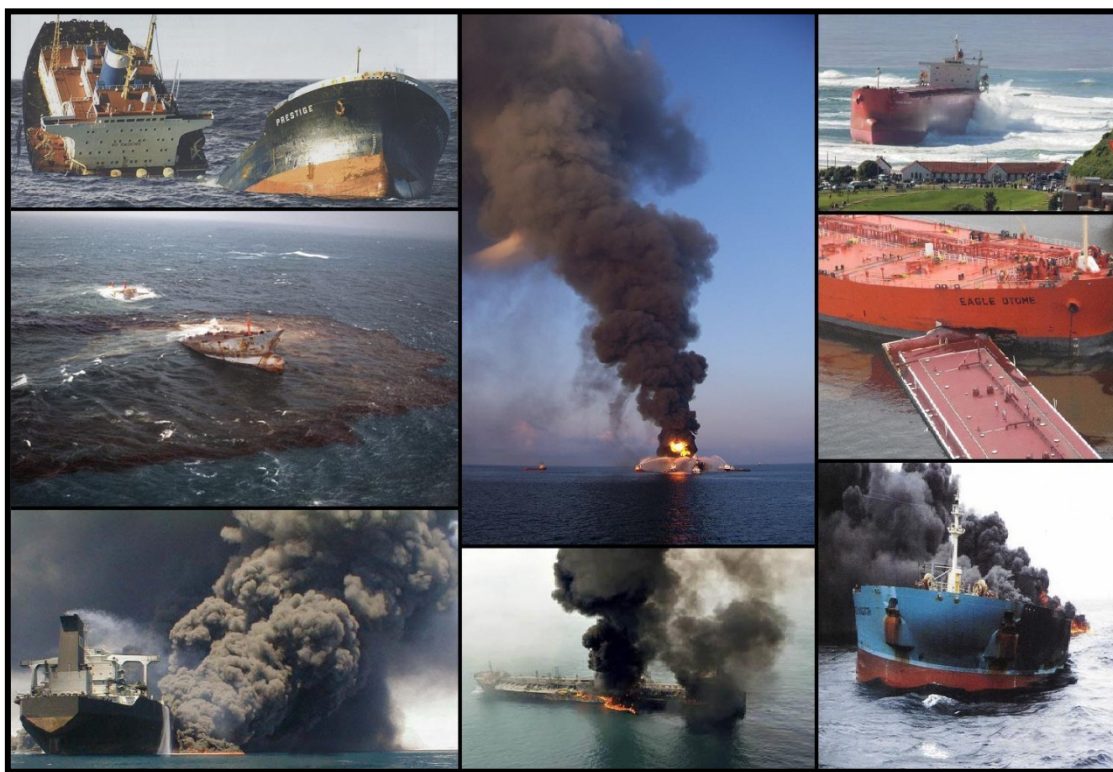


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“ΑΝΑΛΥΣΗ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ
ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΑ”



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΝΙΚΟΛΑΟΣ Π. ΒΕΝΤΙΚΟΣ

ΝΟΜΙΚΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2012

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Ανάλυση Ναυτικών Ατυχημάτων
σε Δεξαμενόπλοια

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΧΡ. ΝΟΜΙΚΟΣ

Επιβλέπων : Νικόλαος Π. Βεντίκος

Επίκουρος Καθ. Ε.Μ.Π.

Τριμελής Επιτροπή :

κ. Ν.Π. Βεντίκος Επίκ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

κ. Χ.Ν. Ψαραύτης Καθηγητής Ε.Μ.Π.

κ. Α.Δ. Παπανικολάου Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση ή διανομή της παρούσας εργασίας (ή τμήματος αυτής) για εμπορικούς σκοπούς. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπούς μη κερδοσκοπικούς, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση της αναφοράς της πηγής προέλευσης και της διατήρησης του παρόντος μηνύματος. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό, πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σ' αυτό το έγγραφο, εκφράζουν αποκλειστικά τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Από τη θέση αυτή, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή του τομέα Θαλασσίων Μεταφορών της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Δρ. Νικόλαο Π. Βεντίκο για την ανάθεση και επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η συνεργασία που είχαμε, η εμπιστοσύνη στο πρόσωπό μου και οι καίριες συμβουλές του ήταν στοιχεία απαραίτητα ώστε να έρθει εις πέρας η εργασία.

Ευχαριστώ πολύ τον υποψήφιο διδάκτωρ κ. Δημήτριο Μουρκογιάννη για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υπομονή και τη στήριξή της όλ' αυτά τα χρόνια και ιδιαιτέρως τους γονείς μου, για όσα μου έχουν προσφέρει μέχρι τώρα.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω τη διπλωματική εργασία στον παππού μου.

Αντώνιος Χρ. Νομικός

Αθήνα, Απρίλιος 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ασφάλεια των πλοίων στη θάλασσα αποτελούσε ανέκαθεν, και θα συνεχίσει να αποτελεί, ένα από τα σημαντικότερα μελήματα όλων όσων ασχολούνται με τη ναυτιλία. Το ενδιαφέρον πολλαπλασιάζεται στην περίπτωση που το φορτίο που μεταφέρεται είναι πετρέλαιο, όπου ένα ενδεχόμενο ατύχημα μπορεί να προκαλέσει τεράστια οικολογική καταστροφή.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στο πρόβλημα των ναυτικών ατυχημάτων σε δεξαμενόπλοια. Οι συνέπειες από ατυχήματα σε τέτοιου είδους πλοία είναι πολύ σημαντικές. Για την εξέταση των εν λόγω ατυχημάτων χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τη βάση δεδομένων CTX Casualty Database. Η πρόσβαση στη βάση μέσω του διαδικτύου είναι ελεύθερη για το κοινό. Εξετάστηκαν συνολικά 822 περιπτώσεις ατυχημάτων στα οποία εμπλέκονται δεξαμενόπλοια, για τα έτη από το 1980 έως και το 2009.

Σκοπός της εργασίας είναι η ανάδειξη της σημασίας και του ρόλου των αιτιών που οδήγησαν στα ατυχήματα αλλά και η παρουσίαση των συνεπειών από αυτά. Προς την κατεύθυνση αυτή, πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση στα δεδομένα που είχαμε στη διάθεσή μας. Επιπλέον, υπολογίστηκαν διάφορες συχνότητες - πιθανότητες, πραγματοποιήθηκαν στατιστικά τεστ καθώς και αναλύσεις στατιστικής σημαντικότητας.

Τέλος, η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με μια σειρά από συμπεράσματα και διαπιστώσεις που εξήχθησαν στην πορεία.

Λέξεις κλειδιά

Βάση Δεδομένων, Παγκόσμιος Στόλος Δεξαμενοπλοίων, Στατιστική Ανάλυση Ναυτικών Ατυχημάτων.

ABSTRACT

Ship safety is concerned as one of the most significant issues among those who are involved in shipping . The interest increases when the type of the ship is a tanker . In tanker ships , a possible casualty may cause a huge ecological disaster .

The following diploma thesis has focused on the problem of naval casualties in tankers . The consequences may be of major importance . The CTX Casualty Database was used in order to analyze the data of the accidents . The particular database can be freely accessed via internet . As a result , eight hundred and twenty two (822) casualty cases in which tankers are involved have been examined from 1980 to 2009 .

The main aim of the thesis is to highlight the reasons and the consequences of the casualties . A statistical analysis took place in order for this aim to be achieved . Frequencies and possibilities were calculated . Furthermore , statistical tests and analyses of statistical significance were used .

Finally , this diploma thesis is concluded with some findings and insights from the aforementioned tasks .

Key Words

Casualty Database , World Tanker Fleet , Statistical Analysis Naval Accidents

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	vi
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	4
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ	4
2.3 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΤΥΠΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΩΝ	7
2.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΛΟΙΩΝ ΜΟΝΟΥ ΚΑΙ ΔΙΠΛΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	14
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
3.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	15
3.2.1 ΛΟΓΟΚΡΙΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	15
3.2.2 ΑΠΡΟΣΠΕΛΑΣΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	16
3.2.3 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΟΤΗΤΑ	17
3.2.4 ΣΥΓΧΥΣΗ ΑΙΤΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ	18
3.2.5 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΑ	18
3.2.6 ΠΑΡΑΛΟΓΕΣ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ	19
3.3 ΛΥΣΕΙΣ	19
3.3.1 ΛΟΓΟΚΡΙΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	19
3.3.2 ΑΠΡΟΣΠΕΛΑΣΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	20
3.3.3 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΟΤΗΤΑ	20

3.3.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	21
3.3.5 ΠΑΡΑΛΟΓΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	21
3.3.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΝΑΝΤΙΟΝ ΛΟΓΙΚΗΣ	21
3.4 Η ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΧ	22
3.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	22
3.4.2 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ	22
3.4.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ	24
3.4.4 ΑΙΤΙΑΚΑ Η ΜΗ ΓΕΓΟΝΟΤΑ	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	32
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	32
4.2 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΚΑΙ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ	33
4.2.1 ΤΟ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ	33
4.2.2 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΣΥΝΕΧΩΝ ΤΥΧΑΙΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	34
4.2.3 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΓΑΜΜΑ / ERLANG	35
4.3 ΜΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	38
4.4 ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ	44
4.5 TREND ANALYSIS	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ Δ/Ξ	50
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	50
5.2 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΩΝ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	51
5.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΩΝ	51
5.2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΩΝ	55
5.2.2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ PARETO	55
5.2.2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	56
5.2.2.3 ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	64
5.2.2.4 ΒΑΘΜΟΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	68
5.2.2.5 ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΜΟΙΡΑΙΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΤΑ ΤΟ ΑΤΥΧΗΜΑ	70

5.2.2.6	ΕΤΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ - ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ - ΗΛΙΚΙΑ ΠΛΟΙΟΥ	73
5.2.2.7	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΡΡΟΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	76
5.2.2.7.1	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΡΡΟΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	76
5.2.2.7.2	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΡΡΟΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ	87
5.2.2.8	ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΕΣ	88
5.2.2.9	ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	99
5.2.2.9.1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	99
5.2.2.9.1.1	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "HULL STRUCTURAL FAILURE"	100
5.2.2.9.1.2	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "COLLISION"	102
5.2.2.9.1.3	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "CONTACT"	104
5.2.2.9.1.4	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "GROUNDING"	106
5.2.2.9.1.5	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "FIRE AND EXPLOSION"	108
5.2.2.9.1.6	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "MACHINERY FAILURE"	110
5.2.2.9.1.7	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "UNKNOWN REASONS"	112
5.2.2.9.1.8	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	114
5.2.2.9.2	ΤΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΤΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	116
5.2.2.10	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ	124
5.2.2.10.1	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΥΠΟΥ ΠΛΟΙΟΥ	125
5.2.2.10.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ	129
5.2.2.10.3	ΔΙΑΡΡΟΗ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ	131
5.2.2.10.3.1	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ	132
5.2.2.10.3.2	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΠΛΟΙΟΥ	138
5.2.2.10.3.3	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΟΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ	142
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	151
6.1	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	151
6.2	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	157
6.3	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	158

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	161
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	165
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	167
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	168
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ	169
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε	170
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ	171

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1 : Τυπικές διατάξεις γάστρας δεξαμενοπλοίων	9
ΕΙΚΟΝΑ 2 : Περίπτωση ζημιάς στον πυθμένα	10
ΕΙΚΟΝΑ 3 : Αρχική μορφή της βάσης CTX	24
ΕΙΚΟΝΑ 4 : Περιγραφή ατυχήματος στη βάση CTX	27
ΕΙΚΟΝΑ 5 : “ Willy ” (1981) , L _{0A} = 106,13 m , Deadweight : 8.402 tons (Spec. / Small)	52
ΕΙΚΟΝΑ 6 : “ Shinoussa ” (1990) , L _{0A} = 182,00 m , Deadweight : 46.538 tons (Handymax)	53
ΕΙΚΟΝΑ 7 : “ Dartagnan ” (1984) , L _{0A} = 228,60 m , Deadweight : 61.762 tons (Panamax)	53
ΕΙΚΟΝΑ 8 : “ Eagle Otome ” (1994) , L _{0A} = 246,87 m , Deadweight : 95.663 tons (Aframax)	53
ΕΙΚΟΝΑ 9 : “ Spetses ” (1994) , L _{0A} = 274,00 m , Deadweight : 147.916 tons (Suezmax)	54
ΕΙΚΟΝΑ 10 : “ Front Lord ” (1991) , L _{0A} = 322,00 m , Deadweight : 282.057 tons (VLCC)	54
ΕΙΚΟΝΑ 11 : “ Kraka ” (1978) , L _{0A} = 362,60 m , Deadweight : 357.600 tons (ULCC)	54
ΕΙΚΟΝΑ 12 : Παγκόσμιος χάρτης του αριθμού των ατυχημάτων των δεξαμενοπλοίων ανά περιοχή για την περίοδο 1980 - 2009	66
ΕΙΚΟΝΑ 13 : Παγκόσμιος χάρτης της θαλάσσιας μόλυνσης ως αποτέλεσμα των ατυχημάτων στα δεξαμενόπλοια την περίοδο 1980 - 2009	85
ΕΙΚΟΝΑ 14 : Αριθμός ατυχημάτων και διαρροή πετρελαίου στον ελληνικό χώρο από το 1980 έως το 2009	88

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : Κωδικοί γεγονότων	28
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : Παρατηρούμενες συχνότητες στο chi - square test	42
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : Afra Classification	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 4 : Petroleum Tanker Categories	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : Αριθμός ατυχημάτων ανά έτος	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 6 : Ελλiptή στοιχεία της βάσης ανά πεδίο	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 7 : Είδη δεξαμενοπλοίων με βάση το μέγεθος (822 ατυχήματα)	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 8 : Είδη δεξαμενοπλοίων με βάση το είδος του φορτίου (822 ατυχήματα)	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 9 : Τύπος γάστρας των δεξαμενοπλοίων που προκάλεσαν ατυχήματα	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 10 : Κατάσταση λειτουργίας των δεξαμενοπλοίων κατά τη διάρκεια του ατυχήματος	63
ΠΙΝΑΚΑΣ 11 : Περιοχές ατυχημάτων (822 ατυχήματα)	65
ΠΙΝΑΚΑΣ 12 : Τοποθεσία των ατυχημάτων	67
ΠΙΝΑΚΑΣ 13 : Θάνατοι και τραυματισμοί ανά τύπο πλοίου	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 14 : Ποσοστά (%) ατυχημάτων με βάση την ηλικία των πλοίων	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 15 : Ατυχήματα με ή χωρίς διαρροή πετρελαίου	76
ΠΙΝΑΚΑΣ 16 : Ετήσια στατιστικά διαρροών	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 17 : Διαρροή (κυβικά) πετρελαίου ανά κατηγορία δεξαμενοπλοίων	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 18 : Περιοχές ατυχημάτων (822 ατυχήματα) και διαρροή	84
ΠΙΝΑΚΑΣ 19 : Τοποθεσία πλοίων κατά τη διάρκεια ατυχημάτων με διαρροή πετρελαίου ...	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 20 : Ετήσιος στόλος δεξαμενοπλοίων σε λειτουργία ανά κατηγορία (Fleet at Risk)	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 21 : Δείκτης διαρροής ανά έτος (σε κυβικά)	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 22 : Δείκτης διαρροής ανά πλοίο ανά έτος (σε κυβικά)	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 23 : Κατηγορίες ατυχημάτων	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 24 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία H - S	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 25 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία H - S ..	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 26 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία H - S	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 27 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία Collision	103
ΠΙΝΑΚΑΣ 28 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία Collision	103

ΠΙΝΑΚΑΣ 29 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία Collision	103
ΠΙΝΑΚΑΣ 30 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία Contact	105
ΠΙΝΑΚΑΣ 31 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία Contact	105
ΠΙΝΑΚΑΣ 32 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία Contact	105
ΠΙΝΑΚΑΣ 33 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία Grounding	107
ΠΙΝΑΚΑΣ 34 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία Grounding	107
ΠΙΝΑΚΑΣ 35 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία Grounding	107
ΠΙΝΑΚΑΣ 36 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία F - X	109
ΠΙΝΑΚΑΣ 37 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία F - X ..	109
ΠΙΝΑΚΑΣ 38 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία F - X	109
ΠΙΝΑΚΑΣ 39 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία M - F	111
ΠΙΝΑΚΑΣ 40 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία M - F	111
ΠΙΝΑΚΑΣ 41 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία M - F	111
ΠΙΝΑΚΑΣ 42 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία U - R	113
ΠΙΝΑΚΑΣ 43 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία U - R	113
ΠΙΝΑΚΑΣ 44 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία U - R	113
ΠΙΝΑΚΑΣ 45 : Δείκτες διαρροής ανά πλοίο ανά έτος (σε κυβικά) ανά κατηγορία δ/ξ	115
ΠΙΝΑΚΑΣ 46 : Πρώτα γεγονότα σε σχέση με το μέγεθος των δεξαμενοπλοίων	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 47 : Πρώτα και τελευταία γεγονότα ανάλογα με τον τύπο ατυχήματος	118
ΠΙΝΑΚΑΣ 48 : Διαρροή πετρελαίου ανά κατηγορία γεγονότων (m ³)	120
ΠΙΝΑΚΑΣ 49 : Τύπος του τελευταίου γεγονότος δεδομένου του τύπου του πρώτου γεγονότος	123
ΠΙΝΑΚΑΣ 50 : Κατανομή των ατυχημάτων με βάση τον τύπο του πλοίου	125
ΠΙΝΑΚΑΣ 51 : Κατανομή πρώτων γεγονότων ανάλογα με τύπο πλοίου και υπολογισμός του x ² - value	127
ΠΙΝΑΚΑΣ 52 : Κατανομή τελευταίων γεγονότων ανάλογα με τύπο πλοίου και υπολογισμός του x ² - value	129

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 1 : Γραφική παράσταση της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας	34
ΣΧΗΜΑ 2 : Κρίσιμη τιμή της κατανομής chi - square	43
ΣΧΗΜΑ 3 : Αθροιστική συχνότητα βάσει του μεγέθους του δεξαμενοπλοίου	59
ΣΧΗΜΑ 4 : Ποσοστά των τύπων πλοίου που συμμετείχαν σε ατυχήματα (1980 - 2009)	59
ΣΧΗΜΑ 5 : Αθροιστική συχνότητα βάσει του τύπου του δεξαμενοπλοίου	61
ΣΧΗΜΑ 6 : Κατηγορίες πλοίων με βάση τον τύπο της γάστρας	61
ΣΧΗΜΑ 7 : Κατάσταση λειτουργίας των δεξαμενοπλοίων	64
ΣΧΗΜΑ 8 : Τοποθεσίες ατυχημάτων	68
ΣΧΗΜΑ 9 : Σοβαρότητα των ατυχημάτων	69
ΣΧΗΜΑ 10 : Κατανομή θανάτων ανά έτος για τα έτη 1980 - 2009	70
ΣΧΗΜΑ 11 : Κατανομή τραυματισμών ανά έτος για τα έτη 1980 - 2009	70
ΣΧΗΜΑ 12 : Θάνατοι και τραυματισμοί ανά ηλικιακή περίοδο πλοίων	71
ΣΧΗΜΑ 13 : Δείκτης απώλειας ζωών ανά ατύχημα ανά τύπο πλοίου	72
ΣΧΗΜΑ 14 : Αριθμός πλοίων που έλαβαν μέρος σε ατυχήματα , ανάλογα με την ηλικία τους	73
ΣΧΗΜΑ 15 : Παραβολή του έτους ατυχήματος και του έτους κατασκευής των πλοίων	75
ΣΧΗΜΑ 16 : Αριθμός ατυχημάτων ανά έτος ηλικίας των πλοίων	75
ΣΧΗΜΑ 17 : Ατυχήματα με ή χωρίς διαρροή πετρελαίου	76
ΣΧΗΜΑ 18 : Ποσοστά (%) της συμμετοχής κάθε έτους στην συνολική διαρροή (30 έτη)	78
ΣΧΗΜΑ 19 : Αθροιστική συχνότητα (%) της συμμετοχής κάθε έτους στην συνολική διαρροή (30 έτη)	78
ΣΧΗΜΑ 20 : Αριθμός ατυχημάτων με ή χωρίς διαρροή , ανά κατηγορία	79
ΣΧΗΜΑ 21 : Διαρροή (σε κυβικά) πετρελαίου στα 30 χρόνια ανά κατηγορία	81
ΣΧΗΜΑ 22 : Διαρροή (κυβικά) ανά ηλικιακή περίοδο	81
ΣΧΗΜΑ 23 : Διαρροή (κυβικά) ανά τύπο γάστρας	82
ΣΧΗΜΑ 24 : Διαρροή (κυβικά) ανά κατάσταση λειτουργίας	83
ΣΧΗΜΑ 25 : Τοποθεσία πλοίων κατά τη διάρκεια ατυχημάτων με διαρροή πετρελαίου	86
ΣΧΗΜΑ 26 : Διαρροή (κυβικά) ανά τοποθεσία ατυχημάτων	87
ΣΧΗΜΑ 27 : Εξέλιξη του στόλου των δεξαμενοπλοίων από το 1980 έως το 2009	90
ΣΧΗΜΑ 28 : Σύγκριση στόλου και αριθμού ατυχημάτων ανά έτος	90
ΣΧΗΜΑ 29 : Δείκτης ατυχημάτων ανά έτος	91

ΣΧΗΜΑ 30 : Δείκτης ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος	92
ΣΧΗΜΑ 31 : Δείκτης διαρροής σε κυβικά (m ³) ανά έτος	93
ΣΧΗΜΑ 32 : Δείκτης διαρροής σε κυβικά (m ³) ανά πλοίο ανά έτος	93
ΣΧΗΜΑ 33 : Δείκτης διαρροής σε κυβικά (m ³) ανά κυβικό μέτρο που μετακινήθηκε ανά έτος	94
ΣΧΗΜΑ 34 : Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για κάθε κατηγορία πλοίων	95
ΣΧΗΜΑ 35 : Δείκτες διαρροής ανά πλοίο ανά έτος για κάθε κατηγορία πλοίων	96
ΣΧΗΜΑ 36 : Ο αριθμός των ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος (ship - year) κανονικοποιημένο ως προς τον δείκτη των πλοίων VLCC - ULCC	98
ΣΧΗΜΑ 37 : Το συνολικό μέγεθος διαρροής ανά πλοίο ανά έτος (ship - year) κανονικοποιημένο ως προς τον δείκτη των πλοίων Panamax	98
ΣΧΗΜΑ 38 : Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία Hull Structural Failure	102
ΣΧΗΜΑ 39 : Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία Collision	104
ΣΧΗΜΑ 40 : Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία Contact	106
ΣΧΗΜΑ 41 : Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία Grounding	108
ΣΧΗΜΑ 42 : Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία F - X	110
ΣΧΗΜΑ 43 : Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία M - F	112
ΣΧΗΜΑ 44 : Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία U - R	114
ΣΧΗΜΑ 45 : Κατανομή πρώτων και τελευταίων ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος	119
ΣΧΗΜΑ 46 : Μέση διαρροή (κυβικά) ανά κατηγορία πρώτων γεγονότων	120
ΣΧΗΜΑ 47 : Μέση διαρροή (κυβικά) ανά κατηγορία τελευταίων γεγονότων	121
ΣΧΗΜΑ 48 : Ποσοστά πρώτων γεγονότων ανά 1000 πλοία με βάση τον τύπο του πλοίου και του ατυχήματος	122
ΣΧΗΜΑ 49 : Ποσοστά τελευταίων γεγονότων ανά 1000 πλοία με βάση τον τύπο του πλοίου και του ατυχήματος	122
ΣΧΗΜΑ 50 : Κατανομή των ατυχημάτων ανά 1000 πλοία με βάση τον τύπο του πλοίου	127
ΣΧΗΜΑ 51 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1980 - 2009	133
ΣΧΗΜΑ 52 : Αθροιστική συχνότητα του αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1980 - 2009	133
ΣΧΗΜΑ 53 : Αντίστροφη αθροιστική συχνότητα του αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1980 - 2009	134
ΣΧΗΜΑ 54 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος , για τα έτη 1980 - 1990	135

ΣΧΗΜΑ 55 : Αθροιστική συχνότητα του αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1980 - 1990	135
ΣΧΗΜΑ 56 : Αντίστροφη αθροιστική συχνότητα του αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1980 - 1990	136
ΣΧΗΜΑ 57 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος , για τα έτη 1991 - 2009	136
ΣΧΗΜΑ 58 : Αθροιστική συχνότητα του αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1991 - 2009	137
ΣΧΗΜΑ 59 : Αντίστροφη αθροιστική συχνότητα του αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1991 - 2009	138
ΣΧΗΜΑ 60 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος , για τα έτη 1980 - 2009, για πλοία τύπου Spec. / Small	139
ΣΧΗΜΑ 61 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος , για τα έτη 1980 - 2009, για πλοία τύπου Handymax	139
ΣΧΗΜΑ 62 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος , για τα έτη 1980 - 2009, για πλοία τύπου Panamax	140
ΣΧΗΜΑ 63 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος , για τα έτη 1980 - 2009, για πλοία τύπου Aframax	140
ΣΧΗΜΑ 64 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος , για τα έτη 1980 - 2009, για πλοία τύπου Suezmax	141
ΣΧΗΜΑ 65 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος , για τα έτη 1980 - 2009, για πλοία τύπου VLCC - ULCC	142
ΣΧΗΜΑ 66 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος , για τα έτη 1980 - 2009, για διαρροές κάτω των 160 m ³ (Μικρές διαρροές)	143
ΣΧΗΜΑ 67 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος , για τα έτη 1980 - 2009, για διαρροές μεταξύ 160 και 28.000 m ³ (Μεγάλες διαρροές)	143
ΣΧΗΜΑ 68 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος , για τα έτη 1980 - 2009, για διαρροές άνω των 28.000 m ³ (Πολύ μεγάλες διαρροές)	144
ΣΧΗΜΑ 69 : Πεδίο λύσεων που εφαρμόζεται στο πρόβλημα του ολοκληρώματος ...	146
ΣΧΗΜΑ 70 : Αθροιστική συχνότητα του μεγέθους διαρροής (για διαρροές 160 - 2.000 m ³) ...	147
ΣΧΗΜΑ 71 : Αθροιστική συχνότητα του μεγέθους διαρροής (για διαρροές άνω των 2.000 m ³)	148
ΣΧΗΜΑ 72 : Αθροιστική συχνότητα του μεγέθους διαρροής (για διαρροές άνω των 160 m ³)	149

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τις πρώτες προσπάθειες του ανθρώπου να κατακτήσει και να δαμάσει τη θάλασσα, επιχειρώντας να διεξάγει το θαλάσσιο εμπόριο, την επικοινωνία και τους πολέμους με άλλους παράλιους λαούς, άρχισαν να εμφανίζονται και τα πρώτα ναυτικά ατυχήματα. Οι αρνητικές επιδράσεις δηλαδή των στοιχείων της φύσης και των ατυχών γεγονότων που συμβαίνουν στα πλοία.

Ως ναυτικό ατύχημα σήμερα, θεωρείται κάθε συμβάν που επιφέρει δυσμενείς συνέπειες στην ασφάλεια του πλοίου, στη ζωή των επιβαινόντων, στην αξία του φορτίου και στο θαλάσσιο περιβάλλον. Το ναυτικό ατύχημα παρουσιάζεται και εξετάζεται ανάλογα, με τα αίτια που το προκαλούν, τις συνθήκες κάτω από τις οποίες επήλθε και τις συνέπειες που προκάλεσε.

Τα πλοία μεταφοράς πετρελαίου, που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη, εμφανίστηκαν στο χώρο της ναυτιλίας τις τελευταίες δεκαετίες του 19^{ου} αιώνα. Παρά το γεγονός αυτό, σημαντικές αποφάσεις έχουν παρθεί παγκοσμίως κατά καιρούς για τον συγκεκριμένο τύπο πλοίων λόγω των σοβαρών συνεπειών από ενδεχόμενο ατύχημά τους.

Τις τελευταίες δεκαετίες, στον τομέα της ναυτιλίας έχουν λάβει χώρα σημαντικές εξελίξεις που αφορούν τη σχεδίαση και τους κανονισμούς λειτουργίας ενός πλοίου. Παρά το γεγονός όμως αυτό, τα ναυτικά ατυχήματα που συμβαίνουν ανά τον κόσμο στα πλοία μεταφοράς πετρελαίου και οι συνέπειες από αυτά, δεν έχουν μειωθεί σε βαθμό τέτοιο που να δικαιολογεί τις αλλαγές αυτές.

Ένα ατύχημα σε δεξαμενόπλοιο (tanker) μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες τόσο στο ίδιο το πλοίο και στους επιβαινόντες σε αυτό, όσο και στο περιβάλλον καθώς οι ποσότητες πετρελαίου που μεταφέρονται είναι πολύ μεγάλες. Τα συχνότερα εμφανιζόμενα ατυχήματα είναι, ατυχήματα σύγκρουσης πλοίων, επαφής πλοίων με

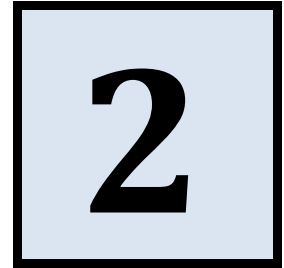
σταθερά ή επιπλέοντα αντικείμενα , ατυχήματα προσάραξης , έκρηξης - φωτιάς , ατυχήματα κατασκευαστικής αστοχίας της γάστρας , αστοχίας μηχανικών εξαρτημάτων του πλοίου κλπ. Τα περισσότερα απ' αυτά μπορεί να οδηγήσουν σε δυνητική απώλεια της υδατοστεγούς ακεραιότητας του πλοίου (LOWI).

Συνεπώς , λόγω των πολλαπλών συνεπειών , κρίνεται απαραίτητο να εντοπιστούν και να αναλυθούν οι αιτίες που μπορούν να οδηγήσουν ένα δεξαμενόπλοιο σε ατύχημα . Απαραίτητα βοηθήματα προς αυτή την κατεύθυνση είναι η μελέτη προγενέστερων ατυχημάτων , η στατιστική ανάλυσή και ποσοτική ερμηνεία τους .

Η χρήση κατάλληλων πηγών είναι αναγκαία για τη διερεύνηση των λόγων που οδήγησαν ένα πλοίο σε ατύχημα . Στην παρούσα έκθεση , χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία και πληροφορίες από ατυχήματα σε δεξαμενόπλοια που περιέχονται στη βάση δεδομένων CTX (CTX Casualty Database). Η εν λόγω βάση , διαπιστώθηκε ότι περιέχει την περιεκτικότερη στατιστική επισκόπηση ατυχημάτων δεξαμενοπλοίων για την περίοδο υποβολής εκθέσεων 1980 - 2009 .

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

ΚΕΦΑΛΑΙΟ



ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δεδομένου ότι αναφερόμαστε σε δεξαμενόπλοια (tankers), φρόνιμο θα ήταν να γνωρίζουμε τις νομοθετικές διατάξεις που αφορούν αυτά και πως αυτές διαμορφώθηκαν στην πορεία των ετών. Αρκετά σοβαρά ατυχήματα έπαιξαν, όπως θα δούμε, σημαντικό ρόλο στους κανονισμούς που θεσπίστηκαν παγκοσμίως για τον συγκεκριμένο τύπο πλοίων.

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

Εξαιρουμένων των προδιαγραφών υποδιαίρεσης και επιτρεπόμενου ύψους εξάλων, που ήταν οι πρώτοι κανονισμοί που τέθηκαν ανεξαιρέτως για όλους τους τύπους εμπορικών πλοίων, η εκτεταμένη ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος λόγω ατυχημάτων των συγκεκριμένων πλοίων οδήγησαν στις πρώτες ειδικές προδιαγραφές.

Το πρόβλημα της μόλυνσης στο θαλάσσιο περιβάλλον άρχισε να απασχολεί τον κόσμο της ναυτιλίας από πολύ νωρίς, ήδη μετά τον Πρώτο Παγκόσμιο πόλεμο (Ουάσινγκτον, 1926). Παρ' όλ' αυτά, οι πρώτες ουσιαστικές προσπάθειες προς την κατεύθυνση της πρόληψης και αποφυγής της μόλυνσης εμφανίστηκαν το 1954 από τη μεριά της Μεγάλης Βρετανίας, η οποία προγραμμάτισε μια διάσκεψη που οδήγησε

στην υιοθέτηση της πρώτης διεθνούς συνθήκης για την αποτροπή της ρύπανσης των θαλασσών λόγω της απόρριψης πετρελαίου από τα πλοία. Η πρώτη σύμβαση λοιπόν, γνωστή ως OILPOL, διατυπώθηκε το 1954 και καθόριζε τα πρώτα μέτρα για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Επιγραμματικά, απαγόρευε την απόρριψη των υπολειμμάτων πετρελαίου ή οποιουδήποτε μίγματος πετρελαίου που περιέχεις πάνω από 100 μέρη ανά εκατομμύριο του πετρελαίου εντός μίας συγκεκριμένης απόστασης κατά μήκος των ακτών, σε όλα τα πλοία ανεξαρτήτως τύπου. Από τη στιγμή αυτή και μετά, το πρόβλημα της μόλυνσης έγινε μόνιμο θέμα στη διεθνή ατζέντα και ο φορέας ο οποίος θα ασχολούταν αποκλείστηκε με το θέμα αυτό, θα ήταν ο νεοσύστατος τότε οργανισμός IMO (International Maritime Organization).

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) δημιουργήθηκε το 1948 σε μια διάσκεψη που οργανώθηκε από τα Ηνωμένα Έθνη, με σκοπό, πρωτίστως, τη λήψη μέτρων για την ασφάλεια στη ναυτιλία. Η λειτουργία του οργανισμού καθυστέρησε κάποια χρόνια εξαιτίας της διστακτικότητας και της δυσπιστίας κάποιων χωρών, μέχρι το 1959 όπου έγινε η πρώτη συνεδρίαση και εφεξής όποια μέτρα εγκρίνονται, περιλαμβάνονται σε διεθνής συνθήκες οι οποίες είναι γνωστές ως Συμβάσεις. Ο οργανισμός αυτός πλέον αποτελείται από 153 μέλη και εκτός από τα μέτρα που λαμβάνει, βοηθά και στην εφαρμογή τους τις διάφορες κυβερνήσεις.

Η προσάραξη του δεξαμενοπλοίου Torrey Canyon το 1967 στο Αγγλικό Κανάλι, ανάγκασε τις υποεπιτροπές του IMO να λάβουν σοβαρά υπ' όψιν το ενδεχόμενο της εκτεταμένης θαλάσσιας μόλυνσης σε περίπτωση ατυχήματος. Έτσι, υιοθετήθηκε η πρώτη σύμβαση σχετική με την αποφυγή θαλάσσιας μόλυνσης, ΔΣ MARPOL 1973, με πεδίο εφαρμογής πλοία μεταφοράς πετρελαίου και παραγώγων αυτού, χημικών και άλλων επικινδύνων ουσιών. Διατυπώθηκαν κανόνες για τη φορτοεκφόρτωση και τον έλεγχο των τερματικών σταθμών και ορίστηκαν οι ειδικές θαλάσσιες περιοχές, όπως η Μεσόγειος Θάλασσα, με υψηλότερες προδιαγραφές ασφάλειας έναντι ρύπανσης.

Με το σκεπτικό ότι όσο πιο ασφαλές είναι ένα πλοίο, τόσο μικρότερη η πιθανότητα να υπάρξει ατύχημα με διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα, προστίθενται μια σειρά από νέα μέτρα, καταλήγοντας στην πολύ σημαντική σύμβαση η οποία είναι γνωστή με την ονομασία SOLAS 1974 (Safety Of Life At Sea) και η οποία περιλαμβάνει ειδικές απαιτήσεις για τα δεξαμενόπλοια. Στα πλαίσια λοιπόν της γενικότερης ασφάλειας των δεξαμενόπλοιων, υιοθετήθηκαν στη ΔΣ SOLAS 1974 ειδικές διατάξεις σχετικές με την ασφάλεια έναντι πυρκαγιάς, την αδρανοποίηση των δεξαμενών φορτίου και εισήχθη η υποχρέωση της εγκατάστασης συστήματος αδρανούς αερίου στα νεότευκτα και υπάρχοντα πλοία μεγαλύτερα των 20.000 τόνων DWT.

Η προσάραξη του δεξαμενοπλοίου Argo Merchant το 1976, έδωσε το έναυσμα για νέες συζητήσεις και τη σύνταξη επιπρόσθετων μέτρων τα οποία υιοθετήθηκαν μετά την προσάραξη του δεξαμενοπλοίου Amoco Cadiz, το 1978, στο Πρωτόκολλο 78 της ΔΣ MARPOL 73 (MARPOL 73/78). Το σημαντικότερο στοιχείο του Πρωτοκόλλου 78,

ήταν η θέση των διαχωρισμένων δεξαμενών έρματος ώστε να προστατεύεται η διαρροή πετρελαίου μετά από σύγκρουση ή προσάραξη.

Η προσάραξη του δεξαμενοπλοίου E Exxon Valdez το 1989 καθώς και η προκληθείσα εκτεταμένη θαλάσσια ρύπανση, οδήγησε στην πρώτη συμφωνία που αφορούσε συγκεκριμένη περιοχή εφαρμογής, την συμφωνία OPA 90, ισχύος εντός των Αμερικάνικων υδάτων, με υποχρεωτική απαίτηση για τα δεξαμενόπλοια που έπλεαν στα συγκεκριμένα ύδατα να είναι διπλών τοιχωμάτων.

Το 1993 εισήχθησαν τροποποιήσεις στη ΔΣ MARPOL. Τα νεότευκτα δεξαμενόπλοια πρέπει να είναι διπλών τοιχωμάτων ή εναλλακτικής σχεδίασης που θα παρέχει ισοδύναμο βαθμό προστασίας έναντι της θαλάσσιας ρύπανσης, σε σύγκριση με τον αντίστοιχο βαθμό προστασίας πλοίων διπλών τοιχωμάτων (Κανονισμός 13F). Οι τροποποιήσεις αυτές εφαρμόστηκαν και στα υπάρχοντα πλοία, με χρονικά σταδιακή συμμόρφωση.

Το ατύχημα του δεξαμενοπλοίου Erika το 1999, ώθησε στην αναθεώρηση της ΔΣ MARPOL 73/78 (Κανονισμός 13G) και επέσπευσε τη συμμόρφωση των υφιστάμενων πλοίων. Επιπλέον, το ατύχημα αυτό οδήγησε την Ευρωπαϊκή Ένωση στη λήψη ειδικών μέτρων, ανεξαρτήτως του IMO, γνωστά σαν πακέτα μέτρων ERIKA I και ERIKA II.

Εν συνεχεία, το ατύχημα του δεξαμενόπλοιο Prestige, το 2002, ώθησε την Ευρωπαϊκή Ένωση στην υιοθέτηση του Κανονισμού 1726/2003 βάσει του οποίου επιταχύνεται η συμμόρφωση των υφιστάμενων πλοίων μονών τοιχωμάτων. Τέθηκε σε ισχύ τον Οκτώβριο του 2003 και το σχετικό χρονοδιάγραμμα προβλέπει την οριστική απόσυρση όλων των παλαιών δ/ξ μέχρι το 2015 ή νωρίτερα. Παράλληλα, ο IMO υιοθέτησε τροποποιήσεις στον Κανονισμό 13G της ΔΣ MARPOL 73/78 και εισήγαγε τον Κανονισμό 13H του Παραρτήματος I της ΔΣ MARPOL τον Δεκέμβριο του 2003 (Resolution MEPC.111(50) and Resolution MEPC.112(50)). Στις 5 Απριλίου του 2005 αρχίζει να ισχύει η τροπολογία 13G στο παράρτημα της ΔΣ MARPOL 73/78, σύμφωνα με την οποία εφαρμόζεται η διαδικασία σταδιακής απόσυρσης για τα μονόγαστρα πλοία κατασκευής ως τις 5 Απριλίου 1982, γνωστά ως προ-MARPOL tankers. Ταυτόχρονα, η τροπολογία αυτή θέτει και τις ημερομηνίες απόσυρσης για δεξαμενόπλοια διπλού τοιχώματος που έχουν συμπληρώσει το 25ο έτος της ηλικίας τους (Ηλιοπούλου, 2006).

Τον Ιούλιο του 2009 ψηφίζεται μια νέα τροποποίηση η οποία αναφέρεται στη μεταφορά φορτίου πετρελαίου μεταξύ δεξαμενοπλοίων εν πλω με ολική χωρητικότητα 150 τόνων και άνω. Η τροποποίηση αυτή τέθηκε σε ισχύ τον Ιανουάριο του 2011 και απαιτεί οποιοδήποτε δεξαμενόπλοιο που εμπλέκεται σε διαδικασίες μεταφοράς φορτίου πετρελαίου STS (Ship To Ship) να έχει, εν πλω, ένα σχέδιο που να προσδιορίζει τις διαδικασίες STS (το σχέδιο STS), οι οποίες θα εγκρίνονται από τη διοίκησή της εταιρείας του. Το σχέδιο αυτό θα πρέπει να γνωστοποιείται στο σχετικό παράκτιο κράτος τουλάχιστον 48 ώρες πριν από τις σχεδιασμένες διαδικασίες STS [10].

2.3 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΤΥΠΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΩΝ

Η υιοθέτηση της πρώτης σύμβασης σχετικά με την αποφυγή της θαλάσσιας μόλυνσης, ΔΣ MARPOL 1973, οδήγησε στις πρώτες παρεμβάσεις στη γάστρα των δεξαμενόπλοιων. Σύμφωνα με τη συνθήκη του 1973, τα νέα δεξαμενόπλοια (δηλαδή εκείνα των οποίων το συμφωνητικό κατασκευής τοποθετήθηκε μετά τις 31 Δεκεμβρίου 1975) άνω των 70.000 τόνων DWT, έπρεπε να διαθέτουν δεξαμενές διαχωρισμένου έρματος (segregated ballast tanks) έτσι ώστε να μπορούν να πλεύσουν χωρίς να υπάρξει ανάγκη να φέρουν έρμα στις δεξαμενές φορτίου. Τα πλοία αυτά είναι γνωστά ως προ-MARPOL δεξαμενόπλοια.

