυπο στο περιβάλλον .....	- 16 -
2.2.3 Αντίκτυπο στη φήμη της εταιρίας .....	- 18 -
2.2.4 Νομοθετικές κυρώσεις κατά της εταιρίας .....	- 18 -
2.3 Σημασία ανθρώπινου παράγοντα .....	- 19 -
2.4 Τρόποι που μπορεί να επηρεάσει ο ανθρώπινος παράγοντας .....	- 21 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΣ ΕΠΙΠΕΔΟ ..	- 24 -
3.1 Ατυχήματα στη πετρελαϊκή βιομηχανία – βιβλιογραφική ανασκόπηση με έμφαση στον ανθρώπινο παράγοντα .....	- 24 -
3.2 Αναλυτική περιγραφή ατυχημάτων μεγάλης κλίμακας με κύριο αίτιο το ανθρώπινο σφάλμα ..	- 27 -
3.2.1 DeepWater Horizon .....	- 27 -
3.2.2 Piper Alpha .....	- 28 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΑΠΟ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΒΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ .....	- 30 -
4.1 Βάση δεδομένων IOGP και σύστημα HFACS .....	- 30 -
4.2 Κατηγοριοποίηση παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα σύμφωνα με το πρότυπο HFACS .....	- 32 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ .....	- 37 -
5.1 Περιγραφική στατιστική ανάλυση .....	- 37 -

5.1.1 Διαγράμματα συχνότητας Pareto για τις παραμέτρους που σχετίζονται με το ανθρώπινο παράγοντα και τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων.....	37 -
5.1.2 Διαχρονική εξέλιξη δεικτών συχνότητας ατυχημάτων.....	44 -
5.2 Επαγωγική στατιστική ανάλυση .....	46 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....	62 -
6.1 Συμπεράσματα.....	62 -
6.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα .....	63 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	64 -
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Βάση δεδομένων καταγραφής των ατυχημάτων.....	66 -

## Περίληψη

Η διπλωματική αυτή εργασία έχει ως στόχο την αναγνώριση των εργασιακών παραγόντων που συμβάλλουν στα εργατικά ατυχήματα της πετρελαϊκής βιομηχανίας μέσω της στατιστικής ανάλυσης καταγεγραμμένων ατυχημάτων. Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε περιλαμβάνει κυρίως ατυχήματα από το 2013 έως το 2017. Πραγματοποιήθηκε περιγραφική στατιστική ανάλυση των χαρακτηριστικών των ατυχημάτων και των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα και στη συνέχεια με τη βοήθεια της επαγωγικής στατιστικής ανάλυσης, εξετάστηκε η μεταξύ τους συσχέτιση.

Η εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή, όπου παρουσιάζεται το αντικείμενο και η διάρθρωση της εργασίας. Στο δεύτερο κεφάλαιο εξηγούνται βασικές έννοιες και ορισμοί που σχετίζονται με τα ατυχήματα στην εργασία και τη σημασία του ανθρώπινου παράγοντα. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των ατυχημάτων στην πετρελαϊκή βιομηχανία σε διεθνές επίπεδο. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα από διεθνή βάση καταγραφής ατυχημάτων στην πετρελαϊκή βιομηχανία (IOGP, International Association of Oil and Gas Producers) και περιγράφεται η μεθοδολογία της στατιστικής ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην περιγραφή των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα βάσει του πλαισίου ταξινόμησης και αξιολόγησης HFACS (Human Factors Assessment and Classification System). Το πέμπτο κεφάλαιο περιλαμβάνει τόσο την περιγραφική στατιστική ανάλυση των ατυχημάτων όσο και την διερεύνηση της ύπαρξης συσχέτισης των παραμέτρων του ανθρώπινου παράγοντα και των χαρακτηριστικών των ατυχημάτων που μελετήθηκαν. Οι παράμετροι που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα ομαδοποιήθηκαν και στη συνέχεια η διερεύνηση για την ύπαρξη συσχέτισης τους με τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων βασίστηκε στην επαγωγική στατιστική. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν για εξαγωγή συμπερασμάτων και προτάσεων για περαιτέρω έρευνα.

## Abstract

The subject of this thesis is the identification of occupational factors that contribute to occupational accidents in the oil industry through the statistical analysis of recorded accidents. The database used includes accidents from 2013 to 2017, although more recent data was also used in some indicators and charts. Descriptive statistical analysis of accident characteristics and factors associated with them was performed. Then, with the help of statistical analysis, the correlation between the characteristics of the accidents and work factors was examined.

This thesis consists of six chapters. The first chapter includes the introduction, where the subject and the structure of the work are presented. The second chapter explains basic concepts and definitions related to accidents at work and the importance of the human factor. In the third chapter, a bibliographic review of accidents in the oil industry at an international level is carried out. The fourth chapter presents the data from an international database of accidents in the oil industry (IOGP, International Association of Oil and Gas Producers) and describes the statistical analysis methodology used. Particular emphasis is placed on describing parameters related to human factors based on the HFACS framework (Human Factors Assessment and Classification System). The fifth chapter includes both the exploratory statistical analysis of the accidents included in the database and the investigation of the existence of a correlation between the human factor parameters and the characteristics of the accidents studied. The human factor parameters were grouped together and then the investigation for the existence of correlation was based on statistical inference. The results of the statistical analysis were then used to draw conclusions and suggestions for further research.

## ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

HFACS: Human Factor Analysis and Classification System

OGI: Oil and Gas Industry

ΕΛΙΝΥΑΕ: Ελληνικό ινστιτούτο υγιεινής και ασφάλειας της εργασίας

HSE: Health and Safety Executive

ISO: International Organization for Standardization

IOGP: International Association of Oil and Gas Producers

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πετρελαϊκή βιομηχανία αποτελεί κρίσιμο παράγοντα της παγκόσμιας οικονομίας, αλλά είναι ταυτόχρονα και ένα ιδιαίτερα απαιτητικό εργασιακό περιβάλλον.

Η παγκόσμια πετρελαϊκή βιομηχανία αντιμετωπίζει μια σειρά από προκλήσεις που απειλούν τόσο την ανθρώπινη ασφάλεια όσο και την περιβαλλοντική ευημερία. Τα ατυχήματα που προκαλούνται από την εξόρυξη, τη μεταφορά και την επεξεργασία πετρελαίου έχουν ως αποτέλεσμα σοβαρές ζημιές στο περιβάλλον και συχνά συνδέονται με ανθρώπινες απώλειες και τραυματισμούς.

Είναι αδιαμφισβήτητο ότι η διαχείριση αυτών των κινδύνων είναι ζωτικής σημασίας για τη βιωσιμότητα της πετρελαϊκής βιομηχανίας και, συνεπώς, για την παγκόσμια οικονομία. Η ανάγκη για στρατηγικές αντιμετώπισης του κινδύνου, η υιοθέτηση προηγμένων τεχνολογιών και η εφαρμογή αυστηρών περιβαλλοντικών προτύπων είναι απαραίτητα βήματα για τη διασφάλιση μιας βιώσιμης μελλοντικής πορείας. Με την ολοένα και αυξανόμενη προσήλωση προς την πράσινη ενέργεια και τις ανανεώσιμες πηγές, η πετρελαϊκή βιομηχανία πρέπει να επανεξετάσει τις πρακτικές της προκειμένου να διασφαλίσει τη βιωσιμότητά της σε μια εποχή που η προστασία του περιβάλλοντος και η ασφάλεια αποτελούν κεντρικά θέματα διεθνούς προσοχής.

Στο πλαίσιο αυτό, η ανάλυση των ατυχημάτων στον κλάδο αυτόν είναι κρίσιμη για τη βελτίωση της ασφάλειας, της περιβαλλοντικής ευθύνης, και της οικονομικής βιωσιμότητας. Η στατιστική ανάλυση των ατυχημάτων αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για τη ποσοτικοποίηση των στοιχείων που καταγράφονται και σχετίζονται με τα ατυχήματα, τη διερεύνηση των αιτίων που συμβάλλουν στα ατυχήματα και για την ιεράρχηση των απαιτούμενων διορθωτικών ενεργειών. Ιδιαίτερης σημασίας στη στατιστική ανάλυση των ατυχημάτων είναι η μελέτη των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα. Τέτοιες παράμετροι είναι η εμπειρία και η εκπαίδευση των εργαζομένων, τα ατομικά χαρακτηριστικά, οι παραβιάσεις, η διαχείριση προσωπικών/διοικητικών θεμάτων, το θεσμικό/νομοθετικό πλαίσιο κ.α.

Για την εξαγωγή στατιστικά αξιόπιστων συμπερασμάτων απαιτείται η συλλογή και η ανάλυση ικανού αριθμού περιπτώσεων που να περιέχουν συστηματικά καταγεγραμμένα στοιχεία που αναφέρονται στον ανθρώπινο παράγοντα. Τέτοιες βάσεις δεδομένων στοιχείων ατυχημάτων ακολουθούν τυποποιημένη διαδικασία καταγραφής των στοιχείων και στηρίζονται σε διεθνώς αποδεκτά συστήματα.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε διεθνής βάση ατυχημάτων για την πετρελαϊκή βιομηχανία στην οποία η καταγραφή των στοιχείων, και ιδίως εκείνων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα ακολουθεί την μεθοδολογία HFACS (The Human Factors Analysis and Classification System–HFACS) που προτάθηκε από τους Scott A. Shappell και Douglas A. Wiegmann το 2000.

Το πλαίσιο HFACS χρησιμοποιείται τόσο την ταξινόμηση-καταγραφή όσο και για την ανάλυση των παραγόντων που συμβάλλουν στα ατυχήματα, αποτελώντας έτσι ένα εργαλείο πολύτιμο για την πρόληψη των ατυχημάτων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα.

Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην εργασία αυτή περιλαμβάνει τόσο την περιγραφική στατιστική ανάλυση των ατυχημάτων που περιλαμβάνει η βάση όσο και την διερεύνηση της ύπαρξης συσχέτισης των παραμέτρων του ανθρώπινου παράγοντα και των χαρακτηριστικών των ατυχημάτων που μελετήθηκαν. Οι παράμετροι που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα ομαδοποιήθηκαν και στη συνέχεια η διερεύνηση για την ύπαρξη συσχέτισης βασίστηκε στην επαγωγική στατιστική. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για εξαγωγή συμπερασμάτων και την διατύπωση προτάσεων για μείωση της επικινδυνότητας.

Η διάρθρωση της εργασίας είναι η ακόλουθη:

- Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την εισαγωγή στην οποία παρουσιάζεται το αντικείμενο και η διάρθρωση της εργασίας.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται βασικές έννοιες και ορισμοί σχετικά με τα ατυχήματα στην εργασία και τη σημασία του ανθρώπινου παράγοντα.
- Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των ατυχημάτων στην πετρελαϊκή βιομηχανία σε διεθνές επίπεδο.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα από διεθνή βάση καταγραφής ατυχημάτων στην πετρελαϊκή βιομηχανία και δίνεται η μεθοδολογία της στατιστικής ανάλυσης που θα χρησιμοποιηθεί. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην περιγραφή των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα με βάση το πλαίσιο HFACS. Επίσης πραγματοποιείται η περιγραφική και η επαγωγική στατιστική ανάλυση και η διερεύνηση για την ύπαρξη συσχέτισης με βάση την επαγωγική στατιστική.
- Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται στατιστική ανάλυση για τη συσχέτιση των δεδομένων.
- Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται σχολιασμός των στατιστικών αναλύσεων και προτείνονται τρόποι μείωσης των συνεπειών τους που στοχεύουν κυρίως στην βελτίωση της εργασιακής ασφάλειας των εργαζομένων με εκπαίδευση, επίβλεψη κ.α. καθώς και δίνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ

### 2.1 Βασικές έννοιες και ορισμοί

#### 2.1.1 Εργατικό ατύχημα

Εργατικό ατύχημα σύμφωνα με τη νομοθεσία είναι εκείνο που συμβαίνει στον εργαζόμενο κατά τη διάρκεια της εργασίας του ή με αφορμή την εργασία του και το οποίο οφείλεται σε κάποιο βίαιο συμβάν και έχει ως αποτέλεσμα τη βλάβη της υγείας του εργαζομένου ή ακόμη και την απώλεια της ζωής του. (Γαλετάκης, 2014)

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις βασικές κατηγορίες εργατικών ατυχημάτων:

1. Ατυχήματα που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της εργασιακής ώρας και εντός του χώρου εργασίας, όπως πτώσεις από ύψος κατά τη διάρκεια της εργασίας ή τραυματισμοί από εκτίναξη υλικών κατά τη διάρκεια της εξόρυξης.
2. Ατυχήματα που συμβαίνουν εξαιτίας της εργασίας, έχοντας έμμεση σχέση με αυτήν. Για παράδειγμα, ατυχήματα κατά τη μετάβαση του εργαζομένου από το σπίτι του προς την εργασία και αντίστροφα.
3. Ατυχήματα που οφείλονται σε επαγγελματικές ασθένειες, προκαλούμενα από τις συνθήκες της εργασίας και επιδεινώνονται λόγω της συνεχούς εργασίας, όπως προβλήματα αναπνευστικά λόγω του εργασιακού περιβάλλοντος.

Οι επιπτώσεις των εργατικών ατυχημάτων είναι σημαντικές τόσο για τον εργαζόμενο όσο και για την επιχείρηση. Για τον εργαζόμενο, αυτό σημαίνει σωματικό και ψυχικό πόνο, καθώς και απώλεια εισοδήματος. Για την επιχείρηση, συνεπάγεται διακοπή και καθυστέρηση της παραγωγικής διαδικασίας, απώλεια εσόδων, δυσφήμιση και δικαστικές διενέξεις.

Ανάλογα με τη σοβαρότητα τους, τα εργατικά ατυχήματα κατηγοριοποιούνται ως εξής:

1. Θανατηφόρα ατυχήματα.
2. Ατυχήματα που οδηγούν σε μόνιμη, πλήρη ανικανότητα του ατόμου.
3. Ατυχήματα που οδηγούν σε μόνιμη, μερική ανικανότητα του ατόμου.
4. Ατυχήματα που οδηγούν σε προσωρινή ανικανότητα του ατόμου.

Οι αιτίες που προκαλούν ένα εργατικό ατύχημα απαιτούν διερεύνηση και λήψη κατάλληλων μέτρων για πρόληψη και αντιμετώπιση. Αυτές οι αιτίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

1. Ατυχήματα που οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα: Περιλαμβάνουν λάθη, παραλείψεις, έλλειψη προσοχής και αδιαφορία από πλευράς εργαζομένου ή προϊσταμένου, κ.α.
2. Ατυχήματα που οφείλονται στον εξοπλισμό: Περιλαμβάνουν ατυχήματα λόγω ελαττωματικού εξοπλισμού, υπερβολικής καταπόνησης των μηχανημάτων και έλλειψης συντήρησης, κ.α.
3. Ατυχήματα που οφείλονται στις συνθήκες εργασίας: Περιλαμβάνουν ατυχήματα λόγω της φύσης της εργασίας, η οποία μπορεί να είναι εξαιρετικά επικίνδυνη.

Οι επιπτώσεις των εργατικών ατυχημάτων στην βιομηχανία είναι πολυσύνθετες, καθώς αφορούν τόσο την ανθρώπινη ασφάλεια όσο και την προστασία του περιβάλλοντος. Σοβαρά τραύματα και απώλειες ζωών μπορούν να προκληθούν από ατυχήματα κατά τη διάρκεια εξόρυξης ή μεταφοράς πετρελαίου. Επιπλέον, διαρροές και ατυχήματα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ή αποθήκευσης μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρή ρύπανση του περιβάλλοντος.

### 2.1.2 Ασφάλεια

Η ασφάλεια στη βιομηχανία είναι ένα σημαντικό θέμα που αφορά τη διατήρηση της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων κατά την εκτέλεση βιομηχανικών εργασιών. Η βιομηχανία συχνά περιλαμβάνει διάφορες επικίνδυνες διαδικασίες, εξοπλισμό και υποδομές, και γι' αυτό είναι απαραίτητο να λαμβάνονται μέτρα προκειμένου να μειωθούν οι κίνδυνοι και να προστατεύονται οι εργαζόμενοι.

#### 1. Προληπτικά Μέτρα Ασφαλείας

- a) Επικέντρωση στην εκπαίδευση του προσωπικού για την αναγνώριση πιθανών κινδύνων και τη σωστή χρήση προστατευτικού εξοπλισμού.
- b) Εφαρμογή συστημάτων πρόληψης, όπως αυτόματων διακοπών ασφαλείας, για την αποτροπή ατυχημάτων.
- c) Καθιέρωση και προώθηση πολιτικής μη ανοχής στις ασφαλιστικές παραβάσεις.

#### 2. Κανονιστικοί Κανόνες και Πρότυπα

- a. Συμμόρφωση με τα πρότυπα ISO 31000\*, που παρέχουν το πλαίσιο για την ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης υγείας και ασφάλειας.
- b. Παρακολούθηση και ενημέρωση για νέους κανονιστικούς κανόνες που αφορούν τη βιομηχανία.

---

\* \* Το ISO 31000 είναι ένα διεθνές πρότυπο που παρέχει αρχές και κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση κινδύνων. Περιγράφει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τον εντοπισμό, την ανάλυση, την αξιολόγηση, τη θεραπεία, την παρακολούθηση και τη μετάδοση κινδύνων σε έναν οργανισμό

### **3. Σχεδιασμός Εγκαταστάσεων**

- a) Εφαρμογή αρχών σχεδιασμού που λαμβάνουν υπόψη την ασφάλεια, όπως επαρκής φωτισμός, αερισμός και χωρισμός των χώρων εργασίας.
- b) Ενσωμάτωση ασφαλιστικών μέτρων στον εξοπλισμό, όπως αισθητήρες ασφαλείας και προστατευτικά καλύμματα.

### **4. Εκπαίδευση και Ευαισθητοποίηση**

- a) Παροχή τακτικής εκπαίδευσης για την αναγνώριση και αντιμετώπιση κινδύνων.
- b) Προώθηση ενός πνεύματος ασφάλειας και ευαισθητοποίησης μεταξύ του προσωπικού.

### **5. Συστήματα Ανίχνευσης και Ελέγχου**

- a) Εγκατάσταση συστημάτων ανίχνευσης κινδύνων, όπως αισθητήρες καπνού και ανιχνευτές αερίων.
- b) Καθιέρωση προγραμμάτων συντήρησης για τα συστήματα ελέγχου για διασφάλιση της λειτουργικότητας.

Αυτές οι πρακτικές βοηθούν στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος εργασίας που είναι ασφαλές και υγιεινό, μειώνοντας τους κινδύνους ατυχημάτων και επιβραδύνοντας την πιθανότητα παραβίασης των κανονιστικών κανόνων.

#### **2.1.3 Διαχείριση κινδύνου**

Η διαχείριση κινδύνου στα ατυχήματα της βιομηχανίας αποτελεί ζωτικής σημασίας πτυχή για τη διασφάλιση της ασφάλειας, της υγείας των εργαζομένων, του περιβάλλοντος και της γενικότερης κοινωνίας. Οι εταιρείες στον τομέα αυτόν υιοθετούν προηγμένες πρακτικές για τη μείωση των κινδύνων και την αποτελεσματική αντιμετώπιση τυχόν ατυχημάτων.

Βεβαίως, ας αναπτύξουμε κάθε ένα από τα στάδια της διαχείρισης κινδύνου στη βιομηχανία (HSE):

1. **Αναγνώριση Κινδύνων:** Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει τον εντοπισμό όλων των δυνητικών κινδύνων που μπορεί να επηρεάσουν τις δραστηριότητες της επιχείρησης. Αυτό μπορεί να συμπεριλαμβάνει φυσικούς κινδύνους (όπως σεισμούς ή πλημμύρες), τεχνικούς κινδύνους (όπως βλάβες εξοπλισμού) ή ανθρώπινα λάθη. Η διαδικασία συχνά περιλαμβάνει αξιολόγηση της συχνότητας και της σοβαρότητας των κινδύνων.
2. **Αξιολόγηση Κινδύνων:** Αυτό το στάδιο εμπλέκει τη λεπτομερή ανάλυση και αξιολόγηση των εντοπισμένων κινδύνων. Αξιολογούνται η πιθανότητα εκδήλωσης του κινδύνου και η σοβαρότητα των επιπτώσεων σε περίπτωση που συμβεί. Αυτό δίνει στη διοίκηση μια καλύτερη κατανόηση του επιπέδου κινδύνου που αντιμετωπίζει η επιχείρηση.
3. **Σχεδιασμός Στρατηγικών Διαχείρισης Κινδύνου:** Βασισμένοι στα αποτελέσματα της αξιολόγησης, οι υπεύθυνοι αναπτύσσουν στρατηγικές για τη διαχείριση των κινδύνων. Αυτό μπορεί να συμπεριλαμβάνει την αποφυγή του κινδύνου, τη μείωση της πιθανότητας εκδήλωσής του, τη μείωση των επιπτώσεων ή την αντιμετώπιση των συνεπειών του.

4. **Εφαρμογή Μέτρων Ασφαλείας:** Με βάση τη στρατηγική, εφαρμόζονται συγκεκριμένα μέτρα ασφαλείας. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν την εγκατάσταση νέων εξοπλισμών, την εκπαίδευση του προσωπικού, ή την υιοθέτηση συγκεκριμένων διαδικασιών εργασίας.
5. **Εκπαίδευση Προσωπικού:** Το προσωπικό καταρτίζεται για να αναγνωρίζει, αντιμετωπίζει και αναφέρει κινδύνους. Η εκπαίδευση ενισχύει την ευαισθητοποίηση και τη συνειδητοποίηση για τη σημασία της ασφάλειας.
6. **Παρακολούθηση και Αναθεώρηση:** Η παρακολούθηση συνεχίζεται για να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα των υιοθετηθέντων μέτρων. Εάν υπάρξουν αλλαγές στο περιβάλλον ή νέοι κίνδυνοι, η στρατηγική επανεξετάζεται και τροποποιείται όπως απαιτείται.

Η διαχείριση κινδύνου στη βιομηχανία αναδεικνύεται ως σύνθετη διαδικασία που απαιτεί συστηματική προσέγγιση και συνεργασία όλων των επιπέδων ενός οργανισμού. Η αναγνώριση και η αξιολόγηση κινδύνων αποτελούν το θεμέλιο για τη σχεδίαση στρατηγικών διαχείρισης κινδύνου, με στόχο τη μείωση της πιθανότητας εκδήλωσης κινδύνων και των συνεπειών τους.

Η εφαρμογή αποτελεσματικών μέτρων ασφαλείας και η εκπαίδευση του προσωπικού αποτελούν κρίσιμα στοιχεία για την πρόληψη ατυχημάτων και την εξασφάλιση της ασφάλειας. Η συνεχής παρακολούθηση και αναθεώρηση των στρατηγικών είναι ουσιώδης για την προσαρμογή σε νέους κινδύνους και συνθήκες.

Συνολικά, η διαχείριση κινδύνου συμβάλλει όχι μόνο στην προστασία της υγείας και ασφάλειας του προσωπικού, αλλά επίσης στη βελτίωση της απόδοσης και της βιωσιμότητας της επιχείρησης.

#### 2.1.4 Δείκτες εργατικών ατυχημάτων

Η καταγραφή, η ανάλυση και η χρήση δεδομένων σχετικά με τους τραυματισμούς κατά τη διάρκεια της εργασίας αποτελούν βασικό εργαλείο για την ασφάλεια στον χώρο εργασίας. Αυτή η διαδικασία μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην προστασία των εργαζομένων και στη μείωση των εργατικών ατυχημάτων. Παράλληλα, η ανάλυση αυτών των δεδομένων και η ομαδοποίηση τους ανάλογα με διάφορους παράγοντες, όπως το φύλο, η ηλικία, οι ομάδες υψηλού κινδύνου και άλλοι, επιτρέπει την εξατομίκευση των προληπτικών μέτρων και την προσαρμογή τους στις ανάγκες των διάφορων ομάδων εργαζομένων. Τα δεδομένα που συλλέγονται χρησιμοποιούνται επίσης για τον υπολογισμό δεικτών που επιτρέπουν την εκτίμηση του επιπέδου ασφαλείας ένα εργασιακό χώρο ή τομέα και τη παρακολούθηση της διαχρονικής του εξέλιξης. Αυτό είναι σημαντικό για την διαπίστωση της αποτελεσματικότητας των εφαρμοζόμενων μέτρων που λαμβάνονται για την ενίσχυση της ασφάλειας στον χώρο εργασίας. Τέτοιοι δείκτες είναι:

##### - Δείκτης συχνότητας (ΔΣ) εργατικών ατυχημάτων (frequency rate) (ΕΛΙΝΥΑΕ)

Αυτός ο δείκτης εκφράζει τον αριθμό των ατυχημάτων που γίνονται σε 1.000.000 ώρες εργασίας και δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\Delta\Sigma = \frac{\text{Πλήθος εργατικών ατυχημάτων κατά την εξεταζόμενη χρονική περίοδο}}{\text{Πλήθος εργατωρών της ομάδας αναφοράς στην εξεταζόμενη χρονική περίοδο}} * 10^6 \quad (2.1)$$

Στην περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατό ο παρονομαστής πρέπει να είναι το σύνολο των εργατωρών, ο δείκτης μπορεί να υπολογιστεί βάσει των κανονικών ωρών εργασίας παίρνοντας υπόψη τις δικαιολογημένες, με αποδοχές, ημέρες απουσίας από την εργασία, όπως οι διακοπές, οι άδειες ασθένειας και οι αργίες.