Το πρωτόκολλο του 1978 έκανε διάφορες σημαντικές αλλαγές στο παράρτημα I της αρχικής σύμβασης. Οι δεξαμενές διαχωρισμένου έρματος απαιτήθηκαν σε όλα τα νέα δεξαμενόπλοια 20.000 τόνων DWT και άνω. Επιπλέον, το πρωτόκολλο απαίτησε οι δεξαμενές διαχωρισμένου έρματος να έχουν και προστατευτικό ρόλο, δηλαδή να τοποθετηθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να προστατεύουν κατά ένα ορισμένο ποσοστό τις δεξαμενές φορτίου σε περίπτωση σύγκρουσης, επαφής, ή προσάραξης. Αυτά τα δεξαμενόπλοια είναι γνωστά ως SBT/PL (segregated ballast tanks / protectively located), ή ως μετά-MARPOL δεξαμενόπλοια. Τα νέα δεξαμενόπλοια στα οποία θα έπρεπε να ληφθούν υπόψη οι απαιτήσεις του πρωτοκόλλου του 1978, είναι τα εξής:

1. Τα δεξαμενόπλοια των οποίων το συμφωνητικό κατασκευής τοποθετείται μετά την 1η Ιουνίου 1979,
2. τα δεξαμενόπλοια τα οποία βρίσκονται στο στάδιο τοποθέτησης της τρόπιδας είτε σε ένα παρόμοιο στάδιο της κατασκευής τους μετά την 1^η Ιανουαρίου 1980 ελλείψει του συμφωνητικού κατασκευής,
3. τα δεξαμενόπλοια, η παράδοση των οποίων τοποθετείται μετά την 1η Ιουνίου 1982 και
4. τα δεξαμενόπλοια που έχουν υποβληθεί σε σημαντική μετασκευή από την 1η Ιουνίου 1979 έως την 1η Ιουνίου 1982.

Δεδομένου ότι η ΔΣ MARPOL 1973 δεν είχε τεθεί ακόμα σε ισχύ όταν υιοθετήθηκε το πρωτόκολλο του 1978 (Φεβρουάριος του 1978), το πρωτόκολλο της MARPOL του 1978 απορρόφησε την αρχική συνθήκη. Η διεθνής συνθήκη που αναφέρεται ως MARPOL 73/78, ή απλά ως MARPOL από το 2005, τέθηκε σε ισχύ στις 2 Οκτωβρίου 1983 (παραρτήματα I και II).

Οι τροποποιήσεις του 1992 στο παράρτημα I της MARPOL τέθηκαν σε ισχύ στις 6 Ιουλίου 1993 και εισήγαγαν τις απαιτήσεις διπλής γάστρας για τα δεξαμενόπλοια. Οι τροποποιήσεις αυτές αφορούσαν δεξαμενόπλοια τα οποία παραγγέλθηκαν μετά τις

6 Ιουλίου 1993, των οποίων είτε η τρόπιδα τοποθετήθηκε από τις 6 Ιανουαρίου 1994 και έπειτα, είτε επρόκειτο να παραδοθούν από τις 6 Ιουλίου του 1996 και έπειτα.

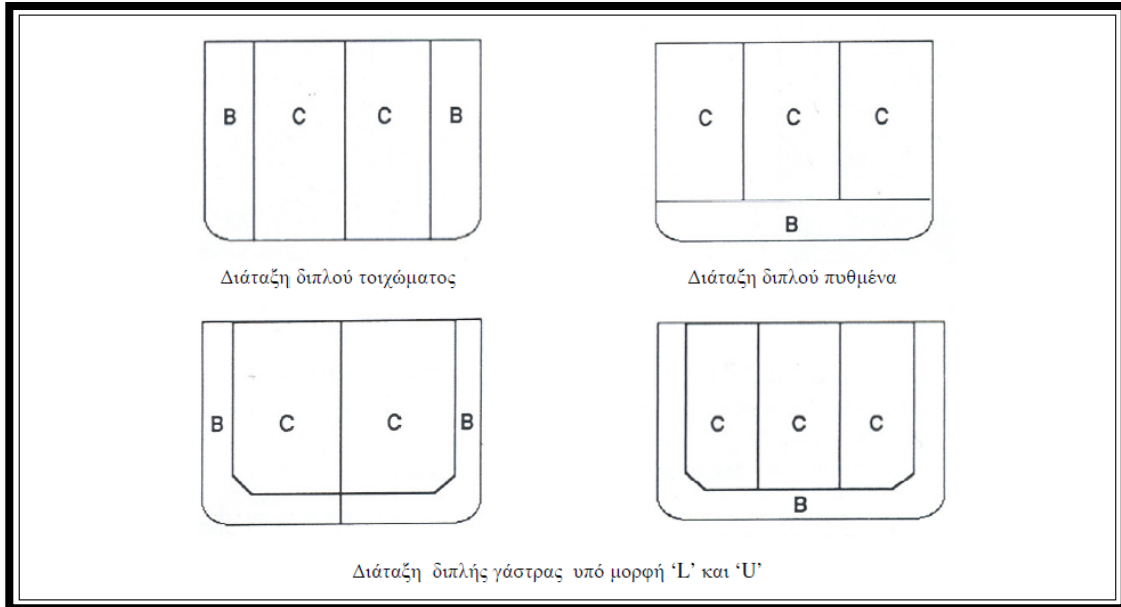
Η τροποποίηση αφορά και τα δεξαμενόπλοια που ναυπηγήθηκαν πριν από τις 6 Ιουλίου 1993, χωρίς να είναι υποχρεωμένα να προβούν σε αλλαγές εντός μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Τα δεξαμενόπλοια νέας κατασκευής καλύπτονται από τον κανονισμό 13F, που απαιτεί όλα τα νέα δεξαμενόπλοια 5.000 DWT και άνω να διαθέτουν διπλή γάστρα με ύψος διπυθμένου και πλαϊνών τοιχωμάτων μέχρι 2 μέτρα (στα δεξαμενόπλοια κάτω από 5.000 DWT το διάστημα πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,76 m), ενώ ο κανονισμός 13G (1995) ισχύει για τα ήδη υπάρχοντα. Ο κανονισμός 13G ισχύει για δεξαμενόπλοια αργού πετρελαίου 20.000 τόνων DWT και άνω και για δεξαμενόπλοια παραγωγών πετρελαίου 30.000 τόνων DWT και άνω και τέθηκε σε ισχύ στις 6 Ιουλίου 1995. Σύμφωνα με αυτόν τον κανονισμό, τα δεξαμενόπλοια που συμπλήρωσαν το 25ο έτος της ηλικίας τους θα πρέπει να διαθέτουν διπλή γάστρα. Στην περίπτωση όπου τα πλοία αυτά έχουν συμμορφωθεί με το πρωτόκολλο του 1978, μπορούν να φτάσουν και το 30ο έτος.

Στην τροποποίηση του 2001 στο παράρτημα I, παρουσιάζεται ένα νέο χρονοδιάγραμμα για την επιτάχυνση της σταδιακής κατάργησης των δεξαμενοπλοίων μονής γάστρας που αναθεωρήθηκε στη συνέχεια και επιταχύνθηκε περαιτέρω από τις τροποποιήσεις που έγιναν το 2003 και τέθηκαν σε ισχύ τον Απρίλιο του 2005. Το χρονοδιάγραμμα για τη σταδιακή κατάργηση των δεξαμενοπλοίων μονής γάστρας είναι το ακόλουθο:

- Για δεξαμενόπλοια μονής γάστρας μη SBT/PL: στις 5 Απριλίου 2005, για τα πλοία που έχουν παραδοθεί στις 5 Απριλίου 1982 ή νωρίτερα, ενώ για πλοία που έχουν παραδοθεί μετά τις 5 Απριλίου 1982, στην ημερομηνία επετείου της παράδοσης του κατά το έτος 2005.
- Για δεξαμενόπλοια μονής γάστρας SBT/PL: στις 5 Απριλίου 2005, πλοία που έχουν παραδοθεί στις 5 Απριλίου 1977 ή νωρίτερα, το 2005 για πλοία που έχουν παραδοθεί μετά τις 5 Απριλίου 1977 αλλά πριν την 1η Ιανουαρίου 1978, το 2006 για πλοία που έχουν παραδοθεί το 1978 και το 1979, το 2007 για πλοία που έχουν παραδοθεί το 1980 και το 1981, το 2008 για πλοία που έχουν παραδοθεί το 1982, το 2009 για πλοία που έχουν παραδοθεί το 1983 και το 2010 για πλοία που έχουν παραδοθεί το 1984 ή αργότερα.

Ο αναθεωρημένος κανονισμός παρέχει τη δυνατότητα στη σημαία να επιτρέψει τη συνέχιση της λειτουργίας των μετά-MARPOL δεξαμενοπλοίων πέρα από το 2010 μέχρι το 2015 ή στην ημερομηνία κατά την οποία το πλοίο φθάνει στο 25ο έτος της ηλικίας του, όποιο έρθει νωρίτερα. Επίσης, για τα μετά-MARPOL δεξαμενόπλοια ETQQ που διαθέτουν είτε διπλά τοιχώματα είτε διπλό πυθμένα, η σημαία μπορεί να επιτρέψει τη συνέχιση της λειτουργίας πέρα από το 2010, μέχρι την ημερομηνία κατά την οποία το πλοίο φθάνει στο 25ο έτος της ηλικίας του. Βέβαια, ο κανονισμός αυτός παρέχει συγχρόνως τη δυνατότητα στην εκάστοτε λιμενική αρχή να απαγορεύσει την πλεύση τέτοιων δεξαμενοπλοίων στα χωρικά της ύδατα.

Ως αποτέλεσμα όλων των παραπάνω εξελίξεων, έχει προκύψει μια ποικιλία εν-αλλακτικών μορφών στη διάταξη της γάστρας των δεξαμενοπλοίων τα τελευταία 25 χρόνια. Στην εικόνα που ακολουθεί, εμφανίζονται οι διατάξεις της γάστρας των δεξαμενοπλοίων που μπορεί να συναντήσουμε στις μέρες μας.



Εικόνα 1: Τυπικές διατάξεις γάστρας δεξαμενοπλοίων

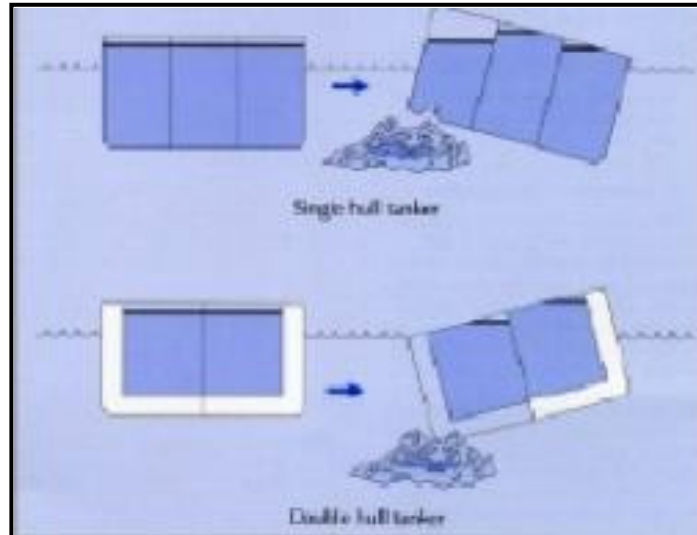
2.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΛΟΙΩΝ ΜΟΝΟΥ ΚΑΙ ΔΙΠΛΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Τα μέτρα που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο ελήφθησαν για να αποφευχθεί ή να μειωθεί η πετρελαϊκή ρύπανση σε περιπτώσεις προσάραξης ή σύγκρουσης, που οδηγούσαν σε ζημιά του πυθμένα ή των πλαϊνών του πλοίου. Στην εικόνα 2 μπορούμε να δούμε τη διαφορά των δύο τύπων γάστρας στην περίπτωση που προκύψει ρήγμα στον πυθμένα.

Ένα δεξαμενόπλοιο διπλού τοιχώματος ορίζεται ως ένα πλοίο σχεδιασμένο για την μεταφορά πετρελαίου χύδην σε χώρους που προστατεύονται από το περιβάλλον μέσω διπλού τοιχώματος που αποτελείται από διπλές πλευρές και διπλό πυθμένα, χώροι που χρησιμοποιούνται μόνο για τη μεταφορά έρματος (AMSA, 2011). Οι ειδικοί αυτοί χώροι επεκτείνονται σε όλο το μήκος του χώρου φορτίου.

Κατά τη διάρκεια της θέσπισης του OPA 90 και του κανονισμού 13 που αναφέρθηκαν παραπάνω, συζητήθηκε έντονα η αποτελεσματικότητα των δ/ξ διπλού

τοιχώματος ως προς τη μείωση του κίνδυνου ρύπανσης. Δεχόμενοι ότι ο υψηλότερος κίνδυνος να συμβεί σύγκρουση ή προσάραξη είναι κοντά σε λιμάνια, όπου τα δ/ξ πλέουν με μειωμένη ταχύτητα, καθώς και σε ύδατα με αυξημένη κίνηση πλοίων και χωρίς άνεση χώρου, τότε είναι σαφώς πιο πιθανό το ατύχημα, αν συμβεί, να είναι μειωμένης ενέργειας. Υπό αυτές τις συνθήκες, το διπλό τοίχωμα θα μειώσει σίγουρα τον κίνδυνο διαρροής πετρελαίου.



Εικόνα 2 : Περίπτωση ζημιάς στον πυθμένα

Όταν αρχικά επιβλήθηκαν μέσω των παραπάνω κανονισμών τα πλοία διπλών τοιχωμάτων, εκφράστηκαν ανησυχίες και ειπώθηκε ότι είχε εγγενή προβλήματα ο σχεδιασμός τους που μπορούσε να υπονομεύσει την ασφαλή λειτουργία τους. Τα προβλήματα αυτά αναφέρονται στη συντήρηση, τη λειτουργία, την κατασκευή, τη διάσωση, το σχεδιασμό, τον αερισμό και την πρόσβαση τέτοιων χώρων στα δ/ξ.

Η σωστή συντήρηση είναι ευθύνη του ιδιοκτήτη και του υπεύθυνου μηχανικού. Αν δεν διατηρηθεί η ακεραιότητα των προστατευτικών επιστρώσεων και η σωστή προστασία στις δεξαμενές έρματος, μπορεί να οδηγήσει σε διαρροή, ρύπανση ή και φωτιά. Οι πιθανότητες να συμβεί αυτό σε double hull tanker είναι περισσότερες, διότι έχει συνολικά 2 με 3 φορές περισσότερες εσωτερικές επιφάνειες. Για τον ίδιο λόγο, αν καταστραφεί η επίστρωση είναι πιο δύσκολο να φτιαχτεί από την αρχή, σε σύγκριση με ένα single hull tanker.

Όσον αφορά την κατασκευή, οι χώροι έρματος στα δ/ξ διπλών τοιχωμάτων είναι πιο εύκολα προσβάσιμοι, αφού συνήθως έχουν 2 - 3,5 μέτρα φάρδος (ή ύψος), επιτρέποντας την επιθεώρησή τους από κοντά. Ακόμη, συχνά υπάρχουν ειδικές κατασκευές που χρησιμεύουν ως πλατφόρμες και διευκολύνουν την επιθεώρηση.

Η εσωτερική επιθεώρηση των χώρων φορτίου, παραμένει προβληματική τόσο σε δ/ξ μονού, όσο και διπλού τοιχώματος. Μια εκτενή διαδικασία πλυσίματος της δεξαμενής, έλεγχος εύφλεκτων αερίων και καλός αερισμός, είναι απαραίτητα πριν την είσοδο σε δεξαμενές φορτίου.

Σε ό,τι έχει να κάνει με την ευστάθεια, τα δ/ξ διπλού τοιχώματος έχουν δυο διακριτά λειτουργικά μειονεκτήματα. Πρώτον, για δεδομένο βύθισμα, η πρόσθεση διπλών τοιχωμάτων αυξάνει το κέντρο βάρους του πλοίου και δεύτερον, υπάρχουν περισσότερες ελεύθερες επιφάνειες. Αν δεν υπάρχει κατάλληλος σχεδιασμός, όπως διαμήκη φρακτή που να χωρίζει στα δυο το χώρο φορτίου, μπορεί να κριθούν απαραίτητες διαδικασίες διατήρησης ευστάθειας και ίσως να περιοριστούν οι διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης.

Μεγάλη προσοχή επίσης χρειάζεται στις διαρροές φορτίου στο χώρο έρματος που μπορεί να συμβεί μέσω ρωγμών των διαχωριστικών τοιχωμάτων. Σε κάτι τέτοιο είναι πιο επιρρεπή τα πλοία διπλών τοιχωμάτων.

Επιπλέον, η δημιουργία ιζήματος στις δεξαμενές έρματος αποτελεί περισσότερο πρόβλημα των πλοίων διπλού παρά μονού τοιχώματος.

Άλλο ένα πλεονέκτημα των double hull tankers, είναι ότι το σύστημα σωληνώσεων είναι εντελώς διαχωρισμένο και ανεξάρτητο, ώστε μια πιθανή διαρροή σωλήνα έρματος να μην επηρεάζει το φορτίο, αφού δεν περνά μέσα από δεξαμενή φορτίου.

Ως προς την κατασκευή τους, τα πλοία διπλών τοιχωμάτων χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή στην επίστρωση του εσωτερικού των δεξαμενών έρματος, διότι είναι οι πιο επιρρεπείς επιφάνειες στη διάβρωση. Αυτό οφείλεται στην πολύ διαβρωτική φύση του θαλασσινού νερού (έρμα). Καθότι οι δεξαμενές έρματος είναι πιο μακριές και στενές στα δ/ξ διπλών τοιχωμάτων, η δουλειά του ναυπηγείου γίνεται πιο δύσκολη και σύνθετη ώστε το αποτέλεσμα να είναι ικανοποιητικό. Οπότε, είναι και στην ευχέρεια του πλοιοκτήτη αν θα καλύψει τα επιπλέον έξοδα που πιθανόν να ζητηθούν από το ναυπηγείο για ένα ασφαλές και αξιόπιστο αποτέλεσμα. Βέβαια, κάποια χαρακτηριστικά των double hull tankers είναι ευκολότερα στην κατασκευή για το ναυπηγείο απ' ό,τι τα single hull, όπως ότι τα διπλά πλαϊνά και το διπύθμενο σχηματίζουν φυσικά τρισδιάστατα στέρεα δομικά στοιχεία, λιγότερο ευαίσθητα στην παραμόρφωση από τα κατά κύριο λόγο δισδιάστατα των μονών τοιχωμάτων πλοίων. Όμως, το μειονέκτημα είναι ότι αυξάνονται οι σταυροειδείς αρθρώσεις (ενώσεις των τρισδιάστατων στοιχείων μεταξύ τους), πολλές από τις οποίες βρίσκονται σε κρίσιμες περιοχές (υψηλή συγκέντρωση ισχυρών τάσεων μπορεί να οδηγήσει σε πρόωμη αστοχία της αρχικής κατασκευής).

Αν ένα double hull δ/ξ προσαράξει και καταστραφεί το εξωτερικό περίβλημα, το πιο πιθανόν είναι να μην διαπεραστεί η εσωτερική γάστρα. Ενώ σε ένα single hull θα είχαμε διαρροή μιας ποσότητας φορτίου μέχρι το πλοίο να ελαφρύνει αρκετά ώστε να μπορεί να επιπλεύσει ξανά. Το μέγεθος της διαρροής θα εξαρτιόταν από το μέγεθος και το σημείο της ζημιάς στη γάστρα, με αποτέλεσμα κλίση του πλοίου και σχετιζόμενο φαινόμενο παλίρροιας.

Αν προσαράξει ένα διπύθμενο πλοίο με δεξαμενές έρματος διπυθμένου σχήματος "L", θα προκληθεί κατάκλιση στη μια πλευρά που θα οδηγούσε σε σημαντική κλίση, κάτι το οποίο θα έπρεπε να διορθωθεί γεμίζοντας μια δεξαμενή στην αντίθεση θέση. Αν όμως το πλοίο παραμείνει προσαραγμένο, τότε θα έπρεπε να είχε προβλεφτεί η

αντίστοιχη κλίση του πλοίου όταν αυτό επαναπλεύσει και συμπεριληφθεί στο σχέδιο διάσωσης. Τα σχετικά προτερήματα ή ελαττώματα των δ/ξ μονού ή διπλού τοιχώματος στην παραπάνω περίπτωση εξαρτώνται επιπλέον από τις καιρικές συνθήκες και την ικανότητα και διαθεσιμότητα των διασωστών, αλλά γενικά θα έπαιρνε περισσότερο χρόνο να ανελκυστεί το κατεστραμμένο διπλού τοιχώματος από ένα όμοια κατεστραμμένο μονού.

Όσον αφορά τη σχεδίαση, τα δ/ξ διπλού τοιχώματος λειτουργούν δεχόμενα 30 % υψηλότερες πιέσεις από τα μονού τοιχώματος λόγω της ομοιόμορφης κατανομής φορτίου και έρματος σε όλο το μήκος του πλοίου. Ενώ στα δ/ξ μονού τοιχώματος οι δεξαμενές έρματος μπορούν να τοποθετηθούν έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι διαμήκεις καμπτικές και διατμητικές δυνάμεις. Ως αποτέλεσμα, στα διπλού τοιχώματος εμφανίζονται πιο σύντομα ρωγμές από κόπωση.

Τα δ/ξ μονού τοιχώματος χρειάζονται διαμήκεις φρακτές που διαπερνούν το χώρο φορτίου και παρέχουν διαμήκη αντοχή. Δε συμβαίνει όμως το ίδιο με τα διπλού, αφού η εσωτερική γάστρα παρέχει επαρκή διαμήκη αντοχή, διαθέτοντας προς χρήση πολύ φαρδύτερο χώρο φορτίου με σημαντικά αυξημένη την επίδραση των ελεύθερων επιφανειών. Το φαινόμενο των ελεύθερων επιφανειών των χώρων φορτίου σε συνδυασμό με αυτό των χώρων ερματισμού οδηγούν σε αξιοσημείωτη μείωση της ευστάθειας σε άθικτη κατάσταση. Αναπόφευκτα, η ευστάθεια σε κατάσταση βλάβης είναι ακόμα πιο δύσκολο να διατηρηθεί και χρειάζεται πολύ προσοχή στην κατανομή του φορτίου πάνω στο κατάστρωμα των δ/ξ με διπλά τοιχώματα.

Η κυψελοειδής δομή των πλαϊνών δεξαμενών του διπύθμενου καθιστά τον επαρκή αερισμό αυτών των χώρων πολύ σημαντικό, δεδομένου ότι άνθρωποι αναμένεται να εισέρχονται τακτικά για να ελέγχουν για διάβρωση, διαρροή φορτίου και δημιουργία ιζήματος. Για να γίνεται σωστός αερισμός, πρέπει να έχει προβλεφτεί από τη φάση του σχεδιασμού ή δημιουργία ανοιγμάτων.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3

ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα στοιχεία που αφορούν τα ναυτικά ατυχήματα συγκεντρώθηκαν από την έναρξη της θαλάσσιας ασφάλισης και έπειτα. Κατά καιρούς έχουν γίνει προσπάθειες ώστε να αναλυθούν τα στοιχεία αυτά για τη δημιουργία κανονισμών σχετικών με τη σχεδίαση και τη μελέτη των πλοίων. Δυστυχώς αυτές οι προσπάθειες έχουν παρεμποδιστεί σοβαρά, εάν όχι συνολικά, από προβλήματα που σχετίζονται με την εγκυρότητα των ίδιων των στοιχείων. Τα στοιχεία για τα ατυχήματα λογοκρίνονται, είναι υποκειμενικά και σχεδόν πάντα δεν είναι ελέγξιμα.

Τα προβλήματα με τα υπάρχοντα δεδομένα και το σχεδιασμό όλων σχεδόν των βάσεων δεδομένων για ναυτικά ατυχήματα, είναι ότι επιχειρούν να χωρίσουν τα ατυχήματα με τέτοιο τρόπο ώστε καταλήγουν να δημιουργούν επικαλυπτόμενες κατηγορίες. Μ' αυτό τον τρόπο, προκαλούν σύγχυση αιτίου και αποτελέσματος και συνήθως αποτυγχάνουν να καταγράψουν οποιαδήποτε πραγματική αιτιώδης πληροφορία. Αυτά τα προβλήματα καθιστούν εύκολη τη δημιουργία συχνά ασήμαντων και άχρηστων συσχετίσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή οποιουδήποτε είδους αποτελεσμάτων που επιθυμεί η κάθε ειδική ομάδα ενδιαφέροντος.

Λαμβάνοντας υπόψη τα διάφορα δεδομένα, καταλήξαμε στην επιλογή της βάσης CTX Casualty Database για να μελετήσουμε τα ατυχήματα σε δεξαμενόπλοια κατά την περίοδο 1980 - 2009 (30ετία).

3.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

3.2.1 ΛΟΓΟΚΡΙΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το πρώτο πρόβλημα με τα στοιχεία ναυτικών ατυχημάτων είναι ότι δεν είναι καταγεγραμμένα. Τα πληρώματα τις περισσότερες φορές δεν εκθέτουν τα προβλήματα στον ιδιοκτήτη/ διευθυντή τους, εκτός αν αυτά είναι πολύ σοβαρά. Ξέρουν ότι οποιοδήποτε πρόβλημα αντιμετωπίζεται ως ψεγάδι και ότι ένα πλοίο χωρίς προβλήματα είναι ένα “καλό πλοίο”. Επίσης, γνωρίζουν ότι οι περισσότεροι ιδιοκτήτες δεν θέλουν να ακούσουν για τα προβλήματα και βεβαίως δεν θέλουν να μπλέξουν με γραφειοκρατικές διαδικασίες. Για τους λόγους αυτούς, σχεδόν όλα τα δευτερεύοντα ατυχήματα δεν γνωστοποιούνται.

Οι ιδιοκτήτες από την άλλη, δεν εκθέτουν τα προβλήματα στους Νηογνώμονες και στους Ασφαλιστές τους, εκτός αν αναγκαστούν ή αποφασίσουν να κάνουν μια δήλωση. Ακόμη και σημαντικά ατυχήματα μπορούν να καλυφθούν στο επίπεδο αυτό.

Για παράδειγμα, κάποιος περιέγραψε το παρακάτω ατύχημα: « Το 1986, αγοράσαμε ένα βρετανικό VLCC και το ονομάσαμε THE STATE. Το μητρώο του πλοίου ήταν απόλυτα καθαρό. Αλλά γρήγορα συνειδητοποιήσαμε ότι το μηχανοστάσιό του ήταν σκέτη καταστροφή. Η μια βλάβη διαδεχόταν την άλλη. Το σύστημα ελέγχου της γεννήτριας ήταν τόσο ασταθές και επιρρεπές σε διακοπές ρεύματος, που καταλήξαμε να απενεργοποιήσουμε το σύστημα αυτομάτου ελέγχου, μία εξαιρετικά επικίνδυνη κίνηση. Το χειρότερο πρόβλημα του πλοίου ήταν τα απότομα κλεισίματα των κύριων βαλβίδων για ελιγμούς πλώρης, με αποτέλεσμα για 10 έως 12 ώρες να παραμένει αδρανές. Αυτό συνέβη τέσσερις φορές σε λιγότερο από δύο χρόνια που ήταν υπό την κυριότητά μας. Κανένα από τα προβλήματα αυτά δεν αναφέρθηκαν στην Κλάση. Όταν το πουλήσαμε το 1988, δεν υπήρχαν καταγραφές για βλάβες. »

Και όταν ο Νηογνώμονας ή οι ασφαλιστές μάθουν για το ατύχημα, τα δεδομένα αυτά είναι με βάση το συμβόλαιο εμπιστευτικά. Εδώ είναι η δήλωση του Lloyds Register: « Ο LR θα κρατήσει εμπιστευτικές και δεν θα χρησιμοποιήσει ή αποκαλύψει σε τρίτους τυχόν τεχνικές πληροφορίες ή στοιχεία λειτουργίας που προκύπτουν από τον πελάτη εκτός από τις περιπτώσεις που μπορεί να απαιτείται από το νόμο ή που μπορεί να ζητηθεί από τον πελάτη. Αν συμβούν ένα από τα παραπάνω τότε θα λήξει η σύμβαση. »

Πολλά κατασκευαστικά προβλήματα παραμένουν κρυμμένα με τον τρόπο αυτό. Οι νηογνώμονες ασχολούνται μόνο με σημαντικές κατασκευαστικές αποτυχίες. Στις 31/12/2002, το ULCC HELLESPONT EMBASSY κατευθυνόταν νότια στο κανάλι Σουέζ σε κατάσταση ερματισμού. Ο πηδαλιούχος έστριψε πρώτα αριστερά και έπειτα δεξιά. Όταν προσπάθησε να εκτελέσει τη δεύτερη διαταγή, το πηδάλιο δεν αποκρίθηκε. Το σκάφος πρόσκρουσε σφοδρά στην όχθη. Το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία μιας

μεγάλης εσοχής στη γάστρα και μερικά από τα ενισχυτικά ήταν λυγισμένα. Το σκάφος οδηγήθηκε σε δεξαμενή καθαρισμού και για την επισκευή του χρειάστηκαν περίπου 50 τόνοι χάλυβα.

Νηογνώμονας και εκπρόσωποι της ασφαλιστικής εταιρείας, παρευρέθηκαν στο περιστατικό. Οι γραφειοκρατικές διαδικασίες ήταν πάρα πολλές, αλλά ακόμα το ατύχημα αυτό δεν έχει περαστεί σε καμία δημόσια βάση δεδομένων.

Σύμφωνα με τα ψηφίσματα του IMO, τα Flag States (κράτη - σημαίες) υποτίθεται ότι πρέπει να ερευνήσουν σε βάθος τα ατυχήματα πλοίων και να υποβάλλουν μια έκθεση στον IMO, ενέργεια στην οποία σπάνια προβαίνουν. Τα κράτη αυτά προσφωνούνται και Flags of Convenience αντί για Flag States.

Τον Φεβρουάριο του 2001, το 30.000 τόνων δεξαμενόπλοιο KRISTAL έσπασε ξαφνικά στα δύο όταν έπεσε σε κακοκαιρία στη βορειοδυτική Ισπανία. Έντεκα μέλη του πληρώματος σκοτώθηκαν. Αλλά δεδομένου ότι το φορτίο της ήταν μελάσα, δεν υπήρξε καμία δημόσια κατακραυγή (η βάση CTX εμπεριέχει το συγκεκριμένο ατύχημα). Σύμφωνα με τα αρχεία IMO, καμία έκθεση έρευνας δεν παραλήφθηκε από το κράτος - σημαία του πλοίου, τη Μάλτα. [IMO staff., (2004)]

3.2.2 ΑΠΡΟΣΠΕΛΑΣΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το δεύτερο πρόβλημα με τα στοιχεία ναυτικών ατυχημάτων, είναι ότι τα περισσότερα δεν είναι προσβάσιμα για επεξεργασία. Σχεδόν όλες οι παγκόσμιες βάσεις δεδομένων για ατυχήματα πλοίων είναι ιδιόκτητες. Μερικές χώρες διατηρούν τις βάσεις δεδομένων των ατυχημάτων που εμφανίζονται στα ύδατά τους και καθιστούν αυτό το στοιχείο διαθέσιμο στο κοινό. Αυτές περιλαμβάνουν την Αυστραλία, το Ηνωμένο Βασίλειο και τις ΗΠΑ. Εντούτοις, μόνο ιδιωτικές κερδοσκοπικές ομάδες έχουν παρέμβει ώστε να συνδυάσουν τα παγκόσμια στοιχεία, συμπεριλαμβανομένης της Lloyds Marine Intelligence Unit (LMIU), Aspen Publishers και Environmental Research Corp.

Για να έχει πρόσβαση κάποιος σ' αυτές τις ιδιωτικές βάσεις δεδομένων, πρέπει:

- να καταβάλει ένα σεβαστό χρηματικό ποσό και
- να αποδεχτεί τους περιορισμούς για τη χρήση τους.

Κανένας ερευνητής που σέβεται τον εαυτό του δε μπορεί να δεχτεί αυτούς τους περιορισμούς. Αυτό παραβιάζει μια από τις πιο βασικές αρχές της επιστήμης. Εάν οποιοσδήποτε δημοσιεύει κάποιο είδος περίληψης ή ανάλυσης των ατυχημάτων, τότε οποιοσδήποτε άλλος πρέπει να έχει πρόσβαση στα στοιχεία αυτά και να μπορεί να

αναπαραγάγει την ίδια περίληψη. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, τότε δεν αναφερόμαστε πλέον σε επιστήμη αλλά σε διαφήμιση.

Ένα σημαντικό όφελος της διαθεσιμότητας των στοιχείων, είναι η βελτίωση και η ανανέωσή τους. Εάν τα στοιχεία κάθε ατυχήματος είναι δημόσια διαθέσιμα, καθένας μπορεί να τα εξετάσει, να τα διορθώσει και να προσθέσει επιπλέον στοιχεία. Η ποιότητα των στοιχείων στις ιδιωτικές βάσεις δεδομένων είναι συχνά κακή και πρέπει να βελτιωθεί.

Πολλοί ναυτικοί, ναυαγοσώστες, ανταποκριτές για τις πετρελαιοκηλίδες κ.λπ. γνωρίζουν αρκετά πράγματα για τα εκάστοτε ατυχήματα, αλλά δεν υπάρχει κανένας εύκολος τρόπος για να συμβάλλουν και εκείνοι με την γνώση τους. Και έχει βεβαίως ελάχιστο νόημα αφού και να θέλουν δε μπορούν, αφού ο παραλήπτης κατόπιν παίρνει αυτή τη γνώση, τη μετατρέπει και τη χρησιμοποιεί για δικό του/της όφελος.

3.2.3 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΟΤΗΤΑ

Η διαδικασία μετατροπής των ελλιπών και μερικές φορές αλληλοσυγκρουόμενων περιγραφών σ' ένα σύνολο κωδικών για προγραμματισμό σε υπολογιστές, ενέχει απαραίτητως υποκειμενική κρίση, ειδικά όταν πρόκειται για την αντιστοίχιση των αιτιών με τους κωδικούς. Το γεγονός αυτό είναι αναπόφευκτο, αλλά το σημαντικό είναι ότι αυτές οι κρίσεις είναι διαφανείς και αναθεωρήσιμες. Αναθεωρήσιμος, εδώ σημαίνει ότι όχι μόνο πρέπει τα μεμονωμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων να είναι διαθέσιμα ανά πάσα στιγμή, αλλά και οι πηγές και οι περιγραφές στις οποίες η κωδικοποίηση έχει βασιστεί να είναι το ίδιο διαθέσιμες.

Είναι γεγονός ότι το ίδιο ατύχημα μπορεί να κωδικοποιηθεί από διαφορετικές βάσεις με διαφορετικό τρόπο. Αυτό δε σημαίνει απαραίτητα ότι κάποια από τις βάσεις έχει λάθος. Μπορεί απλά, ο σχεδιαστής της κάθε βάσης να έχει διαφορετικές απαιτήσεις, διαφορετικό σκεπτικό, ακόμα και διαφορετικά δεδομένα από τον άλλο. Επομένως, υπάρχουν περιπτώσεις ατυχημάτων που κανένας κώδικας δεν μπορεί πλήρως να τα αποτυπώσει.

Αυτό που είναι κρίσιμο, είναι ο χρήστης των στοιχείων όχι μόνο να είναι σε θέση να εξετάσει τη λογική αυτού που σχεδίασε την κωδικοποίηση των ατυχημάτων, αλλά και να αναθεωρήσει τη λογική πίσω από τη συγκεκριμένη επιλογή.

3.2.4 ΣΥΓΧΥΣΗ ΑΙΤΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ

Η βάση δεδομένων Sea Web έχει ένα πεδίο που λέγεται Initial Cause ή αλλιώς main Casualty Type , που χωρίζει τα ατυχήματα σε διάφορες κατηγορίες όπως η σύγκρουση , η προσάραξη , η πυρκαγιά/έκρηξη κ.λπ. Οι περισσότερες βάσεις δεδομένων ακολουθούν ένα παρόμοιο σκεπτικό.

Υπάρχουν όμως δύο βασικά προβλήματα με αυτή την προσέγγιση :

1. Στον πραγματικό κόσμο τα ατυχήματα δε χωρίζονται σε ακριβείς και συγκεκριμένες κατηγορίες. Πολλά ατυχήματα οφείλονται είτε σε κατασκευαστική αστοχία (structural failure) , είτε σε πυρκαγιά (fire) , είτε σε προσάραξη (grounding) κ.λπ. Η ακολουθία : 1) σύγκρουση , 2) πυρκαγιά , 3) προσάραξη , δεν είναι ασυνήθιστη.
2. Ακόμη πιο σημαντικό είναι το γεγονός ότι η σύγκρουση , η προσάραξη και η πυρκαγιά/έκρηξη , είναι συνέπειες και όχι αιτίες. Κάτι άλλο συνέβαινε πάντα πρώτα . Η ερώτηση κλειδί σε οποιοδήποτε ατύχημα δεν είναι εάν περιλάμβανε μια σύγκρουση , μια πυρκαγιά ή οτιδήποτε άλλο σχετικό , αλλά τι προκάλεσε τα γεγονότα αυτά .

Το 2008 , το πρόγραμμα *Safedor* παρουσίασε μια άλλη εργασία βασισμένη στη δική τους βάση δεδομένων. (Elioroulou E. , (March 2008))

Σύμφωνα με τα στοιχεία τους , η πυρκαγιά , η έκρηξη , η προσάραξη , η σύγκρουση κ.λπ. είναι πολύ σημαντικές αιτίες τόσο για τους θανάτους , όσο και για την εκροή υγρών. Δεδομένου όμως ότι δε γνωρίζουμε τι προκάλεσε αυτά τα γεγονότα , δεν μπορούμε να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα και να πάρουμε κάποια μέτρα ώστε να τις αποτρέψουμε . Για παράδειγμα , η βάση δεδομένων Sea Web , υποστηρίζει ότι οι σημαντικότερες αιτίες για πυρκαγιές και εκρήξεις , είναι οι μηχανολογικές βλάβες και επομένως εκεί θα πρέπει να στρέψουμε την προσοχή μας.

3.2.5 ΠΟΛΛΑΠΛΗ ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΑ

Η ύπαρξη περισσότερων από μια αιτιών είναι σύνηθες φαινόμενο στα ναυτικά ατυχήματα . Συναντάται συχνά η μορφή ατυχήματος το οποίο δεν θα είχε συμβεί εκτός αν το Α , το Β και το Γ συμβούν όλα μαζί . Το 1978 , ο κ. Ψαραύτης (καθηγητής ΕΜΠ) και άλλοι συνεργάτες του ανέλαβαν μια λεπτομερή μελέτη 75 ατυχημάτων , μελετώντας την ελληνική βάση δεδομένων του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας. (Psaraftis H. , (1998))

Η πολλαπλή αιτιολογία είναι επομένως ένα πραγματικό φαινόμενο το οποίο αγνοείται σχεδόν από όλες τις στατιστικές αναλύσεις των ναυτικών ατυχημάτων.

3.2.6 ΠΑΡΑΛΟΓΕΣ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ

Οι αναλύσεις των ναυτικών ατυχημάτων είναι κορεσμένες με αναλογίες και λόγους. Η διαδικασία είναι να διαιρεθούν οι θάνατοι ή ο όγκος των κηλίδων ή οποιοδήποτε δεδομένο που μας ενδιαφέρει με μια σταθερή μεταβλητή, όπως τα έτη των πλοίων. Η αναλογία που προκύπτει αποκαλείται συχνά συχνότητα. Το κύριο θεωρητικό πρόβλημα μ' αυτή την μεθοδολογία είναι η υπόθεση ότι η μεταβλητή για την οποία ενδιαφερόμαστε είναι γραμμική σε σχέση με τη σταθερή μεταβλητή.

Το κύριο πρακτικό πρόβλημα μ' αυτές τις αναλογίες, είναι ότι κρύβουν την κλίμακα. Είναι μια αναλογία μεγάλη, επειδή ο αριθμητής είναι μεγάλος ή ο παρονομαστής είναι μικρός; Θα έπρεπε η κοινωνία ν' ανησυχήσει περισσότερο για έναν θάνατο ανά ένα σκάφος - έτος ή χίλιους θανάτους σε δέκα χιλιάδες έτη πλοίων;

3.3 ΛΥΣΕΙΣ

3.3.1 ΛΟΓΟΚΡΙΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Δεν υπάρχουν πολλά που μπορούμε να κάνουμε για τα στοιχεία που έχουν να κάνουν με το πλοίο και τους ιδιοκτήτες και τα οποία λογοκρίνονται. Ο ISM κώδικας απαγορεύει ήδη τη λογοκρισία των στοιχείων, αλλά δεν εφαρμόζεται πάντοτε.

Εντούτοις, υπάρχει κάτι που οι λιμενικές αρχές μπορούν να κάνουν σ' ό,τι αφορά την Κλάση. Εάν ένα σκάφος εμπλακεί σε σημαντικό ατύχημα, η Κλάση θα πρέπει να καταστήσει δημόσια τα πλήρη πρακτικά για το πλοίο, συμπεριλαμβανομένων όλων των εκθέσεων, παχυμετρήσεων, όλης της αλληλογραφίας καθώς και τα σκαριφήματα ή σχέδια (εάν απαιτούνται). Προφανώς, εάν ένα σκάφος είναι ικανό να "σκοτώσει" 30 ή περισσότερους ανθρώπους, και σε μερικές περιπτώσεις η ρύπανση που προκαλεί να εκτείνεται 100 χλμ. πέρα της ακτής, τότε εμπίπτει στην παραπάνω κατηγορία, δηλαδή θεωρείται πολύ σοβαρό ατύχημα και ο ιδιοκτήτης χάνει οτιδήποτε αξιώνει και έχει στην κατοχή του.

Η επιβολή είναι απλή. Τα σκάφη οποιασδήποτε κατηγορίας που αποτυγχάνουν να συμμορφωθούν, θα τους απαγορεύεται η είσοδος στους Κρατικούς λιμένες.

3.3.2 ΑΠΡΟΣΠΕΛΑΣΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το πρόβλημα της ιδιοκτησίας των στοιχείων λύνεται εύκολα. Περίπου κάθε ατύχημα που φτάνει στην προσοχή του LMIU διαδίδεται από διάφορες πηγές. Αυτές περιλαμβάνουν, τις τοπικές εφημερίδες, τις παράκτιες κρατικές οργανώσεις, τις ναυτιλιακές εφημερίδες και τα ναυτιλιακά περιοδικά. Μάλιστα μερικά παράκτια κράτη έχουν συστήματα άμεσης υποβολής εκθέσεων για ατυχήματα τα οποία περιλαμβάνουν πολλά δυστυχήματα που ο LMIU δεν αναφέρει. Ένα μεγάλο μέρος αυτών των δεδομένων είναι διαθέσιμο στον Παγκόσμιο Ιστό.

Ο όγκος των ατυχημάτων στα οποία αναφερόμαστε είναι δουλειά λίγων ημερών το πολύ. Όλες οι λιμενικές αρχές πρέπει να ορίσουν έναν υπεύθυνο που να συλλέγει τα στοιχεία αυτά και να τα εισάγει σε μια κατάλληλα σχεδιασμένη και δημόσια διαθέσιμη βάση δεδομένων. Κανονικά αυτό θα έπρεπε να γινόταν από τον IMO, αλλά τώρα αναγκαστικά γίνεται από τις λιμενικές αρχές.

Στην πραγματικότητα, ο IMO έχει μια βάση δεδομένων που ονομάζεται Global Integrated Shipping Information System (GISIS). Αρκετά στοιχεία αυτής της βάσης δεδομένων είναι διαθέσιμα στο κοινό στην ιστοσελίδα <http://www.gisis.imo.org>. Η GISIS όμως έχει κάποια σημαντικά μειονεκτήματα, που είναι τα εξής:

- Πολλά ατυχήματα δεν υπάρχουν και για πολλά από τα υπόλοιπα ατυχήματα, η GISIS παρουσιάζει αρκετά κενά πεδία. Εκτός από την περίπτωση που τα ατυχήματα συμβούν σε παράλιες περιοχές ώστε να καταγραφούν, είναι σχεδόν απίθανο να εντοπιστούν στη GISIS. Δεν υπάρχει σαφώς καμία πίεση στον IMO να διατηρήσει αυτή τη βάση.
- Τουλάχιστον για το κοινό, η βάση δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για κάποιο μεμονωμένο ατύχημα. Δεν είναι δυνατό να γίνει οποιαδήποτε συνδυασμένη ανάλυση ατυχημάτων. Για το κοινό, η GISIS δε μπορεί να επεξεργασθεί.

3.3.3 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΟΤΗΤΑ

Έχοντας στο νου ότι οι αναλυτικές περιγραφές των ατυχημάτων είναι σχεδόν πάντα ελλιπείς και συγκρουόμενες και λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η αιτία κάθε ατυχήματος είναι συχνά θέμα συζήτησης, η υποκειμενικότητα στην ανάπτυξη βάσεων είναι αναπόφευκτη. Αυτό που είναι σημαντικό και πρέπει να σταθούμε, είναι ότι οι κρίσεις και απόψεις αυτές πρέπει να είναι διαφανείς και αναθεωρήσιμες.

Η ίδια η βάση δεδομένων πρέπει όχι μόνο να είναι δημόσια, αλλά το ίδιο πρέπει να συμβαίνει και με τις πηγές που χρησιμοποιεί καθώς και με την κωδικοποίηση. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με μια αναλυτική περιγραφή - σύνοψη κάθε πηγής που σχετίζεται με το ατύχημα είτε, όπου είναι διαθέσιμο, να υπάρχουν συνδέσεις στο διαδίκτυο με την πηγή. Εάν μια σημαντική πηγή δεν υπάρχει στο διαδίκτυο, πρέπει τότε να μηχανογραφηθεί και να τεθεί σ' έναν ιστόχωρο. Μ' αυτό τον τρόπο θα δημιουργηθεί μια βιβλιοθήκη που θα συνδέει τις πηγές με το εκάστοτε ατύχημα.

3.3.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Βασικά χαρακτηριστικά μιας βάσης δεδομένων είναι, να είναι εύκολα προσβάσιμη, κατάλληλα σχεδιασμένη για επεξεργασία καθώς και να αποφεύγει τα λάθη και τις παραλείψεις των υπαρχόντων βάσεων.

Τα ακατέργαστα στοιχεία πρέπει να είναι διαθέσιμα σε όλους, χωρίς να είναι απαραίτητη η ύπαρξη εξειδικευμένου λογισμικού. Πρέπει να προσφέρει δυνατότητες επέκτασης, υπό την έννοια ότι πρέπει να είναι εφικτή η προσθήκη νέων στοιχείων χωρίς να επηρεάζεται η δομή του υπάρχοντος λογισμικού. Πρέπει να είναι διαθέσιμη μέσω του διαδικτύου αλλά και να επιτρέπει στον καθένα που ενδιαφέρεται να μεταφέρει τα δεδομένα που επιθυμεί στο υπολογιστικό του σύστημα.

3.3.5 ΠΑΡΑΛΟΓΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η λύση απέναντι στις παραπλανητικές και μη-πληροφοριακές αναλογίες είναι αρκετά απλή, να μην τις χρησιμοποιήσουμε αλόγιστα και χωρίς επεξηγήσεις. Μερικές φορές δημιουργούνται αναλογίες (συχνότητες) τις οποίες συγχέουμε με τις πιθανότητες και αυτό είναι λάθος. Εάν χρειαζόμαστε πραγματικά μια πιθανότητα βασισμένη στα περιορισμένα στοιχεία του δείγματος, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο της ανάλυσης Bayesian. [Devanney], (October 1974)]

3.3.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΝΑΝΤΙΟΝ ΛΟΓΙΚΗΣ

Ακόμη και μια καλά σχεδιασμένη βάση δεδομένων δε θα μας αποτρέψει από την παραγωγή στατιστικών συσχετίσεων χωρίς νόημα. Είναι φανερό ότι μπορούμε να καταλάβουμε πιο πολλά πράγματα για συγκεκριμένους τύπους ατυχημάτων από

επιστημονικές και τεχνικές μελέτες, πάρα από το να βασιστούμε αποκλειστικά και μόνο σε συνολικές στατιστικές μελέτες.

3.4 Η ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ CTX

3.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η CTX Casualty Database. Η πρώτη έκδοση της βάσης δημιουργήθηκε το 2005, ήταν αρκετά απλή και περιείχε λίγα μόνο στοιχεία για το κάθε ατύχημα. Από τότε έχουν δημιουργηθεί οκτώ νέες εκδόσεις της βάσης, με την τελευταία (Έκδοση 4.6) να δίδεται προς χρήση τον Φεβρουάριο του 2011.

3.4.2 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Η CTX Casualty Database (CDB) έχει σκοπό την καταγραφή των σημαντικότερων ατυχημάτων που συνέβησαν παγκοσμίως και στα οποία εμπλέκονται δεξαμενόπλοια (tankers) ή πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην (bulk carriers). Ένα ατύχημα θεωρείται σημαντικό όταν κάποιο από τα ακόλουθα ισχύει:

- Υπήρχε απώλεια ζωής ή σοβαρός τραυματισμός.
- Διέρρευσε πετρέλαιο στη θάλασσα, είτε από το φορτίο είτε από καύσιμο.
- Το πλοίο υπέστη ολική απώλεια ισχύος για περισσότερο από μια ώρα, ή απώλεια ισχύος ώστε να χρειάζεται ρυμουλκά για τη μετακίνησή του.
- Το ατύχημα περιελάμβανε φωτιά, σύγκρουση ή προσάραξη.
- Το ατύχημα περιελάμβανε μια κατασκευαστική αστοχία (structural failure) που απαιτούνταν ρυμουλκά για τη μετακίνησή του πλοίου, μεταφορά φορτίου ή εκτροπή πλοίου.
- Το ατύχημα είχε σαν αποτέλεσμα το πλοίο να βυθιστεί, να οδηγηθεί προς διάλυση (scrapped) ή να δηλώσει Constructive Total Loss.

Να σημειωθεί επίσης, ότι η βάση δεδομένων CTX μπορεί να περιλαμβάνει και μη-σημαντικά ατυχήματα για τα οποία έχει λάβει γνώση.

Στόχοι της CTX Casualty Database

Η CTX Casualty Database είναι λίγο διαφορετική από οποιαδήποτε άλλη από τις υπάρχουσες βάσεις δεδομένων, από πολλές απόψεις. Οι στόχοι της, όπως αυτοί διατυπώνονται στην επίσημη ιστοσελίδα της βάσης, είναι οι ακόλουθοι:

Δημόσια Χρήση

Το πιο σημαντικό, τα δεδομένα του ατυχήματος είναι διαθέσιμα σε οποιονδήποτε χωρίς χρέωση, όπως προκύπτει από το Gnu Free Documentation License (GFDL). Η συγκεκριμένη βάση μπορεί να βρεθεί στην κατοχή του καθενός που επιθυμεί να κάνει τη δική του ανάλυση στα δεδομένα. Το GFDL, με κανέναν τρόπο, δεν περιορίζει κάποιον από το να κάνει αξιόπιστη ανάλυση ή να μεταβιβάσει τα δεδομένα. Στόχος του είναι η διασφάλιση ότι κάθε παράγωγο έγγραφο είναι, όπως και η CDB, δωρεάν. Το τελευταίο πράγμα που επιθυμεί για τα δεδομένα της η CDB, είναι να υπόκεινται σε ιδιοκτησιακά δικαιώματα.

Συμβολή του κοινού

Η CTX είναι ενήμερη ότι τα δεδομένα της στα ατυχήματα των δεξαμενοπλοίων είναι ελλιπή και είναι βέβαιο ότι σε ορισμένα σημεία θα είναι λανθασμένα. Γνωρίζει επίσης ότι πίσω από κάθε διαρροή ή κάθε ατύχημα, υπάρχει μια ιστορία που σε πολλές περιπτώσεις, αν όχι στις περισσότερες, δεν έχει αυτή την ιστορία, τουλάχιστον όχι την πλήρη. Ιδιαίτερα σε ό,τι έχει να κάνει με το αίτιο του ατυχήματος, η CDB είναι γεμάτη με κενά και κάποιες πληροφορημένες (ελπίζοντας) εικασίες. Τέλος, ξέρει ότι κάποιοι εκεί έξω γνωρίζουν τι πραγματικά συνέβη σε αυτά τα ατυχήματα.

Έμφαση στην Πραγματική Αιτία

Σχεδόν όλες οι τρέχουσες βάσεις δεδομένων για διαρροές, δημόσιες ή ιδιωτικές, εστιάζουν στο τι γίνεται μετά τη διαρροή. Εν αντιθέσει, η βάση δεδομένων CTX επικεντρώνεται στο τι έγινε πριν τη διαρροή παρά στην επίπτωση μετά απ αυτή και προσπαθεί να βελτιώσει τις επιπτώσεις αυτές. Βέβαια, όπου υπάρχει η δυνατότητα παρέχονται οι απαραίτητες πληροφορίες για τα αποτελέσματα της διαρροής. Επιπλέον, όλες οι υπόλοιπες βάσεις είναι ανεπαρκείς σε ό,τι έχει να κάνει με το αίτιο ενός ατυχήματος. Θέτοντας ως τη βασική αιτία ενός ατυχήματος την προσάραξη (grounding), είναι σαν να κατηγορούμε τη γη για μια συντριβή αεροπλάνου. Και το σημαντικό σε αυτή την ιστορία είναι ότι όχι μόνο η "προσάραξη" δεν είναι η βασική αιτία του ατυχήματος, αλλά ορίζοντάς την μ' αυτόν τον τρόπο δεν επικεντρώνουμε την προσοχή μας σε μέτρα τα οποία θα μπορούσαν να αποτρέψουν την προσάραξη του πλοίου.

Η βάση δεδομένων CTX προσπαθεί να εμφανίσει την πραγματική αιτία, που σε καμία περίπτωση δεν είναι η προσάραξη, η φωτιά / έκρηξη ή και η σύγκρουση

μεταξύ πλοίων. Τα πλοία δεν προσαράζουν από μόνα τους, ούτε ξαφνικά εκρήγνυνται και δεν πηγαίνει το ένα πάνω στο άλλο χωρίς λόγο. Αντί να υπάρχει μόνο ένα αίτιο για κάθε ατύχημα απ αυτά που αναλύονται, η CDB έχει μια σειρά από κωδικοποιημένα γεγονότα. Η προσάραξη, έκρηξη, σύγκρουση και τα λοιπά συναφή δεν θέτονται ποτέ σαν αρχικό γεγονός. Σε περίπτωση που το αρχικό γεγονός είναι άγνωστο, αρκετά συχνό φαινόμενο, τότε αφήνεται κενό.

3.4.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ

Η βάση δεδομένων CTX Database, όπως εμφανίζεται στην έναρξη της μελέτης, έχει τη μορφή που φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.

Εικόνα 3: Αρχική μορφή της βάσης CTX

Όπως παρατηρούμε, δίνεται η δυνατότητα στον μελετητή να επιλέξει μέσα από μια σειρά κατηγοριών ώστε να ορίσει την αναζήτηση που επιθυμεί. Πιο συγκεκριμένα, ο χρήστης μπορεί να παρέμβει στα εξής στοιχεία:

- **Minimum killed**
- **Minimum spilled**

- **From / To Year** : Τα ατυχήματα που περιλαμβάνει η βάση είναι από το 1890 μέχρι σήμερα .
- **Cause category** : Οι επιλογές είναι ...

Cause Category *

- Structural Failure
- Machinery Failure
- Navigation Error
- War/piracy Attack
- Other External
- Conning/Seamanship
- Intentional
- Bad Hotwork/Inert
- Transfer Screw-ups
- Rules of the Road
- Lifeboat/Liferaft
- Unknown
- ALL

- **Cause type(s)** : Κύριες και δευτερεύουσες αιτίες ατυχήματος.
- **Cause Evidence** : Οι επιλογές είναι ...

Cause Evidence

- None
- Very weak
- Situational
- Circumstantial
- Solid
- Beyond doubt

- **Causal factor** : Διάφορα είδη αιτιών , όπως π.χ. *Bad charts , Class failure , Crew too small , Bad design* κλπ.
- **RCO effectiveness** : Αν επιλέξουμε κάποιο από τη λίστα στο Risk Control Option , τότε θα έχουμε τη δυνατότητα να δούμε αν αυτό το στοιχείο έπαιξε σημαντικό ρόλο στο αποτέλεσμα του ατυχήματος. Οι επιλογές είναι ...

RCO effectiveness

- AIS
- Bigger Crew
- CTX Tank Protect
- Double bottom
- Double sides
- ECDIS/GPS
- Inerting
- Twin screw
- Mandate VHF
- Mandate VTC
- ALL

- **Custom search** : Περιορίζει τα αποτελέσματα μόνο στα ατυχήματα που το επιλεγμένο πεδίο λαμβάνει χώρα .
- **Coastal State**
- **Area** : Η γεωγραφική περιοχή στην οποία έλαβε χώρα το ατύχημα .

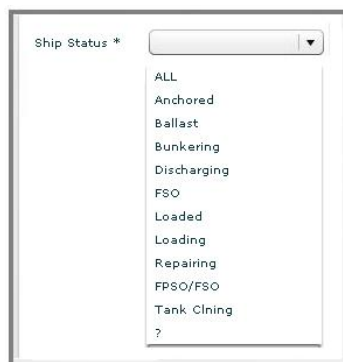
- **Locale :** Οι επιλογές είναι ...



- **Educational Value :** Από 'nil' μέχρι 'extremely high'.
- **Ship Name :** Το ακριβές όνομα του πλοίου.
- **IMO Number**
- **Ship Type :** Οι επιλογές είναι ...



- **Min Deadweight**
- **Max Deadweight**
- **Flag State**
- **Class Society**
- **Ship Status :** Οι επιλογές είναι ...



Εφόσον επιλέξουμε να μελετήσουμε κάποιο συγκεκριμένο ατύχημα, η βάση παίρνει τη μορφή που φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.

CTX version 4.6 **Center For Tankship Excellence** Powered By AppliedFlex

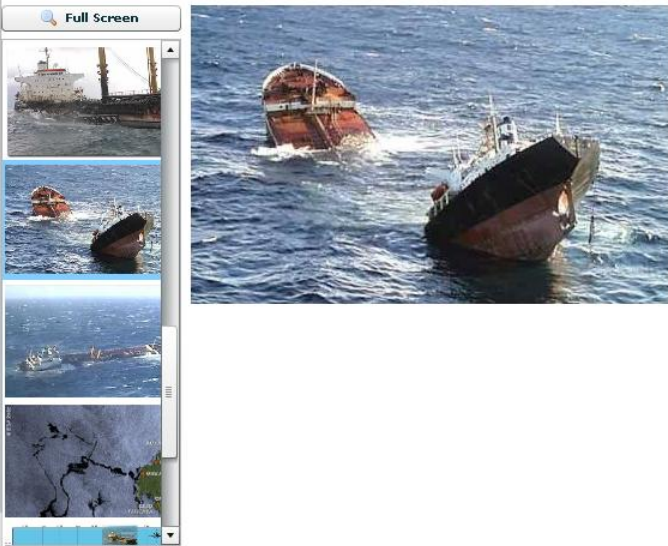
[Back to Search](#)
Summary for Casualty ID= 20021113_001 EDU Value

DATE: 2002-11-13	TOD: 15:00	KILLED: None	WEATHER: Beaufrt 10	SPILL: 82,000,000	MATERIAL: Heavy Fuel	LAT: 42.53N
off NW Spain	Open water	HURT: None	VISIBILITY: ?	RESERVED	COASTAL	Spain
prestige	IMO: 7372141	YOB: 1976	STATUS: Loaded	CARGO: Heavy fuel	PILOT?: None	LONG: 9.52W
	DWT: 81,564	Crude tanker	CLASS: ABS	IG?: Good	FLAG: Bahamas	preMarpol SH

Event Sequence	CLICK ON AN EVENT TO SEE DETAILS	Date	TOD	Causal?	Evidence?
1 Hull failure	side shell failed 3S SBT, 25 deg list, leakage thru lids		15:10	Primary	Solid
2 Total loss of power	Main engine tripped due to excessive list				
3 Counterflood/ballasted	2AP and 3P counter-flooded, spillage stopped.				
4 Helo rescue attempt	Helos lifted 24 crew off, Master/CE/CO stayed on-board		17:00		
5 taken under tow.	2 tugs got lines across. towed off-shore.	2002-11-14			
6 Coastal state refusal	Spain forced offshore.			Secondary	

[Images](#)
[Sources and Links](#)
[prestige](#)
[Event Details](#)
[Help File](#)

Full Screen



Εικόνα 4 : Περιγραφή ατυχήματος στη βάση CTX

Αρχικά, βλέπουμε χρήσιμα στοιχεία που αφορούν το πλοίο (name, DWT, IMO number, Class κλπ.) και το ατύχημα (spill, weather, area κλπ.). Στη συνέχεια έχουμε την περιγραφή, με ακολουθία γεγονότων του ατυχήματος και της κατάληξής του. Τέλος, παρατίθενται (όπου είναι δυνατό) κάποιες φωτογραφίες του πλοίου και του συμβάντος, καθώς και πηγές που μπορούμε να ανατρέξουμε για περαιτέρω λεπτομέρειες.

3.4.4 ΑΙΤΙΑΚΑ Η ΜΗ ΓΕΓΟΝΟΤΑ

Στον πίνακα 1 που ακολουθεί καταγράφονται όλα τα πιθανά γεγονότα που μπορούν να παρουσιαστούν στα διάφορα ατυχήματα που περιέχει η βάση, καθώς και η κωδικοποίηση αυτών. Επίσης, μπορούμε να δούμε αν ένα γεγονός είναι

δυνατόν να λειτουργήσει σαν αιτία ενός ατυχήματος, ή αν είναι αποτέλεσμα κάποιων προηγούμενων συμβάντων (*Can be Causal?* → *Y/N*).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : Κωδικοί γεγονότων

Code	Label	Can be Causal ?
AP	Piracy	Y
AW	War Attack	Y
Ca	Allision	N
Cm	Near-miss allision	N
CA	Hit while stationary	N
CG	Tug contact, other tug screw up	N
CI	Interaction/Wake	N
CM	Near-miss Collision	N
CN	Collision	N
DA	Disabled, anchored	N
DC	Internal cargo transfer	N
DE	Escort tug used	N
DF	Counterflooded/ballasted	N
DL	Lightered/lightened	N
DI	Listed, no self-recovery	N
DP	Total loss of power	Y
Dp	Power restored	N
DR	Refloated	N
Dr	Massive roll, recovered	N
DS	Loss of steerage	Y
Ds	Steerage restored	N
DT	Taken under tow	N
Dt	Tow lost/slipped	N
EB	Navaid out of position, inoperative	Y
EC	Charts incorrect, not ship/owner fault	Y
ED	Channel depth not as charted	Y
ER	Coastal state refused refuge	Y
EA	Coastal state provided refuge	N
Eb	Coastal/port state blacklisted	N
Ed	Coastal/port state detained	N
ES	Hit unmarked submerged object	Y
ET	External Tampering	Y
E	Other/unknown external error	Y
FE	Ignition upon Entry	Y
FH	Ignition by Hotwork	Y
FL	Lightning strike	Y
F	Other/unknown fire ignition event	Y

Συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα ...

Code	Label	Can be Causal ?
GA	Anchor dragged	N
GB	Hit berth	Y
GC	Conning error	Y
Gc	Classification society change	N
GD	Ship too deep for depth, swell, channel	Y
GE	Engine department error	Y
GR	Bad Routing by service	Y
GS	Bad seamanship, deck	Y
Gs	Classification society survey	N
G	Other/unknown guidance error	Y
HC	Minor hull failure, crack	Y
HD	Deck Vents/Equipment Failed	Y
HF	Hull failure	Y
HL	Holed	N
HP	Cargo pipe failure/leak	Y
IJ	Jettisoned cargo/bunkers	Y
IN	Intentional Discharge	Y
IS	Intentionally Sunk	Y
Lb	Lifevessel burned	Y
Lc	Lifevessel capsized	Y
Le	Lifevessel engine failure	Y
LF	Lifevessel found	N
LL	Lifevessel successfully launched	N
Ll	Lifevessel could not be launched	Y
Ls	Lifevessel swamped/sunk	Y
L	Lifevessel other/unknown	Y
MA	Unable to slow down	Y
MB	Blackout	Y
MD	Deck machinery failure	Y
ME	Main Engine failure	Y
MF	Engine room flooding	N
Ml	Lifeboat failure/problem	Y
MO	Fuel/lube/hyd pipe leak	Y
MP	Propeller failure/damage	Y
MR	Steering gear/rudder failure	Y
MS	Shaft/sterntube failure	Y
MT	Stern tube leak Y	Y
MW	Sea water line leak	Y
MX	Boiler failure/fire	Y
M	Other/unknown machinery	Y

Συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα ...

Code	Label	Can be Causal ?
NA	Navigation error	Y
NC	Bad/missing charts on-board	Y
NS	Hit marked submerged object	Y
RB	Lifeboat rescue attempt	N
RH	Helicopter rescue attempt	N
RS	Ship rescue attempt	N
St	Resumed trading	N
Sr	Repaired	N
SC	Constructive Total Loss	N
SD	Scuttled	N
SK	Foundered/sank	N
SP	Capsized	N
ST	Scrapped	N
TU	Unmoored by weather	Y
TD	Deballasting screw up	Y
TH	Hose break/leak	Y
TL	Incorrect loading	Y
TP	Tank over/under-pressure	Y
TO	Tank overflow	Y
TS	Cargo shifted	Y
TW	Unmoored by wake	N
T	Other/unknown transfer screw up	Y
U	Primary Cause Unknown	Y
VA	Anchored	N
Va	Anchored	N
VB	Burdened vessel failed to maneuver	Y
VD	Dance of death, one went port, other stbd	Y
VL	Failed to detect other vessel	Y
VO	Overtaking too close	Y
VR	Rogue Vessel in wrong lane	Y
VU	Uncoordinated maneuver	Y
Vu	Non-causal maneuver	N
V	Other/unknown maneuver	Y
WS	Grounding	N
Ws	Near Miss Grounding	N
XA	Accommodations Fire	N
XE	Engine Room Fire/Explosion	N
XP	Pump Room Fire/Explosion	N
XT	Cargo Tank Fire/Explosion	N
X	Fire, explosion, cant say where	N

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο απώτερος στόχος κάθε έρευνας ή επιστημονικής ανάλυσης, είναι να βρίσκει τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών. Η φιλοσοφία της επιστήμης μας διδάσκει ότι δεν υπάρχει άλλος τρόπος για να αναζητήσουμε τη σημασία ενός φαινομένου, εκτός από τη συσχέτιση ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών. Με άλλα λόγια, την αναζήτηση σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών.

Σημαντική βοήθεια στην προσπάθεια για ανίχνευση ενδεχόμενης συσχέτισης μεταξύ της αιτίας ενός ατυχήματος σε δεξαμενόπλοια και άλλων παραγόντων, αποτελεί η στατιστική. Στην προκειμένη περίπτωση, λέγοντας στατιστική εννοούμε μερικά τεστ στατιστικής σημαντικότητας τα οποία παρουσιάζονται και αναλύονται στη συνέχεια.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, γενικά, μια ανάλυση στατιστικής σημαντικότητας δεν μπορεί να αποδείξει μια σχέση μεταξύ αιτίας και αποτελέσματος. Είναι σε θέση όμως να δείξει και να αναδείξει το κατά πόσο οι διάφορες μεταβολές στους ρυθμούς ατυχημάτων είναι συστηματικές, ή αποκλειστικά τυχαίες.

Οι δύο πιο στοιχειώδεις ιδιότητες κάθε σχέσης μεταξύ των μεταβλητών είναι:

- Το *μέγεθος*: Το κατά πόσο μπορούμε να προβλέψουμε τη μια μεταβλητή, βασισμένη στην άλλη.
- Η *αξιοπιστία*: Το πόσο πιθανό είναι ότι μια παρόμοια σχέση θα βρισκόταν εάν το πείραμα ξαναγινόταν με άλλα δείγματα του ίδιου πληθυσμού.

4.2 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΚΑΙ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

4.2.1 ΤΟ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ

Στην στατιστική, το ιστόγραμμα είναι ίσως ο τύπος του γραφήματος που χρησιμοποιείται πιο συχνά. Το ιστόγραμμα (histogram) παρουσιάζει μια κατανομή συχνότητων για διακριτά ή συνεχή δεδομένα. Ο οριζόντιος άξονας παρουσιάζει τα αληθινά όρια των διαφόρων διαστημάτων. Τα αληθινά όρια ενός διαστήματος είναι τα σημεία που το διαχωρίζουν από τα διαστήματα αμφοτέρων πλευρών. Ο κάθετος άξονας παρουσιάζει είτε τη συχνότητα, είτε τη σχετική συχνότητα των παρατηρήσεων εντός κάθε διαστήματος. Το ύψος της στήλης αντιστοιχεί στη συχνότητα που σχετίζεται μ' αυτό το διάστημα.

Στη πραγματικότητα, η συχνότητα που έχει σχέση με κάθε διάστημα σε ένα ιστόγραμμα αντιπροσωπεύεται όχι από το ύψος της κάθε στήλης, αλλά από την επιφάνειά της. Η συνολική επιφάνεια του ιστογράμματος είναι ίση με τον αριθμό των δεδομένων (έχει άθροισμα 100% ή 1). Τα ιστογράμματα χρησιμοποιούνται για την εμφάνιση της πυκνότητας των δεδομένων και συχνά για την εκτίμηση της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας της υποκειμενικής μεταβλητής.

Οι αριθμητικές τιμές πλήθους μετρήσεων μπορούν να καταταχθούν σε διαδοχικές κλάσεις (classes). Κάθε κλάση περιλαμβάνει τις μετρήσεις που βρίσκονται μεταξύ δύο οριακών τιμών, η διαφορά των οποίων (Δx) είναι κατά κανόνα η ίδια σε όλες τις κλάσεις. Το ποιος πρέπει να είναι ο αριθμός των κλάσεων - επομένως και τα εύρους τους, Δx - για ένα δεδομένο αριθμό μετρήσεων, ρυθμίζεται από τον ερευνητή σύμφωνα με την πείρα του. Προφανώς, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των κλάσεων, τόσο λιγότερες μετρήσεις θα περιλαμβάνονται σε κάθε μια εξ αυτών και ενδέχεται να μην υπάρχει ικανοποιητική απεικόνιση της κατανομής. Για μικρό αριθμό κλάσεων, ενώ πλέον θα υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός μετρήσεων για κάθε κλάση, πάλι δε θα υπάρχει ικανοποιητική απεικόνιση της κατανομής.

Προς την κατεύθυνση της εύρεσης του καλύτερου αριθμού κλάσεων, υπάρχει ένας εμπειρικός κανόνας, ο κανόνας του Sturges, σύμφωνα με τον οποίο ο άριστος αριθμός κλάσεων για N μετρήσεις, είναι ο πλησιέστερος ακέραιος αριθμός προς τον αριθμό k που παρέχεται από την ακόλουθη σχέση:

$$k = 1 + 3,322 \cdot \log_{10} N$$

Η καμπύλη κατανομής (distribution curve) αποτελεί, σε γενικές γραμμές, την πληρέστερη απεικόνιση της στατιστικής κατανομής ενός πλήθους τιμών.

4.2.2 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΣΥΝΕΧΩΝ ΤΥΧΑΙΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

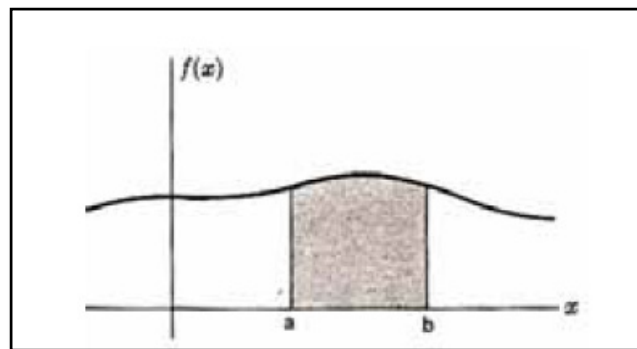
Με τον όρο συνεχής τυχαία μεταβλητή, εννοούμε μια τυχαία μεταβλητή οι τιμές της οποία μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή μέσα σ' ένα δεδομένο διάστημα.

Αν x μια συνεχής τυχαία μεταβλητή, η πιθανότητα να πάρει η x μια ορισμένη τιμή είναι γενικά μηδέν. Συνεπώς δεν μπορεί να οριστεί μια συνάρτηση πιθανότητας όπως για μια διακριτή μεταβλητή. Για να οριστεί η κατανομή πιθανότητας για μια συνεχή τυχαία μεταβλητή, θεωρούμε την πιθανότητα να βρίσκεται η x μεταξύ δύο διαφορετικών τιμών (a και b). Αυτή η πιθανότητα ορίζεται από τη σχέση που ακολουθεί:

$$P(a < x < b) = \int_a^b f(x) dx$$

και καλείται συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (σ.π.π.). Για την $f(x)$ ισχύουν τα ακόλουθα:

1. $f(x) \geq 0$
2. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$



Σχήμα 1: Γραφική παράσταση της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας μπορεί να παρασταθεί γραφικά με μια καμπύλη, όπως φαίνεται στο πιο πάνω σχήμα. Επίσης, επειδή $f(x) \geq 0$, η καμπύλη δεν κατεβαίνει ποτέ κάτω από τον άξονα των x . Το εμβαδόν μεταξύ της καμπύλης και του άξονα των x ισούται με 1. Τέλος, η πιθανότητα να είναι η x μεταξύ των a και b παριστάνεται γεωμετρικά από το σκιασμένο εμβαδόν.

Σημαντικές παράμετροι συνεχών τυχαίων μεταβλητών είναι οι εξής:

- i. Μέση τιμή (Mean): Ονομάζεται η ποσότητα $\mu = E(x) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$, όπου $f(x)$ η σ.π.π. της τυχαίας μεταβλητής x .

- ii. Ενδιάμεση τιμή (*Median*): Είναι η τιμή για την οποία ισχύει ότι οι μισές τιμές της κατανομής είναι ίσες ή μικρότερες από αυτήν και οι άλλες μισές ίσες ή μεγαλύτερες από αυτήν.
- iii. Διασπορά (*Variance*): Είναι η μέση τιμή της συνάρτησης $g(x) = (x - \mu)^2$, δηλ: $Var(x) = V(x) = \sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx$ και δείχνει πόσο μακριά βρίσκονται οι τιμές της σ.π.π. από τη μέση τιμή.
- iv. Τυπική απόκλιση (*Standard Deviation*): Ονομάζεται η θετική τετραγωνική ρίζα της διασποράς: $\sigma = \sqrt{Var(x)}$.
- v. Ασυμμετρία (*Skewness*): Ονομάζεται η ποσότητα: $\alpha = \frac{1}{\sigma^3} E[(x - \mu)^3]$. Είναι μέτρο της καμπύλης της κατανομής και δείχνει την ασυμμετρία της (όσο αυξάνεται η τιμή της, αυξάνεται και η ασυμμετρία της).
- vi. Κύρτωση (*Kurtosis*): $\kappa = \frac{1}{\sigma^4} E[(x - \mu)^4]$. Είναι μέτρο της καμπύλης της κατανομής και δείχνει πόσο "επίπεδη" ή "οξεία" είναι η κατανομή (όσο αυξάνεται η τιμή της, αυξάνεται και η οξύτητα της).

4.2.3 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΓΑΜΜΑ / ERLANG

Στη θεωρία πιθανοτήτων και τη στατιστική, η κατανομή Γάμμα είναι μια οικογένεια συνεχών κατανομών πιθανότητας δύο παραμέτρων. Συχνά χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες δύο παραμετροποιήσεις:

1. Με μια παράμετρο σχήματος (shape parameter) k και μια παράμετρο κλίμακας (scale parameter) θ .
2. Με μια παράμετρο σχήματος $\alpha = k$ και μια αντίστροφη παράμετρο κλίμακας $\beta = 1/\theta$, που ονομάζεται παράμετρος ρυθμού (rate parameter).

Οι παραμετροποιήσεις με k και θ εμφανίζονται να είναι πιο συχνά συναντώμενες στην οικονομετρία και σε άλλα πεδία εφαρμογής, π.χ. η κατανομή Γάμμα χρησιμοποιείται συχνά για να μοντελοποιήσει χρόνους αναμονής (waiting times).

Η παραμετροποίηση με τα α και β είναι περισσότερο συχνή στην ανάλυση Bayesian όπου η κατανομή Γάμμα χρησιμοποιείται σαν προ συζευγμένη κατανομή για διάφορους τύπους της αντίστροφης παραμέτρου κλίμακας, όπως η λ μιας εκθετικής κατανομής ή μιας Poisson και το β για την ίδια τη Γάμμα. (Η στενά συνδεδεμένη αντίστροφη κατανομή Γάμμα χρησιμοποιείται σαν προ σύζευξη για παραμέτρους κλίμακας, όπως η διακύμανση της κανονικής κατανομής)

Εάν το k είναι ακέραιος αριθμός, η κατανομή αντιπροσωπεύει μια κατανομή Erlang π.χ. το άθροισμα k ανεξάρτητων εκθετικά κατανεμημένων τυχαίων μεταβλητών κάθε μια από τις οποίες έχει μια μέση τιμή θ (που ισούται με την παράμετρο ρυθμού $1/\theta$). Αντίστοιχα, αν το α είναι ακέραιος, ξανά η κατανομή είναι μια Erlang, π.χ. το άθροισμα α ανεξάρτητων εκθετικά κατανεμημένων τυχαίων μεταβλητών όπου κάθε μια έχει μια μέση τιμή $1/\beta$ (που ισούται με την παράμετρο ρυθμού β).

Η κατανομή Γάμμα είναι η μέγιστη εντροπία κατανομής πιθανότητας για μια τυχαία μεταβλητή x για την οποία το $E(x) = k \cdot \theta = \alpha/\beta$ είναι σταθερό και μεγαλύτερο από μηδέν και $E[\ln(x)] = \psi(k) + \ln(\theta) = \psi(\alpha) - \ln(\beta)$ είναι σταθερό (ψ είναι η συνάρτηση διπλής Γάμμα).

• Χαρακτηριστικά κατανομής για παραμέτρους k και θ

Η μεταβλητή X που ακολουθεί κατανομή Γάμμα με παραμέτρους σχήματος k και κλίμακας θ συμβολίζεται ως εξής:

$$X \sim \Gamma(k, \theta) = \text{Gamma}(k, \theta)$$

→ Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (σ.π.π.)

Η σ.π.π. της κατανομής Γάμμα μπορεί να εκφραστεί στα πλαίσια της συνάρτησης Γάμμα παραμετροποιημένη με τις k και θ , οι οποίες παίρνουν μόνο θετικές τιμές.

Η εξίσωση που μας δίνει τη σ.π.π. της κατανομής Γάμμα για μια τυχαία μεταβλητή x είναι:

$$f(x; k, \theta) = \frac{1}{\theta^k} \cdot \frac{1}{\Gamma(k)} \cdot x^{k-1} \cdot e^{-\frac{x}{\theta}}, \text{ για } x \geq 0 \text{ και } k, \theta > 0.$$

→ Αθροιστική συνάρτηση κατανομής

Η αθροιστική συνάρτηση κατανομής είναι η κανονικοποιημένη συνάρτηση που ακολουθεί:

$$F(x; k, \theta) = \int_0^x f(u; k, \theta) du = \frac{\gamma(k, \frac{x}{\theta})}{\Gamma(k)}$$

, όπου $\gamma(k; x/\theta)$ είναι η χαμηλότερη ελλιπής συνάρτηση γάμμα.

Μπορεί επίσης να εκφραστεί και με τον ακόλουθο τύπο, για k θετικούς ακέραιους αριθμούς:

$$F(x; k, \theta) = 1 - \sum_{i=0}^{k-1} \frac{1}{i!} \cdot \left(\frac{x}{\theta}\right)^i \cdot e^{-\frac{x}{\theta}}$$

• Χαρακτηριστικά κατανομής για παραμέτρους α και β

Η μεταβλητή X που ακολουθεί κατανομή Γάμμα με παραμέτρους σχήματος α και κλίμακας β συμβολίζεται ως εξής :

$$X \sim \Gamma(\alpha, \beta) = \text{Gamma}(\alpha, \beta)$$

Επίσης έχουμε :

$$g(x; \alpha, \beta) = \beta^\alpha \cdot \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-\beta x}, \text{ για } x \geq 0 \text{ και } \alpha, \beta > 0 .$$

Στην περίπτωση που το α είναι θετικός ακέραιος, τότε :

$$\Gamma(\alpha) = (\alpha - 1)!$$

→ Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (σ.π.π.)

Η σ.π.π. της κατανομής Γάμμα μπορεί να εκφραστεί στα πλαίσια της συνάρτησης Γάμμα παραμετροποιημένη με τις α και β , οι οποίες παίρνουν μόνο θετικές τιμές.

Η εξίσωση που μας δίνει τη σ.π.π. της κατανομής Γάμμα για μια τυχαία μεταβλητή x είναι :

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha} \cdot \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-\frac{x}{\beta}}, \text{ για } x \geq 0 \text{ και } \alpha, \beta > 0 .$$

→ Αθροιστική συνάρτηση κατανομής

Η αθροιστική συνάρτηση κατανομής είναι η κανονικοποιημένη συνάρτηση που ακολουθεί :

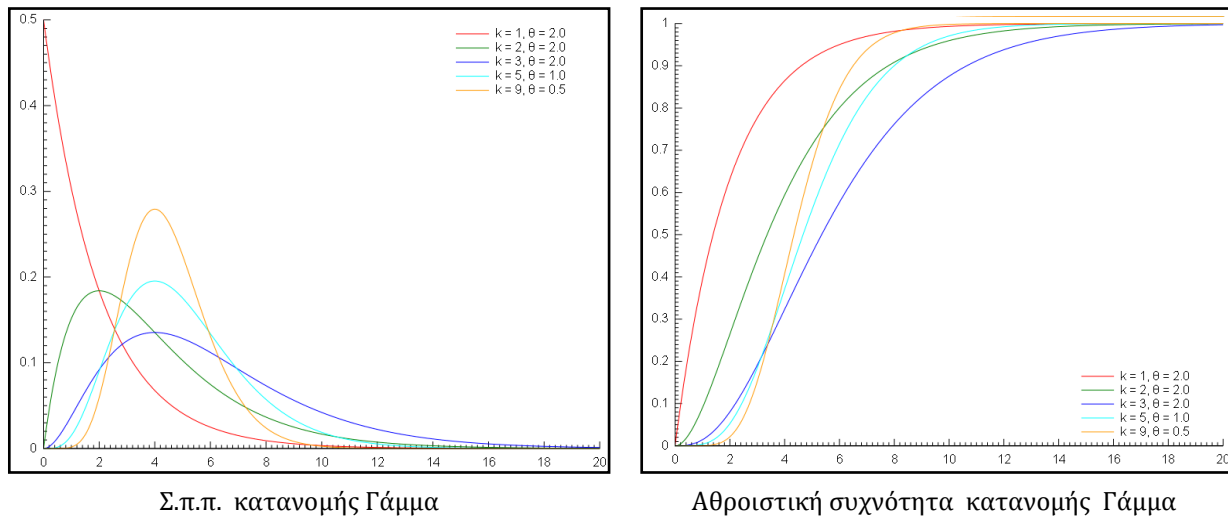
$$F(x; \alpha, \beta) = \int_0^x f(u; \alpha, \beta) du = \frac{\gamma(\alpha, \beta x)}{\Gamma(\alpha)}$$

, όπου $\gamma(\alpha; \beta x)$ είναι η χαμηλότερη ελλειπής συνάρτηση γάμμα.

Μπορεί επίσης να εκφραστεί και με τον ακόλουθο τύπο, για α θετικούς ακέραιους αριθμούς :

$$F(x; \alpha, \beta) = 1 - \sum_{i=0}^{\alpha-1} \frac{1}{i!} \cdot (\beta x)^i \cdot e^{-\beta x}$$

Όπως διαπιστώνουμε από τα προηγούμενα, οι δύο περιπτώσεις της κατανομής Γάμμα (ανάλογα με το που χρησιμοποιούνται) έχουν κοινό τύπο για τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας, με διαφορετικές βέβαια παραμέτρους στην κάθε μια από τις περιπτώσεις.



Στα δύο σχήματα που προηγήθηκαν, παρουσιάζονται ενδεικτικά οι μορφές των σ.π.π. και των αθροιστικών. Στο αριστερό σχήμα παρατηρούμε τις μορφές των συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας μιας κατανομής Γάμμα και το πως επηρεάζονται από τις μεταβλητές k και θ . Αντίστοιχα, στο δεξιό σχήμα μπορούμε να δούμε τις μορφές της αθροιστικής συνάρτησης της κατανομής Γάμμα.

4.3 ΜΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην περίπτωση όπου η κατανομή των πληθυσμών από τους οποίους προέρχονται τα μελετώμενα “δείγματα” δεν είναι η κανονική κατανομή, τότε χρησιμοποιούνται οι μη παραμετρικές μέθοδοι. Σ’ αυτές, λαμβάνονται υπόψη οι διατάξεις των παρατηρήσεων και όχι οι πραγματικές τιμές τους.

Οι μη παραμετρικές μέθοδοι παρέχουν μερικά *hypothesis tests*. Τα μη παραμετρικά αυτά τεστ δεν απαιτούν τα δεδομένα να ταιριάζουν με μια συγκεκριμένη κατανομή. Γενικότερα, απαιτούν πιο ελεύθερους όρους για την εφαρμογή τους και επιτρέπουν την ανάλυση κατηγορηματικών δεδομένων κατάταξης.

Τα μη παραμετρικά τεστ :

- Είναι ισχυρά
- Έχουν μεγάλη αποτελεσματικότητα
- Αποδίδουν άμεσες και ακριβείς πληροφορίες

Στην περίπτωσή μας οι ιδιότητες αυτές είναι πολύ σημαντικές και χρήσιμες, καθώς οι τιμές που λαμβάνουν οι μεταβλητές που χρησιμοποιούμε - για παράδειγμα η ηλικία ή η χωρητικότητα των πλοίων - είναι καθαρά τυχαίες αφού προέρχονται από παρατήρηση.