### - Δείκτης σοβαρότητας (ΔΣΟ) των εργατικών ατυχημάτων (ΕΛΙΝΥΑΕ)

Ο δείκτης αυτός εκφράζει το πλήθος των χαμένων ημερών λόγω εργατικού ατυχήματος ανά 1.000.000 ώρες εργασίας και δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\Delta\Sigma = \frac{\text{Πλήθος χαμένων ημερών λόγω εργατικού ατυχήματος}}{\frac{\text{στην εξεταζόμενη χρονική περίοδο}}{\text{Συνολικός χρόνος εργασίας της ομάδας αναφοράς εργαζομένων}} * 10^6} \quad (2.2)$$

Πρέπει να υπολογίζεται διαφορετικός δείκτης σοβαρότητας για προσωρινή ή μόνιμη ανικανότητα για εργασία και για θανατηφόρα εργατικά ατυχήματα. Ιδανικά, ο εξεταζόμενος χρόνος εργασίας θα πρέπει να μετριέται σε ώρες απασχόλησης.

## 2.2 Επίπτωση ατυχημάτων

Τα ανθρώπινα λάθη μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ανάλογα με τη σοβαρότητα τους:

1. **Οικονομικό αντίκτυπο στις εταιρίες:** Αν τα ανθρώπινα λάθη οδηγήσουν σε διακοπές παραγωγής, αυτό μπορεί να προκαλέσει σημαντικές οικονομικές απώλειες για την εταιρεία. Οι απώλειες περιλαμβάνουν το κόστος αναστολής της παραγωγής, τις δικαστικές διαδικασίες και την αποζημίωση των θυμάτων.
2. **Αντίκτυπο στο περιβάλλον:** Αν το ανθρώπινο σφάλμα οδηγήσει ρύπανση του περιβάλλοντος, όπως ρύπανση εδάφους, υδάτων και ατμοσφαιρική ρύπανση, αυτό έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και στο οικοσύστημα.

3. **Επιδείνωση της φήμης της εταιρείας:** Τα ατυχήματα που οφείλονται σε ανθρώπινα λάθη μπορούν να έχουν αρνητική επίπτωση στη φήμη της εταιρείας. Αυτό μπορεί να επηρεάσει τις σχέσεις με τους πελάτες, τους επενδυτές και το κοινό.
4. **Νομοθετικές κυρώσεις:** Σοβαρά ατυχήματα συνήθως οδηγούν σε νομοθετικές κυρώσεις και πρόστιμα. Οι εταιρείες πετρελαίου πρέπει να συμμορφώνονται με αυστηρούς κανονισμούς και προδιαγραφές για την ασφάλεια, και τα ανθρώπινα λάθη που παραβιάζουν αυτούς τους κανονισμούς μπορούν να οδηγήσουν σε νομικές ενέργειες κατά της εταιρείας.

### 2.2.1 Οικονομικό αντίκτυπο στις εταιρίες

Το κόστος των εργατικών ατυχημάτων αποτελεί ένα σημαντικό θέμα για τις χώρες και τις επιχειρήσεις, καθώς έχει σημαντικές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Η κατηγοριοποίηση που παρουσιάζετε από τον Dorman 2000 είναι χρήσιμη για την κατανόηση των διάφορων πτυχών του κόστους αυτού:

**Οικονομικό ή μη οικονομικό κόστος:** Το οικονομικό κόστος αναφέρεται στις πραγματικές οικονομικές απώλειες που προκύπτουν λόγω του ατυχήματος, όπως η αποκατάσταση ζημιών, η ιατροφαρμακευτική περίθαλψη κ.λπ. Το μη οικονομικό κόστος περιλαμβάνει πτυχές όπως η προκληθείσα φυσική και ψυχολογική δυσφορία στους εργαζόμενους.

**Εσωτερικό ή εξωτερικό κόστος:** Το εσωτερικό κόστος αναφέρεται στις απώλειες που επηρεάζουν απευθείας την επιχείρηση, όπως οι αποζημιώσεις προς τους εργαζόμενους. Το εξωτερικό κόστος αναφέρεται σε πτυχές που επηρεάζουν ευρύτερα την κοινωνία, όπως τα κοινωνικά επιδόματα, οι συντάξεις κ.λπ.

**Άμεσο ή έμμεσο κόστος:** Το άμεσο κόστος είναι το προφανές οικονομικό κόστος του ατυχήματος, όπως οι απώλειες από την απουσία του εργαζόμενου. Το έμμεσο κόστος περιλαμβάνει το κόστος σχετίζεται με την αντικατάσταση του εργαζόμενου, τη μείωση της παραγωγικότητας κ.λπ.

**Σταθερό ή μεταβλητό κόστος:** Το σταθερό κόστος παραμένει σταθερό ανεξάρτητα από τον αριθμό των ατυχημάτων. Το μεταβλητό κόστος μεταβάλλεται ανάλογα με τον αριθμό των ατυχημάτων που συμβαίνουν.

### 2.2.2 Αντίκτυπο στο περιβάλλον

Το πετρέλαιο διαδραματίζει καίριο και ουσιώδη ρόλο στη σημερινή κοινωνία μας. Αντιπροσωπεύει πολύ περισσότερα από μια από τις κύριες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιεί η ανθρωπότητα. Πέραν της θεμελιώδους του ρόλου ως πηγή ενέργειας, τα προϊόντα πετρελαίου χρησιμοποιούνται ως αρχική ύλη για την παραγωγή πολλών καταναλωτικών αγαθών, διαδραματίζοντας έτσι έναν αυξανόμενο και σημαντικό ρόλο στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων.

Παράλληλα, η βιομηχανία πετρελαίου «μεταφέρει» σημαντικό δυναμικό κινδύνου για το περιβάλλον, επηρεάζοντας το σε διάφορα επίπεδα, συμπεριλαμβανομένων του αέρα, του νερού και του εδάφους, με επιπτώσεις που επηρεάζουν όλα τα είδη στον πλανήτη μας. Η πλέον διαδεδομένη και επικίνδυνη επίπτωση των δραστηριοτήτων της βιομηχανίας πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι η ρύπανση. Η ρύπανση συνδέεται στενά με όλα τα στάδια της παραγωγής πετρελαίου, από την εξόρυξη έως την διαχείριση – τελική διάθεση. Αυτή περιλαμβάνει τη δημιουργία αποβλήτων, τις εκπομπές αερίων, τα στερεά απόβλητα και τα αερολύματα, τα οποία παράγονται κατά τη διαδικασία της γεώτρησης, της παραγωγής και της διύλισης (η οποία είναι υπεύθυνη για τη μεγαλύτερη ρύπανση), καθώς και κατά τη μεταφορά και διάθεση των προϊόντων.

Άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις περιλαμβάνουν την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, την όξινη βροχή, την κακή ποιότητα των υδάτων και τη μόλυνση των υπόγειων υδάτων. Επιπλέον, η βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου μπορεί να συμβάλει στην απώλεια της βιοποικιλότητας και στην καταστροφή οικοσυστημάτων που, σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι μοναδικά.

Οι περισσότερες από αυτές τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι ήδη γνωστές και τεκμηριωμένες. Είναι απαραίτητο να βρεθούν τρόποι να επιτραπεί η συνύπαρξη της βιομηχανικής ανάπτυξης με την προστασία του περιβάλλοντος, προωθώντας έτσι τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, παρά τους δυνητικούς κινδύνους για το περιβάλλον, η βιομηχανία πετρελαίου συμβάλλει θετικά στην κοινωνία, δημιουργώντας πολλές θέσεις εργασίας και παρέχοντας σημαντικά έσοδα από φόρους και τέλη στις εθνικές κυβερνήσεις.

Επιπλέον, οι εταιρείες πετρελαίου μπορούν να ωφεληθούν περαιτέρω υιοθετώντας προληπτικές περιβαλλοντικές στρατηγικές. Παρά ταύτα, πολλές εταιρείες στον κλάδο του πετρελαίου ακόμη δεν εφαρμόζουν πρακτικές πρόληψης της ρύπανσης, περιοριζόμενες στη συμμόρφωση με τους κανόνες που καθορίζονται από τις περιβαλλοντικές αρχές. Αυτό αντανάκλα την εταιρική κουλτούρα της τελικής ελέγχου (End of Line Control) και μια αντιδραστική προσέγγιση στη διαχείριση του περιβάλλοντος. Η ενσωμάτωση του περιβαλλοντικού παράγοντα στις παραγωγικές διαδικασίες έχει καταστεί σοβαρή πρόκληση για τη βιομηχανία πετρελαίου. Σήμερα, η δέσμευση για την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης υπερβαίνει την απλή ηθική υποχρέωση και έχει καταστεί αναπόσπαστο τμήμα της κοινωνίας μας. Αυτή η δέσμευση από μόνη της αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την επιβίωση των επιχειρήσεων, καθώς πολλοί καταναλωτές είναι ευαισθητοποιημένοι στον αρνητικό αντίκτυπο της εκμετάλλευσης του περιβάλλοντος από εταιρείες που λειτουργούν αδιαφορώντας για τη διατήρησή του.

### 2.2.3 Αντίκτυπο στη φήμη της εταιρείας

Τα ατυχήματα λόγω ανθρώπινων λαθών μπορούν να οδηγήσουν σε αρνητική αντιμετώπιση από το κοινό, τους πελάτες και τους επενδυτές. Η φήμη μιας εταιρείας είναι σημαντική, καθώς επηρεάζει την αξιοπιστία της στην αγορά. Η φήμη μιας εταιρείας επηρεάζει επίσης τις σχέσεις της με τους πελάτες και τους επενδυτές. Εάν η εταιρεία αντιμετωπίζεται αρνητικά λόγω ατυχημάτων, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια εμπιστοσύνης από τους πελάτες και να μειώσει το ενδιαφέρον των επενδυτών για την εταιρεία.

Συνοψίζοντας, είναι σημαντικό για τις εταιρείες να δίνουν έμφαση στην ασφάλεια και τη διαχείριση κινδύνων προκειμένου να διατηρήσουν την καλή φήμη τους και τις θετικές σχέσεις με τους ενδιαφερόμενους φορείς.

### 2.2.4 Νομοθετικές κυρώσεις κατά της εταιρείας

Οι νομοθετικές κυρώσεις κατά των εταιριών που προκαλούν ατυχήματα στην πετρελαϊκή βιομηχανία εξαρτώνται από το νομικό πλαίσιο της κάθε χώρας και την σοβαρότητα του ατυχήματος. Ορισμένες από τις κυρώσεις που μπορεί να επιβληθούν σε εταιρίες πετρελαϊκής βιομηχανίας περιλαμβάνουν:

1. **Πρόστιμα:** Οι εταιρίες μπορεί να επιβαρυνθούν με σημαντικά οικονομικά πρόστιμα, τα οποία μπορούν να είναι ανάλογα με τη σοβαρότητα του ατυχήματος και την ποιότητα της αντίδρασής τους.
2. **Απώλεια αδειών και δικαιωμάτων:** Οι αρχές μπορεί να αφαιρέσουν άδειες λειτουργίας, επιτρέποντας στην εταιρία να δραστηριοποιείται στον κλάδο της πετρελαϊκής βιομηχανίας.
3. **Ποινικές κυρώσεις:** Στις περιπτώσεις όπου ανθρώπινες ζωές έχουν χαθεί λόγω της αμέλειας της εταιρίας, μπορεί να ασκηθούν ποινικές διώξεις εναντίον των υπευθύνων της εταιρίας, συμπεριλαμβανομένων των στελεχών της.
4. **Αστικές αγωγές:** Επιζήμιες αγωγές μπορούν να ασκηθούν από τα θύματα ή τις πληγείσες περιοχές, ζητώντας αποζημίωση για την καταστροφή του περιβάλλοντος, τραυματισμούς ή απώλεια ζωής.
5. **Αποκατάσταση και αποζημίωση:** Οι εταιρίες μπορεί να υποχρεωθούν να προβούν σε αποκατάσταση της ζημιάς που προκλήθηκε από το ατύχημα και να αποζημιώσουν τα θύματα.

Οι αντιδράσεις και οι κυρώσεις εξαρτώνται από τη νομοθεσία της κάθε χώρας και τον τρόπο με τον οποίο η εταιρία ανταποκρίνεται στο ατύχημα και την παραβίαση των περιβαλλοντικών και ασφαλιστικών προτύπων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η νομοθεσία μπορεί να επιβάλει αυστηρές κυρώσεις για να διασφαλίσει τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς και την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας.

## 2.3 Σημασία ανθρώπινου παράγοντα

Μεταξύ 2003 και 2010, η βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου παρουσίασε μέσο ετήσιο αριθμό θανάτων από ατυχήματα 27,5 ανά 100.000 εργαζόμενους. Μέχρι το 2010, υπήρξαν 823 θάνατοι λόγω ατυχημάτων σε αυτόν τον κλάδο, αριθμός που είναι επτά φορές μεγαλύτερος από το μέσο ποσοστό για τους εργαζόμενους σε όλους τους κλάδους στις Ηνωμένες Πολιτείες. (1st Commercial Credit, LLC, June 20 2021)

Με άλλα λόγια, ο άνθρωπος μπορεί να προκαλέσει ή να παραλείψει μια ενέργεια, είτε εσκεμμένα (χωρίς γνώση των συνεπειών) είτε ακούσια. Σε καμία περίπτωση όμως, δεν επιθυμεί τις συνέπειες της. Η απόδοση της έννοιας του ανθρώπινου λάθους, ειδικά σε επιστημονικές μελέτες, περιλαμβάνει τις έννοιες του ακούσιου και ανεπιθύμητου, δημιουργώντας την εντύπωση ότι είναι κάτι ορισμένο και ομοιογενές, παρόλο που έχει τρεις βασικές πτυχές (Hollnagel 2005):

1. **Αιτία:** Σε αυτήν την πτυχή, το λάθος αντιστοιχεί στην ενέργεια ή τη μη ενέργεια που οδήγησε σε ένα ανεπιθύμητο αποτέλεσμα. Δηλαδή, το λάθος αποτελεί την αιτία του προβλήματος.
2. **Γεγονός και ενέργεια:** Εδώ, δίνεται βάση στην ενέργεια ή τη μη ενέργεια ως το λάθος, ανεξαρτήτως του αποτελέσματος που μπορεί να προκύψει.
3. **Συνέπεια:** Σε αυτή την πτυχή, το λάθος εντοπίζεται στο ανεπιθύμητο αποτέλεσμα. Συνδέεται στενά με την ενέργεια που οδήγησε στη συγκεκριμένη συνέπεια.

Στην πραγματικότητα, το ανθρώπινο λάθος δεν είναι πάντα εύκολο να προσδιοριστεί, καθώς δεν είναι πάντα ούτε πρόθεση ούτε συνέπεια. Αντίθετα, η απόδοση ευθυνών σε ανθρώπους σε ατυχήματα είναι μια ψυχο-κοινωνική διαδικασία, επηρεασμένη από απόψεις, στάσεις και συμφέροντα, εκτός από τους τεχνικούς παράγοντες (Woods et al. 1994).

Σε κάθε περίπτωση, η αποδοχή ενός "αποδεκτού αιτίου" απαιτεί να πληροί τα εξής κριτήρια (Hollnagel 2005b):

1. Να μπορεί να συνδεθεί άρρηκτα με τη δομή ή τη λειτουργία του συστήματος, για να επιτρέψει την εσωτερική διόρθωση.
2. Να είναι εφαρμόσιμο στα πλαίσια των διαθέσιμων πόρων και χρόνου, για να μην υπερβούν την εσωτερική ικανότητα αντιμετώπισης.
3. Να είναι συμβατό με τους υπάρχοντες κανόνες και τη λειτουργία του συστήματος.

Παρότι αυτά τα κριτήρια δεν είναι πάντα πραγματικά, η τάση είναι να επικεντρώνονται στον άνθρωπο ως αίτιο. Αυτό όμως παραβλέπει τις ενέργειες και τις συνθήκες που μπορεί να οδηγήσουν σε λάθος, ενώ μερικές φορές μπορεί να αποτελεί εύκολη εξιλέωση για το σύστημα από την ευθύνη του. Είναι, ωστόσο, σημαντικό να αντιμετωπίσουμε την έννοια του ανθρώπινου

λάθους με περισσότερο συνολικό τρόπο, συμπεριλαμβάνοντας τις πολλαπλές πτυχές που τη διαμορφώνουν.

Σε διάφορες έρευνες υποστηρίζεται ότι υψηλά ποσοστά ατυχημάτων, όπως 90% (Technica 1989), 66% (Williamson, Feyer 1990), ή μεταξύ 50% και 80% (Hollnagel 1998, Rasmussen 1998), περιλαμβάνουν στοιχεία ανθρώπινου λάθους. Ορισμένοι ερευνητές (Wiener, Nagel 1988) εκτιμούν ότι οι παράγοντες πρόκλησης ατυχημάτων έχουν αλλάξει τις τελευταίες δεκαετίες, και η ανθρώπινη συνεισφορά έχει αυξηθεί απότομα, φτάνοντας ποσοστά της τάξης του 70% - 80%. Οι κύριοι λόγοι που εκτιμάται ότι οδηγούν σε αυτό το φαινόμενο είναι δύο (Cacciabue 1998):

1. **Μεγάλη Αξιοπιστία του Σύγχρονου Εξοπλισμού**: Ο σύγχρονος εξοπλισμός έχει υψηλή αξιοπιστία λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης (καλύτερα υλικά, εξελιγμένα συστήματα ελέγχου, βελτιστοποιημένες τεχνικές σχεδιασμού, κλπ.). Έτσι, η συνεισφορά του εξοπλισμού στις αποκλίσεις του συστήματος έχει μειωθεί σε σχέση με τη συνεισφορά του ανθρώπου.
2. **Πολυπλοκότητα του Συστήματος και Ρόλος του Ανθρώπου**: Η πολυπλοκότητα του συστήματος υπερβαίνει την ικανότητα του ανθρώπου να το κατανοήσει πλήρως. Ο ρόλος του ανθρώπου είναι να ελέγχει συγκεκριμένες παραμέτρους χωρίς πλήρη κατανόηση του συστήματος, και συνήθως δεν κατανοεί βαθιά τον πραγματικό ρόλο και λειτουργία τους.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο χαρακτηρισμός του σύγχρονου εξοπλισμού ως ιδιαίτερα αξιόπιστου είναι κοινό χαρακτηριστικό κάθε εποχής και αμφισβητείται συνήθως στο μέλλον.

Σύμφωνα με το Rasmussen (1978), το ανθρώπινο λάθος φαίνεται να έχει σημαντική συνεισφορά, καθώς αποτελεί περίπου το 10% των αστοχιών γενικά. Ωστόσο, αυτή η συνεισφορά ανεβαίνει στο εντυπωσιακό εύρος του 50% έως 80% στα μεγάλα ατυχήματα. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται εν μέρει από το γεγονός ότι οι πολλοί κανόνες που θεσπίζονται για την πρόληψη μεγάλων ατυχημάτων καθιστούν εύκολο να εντοπιστεί παράβαση και να αποδοθεί ευθύνη σε κάποιον (Leveson, 2004).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η έρευνα επικεντρώνεται κυρίως σε μεγάλα ατυχήματα, καθώς αυτά απαιτούν τη διερεύνηση νομικών ευθυνών. Επιπλέον, ενώ στην κανονική λειτουργία δεν απαιτείται πολλή δραστηριότητα από τους ανθρώπους, οι κρίσιμες καταστάσεις που απαιτούν άμεση δράση εμφανίζονται σπάνια, αλλά απαιτούν αντίδραση (Hollnagel, 2005a). Έτσι, το ατύχημα συνδέεται με την αδυναμία του ανθρώπου να διορθώσει μια μη ομαλή κατάσταση, ενώ συχνά χαρακτηρίζεται ως λάθος.

Συμπερασματικά, η υποκειμενικότητα της αιτιολογικής διαδικασίας δεν επιτρέπει την ακριβή ανάθεση ποσοστών αιτιότητας στο ανθρώπινο λάθος. Παρ' όλα αυτά, η μελέτη του φαινομένου παραμένει σημαντική, δεδομένου ότι η συνεισφορά του ανθρώπινου λάθους στα ατυχήματα είναι αναμφίβολη όπου υπάρχει ανθρώπινη εμπλοκή.

Η ανάλυση των αιτιών ατυχημάτων στην βιομηχανία αποτελεί αντικείμενο έντονης έρευνας, ενδιαφέροντος και σημασίας, καθώς αποτελεί ζωτικό τομέα για την παγκόσμια οικονομία. Εντός αυτού του πλαισίου, ο ανθρώπινος παράγοντας, με την ευκρίνεια των συνεπειών του, εκτιμάται συχνά ως ο κύριος υπαίτιος των ανωμαλιών που καταγράφονται. Η εκτίμηση των αιτιών ατυχημάτων στην βιομηχανία απαιτεί προσεκτική ανάλυση των παραγόντων που συμβάλλουν στην εκδήλωσή τους. Οι εργαζόμενοι στη βιομηχανία αντιμετωπίζουν συχνά υψηλούς κινδύνους, και ο ανθρώπινος παράγοντας μπορεί να συνδέεται με λάθη, έλλειψη εκπαίδευσης, κόπωση, ή απόσπαση της προσοχής. Ωστόσο, οι ανθρώπινες ενέργειες εντός ενός περιβάλλοντος εργασίας είναι επίσης σημαντικά επηρεασμένες από οργανωτικούς παράγοντες, όπως ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων, η εκπαίδευση, η εποπτεία, και η πίεση για την εκτέλεση εργασιών με υψηλή παραγωγικότητα. Σύμφωνα με την έρευνα του Hale (2010), αποτυχίες στην εκτέλεση εργασιών, που συνήθως συνδέονται με τον ανθρώπινο παράγοντα, αναδεικνύονται συχνά ως πρωταρχικοί παράγοντες ατυχημάτων. Ωστόσο, η έρευνα αυτή επίσης υπογραμμίζει ότι η ποικιλομορφία των παραγόντων που συνδέονται με τα ατυχήματα απαιτεί πολυδιάστατη και συστηματική προσέγγιση (Hale, 2010).

Σημαντικό είναι επίσης το έργο του Reason, ο οποίος επισημαίνει τη σημασία της ανάλυσης των ανθρωπογενών σφαλμάτων ως συστημικών προβλημάτων, όχι ως ατομικών αδυναμιών (Reason, 1997). Η θεώρηση αυτή υποδηλώνει ότι οι ανθρώπινες πράξεις είναι συνήθως συνέπεια συνθηκών εργασίας και οργανωτικής δομής. Σε περιβαλλοντικό επίπεδο, το έργο του Rasmussen προτείνει ότι οι ανθρώπινες πράξεις μπορεί να κατανοηθούν καλύτερα με την ανάλυση των γενικών συστημάτων και των σχέσεων τους (Rasmussen, 1997).

Επομένως, η προαγωγή της ασφάλειας και στην πετρελαϊκή βιομηχανία πρέπει να επικεντρώνεται τόσο στην ανθρώπινη συμπεριφορά όσο και στη βελτίωση των συστημάτων, με στόχο την ενίσχυση της συνολικής ασφάλειας και τη μείωση των ατυχημάτων.

## 2.4 Τρόποι που μπορεί να επηρεάσει ο ανθρώπινος παράγοντας

Ο ανθρώπινος παράγοντας παίζει καθοριστικό ρόλο στα ατυχήματα στη βιομηχανία πετρελαίου. Ενώ οι τεχνολογικές εξελίξεις και τα πρωτόκολλα ασφάλειας έχουν βελτιώσει σημαντικά το ιστορικό ασφάλειας του κλάδου, το ανθρώπινο λάθος παραμένει η κύρια αιτία ατυχημάτων και συμβάντων στον κλάδο.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους ο ανθρώπινος παράγοντας μπορεί να συμβάλει σε ατυχήματα στη βιομηχανία πετρελαίου:

1. **Κόπωση**: Οι πολλές ώρες εργασίας, οι σωματικά απαιτητικές εργασίες και τα ακανόνιστα ωράρια μπορεί να οδηγήσουν σε κόπωση των εργαζομένων. Η κόπωση μειώνει τη λήψη αποφάσεων, τους χρόνους αντίδρασης και τη συνολική εγρήγορση, αυξάνοντας την πιθανότητα ατυχημάτων.
2. **Εφησυχασμός**: Οι εργαζόμενοι που εφησυχάζουν λόγω εργασιών ρουτίνας ή λόγω έλλειψης κινδύνου μπορεί να παραβλέψουν πιθανούς κινδύνους ή να μην ακολουθήσουν τις διαδικασίες ασφαλείας.
3. **Έλλειψη εκπαίδευσης**: Η ανεπαρκής εκπαίδευση ή η ανεπαρκής γνώση των πρωτοκόλλων ασφαλείας μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα οι εργαζόμενοι να μην κατανοούν τις κατάλληλες διαδικασίες για το χειρισμό του εξοπλισμού ή να ανταποκρίνονται σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.
4. **Επικοινωνία**: Η κακή επικοινωνία, τόσο εντός των ομάδων όσο και μεταξύ διαφορετικών τμημάτων, μπορεί να οδηγήσει σε παρεξηγήσεις και παρερμηνείες, που μπορεί να προκαλέσουν κρίσιμα σφάλματα.
5. **Στρες**: Τα περιβάλλοντα εργασίας υψηλής πίεσης και τα αυστηρά χρονοδιαγράμματα μπορούν να δημιουργήσουν άγχος, επηρεάζοντας τη συγκέντρωση, την κρίση και την απόδοση.
6. **Μη τήρηση των κανονισμών ασφαλείας**: Η μη τήρηση των οδηγιών και των κανονισμών ασφαλείας, συχνά λόγω χρονικών περιορισμών ή μέτρων εξοικονόμησης κόστους, μπορεί να αυξήσει την πιθανότητα ατυχημάτων.
7. **Ανθρώπινο λάθος στη λήψη αποφάσεων**: Τα λάθη που γίνονται κατά τη διάρκεια κρίσιμων διαδικασιών λήψης αποφάσεων, ειδικά σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, μπορεί να έχουν σοβαρές συνέπειες.
8. **Έλλειψη επίγνωσης της κατάστασης**: Η αποτυχία αξιολόγησης του περιβάλλοντος και αναγνώρισης πιθανών κινδύνων μπορεί να οδηγήσει σε περιστατικά.
9. **Σωματική και Ψυχική Υγεία**: Οι εργαζόμενοι που δεν είναι καλά σωματικά ή αντιμετωπίζουν προβλήματα ψυχικής υγείας ενδέχεται να μην μπορούν να εκτελούν τα καθήκοντά τους με ασφάλεια.
10. **Οργανωτική κουλτούρα**: Η κουλτούρα ασφάλειας μιας εταιρείας επηρεάζει σημαντικά τη συμπεριφορά και τη στάση των εργαζομένων απέναντι στην ασφάλεια. Μια αδύναμη κουλτούρα ασφάλειας που δεν δίνει προτεραιότητα στην ασφάλεια ή δεν ενθαρρύνει τις στροφές μπορεί να συμβάλει σε ατυχήματα.