Ένα από αυτά τα τεστ, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί και στην παρούσα εργασία, είναι το *chi-square test* που αναλύεται στη συνέχεια.

CHI - SQUARE TESTS (HYPOTHESIS TESTS)

Τα *hypothesis tests* δίνουν τη δυνατότητα να εξεταστεί η συσχέτιση μεταξύ δυο μεταβλητών, χωρίς να είναι απαραίτητο οι τιμές των μεταβλητών αυτών να ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη κατανομή. Σε κάθε τέτοιο test υπάρχει μια αρχική υπόθεση (*null hypothesis*) που συμβολίζεται με H_0 και είναι μια υπόθεση για μια παράμετρο του δείγματος. Ο σκοπός ενός hypothesis test είναι να ελέγξει την ισχύ της αρχικής υπόθεσης με βάση τις τιμές του δείγματος. Ανάλογα με τις τιμές αυτές, η αρχική υπόθεση μπορεί είτε να γίνει αποδεκτή είτε να απορριφθεί.

Στην κατηγορία των hypothesis test ανήκουν και τα *Chi-square (χ^2) tests*, τα οποία είναι κατάλληλα για περιπτώσεις όπου έχουμε διακριτές τιμές οι οποίες δύναται να ταξινομηθούν σε διαφορετικές κατηγορίες. Τα Chi-square tests υπολογίζουν αν οι συχνότητες (τιμές) του δειγματικού χώρου, ταξινομημένες στις διάφορες κατηγορίες, διαφέρουν σημαντικά από τις συχνότητες που θα περιμέναμε να έχουμε, κάτω από μια σειρά συγκεκριμένων υποθέσεων και θεωρήσεων. Για ένα τέτοιο test, χρησιμοποιούμε το *chi-square test statistic* (σχέση 1):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Όπου :

- O_i (*observed number*) : Το πλήθος των τιμών από παρατήρηση για την κατηγορία i .
- E_i (*expected number*) : Το πλήθος των θεωρητικών (αναμενόμενων) τιμών για την κατηγορία i .
- k : Όλες οι κατηγορίες στις οποίες ταξινομήσαμε τα δεδομένα.

* Να σημειώσουμε ότι το μέγεθος που υπολογίζεται ανωτέρω, επειδή βασίζεται στο τετράγωνο των διαφορών, παίρνει μόνο θετικές τιμές.

Όταν οι τιμές των δεδομένων σε κάθε κατηγορία είναι παρόμοιες με τις θεωρητικές (αναμενόμενες), τότε η κατανομή του δείγματος προσεγγίζει την *chi-square (χ^2)* κατανομή, που ανήκει στην οικογένεια κατανομών με μια μόνο παράμετρο, τον βαθμό ελευθερίας (*degree of freedom*) ν .

Η γενική διαδικασία του Chi - square test , περιλαμβάνει τη λήψη τιμών από παρατήρηση (*observed values*) , υπολογισμό των θεωρητικών τιμών (*expected values*) και εν συνεχεία τη χρήση του *chi - square test statistic* . Η τιμή που υπολογίζεται μ' αυτόν τον τρόπο τίθεται σε σύγκριση με την τιμή της χ^2 -κατανομής. Η υπόθεση H_0 (*null hypothesis*) απορρίπτεται όταν $\chi^2_{test} > \chi^2_{\alpha, \nu}$, όπου χ^2_{test} είναι η τιμή που υπολογίζεται από το Chi - square statistic test και $\chi^2_{\alpha, \nu}$ η κρίσιμη τιμή (*critical value*) για συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας (*level of significance*) α και βαθμούς ελευθερίας ν .

Παρατηρήσεις-Προϋποθέσεις για τα Chi-square tests :

- Ανεξάρτητος δειγματικός χώρος.
- Φανερά διακριτές κατηγορίες (δηλαδή καθεμιά τιμή του δείγματος να αντιστοιχεί σε μία και μόνο κατηγορία).
- Πλήρης λίστα κατηγοριών (δηλαδή οι k κατηγορίες να περιλαμβάνουν όλες τις τιμές του δειγματικού χώρου).
- Όλες οι k κατηγορίες πρέπει να περιλαμβάνουν τουλάχιστον μια τιμή του δειγματικού χώρου.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διαδικασίες του Chi-square test για την εξέταση δύο τύπων υποθέσεων :

- *Goodness - of - fit* : Το συγκεκριμένο test ασχολείται με μία μεταβλητή που χωρίζεται σε δύο ή περισσότερες κατηγορίες και το ερώτημα που καλείται να απαντήσει είναι το εξής : *Είναι οι συχνότητες της μεταβλητής στις εκάστοτε κατηγορίες ίδιες με τις συχνότητες που αναμένουμε από κάποιο προκαθορισμένο θεωρητικό μοντέλο ;*
- *Independence of variables* : Το συγκεκριμένο test ασχολείται με δύο μεταβλητές. Το ερώτημα που καλείται να απαντήσει είναι το εξής : *Είναι οι δύο αυτές μεταβλητές ανεξάρτητες μεταξύ τους ;*

- CHI - SQUARE FOR GOODNESS OF FIT

Το *chi-square test for goodness of fit* αξιολογεί το αν η κατανομή των συχνοτήτων στις k κατηγορίες μιας μεταβλητής είναι ίδια με τη θεωρητική κατανομή. Ο όρος "goodness of - fit" αναφέρεται στο κατά πόσο καλά ταιριάζουν (fit) οι παρατηρούμενες (observed - sample) συχνότητες με τις αντίστοιχες αναμενόμενες-θεωρητικές (expected

- theoretical). Η εξίσωση του στατιστικού τεστ είναι η σχέση 1 με βαθμούς ελευθερίας $\nu = k - 1$, όπου k το πλήθος των κατηγοριών.

Οι υποθέσεις στο *goodness-of-fit test* είναι :

$$H_0: \text{Κατανομή sample} = \text{Κατανομή theory}$$

$$H_1: \text{Κατανομή sample} \neq \text{Κατανομή theory}$$

Η κατανομή των τιμών του δειγματικού χώρου είναι μία διακριτή κατανομή, καθώς όλες οι τιμές (συχνότητες) είναι θετικοί ακέραιοι αριθμοί, ενώ η θεωρητική κατανομή είναι συνεχής. Για το λόγο αυτό, τα αποτελέσματα από την chi-square ανάλυση είναι απλώς προσεγγίσεις της θεωρητικής κατανομής.

- CHI - SQUARE FOR INDEPENDENCE : CONTINGENCY TABLE ANALYSIS

Μια *contingency table analysis* αξιολογεί αν δύο μεταβλητές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους ή αν υφίσταται μια πιθανή συσχέτιση. Οι κατηγορίες της μίας μεταβλητής είναι τοποθετημένες σε στήλες και οι κατηγορίες της άλλης μεταβλητής σε σειρές. Η διασταύρωση μιας σειράς με μία στήλη καλείται κελί και το μέγεθος του πίνακα υποδηλώνεται ως $r \times c$, όπου το r υποδεικνύει τον αριθμό των γραμμών και το c τον αριθμό των στηλών. Οι υποθέσεις που εξετάζονται από μια contingency table analysis είναι :

$$H_0: \text{Οι δύο μεταβλητές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους}$$

$$H_1: \text{Οι δύο μεταβλητές δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους}$$

Ένας πίνακας ενδεχομένων (contingency table) παρουσιάζει τις παρατηρούμενες και τις αναμενόμενες συχνότητες για τις κατηγορίες των δύο μεταβλητών. Οι παρατηρούμενες συχνότητες προέρχονται από το δειγματικό χώρο. Με τη σειρά τους, οι αναμενόμενες συχνότητες υπολογίζονται ως εξής (σχέση 2):

$$E_{ij} = \frac{(\text{άθροισμα σειράς } i) \cdot (\text{άθροισμα στήλης } j)}{n} = \frac{O_{i.} \cdot O_{.j}}{n}$$

Όπου :

- E_{ij} : Η αναμενόμενη συχνότητα για το κελί της σειράς i και της στήλης j .
- n : Το συνολικό πλήθος των τιμών του δείγματος.

Στη συνέχεια, ακολουθεί ο πίνακας 2 που περιέχει τις παρατηρούμενες συχνότητες (observed frequencies). Μέσω αυτού και της σχέσης 2 που είδαμε πιο πάνω, υπολογίζουμε τις αναμενόμενες συχνότητες (expected frequencies).

Θεωρούμε λοιπόν δυο μεταβλητές, η πρώτη έχει r ($r > 1$) κατηγορίες και η δεύτερη c ($c > 1$). Επίσης, ονομάζουμε τον συνολικό αριθμό των παρατηρήσεων του προβλήματος ως n . Το κελί O_{ij} αντιστοιχεί στην παρατηρούμενη συχνότητα της σειράς i και της στήλης j . Οι τελείες στα σύνολα των γραμμών και των στηλών δείχνουν ότι αυτοί οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν το άθροισμα ενός συγκεκριμένου σετ τιμών. Για παράδειγμα, ο αριθμός $O_{.1}$ αντιπροσωπεύει το άθροισμα όλων των παρατηρούμενων τιμών της πρώτης στήλης, ενώ το $O_{1.}$ των τιμών της πρώτης σειράς. Τέλος, το σύμβολο $O_{..}$ αντιπροσωπεύει το άθροισμα όλων των στηλών και γραμμών, που ισούται με το συνολικό αριθμό των παρατηρήσεων, n .

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Παρατηρούμενες συχνότητες στο *chi-square test*

	1	2	3	...	j	...	c	Totals
1	O_{11}	O_{12}	O_{13}	...	O_{1j}	...	O_{1c}	$O_{1.}$
2	O_{21}	O_{22}	O_{23}	...	O_{2j}	...	O_{2c}	$O_{2.}$
3	O_{31}	O_{32}	O_{33}	...	O_{3j}	...	O_{3c}	$O_{3.}$
.
.
.
i	O_{i1}	O_{i2}	O_{i3}	...	O_{ij}	...	O_{ic}	$O_{i.}$
.
.
.
r	O_{r1}	O_{r2}	O_{r3}	...	O_{rj}	...	O_{rc}	$O_{r.}$
Totals	$O_{.1}$	$O_{.2}$	$O_{.3}$...	$O_{.j}$...	$O_{.c}$	$O_{..} = n$

Αφού κατασκευάστηκε ο πίνακας και υπολογίσαμε τις αναμενόμενες τιμές, μπορούμε πλέον να τις συγκρίνουμε με τις παρατηρούμενες χρησιμοποιώντας τον *chi-square test statistic* με διπλό δείκτη για να υποδηλώνονται οι κατηγορίες και των δύο μεταβλητών (σχέση 3):

$$x^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Όπου :

- O_{ij} : Η παρατηρούμενη συχνότητα για το κελί της σειράς i και της στήλης j .
- E_{ij} : Η αναμενόμενη συχνότητα για το κελί της σειράς i και της στήλης j .

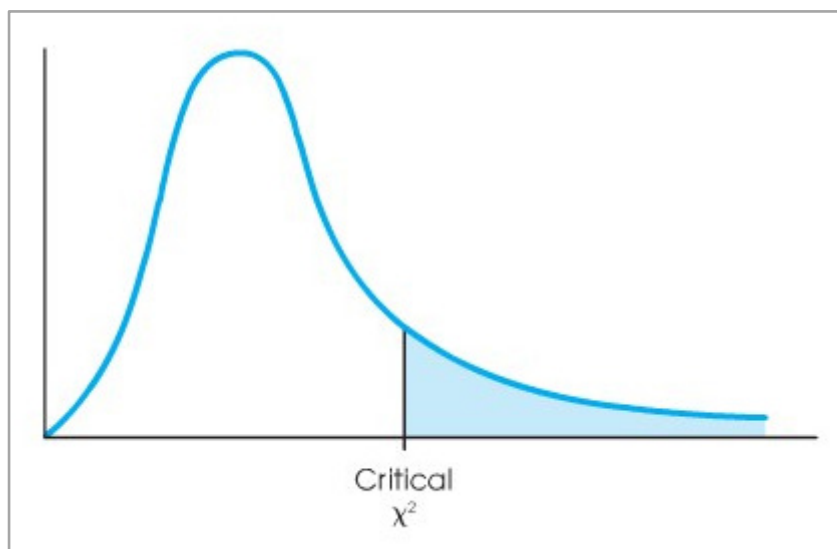
Το συγκεκριμένο test statistic έχει κατανομή που είναι κατά προσέγγιση μία *chi-square* κατανομή με βαθμούς ελευθερίας $\nu = (r-1)(c-1)$, όπου r το πλήθος των σειρών και c το πλήθος των στηλών του πίνακα. Η τιμή x^2_{test} για το δειγματικό

χώρο, υπολογίζεται από τη σχέση 3 και στη συνέχεια συγκρίνεται με την κρίσιμη τιμή $\chi^2_{\alpha, \nu}$. Η υπόθεση H_0 απορρίπτεται όταν η τιμή χ^2_{test} υπερβαίνει την τιμή $\chi^2_{\alpha, \nu}$. Συνήθως σ' αυτή την περίπτωση, η τιμή της p -value είναι μικρότερη της τιμής α . Αν η p -value βρίσκεται μεταξύ των τιμών 0,050 και 0,100 (για $\alpha=0,05$), τότε έχουμε περίπτωση οριακής σημαντικότητας (*borderline significance*).

Στατιστική σημαντικότητα (Statistical Significance): Τα τεστ σημαντικότητας (significance tests) εκτελούνται για να φανεί αν η αρχική υπόθεση H_0 μπορεί να απορριφθεί. Αν η αρχική υπόθεση απορριφθεί, τότε το φαινόμενο που παρατηρείται από τις τιμές του δειγματικού χώρου λέμε ότι είναι *στατιστικά σημαντικό*. Αντίθετα, αν η αρχική υπόθεση δεν απορριφθεί, τότε το φαινόμενο *δεν είναι στατιστικά σημαντικό*. Κατά την εκτέλεση του τεστ, εκλέγεται ένα επίπεδο σημαντικότητας (significance level) με βάση το οποίο εξετάζεται η απόρριψη ή μη της αρχικής πρότασης.

Η τιμή p -value: Το βασικό κριτήριο για τη στατιστική σημαντικότητα είναι η τιμή του p -value, η οποία προκύπτει από τη σύγκριση της τιμής του τεστ με την κρίσιμη τιμή (critical value). Η τιμή p -value δείχνει την πιθανότητα να δημιουργηθεί μια διαφορά μεταξύ των εξεταζόμενων παραμέτρων ίση ή μεγαλύτερη από αυτή που προκύπτει από τις τιμές του δειγματικού χώρου, αν πραγματικά οι δύο μεταβλητές είναι ανεξάρτητες.

Στο σχήμα που ακολουθεί, μπορούμε να δούμε τη μορφή μιας κατανομής χ^2 καθώς και τη σημειωμένη κρίσιμη τιμή της (critical value). Η μορφή της κατανομής εξαρτάται βέβαια από τους βαθμούς ελευθερίας (df). Να σημειωθεί ότι οι κρίσιμες τιμές μιας κατανομής χ^2 παρουσιάζονται στον πίνακα στο Παράρτημα Β.



Σχήμα 2: Κρίσιμη τιμή της κατανομής χ^2

4.4 ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

Στη θεωρία πιθανοτήτων, μια στοχαστική διαδικασία, ή μερικές φορές τυχαία διαδικασία, είναι το αντίστοιχο μιας ντετερμινιστικής διαδικασίας (ή συστήματος). Αντί να ασχοληθούμε με μια μόνο πιθανή πραγματικότητα του πως η διαδικασία μπορεί να εξελιχθεί με το χρόνο, σε μια στοχαστική (ή τυχαία) διαδικασία υπάρχει μια απροσδιοριστία στη μελλοντική της εξέλιξη που περιγράφεται από κατανομές πιθανότητας. Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και αν η αρχική κατάσταση (σημείο εκκίνησης) είναι γνωστή, υπάρχουν πολλές δυνατότητες για το πως μπορεί να προχωρήσει η διαδικασία, αλλά μερικές διαδρομές μπορεί να είναι περισσότερο πιθανές και άλλες λιγότερο.

Στην απλούστερη περίπτωση (διακριτός χρόνος), μια στοχαστική διαδικασία ισοδυναμεί με μια ακολουθία τυχαίων μεταβλητών, γνωστών ως *time series*. Άλλος ένας βασικός τύπος στοχαστικής διαδικασίας είναι ένα τυχαίο πεδίο, το πεδίο ορισμού του οποίου είναι μια περιοχή του χώρου. Με άλλα λόγια, έχουμε μια τυχαία συνάρτηση τα ορίσματα της οποίας αντλούνται από ένα εύρος συνεχώς μεταβαλλόμενων τιμών.

Μια προσέγγιση στις στοχαστικές διαδικασίες, τις διαχειρίζεται σαν συναρτήσεις (functions) ενός ή περισσότερων ντετερμινιστικών ορισμάτων (arguments) - τα δεδομένα (inputs) στις περισσότερες περιπτώσεις θεωρούνται σαν χρόνος - των οποίων οι τιμές (outputs) είναι τυχαίες μεταβλητές: μη ντετερμινιστικές (single) ποσότητες που έχουν συγκεκριμένες κατανομές πιθανότητας.

Οι τυχαίες μεταβλητές που ανταποκρίνονται σε διάφορους χρόνους (ή σημεία σε περίπτωση τυχαίων πεδίων) μπορεί να είναι τελείως διαφορετικές. Η βασική απαίτηση είναι ότι όλες αυτές οι διαφορετικές τυχαίες ποσότητες έχουν τον ίδιο τύπο. Παρόλο που οι τυχαίες μεταβλητές μιας στοχαστικής διαδικασίας σε διαφορετικούς χρόνους μπορεί να είναι ανεξάρτητα τυχαίες μεταβλητές, στις πιο συχνά συναντώμενες περιπτώσεις παρουσιάζουν πολύπλοκους στατιστικούς συσχετισμούς.

POISSON PROCESS

Η διαδικασία Poisson είναι μια στοχαστική διαδικασία στην οποία τα γεγονότα λαμβάνουν χώρα συνεχώς και ανεξάρτητα το ένα από τ' άλλο. Στα παραδείγματα που μοντελοποιούνται καλά με διαδικασίες Poisson περιλαμβάνονται: η ραδιενεργή διάσπαση των ατόμων, οι τηλεφωνικές κλήσεις που φτάνουν σ' έναν πίνακα, η βροχόπτωση κλπ.

Η διαδικασία Poisson είναι μια συλλογή $\{N(t) : t \geq 0\}$ από τυχαίες μεταβλητές, όπου $N(t)$ είναι ο αριθμός των γεγονότων που έχουν συμβεί μέχρι κάποιον χρόνο t (ξεκινώντας από το 0). Ο αριθμός των γεγονότων μεταξύ a και b δίνεται ως $N(b) - N(a)$ και έχει μια κατανομή Poisson. Κάθε υλοποίηση της διαδικασίας $N(t)$ είναι μια μη αρνητική ακεραία - τιμής βηματική συνάρτηση (integer - value step function), που είναι μη φθίνουσα, αλλά για διαισθητικούς σκοπούς είναι συχνά ευκολότερο να το σκεφτόμαστε σαν ένα point-pattern στο $[0, \infty) \rightarrow$ π.χ. τα σημεία στο χρόνο όπου ένα γεγονός συμβαίνει.

Η διαδικασία Poisson είναι μια συνεχούς - χρόνου και μια pure-birth διαδικασία, το πιο απλό παράδειγμα μιας birth-death διαδικασίας. Σύμφωνα με τον προαναφερθέντα ορισμό, μια τυχαία point-pattern στο $[0, \infty)$ είναι επίσης μια σημειακή διαδικασία στο πραγματικό half-line.

ΟΡΙΣΜΟΣ

Ο βασικός τύπος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια διαδικασία Poisson, η οποία αρκετά συχνά αναφέρεται απλά και ως “the poisson process”, είναι μια συνεχούς - χρόνου (continuous - time) διαδικασία καταμέτρησης $\{N(t) : t \geq 0\}$ που έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- a. $N(0) = 0$
- b. Ανεξάρτητες (προσ)αυξήσεις (οι αριθμοί των περιστατικών που υπολογίζονται σε μη συνεχή διαστήματα είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο)
- c. Σταθερές (προσ)αυξήσεις (η κατανομή πιθανότητας του αριθμού των περιστατικών που υπολογίζεται σε οποιοδήποτε χρονικό διάστημα εξαρτάται μόνο από το μήκος του διαστήματος)

Οι συνέπειες αυτού του ορισμού είναι οι ακόλουθες:

- a. Η κατανομή πιθανότητας του $N(t)$ είναι μια κατανομή Poisson
- b. Η κατανομή πιθανότητας του χρόνου αναμονής μέχρι την επόμενη εμφάνιση είναι μια εκθετική κατανομή
- c. Τα περιστατικά κατανέμονται ομοιόμορφα σε κάθε ένα από τα χρονικά διαστήματα (το $N(t)$, ο συνολικός δηλαδή αριθμός παρατηρήσεων, έχει κατανομή Poisson στο $(0, t]$, ενώ η θέση μιας ξεχωριστής παρατήρησης στο $t \in (a, b]$ είναι σταθερή)

ΤΥΠΟΙ

• **Ομοιογενής :** Χαρακτηρίζεται από την παράμετρο λ , γνωστή και ως πυκνότητα (intensity), τέτοια ώστε ο αριθμός των γεγονότων το χρονικό διάστημα $[t, t+\tau]$ να ακολουθεί κατανομή Poisson με σχετιζόμενη παράμετρο λ_τ . Αυτή η σχέση δίνεται ως εξής :

$$P[(N(t+\tau) - N(t)) = \kappa] = \frac{e^{-\lambda_\tau} \cdot (\lambda_\tau)^\kappa}{\kappa!}, \quad \kappa = 0, 1, \dots$$

, όπου $N(t+\tau) - N(t)$ είναι ο αριθμός των γεγονότων στο χρονικό διάστημα $[t, t+\tau]$.

* Να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη κατανομή χαρακτηρίζεται από την παράμετρο λ , που είναι ο αναμενόμενος αριθμός “γεγονότων” ή “αφίξεων” που συμβαίνουν ανά μονάδα χρόνου. Το $N(t)$ είναι ένα δείγμα ομοιογενούς κατανομής Poisson και δεν πρέπει να συγχέεται με πυκνότητας ή κατανομής.

• **Μη ομοιογενής :** Η παράμετρος λ μπορεί ν' αλλάξει με την πάροδο του χρόνου και μια τέτοια διαδικασία ονομάζεται μη ομοιογενής ή ανομοιογενής διαδικασία Poisson. Σ' αυτή την περίπτωση, η γενικευμένη συνάρτηση της παραμέτρου δίνεται ως $\lambda(t)$. Τώρα, ο αναμενόμενος αριθμός γεγονότων μεταξύ των χρόνων a και b δίνεται από τον τύπο : $\lambda_{a,b} = \int_a^b \lambda(t) dt$.

Επιπρόσθετα, ο αριθμός των αφίξεων στο χρονικό διάστημα $[a,b]$ δίδεται ως $N(b) - N(a)$ και ακολουθεί κατανομή Poisson με σχετιζόμενη παράμετρο $\lambda_{a,b}$. Η σχέση επομένως είναι η εξής :

$$P[(N(b) - N(a)) = \kappa] = \frac{e^{-\lambda_{a,b}} \cdot (\lambda_{a,b})^\kappa}{\kappa!}, \quad \kappa = 0, 1, \dots$$

Όπως αντιλαμβανόμαστε, μια ομοιογενής διαδικασία Poisson μπορεί να θεωρηθεί σαν μια ειδική περίπτωση του πιο πάνω τύπου όταν $\lambda(t) = \lambda$, μια σταθερή παράμετρος.

• **Χωρική :** Αποτελεί μια επιπλέον παραλλαγή της μεθόδου Poisson και εισάγει μια χωρική συσχέτιση στη συνάρτηση της παραμέτρου, δηλαδή $\lambda(\vec{x}, t)$, όπου $\vec{x} \in V$ για κάποιο διάνυσμα χώρου V (π.χ. R^2 ή R^3). Για κάθε σύνολο $S \subset V$ με περιορισμένο μέτρο $\mu(S)$, ο αριθμός των γεγονότων που συμβαίνουν μέσα σ' αυτή την περιοχή μπορούν να μοντελοποιηθούν ως διαδικασία Poisson με συσχετιζόμενη συνάρτηση παραμέτρου $\lambda_S(t)$, τέτοια ώστε :

$$\lambda_S(t) = \int \lambda(\vec{x}, t) d_\mu(\vec{x})$$

Στην ειδική περίπτωση που αυτή η γενικευμένη συνάρτηση παραμέτρου είναι μια διαχωρίσιμη συνάρτηση χρόνου και χώρου, έχουμε:

$$\lambda(\vec{x}, t) = f(\vec{x}) \cdot \lambda(t) \quad , \text{ για κάποια συνάρτηση } f(\vec{x}) .$$

Χωρίς να χάσουμε τη γενικότητα, έχουμε: $\int f(\vec{x}) d_{\mu}(\vec{x}) = 1$

Η $f(\vec{x})$ αντιπροσωπεύει τη χωρική συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας αυτών των τυχαίων γεγονότων υπό την ακόλουθη έννοια. Η πράξη της δειγματοληψίας αυτής της χωρικής διαδικασίας Poisson, είναι ισοδύναμη με τη δειγματοληψία μιας διαδικασίας Poisson με συνάρτηση παραμέτρου $\lambda(t)$ και με τη συσχέτιση κάθε γεγονότος με ένα τυχαίο διάνυσμα \vec{x} που αντλήθηκε σαν δείγμα από τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας $f(\vec{x})$. Αντίστοιχα αποτελέσματα μπορούμε να έχουμε για τη γενική (μη διαχωρίσιμη) περίπτωση.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Στη γενική της μορφή, οι δυο μόνες προϋποθέσεις που χρειάζονται για μια διαδικασία καταμέτρησης ώστε να είναι διαδικασία Poisson, είναι οι εξής:

1. Κανονικότητα: Αυτό περίπου σημαίνει:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} P\{N(t + \Delta t) - N(t) > 1 | N(t + \Delta t) - N(t) \geq 1\} = 0 ,$$

που συνεπάγεται ότι οι αφίξεις δε συμβαίνουν ταυτόχρονα (αυτό όμως αποτελεί έναν μαθηματικά ισχυρότερο ισχυρισμό).

2. Έλλειψη απομνημόνευσης (Memorylessness): Ονομάζεται επίσης και ως εξέλιξη χωρίς επακόλουθα. Ο αριθμός των αφίξεων που λαμβάνουν χώρα σε κάθε οριοθετημένο χρονικό διάστημα μετά το χρόνο t , είναι ανεξάρτητος του αριθμού των αφίξεων πριν τον αριθμό t .

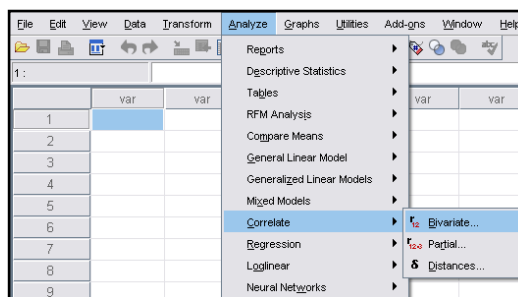
4.5 TREND ANALYSIS

Η Trend Analysis χρησιμοποιείται για να εξεταστεί η συσχέτιση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών. Δηλαδή, αν η αύξηση των τιμών μίας εκ των μεταβλητών έχει επίδραση στις τιμές και των υπολοίπων. Για διακριτές ή ταξινομημένες τιμές

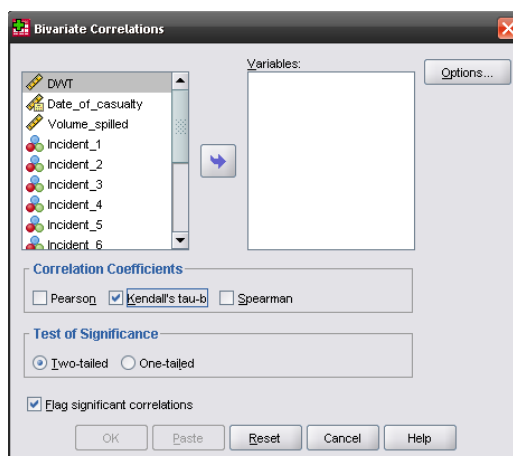
των μεταβλητών, επιλέγεται το Kendall's tau-b test. Το τεστ αυτό εκτιμά, με τη βοήθεια ενός συντελεστή, ποιοτικά και ποσοτικά τη συσχέτιση των μεταβλητών. Οι τιμές του συντελεστή αυτού κυμαίνονται μεταξύ -1 (τέλεια αρνητική συσχέτιση) και +1 (τέλεια θετική συσχέτιση). Μια μηδενική τιμή για το συντελεστή υποδηλώνει τη μη συσχέτιση των μεταβλητών.

Ο υπολογισμός της τιμής του συντελεστή Kendall's tau-b πραγματοποιείται με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS, όπου εκτός από την τιμή του τεστ (τ), υπολογίζει και την p-value, που στην περίπτωση που είναι μικρότερο από το όριο σημαντικότητας (συνήθως 0.05), τότε η συσχέτιση που παρατηρείται είναι στατιστικά σημαντική. Παρακάτω παρατίθεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η τέλεση του τεστ μέσω του προγράμματος:

- I. Καταχώρηση των στοιχείων στον πίνακα του προγράμματος
- II. Επιλογή **Analyze > Correlate > Bivariate**



- III. Τοποθέτηση των προς εξέταση μεταβλητών στο κουτί **Variables**, επιλογή του **Kendall's tau-b** και **OK**.



Στο σημείο αυτό να επισημανθεί ότι, γενικά, μια ανάλυση στατιστικής σημαντικότητας δεν μπορεί να αποδείξει μια σχέση μεταξύ αιτίου και αποτελέσματος. Είναι όμως σε θέση να δείξει και να αναδείξει το κατά πόσο οι διάφορες μεταβολές στους ρυθμούς ατυχημάτων είναι συστηματικές ή αποκλειστικά τυχαίες.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΑ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο πραγματοποιείται βάσει των στοιχείων της βάσης CTX μια γενική στατιστική ανάλυση των ατυχημάτων σε δεξαμενόπλοια παγκοσμίως, για τα έτη 1980 - 2009. Αρχικός στόχος της συγκεκριμένης ανάλυσης είναι ο καθορισμός του σχετικού μεγέθους του αναφερόμενου προβλήματος.

Αρχικά γίνεται μια περιγραφή των δεξαμενοπλοίων και των κατηγοριών τους και εν συνεχεία ακολουθεί η ανάλυση. Η ανάλυση αυτή είναι με βάση :

- Το μέγεθος, τον τύπο και την ηλικία του πλοίου.
- Τον τύπο και την σοβαρότητα του ατυχήματος.
- Την περιοχή που συνέβη το ατύχημα .
- Το μέγεθος της διαρροής.
- Την κατάσταση λειτουργίας του πλοίου κατά τη διάρκεια του ατυχήματος.
- Τον ανθρώπινο πληθυσμό που σκοτώθηκε ή τραυματίστηκε .
- Τον τύπο της γάστρας του πλοίου.

Ακολουθεί η κατηγοριοποίηση των ατυχημάτων και ο υπολογισμών διαφόρων δεικτών και πιθανοτήτων, κατάλληλων για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

5.2 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΩΝ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

5.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΩΝ

Το Δεξαμενόπλοιο (Tanker) είναι ένα πλοίο σχεδιασμένο να μεταφέρει υγρά φορτία χύδην (χύμα). Τα δεξαμενόπλοια ποικίλλουν σε μέγεθος. Ξεκινούν από μερικές εκατοντάδες τόνους, τα οποία εξυπηρετούν μικρά λιμάνια ως βοηθητικά λιμένες ή ναυστάθμου και φτάνουν μέχρι μερικές εκατοντάδες χιλιάδες τόνους, τα οποία χρησιμοποιούνται για μεταφορές μεγάλων ποσοτήτων φορτίου σε μεγάλες αποστάσεις.

Με δεξαμενόπλοια μεταφέρεται μεγάλη ποικιλία υγρών φορτίων, όπως:

- Προϊόντα υδρογονανθράκων, π.χ. ακατέργαστο πετρέλαιο, βενζίνες, πετρέλαιο καύσης, όπου στην προκειμένη περίπτωση χαρακτηρίζονται ως πετρελαιοφόρα, ή υγροποιημένο φυσικό αέριο όπου τότε χαρακτηρίζονται ως υγραεριοφόρα
- χημικά, όπως αμμωνία, χλώριο και
- νερό, όπου στην περίπτωση αυτή ονομάζονται υδροφόρα.

Στην παρούσα εργασία θ' ασχοληθούμε μόνο με την πρώτη κατηγορία δεξαμενοπλοίων, δηλαδή αυτά που μεταφέρουν προϊόντα υδρογονανθράκων. Αυτός ο τύπος είναι ο πιο διαδομένος, ο πιο επικίνδυνος για το περιβάλλον και σ' αυτή την κατηγορία συμβαίνουν τα περισσότερα ατυχήματα.

Για την κατηγοριοποίηση των δεξαμενοπλοίων κατά μέγεθος, η εταιρία πετρελαιοειδών Shell ανέπτυξε το 1954 το σύστημα AFRA (*Average Freight Rate Assessment*):

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : *Afra Classification*

Κατηγορία	Τόνοι ξηρού φορτίου (dwt)
General Purpose (GP)	10.000 - 24.999
Medium Range (MR)	25.000 - 44.999
Large Range 1 (LR-1)	45.000 - 79.999
Large Range 2 (LR-2)	80.000 - 159.999
Very Large Crude Carrier (VLCC)	160.000 - 319.999
Ultra Large Crude Carrier (ULCC)	320.000 - 549.999

Η παραπάνω κλίμακα παρότι είναι η μοναδική που καθορίζει αυστηρά τα όρια των κατηγοριών, δεν χρησιμοποιείται πάντα καθώς οι αλλαγές στις συνθήκες του χώρου την καθιστούν ξεπερασμένη.

Μια άτυπη κατάταξη που χρησιμοποιείται, χωρίς τα όρια της κάθε κατηγορίας να είναι αυστηρά καθορισμένα και η οποία χρησιμοποιήθηκε και στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, είναι η ακόλουθη :

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 : *Petroleum Tanker Categories*

Κατηγορία	Τόνοι ξηρού φορτίου (dwt)
Specialized / Small	1 - 9.999
Handymax	10.000 - 59.999
Panamax	60.000 - 79.999
Aframax	80.000 - 119.999
Suezmax	120.000 - 199.999
VLCC	200.000 - 319.999
ULCC	320.000 - 550.000

* Τους δύο τελευταίους τύπους, στην εργασία, τους θεωρήσαμε σαν μία κατηγορία.

Στο σημείο αυτό να επισημανθεί ότι στη βάση δεδομένων CTX, όπου όπως αναφέρθηκε αντλήθηκαν τα στοιχεία για την επικείμενη ανάλυση, δεν περιέχονται δεξαμενόπλοια με deadweight (DWT) μικρότερο των 5.000 τόνων περίπου. Το συγκεκριμένο στοιχείο αναφέρεται, προς αποφυγή παρερμηνειών από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας.

Ενδεικτικά, στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζεται ένα πλοίο από κάθε κατηγορία απ' αυτές που αναφέρθηκαν ανωτέρω. Τα συγκεκριμένα πλοία υπάρχουν στη βάση CTX και επομένως έχουν εμπλακεί σε ατύχημα.



Εικόνα 5 : "Willy" (1981), $L_{OA} = 106,13$ m, Deadweight : 8.402 tons (Spec. / Small)



Εικόνα 6 : "Shinoussa" (1990) , $L_{OA} = 182,00$ m , Deadweight : 46.538 tons (Handymax)



Εικόνα 7 : "Dartagnan" (1984) , $L_{OA} = 228,60$ m , Deadweight : 61.762 tons (Panamax)



Εικόνα 8 : "Eagle Otome" (1994) , $L_{OA} = 246,87$ m , Deadweight : 95.663 tons (Aframax)



Εικόνα 9 : “ Spetses ” (1994) , $L_{OA} = 274,00$ m , Deadweight : 147.916 tons (Suezmax)



Εικόνα 10 : “ Front Lord ” (1991) , $L_{OA} = 322,00$ m , Deadweight : 282.057 tons (VLCC)



Εικόνα 11 : “ Kraka ” (1978) , $L_{OA} = 362,60$ m , Deadweight : 357.600 tons (ULCC)

Κάποια γενικά στοιχεία για τα δεξαμενόπλοια είναι τα εξής :

- Από το 2005, η στατιστική υπηρεσία των ΗΠΑ που σχετίζεται με τον τομέα της ναυτιλίας έχει καταγράψει 4.024 tankers με DWT μεγαλύτερο ή ίσο των 10.000 t. Απ' αυτά, τα 2.582 είναι διπλού τοιχώματος.
- Ο Παναμάς είναι η πρώτη χώρα που έχει τα περισσότερα καταχωρημένα δεξαμενόπλοια (592 πλοία νηολογημένα). Άλλα πέντε κράτη έχουν περισσότερα από διακόσια καταχωρημένα δεξαμενόπλοια : Λιβερία (520), Νήσοι Μάρσαλ (323), Ελλάδα (233), Σιγκαπούρη (274) και οι Μπαχάμες (215). Αυτά τα κράτη καταλαμβάνουν τις πρώτες έξι θέσεις στη λίστα όσον αφορά το μέγεθος του στόλου, από την άποψη του DWT. (Οι σημαίες των πλοίων που συμμετείχαν στα ατυχήματα που μελετώνται, παρουσιάζονται στο παράρτημα ΣΤ)
- Η Ελλάδα, η Ιαπωνία και οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, είναι οι τρεις πρώτες χώρες που έχουν τα περισσότερα πλοία με 733, 394 και 311 πλοία αντιστοίχως. Αυτές οι τρεις χώρες κατέχουν συνολικά 1.438 πλοία που ισοδυναμεί με το 36% του παγκόσμιου στόλου δεξαμενοπλοίων.

5.2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΩΝ

5.2.2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ PARETO

Πρόκειται για μια μέθοδο κατάταξης πληροφοριών που βασίζεται αποκλειστικά σε προϋπάρχουσες πληροφορίες. Χρησιμοποιεί τον κανόνα 80 - 20 για να αναγνωρίσει τα σημαντικότερα στοιχεία από ένα μεγάλο όγκο πληροφοριών. Η αρχή του Pareto, στο ευρύτερο πλαίσιο της, υποστηρίζει ότι το 80 % των αποτελεσμάτων προκύπτουν από το 20 % των μέσων ή των αιτιών. Με άλλα λόγια, ο κανόνας 80 - 20 σημαίνει ότι σε κάθε κατάσταση, λίγοι παράγοντες (20 %) και πολλοί (80 %) επουσιώδεις. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε σύστημα, διαδικασία ή ενέργεια, αρκεί να υπάρχουν οι διαθέσιμες παρελθούσες πληροφορίες. Συνήθως χρησιμοποιείται για ανεύρεση των σημαντικότερων παραγόντων επικινδυνότητας, ώστε η εφαρμογή διεισδυτικότερων μεθόδων να είναι ευκολότερη.

Τα διαγράμματα Pareto περιγράφουν τις αιτίες ενός προβλήματος με βάση τη συχνότητα ή τη σοβαρότητά τους. Τα δεδομένα κατατάσσονται κατά φθίνουσα σειρά διαβαθμίζοντας τις αιτίες ενός προβλήματος από την πιο σημαντική στη λιγότερο σημαντική. Γι' αυτό και είναι καθοριστική η συμβολή τους στον εντοπισμό των προβλημάτων εκείνων ή των αιτιών που πρέπει να εξαλειφθούν πρώτα.

Περιέχει στήλες και γραμμές που παρουσιάζουν τις τιμές με τη μειωμένη σειρά σε στήλες και τα αθροιστικά σύνολα κάθε κατηγορίας, από αριστερά προς τα δεξιά, σε γραμμές.

Ο αριστερός κάθετος άξονας είναι η συχνότητα του περιστατικού, αλλά μπορεί εναλλακτικά να αντιπροσωπεύσει το κόστος ή κάποιο άλλο σημαντικό μέγεθος που χρησιμοποιείται. Ο δεξιός κάθετος άξονας είναι το αθροιστικό ποσοστό του συνολικού αριθμού περιστατικών, συνολικού κόστους ή του συνόλου του εκάστοτε μεγέθους που εξετάζουμε. Επειδή τα μεγέθη είναι κατά φθίνουσα αρίθμηση, η αθροιστική συνάρτηση είναι μια κοίλη καμπύλη.

Ο σκοπός του συγκεκριμένου διαγράμματος είναι να δοθεί έμφαση στο σημαντικότερο μεταξύ ενός χαρακτηριστικά μεγάλου συνόλου παραγόντων. Τέτοιου είδους διαγράμματα θα χρησιμοποιηθούν και στη συνέχεια της εργασίας για την ανάλυση που θα πραγματοποιηθεί.

5.2.2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Από την αναζήτηση που έγινε στη βάση δεδομένων CTX, διαπιστώθηκε ότι για τα έτη από το 1980 έως το 2009 τα ατυχήματα που συνέβησαν και τα οποία αφορούν την εν λόγω εργασία είναι συνολικά 822 (Πίν. 5). Τα έτη με τα περισσότερα ατυχήματα είναι το 2002 και το 2003, με 58 ατυχήματα έκαστο. Ο μικρός αριθμός του έτους 2009 μπορεί να οφείλεται στο ότι αργούν να προστεθούν στη βάση τα τελευταία περιστατικά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : Αριθμός ατυχημάτων ανά έτος

Year	Total Incidents
1980	22
1981	25
1982	20
1983	17
1984	18
1985	15
1986	18
1987	12
1988	14
1989	21
1990	34
1991	20
1992	18
1993	35
1994	35
1995	27
1996	31
1997	37
1998	29
1999	25
2000	31
2001	41
2002	58
2003	58
2004	35
2005	21
2006	29
2007	31
2008	39
2009	6
Σύνολο	822

Όπως είδαμε και στο κεφάλαιο 3 (παρ. 3.4) που παρουσιάστηκαν κάποια στοιχεία για τη βάση δεδομένων, κάθε ατύχημα ακολουθείται - περιγράφεται από ορισμένες πληροφορίες. Για την καλύτερη και ευκολότερη πρόσβαση και επεξεργασία αυτών των πληροφοριών, όλα τα στοιχεία των 822 ατυχημάτων συγκεντρώθηκαν σε μια νέα βάση με τη βοήθεια του προγράμματος Excel (Παράρτημα Α).