Για να μετριάσει τον ανθρώπινο παράγοντα στα ατυχήματα, η βιομηχανία πετρελαίου πρέπει να επενδύσει σε ολοκληρωμένα προγράμματα εκπαίδευσης, να εφαρμόσει ισχυρά πρωτόκολλα ασφαλείας, να ενθαρρύνει την ανοιχτή επικοινωνία, να δώσει προτεραιότητα στην ευημερία των εργαζομένων και να καλλιεργήσει μια ισχυρή κουλτούρα ασφάλειας. Οι τακτικές επιθεωρήσεις ασφαλείας, η ανάλυση συμβάντων και οι πρωτοβουλίες συνεχούς βελτίωσης είναι επίσης απαραίτητες για τον εντοπισμό πιθανών αδυναμιών και την πρόληψη ατυχημάτων που

προκαλούνται από ανθρώπινους παράγοντες. Επιπλέον, η τεχνολογία, όπως ο αυτοματισμός και η απομακρυσμένη παρακολούθηση, μπορεί να μειώσει την ανθρώπινη συμμετοχή σε εργασίες υψηλού κινδύνου, ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα σφαλμάτων και ατυχημάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΣ ΕΠΙΠΕΔΟ

### 3.1 Ατυχήματα στη πετρελαϊκή βιομηχανία – βιβλιογραφική ανασκόπηση με έμφαση στον ανθρώπινο παράγοντα

Η πετρελαϊκή βιομηχανία συνδέεται με ιδιαίτερους εργασιακούς κινδύνους. Η ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, επικεντρώνεται στα ατυχήματα, όπου γίνεται εξέταση του ανθρώπινου παράγοντα, ενώ επιχειρείται να αναγνωριστεί και η κρίσιμη σημασία της ανθρώπινης παρέμβασης στην πρόληψη των ατυχημάτων με δράσεις όπως η ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων, η ενίσχυση των πρακτικών ασφαλείας και η αξιολόγηση της εκπαίδευσης του προσωπικού. Παρακάτω παρατίθεται μια ανασκόπηση επιλεγμένων που σχετικών άρθρων.

Η Gordon (1996) εξηγεί πως τα ατυχήματα, όπως η καταστροφή του Piper Alpha, αναδεικνύουν ότι η απόδοση ενός υψηλά πολύπλοκου κοινωνικού και τεχνικού συστήματος εξαρτάται από την αλληλεπίδραση τεχνικών, ανθρώπινων, κοινωνικών, οργανωτικών, διαχειριστικών και περιβαλλοντικών παραγόντων. Το άρθρο αυτό παρέχει μια επισκόπηση του πώς οι άνθρωποι παράγοντες συμβάλλουν σε ατυχήματα στην offshore βιομηχανία πετρελαίου. Η ανάλυση 25 περιστατικών ατυχημάτων σε εταιρείες πετρελαίου στο Ηνωμένο Βασίλειο αποκαλύπτει την επίδραση των ανθρώπινων παραγόντων. Προτείνονται βελτιώσεις στα έντυπα αναφοράς ατυχημάτων, ενώ περιγράφονται μέθοδοι μείωσης των ατυχημάτων μέσω της εστίασης στους ανθρώπινους παράγοντες. Έχουν παρασχεθεί συστάσεις σχετικά με μεθόδους ταξινόμησης ατυχημάτων με βάση τις άμεσες αιτίες τους και αυτές οι προτάσεις έχουν ενσωματώσει προηγούμενες ερευνητικές προσπάθειες σε αυτόν τον τομέα.

Οι Sneddon et. al, 2013 μελετούν τη σημασία των ανθρώπινων παραγόντων και της οργάνωσης στην πρόβλεψη ατυχημάτων και συμβάντων στην offshore βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου του Ηνωμένου Βασιλείου. Η παρούσα έρευνα είχε ως στόχο να επεκτείνει την προσέγγιση εξετάζοντας τις αντιλήψεις για οργανωτικές πτυχές που ενδέχεται να επηρεάσουν την ασφάλεια. Η έρευνα περιέλαβε 11 offshore εγκαταστάσεις που λειτουργούσαν στην υφαλοκρηπίδα του Ηνωμένου Βασιλείου και χρησιμοποίησε ερωτηματολόγιο που απευθύνονταν προς τους εργαζόμενους, λαμβάνοντας 722 απαντήσεις, που αντιστοιχεί σε ποσοστό ανταπόκρισης 33%. Η μελέτη διερεύνησε τη στάση των εργαζομένων σε offshore εγκαταστάσεις σε σχέση με την ασφάλεια, και την ικανοποίησή τους από ισχύοντα πρωτόκολλα ασφαλείας. Τα ευρήματα τη ανάλυσης έδειξαν ότι η «μη ασφαλής συμπεριφορά» αναδεικνύεται ως ο πιο ενδεικτικός προγνωστικός παράγοντας ατυχημάτων/παραλίγο ατυχημάτων με βάση τις

απαντήσεις, ενώ η συμπεριφορά αυτή να επηρεάζεται, με τη σειρά της, από την αίσθηση της πίεσης για αυξημένη παραγωγή.

Η μελέτη των Antonovsky et al. (2014) εξετάζει τους πρωταρχικούς ανθρώπινους παράγοντες που συμβάλλουν σε βλάβες από ανεπαρκή συντήρηση στην πετρελαϊκή βιομηχανία. Η αναγνώριση των κοινών σημείων ανάμεσα στις αστοχίες βοηθά στη βαθύτερη κατανόηση της αξιοπιστίας των διαδικασιών συντήρησης και προσφέρει μία προληπτική προσέγγιση για την αποφυγή ατυχημάτων σε τομείς υψηλού κινδύνου. Η εξέταση των ανθρώπινων παραγόντων που επηρεάζουν τα αποτελέσματα σε αυτό το μοναδικό περιβάλλον αποτελεί θεμελιώδη βάση για τη βελτίωση της κατανόησης τόσο των γενικών όσο και των ειδικών ανθρώπινων παραγόντων στην αξιοπιστία. Μέσω διεξοδικών αναλύσεων σε 38 περιπτώσεις αστοχιών σε μια εταιρεία πετρελαιοειδών, χρησιμοποιήθηκαν δομημένες συνεντεύξεις με τεχνικούς συντήρησης. Οι συνεντεύξεις συνδυάστηκαν με το εργαλείο Human Factor Investigation Tool (HFIT), το οποίο βασίζεται στο μοντέλο της ανθρώπινης δυσλειτουργίας του Rasmussen. Από την έρευνα προέκυψε ότι κάθε περιστατικό περιείχε κατά μέσο όρο 9 σχετικούς παράγοντες. Οι τρεις κυριότεροι άνθρωποι παράγοντες που συχνά συνετέλεσαν στις αστοχίες ήταν οι υποθέσεις (παρουσιάζονται στο 79% των περιπτώσεων), ο σχεδιασμός και η συντήρηση (71%).

Οι Zhou et. al., 2017, ανέφεραν ότι για τη διαχείριση του κινδύνου που συνδέεται με τον ανθρώπινο παράγοντα στην πετρελαϊκή βιομηχανία, διενεργήθηκε αξιολόγηση των εργασιακών δραστηριοτήτων σε διάνοιξη γεώτρησης. Η διαδικασία περιλάμβανε τον εντοπισμό διαφόρων τύπων εργασιών, την επιλογή κατηγοριών κινδύνου μεγάλων ατυχημάτων που σχετίζονται με ανθρώπινα σφάλματα, την ποσοτικοποίηση των επιπέδων πιθανότητας και σοβαρότητας για κάθε δραστηριότητα, και τον υπολογισμό των επιπέδων κινδύνου ανθρώπινου παράγοντα για βασικές διαδικασίες γεώτρησης. Τα ποσοτικά αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι οι σημαντικότεροι κίνδυνοι στη διαδικασία γεώτρησης περιλαμβάνουν περιστατικά όπως χτύπημα από αντικείμενα, τραυματισμοί σχετικοί με τα μηχανικά μέρη, το ταξίδι από και προς την εργασία, και εργασίες ανύψωσης. Αντιθέτως, οι δραστηριότητες με τους χαμηλότερους κινδύνους περιλαμβάνουν την έκθεση σε επιβλαβείς ουσίες ή περιβάλλοντα, καθώς και φωτιές και εκρήξεις, επιθεώρηση και συντήρηση εξοπλισμού. Εφαρμόστηκε ένα σύνολο δώδεκα μέτρων ελέγχου κινδύνου και χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Delphi για να ποσοτικοποιηθεί η αποτελεσματικότητα του μετριασμού του κινδύνου ανθρώπινου παράγοντα από αυτά τα μέτρα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μέτρα ελέγχου κινδύνου κατηγοριοποιούνται σε τρία επίπεδα αποτελεσματικότητας, με κάθε επίπεδο να παρουσιάζει σημαντικές διαφορές μεγέθους. Τα ευρήματα αυτά παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τις εταιρείες που διενεργούν γεωτρήσεις, προκειμένου να στρατηγικά διαμορφώσουν τους πόρους τους στο πλαίσιο του σχεδίου διαχείρισης ασφάλειας και να αξιολογήσουν την αναμενόμενη αποτελεσματικότητα των εφαρμοσμένων μέτρων ελέγχου κινδύνου.

Σύμφωνα με την έρευνα των Kiran et al., 2018, η προσοχή στους ανθρώπινους παράγοντες στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου έχει εξελιχθεί σημαντικά μέσα σε μια σχετικά

σύντομη χρονική περίοδο. Αν και παραδοσιακά η γνώση και η τεχνογνωσία είχαν προτεραιότητα, πλέον αναγνωρίζεται η ανάγκη ενσωμάτωσης ανθρώπινων παραγόντων στο σχεδιασμό συστημάτων. Αυτή η προσέγγιση δίνει προτεραιότητα στον τελικό χρήστη, εξασφαλίζοντας ότι τα συστήματα προσαρμόζονται στις ανάγκες και περιορισμούς των χρηστών. Οι σχεδιασμοί εστιάζουν στην ενίσχυση της άνεσης και της παραγωγικότητας, ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιούν τα πιθανά σφάλματα. Η μελέτη των Kiran et al. εξετάζει τους βασικούς ανθρώπινους παράγοντες σε διάφορα στάδια διαχείρισης των γεωτρήσεων άντλησης πετρελαίου (διάνοιξη, λειτουργία, εγκατάλειψη). Μέσω πολλαπλών μελετών, αναδεικνύεται πως οι διάφορες προκλήσεις όσον αφορά την ασφάλεια, μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά με την θεώρηση παραμέτρων του ανθρώπινου παράγοντα, όπως η επίγνωση της κατάστασης, η ομαδική εργασία και η διαχείριση του άγχους, μαζί με άλλες μη τεχνικές δεξιότητες.

Οι Ifelebuegu et al. (2019) τονίζουν ότι, παρά τις συνεχείς εξελίξεις στην επαγγελματική υγεία και ασφάλεια λόγω τεχνολογικής προόδου και εφαρμογής συστημάτων διαχείρισης, τα ατυχήματα στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου παραμένουν συχνά. Αυτά συνήθως συνδέονται με ανθρώπινους παράγοντες. Ειδικότερα, η συναισθηματική νοημοσύνη (ΣΝ) των εργαζομένων μπορεί να επηρεάσει κρίσιμους ανθρώπινους παράγοντες που συμβάλλουν στα ατυχήματα. Η μελέτη αναλύει πώς η ΣΝ των εργαζομένων επηρεάζει την απόδοσή τους σε θέματα υγείας και ασφάλειας στον εργασιακό χώρο. Στην έρευνα συμμετείχαν 124 επαγγελματίες του κλάδου, και μέσα από συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας εντοπίστηκαν πέντε βασικοί παράγοντες επιτυχίας της ΣΝ και δεκατέσσερις βασικοί παράγοντες αποδοτικών συστημάτων διαχείρισης υγείας και ασφάλειας στην εργασία. Οι εν λόγω παράγοντες επιτυχίας της ΣΝ, όπως «η διαχείριση των συναισθημάτων για ενίσχυση γνωστικών διεργασιών», «ο χειρισμός συναισθημάτων άλλων» και «η ακριβής έκφραση συναισθημάτων», έδειξαν συσχέτιση με την απόδοση υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων. Τα ευρήματα της μελέτης επισημαίνουν την κρισιμότητα των συγκεκριμένων παραγόντων επιτυχίας της ΣΝ για τη βελτίωση της εργασιακής απόδοσης σε θέματα υγείας και ασφάλειας, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για ενσωμάτωση αυτών των δεξιοτήτων στην επαγγελματική ανάπτυξη των εργαζομένων. Οι άνθρωποι παράγοντες έχουν καθοριστικό ρόλο στη συμβολή σε ατυχήματα κατά τη διάρκεια γεωτρήσεων πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Οι Kiran et al. (2019) επισημαίνουν ότι οι offshore δραστηριότητες στην πετρελαϊκή βιομηχανία παρουσιάζουν περίπλοκα σενάρια και διαδικασίες λήψης αποφάσεων με πιθανές σοβαρές συνέπειες. Η μελέτη αυτή παρουσιάζει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο εκπαίδευσης, εστιασμένο στον άνθρωπο, εξοπλισμένο με τεχνικές αξιολόγησης για την εκτίμηση της επίγνωσης της κατάστασης των συμμετεχόντων σε εξατομικευμένες λειτουργίες ελέγχου. Η στρατηγική αξιολόγησης περιελάμβανε αναλύσεις δεδομένων παρακολούθησης ματιών, απαντήσεις σε ερωτηματολόγια, βαθμολογίες από λίστες ελέγχου και καταγραφές επικοινωνίας. Η άσκηση εκπαίδευσης, που εφαρμόστηκε σε αυτή την έρευνα, περιελάμβανε λειτουργίες ελέγχου γεωτρήσεων σε πραγματικό χρόνο. Η ανάλυση έδειξε σημαντικές διαφορές στην επίγνωση της κατάστασης και στην απόδοση μεταξύ των συμμετεχόντων, με εμφανείς διαφορές στις αντιληπτικές ικανότητες των αρχαρίων σε

σχέση με τους ειδικούς. Τα χαρακτηριστικά των δεδομένων παρακολούθησης ματιών, όπως ο αριθμός προσήλωσης και η διάρκεια, ενδέχεται να αποτελούν δείκτες των γνωστικών ικανοτήτων των συμμετεχόντων και έδειξαν υψηλή συσχέτιση με τις βαθμολογίες της λίστας ελέγχου. Η εφαρμοζόμενη μεθοδολογία προτείνει τη δυνατότητα εισαγωγής ενός ανθρωποκεντρικού πλαισίου εκπαίδευσης και βελτιώσεων στις παραδοσιακές τεχνικές αξιολόγησης της εκπαίδευσης των εργαζομένων σε offshore εγκαταστάσεις.

## 3.2 Αναλυτική περιγραφή ατυχημάτων μεγάλης κλίμακας με κύριο αίτιο το ανθρώπινο σφάλμα

### 3.2.1 DeepWater Horizon

Το Deepwater Horizon ήταν μια πετρελαιοπηγή που βρισκόταν στον Κόλπο του Μεξικού και διαχειριζόταν από τη βρετανική εταιρεία BP (British Petroleum). Στις αρχές του 2010, το Deepwater Horizon έγινε διάσημο για ένα ατύχημα που προκάλεσε μια τις μεγαλύτερες πετρελαιοκηλίδες στην ιστορία των Ηνωμένων Πολιτειών.

Στις αρχές του Απριλίου του 2010, κατά τη διάρκεια ενός γεύματος για την επίλυση τεχνικών προβλημάτων, συνέβη μια ισχυρή έκρηξη στο Deepwater Horizon. Η έκρηξη οδήγησε στον θάνατο 11 ανθρώπων στον τραυματισμό άλλων 17 και σε μια σοβαρή διαρροή πετρελαίου από τον πυθμένα της θάλασσας της τάξης των 4,9 εκατομμύρια βαρελιών. Το πετρέλαιο άρχισε να ρέει στον Κόλπο του Μεξικού, δημιουργώντας μια τεράστια περιβαλλοντική καταστροφή.

Ο ανθρώπινος παράγοντας έπαιξε σημαντικό ρόλο στο ατύχημα. Υπήρξαν πολλές παραβιάσεις των προτύπων ασφαλείας και παραβλέψεις από την πλευρά της εταιρείας BP, που είχε την ευθύνη για την πλατφόρμα. Οι εργαζόμενοι ανέφεραν αμέλεια στην εφαρμογή των διαδικασιών ασφαλείας και πίεση για ταχεία ολοκλήρωση των εργασιών. Επιπλέον, υπήρξαν προβλήματα στη διαχείριση των προκλήσεων που προέκυψαν κατά την εξόρυξη του πετρελαίου. Η ανεπαρκής εκπαίδευση του προσωπικού, η έλλειψη συντονισμού μεταξύ των εταιρειών που συμμετείχαν στο έργο και η παραγνώριση των προκλήσεων σχετικά με τον έλεγχο του πετρελαίου επέτρεψαν στο ατύχημα να συμβεί.

Η διαρροή πετρελαίου από το Deepwater Horizon συνεχίστηκε για περίπου τρεις μήνες μέχρι να μπορέσει να ελεγχθεί. Κατά τη διάρκεια αυτού του χρονικού διαστήματος, εκτιμάται ότι διέρρευσαν εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου στον ωκεανό, προκαλώντας μια σοβαρή επίπτωση στον θαλάσσιο κόσμο καθώς μολύνθηκαν πάνω από 230.000km<sup>2</sup> στον κόλπο του Μεξικού, έκταση σχεδόν διπλάσια από την έκταση της Ελλάδας. Η καταστροφή του Deepwater Horizon προκάλεσε έντονες συζητήσεις για την ασφάλεια στη βιομηχανία του πετρελαίου και τον περιβαλλοντικό της αντίκτυπο. Οι δικαστικές διαδικασίες κατά της BP και άλλων εμπλεκόμενων

εταιρειών συνεχίστηκαν για πολλά χρόνια και οδήγησαν σε σημαντικά πρόστιμα και αποζημιώσεις για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος και την αποζημίωση των θυμάτων.

Συνολικά, το ατύχημα του Deepwater Horizon αποτέλεσε ένα συνδυασμό ανθρωπίνων παραγόντων, τεχνικών προβλημάτων και διαχειριστικών παραλείψεων που οδήγησαν σε ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά ατυχήματα στην ιστορία της βιομηχανίας πετρελαίου.



Εικόνα 3.1: Η πλατφόρμα μετά τις εκρήξεις και την εκδήλωση της πυρκαγιάς

### 3.2.2 Piper Alpha

Το Piper Alpha ήταν μία πλατφόρμα πετρελαίου τύπου "drilling rig" στη Βόρεια Θάλασσα, περίπου 120 μίλια (περίπου 193 χιλιόμετρα) ανατολικά της ακτής της Σκωτίας. Η πλατφόρμα χρησιμοποιήθηκε για την υποθαλάσσια εξόρυξη πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ήταν μια σύνθετη εγκατάσταση που περιελάμβανε πλατφόρμες για την παραγωγή, επεξεργασία και μεταφορά του πετρελαίου. Κατασκευάστηκε από την κοινοπραξία Occidental Petroleum και Texaco, και τέθηκε σε λειτουργία το 1976. Ήταν μία από τις μεγαλύτερες πετρελαιοπαραγωγικές πλατφόρμες στον κόλπο της Βρετανίας.

Στις 6 Ιουλίου 1988, δύο από τα φρέατα άντλησης πετρελαίου στην πλατφόρμα είχαν μετατραπεί για την απόληψη φυσικού αερίου. Η καταστροφή ξεκίνησε όταν πραγματοποιούνταν επισκευές στις σωληνώσεις της εξέδρας σε ένα από τα φρέατα, ενώ το άλλο φρέαρ αντλούσε αέριο. Ο νεαρός μηχανικός, υπεύθυνος για την επίβλεψη, στο τέλος της βάρδιάς του άφησε την τυπική γραπτή αναφορά του στο γραφείο του εργοταξιάρχη και έφυγε. Δυστυχώς, η αναφορά χάθηκε και δεν διαβάστηκε από κανέναν. Ο εργοταξιάρχης δεν γνώριζε ότι οι επισκευές δεν είχαν ολοκληρωθεί και, επειδή κανείς δεν τον ενημέρωσε, έδωσε εντολή να συνεχιστεί η άντληση αερίου από το

φρέαρ που ήταν υπό επισκευή όταν το άλλο φρέαρ σταμάτησε λόγω βλάβης. Το αέριο διέρρευσε από τις ανοιχτές σωληνώσεις υπό πίεση και τελικά ανεφλέγη, προκαλώντας την πρώτη έκρηξη και την πυρκαγιά που τροφοδοτήθηκε από το αέριο.

Η καταστροφή του Piper Alpha είναι μια από τις χειρότερες πετρελαϊκές καταστροφές στην ιστορία, με πολλούς εργαζομένους να χάνουν τη ζωή τους. Το ατύχημα αποκάλυψε σοβαρά προβλήματα στη διαχείριση της ασφάλειας και της συντήρησης στις πετρελαϊκές εγκαταστάσεις της εποχής.

Οι επιπτώσεις του Piper Alpha οδήγησαν σε σημαντικές αλλαγές στα πρότυπα ασφαλείας και στις διαδικασίες λειτουργίας της πετρελαϊκής βιομηχανίας, προκειμένου να αποτραπούν παρόμοια ατυχήματα στο μέλλον.



Εικόνα 3.2: Η πλατφόρμα Piper Alpha τυλιγμένη στις φλόγες

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΑΠΟ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΒΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ

### 4.1 Βάση δεδομένων IOGP και σύστημα HFACS

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την στατιστική ανάλυση στην εργασία αυτή προέρχονται από το International Association of Oil & Gas Producers (IOGP) που συλλέγει δεδομένα ασφάλειας και περιβάλλοντος από τις εταιρείες μέλη της σε ετήσια βάση. Το IOGP αντιπροσωπεύει τη διεθνή βιομηχανία και περιλαμβάνει χώρες που συνεισφέρουν το 40% της παγκόσμιας προμήθειας πετρελαίου και φυσικού αερίου. Το IOGP συλλέγει και επεξεργάζεται τα δεδομένα και δημοσιεύει πολλές εκθέσεις και οδηγίες ετησίως (έχει εκδώσει περισσότερες από 600 συνολικά αναφορές). Οι πλέον δημοφιλείς εκδόσεις του περιλαμβάνουν τους Κανόνες για την Προστασία των Εργαζομένων, τις Βασικές Αρχές Ασφάλειας Διαδικασιών, τους Δείκτες Απόδοσης Ασφάλειας, Υγιεινής και Περιβάλλοντος, καθώς και τις οδηγίες για βελτίωση της αειφορίας. Διαθέτουν τη μεγαλύτερη συλλογή δεδομένων εργασιακής ασφάλειας και περιβάλλοντος στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου, παρέχοντας δυνατότητες συγκριτικής αξιολόγησης για τη βελτίωση της επίδοσης. Η συνεργασία τους με ρυθμιστικές αρχές στον κλάδο εστιάζεται στη βελτίωση της ασφάλειας, του περιβάλλοντος και της κοινωνικής ευθύνης, μέσω της ανταλλαγής γνώσεων και στατιστικών στοιχείων. Η βάση δεδομένων του IOGP καλύπτει ατυχήματα και συμβάντα από περισσότερους από 90 οργανισμούς και φορείς. Η παρούσα εργασία εξέτασε 184 θανατηφόρα ατυχήματα στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου, χρησιμοποιώντας κριτήρια όπως η περιοχή, η χώρα, το έτος, ο τύπος του εργοδότη, η τοποθεσία, ο τύπος ατυχήματος και οι αιτίες με έμφαση στους ανθρώπινους παράγοντες.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα αφορούν το χρονικό διάστημα από το 2013 έως το 2017. Χρησιμοποιήθηκε η πενταετία αυτή επειδή για το διάστημα αυτό υπάρχει διαθέσιμη πλήρης και συστηματική καταγραφή ανά ατύχημα των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα σύμφωνα. Καταγραφή και ομαδοποίηση των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα έγινε με βάση το σύστημα HFACS (Human Factors Assessment and Classification System) που αναλύεται παρακάτω. Τα δεδομένα οργανώθηκαν σε βάση δεδομένων βασισμένη σε αρχείο Excel, ενώ για την στατιστική τους επεξεργασία τους χρησιμοποιήθηκε τόσο το λογισμικό Excel όσο και το λογισμικό Statgraphics (Statgraphics Technologies, Inc.).

Η Εικόνα 4.1 δείχνει ένα απόσπασμα από τον πίνακα δεδομένων που δημιουργήθηκε και χρησιμοποιήθηκε για αυτή τη διπλωματική. Τα δεδομένα που έχουν χρησιμοποιηθεί βρίσκονται στο τέλος της εργασίας στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Βάση δεδομένων καταγραφής των ατυχημάτων.