Από το Παράρτημα Α, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι δεν συμπληρώνονται όλα τα πεδία πληροφοριών σε όλα τα ατυχήματα, υπάρχουν δηλαδή ελλιπή στοιχεία. Ο πίνακας 6 που ακολουθεί παρουσιάζει τα ελλιπή αυτά στοιχεία της βάσης, αλλά και τα πεδία πληροφοριών που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη των ατυχημάτων. Το ποσοστό των στοιχείων που λείπουν κυμαίνεται από 0 μέχρι 96,7%. Τα πεδία που δεν έχουν ελλείψεις είναι αυτά, του ονόματος του πλοίου, του τύπου του πλοίου, του τύπου πρόωσης, της ημερομηνίας του συμβάντος και των γεγονότων που περιγράφουν το ατύχημα. Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρούμε ότι τα ποσοστά των ελλείψεων κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα, γεγονός που μας αποθαρρύνει από το να χρησιμοποιήσουμε τα συγκεκριμένα πεδία για τις στατιστικές αναλύσεις, καθώς σε τέτοια περίπτωση θα υπήρχε πρόβλημα αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6 : Ελλιπή στοιχεία της βάσης ανά πεδίο

No of field	Description of field	Number of missing entries	Percentage of missing entries (%)
1	Ship name	0	0,0
2	Ship type	0	0,0
3	DWT (tons)	2	0,2
4	Year built	2	0,2
5	Beam	132	16,1
6	Depth	128	15,6
7	Hull type	52	6,3
8	Propulsion	0	0,0
9	IMO number	2	0,2
10	Flag state	244	29,7
11	Class society	442	53,8
12	Coastal state	64	7,8
13	STS status	440	53,5
14	Pilot status	503	61,2
15	IGS status	795	96,7
16	Date of casualty	0	0,0
17	Area	1	0,1
18	Locale	12	1,5
19	Time	668	81,3
20	Weather	681	82,8
21	Visibility	788	95,9
22	Activity	254	30,9
23	Material	502	61,1
24	Pollution	125	15,2
25	Killed	2	0,2
26	Hurt	71	8,6
27	Events	0	0,0

Τα δεξαμενόπλοια στα οποία αναφέρονται τα 822 ατυχήματα, χωρίστηκαν σε έξι κατηγορίες με βάση τον πίνακα 4 της παραγράφου 5.2.1. Ο διαχωρισμός έγινε με σημείο αναφοράς το μέγεθος των πλοίων και έτσι, προέκυψαν οι κατηγορίες:

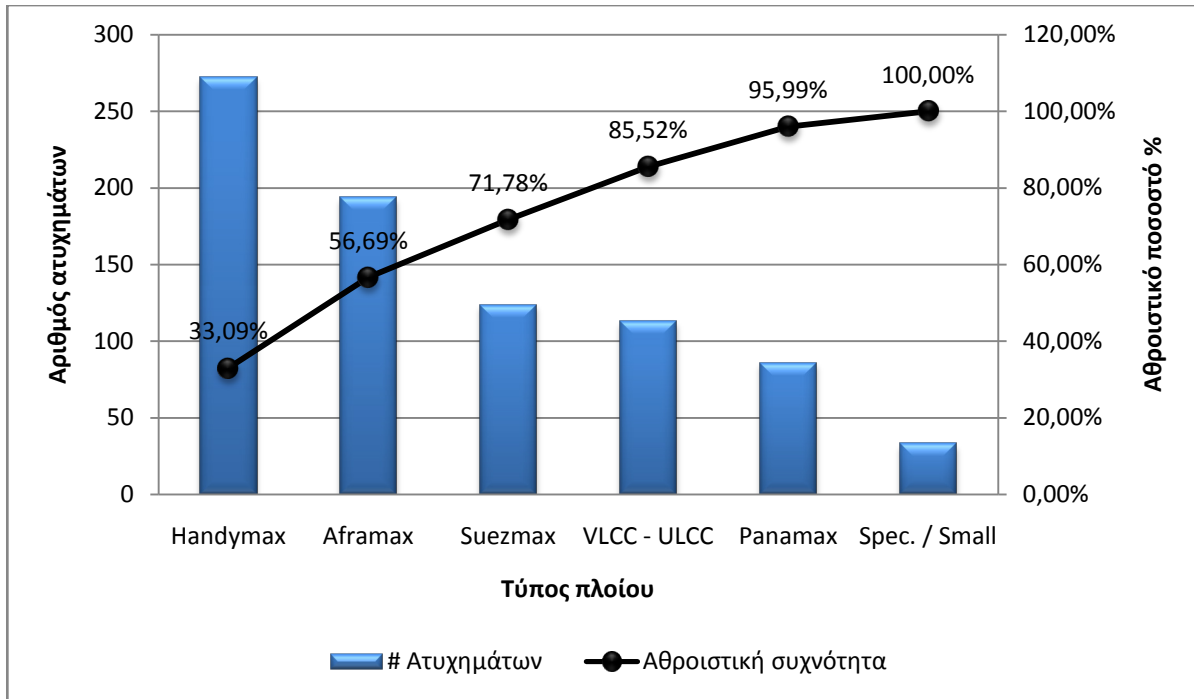
1. Spec. / Small
2. Handymax
3. Panamax
4. Aframax
5. Suezmax
6. VLCC - ULCC

Στον πίνακα 7 που ακολουθεί βλέπουμε τα ατυχήματα της κάθε κατηγορίας ανά έτος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 : Είδη δεξαμενοπλοίων με βάση το μέγεθος (822 ατυχήματα)

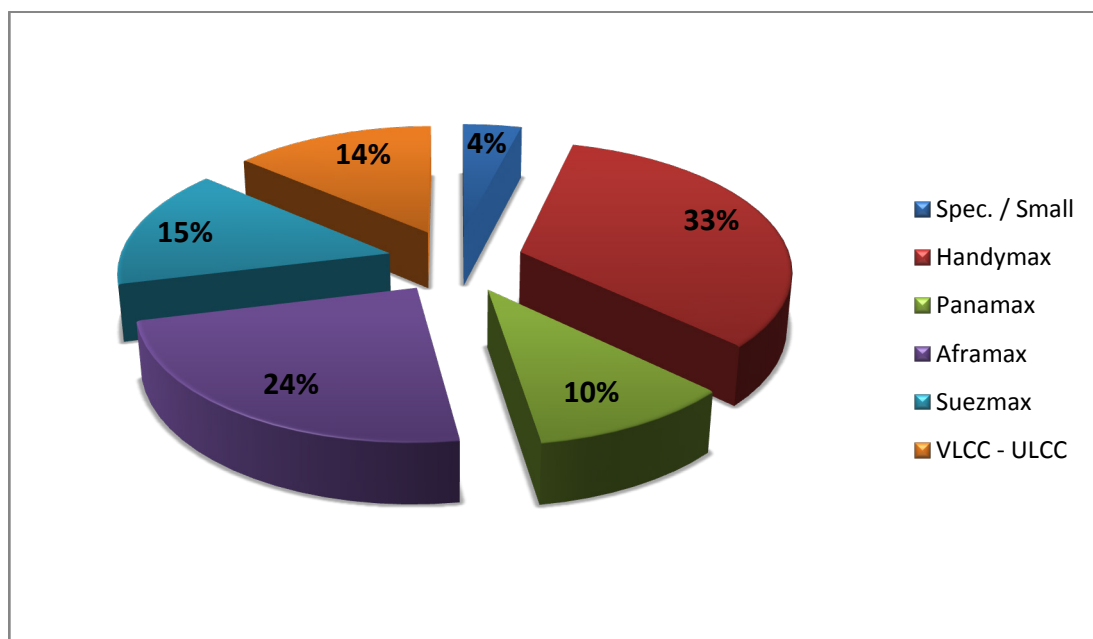
ΕΤΗ	Spec. / Small	Handymax	Panamax	Aframax	Suezmax	VLCC - ULCC
1980	0	8	3	3	2	6
1981	0	13	4	5	1	2
1982	0	10	1	4	4	1
1983	2	7	2	1	3	2
1984	0	12	0	3	1	2
1985	2	6	2	3	1	1
1986	3	5	2	4	4	0
1987	0	3	2	2	3	2
1988	1	3	0	4	3	3
1989	0	3	4	1	5	8
1990	4	9	4	5	8	4
1991	0	7	2	3	3	5
1992	0	7	2	4	3	2
1993	0	13	4	9	4	5
1994	1	13	2	6	7	6
1995	0	6	1	6	4	10
1996	0	9	5	2	7	8
1997	1	14	2	7	6	7
1998	1	16	3	5	0	4
1999	2	7	2	11	2	1
2000	0	9	4	8	9	1
2001	2	10	5	11	7	6
2002	3	21	4	17	7	6
2003	1	17	12	17	7	4
2004	2	5	4	15	6	3
2005	0	9	2	7	2	1
2006	5	6	2	7	3	6
2007	3	9	0	11	5	3
2008	0	15	3	10	7	4
2009	0	0	3	3	0	0
ΣΥΝΟΛΟ	33	272	86	194	124	113

Στα σχήματα 3 και 4, στη συνέχεια, βλέπουμε σχηματικά πλέον τα ποσοστά των τύπων πλοίων που καταγράφονται στον πίνακα που προηγήθηκε. Τα περισσότερα πλοία είναι τύπου *Handymax* με ποσοστό 33 % και ακολουθούν τα *Aframax* με 24 %. Τα λιγότερα ατυχήματα είναι από τύπους πλοίων *Spec. / Small* με ποσοστό 4 %.



Σχήμα 3: Αθροιστική συχνότητα βάσει του μεγέθους του δεξαμενοπλοίου

Οι τύποι *Handymax* και *Aframax* καλύπτουν ποσοστό πάνω από το μισό του συνόλου των καταγεγραμμένων ατυχημάτων (56,69 %).



Σχήμα 4: Ποσοστά των τύπων πλοίου που συμμετείχαν σε ατυχήματα (1980 - 2009)

Μια άλλη κατηγοριοποίηση των δεξαμενοπλοίων η οποία γίνεται, είναι αυτή με βάση τον τύπο του φορτίου που μεταφέρουν. Έτσι καταλήγουμε σε πέντε κατηγορίες πλοίων με βάση το φορτίο και σε μια έκτη, θεωρώντας και αυτή των πλοίων που δεν γνωρίζουμε τον τύπο τους.

Σ' αυτό το σημείο πρέπει να επισημάνουμε ότι στη συγκεκριμένη μελέτη δεν περιλαμβάνονται, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, πλοία που μεταφέρουν χημικά (*Chemical Tankers*) καθώς και πλοία που υπέστησαν βλάβες κατά τη διάρκεια πολεμικών συγκρούσεων ή εχθροπραξιών και από πειρατεία.

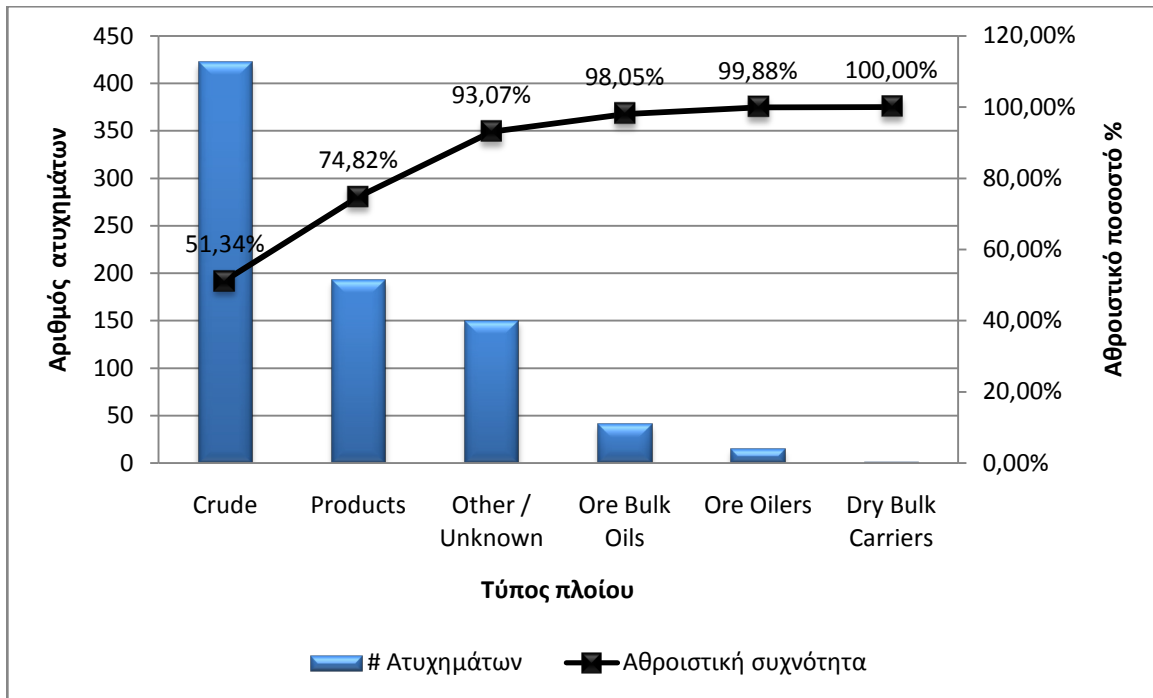
Από τα πλοία που συμμετείχαν στα 822 ατυχήματα, τα 803 (ποσοστό 97,7 %) ήταν μονέλικά (*single screw*) και 19 μόλις (2,3 %) διπλέλικα (*twin screw*).

Στον πίνακα 8 που ακολουθεί, βλέπουμε τα ατυχήματα της κάθε κατηγορίας ανά έτος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: Είδη δεξαμενοπλοίων με βάση το είδος του φορτίου (822 ατυχήματα)

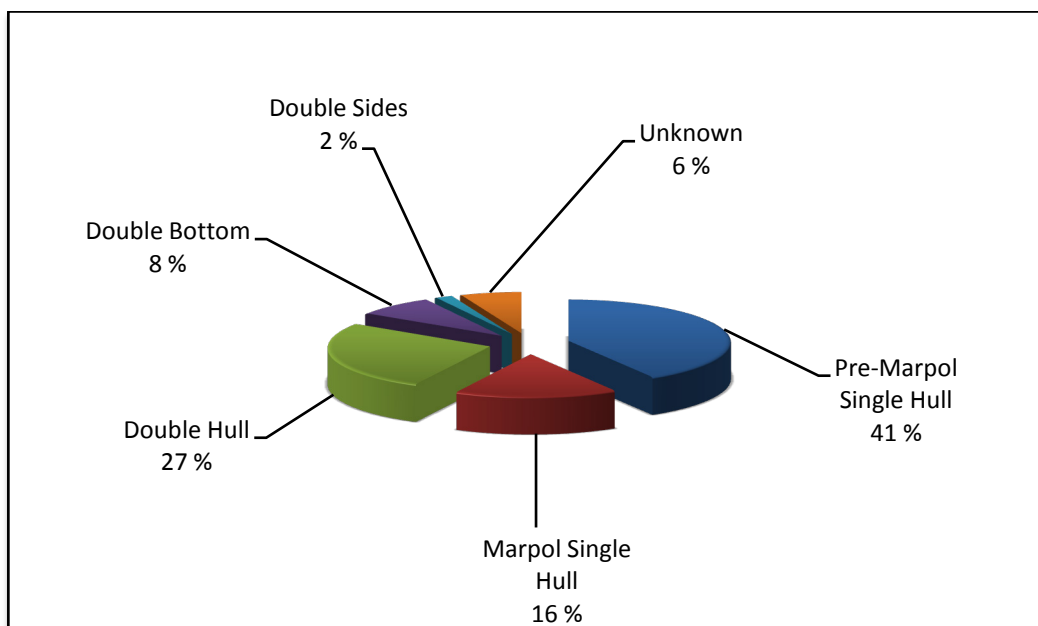
ΕΤΗ	Crude	Other / Unknown	Products	Ore Bulk Oils	Ore Oilers	Dry Bulk Carriers
1980	11	8	1	1	0	1
1981	11	9	3	1	1	0
1982	8	8	2	1	1	0
1983	9	5	1	2	0	0
1984	5	9	4	0	0	0
1985	4	6	4	0	1	0
1986	4	7	3	2	2	0
1987	5	1	2	3	1	0
1988	9	3	2	0	0	0
1989	19	1	1	0	0	0
1990	8	8	6	9	3	0
1991	8	8	0	2	2	0
1992	8	7	1	2	0	0
1993	16	8	7	2	2	0
1994	16	10	6	2	1	0
1995	19	3	4	0	1	0
1996	15	8	8	0	0	0
1997	18	6	12	1	0	0
1998	10	4	15	0	0	0
1999	14	4	5	2	0	0
2000	18	4	6	3	0	0
2001	23	3	14	1	0	0
2002	33	4	19	2	0	0
2003	29	5	20	4	0	0
2004	26	2	7	0	0	0
2005	11	0	10	0	0	0
2006	19	2	8	0	0	0
2007	20	3	8	0	0	0
2008	24	3	12	0	0	0
2009	2	1	2	1	0	0
ΣΥΝΟΛΟ	422	150	193	41	15	1

Στο διάγραμμα του σχήματος 5 ταξινομούνται τα ατυχήματα του προηγούμενου πίνακα με βάση τη συχνότητα που εμφανίζουν στη μελέτη. Όπως παρατηρούμε, οι τύποι δεξαμενοπλοίων *crude* και *product* αγγίζουν σχεδόν το 75% επί του συνόλου των ατυχημάτων που μελετήθηκαν για την περίοδο 1980 - 2009. Το μεγαλύτερο μερίδιο κατέχουν τα *crude tankers* με ποσοστό 51,34%.



Σχήμα 5: Αθροιστική συχνότητα βάσει του τύπου του δεξαμενοπλοίου

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι τύποι της γάστρας των πλοίων τα οποία ενεπλάκησαν στα 822 ατυχήματα.



Σχήμα 6: Κατηγορίες πλοίων με βάση τον τύπο της γάστρας

Όπως διαπιστώνουμε από το σχήμα 6, το μεγαλύτερο ποσοστό των πλοίων ήταν με γάστρες *Pre-Marpol Single Hull*, με ποσοστό 41%. Στη δεύτερη θέση είναι ο τύπος γάστρας *Double Hull* με ποσοστό 27%, ενώ στην τελευταία ο τύπος *Double Sides* με 2%.

Στον πίνακα 9 που ακολουθεί, βλέπουμε τα ατυχήματα της κάθε κατηγορίας ανά έτος. Έχουμε συνολικά, 341 πλοία με γάστρα *Pre-Marpol Single Hull* (non protectively located segregated ballast tank - SBT/PL), 132 με γάστρα *Marpol Single Hull* (SBT/PL), 218 με *Double Hull*, 66 με *Double Bottom* και 14 με *Double Sides*. Τέλος, υπάρχουν και 51 ατυχήματα πλοίων στα οποία δεν γνωρίζουμε τον τύπο της γάστρας.

Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 9, οι γάστρες που ήταν περισσότερο διαδεδομένες αρχικά ήταν αυτές των μονών τοιχωμάτων. Με την πάροδο όμως των ετών και την επιβολή νέων κανονισμών, στα πλοία χρησιμοποιούνταν ως επί των πλείστων γάστρες διπλών τοιχωμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9: Τύπος γάστρας των δεξαμενοπλοίων που προκάλεσαν ατυχήματα

ΕΤΗ	Pre - Marpol Single Hull	Marpol Single Hull	Double Hull	Double Bottom	Double Sides	Unknown
1980	21	0	1	0	0	0
1981	24	0	1	0	0	0
1982	18	0	2	0	0	0
1983	14	0	2	0	0	1
1984	18	0	0	0	0	0
1985	11	2	1	0	0	1
1986	11	2	4	0	0	1
1987	8	0	4	0	0	0
1988	11	1	0	1	0	1
1989	15	4	0	2	0	0
1990	15	2	13	0	0	4
1991	16	1	3	0	0	0
1992	13	1	3	0	1	0
1993	24	3	4	2	2	0
1994	20	6	3	5	0	1
1995	15	5	5	1	0	1
1996	18	7	1	5	0	0
1997	18	4	7	4	0	4
1998	10	9	5	4	0	1
1999	8	7	7	3	0	0
2000	7	9	9	5	0	1
2001	13	9	12	3	3	1
2002	3	20	16	14	1	4
2003	5	15	21	9	4	4
2004	2	11	17	1	1	3
2005	1	5	9	4	1	1
2006	1	4	18	2	0	4
2007	1	4	19	0	0	7
2008	0	1	27	1	0	10
2009	0	0	4	0	1	1
ΣΥΝΟΛΟ	341	132	218	66	14	51

Σημαντικό στοιχείο ενός ατυχήματος, είναι και η κατάσταση στην οποία βρισκόταν το πλοίο λίγο πριν αυτό συμβεί. Στα ατυχήματα της βάσης τα οποία εξετάζουμε, οι καταστάσεις λειτουργίας στις οποίες βρίσκονταν τα πλοία ήταν οι εξής:

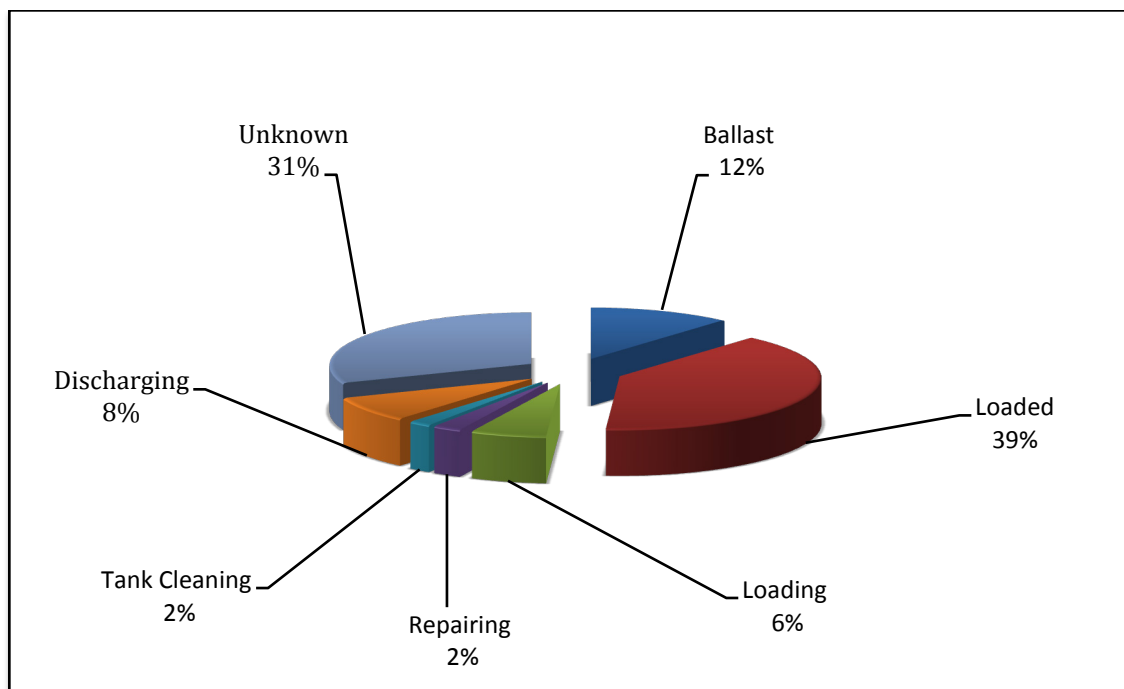
- Ballast (Το πλοίο βρισκόταν σε κατάσταση ερματισμού)
- Loaded (Το πλοίο ήταν φορτωμένο)
- Loading (Το πλοίο πληρωνόταν με φορτίο)
- Repairing (Το πλοίο επισκευαζόταν)
- Tank Cleaning (Στο πλοίο καθαρίζονταν οι δεξαμενές του)
- Discharging (Από το πλοίο ξεφορτωνόταν το φορτίο)

ΠΙΝΑΚΑΣ 10 : Κατάσταση λειτουργίας των δεξαμενοπλοίων κατά τη διάρκεια του ατυχήματος

ΕΤΗ	Ballast	Loaded	Loading	Repairing	Tank Cleaning	Discharging	Unknown
1980	5	5	1	1	1	1	8
1981	4	11	0	1	0	2	7
1982	4	6	0	1	0	1	8
1983	3	8	0	2	0	0	4
1984	3	4	0	0	1	2	8
1985	1	3	1	1	2	3	4
1986	1	7	2	0	0	1	7
1987	0	8	0	0	0	0	4
1988	0	8	1	1	0	0	4
1989	2	11	4	0	0	2	2
1990	4	23	0	0	0	1	6
1991	1	10	1	1	0	1	6
1992	0	10	1	1	1	0	5
1993	2	11	0	2	1	2	17
1994	5	17	3	0	0	2	8
1995	1	11	4	0	0	5	6
1996	3	7	3	0	1	9	8
1997	5	22	0	1	0	4	5
1998	3	9	2	1	0	4	10
1999	3	6	3	0	1	5	7
2000	1	13	5	0	1	2	9
2001	2	8	6	1	2	7	15
2002	5	22	5	1	0	3	22
2003	5	16	5	0	3	0	29
2004	4	17	1	3	0	4	6
2005	3	13	1	0	0	1	3
2006	7	10	0	1	1	2	8
2007	9	12	0	0	0	0	10
2008	7	13	0	0	0	0	19
2009	2	4	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΟ	95	325	49	19	15	64	255

Στον πίνακα 10, μπορούμε να δούμε ότι σε πολλές περιπτώσεις δεν αναφέρεται η κατάσταση λειτουργίας που βρισκόταν το πλοίο την ώρα του ατυχήματος. Έτσι, έχουμε συνολικά 255 ατυχήματα με άγνωστη κατάσταση λειτουργίας του πλοίου και ποσοστό 31%.

Στο σχήμα 7, βλέπουμε σχηματικά πλέον τα ποσοστά των καταστάσεων φόρτωσης των πλοίων που καταγράφονται στον πίνακα που προηγήθηκε. Τα περισσότερα πλοία βρίσκονταν φορτωμένα (Loaded), με ποσοστό 39% και ακολουθούν τα πλοία που βρίσκονταν σε κατάσταση ερματισμού (Ballast) με ποσοστό 12%.



Σχήμα 7: Κατάσταση λειτουργίας των δεξαμενοπλοίων

5.2.2.3 ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Στην παρούσα παράγραφο θα έχουμε τη δυνατότητα να εξετάσουμε τις γεωγραφικές τοποθεσίες που βρίσκονταν τα πλοία όταν συνέβησαν τα ατυχήματα. Αυτό το στοιχείο είναι σημαντικό για την εξαγωγή κάποιων χρήσιμων συμπερασμάτων στην παρούσα εργασία.

Στον πίνακα 11 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι περιοχές στις οποίες έλαβαν χώρα τα ατυχήματα που μελετάμε από το 1980 μέχρι το 2009, με στοιχεία που προέκυψαν από τη βάση δεδομένων. Επίσης μπορούμε να δούμε τον αριθμό των ατυχημάτων καθώς και τη συνολική ποσότητα της διαρροής σε κάθε γεωγραφική τοποθεσία για αυτά τα 30 χρόνια.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11 : Περιοχές ατυχημάτων (822 ατυχήματα)

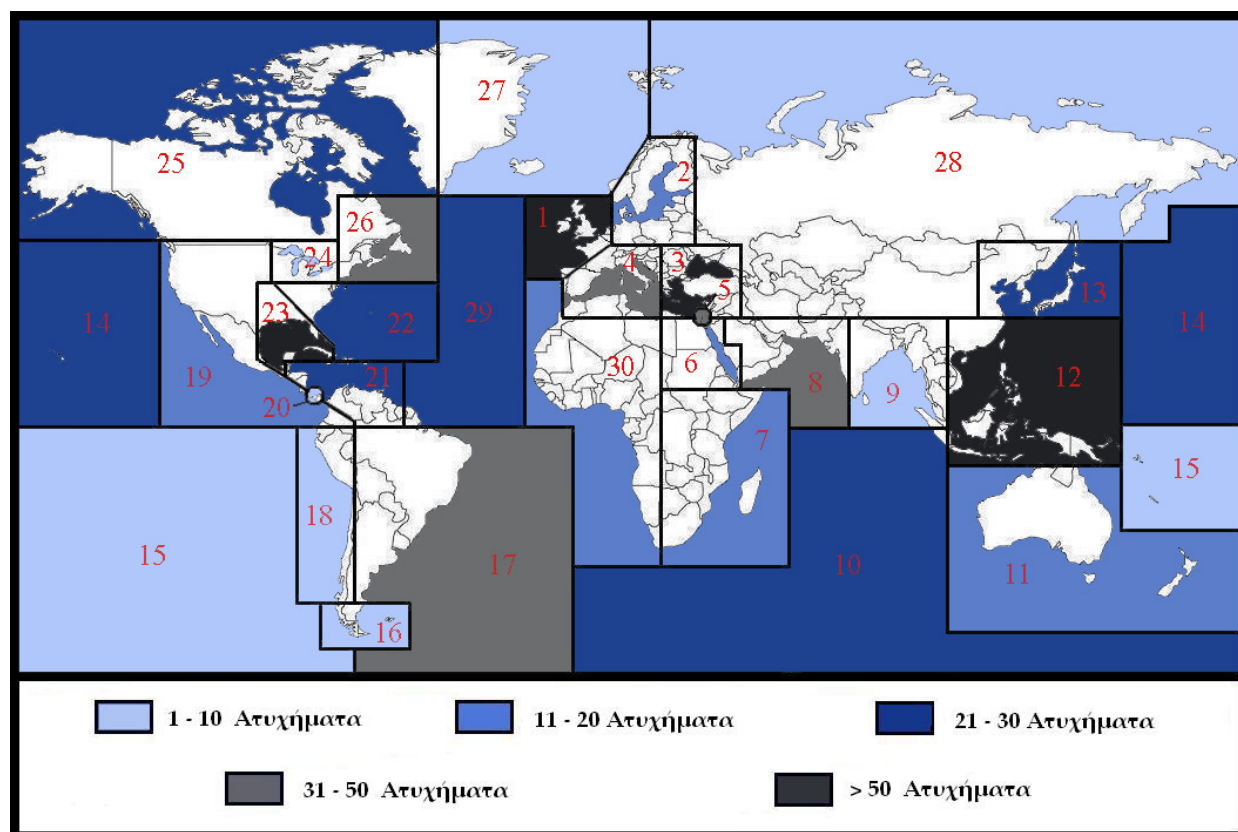
Area	No of accidents	No of accidents involving oil pollution
<i>Adriatic Sea</i>	3	2
<i>Aegean Sea</i>	13	6
<i>Arabian Sea</i>	15	11
<i>Australia</i>	17	14
<i>Baltic Sea</i>	18	13
<i>Bay of Biscay</i>	9	4
<i>Black Sea</i>	8	3
<i>Bosporus , Dardanelles</i>	15	4
<i>Cape Cod</i>	1	1
<i>Cape of Good Hope</i>	1	1
<i>Caribbean Sea</i>	21	13
<i>Chesapeake Bay</i>	2	0
<i>Columbia River</i>	2	1
<i>Cook Inlet , AK.</i>	3	3
<i>Cuba</i>	4	4
<i>Delaware River / Bay</i>	19	11
<i>East African Coast</i>	17	9
<i>East Coast So. America</i>	4	4
<i>East Mediterranean</i>	24	11
<i>English Channel</i>	21	8
<i>Great Lakes</i>	1	1
<i>Gulf of Aden</i>	1	0
<i>Gulf of Mexico</i>	61	37
<i>Gulf of Oman</i>	6	4
<i>Gulf of St. Lawrence</i>	2	1
<i>Gulf of Tehuantepec</i>	1	1
<i>Indian Ocean</i>	26	13
<i>Indonesia</i>	5	4
<i>Japan</i>	6	5
<i>Korea</i>	16	13
<i>Lake Maracaibo</i>	7	3
<i>Mississippi River</i>	26	8
<i>New York</i>	16	6
<i>New Zealand</i>	1	0
<i>North Atlantic</i>	30	18
<i>North Pacific</i>	22	13
<i>North Sea</i>	33	10
<i>Off Norway</i>	2	2
<i>Panama Canal</i>	4	4
<i>Persian Gulf</i>	9	5
<i>Prince William Sound</i>	24	13
<i>Puget Sound</i>	9	6
<i>Red Sea</i>	13	6
<i>Sea of Okhotsk</i>	1	0
<i>Singapore</i>	3	3
<i>South Atlantic</i>	31	19
<i>South China Sea</i>	28	17
<i>South Pacific</i>	4	2
<i>Straits of Gibraltar</i>	3	1
<i>Straits of Magellan</i>	2	2
<i>Straits of Malacca</i>	18	14
<i>Suez Canal</i>	38	7
<i>Taiwan</i>	4	2
<i>Thailand</i>	5	2
<i>United Kingdom</i>	36	22
<i>Unknown</i>	29	10

Συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα ...

Area	No of accidents	No of accidents involving oil pollution
US / Canada East Coast	28	16
US / Canada West Coast	4	2
West Coast of Africa	13	8
West Coast So. America	7	6
West Mediterranean	29	12
Willamette River	1	0
Σύνολο	822	441

Στον ακόλουθο χάρτη, με *γαλάζιο* χρώμα έχουμε τις περιοχές που έχουν συμβεί από το 1980 έως το 2009 από 1 έως 10 ατυχήματα και είναι οι περιοχές με κωδικούς αριθμούς 9, 15, 16, 18, 20, 24, 27 και 28. Με *μπλε* χρώμα είναι οι περιοχές στις οποίες έχουν συμβεί από 11 έως 20 ατυχήματα (2, 6, 7, 11, 19 και 30). Με *σκούρο μπλε*, αυτές με 21 έως 30 ατυχήματα (10, 13, 14, 21, 22, 25 και 29). Ακολουθούν με *γκρι* χρώμα, οι περιοχές στις οποίες έχουν συμβεί από 31 μέχρι 50 ατυχήματα (4, 5, 8, 17 και 26). Τέλος, με *σκούρο γκρι* είναι οι περιοχές στις οποίες, από το 1980 έως το 2009, έχουν συμβεί περισσότερα από 50 ατυχήματα δεξαμενοπλοίων και αυτές είναι οι 1, 3, 12 και 23.

Όπως παρατηρούμε στην εικόνα 12, τα περισσότερα ατυχήματα έχουν λάβει χώρα σε περιοχές με αυξημένη κυκλοφορία πλοίων (παράρτημα Δ), σε δύσκολες θάλασσες λόγω στενών περασμάτων, σε περιοχές που υπάρχουν πολλά μικρά νησιά και σε περιοχές που εμφανίζονται έντονες καιρικές συνθήκες.



Εικόνα 12 : Παγκόσμιος χάρτης του αριθμού των ατυχημάτων των δεξαμενοπλοίων ανά περιοχή για την περίοδο 1980 - 2009

Εκτός από τις γεωγραφικές περιοχές που παρουσιάστηκαν παραπάνω, στον πίνακα 12 που ακολουθεί έχουμε τη δυνατότητα να δούμε και τις περισσότερο λεπτομερείς τοποθεσίες των ατυχημάτων. Παραδείγματος χάριν, αν ένα ατύχημα έγινε σε ανοιχτή θάλασσα, σε ποτάμι, σε κανάλι ή σε κάποιο άλλο μέρος.

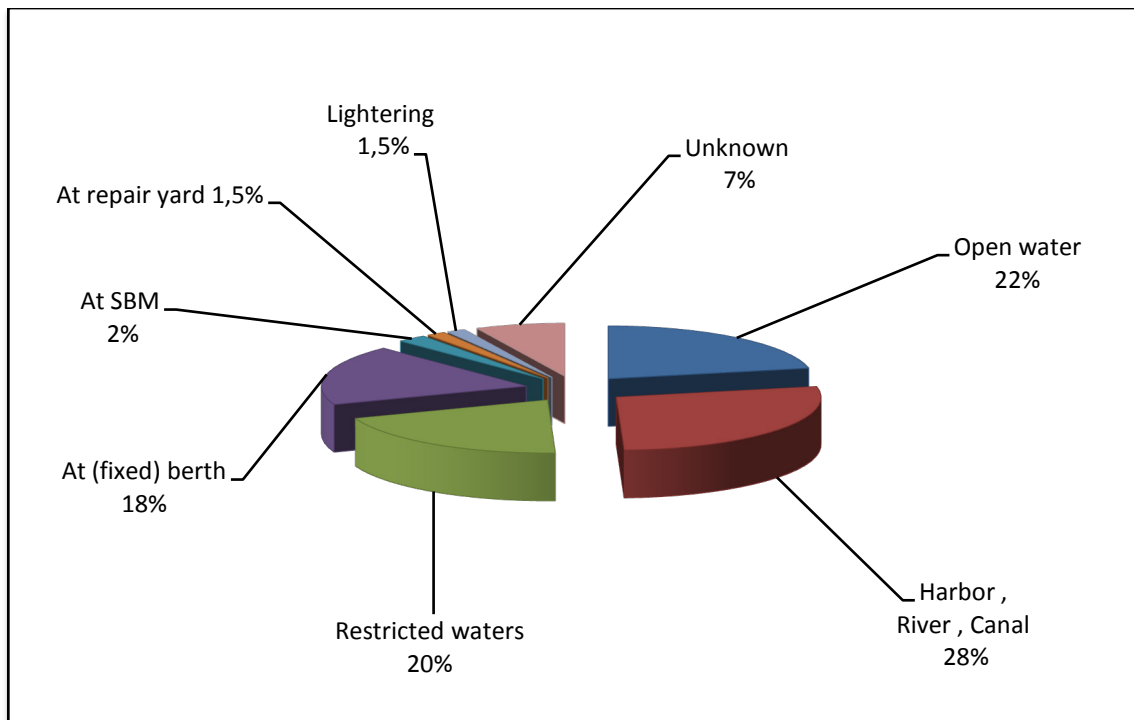
ΠΙΝΑΚΑΣ 12: Τοποθεσία των ατυχημάτων

ΕΤΗ	Open water	Harbor, River, Canal	Restricted waters	At (fixed) berth	At SBM	At repair yard	Lightering	Unknown
1980	10	2	2	3	0	0	0	5
1981	10	7	3	3	1	1	0	0
1982	13	3	1	1	0	1	0	1
1983	4	2	5	1	0	1	0	4
1984	5	5	4	2	0	0	0	2
1985	4	3	2	4	1	1	0	0
1986	4	5	1	5	0	0	0	3
1987	3	1	6	0	0	0	0	2
1988	5	1	2	3	0	1	0	2
1989	4	5	4	6	1	0	0	1
1990	11	5	10	1	2	0	1	4
1991	7	4	3	1	2	0	0	3
1992	6	3	4	3	0	1	0	1
1993	7	12	7	4	0	1	1	3
1994	11	8	3	13	0	0	0	0
1995	1	7	5	6	3	0	3	2
1996	3	12	2	11	1	0	1	1
1997	3	11	12	4	2	1	2	2
1998	2	11	5	6	2	0	1	2
1999	4	3	6	10	1	0	0	1
2000	6	10	3	8	1	0	1	2
2001	5	6	3	20	1	0	0	6
2002	11	18	15	11	0	1	0	2
2003	10	22	8	15	1	0	1	1
2004	3	12	10	5	0	3	0	2
2005	3	10	5	0	0	0	1	2
2006	9	10	4	4	0	0	0	2
2007	10	8	11	1	0	0	0	1
2008	3	20	15	0	0	0	0	1
2009	2	1	3	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΟ	179	227	164	151	19	12	12	58

Όπως παρατηρούμε στον ανωτέρω πίνακα, τα περισσότερα ατυχήματα (227) έγιναν σε κλειστές περιοχές (λιμάνια, κανάλια, ποτάμια) και ακολουθούν στη δεύτερη θέση τα ατυχήματα τα οποία έγιναν στην ανοιχτή θάλασσα, με 179 περιστατικά. Τέλος, σε 58 περιστατικά δεν αναφέρεται η τοποθεσία στην οποία συνέβη το ατύχημα.

Στη συνέχεια, στο σχήμα 8, βλέπουμε σχηματικά πλέον τα ποσοστά από τις τοποθεσίες που έγιναν τα ατυχήματα. Τα περισσότερα ατυχήματα, με ποσοστό

28 % , έγιναν σε λιμάνια , ποτάμια και κανάλια και ακολουθούν αυτά τα οποία έγιναν στην ανοιχτή θάλασσα με 22 % . Στην τρίτη θέση με ποσοστό 20 % βρίσκονται τα ατυχήματα που έγιναν σε περιορισμένα ύδατα και στην τελευταία αυτά που έγιναν σε επισκευαστικό έδαφος , με ποσοστό 1,5 % .



Σχήμα 8 : Τοποθεσίες ατυχημάτων

5.2.2.4 ΒΑΘΜΟΣ ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Η παράγραφος αυτή αναφέρεται στη σοβαρότητα των ατυχημάτων , η οποία κρίνεται κυρίως από το μέγεθος της βλάβης στο πλοίο , από τη ρύπανση που το πλοίο προκάλεσε και από τον αριθμό των μοιραίων περιστατικών (θάνατοι - τραυματισμοί) για τα άτομα που επέβαιναν στα πλοία τα οποία ενεπλάκησαν στα ατυχήματα . Ανάλογα με το πως κρίνονται τα ατυχήματα , αυτά χαρακτηρίζονται επιγραμματικά ως Serious , Non Serious και Total Loss .