Year	Region	Country	Fatalities	Company/Contractor	Location	Accident category	Operation	Skill Based Error	Decision Error
2013	Asia	Papua New Guinea	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Construction, commissioning, decommissioning	1	1
2013	Asia	Malaysia	1	Contractor	Onshore	Struck by	Construction, commissioning, decommissioning	0	0

Εικόνα 4.1: Μέρος πίνακα δεδομένων από Excel

Τα πεδία της βάσης δεδομένων χωρίστηκαν σε δυο ομάδες. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων, όπως παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 4.1, και η δεύτερη ομάδα τις παραμέτρους που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα και παρουσιάζονται στο 4.2.

Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικά ατυχημάτων που περιλαμβάνει η βάση δεδομένων IOGP.

Παράγοντες	Είδος μεταβλητής	Τιμές
Έτος	Χρονική	2013 - 2017
Περιοχή	Ποιοτική	Αφρική
		Ασία
		Αυστραλία
		Ευρώπη
		Βόρεια Αμερική
		Νότια και Κεντρική Αμερική
Αριθμός θανάτων	Ποσοτική	Ακέραιες
Είδος εργοδότη	Ποιοτική	Εταιρεία
		Υπεργολάβος
Θέση εργασίας	Ποιοτική	Onshore
		Offshore

## 4.2 Κατηγοριοποίηση παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα σύμφωνα με το πρότυπο HFACS.

Οι παράμετροι που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα σύμφωνα με το σύστημα HFACS ανέρχονται σε 25 και θεωρήθηκαν ως δυαδική μεταβλητή λαμβάνοντας την τιμή 0 αν δεν είχε παρατηρηθεί η συμμετοχή τους στο ατύχημα και 1 αν είχε. Οι 25 αυτοί παράγοντες με βάση το σύστημα HFACS είναι (HFACS Incident description sheet, 2014):

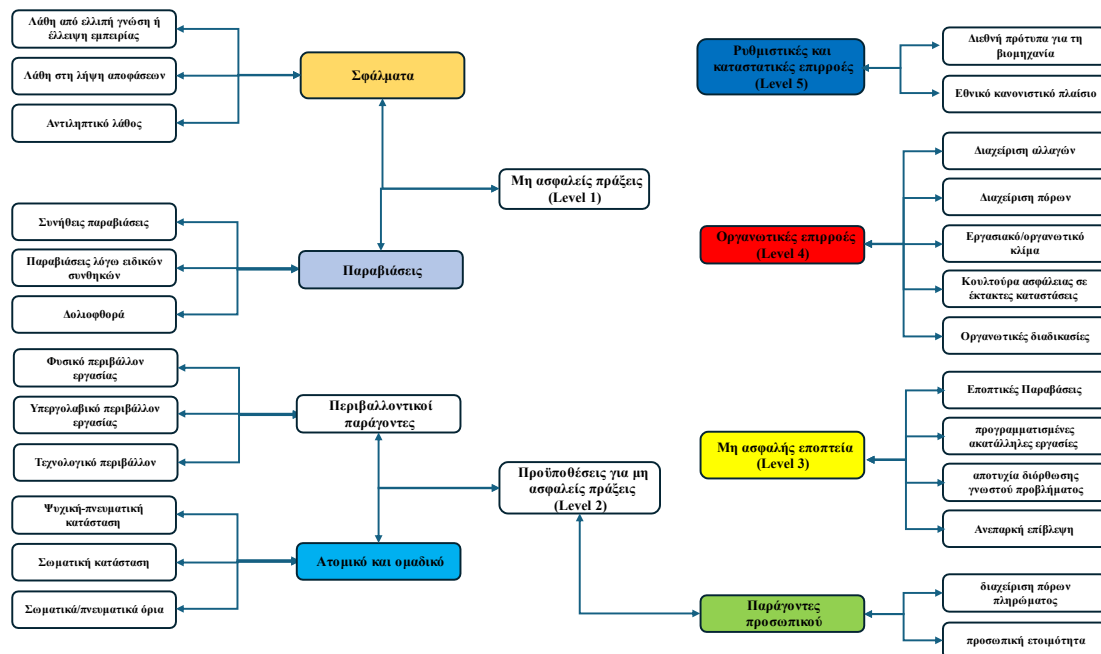
1. **Skill-based error (Λάθη από ελλιπή γνώση ή έλλειψη εμπειρίας):** Λάθη που προκύπτουν όταν ένας χειριστής εκτελεί μια εργασία ρουτίνας και σχετίζονται με εκπαίδευση ή δεξιότητα, οδηγώντας σε ένα μη ασφαλές αποτέλεσμα (π.χ. παράβλεψη προτεραιοτήτων, λάθος λίστας ελέγχου, συνήθεια).
2. **Decision error (Λάθη στη λήψη αποφάσεων):** Λάθη που προκύπτουν όταν η συμπεριφορά ή οι δραστηριότητες των εργαζομένων εκτυλίσσονται όπως έχει προγραμματιστεί, αλλά η επιλεγμένη πορεία δράσης δεν επιτυγχάνει το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα, οδηγώντας σε μια μη ασφαλή κατάσταση (όπως υπέρβαση δυνατοτήτων ή εφαρμογή ακατάλληλων διαδικασιών).
3. **Perceptual error (Αντιληπτικό λάθος):** Λάθη που συμβαίνουν όταν οι αισθήσεις ενός ατόμου είναι μειωμένες με αποτέλεσμα να παρθούν αποφάσεις βασισμένες σε λάθος πληροφορίες.
4. **Routine Violations (Συνήθεις παραβιάσεις):** Παραβιάσεις που αποτελούν συνήθη ενέργεια εκ μέρους του χειριστή και γίνονται «ανεκτές» από την διοίκηση.
5. **Exceptional Violations (Παραβιάσεις λόγω ειδικών συνθηκών):** Παραβιάσεις που γίνονται υπό συγκεκριμένες συνθήκες που δεν είναι συνήθεις.
6. **Acts of sabotage (Δολιοφθορά):** Είναι μια σκόπιμη ενέργεια που στοχεύει να επηρεάσει αρνητικά τη λειτουργία, τη ροή εργασιών ή την παραγωγή σε μια εγκατάσταση, εργοστάσιο ή χώρο εργασίας, που ενδέχεται να οδηγήσει σε σημαντικά ατυχήματα ή ζημιές, ως αντίδραση σε μια αναγνωρισμένη οργανωτική πρόκληση.
7. **Physical environment (Φυσικό περιβάλλον εργασίας):** Περιγράφει στοιχεία που χαρακτηρίζουν το περιβάλλον εργασίας (όπως ο καιρός, το υψόμετρο, το έδαφος) και οι συνθήκες περιβάλλοντος (όπως πηγές θερμότητας, δονήσεις, φωτισμός, επιβλαβείς ουσίες κ.α.).
8. **Contractor Environment (Υπεργολαβικό περιβάλλον εργασίας):** Οι υπεργολάβοι ενδέχεται να αντιμετωπίσουν προκλήσεις όταν προσαρμόζουν και ενσωματώνουν τις

μεθοδολογίες εργασίας τους και τα πρότυπα ασφαλείας για να ευθυγραμμιστούν με εκείνα των επιχειρήσεων με τις οποίες συνεργάζονται.

9. **Technological Environment (Τεχνολογικό περιβάλλον):** Σχετίζεται με στοιχεία που περιλαμβάνουν μια σειρά από θέματα σχεδιασμού και αυτοματισμού, όπως σχεδιασμός εξοπλισμού και ελέγχου, χαρακτηριστικά οθόνης/διασύνδεσης, διάταξη λιστών ελέγχου, μεταβλητές εργασιών και χαρακτηριστικά αυτοματισμού.
10. **Adverse mental state (Ψυχική-πνευματική κατάσταση):** Αναφέρεται σε στοιχεία που περιλαμβάνουν ψυχικές καταστάσεις που επηρεάζουν την απόδοση (όπως άγχος, σύγχυση πνευματική κ.α.).
11. **Adverse physiological state (Σωματική κατάσταση):** Αναφέρεται σε στοιχεία που περιλαμβάνουν σωματικές παθήσεις που επηρεάζουν την απόδοση (για παράδειγμα, ασθένειες, σωματική εξάντληση, υποξία).
12. **Physical/mental limitations (Σωματικά/πνευματικά όρια):** Περιγράφει την κατάσταση όπου ένας εργαζόμενος αντιμετωπίζει προκλήσεις που οφείλονται είτε σε σωματικούς είτε σε πνευματικούς περιορισμούς, που επηρεάζουν την ικανότητά του να ανταποκριθεί σε μια κατάσταση ή σε μια εργασιακή δραστηριότητα και επηρεάζουν την απόδοσή του (π.χ. μειωμένη όραση, καθυστερημένοι χρόνοι αντίδρασης).
13. **Crew resource management (Διαχείριση πόρων πληρώματος):** Σχετίζεται με στοιχεία που περιλαμβάνουν την επικοινωνία, τον συγχρονισμό, τη στρατηγική και την συνεργασία.
14. **Personal readiness (Προσωπική ετοιμότητα):** Αναφέρεται σε δραστηριότητες εκτός των ωρών εργασίας που είναι απαραίτητες για τη μέγιστη απόδοση της εργασίας, συμπεριλαμβανομένων των κανονισμών για την ανάπαυση του πληρώματος, των περιορισμών στο αλκοόλ και άλλων οδηγιών εκτός υπηρεσίας.
15. **Supervisory violations (Εποπτικές Παραβάσεις):** Αυτό αφορά καταστάσεις όπου οι επόπτες αγνοούν σκόπιμα τους υφιστάμενους κανόνες και κανονισμούς (π.χ. επιβολή κανόνων και κανονισμών, ανεπαρκής τεκμηρίωση).
16. **Planned Inappropriate operations (Προγραμματισμένες ακατάλληλες εργασίες):** Περιγράφει ενέργειες που μπορεί να κριθούν κατάλληλες σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, αλλά κρίνονται ακατάλληλες κατά τη διάρκεια των συνήθων λειτουργιών (π.χ. εκτίμηση κινδύνου).

- 17. Failed to correct known problem (Αποτυχία διόρθωσης γνωστού προβλήματος):** Αυτό αφορά καταστάσεις όπου ο επόπτης γνωρίζει τις ελλείψεις, αλλά δεν προβαίνει σε διορθώσεις (για παράδειγμα, αποτυχία αντιμετώπισης μη ασφαλών συμπεριφορών, λήψη διορθωτικών μέτρων ή εξάλειψη κινδύνου ασφάλειας).
- 18. Inadequate supervision (Ανεπαρκής επίβλεψη) :** Η μη ορθή άσκηση επίβλεψης μπορεί να προκαλέσει σειρά λαθών και στη συνέχεια να καταλήξει σε ατύχημα.
- 19. Management of change (Διαχείριση αλλαγών):** Αναφέρεται σε τροποποιήσεις (εξαιρουμένης της "άμεσης υποκατάστασης") σε χημικές διαδικασίες, τεχνολογία, εξοπλισμό, μεθόδους και προσαρμογές σε ένα εργασιακό περιβάλλον που επηρεάζουν μια καθορισμένη διαδικασία.
- 20. Resource management (Διαχείριση πόρων):** Αφορά τη λήψη αποφάσεων σε οργανωτικό επίπεδο σχετικά με τη διανομή και τη συντήρηση των διαθέσιμων πόρων (όπως προσωπικό, οικονομικοί πόροι και εξοπλισμός/εγκαταστάσεις).
- 21. Organisational climate (Εργασιακό/οργανωτικό κλίμα) :** Περιγράφει το εργασιακό κλίμα του χώρου εργασίας εντός της εταιρείας (για παράδειγμα, οργάνωση, κανονισμούς, ήθος).
- 22. Process Safety Culture (Κουλτούρα ασφάλειας σε έκτακτες καταστάσεις):** Περιγράφει την ετοιμότητα αντίδρασης του προσωπικού σε καταστάσεις που αφορούν διαρροές επικίνδυνων χημικών ουσιών, πυρκαγιές και εκρήξεις που συνδέονται με τις διεργασίες και οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε καταστροφικά συμβάντα.
- 23. Organisational process (Οργανωτικές διαδικασίες):** Αυτό αφορά τις διοικητικές επιλογές και τους κανονισμούς που υπαγορεύουν τις καθημερινές λειτουργίες εντός μιας εταιρείας (όπως δραστηριότητες, πρωτόκολλα, εποπτεία).
- 24. International Industry Standards (Διεθνή πρότυπα για τη βιομηχανία):** Επισημαίνει ελλείψεις στα υφιστάμενα πρότυπα του κλάδου και τις εγκεκριμένες δεοντολογικά κατευθυντήριες γραμμές.
- 25. National Regulatory Framework (Εθνικό κανονιστικό πλαίσιο):** Επισημαίνει ανεπάρκειες στην εγχώρια νομοθεσία σχετικά με την υγεία και την ασφάλεια.

Οι παραπάνω 25 παράγοντες ομαδοποιούνται σε 8 κατηγορίες που εντάσσονται σε 5 επίπεδα σύμφωνα με το σύστημα HFCAS (Wiegmann and Shappell, 2003). Οι κατηγορίες και τα επίπεδα δίνονται στο Σχήμα 4.



Εικόνα 4.2: Ομαδοποίηση ανθρώπινων παραγόντων σύμφωνα με το σύστημα HFACS.

Τα 5 επίπεδα που στα οποία εντάσσονται οι 8 κατηγορίες είναι:

Το πρώτο επίπεδο αναφέρεται στον εντοπισμό των επικίνδυνων ενεργειών και στόχο έχει να ταξινομήσει τα σφάλματα και τις αστοχίες των εργαζομένων που προκάλεσαν το ατύχημα, όπως παραβιάσεις, σφάλματα δεξιοτήτων, λάθη αποφάσεων και σφάλματα αντίληψης.

Στο δεύτερο επίπεδο, γίνεται αναφορά στις λανθάνουσες συνθήκες που συμβάλουν στην εμφάνιση μη ασφαλών πράξεων, όπως η φυσική/ψυχολογική κατάσταση των εργαζομένων, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες (παράγοντες φυσικού και τεχνολογικού εργασιακού περιβάλλοντος) και τη δυναμική του προσωπικού (παράγοντες διαχείρισης των πόρων και παράγοντες ετοιμότητας του προσωπικού).

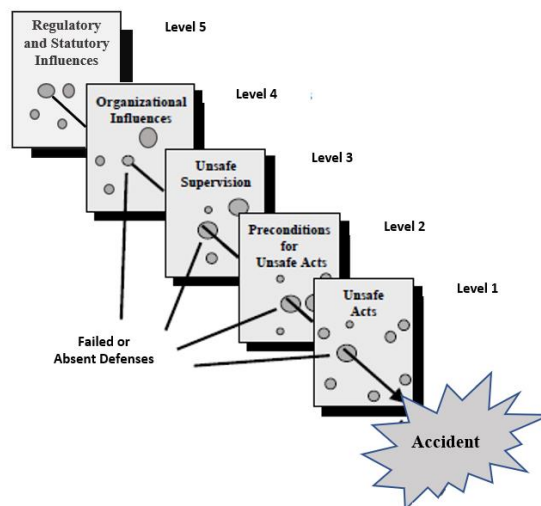
Το τρίτο επίπεδο περιλαμβάνει τα θέματα επίβλεψης (επίβλεψη ελλιπής ή αναποτελεσματική), προγραμματισμού λειτουργιών και απόκρισης σε εντοπισμένα προβλήματα (αποτυχία διόρθωσης γνωστών προβλημάτων, κ.ά.).

Το τέταρτο επίπεδο, αφορά τα οργανωτικά θέματα, όπου εστιάζει κυρίως σε σφάλματα στα ανώτερα διευθυντικά επίπεδα του οργανισμού ή της επιχείρησης, όπως αποτυχίες στη διαχείριση των πόρων και στην οργανωτική διαδικασία.

Τέλος το πέμπτο επίπεδο αναφέρεται στο διεθνές και εθνικό κανονιστικό πλαίσιο και στα πρότυπα.

Η παραπάνω κατηγοριοποίηση σε πέντε επίπεδα βασίζεται στο μοντέλο που πρότείνει ο James Reason (1990), γνωστό ως το μοντέλο του «ελβετικού τυριού» για το μοντέλο ανθρώπινου λάθους. Το μοντέλο αυτό θεωρεί πέντε επίπεδα ανθρώπινης αποτυχίας, καθένα από τα οποία συμβάλει για να τη δημιουργία ατυχήματος (Εικόνα 4.2). Ξεκινώντας με το ατύχημα και μεταβαίνοντας πίσω στο χρόνο, το πρώτο επίπεδο απεικονίζει τις «Μη Ασφαλείς Ενέργειες» των ατόμων που συνέβαλαν άμεσα στο ατύχημα. Το επίπεδο αυτό συγκεντρώνει σημαντική προσοχή στις έρευνες ατυχημάτων, αποκαλύπτοντας πολλούς αιτιολογικούς παράγοντες. Το δεύτερο επίπεδο δείχνει τις «Προϋποθέσεις για μη ασφαλείς ενέργειες». Το τρίτο επίπεδο αντιπροσωπεύει την «Μη ασφαλή εποπτεία». Το τέταρτο επίπεδο απεικονίζει τις «Οργανωτικές επιρροές» και τέλος το πέμπτο επίπεδο δείχνει «Ρυθμιστικές και νομοθετικές επιρροές». Αυτές οι ενεργές/αστοχίες, που αντιπροσωπεύονται ως «τρύπες» στο «τυρί», τυπικά σηματοδοτούν τις τελικές μη ασφαλείς ενέργειες που σχετίζονται με τους εργαζόμενους και οδηγούν στη δημιουργία του ατυχήματος.

Η ολοκληρωμένη αντιμετώπιση της ακολουθίας ατυχημάτων είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση των ατυχημάτων. Το μοντέλο του Reason έχει φέρει επανάσταση στις συμβατικές απόψεις για την πρόκληση ατυχημάτων, ωστόσο η πρακτική εφαρμογή παραμένει μια πρόκληση. Η θεωρία στερείται συγκεκριμένων λεπτομερειών για τον εντοπισμό των «τρυπών στο τυρί» στις καθημερινές λειτουργίες, κάτι που απαιτεί ένα πλαίσιο για πρακτική χρήση.



Εικόνα 4.3: Μοντέλο «ελβετικού τυριού» για την ερμηνεία των ατυχημάτων με επικέντρωση στον ανθρώπινο παράγοντα.

Στην εργασία αυτή για την στατιστική επεξεργασία των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα χρησιμοποιήθηκε η ομαδοποίηση σε 8 κατηγορίες, όπως δίνονται στην Εικόνα 4.2.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

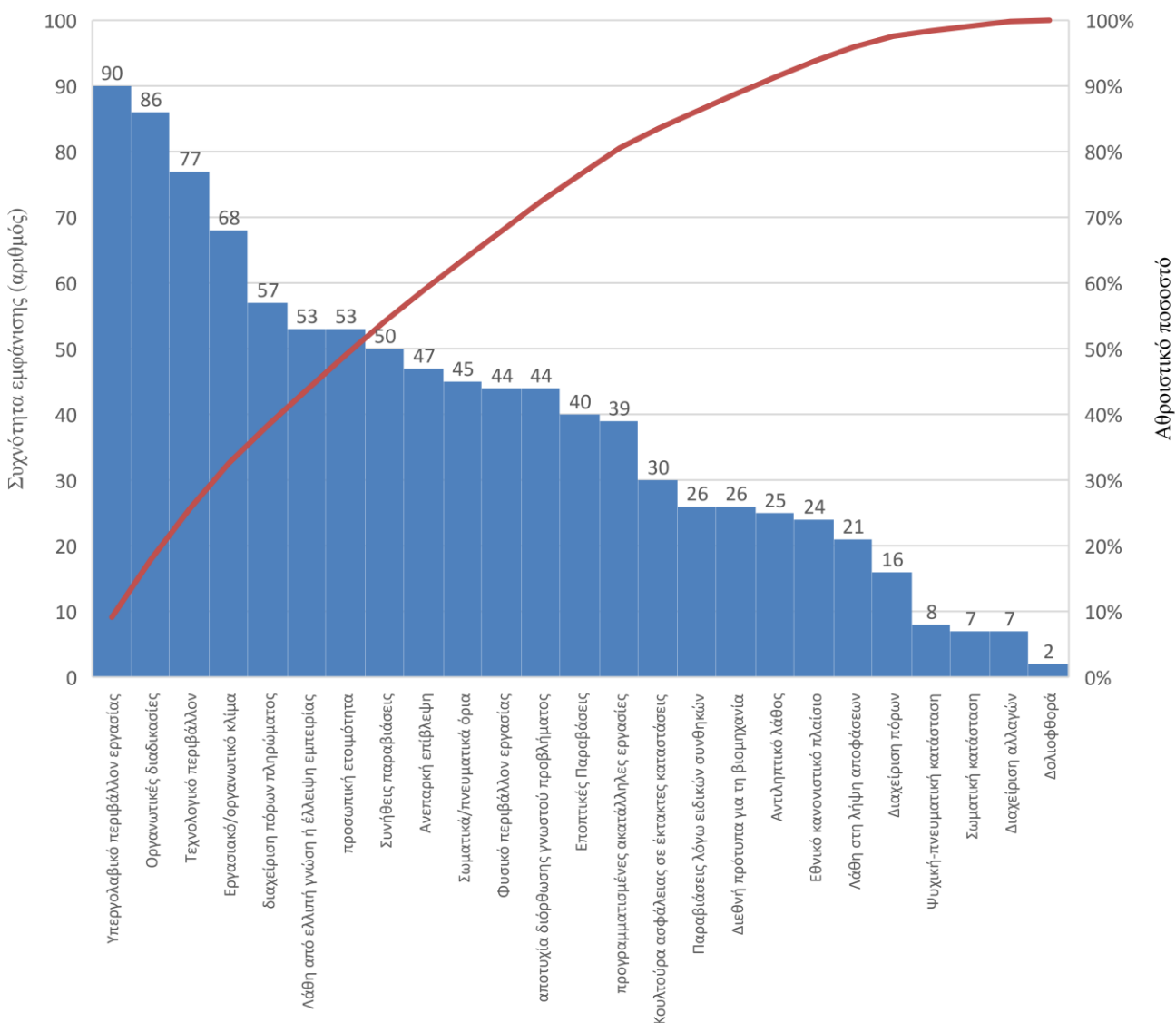
Η στατιστική ανάλυση περιλαμβάνει την περιγραφική στατιστική των χαρακτηριστικών των ατυχημάτων και των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα και την επαγωγική στατιστική ανάλυση. Η περιγραφική στατιστική ανάλυση περιλαμβάνει την κατασκευή των διαγραμμάτων Pareto, την μελέτη της διαχρονικής μεταβολής των δεικτών συχνότητας ατυχημάτων, ενώ η επαγωγική στατιστική ανάλυση την συσχέτιση των χαρακτηριστικών των ατυχημάτων και των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα με την κατασκευή πινάκων διπλής εισόδου και χρήση του κριτηρίου  $\chi^2$ .

### 5.1 Περιγραφική στατιστική ανάλυση

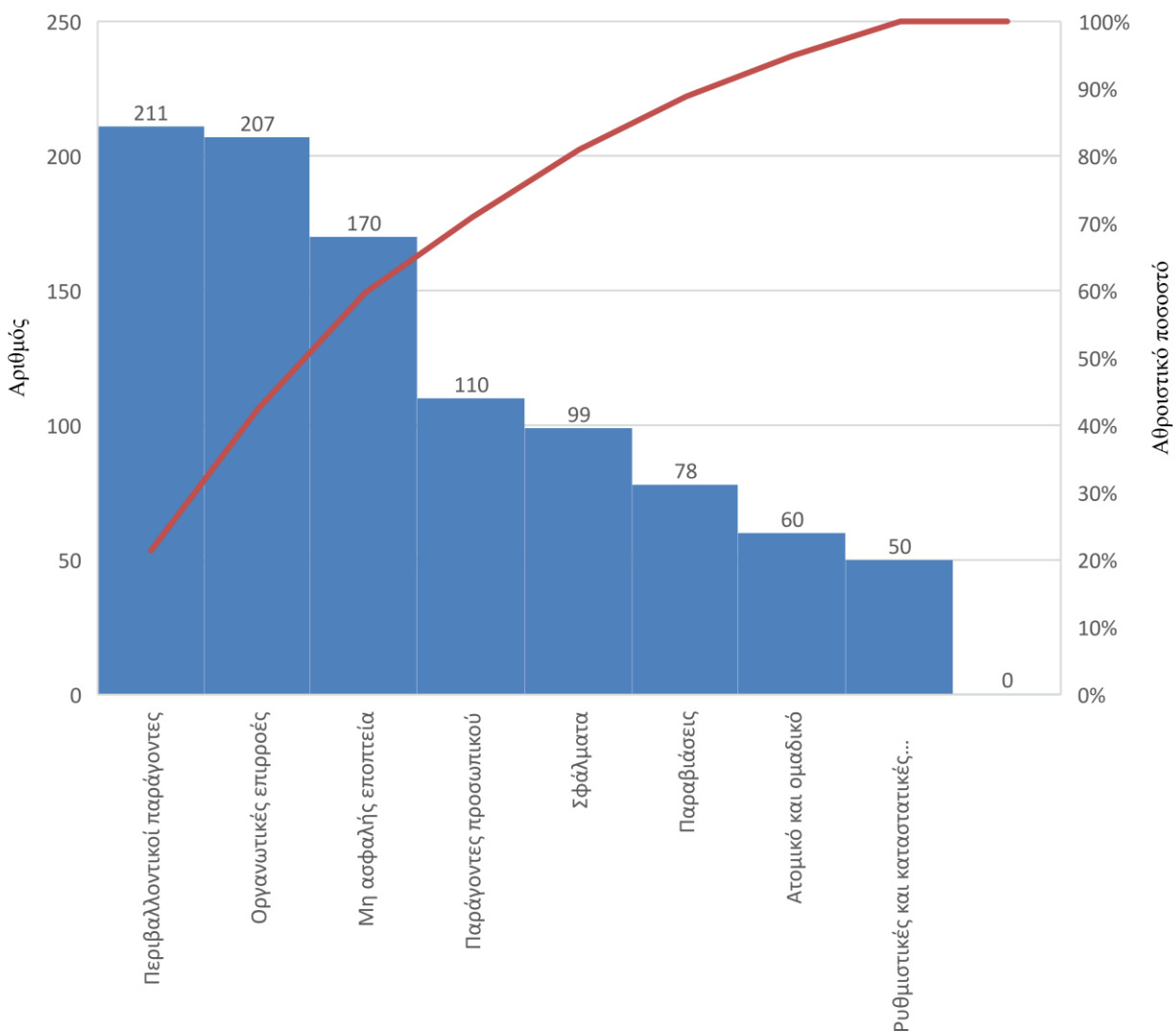
#### 5.1.1 Διαγράμματα συχνότητας Pareto για τις παραμέτρους που σχετίζονται με το ανθρώπινο παράγοντα και τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων

Το διάγραμμα Pareto αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την απεικόνιση της σχετικής σημασίας διαφόρων παραγόντων σε ένα θέμα που εξετάζεται. Αποτελείται από ένα ραβδόγραμμα παρουσιάζοντας την συχνότητα εμφάνισης των μελετώμενων παραγόντων σε φθίνουσα σειρά και μια συνεχή καμπύλη για το συνολικό αθροιστικό ποσοστό τους. Βασίζεται στην αρχή του Pareto, που είναι γνωστή και ως ο νόμος των κρίσιμων λίγων και των ασήμαντων πολλών, που υποστηρίζει ότι περίπου το 80% των προβλημάτων προκύπτει από το 20% των αιτιών.