Ακολουθεί ο ορισμός των ατυχημάτων ως προς τη σοβαρότητά τους σύμφωνα με τη σύμβαση IMO19 . Με σκοπό την υποβολή εκθέσεων σχετικά με τις λεπτομέρειες των ατυχημάτων στον IMO , τα ναυτικά ατυχήματα των πλοίων είναι ταξινομημένα στις εξής κατηγορίες :

1. Very serious casualties
2. Serious casualties

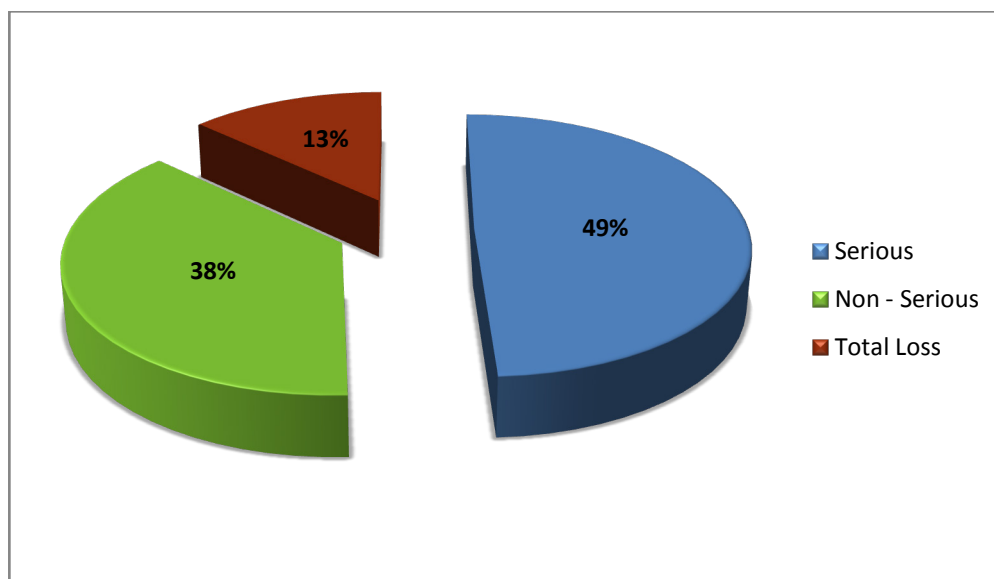
3. Less serious casualties

4. Marine incidents

Οι αντίστοιχοι ορισμοί κατά IMO είναι οι ακόλουθοι :

1. Είναι τα ατυχήματα πλοίων που περιλαμβάνουν την ολική απώλεια ή καταστροφή του σκάφους, απώλεια ζωής ή σοβαρή ρύπανση.
2. Είναι τα ατυχήματα πλοίων που δεν είναι κατάλληλα για να θεωρηθούν θανατηφόρα και που περιλαμβάνουν πυρκαγιά , έκρηξη , σύγκρουση , προσάραξη , επαφή , ζημιά λόγω κακοκαιρίας , κατασκευαστική αστοχία στη γάστρα κ.λπ. , με συνέπεια :
 - a. Ακινητοποίηση των κύριων μηχανών , εκτενή ζημιά στέγασης , αυστηρή κατασκευαστική ζημιά , όπως διείσδυση νερού στη γάστρα κ.λπ. , που καθιστούν το σκάφος ακατάλληλο για να πλεύσει .
 - b. Ρύπανση (ανεξάρτητα από την ποσότητα).
 - c. Μια βλάβη που απαιτεί τη ρυμούλκηση ή τη βοήθεια από την ακτή.
3. Είναι ατυχήματα πλοίων που δεν εμπίπτουν στις δυο παραπάνω κατηγορίες και παρουσιάζονται με σκοπό την καταγραφή χρήσιμων πληροφοριών. Περιλαμβάνει επίσης ναυτικά ατυχήματα τα οποία αυτοαποκαλούνται «επικίνδυνα ατυχήματα» και «παρ' ολίγον ατυχήματα».

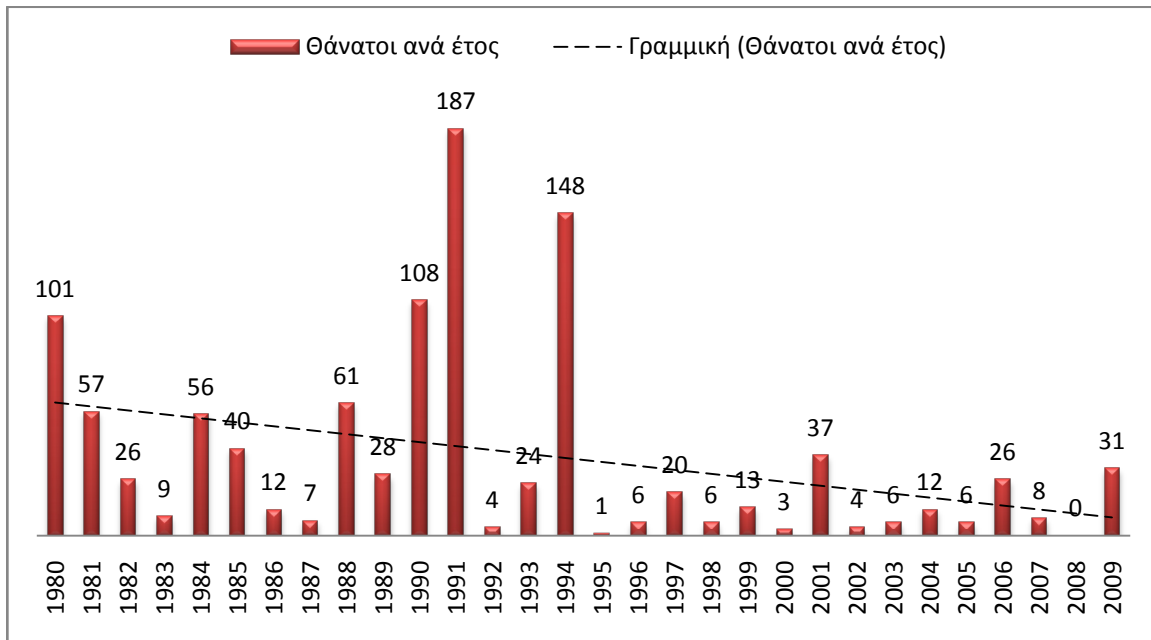
Έτσι , στο σχήμα 9 παρουσιάζεται ο βαθμός σοβαρότητας για τα συνολικά 822 ατυχήματα που μελετήθηκαν. Όπως παρατηρούμε , το 62,4 % των ατυχημάτων χαρακτηρίζονται είτε ως *Serious* , είτε ως *Total Loss* (513 από τα 822 ατυχήματα). Επομένως , τα υπόλοιπα 309 ατυχήματα χαρακτηρίζονται ως *Non Serious* .



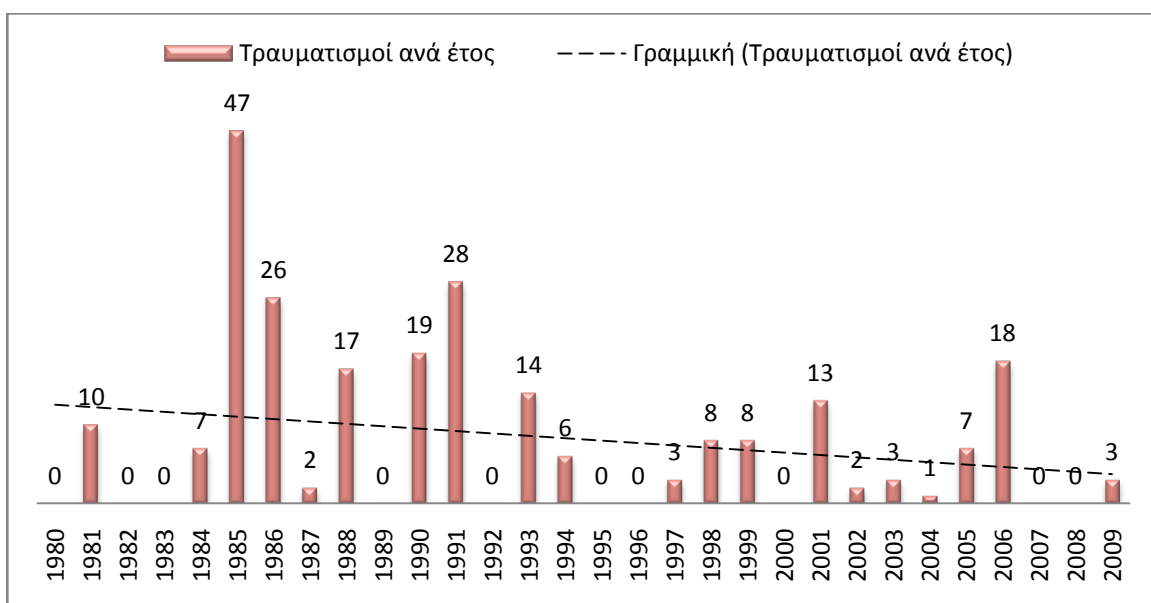
Σχήμα 9 : Σοβαρότητα των ατυχημάτων

5.2.2.5 ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΜΟΙΡΑΙΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΤΑ ΤΟ ΑΤΥΧΗΜΑ

Τα 822 περιστατικά ατυχημάτων τα οποία συνέβησαν από το 1980 έως το 2009 και τα οποία εξετάζουμε, είχαν σαν αποτέλεσμα τον τραυματισμό και τον θάνατο εκατοντάδων ανθρώπων. Συγκεκριμένα, 1047 άτομα βρήκαν το θάνατο και 242 τραυματίστηκαν στα ατυχήματα δεξαμενοπλοίων αυτά τα 30 έτη.



Σχήμα 10: Κατανομή θανάτων ανά έτος για τα έτη 1980 - 2009



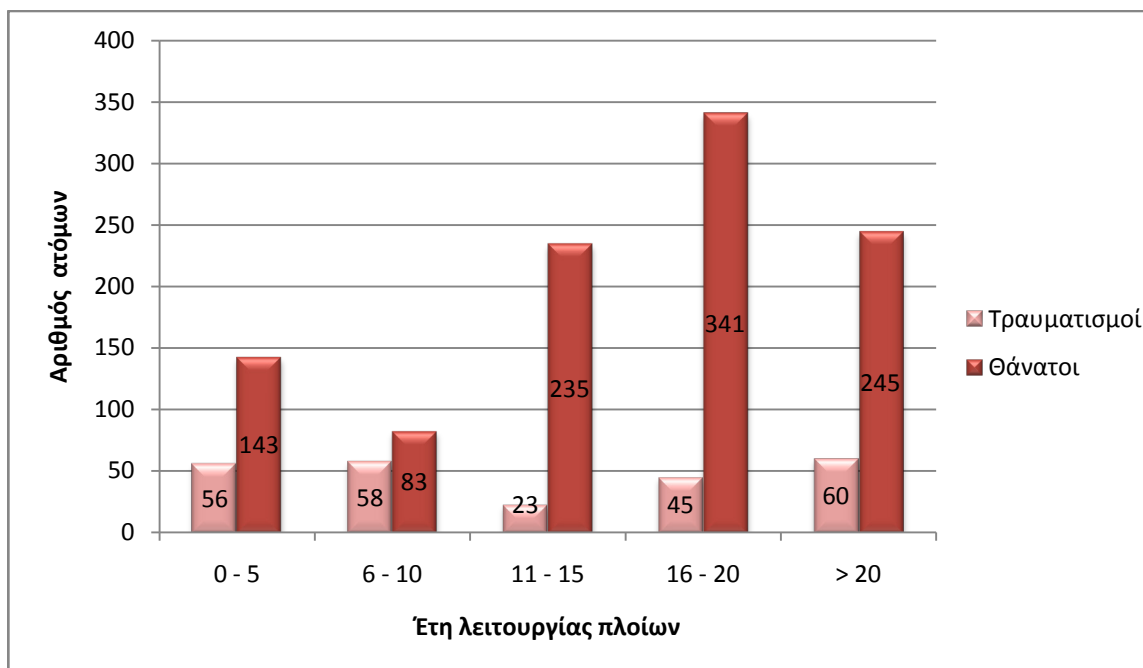
Σχήμα 11: Κατανομή τραυματισμών ανά έτος για τα έτη 1980 - 2009

Στα σχήματα 10 και 11 που προηγήθηκαν, μπορούμε να δούμε το πως κατανέμονται τα μοιραία περιστατικά και οι τραυματισμοί αντίστοιχα ανά έτος, για τα 30 έτη που μελετήθηκαν. Ο μέγιστος αριθμός θανάτων σε ένα έτος είναι 187, για το έτος 1991 και ο αντίστοιχος αριθμός για τραυματισμούς είναι 47, το έτος 1985.

Γενικά, από τα σχήματα παρατηρούμε μια σημαντική ετήσια μείωση των μοιραίων περιστατικών και των τραυματισμών με την πάροδο των ετών. Ιδιαίτερα μετά το 1995, υπάρχει κατακόρυφη πτώση των περιστατικών αυτών στα ατυχήματα που εξετάστηκαν.

Στη συνέχεια, και συγκεκριμένα στο επόμενο σχήμα, γίνεται μια συσχέτιση των θανάτων και τραυματισμών των ατόμων, με την ηλικία του πλοίου όταν συνέβη το ατύχημα. Γίνεται διαχωρισμός των ηλικιακών περιόδων λειτουργίας των πλοίων και καταγράφονται τα περιστατικά που αντιστοιχούν σε κάθε περίοδο.

Όπως παρατηρούμε, στις μεγάλες ηλικίες των πλοίων έχουμε και σημαντικό αριθμό θανάτων, συγκριτικά με τις μικρότερες ηλικίες. Συγκεκριμένα, στις ηλικίες πλοίων από 11 έτη και άνω έχει συμβεί το 78,4% των συνολικών θανάτων (821 θάνατοι). Η ηλικιακή περίοδος με τα περισσότερα καταγεγραμμένα περιστατικά θανάτων είναι αυτή μεταξύ 16 και 20 ετών, όπου έχουν προκληθεί 341 και αντιστοιχεί σε ποσοστό 32,6% επί των συνολικών.



Σχήμα 12: Θάνατοι και τραυματισμοί ανά ηλικιακή περίοδο πλοίων

Σε ό,τι έχει να κάνει με τα περιστατικά τραυματισμών, δεν παρατηρούμε κάποια άμεση συσχέτιση με την ηλικία των πλοίων. Ο μικρότερος αριθμός περιστατικών διαπιστώνεται στην περίοδο 11-15 ετών και ο μεγαλύτερος στα ατυχήματα πλοίων που έχουν ηλικία μεγαλύτερη των 20 ετών.

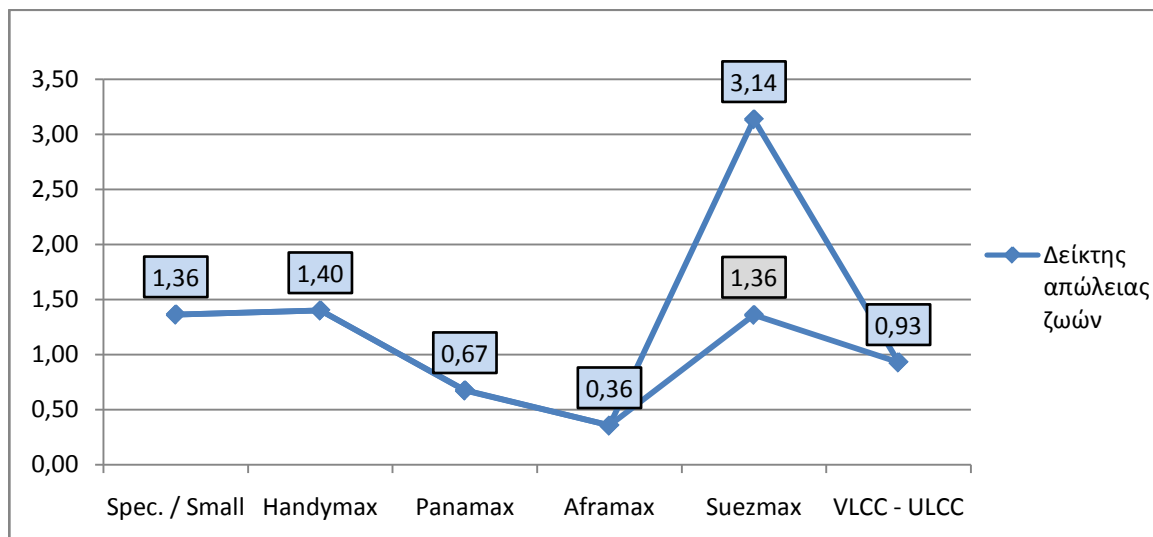
Στον πίνακα 13 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι επιπτώσεις (θάνατοι και τραυματισμοί) που είχαν τα ατυχήματα των πλοίων στα άτομα που ενεπλάκησαν σ' αυτά, ανά κατηγορία δεξαμενοπλοίων με βάση το μέγεθος. Στις δύο πρώτες θέσεις στο θέμα θανάτων, είναι οι κατηγορίες Suezmax και Handymax, με 389 και 381 εμφανίσεις αντίστοιχα. Σε ό,τι έχει να κάνει με τους τραυματισμούς, παρατηρούμε ότι είναι πολύ λιγότεροι σε σχέση με τους θανάτους, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στο ότι πολλοί απ' αυτούς δεν αναφέρθηκαν σαν επακόλουθο του ατυχήματος. Το 44,2% του συνόλου των τραυματισμών σημειώθηκαν σε πλοία τύπου Handymax.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13: Θάνατοι και τραυματισμοί ανά τύπο πλοίου

Τύπος πλοίου	Θάνατοι		Τραυματισμοί	
	Αριθμός	(%)	Αριθμός	(%)
Spec. / Small	45	4,3	10	4,1
Handymax	381	36,4	107	44,2
Panamax	58	5,5	10	4,1
Aframax	69	6,6	46	19,0
Suezmax	389	37,2	22	9,1
VLCC - ULCC	105	10,0	47	19,5
Σύνολο	1047	100,0	242	100,0

Οι θάνατοι ανά πλοίο ανά έτος (deaths per ship-year) είναι: Spec. / Small → 0,003554, Handymax → 0,009662, Panamax → 0,008634, Aframax → 0,004675, Suezmax → 0,046604, VLCC - ULCC → 0,007391 (total → 0,010892).

Τέλος, στο σχήμα 13 βλέπουμε τους δείκτες απώλειας ζωών ανά ατύχημα σε κάθε κατηγορία πλοίου, με βάση το μέγεθος. Αυτό μας δείχνει, με βάση τα ατυχήματα που μελετήθηκαν, το πόσοι θάνατοι αντιστοιχούν σε κάθε ατύχημα για κάθε τύπο δεξαμενοπλοίου.

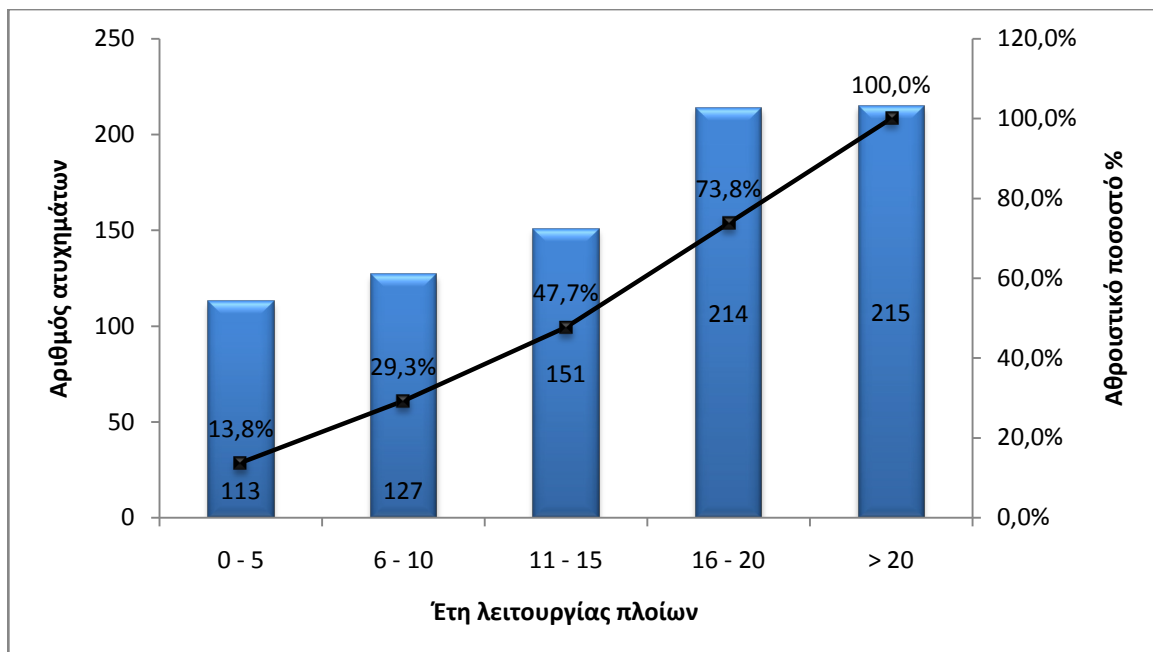


Σχήμα 13: Δείκτης απώλειας ζωών ανά ατύχημα ανά τύπο πλοίου

Ο μέσος δείκτης απώλειας ζωών που εμφανίζουν τα δεξαμενόπλοια είναι 1,27 θάνατοι ανά ατύχημα. Τον μεγαλύτερο δείκτη (3,14) εμφανίζουν τα πλοία τύπου Suezmax και τον μικρότερο τα Aframax (0,36). Το μεγάλο αυτό νούμερο στα πλοία τύπου Suezmax οφείλεται εν πολλοίς στο γεγονός ότι 3 ατυχήματα (τα μεγαλύτερα που εμφανίστηκαν σε θέμα μοιραίων περιστατικών) που είχαν συνολικά 226 νεκρούς ανήκουν σε πλοία του συγκεκριμένου τύπου (διαφορετικά ο δείκτης πέφτει στο 1,36). Ειδικά το ατύχημα του πλοίου Agir Abruzzo (σύγκρουση με Ε/Γ) που συνέβη το 1991 και είναι τύπου Suezmax, είχε σαν αποτέλεσμα τον θάνατο 140 ατόμων.

5.2.2.6 ΕΤΟΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ - ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ - ΗΛΙΚΙΑ ΠΛΟΙΟΥ

Η ηλικία του εμπορικού στόλου αποτελούσε ανέκαθεν σημείο τριβής και συζήτησης μεταξύ των πλοιοκτητών, των Κρατικών Φορέων και, κυρίως, της κοινωνίας. Η πίεση της κοινής γνώμης για απόσυρση των “γερασμένων” πλοίων γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη μετά από κάποιο ατύχημα, ειδικά αν έχει σαν αποτέλεσμα τη μόλυνση του περιβάλλοντος ή την απώλεια ανθρώπινης ζωής.



Σχήμα 14: Αριθμός πλοίων που έλαβαν μέρος σε ατυχήματα, ανάλογα με την ηλικία τους

Παρατηρώντας το σχήμα 14 που προηγείται, είναι προφανές ότι όσο αυξάνεται η ηλικία ενός πλοίου, τόσο πιο επιρρεπές γίνεται αυτό σε κάποιο ατύχημα. Από τα ατυχήματα τα οποία μελετήθηκαν στην εργασία και των οποίων η ηλικία των πλοίων είναι καταγεγραμμένη στη βάση, το 52,3 % προκλήθηκαν από δεξαμενόπλοια ηλικίας άνω των 15 ετών (429 από τα 820).

Τα ακριβή ποσοστά για κάθε ηλικιακή περίοδο , από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο , είναι τα ακόλουθα :

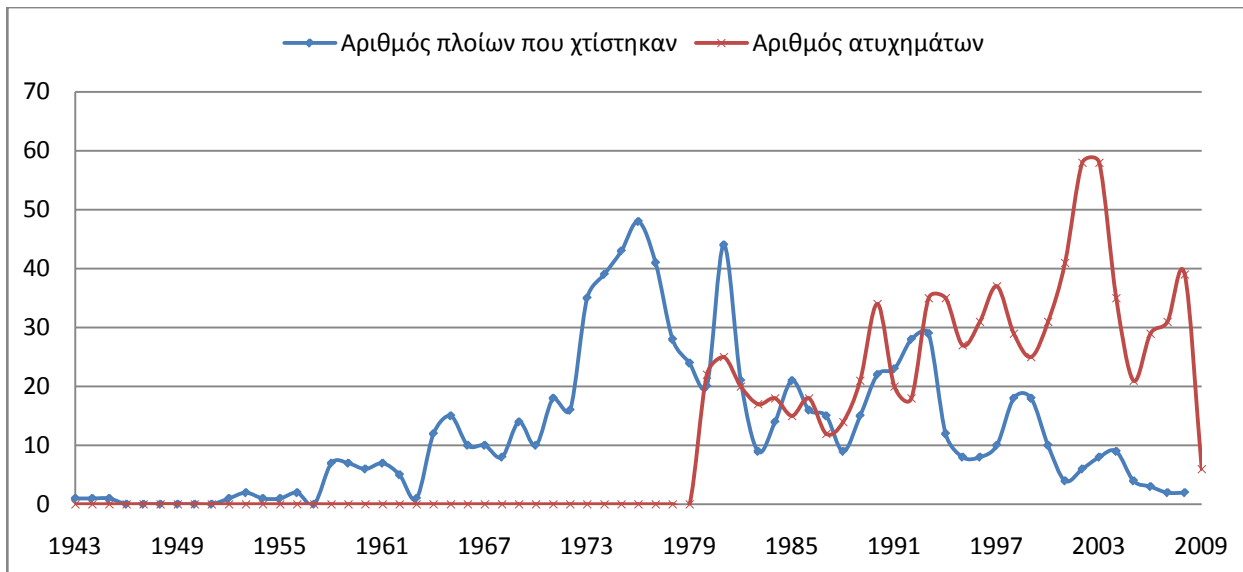
Ηλικία (έτη)	Ποσοστό
> 20	: 26,2%
16-20	: 26,1%
11-15	: 18,4%
6-10	: 15,5%
0-5	: 13,8%

Στον πίνακα 14 που ακολουθεί στη συνέχεια , παρουσιάζονται ανά έτος τα ποσοστά της ηλικιακής περιόδου στην οποία βρίσκονταν τα πλοία κατά τη διάρκεια των ατυχημάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 14 : Ποσοστά (%) ατυχημάτων με βάση την ηλικία των πλοίων

ΕΤΗ	0 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	> 20
1980	15	15	25	20	25
1981	8	16	16	28	32
1982	15	20	10	25	30
1983	6,5	26,5	6,5	26,5	34
1984	6	12	23,5	35	23,5
1985	26,5	7	26,5	20	20
1986	6	31	44	6	13
1987	8	34	25	16,5	16,5
1988	8	23	46	23	0
1989	10	14	33	29	14
1990	3	10	32	36	19
1991	6	0	17	33	44
1992	5	0	28	50	17
1993	11,5	3	11,5	54	20
1994	9	3	17	43	28
1995	26	3,5	3,5	52	15
1996	3	16	13	36	32
1997	20	3	11	29	37
1998	17	17	10	24	31
1999	8	24	8	16	44
2000	10	13,5	13,5	33	30
2001	7,5	17,5	15	15	45
2002	12	9	33	26	20
2003	16	23	9	14	38
2004	24	15	24	15	22
2005	21	5	32	16	26
2006	9	34	39	9	9
2007	24,5	17	24,5	17	17
2008	20	36	18	8	18
2009	50	0	16,67	16,67	16,67

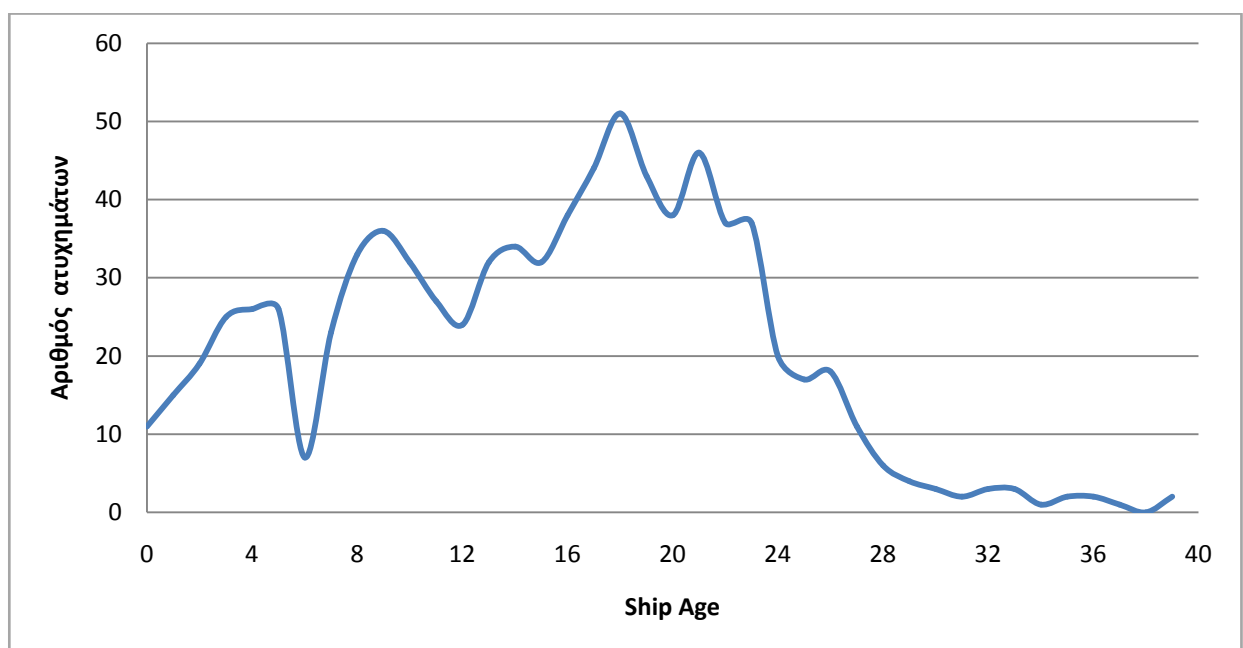
Εν συνεχεία , στο διάγραμμα του σχήματος 15 , παραβάλλονται η κατανομή των ετών κατασκευής των πλοίων που συμμετείχαν σε ατυχήματα και η αντίστοιχη κατανομή των ετών των ατυχημάτων των πλοίων αυτών. Για παράδειγμα , το 1991 χτίστηκαν 23 νέα πλοία απ' αυτά που μελετάμε , ενώ έγιναν 20 ατυχήματα .



Σχήμα 15: Παραβολή του έτους ατυχήματος και του έτους κατασκευής των πλοίων

Παρατηρούμε επίσης στο παραπάνω διάγραμμα ότι το πιο παλιό πλοίο από αυτά που μελετήσαμε και το οποίο προκάλεσε ατύχημα, χτίστηκε το έτος 1943. Τα νεότερα πλοία αντίστοιχα, χτίστηκαν το 2008. Μια ακόμα παρατήρηση που πρέπει να κάνουμε, είναι πως το γεγονός ότι δεν εμφανίζονται ατυχήματα πριν το 1980, δε σημαίνει ότι δεν έγιναν. Απλώς δεν μελετώνται στην συγκεκριμένη εργασία.

Ο αριθμός των πλοίων που χτίστηκαν κάθε έτος και τα οποία παρουσιάζονται ανωτέρω, δεν είναι ο παγκόσμιος αριθμός των νέων δεξαμενοπλοίων για το κάθε έτος, αλλά μόνο των πλοίων τα οποία συμμετείχαν σε ατύχημα κ περιλαμβάνονται στη βάση.



Σχήμα 16: Αριθμός ατυχημάτων ανά έτος ηλικίας των πλοίων

Άλλο ένα διάγραμμα που μας δείχνει το πως κατανέμονται τα ατυχήματα ανάλογα με την ηλικία των πλοίων, είναι αυτό του σχήματος 16. Τα περισσότερα ατυχήματα, όπως διαπιστώνουμε, έγιναν μεταξύ 16 και 23 ετών. Το μέγιστο βρίσκεται στην ηλικία 18 ετών, με 51 περιστατικά να συμβαίνουν σ' αυτή την ηλικία. Πριν ακόμα συμπληρωθεί το πρώτο έτος της λειτουργίας των πλοίων, συνέβησαν 11 ατυχήματα και 2 ατυχήματα έγιναν από πλοία 39 ετών.

5.2.2.7 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΡΡΟΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

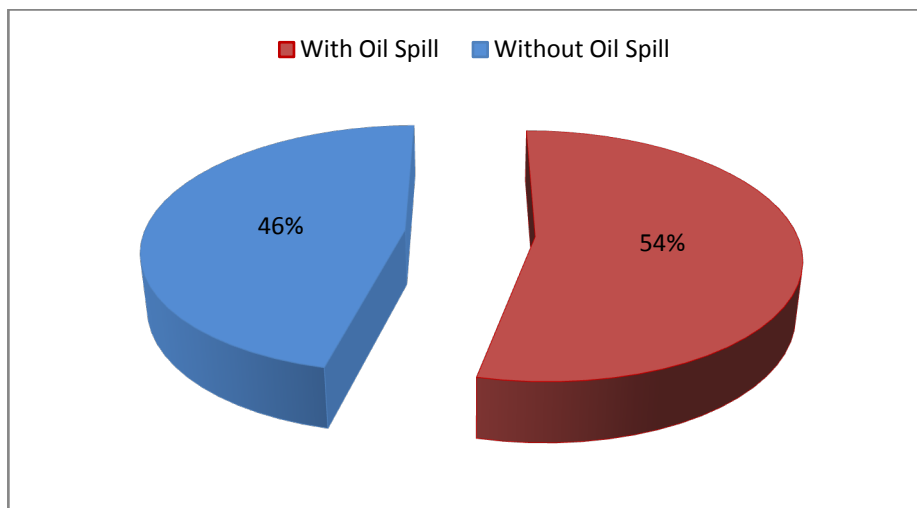
5.2.2.7.1 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΡΡΟΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Στην παρούσα ενότητα θα ασχοληθούμε με τη διαρροή πετρελαίου που ήταν σαν αποτέλεσμα των ατυχημάτων ορισμένων πλοίων από αυτά που περιλαμβάνονται στη μελέτη. Από το σύνολο λοιπόν των ατυχημάτων που μελετήθηκαν (822), τα 441 (ποσοστό 56%) είχαν σαν αποτέλεσμα διαρροή ποσότητας πετρελαίου στη θάλασσα, ενώ τα υπόλοιπα 381 (ποσοστό 44%) περιστατικά δεν είχαν. Στον πίνακα 15 και στο σχήμα 17 μπορούμε να δούμε τα ποσοστά αυτά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15 : Ατυχήματα με ή χωρίς διαρροή πετρελαίου

Διαρροή	Αριθμός ατυχημάτων	Ποσοστό (%)
<i>With oil spill</i>	441	54
<i>Without oil spill</i>	381	46
Σύνολο	822	100

Όπως διαπιστώνουμε, μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των ατυχημάτων που είχαν ως συνέπεια διαρροή ορισμένης ποσότητας πετρελαίου, σε σχέση με το ποσοστό των ατυχημάτων που δεν είχαν.



Σχήμα 17 : Ατυχήματα με ή χωρίς διαρροή πετρελαίου

Αναλυτικά, τα ετήσια στατιστικά των διαρροών φαίνονται στον πίνακα 16 καθώς και στα σχήματα 17 και 18 που ακολουθούν.

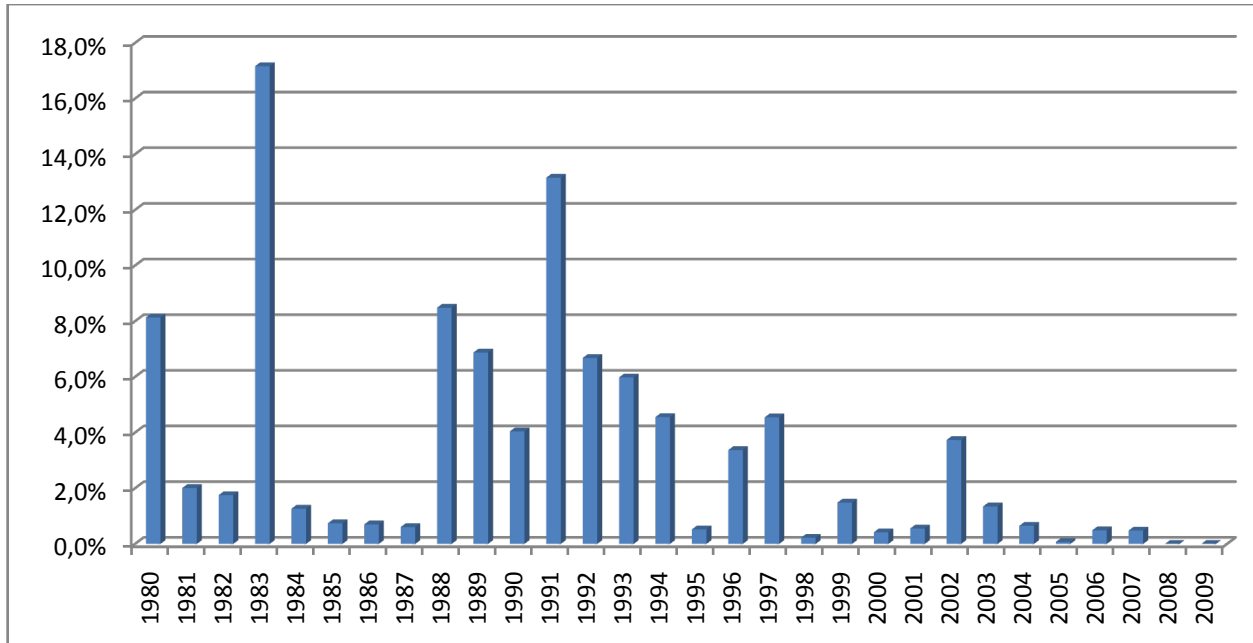
ΠΙΝΑΚΑΣ 16 : Ετήσια στατιστικά διαρροών

Year	Total Incidents	Total Oil Spilt (m^3)	% Total Oil Spilt
1980	12	213.307,0	8,131
1981	11	52.635,7	2,006
1982	12	45.937,0	1,750
1983	14	450.271,0	17,164
1984	10	33.155,0	1,264
1985	11	19.408,0	0,740
1986	13	18.371,7	0,700
1987	8	15.805,0	0,603
1988	10	222.611,1	8,490
1989	17	180.364,3	6,875
1990	24	106.060,0	4,040
1991	12	345.150,0	13,157
1992	8	175.191,1	6,678
1993	22	156.867,4	5,980
1994	26	119.540,3	4,557
1995	17	13.596,2	0,518
1996	26	88.413,4	3,370
1997	20	119.247,2	4,546
1998	23	5.758,3	0,220
1999	16	38.889,8	1,482
2000	21	10.901,6	0,415
2001	31	14.478,9	0,552
2002	13	97.957,3	3,734
2003	19	35.254,9	1,344
2004	15	17.085,7	0,651
2005	6	1.789,0	0,068
2006	7	12.768,3	0,487
2007	3	12.547,0	0,478
2008	1	1,1	0,000
2009	3	0,2	0,000
Σύνολο	441	2.623.363,3	100,000

Το έτος με τα περισσότερα ατυχήματα με διαρροή πετρελαίου είναι το 2001, ενώ αυτό με τα λιγότερα το 2008. Τα αντίστοιχα έτη για ποσότητα διαρροής, είναι το 1983 και το 2009.

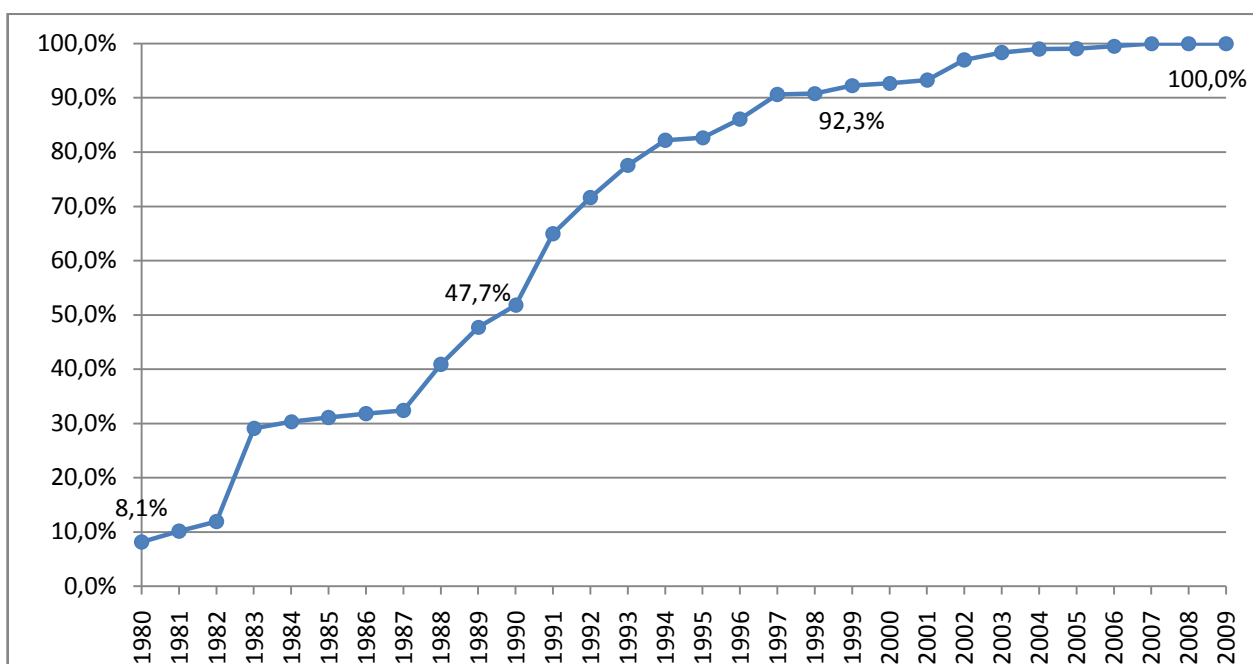
Στο σχήμα 18 φαίνονται σε διάγραμμα τα ποσοστά της συμμετοχής κάθε έτους στη συνολική διαρροή των 30 ετών. Μεγάλες ποσότητες διαρροής παρατηρούνται μεταξύ των ετών 1988 και 1997.

Τα μεγάλα ποσοστά που παρατηρούνται για τα έτη 1983 και 1991, οφείλονται σε μεγάλο βαθμό σε μεμονωμένα ατυχήματα πλοίων, τα οποία είχαν σαν αποτέλεσμα να διαρρεύσουν δεκάδες χιλιάδες τόνοι πετρελαίου στη θάλασσα. Συγκεκριμένα, από το ατύχημα του δεξαμενοπλοίου Castillo de Beller τον Αύγουστο του 1983 διέρρευσαν περίπου 298.000 κυβικά μέτρα, ενώ από αυτό του Abt Summer τον Μάιο του 1991 περίπου 306.000 κυβικά.



Σχήμα 18 : Ποσοστά (%) της συμμετοχής κάθε έτους στην συνολική διαρροή (30 έτη)

Στο διάγραμμα του σχήματος 19 , βλέπουμε την αθροιστική συχνότητα για όλα τα έτη , με τη συμμετοχή κάθε έτους στη συνολική διαρροή της τριακονταετίας. Από το 1980 μέχρι το 1989 έχει διαρρεύσει το 47,7 % της συνολικής διαρροής (1.251.865,853 κυβικά) , από το 1990 μέχρι το 1999 το 44,6 % (1.168.713,658 κυβικά) και από το 2000 και έπειτα , το 7,7 % του συνόλου της ποσότητας των 30 ετών (202.784,008 κυβικά). Συνολικά , από το 1980 μέχρι το 1999 , δηλαδή τα πρώτα 20 χρόνια , έχει διαρρεύσει το 92,3 % της συνολικής ποσότητας διαρροής (2.623.363,519 κυβικά).

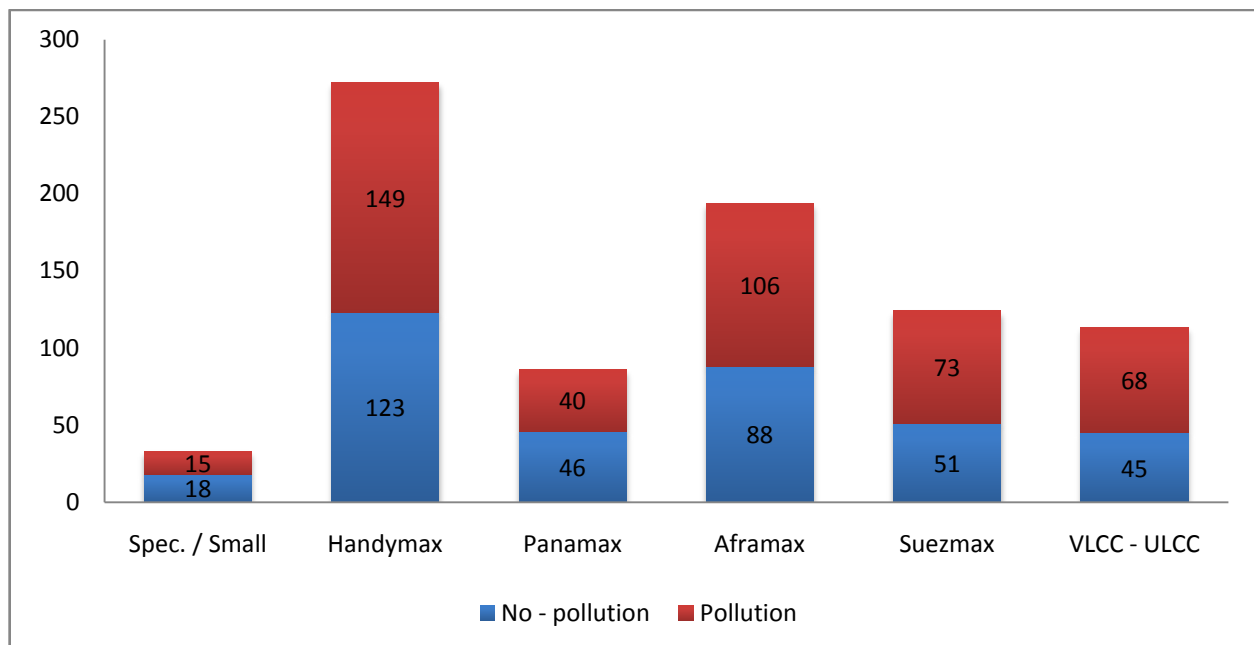


Σχήμα 19 : Αθροιστική συχνότητα (%) της συμμετοχής κάθε έτους στην συνολική διαρροή (30 έτη)

Από τα προηγούμενα δύο σχήματα, διαπιστώνουμε μια γενική μείωση των ετήσιων διαρροών με την πάροδο των ετών. Μπορεί να παρατηρείται μέχρι ενός σημείου, μια αύξηση του αριθμού των ατυχημάτων που δίνουν διαρροή ανά έτος, όμως η ποσότητα αυτής της διαρροής είναι μικρότερη σε σχέση με τα προγενέστερα έτη. Η συγκεκριμένη διαπίστωση γίνεται και σε επόμενη παράγραφο με τη χρήση κατάλληλων δεικτών.

Στη συνέχεια της παραγράφου θα ασχοληθούμε με τη διαρροή πετρελαίου σαν συνάρτηση διαφόρων χαρακτηριστικών, είτε των ατυχημάτων, είτε των πλοίων που μετείχαν σ' αυτά. Έτσι, θα δούμε τη συσχέτιση της ποσότητας διαρροής με τον τύπο του πλοίου, τον τύπο της γάστρας και την κατάσταση λειτουργίας του πλοίου, την ηλικία των πλοίων τη στιγμή των ατυχημάτων και την τοποθεσία των δεξαμενοπλοίων τη στιγμή του συμβάντος.

Αρχικά στο σχήμα 20, μπορούμε να δούμε τη διαμέριση των ατυχημάτων με ή χωρίς διαρροή, ανάλογα με την κατηγορία των δεξαμενοπλοίων. Στους περισσότερους τύπους, με εξαίρεση τα Spec./Small και Panamax, περισσότερα είναι τα ατυχήματα τα οποία είχαν διαρροή σε σχέση μ' αυτά που δεν είχαν.



Σχήμα 20: Αριθμός ατυχημάτων με ή χωρίς διαρροή ανά κατηγορία

Αναλυτικότερα στοιχεία παρουσιάζονται στον πίνακα 17 και στο σχήμα 21 που ακολουθούν. Στον επόμενο πίνακα φαίνεται η ετήσια διαρροή σε τόνους για καθεμία από τις έξι κατηγορίες δεξαμενοπλοίων. Σε κάποιες περιπτώσεις, κυρίως σε πλοία τύπου Spec./Small, η διαρροή κάποιας κατηγορίας σ' ένα έτος εμφανίζει μηδενικό νούμερο. Δεν υπάρχουν δηλαδή ατυχήματα του συγκεκριμένου τύπου πλοίων, στο συγκεκριμένο έτος, με διαρροή πετρελαίου.

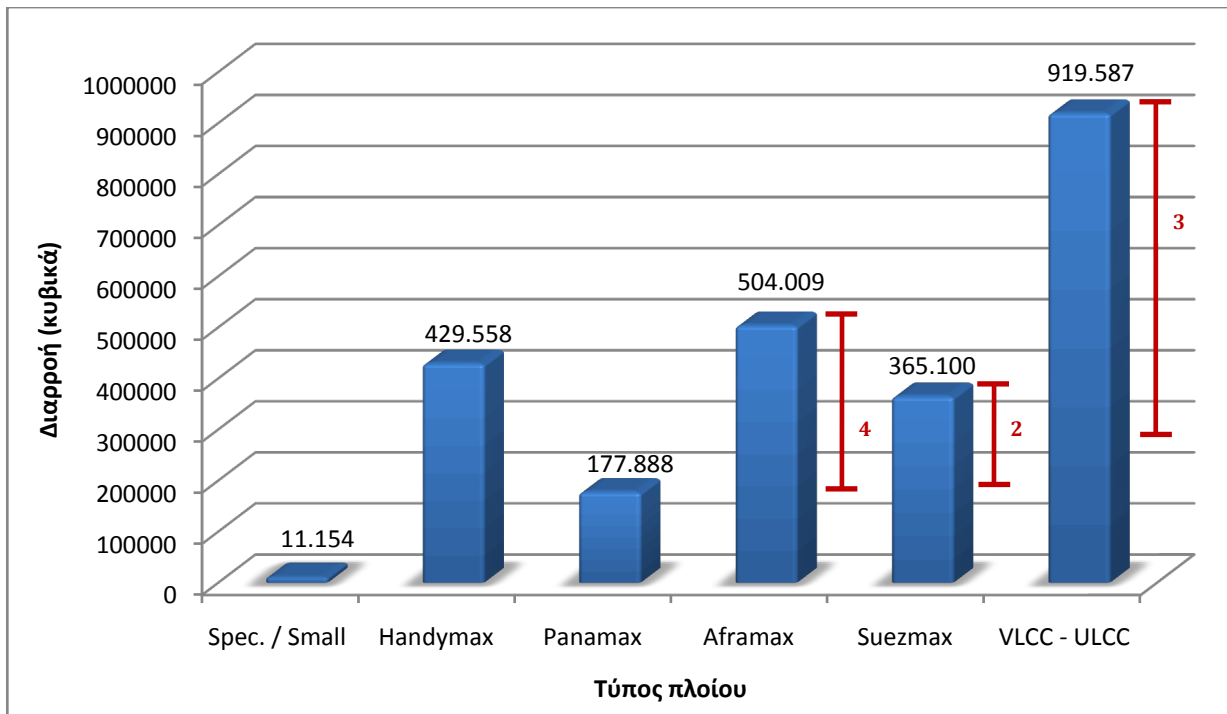
ΠΙΝΑΚΑΣ 17 : Διαρροή (κυβικά) πετρελαίου ανά κατηγορία δεξαμενοπλοίων

ΕΤΗ	Spec. / Small	Handymax	Panamax	Aframax	Suezmax	VLCC - ULCC
1980	0,0	16.860,1	7.050,0	119.999,9	55.100,1	14.296,9
1981	0,0	42.973,6	3.170,1	3.791,9	0,0	2.700,0
1982	0,0	2.160,0	0,0	38.019,9	5.757,1	0,0
1983	573,1	84.387,9	54.099,9	579,9	6.600,1	304.030,1
1984	0,0	30.265,0	0,0	30,0	0,0	0,0
1985	1.000,2	12.864,1	1.890,1	2.482,0	903,9	267,9
1986	3.861,0	10.620,0	400,4	1.189,9	2.300,2	0,0
1987	0,0	940,1	6.999,9	784,9	2.500,1	4.580,0
1988	0,0	46.070,1	0,0	20.439,9	155.001,0	1.100,1
1989	0,0	2.030,9	102,5	1.160,1	8.070,3	169.000,6
1990	4.770,0	5.800,1	869,9	42.170,0	35.400,0	17.050,1
1991	0,0	180,1	0,0	20.699,9	2.800,0	321.470,1
1992	0,0	1.902,0	84.699,9	87.689,1	0,0	899,9
1993	0,0	13.857,1	8.260,0	99.835,0	0,0	34.915,5
1994	450,0	71.264,2	18,1	1.515,5	27.000,1	19.292,8
1995	0,0	306,7	634,9	5.008,7	222,0	7.423,5
1996	0,0	1.091,3	116,1	906,1	85.577,2	722,9
1997	0,0	49.264,8	15.329,9	22.496,0	30.606,3	1.550,1
1998	0,0	1.725,3	230,5	3.829,9	0,0	71,4
1999	0,0	38.084,5	0,0	455,3	350,0	0,0
2000	0,0	14,2	0,0	10.446,7	440,6	0,0
2001	500,1	13.692,9	19,3	256,0	5,9	5,1
2002	0,0	49,3	22,4	97.825,1	0,6	60,0
2003	0,0	2,3	2,0	35.251,6	0,3	0,0
2004	0,0	10,5	990,0	5.485,3	0,0	10.600,1
2005	0,0	0,0	32,0	199,9	1.556,9	0,0
2006	0,0	0,3	0,0	1.460,0	7,9	11.300,1
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12.546,9
2008	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΣΥΝΟΛΟ	11.154,3	429.558,4	177.887,8	504.008,7	365.100,4	919.587,3

Σχηματικά πλέον, ο πίνακας 17 παρουσιάζεται σχήμα 21 που ακολουθεί, όπου φαίνεται η συμμετοχή κάθε τύπου πλοίου στη συνολική διαρροή για όλα τα έτη που εξετάζουμε.

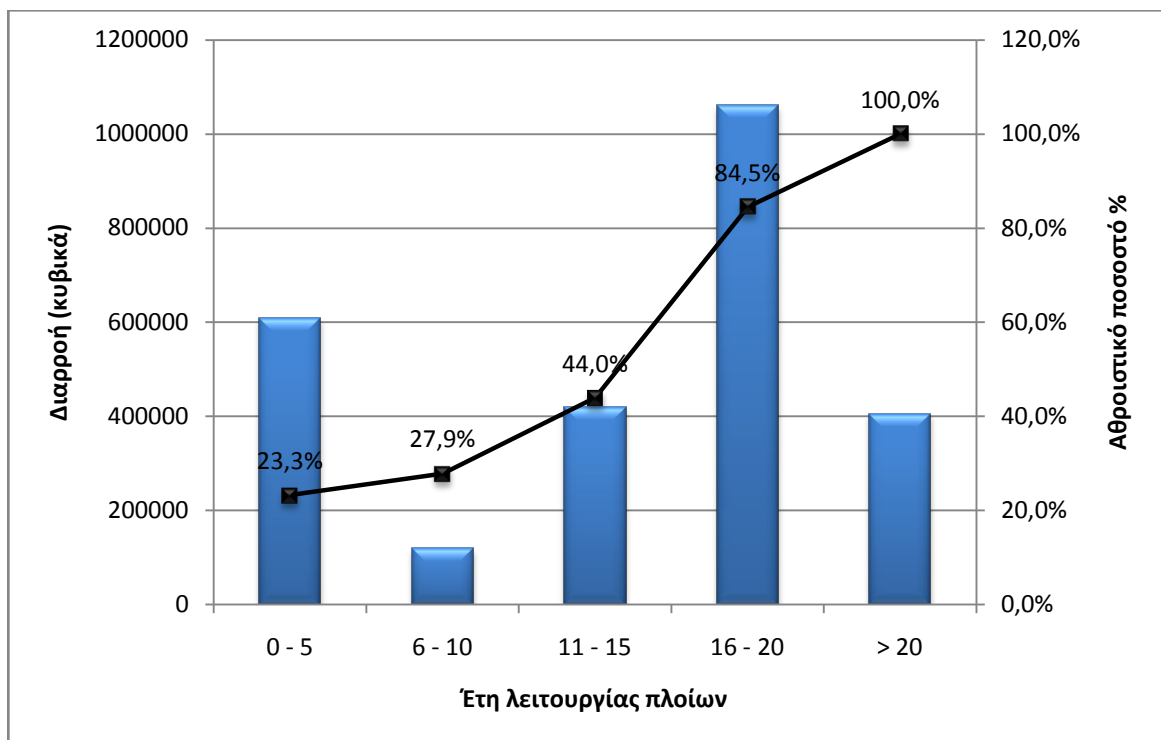
Την μεγαλύτερη διαρροή για τα 30 έτη παρουσιάζουν τα πλοία τύπου VLCC - ULCC, με συνολική διαρροή σχεδόν 920.000 κυβικών και ποσοστό 36 % επί του συνολικού. Ακολουθούν τα πλοία Aframax με διαρροή 505.000 κυβικών (24 %), τα Handymax με 430.000 κυβικά (17 %), τα Suezmax με 365.000 κυβικά (16 %) και τα Panamax με 178.000 κυβικά (7 %). Βέβαια, το μεγαλύτερο μέρος της ποσότητας κάποιων εκ των κατηγοριών προέρχεται από λίγες διαρροές (VLCC-ULCC → 3 ατυχήματα → 683.700 m³, Suezmax → 2 ατυχήματα → 239.400 m³, Aframax → 4 ατυχήματα → 398.600 m³).

Στην τελευταία θέση βρίσκονται τα πλοία τύπου Spec./Small, με συνολική διαρροή 11.000 κυβικών για την 30ετία 1980 έως και 2009 και ποσοστό που κυμαίνεται στο 0,5 % περίπου.



Σχήμα 21: Διαρροή (σε κυβικά) πετρελαίου στα 30 χρόνια ανά κατηγορία

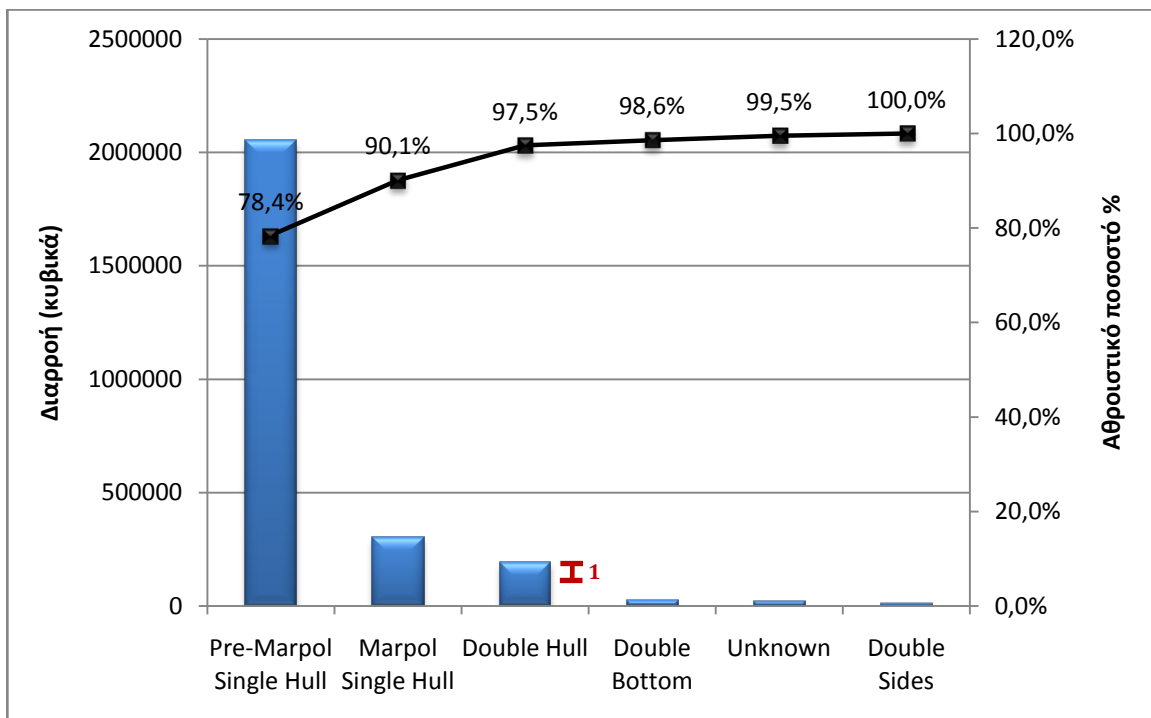
Στο σχήμα 22 πλέον, βλέπουμε τη συμμετοχή της κάθε ηλικιακής περιόδου των πλοίων στη συνολική διαρροή. Διαπιστώνουμε, ότι η ηλικιακή περίοδος με την μεγαλύτερη διαρροή είναι αυτή των 16 - 20 ετών (1.061.058,9 κυβικά) με ποσοστό που αγγίζει το 40,5% επί του συνόλου της διαρροής και ακολουθεί αυτή των 0 - 5 ετών (610.010,9 κυβικά) και ποσοστό 23,3%.



Σχήμα 22 : Διαρροή (κυβικά) ανά ηλικιακή περίοδο

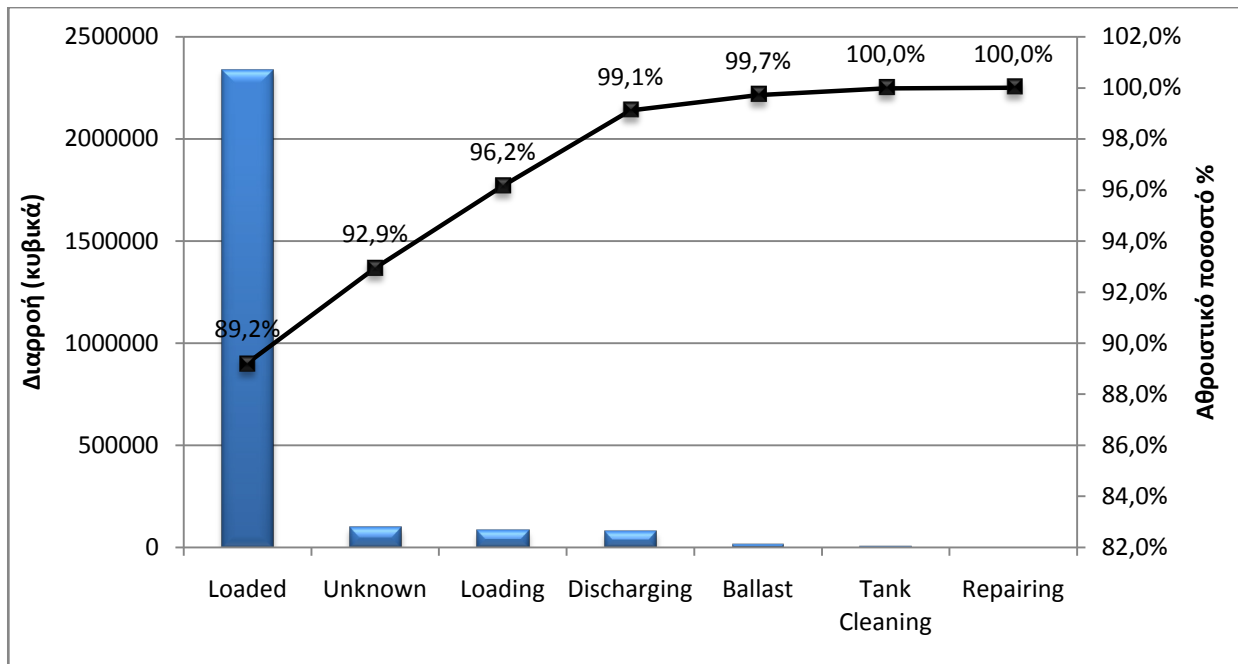
Στα επόμενα δυο διαγράμματα βλέπουμε τη διαρροή πετρελαίου από τα δεξαμενόπλοια που συμμετείχαν σε ατυχήματα και τα οποία μελετώνται στη συγκεκριμένη εργασία, ανάλογα με τον τύπο της γάστρας τους και την κατάσταση λειτουργίας τους.

Στο σχήμα 23 παρατηρούμε ότι, το 90,1 % του συνόλου της διαρροής για τα έτη 1980 - 2009, προήλθε από τους τύπους γάστρας *Pre-Marpol Single Hull* και *Marpol Single Hull*. Ειδικά για τον πρώτο τύπο γάστρας, από πλοία με τέτοιο τύπο προήλθε διαρροή 2.055.424,6 κυβικών και ποσοστό 78,4 % επί του συνόλου. Ακολουθούν τα πλοία με τύπους *Double Hull* και *Double Bottom* με ποσοστά 7,4 % (το 45% προέρχεται από μια διαρροή) και 1,1 % αντίστοιχα. Στην τελευταία θέση βρίσκεται ο τύπος γάστρας *Double Sides*, με διαρροή 12.888,6 κυβικά και ποσοστό 0,5 %.



Σχήμα 23 : Διαρροή (κυβικά) ανά τύπο γάστρας

Όπως μπορούμε να δούμε στο σχήμα 24 που ακολουθεί, το 89,2 % του συνόλου της διαρροής για τα έτη 1980-2009 προήλθε από πλοία τα οποία ήταν φορτωμένα (*Loaded*) και σε τέτοια κατάσταση λειτουργίας διέρρευσαν συνολικά 2.338.038,4 κυβικά. Το γεγονός αυτό είναι απολύτως φυσιολογικό καθώς τότε τα πλοία μεταφέρουν το περισσότερο πετρέλαιο και άρα σε περίπτωση ατυχήματος θα διαρρεύσει και το περισσότερο. Έπονται οι καταστάσεις λειτουργίας *Loading*, *Discharging*, *Ballast* και *Tank Cleaning*, με ποσοστά 3,3 %, 2,9 %, 0,6 % και 0,3 % αντίστοιχα. Στην τελευταία θέση βρίσκονται τα πλοία τα οποία τη στιγμή του ατυχήματος επισκευάζονταν (*Repairing*), με συνολική διαρροή 636 κυβικών για τα 30 έτη, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 0,01 % επί του συνόλου της ποσότητας πετρελαίου που διέρρευσε από τα 822 ατυχήματα.



Σχήμα 24 : Διαρροή (κυβικά) ανά κατάσταση λειτουργίας

Στην επόμενη σελίδα, και συγκεκριμένα στον πίνακα 18, δίδεται η δυνατότητα να μελετήσουμε την ποσότητα πετρελαίου που διέρρευσε σε κάθε μια από τις γεωγραφικές περιοχές παγκοσμίως και στις οποίες συνέβη κάποιο ατύχημα από αυτά που μελετάμε από το 1980 έως το 2009. Συνολικά υπάρχουν 61 γεωγραφικές περιοχές και άλλη μια που ονομάζεται "Unknown" και αναφέρεται στα ατυχήματα που υπάρχουν στη βάση και δε γνωρίζουμε την ακριβή περιοχή στην οποία συνέβη το καθένα.

Στην πρώτη στήλη του πίνακα μπορούμε να δούμε τις διάφορες περιοχές στις οποίες είχαμε ατυχήματα και τα οποία επεξεργαζόμαστε στην παρούσα εργασία. Οι περιοχές αυτές, όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, είναι τοποθετημένες στον πίνακα με αλφαβητική σειρά.

Στη δεύτερη στήλη φαίνεται η διαρροή, σε κυβικά μέτρα, των περιοχών της πρώτης στήλης και για τα 30 έτη (1980 - 2009). Δηλαδή έχουμε αθροίσει τις ποσότητες διαρροής όλων των ατυχημάτων που συνέβησαν σε κάθε περιοχή όλα τα χρόνια τα οποία μελετάμε.

Στην εικόνα 13 πλέον, που έπεται του πίνακα, μπορούμε να δούμε αυτές τις περιοχές πάνω στον παγκόσμιο χάρτη και με τη χρήση διαφόρων χρωματισμών, να γίνει αντιληπτό το πόσο επιρρεπής είναι η κάθε περιοχή σε ατυχήματα δεξαμενοπλοίων με διαρροή πετρελαίου.

Προς διευκόλυνσή μας, ο παγκόσμιος χάρτης χωρίστηκε σε 30 (και όχι σε 61) περιοχές. Στη συνέχεια γίνεται επεξήγηση της εικόνας 12 και αναλύεται το τι εκφράζουν οι διάφοροι χρωματισμοί που υπάρχουν στην κάθε από αυτές τις 30 περιοχές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 18 : Περιοχές ατυχημάτων (822 ατυχήματα) και διαρροή

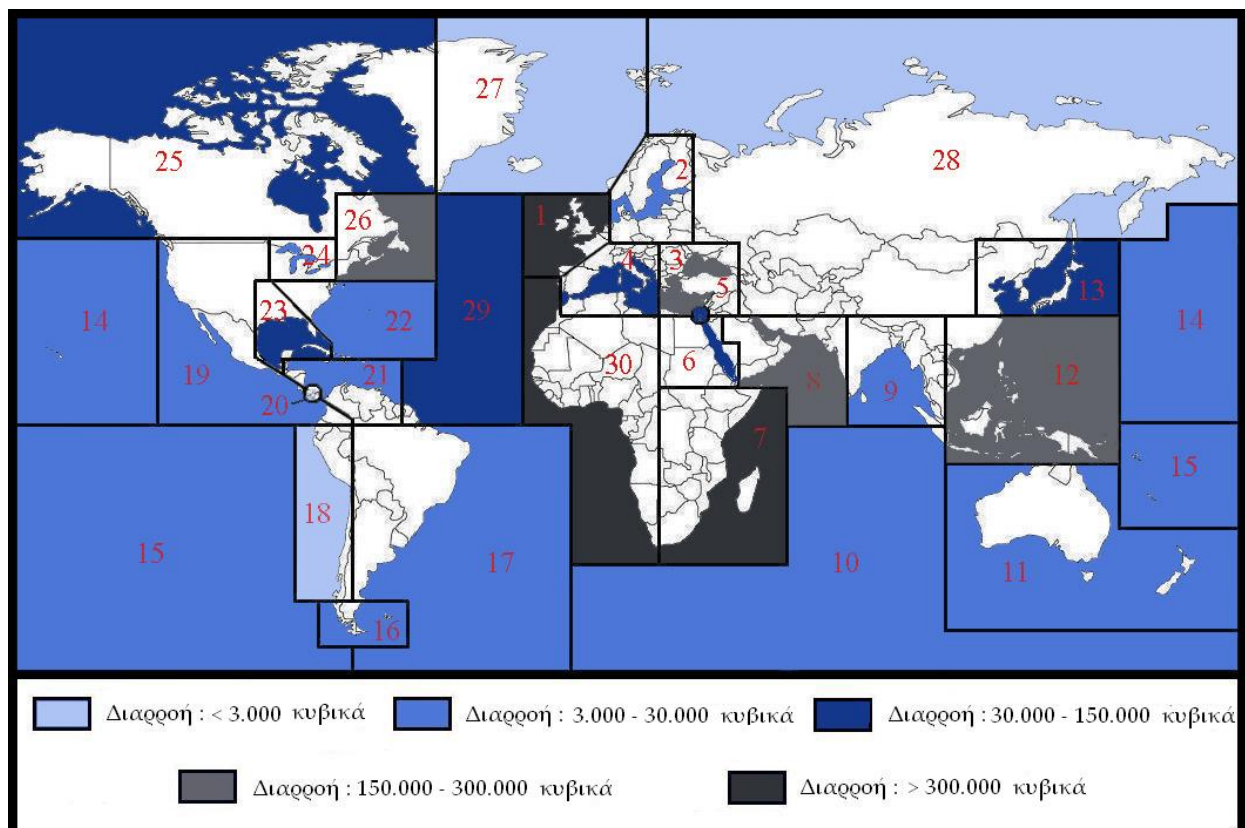
Area	Total cubic meters spilled (1980-2009)
<i>Adriatic Sea</i>	0
<i>Aegean Sea</i>	132.298,17
<i>Arabian Sea</i>	124.371
<i>Australia</i>	22.539,18
<i>Baltic Sea</i>	27.572,6
<i>Bay of Biscay</i>	131.470
<i>Black Sea</i>	758,76
<i>Bosporus , Dardanelles</i>	26.680
<i>Cape Cod</i>	0
<i>Cape of Good Hope</i>	1.600
<i>Caribbean Sea</i>	7.802,531
<i>Chesapeake Bay</i>	0
<i>Columbia River</i>	524
<i>Cook Inlet , AK.</i>	786,88
<i>Cuba</i>	7.050
<i>Delaware River / Bay</i>	5.280,697
<i>East African Coast</i>	404.543
<i>East Coast So. America</i>	885,17
<i>East Mediterranean</i>	26.494,3
<i>English Channel</i>	18.830,5
<i>Great Lakes</i>	3.170
<i>Gulf of Aden</i>	0
<i>Gulf of Mexico</i>	47.606,313
<i>Gulf of Oman</i>	20.270
<i>Gulf of St. Lawrence</i>	200
<i>Gulf of Tehuantepec</i>	600
<i>Indian Ocean</i>	6.533,5
<i>Indonesia</i>	1.812,89
<i>Japan</i>	36.532
<i>Korea</i>	29.650
<i>Lake Maracaibo</i>	4.752,36
<i>Mississippi River</i>	9.804,316
<i>New York</i>	1.508,7
<i>New Zealand</i>	0
<i>North Atlantic</i>	102.101,8
<i>North Pacific</i>	18.267,38
<i>North Sea</i>	1.785,3
<i>Off Norway</i>	0
<i>Panama Canal</i>	939,9
<i>Persian Gulf</i>	85.400
<i>Prince William Sound</i>	41.313,496
<i>Puget Sound</i>	910,925
<i>Red Sea</i>	36.982
<i>Sea of Okhotsk</i>	0
<i>Singapore</i>	4.800
<i>South Atlantic</i>	12.374,26
<i>South China Sea</i>	97.879
<i>South Pacific</i>	21.500
<i>Straits of Gibraltar</i>	7.770
<i>Straits of Magellan</i>	13.000
<i>Straits of Malacca</i>	84.913
<i>Suez Canal</i>	33.160
<i>Taiwan</i>	0
<i>Thailand</i>	163
<i>United Kingdom</i>	209.322,856
<i>Unknown</i>	2.311,105

Συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα ...

Area	Total cubic meters spilled (1980-2009)
US / Canada East Coast	201.717,78
US / Canada West Coast	2.313,55
West Coast of Africa	439.220
West Coast So. America	2.821,1
West Mediterranean	100.470
Willamette River	0
Σύνολο	2.623.363,319

Στον ακόλουθο χάρτη , με *γαλάζιο* χρώμα έχουμε τις περιοχές που είχαμε μικρή διαρροή στα 30 χρόνια (< 3.000 κυβικά) , με *μπλε* τις περιοχές με διαρροή 3.000 - 30.000 κυβικά , με *σκούρο μπλε* αυτές με διαρροή 30.000 - 150.000 κυβικά , με *γκρι* τις περιοχές με διαρροή 150.000 - 300.000 κυβικά και με *σκούρο γκρι* αυτές με διαρροή > 300.000 κυβικά . Στην πρώτη κατηγορία είναι οι περιοχές με κωδικούς αριθμούς 18 , 20 , 27 και 28 . Στη δεύτερη αυτές με 2 , 9 , 10 , 11 , 14 , 15 , 16 , 17 , 19 , 21 , 22 και 24 και στην τρίτη αυτές με νούμερα 4 , 5 , 6 , 13 , 23 , 25 και 29 . Στην τέταρτη αυτές με 3 , 8 , 12 και 26 και στην τελευταία οι περιοχές με αριθμούς 1 , 7 και 30 .

Οι μεγάλες διαρροές παρατηρούμε ότι είναι σε περιοχές με αυξημένη κυκλοφορία πλοίων (παράρτημα Δ) , σε δύσκολες θάλασσες λόγω στενών περασμάτων , σε περιοχές που υπάρχουν πολλά μικρά νησιά και σε περιοχές που εμφανίζονται έντονες καιρικές συνθήκες .



Εικόνα 13 : Παγκόσμιος χάρτης της θαλάσσιας μόλυνσης ως αποτέλεσμα των ατυχημάτων στα δεξαμενόπλοια την περίοδο 1980 - 2009

Να τονιστεί επίσης, ότι οι περιοχές με μεγάλες διαρροές επηρεάζονται σημαντικά από μεμονωμένα ατυχήματα πλοίων με πολύ μεγάλες διαρροές.

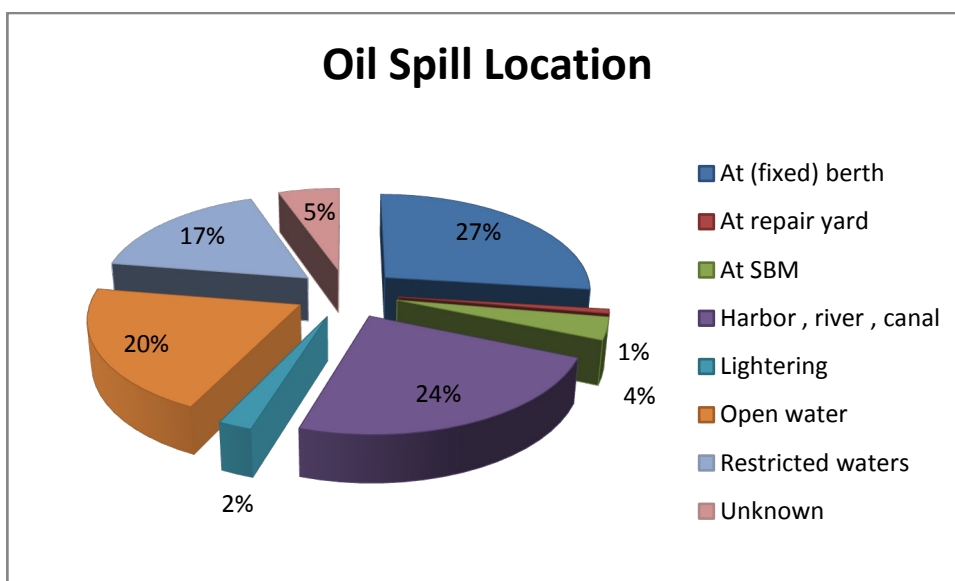
Τέλος, στα σχήματα 25 και 26 καθώς και στον πίνακα 19, μπορούμε να δούμε πληροφορίες σχετικά με τις τοποθεσίες των ατυχημάτων. Αυτές, αφορούν τόσο τον αριθμό των ατυχημάτων που έγιναν σε καθεμία από τις τοποθεσίες, όσο και στην ποσότητα της διαρροής πετρελαίου σε κάθε περίπτωση.

Στον πίνακα 19 φαίνεται ο αριθμός των ατυχημάτων στα οποία είχαμε διαρροή πετρελαίου ή παραγώγων του στη θάλασσα, καθώς και το πως αναλύονται αυτά στις διάφορες τοποθεσίες. Τα περισσότερα ατυχήματα, όπως διαπιστώνουμε, έγιναν σε προβλήτες (σταθερές ή μη), με καταγεγραμμένα 119 ατυχήματα. Ακολουθούν στη δεύτερη θέση με 104 ατυχήματα, πλοία τα οποία βρίσκονταν σε λιμάνια, κανάλια ή ποτάμια. Στην τελευταία θέση, με 3 μόνο καταγεγραμμένα περιστατικά, βρίσκονται πλοία στα οποία γινόταν επισκευή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 19: Τοποθεσία πλοίων κατά τη διάρκεια ατυχημάτων με διαρροή πετρελαίου

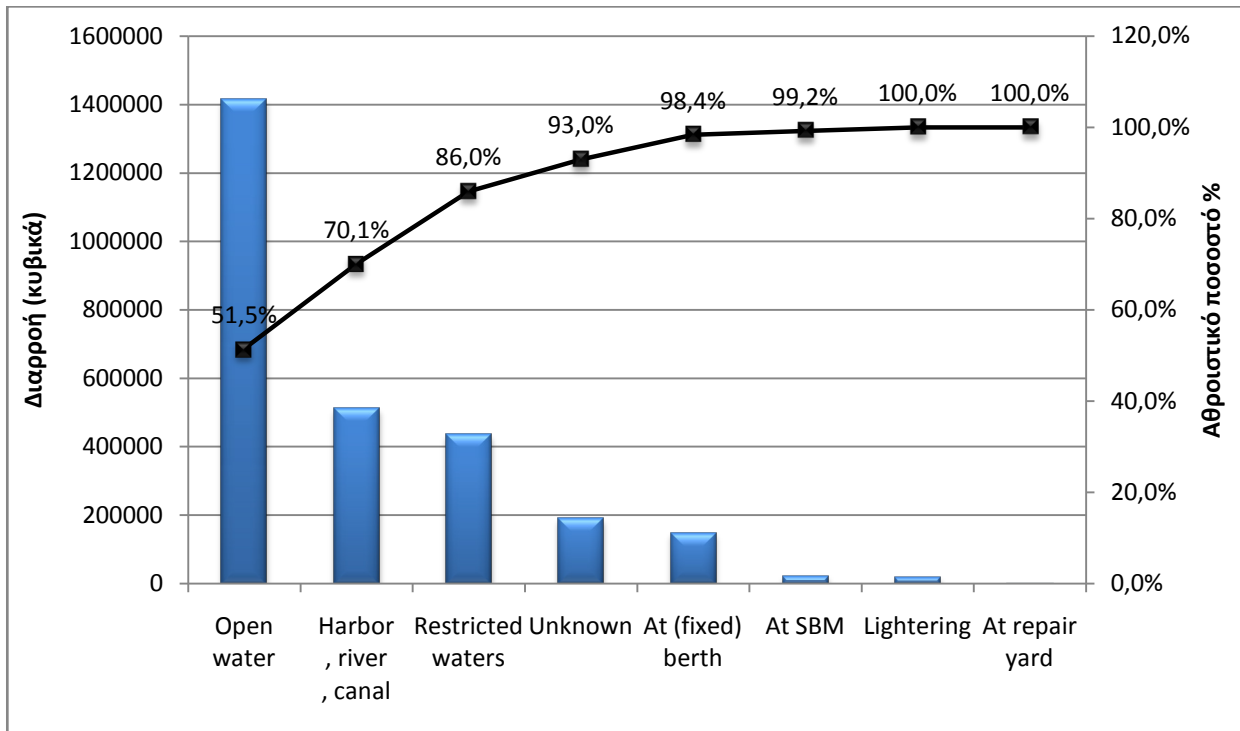
Τοποθεσία ατυχημάτων με διαρροή	Αριθμός ατυχημάτων	Ποσοστό (%)
<i>At (fixed) berth</i>	119	27
<i>At repair yard</i>	3	1
<i>At SBM</i>	16	4
<i>Harbor, river, canal</i>	104	24
<i>Lightering</i>	10	2
<i>Open water</i>	90	20
<i>Restricted water</i>	75	17
<i>Unknown</i>	24	5
Σύνολο	441	100

Τα ποσοστά των κατηγοριών του πίνακα 19, παριστάνονται πλέον γραφικά στο σχήμα 25 που έπεται.



Σχήμα 25: Τοποθεσία πλοίων κατά τη διάρκεια ατυχημάτων με διαρροή πετρελαίου

Στο σχήμα 26 , βλέπουμε τη διαρροή ανάλογα με την τοποθεσία στην οποία βρίσκονταν τα δεξαμενόπλοια όταν συνέβη το ατύχημα.



Σχήμα 26 : Διαρροή (κυβικά) ανά τοποθεσία ατυχημάτων

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε , πάνω από τη μισή συνολική ποσότητα της διαρροής για τα έτη 1980 έως 2009 , προήλθε από πλοία τα οποία έπλεαν σε ανοιχτές θάλασσες (*Open water*) και σε τέτοια νερά διέρρευσαν συνολικά 1.414.949,3 κυβικά . Ακολουθούν στη δεύτερη θέση πλοία τα οποία βρίσκονταν σε λιμάνια , ποτάμια ή κανάλια με ποσοστό 18,6 % και διαρροή 510.917,8 κυβικών . Στην τελευταία θέση , με διαρροή 636,1 κυβικά , βρίσκονται τα πλοία τα οποία τη στιγμή του ατυχήματος επισκευάζονταν.

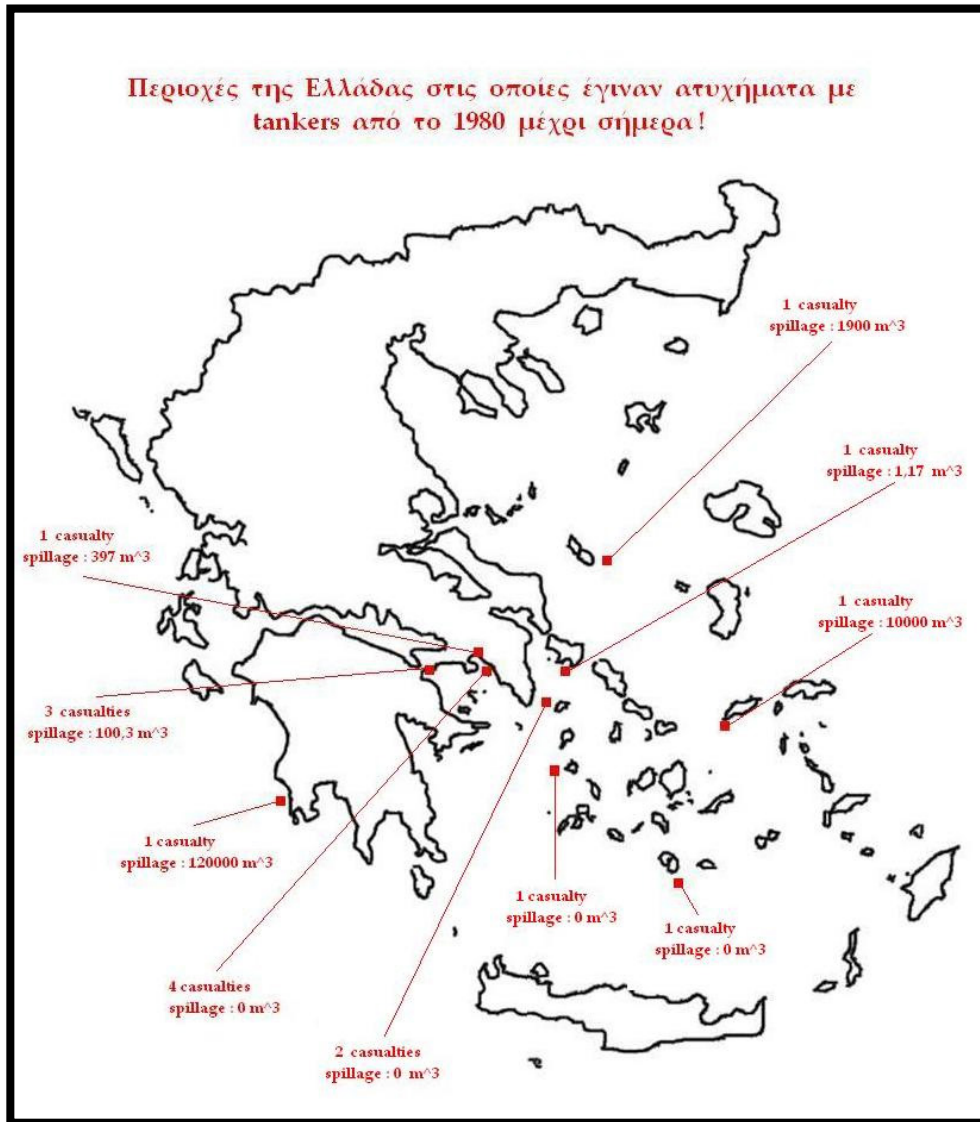
Ένα ακόμα γεγονός που πρέπει να επισημανθεί , είναι το ότι ενώ τα περισσότερα ατυχήματα (119) έχουν συμβεί σε προβλήτες , η αντίστοιχη διαρροή για αυτή την τοποθεσία είναι πολύ μικρή και αντιστοιχεί μόλις στο 5,4 % της συνολικής.