Το Διάγραμμα 5.1 δείχνει το διάγραμμα Pareto για τις 25 παραμέτρους που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα σύμφωνα με το σύστημα HFACS. Από το διάγραμμα φαίνεται πως ο μεγαλύτερος από τους δείκτες με βάση τον ανθρώπινο παράγοντα είναι το «Υπεργολαβικό περιβάλλον εργασίας». Παρατηρείται πως σχεδόν οι μισοί δείκτες αποτελούν το 80% των ατυχημάτων κάτι που δείχνει τη συχνότητα και σοβαρότητα των πρώτων μισών δεικτών.



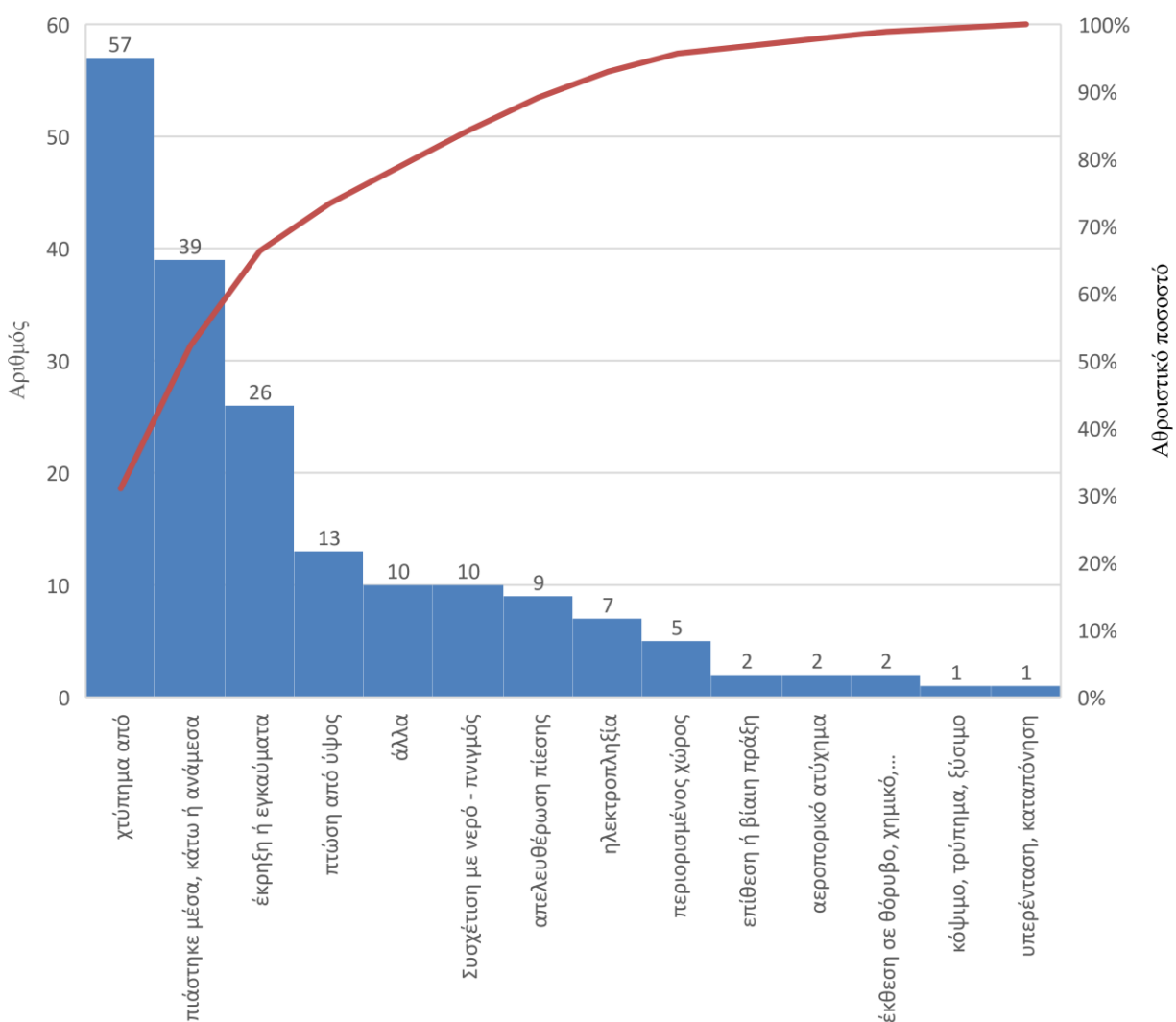
**Διάγραμμα 5.1: Διάγραμμα Pareto για τις παραμέτρους που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα σύμφωνα με το σύστημα HFACS σε ατυχήματα στην πετρελαϊκή βιομηχανία.**



**Διάγραμμα 5.2:** Διάγραμμα Pareto για τις κατηγορίες των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα σε ατυχήματα στην πετρελαϊκή βιομηχανία - Ομαδοποίηση HFACS

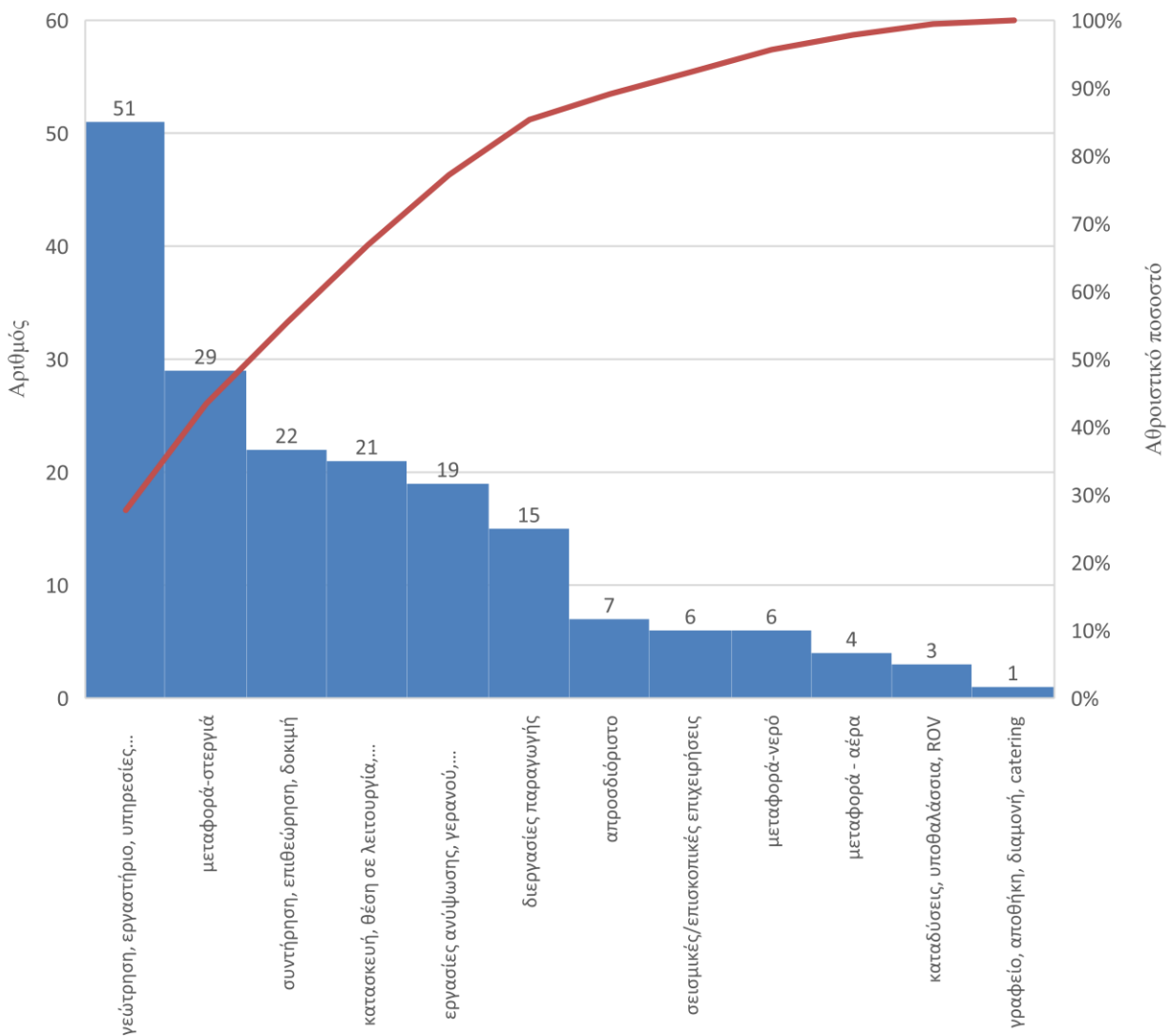
Το Διάγραμμα 5.2 δείχνει το διάγραμμα Pareto για τις 8 κατηγορίες των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα σε ατυχήματα στην πετρελαϊκή βιομηχανία σύμφωνα με την ομαδοποίηση που έχει περιγραφεί στην Εικόνα 4.2. Φαίνεται από το διάγραμμα ότι οι κατηγορίες που σχετίζονται με τους παράγοντες του περιβάλλοντος εργασίας, της οργάνωσης, της εποπτείας -επίβλεψης και του προσωπικού, είναι οι κυρίαρχες.

Το Διάγραμμα 5.3 παρουσιάζει την συχνότητα εμφάνισης των ειδών του ατυχήματος στην πετρελαϊκή βιομηχανία. Σύμφωνα με την ταξινόμηση των που ακολουθείται στη βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε τα είδη των ατυχημάτων είναι τα εξής: επίθεση ή βίαη πράξη, αεροπορικό ατύχημα, πιάστηκε μέσα, κάτω ή ανάμεσα, περιορισμένος χώρος, κόψιμο, τρύπημα, εκδορά, ηλεκτροπληξία, έκρηξη ή εγκαύματα, έκθεση σε θόρυβο, χημικό, βιολογικό, κραδασμό, πτώση από ύψος, υπερένταση, καταπόνηση, απελευθέρωση πίεσης, χτύπημα από, πνιγμός και άλλα. Παρατηρείται ότι το 80% των ατυχημάτων είναι ότι είτε ο εργαζόμενος έχει χτυπηθεί από κάτι, είτε πιάστηκε κάπου, είτε ατυχήματα από εκρήξεις και εγκαύματα, είτε από πτώση.



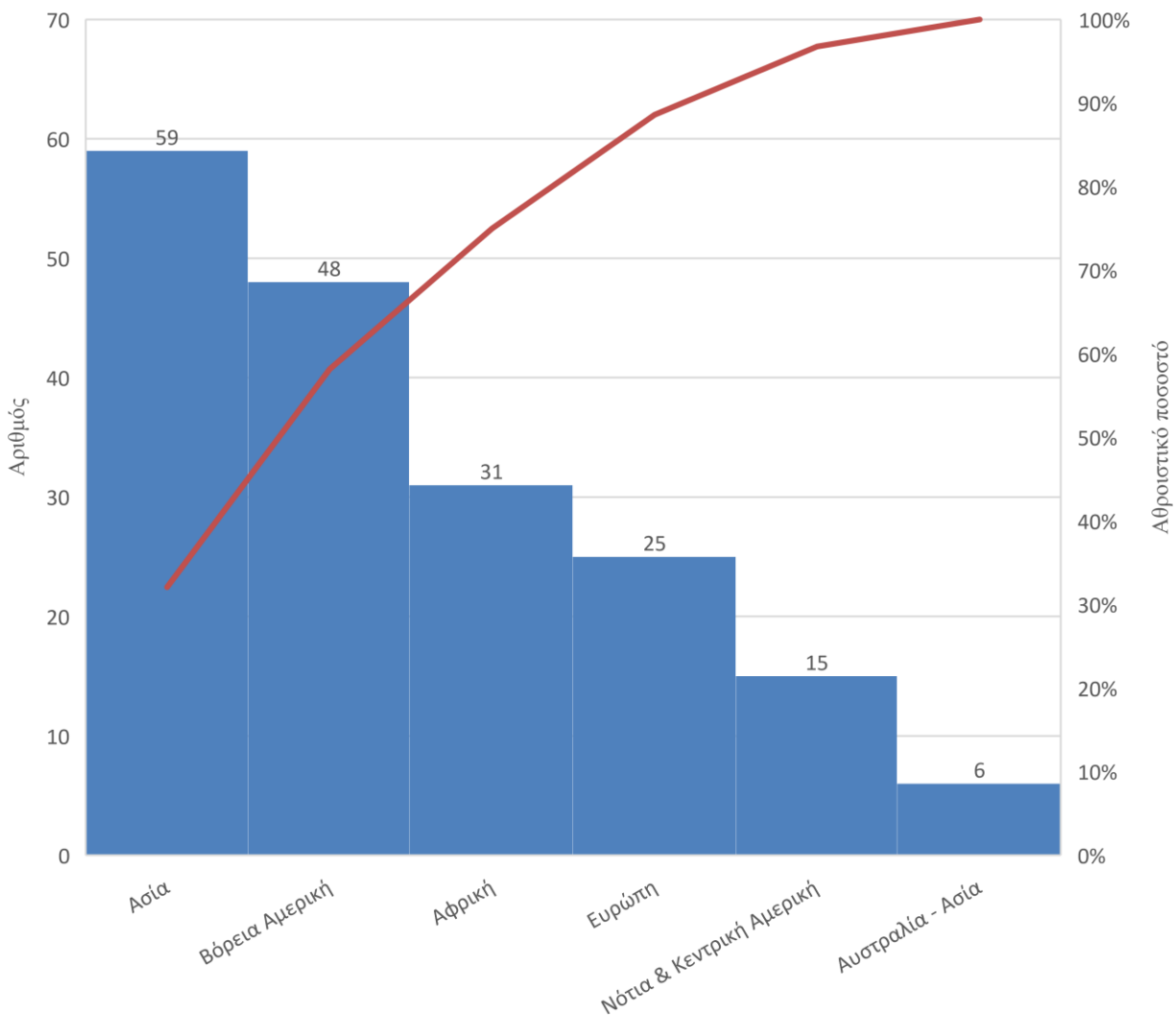
Διάγραμμα 5.3: Διάγραμμα Pareto - Είδος ατυχήματος στην πετρελαϊκή βιομηχανία

Στο Διάγραμμα 5.4 φαίνονται οι διεργασίες κατά τις οποίες συμβαίνουν τα ατυχήματα και παρατηρείται πως κατά τη διάρκεια της γεώτρησης και γενικά των εργασιών γύρω από αυτή συμβαίνει ο μεγαλύτερος αριθμός των ατυχημάτων.



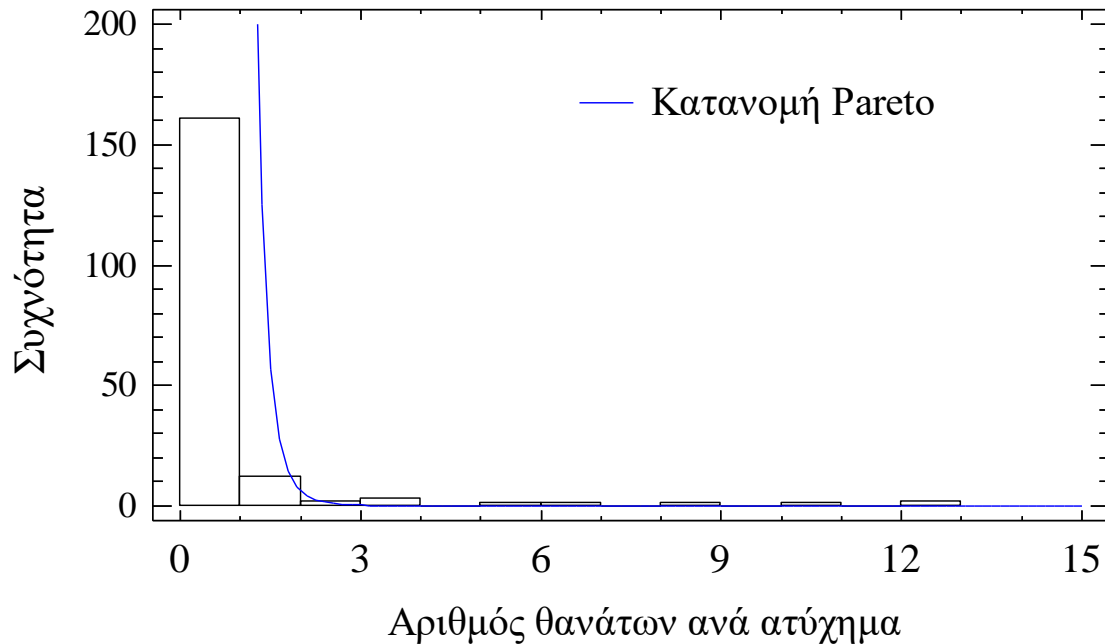
Διάγραμμα 5.4: Διάγραμμα Pareto - Διεργασία κατά την οποία έλαβε χώρα το ατύχημα

Στο Διάγραμμα 5.5 φαίνεται ο αριθμός των ατυχημάτων ανά περιοχή. Είναι φανερό ότι η συντριπτική πλειοψηφία των ατυχημάτων (80%) λαμβάνει χώρα στην Ασία την Βόρεια Αμερική, γεγονός που σχετίζεται και με τον αριθμό των πετρελαϊκών εγκαταστάσεων σε αυτές τις περιοχές.



Διάγραμμα 5.5: Διάγραμμα Pareto – Περιοχή ατυχήματος

Τέλος το Διάγραμμα 5.6 δείχνει το ιστόγραμμα της κατανομής του αριθμού των θανάτων ανά ατύχημα. Όπως φαίνεται στην συντριπτική πλειοψηφία των ατυχημάτων υπήρξε ένα μόνο θύμα, ενώ οι περιπτώσεις με πολλαπλούς θανάτους μειώνονται σημαντικά καθώς αυξάνεται ο αριθμός των θανάτων ανά ατύχημα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι πρόκειται για ποσοτική παράμετρο έγινε προσαρμογή θεωρητικής κατανομής και επιλέχθηκε η κατανομή Pareto ως η πλέον κατάλληλη.

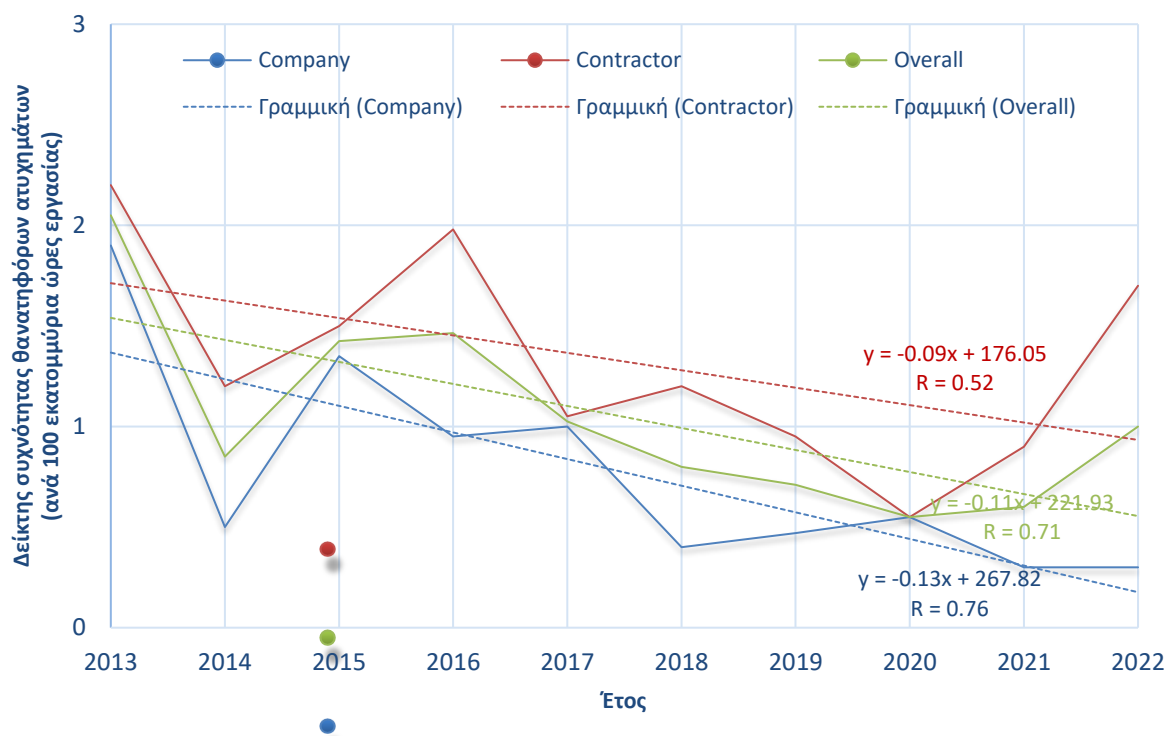


Διάγραμμα 5.6: Ιστόγραμμα κατανομής για το πλήθος θανάτων ανά ατύχημα.

### 5.1.2 Διαχρονική εξέλιξη δεικτών συχνότητας ατυχημάτων

Στο Διάγραμμα 5.7 παρουσιάζεται η μεταβολή του δείκτη συχνότητας θανατηφόρων ατυχημάτων (ανά 100 εκατομμύρια ώρες εργασίας) για το διάστημα 2013–2022 ανάλογα με την σχέση εργασίας του εργαζόμενου Εταιρεία (company) ή Υπεργολάβος (contractor) καθώς και για το σύνολο των περιπτώσεων (overall) ανεξαρτήτως σχέσης εργασίας. Έγινε υπολογισμός της γραμμικής τάσης, που δίνεται επίσης στο διάγραμμα.

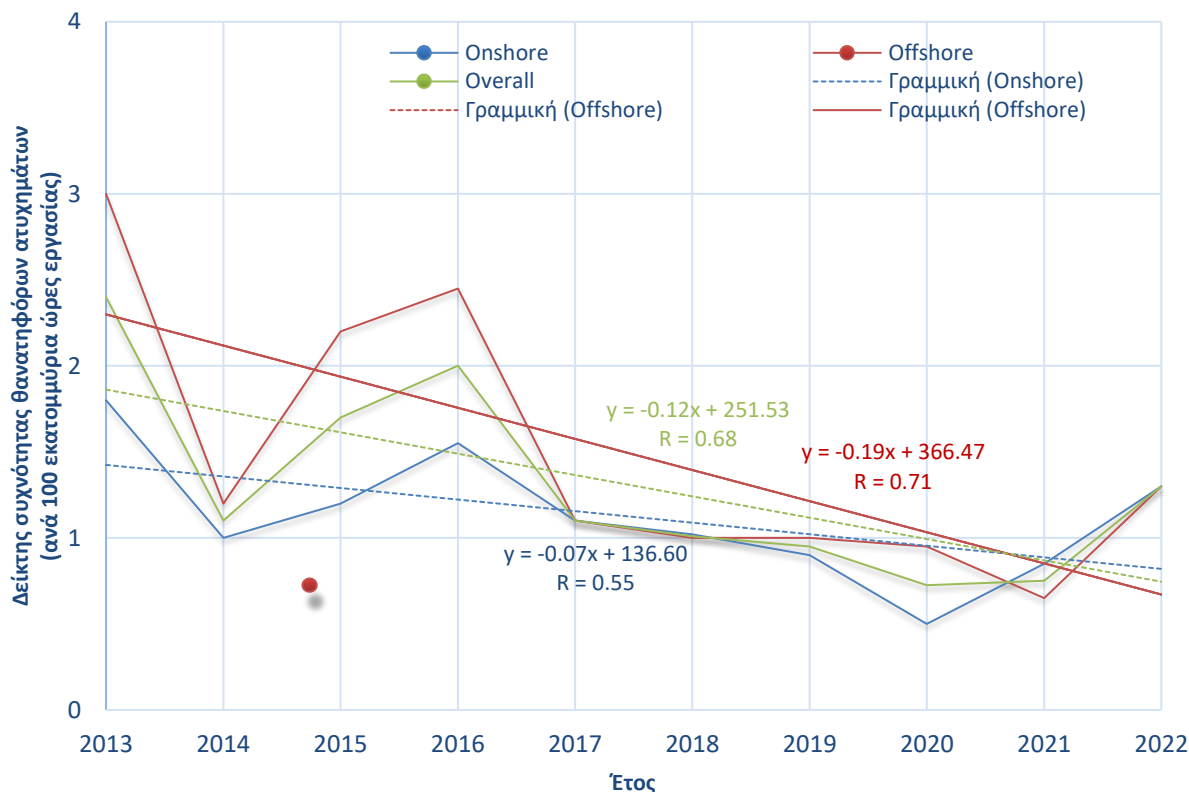
Από το διάγραμμα είναι εμφανές ότι ο δείκτης συχνότητας εμφανίζεται μεγαλύτερος για τους εργαζόμενους σε υπεργολάβους σε σχέση με τους εργαζόμενους στην εταιρεία. Οι εργαζόμενοι στην εταιρεία έχουν κατά κανόνα καλύτερη εκπαίδευση και εξοικείωση με το εργασιακό περιβάλλον της πετρελαϊκής βιομηχανίας. Η διαχρονική τάση του δείκτη για το διάστημα που μελετήθηκε είναι πτωτική και για τους εργαζόμενους σε υπεργολάβους και για εργαζόμενους στην εταιρεία, με ισχυρότερη πτωτική τάση για τους εργαζόμενους στην εταιρεία.



Διάγραμμα 5.7: Μεταβολή του δείκτη συχνότητας θανατηφόρων ατυχημάτων (ανά 100 εκατομμύρια ώρες εργασίας) για το διάστημα 2013–2022 ανάλογα με την σχέση εργασίας του εργαζόμενου (company, contractor).

Αντίστοιχα στο Διάγραμμα 5.8 παρουσιάζεται η μεταβολή του δείκτη συχνότητας θανατηφόρων ατυχημάτων (ανά 100 εκατομμύρια ώρες εργασίας) για το διάστημα 2013–2022 ανάλογα με την ανάλογα το περιβάλλον εργασίας (Onshore ή Offshore) καθώς και για το σύνολο των περιπτώσεων (overall). Έγινε επίσης υπολογισμός της γραμμικής τάσης και δίνεται στο διάγραμμα.

Από το διάγραμμα φαίνεται ότι ο δείκτης συχνότητας εμφανίζεται μεγαλύτερος για τους εργαζόμενους σε offshore εγκαταστάσεις σε σχέση με τους εργαζόμενους σε onshore εγκαταστάσεις, γεγονός που σχετίζεται με το δυσμενέστερο εργασιακό περιβάλλον των offshore εγκαταστάσεων. Η διαχρονική τάση του δείκτη για το διάστημα που μελετήθηκε είναι πτωτική και για τους εργαζόμενους σε offshore και onshore εγκαταστάσεις γεγονός που δείχνει την διαχρονική βελτίωση των συνθηκών ασφαλείας. Η πτωτική τάση είναι ισχυρότερη για τους εργαζόμενους σε offshore από ότι σε onshore εγκαταστάσεις.



Διάγραμμα 5.8: Μεταβολή του δείκτη συχνότητας θανατηφόρων ατυχημάτων (ανά 100 εκατομμύρια ώρες εργασίας) για το διάστημα 2013–2022 ανάλογα με το θέση της εγκατάστασης (onshore, offshore).

## 5.2 Επαγωγική στατιστική ανάλυση

Η επαγωγική στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε για την συσχέτιση των χαρακτηριστικών των ατυχημάτων και των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα (σύμφωνα με το πρότυπο HFACS) με την κατασκευή πινάκων διπλής εισόδου και χρήση του κριτηρίου  $\chi^2$  (chi-square test).

Το κριτήριο ( $\chi^2$ ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελεγχθεί η ανεξαρτησία μεταξύ δύο ποιοτικών μεταβλητών. Συγκεκριμένα, μπορεί να αναλύσει εάν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών που παρουσιάζονται σε έναν πίνακα διπλής εισόδου, δηλαδή εάν είναι ανεξάρτητες ή συσχετισμένες. Το κριτήριο αυτό εξετάζει εάν οι συχνότητες των διαφορετικών κατηγοριών μπορούν να εμφανιστούν τυχαία ή είναι πιθανό να έχουν συστηματική σχέση μεταξύ τους.

Το  $\chi^2$  συμβολίζει το μέτρο της απόστασης ανάμεσα στις πραγματικές και τις αναμενόμενες συχνότητες και υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο (4.1) (Pearson, 1900)

$$\chi^2 = \frac{\sum (P-A)^2}{A} \quad (5.1)$$

Όπου:

$P$ = πραγματική συχνότητα κάθε κατηγορίας

$A$ = αναμενόμενη συχνότητα κάθε κατηγορίας.

Οι αναμενόμενες συχνότητες υπολογίζονται με βάση τον τύπο (4.2)

$$A = \frac{\Gamma * \Sigma}{T} \quad (5.2)$$

Όπου:

$\Gamma$ = το σύνολο των συχνοτήτων της αντίστοιχης γραμμής

$\Sigma$ = το σύνολο των συχνοτήτων της αντίστοιχης στήλης

$T$ = το σύνολο των συχνοτήτων όλων των κελιών του πίνακα

Η εξίσωση (5.1) για το  $\chi^2$  υποδηλώνει ότι, όταν οι πραγματικές συχνότητες είναι τυχαίες, πρέπει να προσεγγίζουν σχετικά τις αναμενόμενες συχνότητες. Το  $\chi^2$  αναδεικνύει τη διαφορά μεταξύ των πραγματικών και των αναμενόμενων συχνοτήτων. Επομένως, όσο μεγαλύτερη είναι η απόκλιση

μεταξύ των πραγματικών και των αναμενόμενων συχνοτήτων, τόσο πιο πιθανό είναι να παρουσιαστεί στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα.

Προκειμένου να αποφασιστεί εάν θα απορριφθεί η αρχική υπόθεση, υπολογίζεται η πιθανότητα  $p$  για και οι βαθμοί ελευθερίας  $n$ . Οι βαθμοί ελευθερίας  $df$  υπολογίζονται με βάση τον τύπο:

$$n = (S - 1) * (I - 1) \quad (5.3)$$

Όπου:

$S$ = ο αριθμός των στηλών του πίνακα διπλής εισόδου

$I$ = ο αριθμός των γραμμών του πίνακα διπλής εισόδου

Η τιμή του  $p$  υποδηλώνει την πιθανότητα ότι η αρχική υπόθεση, η οποία υποθέτει ανεξαρτησία μεταξύ των εξεταζόμενων παραγόντων, είναι σωστή. Συνήθως, η διακριτική ισχύς που χρησιμοποιείται σε τέτοιες περιπτώσεις είναι  $\alpha = 10\%$  ή  $\alpha=5\%$  (ισοδύναμη με επίπεδο εμπιστοσύνης 90% και 95% αντίστοιχα). Έτσι, αν  $p \leq 0.1$ , (για  $\alpha=10\%$ ) τότε η πιθανότητα ότι ισχύει η αρχική υπόθεση είναι μικρή, επομένως απορρίπτεται υπέρ της εναλλακτικής υπόθεσης, η οποία υποστηρίζει ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των δύο μελετούμενων παραγόντων. Για  $\alpha=5\%$  απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση υπέρ της εναλλακτικής υπόθεσης για  $p<0.05$ .

Στην εργασία αυτή για τον έλεγχο της στατιστικής σημαντικότητας των μεταβλητών, χρησιμοποιήθηκε ο στατιστικός έλεγχος  $\chi^2$  (chi-square test) για  $\alpha=10\%$ , ενώ οι υπολογισμοί έγιναν μέσω του λογισμικού Statgraphics (Statpoint Technologies).

Στον Πίνακα 5.1 δίνονται οι τιμές του  $p$  που προέκυψαν από την συσχέτιση των χαρακτηριστικών των ατυχημάτων με τις ομαδοποιημένες παραμέτρους (8 κατηγορίες σύμφωνα με την ομαδοποίηση HFACS) που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα με το κριτήριο  $\chi^2$ .

Με βάση τη στάθμη στατιστικού ελέγχου που θεωρήθηκε ( $\alpha=10\%$ ) οι συσχετίσεις που θεωρούνται στατιστικά σημαντικές ( $p \leq 0.1$ ) είναι: ο αριθμός Θανάτων - Παράγοντες Προσωπικού, η Τοποθεσία εξέδρας - Ρυθμιστικές και καταστατικές επιρροές και η Εργασία - Μη ασφαλή εποπτεία.

Η μεταβλητή που αναφέρεται στον αριθμό των θανάτων μετατράπηκε σε κατηγορική χρησιμοποιώντας ως κριτήριο τον χαρακτηρισμό ενός ατυχήματος ως ατύχημα που είχε ένα μόνο θύμα (single fatality) ή πολλαπλά θύματα (multiple fatalities). Πρόκειται για ταξινόμηση που χρησιμοποιείται διεθνώς για τον χαρακτηρισμό ατυχημάτων. Οπότε οι τιμές που λαμβάνει είναι  $S$  (Single fatality) αν υπήρξε ένα μόνο θύμα ή  $M$  (Multiple fatalities) αν υπήρξαν περισσότερα.

**Πίνακας 5.1 :** Τιμές του  $p$  που προέκυψαν από την συσχέτιση των χαρακτηριστικών των ατυχημάτων με τις κατηγορίες των παραμέτρων (ομαδοποίηση HFACS) που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα με βάση το κριτήριο  $\chi^2$ .

		Παράμετροι που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα							
		Σφάλματα	Παραβιάσεις	Περιβαλλοντικοί παράγοντες	Ατομικό και ομαδικό	Παράγοντες προσωπικού	Μη ασφαλής εποπτεία	Οργανωτικές επιρροές	Ρυθμιστικές και καταστατικές
Χαρακτηριστικά ατυχημάτων	Περιοχή	0.2799	0.5833	0.4558	0.1911	0.4315	0.4011	0.5182	0.6728
	Αριθμός Θανάτων	0.5487	0.2483	0.3466	0.7376	0.0861	0.6332	0.1961	0.1102
	Εταιρεία ή υπεργολάβος	0.6041	0.7345	0.8229	0.8919	0.2957	0.4941	0.6536	0.4258
	Τοποθεσία εξέδρας	0.1734	0.1937	0.4408	0.6000	0.7614	0.4168	0.3439	0.0065
	Κατηγορία ατυχήματος	0.4612	0.5383	0.7188	0.3869	0.5944	0.8832	0.9197	0.6288
	Εργασία	0.9317	0.7282	0.3008	0.1267	0.4340	0.0723	0.8649	0.2284

Για τις περιπτώσεις όπου η συσχέτιση ήταν στατιστικά σημαντική έγινε λεπτομερέστερη συσχέτιση των χαρακτηριστικών των ατυχημάτων με τους επιμέρους παράγοντες κάθε κατηγορίας HFACS. Οι κατηγορίες που επιλέχθηκαν με βάση την τιμή του  $p$  για περαιτέρω ανάλυση είναι:

- **Οι παράγοντες προσωπικού** αποτελούνται από την διαχείριση πόρων πληρώματος και προσωπική ετοιμότητα και συσχετίστηκαν με το αριθμό των θανάτων ανά ατύχημα.
- **Οι ρυθμιστικές και καταστατικές επιρροές** που αποτελούνται από τα διεθνή βιομηχανικά πρότυπα και το εθνικό κανονιστικό πλαίσιο και συσχετίστηκαν με την τοποθεσία της εγκατάστασης.
- **Η μη ασφαλής εποπτεία** που αποτελείται από τις παραβάσεις επίβλεψης-εποπτείας, προγραμματισμένες ακατάλληλες εργασίες, αποτυχία διόρθωσης γνωστού προβλήματος και ανεπαρκής επίβλεψη και συσχετίστηκαν με την εργασία.

Κατασκευάστηκε για κάθε περίπτωση ένα πίνακας διπλής εισόδου για τον υπολογισμό του  $\chi^2$  και της τιμής του  $p$  στη συνέχεια.

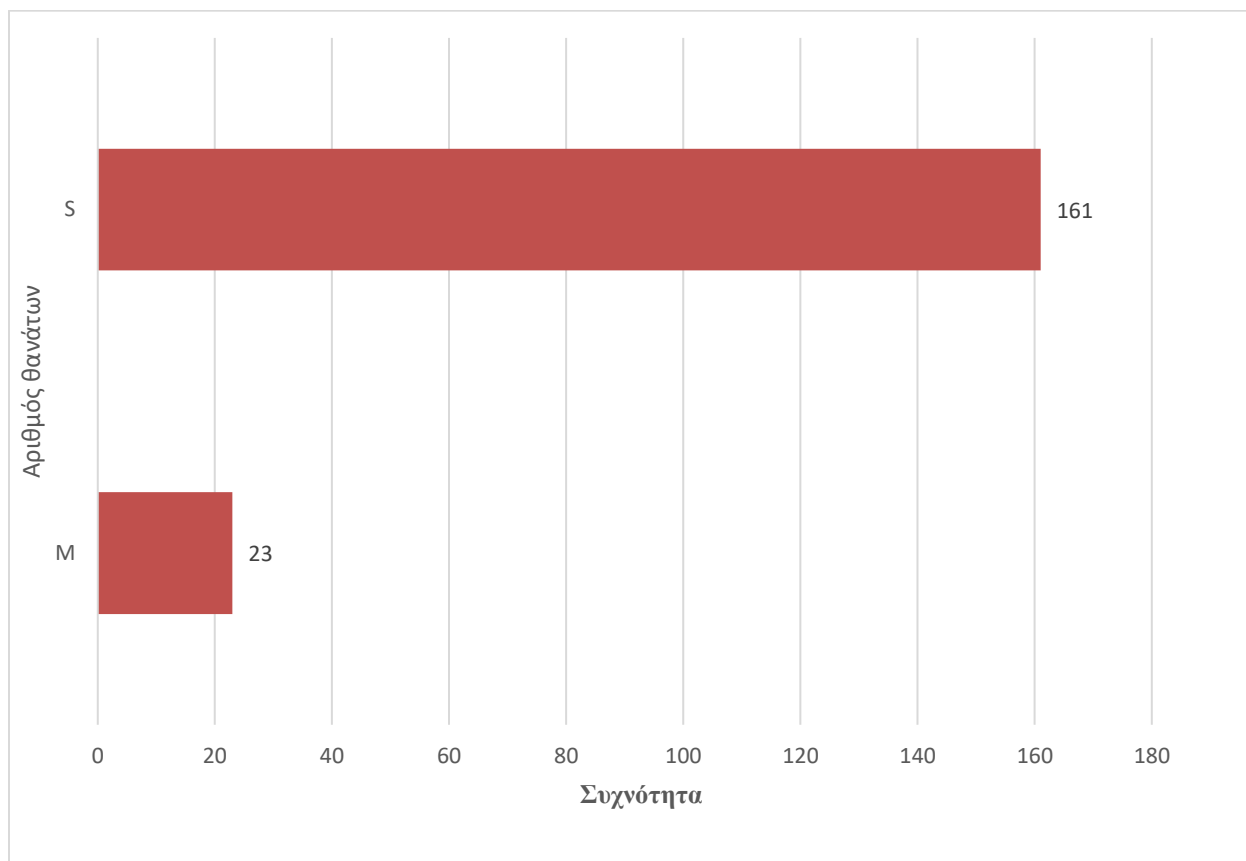
Στη πρώτη περίπτωση έγινε συσχέτιση ανάμεσα στον αριθμό θανάτων και στη διαχείριση πόρων πληρώματος. Κατασκευάστηκε ο Πίνακας 5.2 διπλής εισόδου καθώς υπολογίστηκε και  $\chi^2$ , οι βαθμοί ελευθερίας και η τιμή του  $p$ .

**Πίνακας 5.2 :** Πίνακας συχνότητας (απόλυτης και σχετικής) των ατυχημάτων με ένα θύμα (S) ή πολλαπλά θύματα (M) για τις περιπτώσεις που καταγράφηκε πρόβλημα με τη διαχείριση των πόρων του πληρώματος (1) και για εκείνες που δεν καταγράφηκε (0).

		Διαχείριση πόρων πληρώματος		Άθροισμα γραμμής
		0	1	
Αριθμός θανάτων ανά ατύχημα	M	0	23	23
		0%	12.50%	12.50%
	S	0	161	161
		0%	87.50%	87.50%
Άθροισμα στήλης		0	184	184
		0%	100.00%	100.00%

**Πίνακας 5.3:** Έλεγχος  $\chi^2$  για τη συσχέτιση των προβλημάτων που οφείλονται στη διαχείριση πληρώματος με τον αριθμό των θανάτων ανά ατύχημα

Τιμή $\chi^2$	Βαθμοί ελευθερίας (Df)	Τιμή $p$
0.155	1	0.693



Διάγραμμα 5.9: Ιστόγραμμα αριθμού θανάτων και διαχείριση πόρων πληρώματος

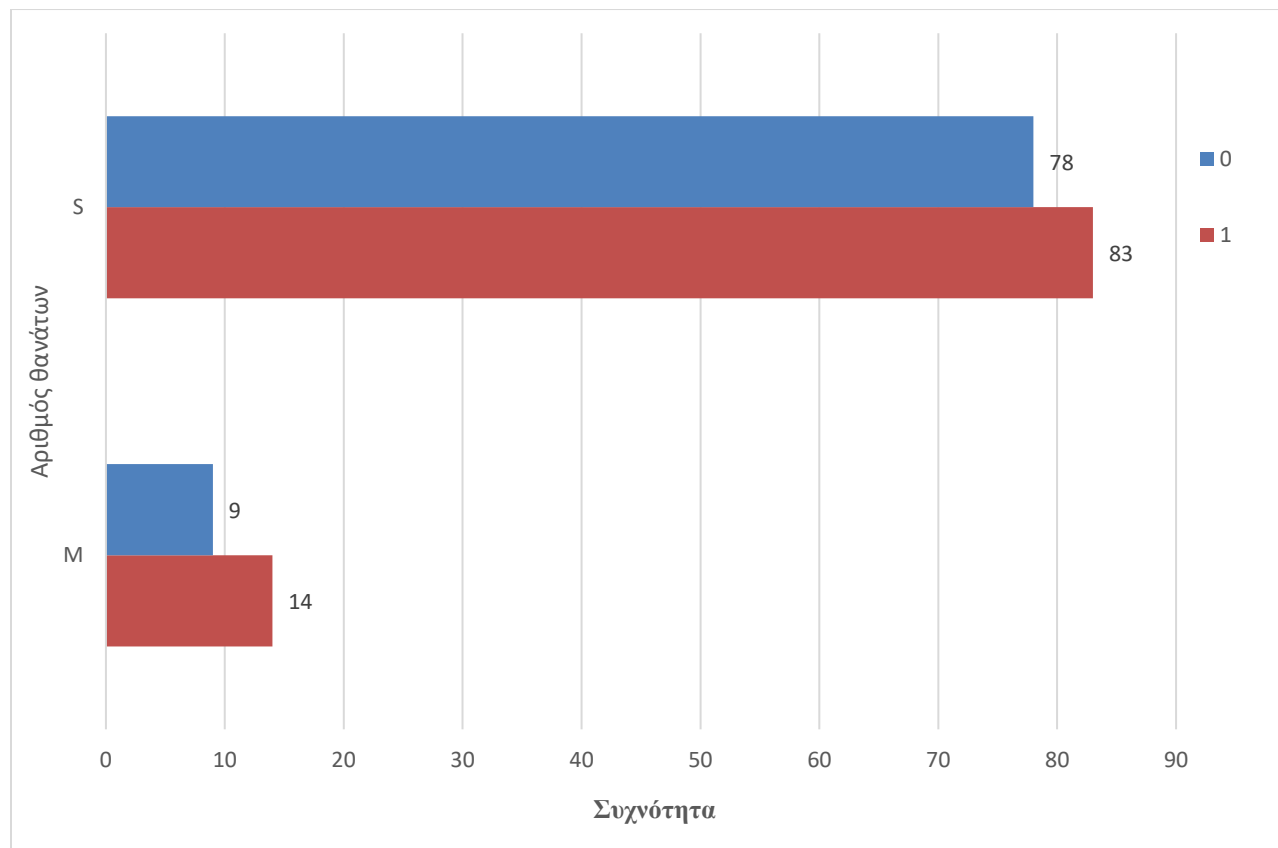
Μετά πραγματοποιήθηκε συσχέτιση ανάμεσα στον αριθμό θανάτων και στη προσωπική ετοιμότητα, κατασκευάστηκε ο αντίστοιχος Πίνακας 5.4 και έγινε ο υπολογισμός του  $\chi^2$  και του p (Πίνακας 5.5).

**Πίνακας 5.4:** Πίνακας συχνότητας (απόλυτης και σχετικής) των ατυχημάτων με ένα θύμα (S) ή πολλαπλά θύματα (M) για τις περιπτώσεις που καταγράφηκε πρόβλημα που σχετίζεται με την προσωπική ετοιμότητα.

		Προσωπική ετοιμότητα		Άθροισμα γραμμής
		0	1	
Αριθμός θανάτων ανά ατύχημα	M	9	14	23
		4.89%	7.61%	12.50%
	S	78	83	161
		42.39%	45.11%	87.50%
Άθροισμα στήλης		87	97	184
		47.28%	52.72%	100.00%

**Πίνακας 5.5:** Έλεγχος  $\chi^2$  για τις μεταβλητές αριθμός θανάτων και προσωπική ετοιμότητα

Τιμή $\chi^2$	Βαθμοί ελευθερίας (Df)	Τιμή p
0.701	1	0.4025



**Διάγραμμα 5.10:** Ιστόγραμμα αριθμού θανάτων και προσωπικής ετοιμότητας

Παρατηρείται ότι και για τους δυο παράγοντες της κατηγορίας προσωπικού που αποτελούνται από την διαχείριση πόρων πληρώματος και προσωπική ετοιμότητα και συσχετίστηκαν μεμονωμένα με το αριθμό των θανάτων ανά ατύχημα, η συσχέτιση με το κριτήριο  $\chi^2$  έδειξε ότι δεν υφίσταται εξάρτηση. Αυτό είναι σε αντίθεση με το συμπέρασμα που βγήκε από την συσχέτιση της κατηγορίας παράγοντες με αριθμό θανάτων ανά ατύχημα. Το γεγονός αυτό φανερώνει ότι ο συνδυασμός των δυο αυτών παραμέτρων είναι εκείνος που τελικά έχει τη συσχέτιση με τον αριθμό θανάτων ανά ατύχημα και όχι η κάθε παράμετρος μεμονωμένα.

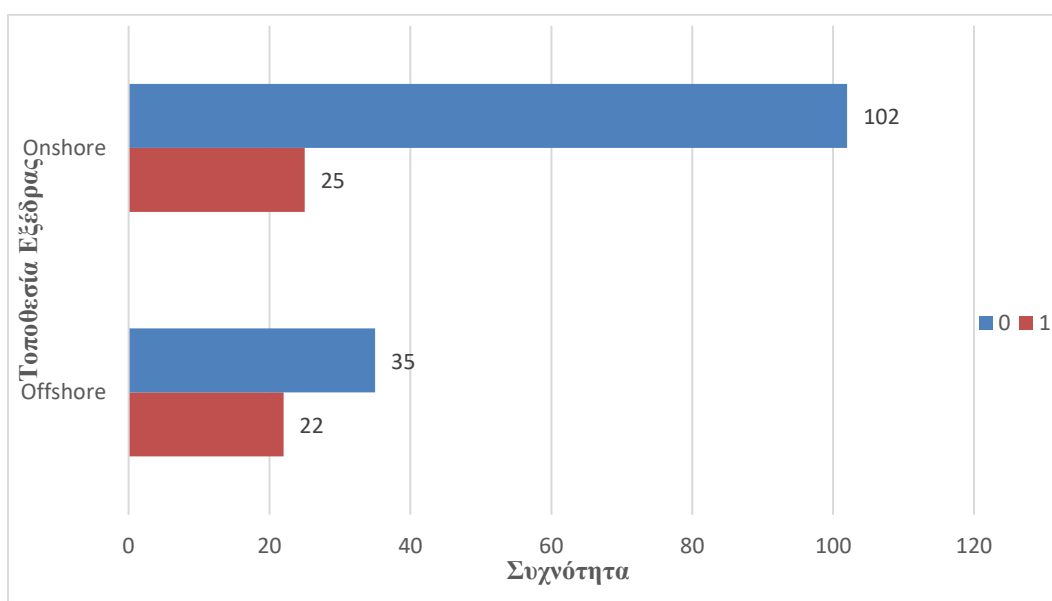
Στη δεύτερη περίπτωση έγινε συσχέτιση ανάμεσα στη Τοποθεσία εξέδρας και στα διεθνή βιομηχανικά πρότυπα. Κατασκευάστηκε ο Πίνακας 5.6 **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** διπλής εισόδου καθώς υπολογίστηκε και  $\chi^2$ , βαθμός ελευθερίας και p.

**Πίνακας 5.6:** Πίνακας συχνοτήτων για τοποθεσία εξέδρας και διεθνή βιομηχανικά πρότυπα

		Διεθνή βιομηχανικά πρότυπα		Αθροισμα γραμμής
		0	1	
Τοποθεσία εξέδρας	Offshore	35	22	57
		19.02%	11.96%	30.98%
	Onshore	102	25	127
		55.43%	13.59%	69.02%
Αθροισμα στήλης		137	47	184
		74.46%	25.54%	100.00%

**Πίνακας 5.7:** Έλεγχος  $\chi^2$  για τις μεταβλητές τοποθεσία και διεθνή βιομηχανικά πρότυπα

Τιμή $\chi^2$	Βαθμοί ελευθερίας (Df)	Τιμή p
7.398	1	0.0065



**Διάγραμμα 5.111:** Ιστόγραμμα τοποθεσίας εξέδρας και διεθνών βιομηχανικών προτύπων

Όπως παρατηρείται από τον Πίνακα 5.7 **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** το p είναι πολύ μικρότερο από 0.1, γεγονός που σημαίνει πως υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της τοποθεσίας της εξέδρας και των διεθνών βιομηχανικών προτύπων.

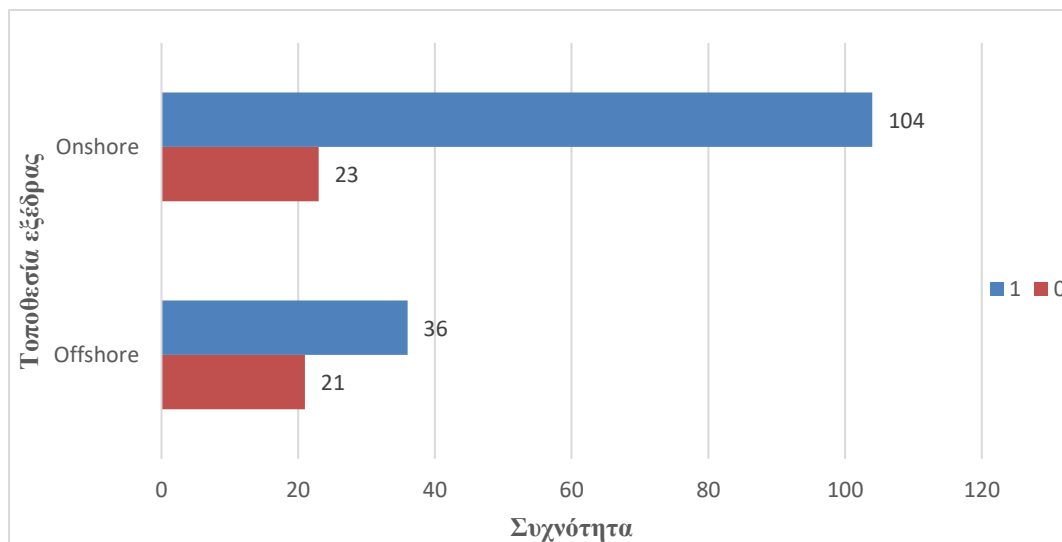
Στη συνέχεια έγινε συσχέτιση ανάμεσα στη τοποθεσία και στο εθνικό κανονιστικό πλαίσιο.

**Πίνακας 5.8:** Πίνακας Συχνοτήτων για τοποθεσία και Εθνικό Κανονιστικό Πλαίσιο

		Εθνικό Κανονιστικό Πλαίσιο		Αθροισμα γραμμής
		0	1	
Τοποθεσία εξέδρας	Offshore	36	21	57
		19.57%	11.41%	30.98%
	Onshore	104	23	127
		56.52%	12.50%	69.02%
Αθροισμα στήλης		140	44	184
		76.09%	23.91%	100.00%

**Πίνακας 5.9:** Έλεγχος  $\chi^2$  για τις μεταβλητές τοποθεσίας και Εθνικού Κανονιστικού Πλαισίου

Τιμή $\chi^2$	Βαθμοί ελευθερίας (Df)	Τιμή p
7.587	1	0.0059



**Διάγραμμα 5.12:** Ιστόγραμμα τοποθεσίας εξέδρας και Εθνικού Κανονιστικού Πλαισίου

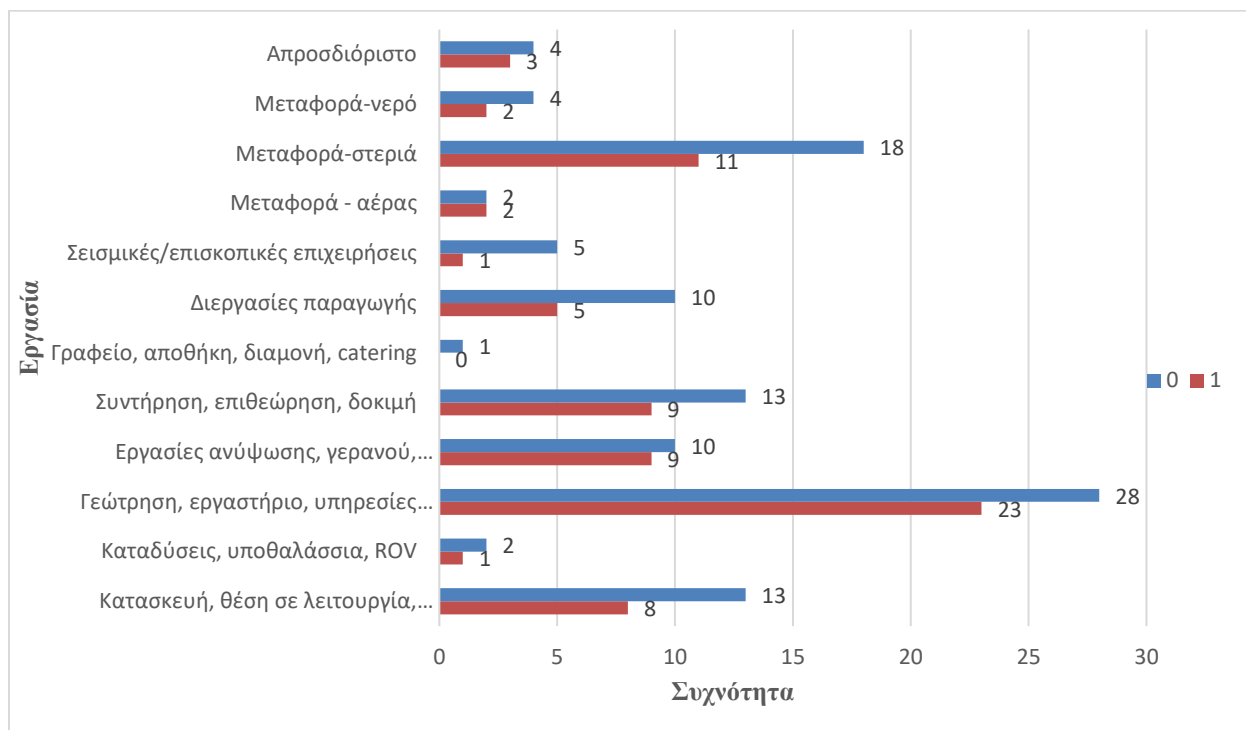
Στη τρίτη περίπτωση έγινε συσχέτιση ανάμεσα στην εκτελούμενη εργασία και στις παραβιάσεις επίβλεψης. Κατασκευάστηκε ο Πίνακας 5.10 **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** διπλής εισόδου καθώς υπολογίστηκε το  $\chi^2$ , οι βαθμοί ελευθερίας και το p.

**Πίνακας 5.10:** Πίνακας Συχνότητας εκτελούμενων εργασιών και παραβάσεων επίβλεψης (Εποπτικές Παραβάσεις)

		Εποπτικές Παραβάσεις		Αθροισμα γραμμής
		0	1	
Εργασία	Κατασκευή, θέση σε λειτουργία, παροπλισμός	13	8	21
		7.07%	4.35%	11.41%
	Καταδύσεις, υποθαλάσσια, ROV	2	1	3
		1.09%	0.54%	1.63%
	Γεώτρηση, εργαστήριο, υπηρεσίες γεωτρήσεων	28	23	51
		15.22%	12.50%	27.72%
	Εργασίες ανύψωσης, γερανού, αρματοσιάζ, καταστρώματος	10	9	19
		5.43%	4.89%	10.33%
	Συντήρηση, επιθεώρηση, δοκιμή	13	9	22
		7.07%	4.89%	11.96%
	Γραφείο, αποθήκη, διαμονή, catering	1	0	1
		0.54%	0.00%	0.54%
	Διεργασίες παραγωγής	10	5	15
		5.43%	2.72%	8.15%
	Σεισμικές έρευνες - διασκοπήσεις	5	1	6
		2.72%	0.54%	3.26%
	Μεταφορά (αεροπορικά μέσα)	2	2	4
		1.09%	1.09%	2.17%
	Μεταφορά (μέσω στεριάς)	18	11	29
		9.78%	5.98%	15.76%
	Μεταφορά (δια θαλάσσης)	4	2	6
		2.17%	1.09%	3.26%
	Απροσδιόριστο	4	3	7
		2.17%	1.63%	3.80%
Αθροισμα στήλης		110	74	184
		59.78%	40.22%	100.00%

**Πίνακας 5.11:** Έλεγχος  $\chi^2$  για τις μεταβλητές Εργασιών και Εποπτικών παραβιάσεων

Τιμή $\chi^2$	Βαθμοί ελευθερίας (Df)	Τιμή p
3.726	11	0.9773



Διάγραμμα 5.13: Ιστόγραμμα Εργασιών και Εποπτικών Παραβιάσεων

Στη συνέχεια κατασκευάστηκε ο πίνακας διπλής εισόδου 5.12 ανάμεσα στις εκτελούμενες εργασίες και στις προγραμματισμένες ακατάλληλες εργασίες.

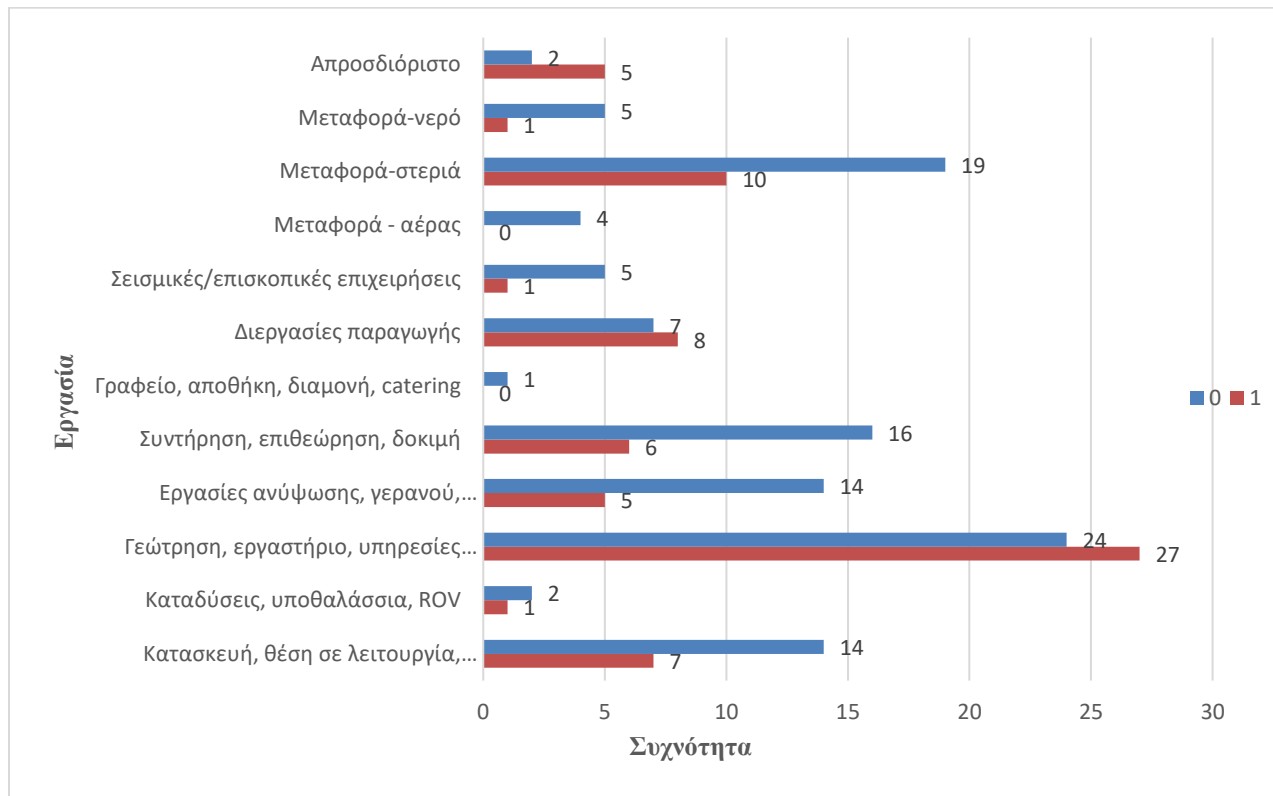
**Πίνακας 5.12:** Πίνακας συχνότητας εργασιών από προγραμματισμένες ακατάλληλες εργασίες

		Προγραμματισμένες ακατάλληλες εργασίες		Αθροισμα γραμμής
		0	1	
Εργασία	Κατασκευή, θέση σε λειτουργία, παροπλισμός	14	7	21
		7.61%	3.80%	11.41%
	Καταδύσεις, υποθαλάσσια, ROV	2	1	3
		1.09%	0.54%	1.63%
	Γεώτρηση, εργαστήριο, υπηρεσίες γεωτρήσεων	24	27	51
		13.04%	14.67%	27.72%
	Εργασίες ανύψωσης, γερανού, αρματωσιάς, καταστρώματος	14	5	19
		7.61%	2.72%	10.33%
	Συντήρηση, επιθεώρηση, δοκιμή	16	6	22
		8.70%	3.26%	11.96%
	Γραφείο, αποθήκη, διαμονή, catering	1	0	1
		0.54%	0.00%	0.54%
	Διεργασίες παραγωγής	7	8	15
		3.80%	4.35%	8.15%
	Σεισμικές/επισκοπικές επιχειρήσεις	5	1	6
		2.72%	0.54%	3.26%
	Μεταφορά - αέρας	4	0	4
		2.17%	0.00%	2.17%
	Μεταφορά-στεριά	19	10	29
		10.33%	5.43%	15.76%
	Μεταφορά-νερό	5	1	6
		2.72%	0.54%	3.26%
	Απροσδιόριστο	2	5	7
		1.09%	2.72%	3.80%
Αθροισμα στήλης		113	71	184
		61.41%	38.59%	100.00%

**Πίνακας 5.131:** Έλεγχος  $\chi^2$  για τις μεταβλητές Εργασιών από προγραμματισμένες ακατάλληλες εργασίες

Τιμή $\chi^2$	Βαθμοί ελευθερίας (Df)	Τιμή p
17.453	11	0.0952

Η τιμή του p δείχνει τη σημαντικότητα της συσχέτισης μεταξύ των εργασιών και προγραμματισμένων ακατάλληλων εργασιών.



Διάγραμμα 5.14: Ιστόγραμμα Εργασιών από προγραμματισμένες ακατάλληλες εργασίες

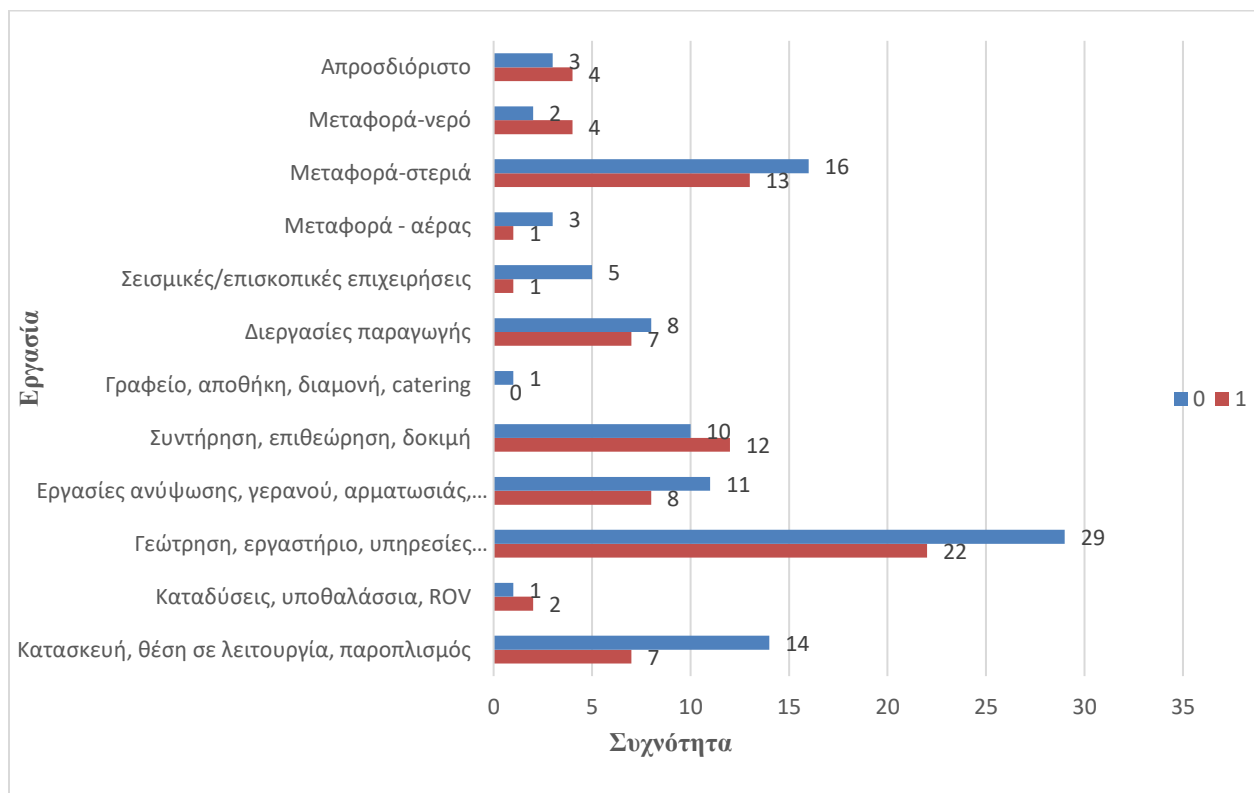
Ο Πίνακας διπλής εισόδου 5.14 **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** παρουσιάζει τη συσχέτιση των εργασιών με την αποτυχία διόρθωσης γνωστού προβλήματος.

**Πίνακας 5.14:** Πίνακας συχνότητας εκτελούμενων εργασιών και αποτυχίας διόρθωσης γνωστού προβλήματος

		Αποτυχία διόρθωσης γνωστού προβλήματος		Άθροισμα γραμμής
		0	1	
Εργασία	Κατασκευή, θέση σε λειτουργία, παροπλισμός	14	7	21
		7.61%	3.80%	11.41%
	Καταδύσεις, υποθαλάσσια, ROV	1	2	3
		0.54%	1.09%	1.63%
	Γεώτρηση, εργαστήριο, υπηρεσίες γεωτρήσεων	29	22	51
		15.76%	11.96%	27.72%
	Εργασίες ανύψωσης, γερανού, αρματωσιάς, καταστρώματος	11	8	19
		5.98%	4.35%	10.33%
	Συντήρηση, επιθεώρηση, δοκιμή	10	12	22
		5.43%	6.52%	11.96%
	Γραφείο, αποθήκη, διαμονή, catering	1	0	1
		0.54%	0.00%	0.54%
	Διεργασίες παραγωγής	8	7	15
		4.35%	3.80%	8.15%
	Σεισμικές/επισκοπικές επιχειρήσεις	5	1	6
		2.72%	0.54%	3.26%
Μεταφορά - αέρας	3	1	4	
	1.63%	0.54%	2.17%	
Μεταφορά-στεριά	16	13	29	
	8.70%	7.07%	15.76%	
Μεταφορά-νερό	2	4	6	
	1.09%	2.17%	3.26%	
Απροσδιόριστο	3	4	7	
	1.63%	2.17%	3.80%	
Άθροισμα στήλης		103	81	184
		55.98%	44.02%	100.00%

**Πίνακας 5.15:** Έλεγχος  $\chi^2$  για τις μεταβλητές Εργασιών και Αποτυχία διόρθωσης γνωστού προβλήματος

Τιμή $\chi^2$	Βαθμοί ελευθερίας (Df)	Τιμή p
7.615	11	0.7474



Διάγραμμα 5.15: Ιστόγραμμα Εργασιών και Αποτυχία διόρθωσης γνωστού προβλήματος

Τέλος ο Πίνακας διπλής εισόδου 5.16 αναφέρεται στη συσχέτιση μεταξύ εργασιών με ανεπαρκούς επίβλεψη.

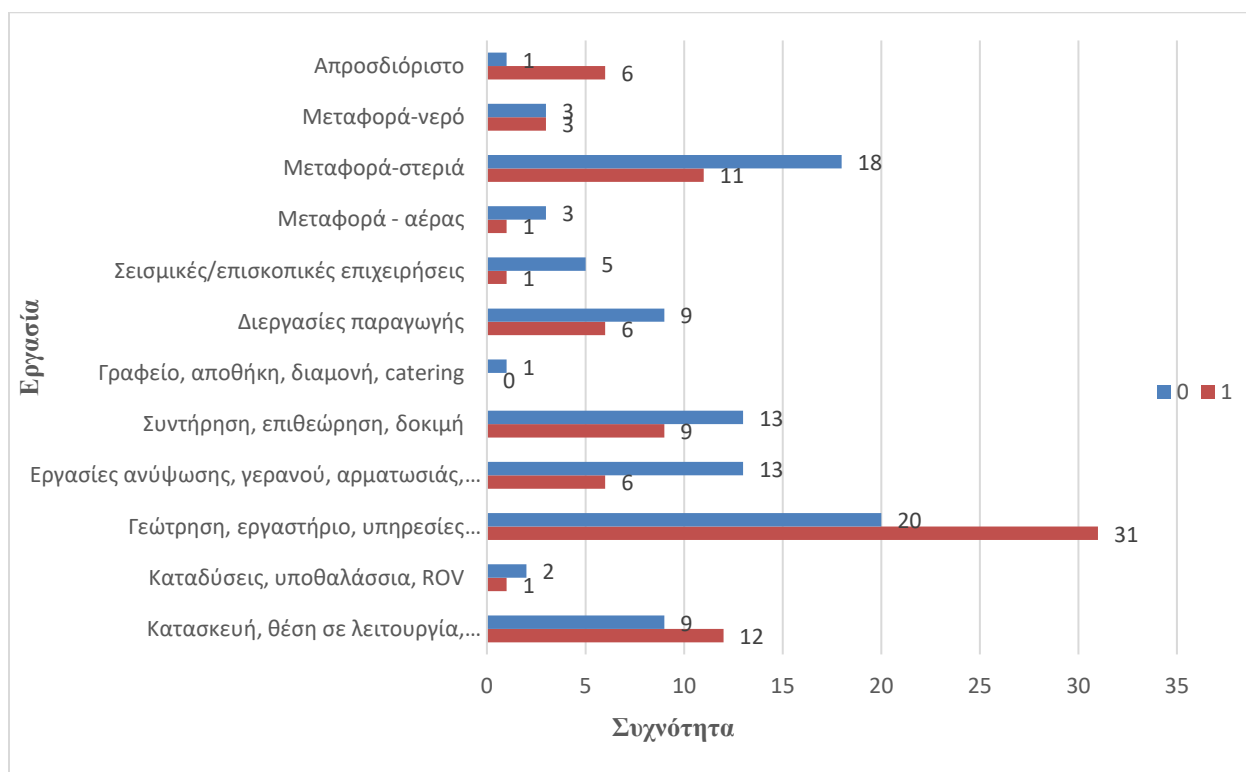
Πίνακας 5.16: Πίνακας συχνότητων Εργασιών με Ανεπαρκή επίβλεψη

		Ανεπαρκή επίβλεψη		Αθροισμα γραμμής
		0	1	
Εργασία	Κατασκευή, θέση σε λειτουργία, παροπλισμός	9	12	21
		4.89%	6.52%	11.41%
	Καταδύσεις, υποθαλάσσια, ROV	2	1	3
		1.09%	0.54%	1.63%
	Γεώτρηση, εργαστήριο, υπηρεσίες γεωτρήσεων	20	31	51
		10.87%	16.85%	27.72%
	Εργασίες ανύψωσης, γερανού, αρματωσιάς, καταστρώματος	13	6	19
		7.07%	3.26%	10.33%
	Συντήρηση, επιθεώρηση, δοκιμή	13	9	22
		7.07%	4.89%	11.96%
	Γραφείο, αποθήκη, διαμονή, catering	1	0	1
		0.54%	0.00%	0.54%

<b>Διεργασίες παραγωγής</b>	9	6	15
	4.89%	3.26%	8.15%
<b>Σεισμικές/επισκοπικές επιχειρήσεις</b>	5	1	6
	2.72%	0.54%	3.26%
<b>Μεταφορά - αέρας</b>	3	1	4
	1.63%	0.54%	2.17%
<b>Μεταφορά-στεριά</b>	18	11	29
	9.78%	5.98%	15.76%
<b>Μεταφορά-νερό</b>	3	3	6
	1.63%	1.63%	3.26%
<b>Απροσδιόριστο</b>	1	6	7
	0.54%	3.26%	3.80%
<b>Άθροισμα στήλης</b>	97	87	184
	52.72%	47.28%	100.00%

**Πίνακας 5.17:** Έλεγχος  $\chi^2$  για τις μεταβλητές Εργασιών και Ανεπαρκή επίβλεψη

Τιμή $\chi^2$	Βαθμοί ελευθερίας (Df)	Τιμή p
16.474	11	0.1244



**Διάγραμμα 5.16:** Ιστόγραμμα Εργασιών και Ανεπαρκή επίβλεψη

**Πίνακας 5.18:** Πίνακας των τιμών του  $p$  για το είδος συγκεκριμένης εργασίας και τους παράγοντες που περιλαμβάνει η κατηγορία Μη Ασφαλής Εποπτεία.

$p$	Εποπτικές Παραβάσεις	Προγραμματισμένες ακατάλληλες εργασίες	Αποτυχία διόρθωσης γνωστού προβλήματος	Ανεπαρκής επίβλεψη
Εργασία	0.9773	<b>0.0952</b>	0.7474	0.1244

#### Από τον Πίνακα 5.18

Πίνακας φαίνεται ότι οι προγραμματισμένες ακατάλληλες εργασίες έχουν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με είδος συγκεκριμένης εργασίας κατά την εκτέλεση της οποίας έγινε το ατύχημα. Η τιμή του  $p=0.0952$  είναι μεγαλύτερη της τιμής  $p=0.0723$  που υπολογίστηκε για την κατηγορία Μη Ασφαλής Εποπτεία. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει συνέργεια περισσότερων του ενός παραγόντων της κατηγορίας αυτής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

### 6.1 Συμπεράσματα

Ο κύριος σκοπός αυτής της διπλωματικής ήταν ο εντοπισμός των εργασιακών παραγόντων που συμβάλλουν στα εργατικά ατυχήματα της πετρελαϊκής βιομηχανίας με τη βοήθεια της στατιστικής επεξεργασίας καταγεγραμμένων ατυχημάτων στη διεθνή βάση δεδομένων για ατυχήματα (IOGP) της που χρησιμοποιήθηκε περιέχει ατυχήματα από το 2013 έως το 2017. Χρησιμοποιήθηκαν και πιο πρόσφατα δεδομένα σε κάποιους δείκτες και διαγράμματα.

Πραγματοποιήθηκε περιγραφική στατιστική ανάλυση των χαρακτηριστικών των ατυχημάτων και των παραγόντων που σχετίζονται με τα ατυχήματα. Στη συνέχεια με τη βοήθεια της επαγωγικής στατιστικής ανάλυσης πραγματοποιήθηκε έλεγχος συσχέτισης μεταξύ των χαρακτηριστικών των ατυχημάτων και των εργασιακών παραγόντων.

Τα αποτελέσματα της περιγραφικής στατιστικής ανάλυσης έδειξαν πως από τους δείκτες με βάση τον ανθρώπινο παράγοντα το «Υπεργολαβικό περιβάλλον εργασίας» είναι εκείνο που συμμετέχει περισσότερο στα ατυχήματα της βάσης δεδομένων της παρούσας διπλωματικής με ποσοστό 9.14% και ακολουθούν οι «Οργανωτικές Διαδικασίες» με 8.73%. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι εργαζόμενοι σε υπεργολάβους δεν είναι το ίδιο εξοικειωμένοι με το περιβάλλον εργασίας των εγκαταστάσεων πετρελαίου και φυσικού αερίου ούτε έχουν την ίδια εκπαίδευση με τους εργαζόμενους των εταιρειών. Σε σχέση με το είδος ατυχήματος η κατηγορία που υπερισχύει με διαφορά από τις υπόλοιπες είναι το «χτύπημα από» με ποσοστό 31% και ακολουθεί το είδος «πιάστηκε μέσα, κάτω ή ανάμεσα» που είναι 21.2%. Αυτό είναι αναμενόμενο καθώς η πετρελαϊκή βιομηχανία είναι ένας τομέας όπου στο εργασιακό περιβάλλον υπάρχουν πολλά κινούμενα μηχανικά μέρη. Η εργασία που εμφανίζεται με την υψηλότερη συχνότητα στα ατυχήματα που μελετήθηκαν είναι η «Διενέργεια Γεώτρησης» και γενικά οι εργασίες που σχετίζονται με αυτήν με ποσοστό 27.7% και ακολουθεί η «Μεταφορά-Στεριά» με 15.8%. Πρώτη σε συχνότητα ατυχημάτων σε εξέδρες είναι η Ασία με 32.1%. Το υψηλότερο ποσοστό δεν την καθιστά και πιο επικίνδυνη καθώς έχει και τον μεγαλύτερο αριθμό σε εξέδρες.

Η μελέτη της διαχρονικής μεταβολής του δείκτη συχνότητας θανατηφόρων ατυχημάτων (ανά 100 εκατομμύρια ώρες εργασίας) για το διάστημα 2013–2022 έδειξε ότι υπάρχει μια πτωτική τάση για όλες τις επιμέρους κατηγορίες που εξετάστηκαν, με διαφορετική ένταση για κάθε μια. Πιο συγκεκριμένα η διαχρονική τάση του δείκτη για το διάστημα που μελετήθηκε είναι πτωτική και για τους εργαζόμενους σε υπεργολάβους και για εργαζόμενους στην εταιρεία, με ισχυρότερη πτωτική τάση για τους εργαζόμενους στην εταιρεία.

Η διαχρονική τάση του δείκτη είναι πτωτική και για τους εργαζόμενους σε offshore και onshore εγκαταστάσεις γεγονός που δείχνει την διαχρονική βελτίωση των συνθηκών ασφαλείας. Η πτωτική τάση είναι ισχυρότερη για τους εργαζόμενους σε offshore από ότι σε onshore εγκαταστάσεις.

Τα αποτελέσματα της επαγωγικής στατιστικής ανάλυσης (με βάση το κριτήριο  $\chi^2$ ) που είχε ως στόχο να διερευνήσει την ύπαρξη εξαρτήσεων μεταξύ των χαρακτηριστικών των ατυχημάτων και των ομαδοποιημένων κατά HFACS εργασιακών παραγόντων έδειξε ότι στατιστικά σημαντική εξάρτηση σε επίπεδο βεβαιότητας 90% εμφανίζεται μεταξύ του αριθμού των θυμάτων ανά ατύχημα (Single fatality ή Multiple fatalities) με τους παράγοντες προσωπικού, η τοποθεσία του ατυχήματος (εξέδρα onshore ή offshore) με το ρυθμιστικό και νομοθετικό πλαίσιο (κανονισμοί, νομοθεσία) και το είδος της εργασίας στην οποία συνέβη το ατύχημα με την εποπτεία, επίβλεψη. Η περαιτέρω ανάλυση αυτών των ζευγών με συσχέτιση των επιμέρους παραγόντων κάθε κατηγορίας έδειξε ότι σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχει συνέργεια των επιμέρους αυτών παραγόντων.

## 6.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε φάνηκε ότι υπάρχουν συνθέτες εξαρτήσεις μεταξύ των παραμέτρων που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα και τα χαρακτηριστικά και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων στην πετρελαϊκή βιομηχανία και δεν μπορεί μια απλή συσχέτιση όπως αυτή με τους πίνακες διπλής εισόδου και χρήση του κριτηρίου  $\chi^2$  μπορεί να αποκαλύψει. Για αυτό το λόγο προτείνεται να εμπλουτιστεί η βάση ατυχημάτων που χρησιμοποιήθηκε και με άλλα δεδομένα και από άλλες πηγές, να επικαιροποιηθεί και στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν περισσότερο προηγμένες τεχνικές για την ανάλυση. Ως τέτοιες τεχνικές προτείνονται οι τεχνικές εξόρυξης δεδομένων (data mining) για τη δημιουργία κανόνων συσχέτισης (association rules).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Διεθνής

Antonovsky, A., Pollock, C., & Straker, L. (2014). Identification of the human factors contributing to maintenance failures in a petroleum operation. *Human factors*, 56(2), 306-321.

Center for Chemical Process Safety (2013). *Remembering Piper Alpha*

Gordon, R. P. (1998). The contribution of human factors to accidents in the offshore oil industry. *Reliability Engineering & System Safety*, 61(1-2), 95-108.

Ifelebuegu, A. O., Martins, O. A., Theophilus, S. C., & Arewa, A. O. (2019). The role of emotional intelligence factors in workers' occupational health and safety performance - A case study of the petroleum industry. *Safety*, 5(2), 30.

Kiran, R., Salehi, S., & Teodoriu, C. (2018, June). Implementing human factors in oil and gas drilling and completion operations: Enhancing culture of process safety. In *International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering* (Vol. 51296, p. V008T11A022). American Society of Mechanical Engineers.

Leveson, N. G. (2016). *Engineering a safer world: Systems thinking applied to safety* (p. 560). The MIT Press.

Rasmussen, J. (1997) Risk management in a dynamic society: A modelling problem, *Safety Science*, 27(2), 183-213.

Reason, J. (1990). *Human Error*, Cambridge University Press.

Reason, J. (2016). *Managing the risks of organizational accidents*. Routledge.

Singh, B., Jukes, P., Poblete, B., & Wittkower, B. (2010). 20 Years on lessons learned from Piper Alpha. The evolution of concurrent and inherently safe design. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 23(6), 936-953.

Sneddon, A., Mearns, K., & Flin, R. (2013). Stress, fatigue, situation awareness and safety in offshore drilling crews. *Safety science*, 56, 80-88.

Zhou, A., Wang, K., & Zhang, H. (2017). Human factor risk control for oil and gas drilling industry. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 159, 581-587.

## ***Ελληνική***

Δόση - Σιββά Μαρία, Ασφάλεια στα εργοτάξια. Διπλωματική Εργασία, Α.Π. Θεσσαλονίκης 2007.

Μυλωνά, Σοφία, Ο ρόλος του ανθρώπινου παράγοντα στην πρόκληση των εργατικών ατυχημάτων σε τεχνικά έργα. Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2019.

Μαρμαράς Νίκος, Ναθαναήλ Δημήτρης, «ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ, 2<sup>η</sup> Έκδοση», Εκδόσεις Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις, 2015.

## ***Διαδικτυακές πηγές***

[https://en.wikipedia.org/wiki/Buncefield\\_fire](https://en.wikipedia.org/wiki/Buncefield_fire) (προσπελάστηκε στις 25/11/23)

<https://www.kepea.gr/aarticle.php?id=2074> (προσπελάστηκε στις 25/11/23)

<https://www.1stcommercialcredit.com/blog/workplace-safety-issues-oil-gas-industry>  
(προσπελάστηκε στις 25/11/23)

<https://www.dnv.com/services/human-factors-1094/> (προσπελάστηκε στις 25/11/23)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Βάση δεδομένων καταγραφής των ατυχημάτων

1	Year	Region	Country	Fatalities	Company/ Contractor	Location	Accident category	Operation
2	2013	Asia	Papua New Guinea	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Construction, commissioning, decommissioning
3	2013	Asia	Malaysia	1	Contractor	Onshore	Struck by	Construction, commissioning, decommissioning
4	2013	Europe	Ireland	1	Contractor	Onshore	Struck by	Construction, commissioning, decommissioning
5	2013	North America	Canada	1	Contractor	Onshore	Struck by	Construction, commissioning, decommissioning
6	2013	South & Central America	Peru	1	Contractor	Onshore	Water-related, drowning	Construction, commissioning, decommissioning
7	2013	Europe	Romania	1	Company	Onshore	Caught in, under or between	Drilling, workover, well services
8	2013	Europe	Russia	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Drilling, workover, well services
9	2013	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Drilling, workover, well services
10	2013	Europe	Romania	1	Contractor	Onshore	Exposure to noise, chemical, biological, vibration	Drilling, workover, well services
11	2013	South & Central America	Brazil	1	Contractor	Offshore	Fall from height	Drilling, workover, well services
12	2013	South & Central America	Brazil	1	Contractor	Offshore	Fall from height	Drilling, workover, well services
13	2013	Asia	Kuwait	1	Contractor	Onshore	Overexertion, strain	Drilling, workover, well services
14	2013	Africa	Angola	1	Contractor	Offshore	Pressure release	Drilling, workover, well services
15	2013	Asia	Indonesia	1	Contractor	Offshore	Pressure release	Drilling, workover, well services
16	2013	Africa	Cameroon	1	Contractor	Offshore	Struck by	Drilling, workover, well services

17	2013	Asia	Kuwait	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
18	2013	Africa	Angola	1	Contractor	Offshore	Water-related, drowning	Drilling, workover, well services
19	2013	Asia	Myanmar	1	Contractor	Offshore	Water-related, drowning	Drilling, workover, well services
20	2013	North America	Mexico	1	Company	Offshore	Electric shock	Lifting, crane, rigging, deck operations
21	2013	Africa	Nigeria	1	Contractor	Onshore	Struck by	Lifting, crane, rigging, deck operations
22	2013	Asia	China	2	Contractor	Offshore	Explosion or burns	Maintenance, inspection, testing
23	2013	North America	Mexico	1	Contractor	Offshore	Explosion or burns	Maintenance, inspection, testing
24	2013	Africa	Algeria	1	Contractor	Onshore	Other	Maintenance, inspection, testing
25	2013	Europe	Netherlands	2	Contractor	Offshore	Pressure release	Maintenance, inspection, testing
26	2013	North America	Mexico	1	Contractor	Offshore	Pressure release	Maintenance, inspection, testing
27	2013	North America	Canada	1	Company	Onshore	Pressure release	Maintenance, inspection, testing
28	2013	Africa	Tanzania	1	Contractor	Onshore	Struck by	Maintenance, inspection, testing
29	2013	North America	Mexico	2	Contractor	Offshore	Water-related, drowning	Maintenance, inspection, testing
30	2013	Africa	Gabon	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Production operations
31	2013	Europe	Russia	1	Contractor	Onshore	Struck by	Seismic/survey operations
32	2013	South & Central America	Uruguay	1	Contractor	Offshore	Water-related, drowning	Seismic/survey operations
33	2013	Europe	UK	4	Contractor	Offshore	Other	Transport - Air
34	2013	South & Central America	Peru	13	Contractor	Onshore	Other	Transport - Air

35	2013	Asia	Kuwait	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Transport - Land
36	2013	Asia	Qatar	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Transport - Land
37	2013	Asia	Pakistan	1	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Transport - Land
38	2013	North America	Canada	1	Contractor	Onshore	Other	Transport - Land
39	2013	Europe	Russia	1	Company	Onshore	Struck by	Transport - Land
40	2013	Asia	China	1	Contractor	Onshore	Struck by	Transport - Land
41	2013	North America	Mexico	1	Company	Offshore	Fall from height	Transport - Water
42	2013	Africa	Nigeria	11	Contractor	Offshore	Water-related, drowning	Transport - Water
43	2013	Africa	Algeria	9	Company	Onshore	Assault or violent act	Unspecified
44	2013	North America	USA	2	Contractor	Onshore	Other	Unspecified
45	2014	North America	Mexico	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Construction, commissioning, decommissioning
46	2014	Australasia	Australia	1	Contractor	Onshore	Confined space	Construction, commissioning, decommissioning
47	2014	Australasia	Australia	1	Contractor	Onshore	Other	Construction, commissioning, decommissioning
48	2014	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Struck by	Construction, commissioning, decommissioning
49	2014	Asia	Myanmar	1	Contractor	Offshore	Water-related, drowning	Construction, commissioning, decommissioning
50	2014	Europe	Russia	1	Contractor	Onshore	Water-related, drowning	Construction, commissioning, decommissioning
51	2014	Africa	Nigeria	1	Contractor	Offshore	Caught in, under or between	Drilling, workover, well services
52	2014	North America	Mexico	1	Contractor	Offshore	Caught in, under or between	Drilling, workover, well services
53	2014	North America	Mexico	3	Company	Offshore	Explosion or burns	Drilling, workover, well services
54	2014	Europe	Germany	1	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Drilling, workover, well services

55	2014	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Drilling, workover, well services
56	2014	Asia	China	1	Contractor	Offshore	Fall from height	Drilling, workover, well services
57	2014	North America	Mexico	1	Contractor	Offshore	Fall from height	Drilling, workover, well services
58	2014	Europe	Turkey	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
59	2014	Europe	Russia	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
60	2014	North America	Mexico	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
61	2014	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
62	2014	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
63	2014	South & Central America	Brazil	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
64	2014	South & Central America	Colombia	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
65	2014	North America	Mexico	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Lifting, crane, rigging, deck operations
66	2014	South & Central America	Argentina	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Lifting, crane, rigging, deck operations
67	2014	Asia	Malaysia	1	Contractor	Offshore	Electric shock	Lifting, crane, rigging, deck operations
68	2014	Africa	Congo	1	Contractor	Offshore	Struck by	Lifting, crane, rigging, deck operations
69	2014	Asia	Malaysia	1	Contractor	Offshore	Struck by	Lifting, crane, rigging, deck operations
70	2014	North America	Canada	1	Contractor	Onshore	Struck by	Lifting, crane, rigging, deck operations
71	2014	South & Central America	Brazil	1	Contractor	Offshore	Caught in, under or between	Maintenance, inspection, testing

72	2014	Europe	Romania	1	Company	Onshore	Electric shock	Maintenance, inspection, testing
73	2014	Europe	Romania	1	Company	Onshore	Electric shock	Maintenance, inspection, testing
74	2014	Asia	Malaysia	1	Contractor	Onshore	Fall from height	Maintenance, inspection, testing
75	2014	North America	Mexico	1	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Production operations
76	2014	North America	Mexico	1	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Production operations
77	2014	Europe	UK	1	Contractor	Offshore	Fall from height	Production operations
78	2014	Africa	Tunisia	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Seismic/survey operations
79	2014	Asia	Pakistan	2	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Transport - Land
80	2014	Africa	Algeria	1	Contractor	Onshore	Struck by	Transport - Land
81	2014	Africa	Nigeria	1	Contractor	Onshore	Struck by	Transport - Land
82	2014	Asia	Pakistan	1	Contractor	Onshore	Struck by	Transport - Land
83	2014	Asia	Qatar	1	Contractor	Onshore	Struck by	Transport - Land
84	2014	South & Central America	Brazil	1	Contractor	Offshore	Fall from height	Transport - Water
85	2014	Asia	Indonesia	1	Contractor	Offshore	Water-related, drowning	Transport - Water
86	2014	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Pressure release	Unspecified
87	2015	Asia	Indonesia	1	Contractor	Onshore	Electric shock	Construction, commissioning, decommissioning
88	2015	Europe	Russia	1	Contractor	Onshore	Electric shock	Construction, commissioning, decommissioning
89	2015	North America	Mexico	1	Contractor	Offshore	Explosion or burns	Construction, commissioning, decommissioning
90	2015	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Pressure release	Construction, commissioning, decommissioning
91	2015	North America	Mexico	1	Contractor	Offshore	Caught in, under or between	Diving, subsea, ROV
92	2015	Africa	Nigeria	1	Company	Onshore	Other	Diving, subsea, ROV
93	2015	Europe	Romania	1	Company	Onshore	Caught in, under or between	Drilling, workover, well services

94	2015	Asia	Pakistan	4	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Drilling, workover, well services
95	2015	Europe	Russia	2	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Drilling, workover, well services
96	2015	Asia	UAE	1	Contractor	Offshore	Struck by	Drilling, workover, well services
97	2015	North America	Mexico	1	Contractor	Offshore	Struck by	Drilling, workover, well services
98	2015	North America	USA	1	Contractor	Offshore	Struck by	Drilling, workover, well services
99	2015	Asia	Kuwait	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
100	2015	Asia	Kuwait	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
101	2015	Australasia	Australia	1	Contractor	Offshore	Caught in, under or between	Lifting, crane, rigging, deck operations
102	2015	North America	Mexico	1	Contractor	Offshore	Caught in, under or between	Lifting, crane, rigging, deck operations
103	2015	South & Central America	Argentina	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Lifting, crane, rigging, deck operations
104	2015	Europe	UK	1	Contractor	Onshore	Fall from height	Lifting, crane, rigging, deck operations
105	2015	Africa	Gabon	1	Contractor	Offshore	Struck by	Lifting, crane, rigging, deck operations
106	2015	North America	Mexico	2	Contractor	Offshore	Explosion or burns	Maintenance, inspection, testing
107	2015	Europe	Germany	1	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Maintenance, inspection, testing
108	2015	Africa	Nigeria	1	Contractor	Onshore	Struck by	Office, warehouse, accommodation, catering
109	2015	Africa	Nigeria	1	Contractor	Onshore	Assault or violent act	Production operations
110	2015	Europe	Russia	1	Company	Onshore	Caught in, under or between	Production operations

111	2015	North America	Mexico	7	Company	Offshore	Explosion or burns	Production operations
112	2015	North America	Mexico	1	Contractor	Offshore	Explosion or burns	Production operations
113	2015	Africa	Nigeria	4	Contractor	Onshore	Pressure release	Production operations
114	2015	Asia	Pakistan	1	Contractor	Onshore	Fall from height	Seismic/survey operations
115	2015	South & Central America	Bolivia	1	Contractor	Onshore	Water-related, drowning	Seismic/survey operations
116	2015	Asia	Yemen	1	Contractor	Offshore	Caught in, under or between	Transport - Land
117	2015	Asia	Kuwait	1	Company	Onshore	Caught in, under or between	Transport - Land
118	2015	Africa	Gabon	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Transport - Land
119	2015	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Transport - Land
120	2015	Asia	Kuwait	1	Contractor	Onshore	Other	Transport - Land
121	2015	Asia	Iraq	1	Contractor	Onshore	Struck by	Transport - Land
122	2015	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Struck by	Transport - Land
123	2015	Africa	Gabon	1	Contractor	Onshore	Struck by	Transport - Water
124	2015	North America	Mexico	1	Contractor	Offshore	Caught in, under or between	Unspecified
125	2015	North America	Mexico	1	Company	Onshore	Exposure to noise, chemical, biological, vibration	Unspecified
126	2015	Europe	Norway	1	Contractor	Offshore	Other	Unspecified
127	2016	Asia	Oman	2	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Construction, commissioning, decommissioning
128	2016	Australasia	Australia	2	Contractor	Onshore	Confined space	Construction, commissioning, decommissioning
129	2016	Asia	South Korea	1	Contractor	Onshore	Cut, puncture, scrape	Construction, commissioning, decommissioning
130	2016	Asia	Pakistan	1	Contractor	Onshore	Struck by	Construction, commissioning, decommissioning

131	2016	Asia	Pakistan	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Drilling, workover, well services
132	2016	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Drilling, workover, well services
133	2016	Asia	China	1	Contractor	Offshore	Fall from height	Drilling, workover, well services
134	2016	Asia	China	1	Contractor	Offshore	Struck by	Drilling, workover, well services
135	2016	Asia	Kuwait	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
136	2016	North America	Canada	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
137	2016	Africa	Congo	1	Contractor	Offshore	Explosion or burns	Lifting, crane, rigging, deck operations
138	2016	South & Central America	Brazil	1	Contractor	Offshore	Fall from height	Lifting, crane, rigging, deck operations
139	2016	Asia	Kuwait	1	Contractor	Onshore	Struck by	Lifting, crane, rigging, deck operations
140	2016	Africa	Nigeria	2	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Maintenance, inspection, testing
141	2016	Asia	Indonesia	1	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Maintenance, inspection, testing
142	2016	Asia	Indonesia	1	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Maintenance, inspection, testing
143	2016	Asia	China	1	Company	Onshore	Pressure release	Maintenance, inspection, testing
144	2016	Europe	Romania	1	Company	Onshore	Struck by	Maintenance, inspection, testing
145	2016	North America	Canada	2	Company	Onshore	Explosion or burns	Production operations
146	2016	Africa	Egypt	1	Contractor	Onshore	Struck by	Production operations
147	2016	Asia	Indonesia	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Seismic/survey operations

148	2016	Europe	Norway	13	Contractor	Offshore	Aviation accident	Transport - Air
149	2016	Africa	Angola	6	Contractor	Onshore	Aviation accident	Transport - Air
150	2016	Australasia	Australia	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Transport - Land
151	2016	Asia	Pakistan	1	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Transport - Land
152	2016	Asia	Malaysia	1	Contractor	Onshore	Struck by	Transport - Land
153	2016	Asia	Kuwait	1	Contractor	Onshore	Struck by	Transport - Land
154	2016	Asia	Kuwait	1	Contractor	Onshore	Struck by	Transport - Land
155	2016	Asia	Malaysia	1	Contractor	Offshore	Caught in, under or between	Transport - Water
156	2017	Asia	UAE	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Construction, commissioning, decommissioning
157	2017	Australasia	Australia	1	Contractor	Onshore	Confined space	Construction, commissioning, decommissioning
158	2017	Asia	China	1	Contractor	Offshore	Caught in, under or between	Diving, subsea, ROV
159	2017	Africa	Congo	1	Contractor	Offshore	Caught in, under or between	Drilling, workover, well services
160	2017	North America	USA	1	Contractor	Offshore	Caught in, under or between	Drilling, workover, well services
161	2017	Africa	Mozambique	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Drilling, workover, well services
162	2017	Asia	Kuwait	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Drilling, workover, well services
163	2017	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Confined space	Drilling, workover, well services
164	2017	Africa	Nigeria	1	Contractor	Offshore	Explosion or burns	Drilling, workover, well services
165	2017	Asia	UAE	1	Company	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
166	2017	Asia	Kazakhstan	1	Company	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
167	2017	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services

168	2017	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Struck by	Drilling, workover, well services
169	2017	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Lifting, crane, rigging, deck operations
170	2017	Asia	Kuwait	1	Contractor	Onshore	Struck by	Lifting, crane, rigging, deck operations
171	2017	South & Central America	Brazil	1	Contractor	Onshore	Struck by	Lifting, crane, rigging, deck operations
172	2017	Europe	Russia	2	Contractor	Onshore	Confined space	Maintenance, inspection, testing
173	2017	Africa	Egypt	1	Contractor	Offshore	Electric shock	Maintenance, inspection, testing
174	2017	South & Central America	Brazil	3	Contractor	Offshore	Explosion or burns	Maintenance, inspection, testing
175	2017	Asia	Kazakhstan	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Production operations
176	2017	North America	USA	1	Contractor	Onshore	Explosion or burns	Production operations
177	2017	Africa	Nigeria	1	Company	Offshore	Fall from height	Production operations
178	2017	Asia	Kazakhstan	1	Company	Onshore	Struck by	Production operations
179	2017	Asia	Pakistan	1	Contractor	Onshore	Caught in, under or between	Transport - Land
180	2017	Asia	Kazakhstan	1	Company	Onshore	Struck by	Transport - Land
181	2017	Asia	Kazakhstan	1	Company	Onshore	Struck by	Transport - Land
182	2017	North America	USA	1	Company	Onshore	Struck by	Transport - Land
183	2017	Asia	Kuwait	1	Contractor	Onshore	Struck by	Transport - Land
184	2017	North America	Canada	1	Contractor	Onshore	Struck by	Transport - Land
185	2017	Africa	Nigeria	1	Contractor	Onshore	Other	Unspecified