5.2.2.7.2 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΡΡΟΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ

Στον ελλαδικό χώρο , από το 1980 μέχρι και το 2009 έχουν συμβεί συνολικά 16 ατυχήματα όπου συμμετείχαν δεξαμενόπλοια και τα οποία περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων CTX . Απ' αυτά τα ατυχήματα , έχουν διαρρεύσει συνολικά περίπου 133.000 κυβικά μέτρα πετρελαίου στις ελληνικές θάλασσες.

Το σημαντικότερο περιστατικό που καταγράφεται, είναι η έκρηξη στο Irenes Serenade (Crude Tanker) στο λιμάνι της Πύλου τον Φεβρουάριο του 1980 και η εν τέλει βύθισή του, με αποτέλεσμα τη διαρροή 120.000 κυβικών.

Στον χάρτη που ακολουθεί, βλέπουμε τις περιοχές της Ελλάδος που συνέβησαν ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται δεξαμενόπλοια από το 1980 και έπειτα.



Εικόνα 14 : Αριθμός ατυχημάτων και διαρροή πετρελαίου στον ελληνικό χώρο από το 1980 έως το 2009

5.2.2.8 ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Στην προσπάθεια να μελετήσουμε τα ατυχήματα και εξάγουμε συμπεράσματα από αυτά, σημαντικό ρόλο παίζουν κάποιοι δείκτες. Αυτοί, είναι δείκτες ατυχημάτων και διαρροών ανά τύπο δεξαμενοπλοίων ή ανά έτη και παρουσιάζονται στη συνέχεια. Για την εύρεση των κατάλληλων δεικτών, απαραίτητη είναι η γνώση του ετήσιου στόλου

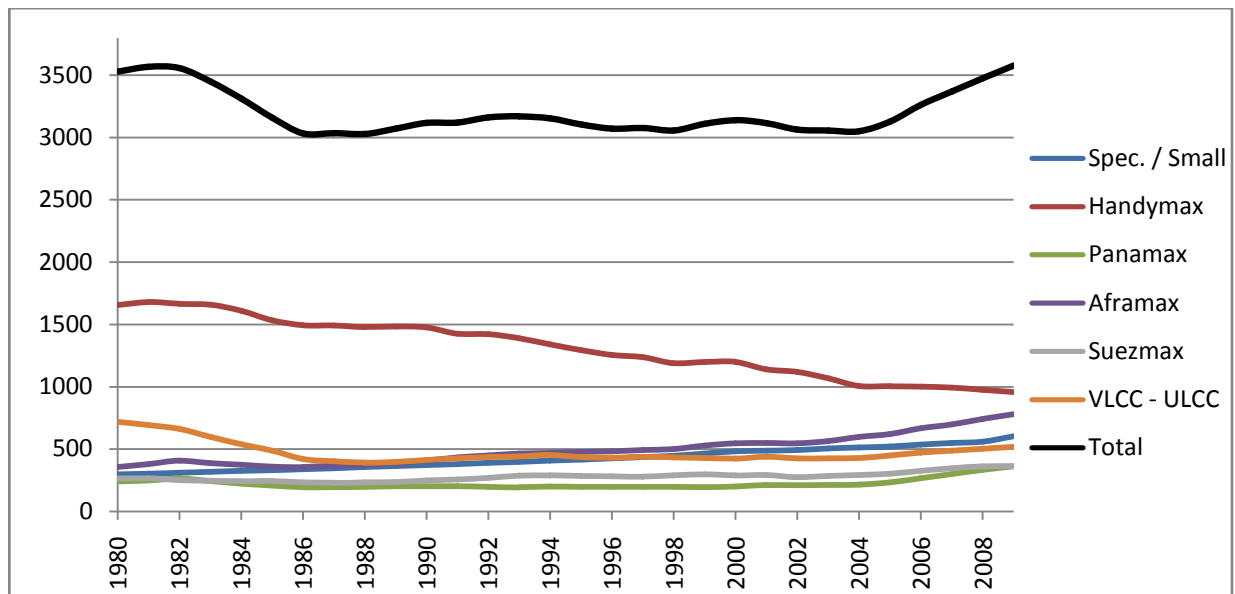
για κάθε τύπο δεξαμενοπλοίων (υγιής στόλος) από αυτούς που εξετάζουμε . Στον πίνακα 20 παρουσιάζεται ο ετήσιος παγκόσμιος στόλος από το 1980 έως το 2009.

ΠΙΝΑΚΑΣ 20 : Ετήσιος στόλος δεξαμενοπλοίων σε λειτουργία, ανά κατηγορία (*Fleet at Risk*)

ΕΤΗ	Spec. / Small	Handymax	Panamax	Aframax	Suezmax	VLCC - ULCC
1980	296	1656	240	356	263	718
1981	302	1680	248	380	265	693
1982	309	1666	264	407	251	661
1983	317	1658	244	387	246	598
1984	324	1609	223	375	242	539
1985	331	1532	206	359	244	487
1986	339	1493	193	355	234	419
1987	347	1492	195	370	229	402
1988	355	1479	196	376	232	391
1989	363	1484	201	390	236	397
1990	371	1477	201	408	248	412
1991	380	1426	201	433	255	425
1992	389	1421	198	449	268	436
1993	398	1389	193	463	287	440
1994	407	1339	199	469	289	452
1995	416	1294	196	478	284	436
1996	426	1255	196	482	282	431
1997	435	1237	197	492	278	437
1998	447	1189	197	501	288	434
1999	465	1198	194	529	296	429
2000	482	1200	200	545	288	424
2001	488	1139	211	548	291	439
2002	491	1119	210	545	274	425
2003	504	1067	212	563	285	426
2004	513	1005	214	597	293	429
2005	520	1004	232	620	303	448
2006	536	1000	265	666	325	471
2007	549	992	299	697	347	486
2008	560	976	333	741	361	503
2009	602	956	360	779	363	518
ΣΥΝΟΛΟ	12662	39432	6718	14760	8347	14206

Ο ετήσιος στόλος σε λειτουργία (*fleet at risk*), προέρχεται από τον αριθμό των δεξαμενοπλοίων που πλέουν στις θάλασσες κάθε χρόνο. Πολλά όμως από τα πλοία που περιλαμβάνονται στον εκάστοτε ετήσιο στόλο δεν εκτέλεσαν δρομολόγια καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, είτε επειδή επρόκειτο για νέες κατασκευές οι οποίες μπήκαν στην αγορά μετά την έναρξη του έτους, είτε επειδή επρόκειτο για δεξαμενόπλοια που αποσύρθηκαν ή που χάθηκαν μετά από ατύχημα και δεν ολοκλήρωσαν τα δρομολόγιά τους μέχρι το τέλος του έτους. Το γεγονός αυτό λαμβάνεται υπόψη στην καταγραφή του ετήσιου στόλου. Επίσης, πρέπει να τονίσουμε ότι στον ετήσιο στόλο των δεξαμενοπλοίων που παρουσιάζεται στον προηγούμενο πίνακα, δεν περιλαμβάνονται τα πλοία που μεταφέρουν χημικά (*Chemical Tankers*).

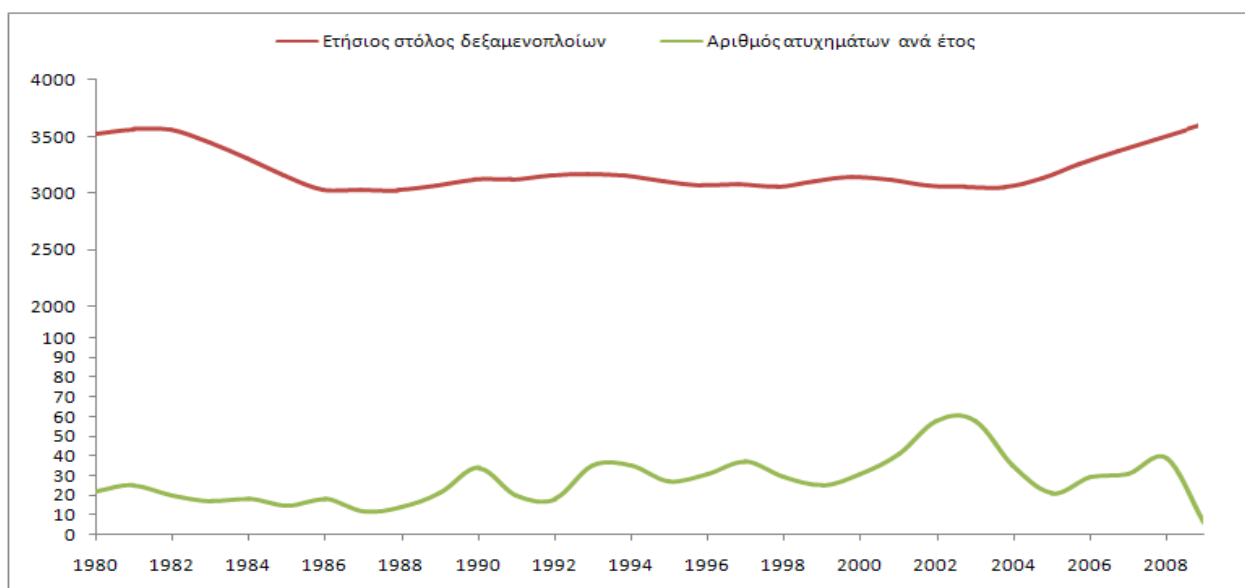
Στο σχήμα 27 φαίνεται, γραφικά πλέον, ο ετήσιος παγκόσμιος στόλος και των έξι τύπων δεξαμενοπλοίων (ανάλογα με το μέγεθός τους) και η εξέλιξή του με την πάροδο των ετών.



Σχήμα 27: Εξέλιξη του στόλου των δεξαμενοπλοίων από το 1980 έως το 2009

Όπως διαπιστώνουμε, ο ετήσιος στόλος των τύπων Handymax και VLCC - ULCC μειώνεται στην πορεία των ετών. Ειδικά για τα πλοία του πρώτου τύπου, ο στόλος τους το 1980 ήταν 1656 πλοία και το 2009 ανερχόταν στα 956, αρκετά μεγάλη μείωση. Αντίθετα, τα πλοία τύπου Spec. / Small, Panamax, Aframax και Suezmax εμφανίζουν αύξηση στον παγκόσμιο στόλο τους. Η μεγαλύτερη αφορά τον τύπο Aframax, με το 1980 να αριθμεί 356 πλοία και το 2009 να φτάνει τα 779.

Μια σύγκριση του ετήσιου στόλου των δεξαμενοπλοίων όλων (και των έξι) των κατηγοριών με τον αριθμό των ατυχημάτων ανά έτος, φαίνεται στο σχήμα 28.



Σχήμα 28: Σύγκριση στόλου και αριθμού ατυχημάτων ανά έτος

Οι δείκτες που υπολογίζονται στη συνέχεια της παραγράφου, είναι είτε ανά έτος, είτε ανά πλοίο ανά έτος. Έτσι, ο δείκτης ατυχημάτων ανά έτος (rate per year) μας δείχνει το πόσα ατυχήματα αντιστοιχούν σε κάθε έτος. Ο δείκτης ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος (rate per ship-year) μας δείχνει πόσα ατυχήματα αντιστοιχούν σε κάθε πλοίο ανά έτος. Αντίστοιχα δεδομένα ισχύουν και για τους δείκτες διαρροής. Να σημειωθεί ότι παίρνουμε σαν παραδοχή (καταχρηστικά) πως οι λόγοι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των διαφόρων δεικτών, είναι ανάμεσα σε μεγέθη που έχουν γραμμική σχέση μεταξύ τους (στην πραγματικότητα δε γνωρίζουμε αν ισχύει).

Επομένως, οι διάφοροι δείκτες ανά έτος και ανά πλοίο ανά έτος υπολογίζονται με τους εξής τύπους:

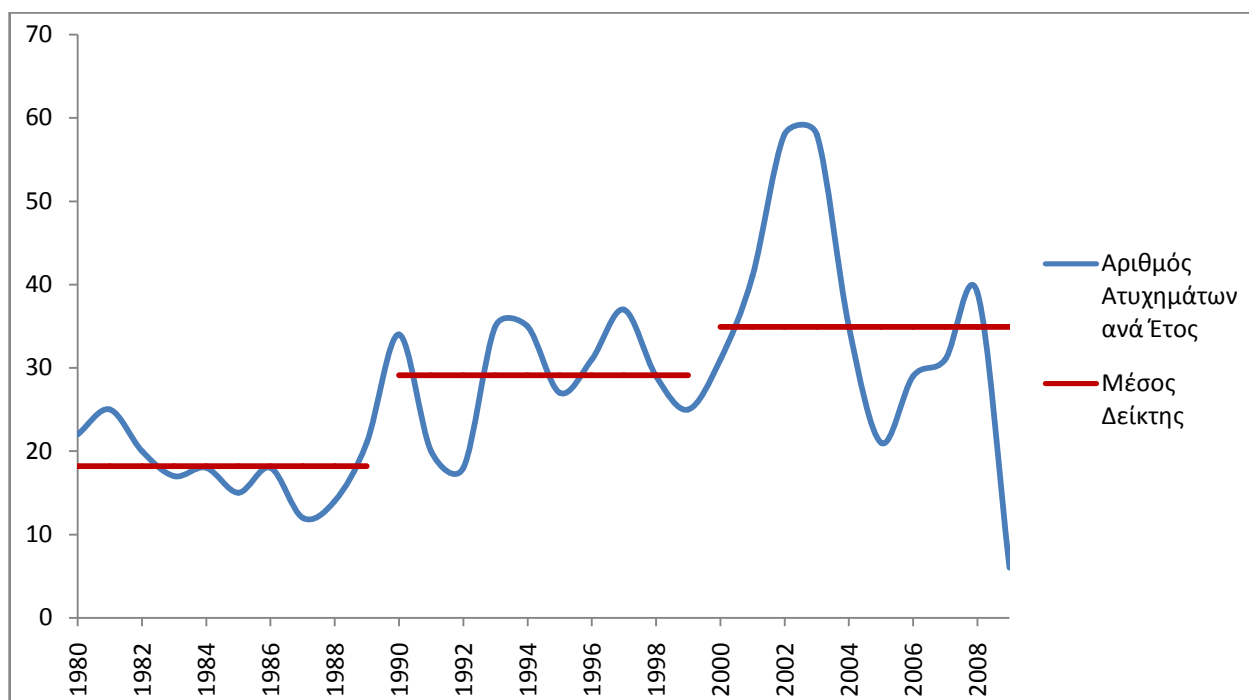
$$\text{δείκτης ανά έτος} = \frac{\text{συνολικό μέγεθος για όλα τα έτη}}{\text{συνολικός αριθμός ετών}}$$

&

$$\text{δείκτης ανά πλοίο ανά έτος} = \frac{\text{συνολικό μέγεθος για όλα τα έτη}}{\text{συνολικός αριθμός πλοίων για όλα τα έτη}}$$

Χρησιμοποιώντας τους ανωτέρω τύπους και έχοντας πλέον και στη διάθεσή μας τον ετήσιο στόλο των διαφόρων τύπων δεξαμενοπλοίων, μπορούμε να υπολογίσουμε τους δείκτες.

Στο διάγραμμα του σχήματος 29 φαίνεται ο αριθμός των ατυχημάτων και η εξέλιξη αυτών σε κάθε έτος. Επίσης, υπάρχει και ο μέσος δείκτης των ατυχημάτων ανά δεκαετία, από το 1980 έως το 2009.



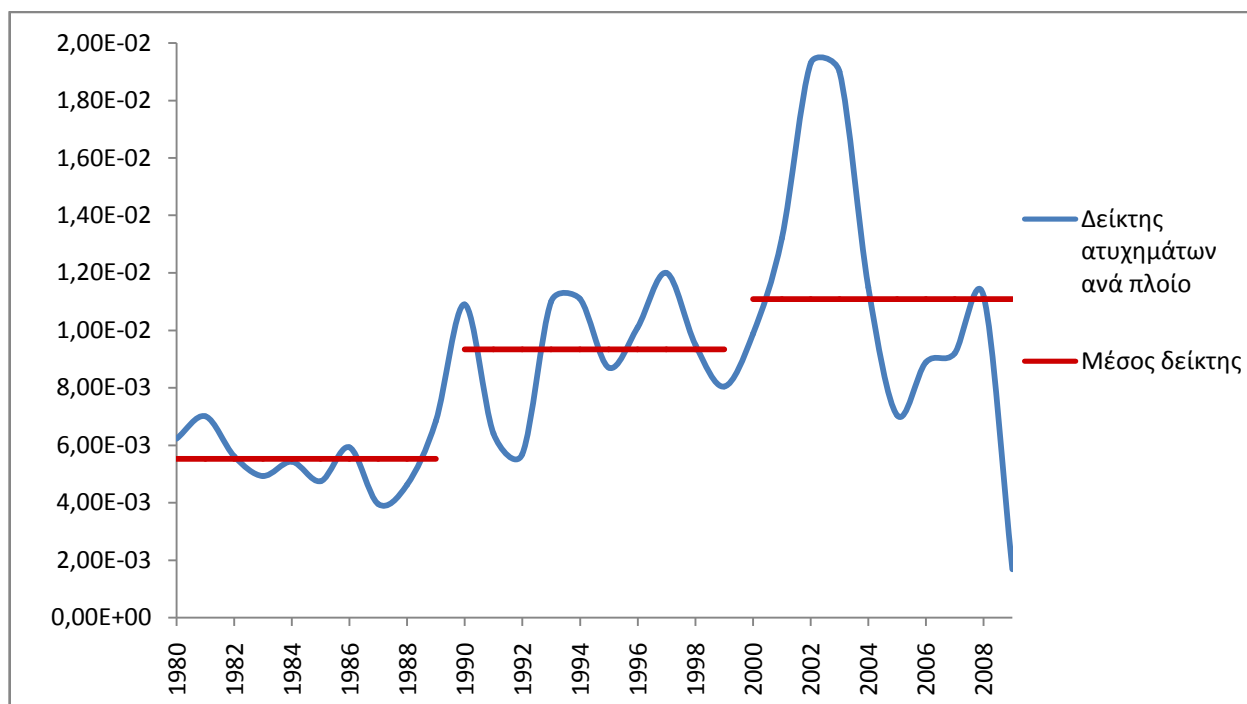
Σχήμα 29 : Δείκτης ατυχημάτων ανά έτος

Από το πιο πάνω σχήμα, διαπιστώνουμε ότι υπάρχει μια αύξηση του ετήσιου αριθμού ατυχημάτων με την πάροδο των ετών.

Έτσι, ο μέσος δείκτης ατυχημάτων για την δεκαετία 1980-1989 είναι 18,2, δηλαδή τόσα ατυχήματα αντιστοιχούν σε κάθε έτος. Οι αντίστοιχοι δείκτες για τις δεκαετίες 1990-1999 και 2000-2009, είναι 29,1 και 34,9 αντίστοιχα. Σημαντική αύξηση αναλογιστεί κανείς τα μέτρα ασφαλείας που έχουν παρθεί, τα συστήματα ναυσιπλοΐας που έχουν βελτιωθεί και την εμπειρία που έχει αποκτηθεί όλα τα προγενέστερα χρόνια.

Ανάλογα συμπεράσματα βγαίνουν και από τον υπολογισμό του δείκτη ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος, που φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 30.

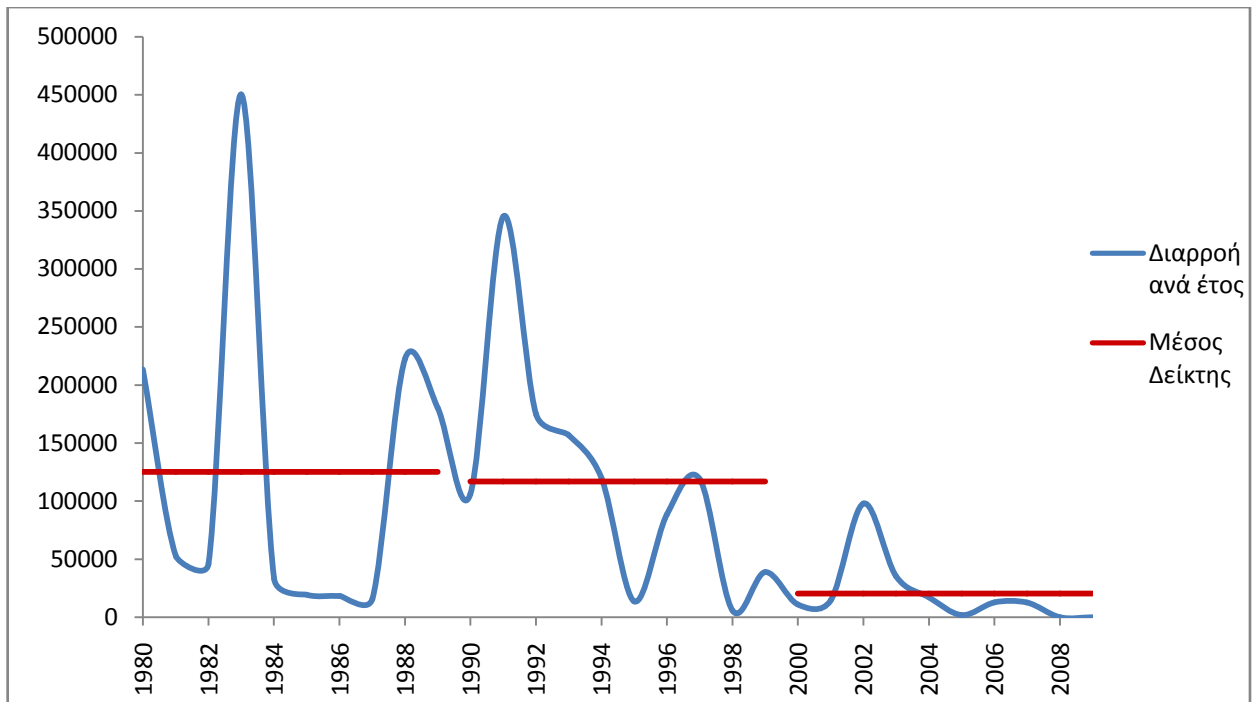
Ο μέσος δείκτης ατυχημάτων για την πρώτη δεκαετία είναι $5,53E-03$, δηλαδή 0,00553 ατυχήματα αντιστοιχούν σε κάθε πλοίο ανά έτος, για τα έτη 1980-1989. Οι αντίστοιχοι δείκτες για τις δεκαετίες 1990-1999 και 2000-2009, είναι $9,43E-03$ και $1,11E-02$ αντίστοιχα.



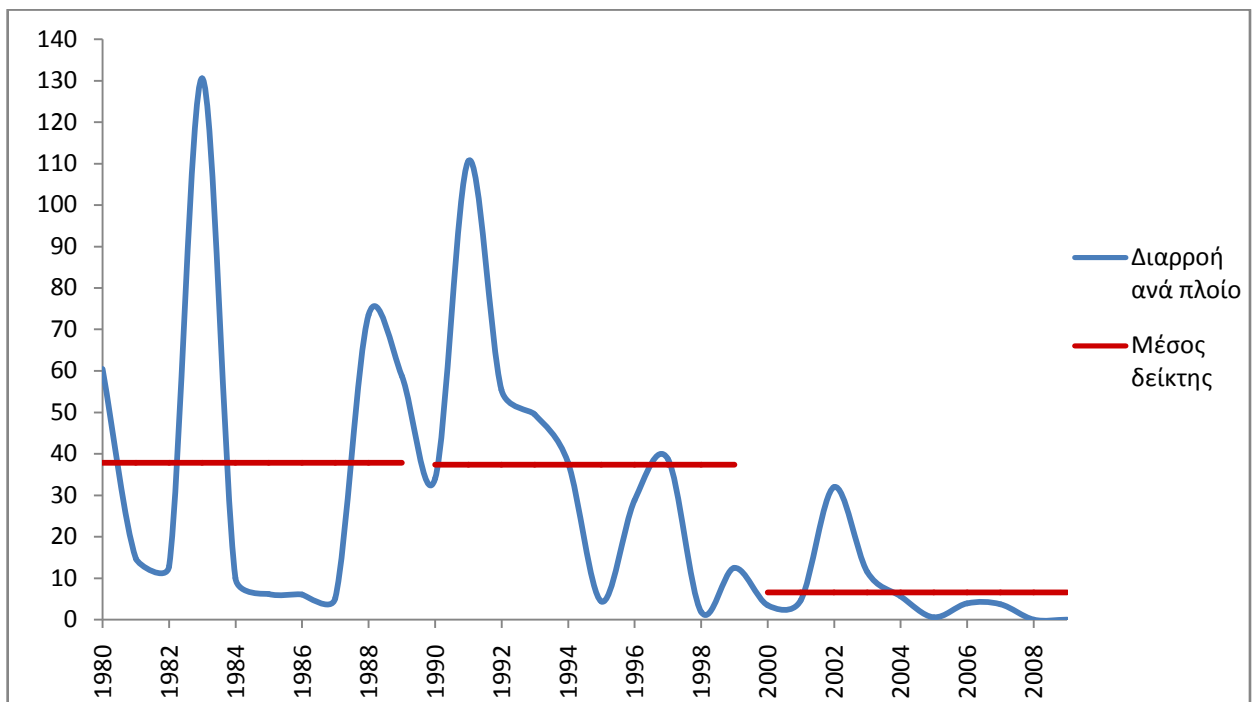
Σχήμα 30 : Δείκτης ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος

Στην πορεία, τα δύο επόμενα σχήματα δείχνουν τα αντίστοιχα μεγέθη με τα δύο προηγούμενα, μόνο που στη θέση του αριθμού των ατυχημάτων βρίσκεται η ποσότητα διαρροής πετρελαίου σε κυβικά μέτρα.

Στο σχήμα 31 μπορούμε να δούμε τη διαρροή ανά έτος για τα έτη 1980-2009, καθώς και το μέσο δείκτη διαρροής πετρελαίου για κάθε μια από τις τρεις δεκαετίες που περιλαμβάνονται σ' αυτά τα έτη (δεκαετία του '80, δεκαετία του '90 και δεκαετία του 2000).

Σχήμα 31: Δείκτης διαρροής σε κυβικά (m^3) ανά έτος

Με τη σειρά του το σχήμα 32, μας δείχνει τη διαρροή που αντιστοιχεί σε κάθε πλοίο που πλέει στον κόσμο (με τις εξαιρέσεις που έχουμε επισημάνει σε προηγούμενη παράγραφο) για κάθε ένα από τα έτη 1980 έως 2009. Επιπλέον, υπάρχει και ο μέσος δείκτης των ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για τις τρεις δεκαετίες, που είναι χρήσιμος για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την εξέλιξη της διαρροής πετρελαίου κατόπιν ατυχήματος όλ' αυτά τα χρόνια.

Σχήμα 32: Δείκτης διαρροής σε κυβικά (m^3) ανά πλοίο ανά έτος

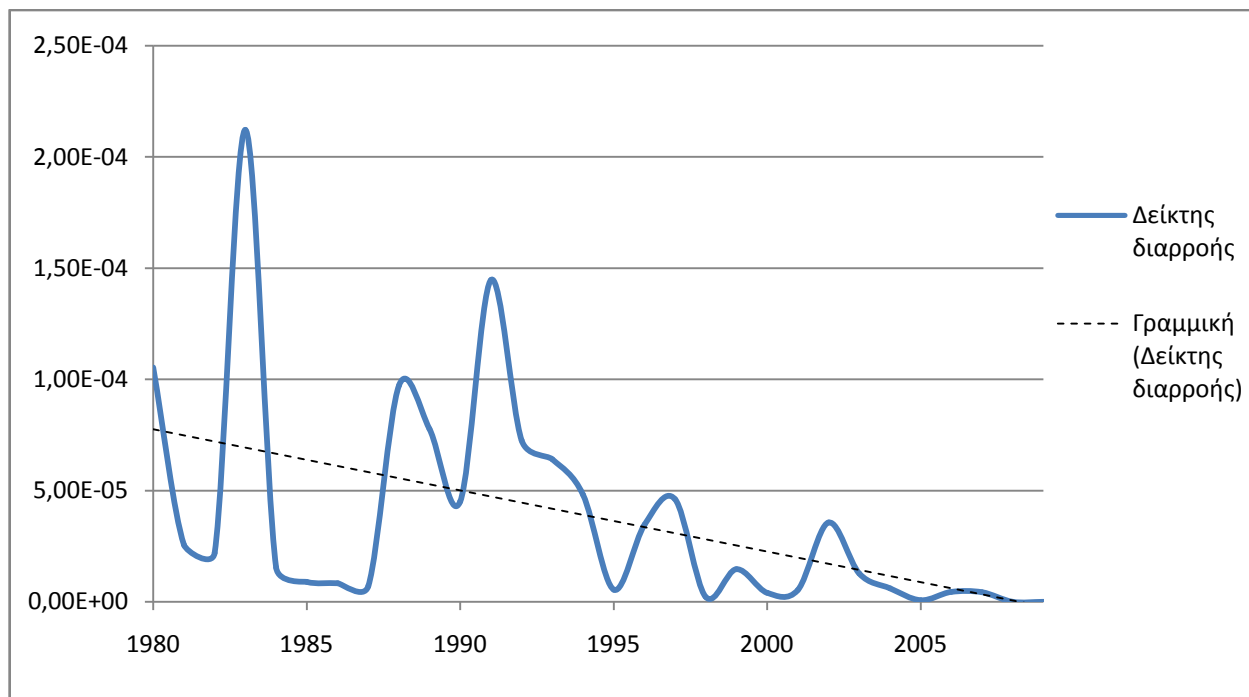
Εν αντιθέσει με την άνοδο που παρατηρήσαμε στους δείκτες των ατυχημάτων, στους δείκτες τις διαρροής παρατηρούμε μια μείωση του πετρελαίου που χάνεται στη θάλασσα μετά από κάθε ατύχημα, με την πάροδο των ετών.

Ο μέσος δείκτης διαρροής ανά έτος για τα πρώτα δέκα χρόνια, είναι 125.186,6 κυβικά. Ο μέσος δείκτης της δεύτερης δεκαετίας είναι 116.871,4 κυβικά και αυτός της τρίτης 20.278,4 κυβικά. Οι αντίστοιχοι μέσοι δείκτες για τη διαρροή ανά πλοίο ανά έτος, είναι 37,8 κυβικά, 37,4 και 6,5 κυβικά. Διαπιστώνεται επομένως σημαντική μείωση με την εξέλιξη των ετών.

Παρά το γεγονός ότι ο αριθμός των ατυχημάτων ανά έτος αυξήθηκε, αυτό δε συνοδεύτηκε με ανάλογη αύξηση και της ποσότητας του πετρελαίου που διέρρευσε στο υδάτινο περιβάλλον. Μάλιστα παρουσιάστηκε αξιόλογη μείωση σ' αυτόν τον τομέα, γεγονός πολύ ελπιδοφόρο.

Σε αντίστοιχα συμπεράσματα οδηγούμαστε και από τον υπολογισμό του δείκτη διαρροής ανά κυβικό μέτρο που μετακινήθηκε σε κάθε έτος. Τα αποτελέσματα για το κάθε έτος παρουσιάζονται στο σχήμα 33 που έπεται.

Για τον υπολογισμό αυτών των δεικτών, όπως είναι φυσικό, χρειαζόμαστε τον όγκο του πετρελαίου που μετακινήθηκε σε κάθε έτος, για τα έτη από το 1980 έως το 2009. Τα στοιχεία αυτά τα αντλούμε από τον πίνακα Α2 του παραρτήματος Γ. Στον συγκεκριμένο πίνακα παρατηρούμε αύξηση του όγκου του μεταφερόμενου πετρελαίου στην πορεία των ετών, παρά το ότι δεν υπήρξε αντίστοιχη αύξηση στον αριθμό των δ/ξ. Προφανώς, αυτό εξηγείται από την τάση που υπήρξε τα προηγούμενα χρόνια για αύξηση του μεγέθους των δεξαμενοπλοίων ώστε να καλύψουν τις ανάγκες της αγοράς.



Σχήμα 33 : Δείκτης διαρροής σε κυβικά (m³) ανά κυβικό μέτρο που μετακινήθηκε ανά έτος

Όπως διαπιστώνουμε από το ανωτέρω σχήμα, οι τιμές των δεικτών κυμαίνονται από $6,71E-11$ (ελάχιστη) έως $2,12E-02$ (μέγιστη). Οι χρονιές με τις μεγαλύτερες τιμές είναι το 1983, το 1988 και το 1991, ενώ αυτές με τις μικρότερες το 2005, το 2008 και το 2009.

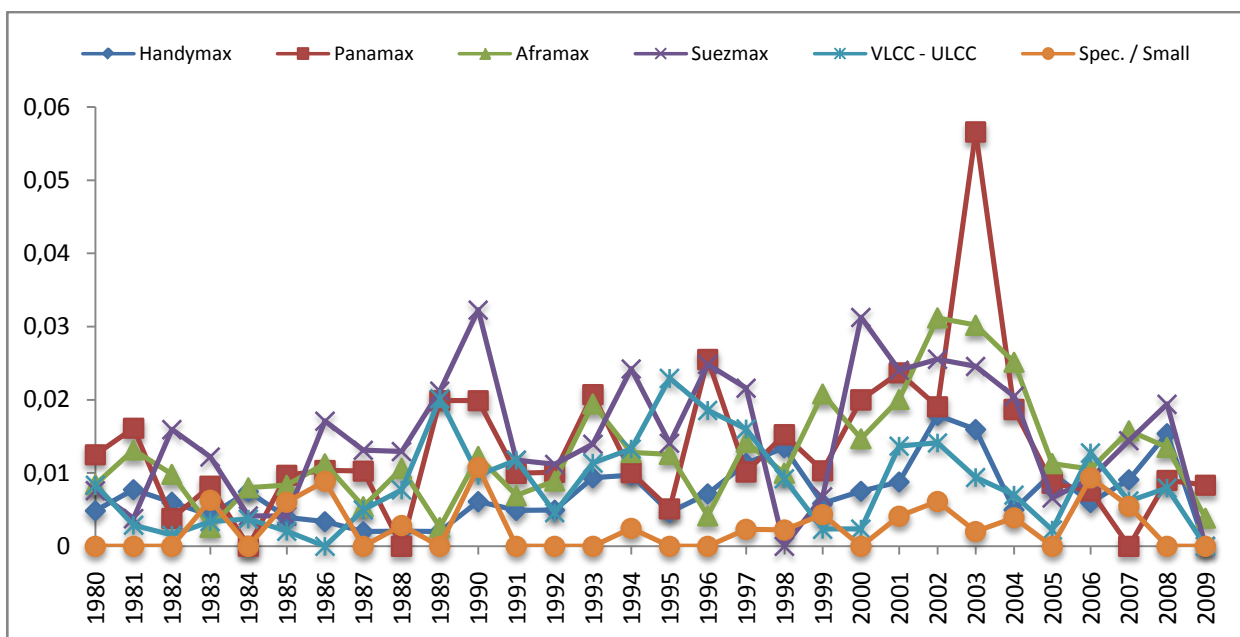
Επιπλέον, από το σχήμα διαπιστώνουμε μια σημαντική τάση μείωσης των δεικτών με την πάροδο των ετών, κάτι το οποίο φαίνεται και από τη διακεκομμένη γραμμή που μας δείχνει γραμμικά την εξέλιξη των δεικτών. Αυτή η τάση μείωσης επιβεβαιώνεται και από το Kendall's tau-b test που πραγματοποιήθηκε και μάλιστα είναι στατιστικά σημαντική ($\tau = -0,517, p = 0.001$).

Η αύξηση της ετήσιας ποσότητας μεταφερόμενου πετρελαίου δεν είναι τόσο σημαντική που να αρκεί από μόνη της για εξηγήσει την μείωση αυτή των δεικτών. Διαπιστώνουμε επομένως ότι τα μέτρα που πάρθηκαν κατά καιρούς βοήθησαν τα μέγιστα προς αυτή την κατεύθυνση.

Ολοκληρώνοντας τη συγκεκριμένη παράγραφο, θα υπολογίσουμε δείκτες ατυχημάτων και διαρροής για τους διάφορες κατηγορίες δεξαμενοπλοίων.

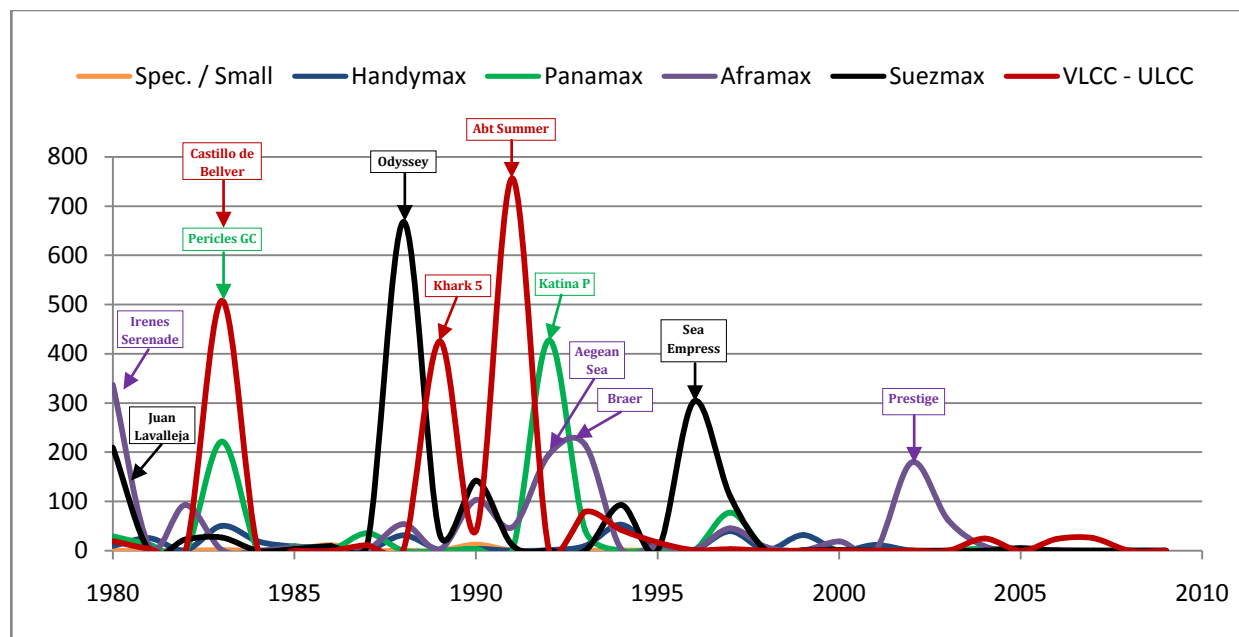
Αρχικά, στο σχήμα 34 φαίνεται η εξέλιξη των δεικτών των ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για τις έξι κατηγορίες πλοίων που συμμετείχαν στα περιστατικά που εξετάζουμε.

Ιδιαίτερα στοιχεία δεν προκύπτουν από το εν λόγω διάγραμμα καθώς με εξαίρεση τους δείκτες για τα πλοία Spec./Small που είναι αρκετά χαμηλοί, όλοι οι υπόλοιποι εμφανίζουν παρόμοια συμπεριφορά. Τα μεγέθη για τους δείκτες των διαφόρων τύπων κυμαίνονται, ως επί των πλείστον, από 0,005 έως 0,025 ατυχήματα για κάθε κατηγορία πλοίου ανά έτος. Μεταφράζοντάς το για να γίνει ευκολότερα κατανοητό, αυτό σημαίνει ότι συμβαίνουν, σε γενικές γραμμές, από 5 έως 25 ατυχήματα ανά 1000 πλοία που πλέουν το χρόνο, για όλους του τύπους πλοίων.



Σχήμα 34 : Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για κάθε κατηγορία πλοίων

Αξιοπρόσεκτα είναι τα αποτελέσματα που προκύπτουν για τους δείκτες διαρροής της κάθε κατηγορίας.



Σχήμα 35 : Δείκτες διαρροής (m^3) ανά πλοίο ανά έτος για κάθε κατηγορία πλοίων

Στο σχήμα 35 παρουσιάζονται οι ετήσιοι δείκτες διαρροής σε κυβικά μέτρα για κάθε μια από τις έξι κατηγορίες δεξαμενοπλοίων. Επίσης, φαίνονται και τα σημαντικότερα ατυχήματα άνω των 50.000 m^3 που επηρέασαν σημαντικά τους δείκτες για κάποια συγκεκριμένα έτη.

Τα ατυχήματα με τις μεγαλύτερες ποσότητες διαρροής τα οποία επηρεάζουν τους δείκτες του ανωτέρω σχήματος, είναι τα εξής:

• **1980**

Irenes Serenade (Aframax) → 120.000 m^3

Juan Lavallega (Suezmax) → 52.700 m^3

• **1988**

Odyssey (Suezmax) → 155.000 m^3

• **1991**

Abt Summer (VLCC) → 305.000 m^3

• **1993**

Braer (Aframax) → 99.600 m^3

• **2002**

Prestige (Aframax) → 82.000 m^3

• **1983**

Pericles GC (Panamax) → 54.100 m^3

Castillo de Bellver (VLCC) → 296.400 m^3

• **1989**

Khark 5 (VLCC) → 82.300 m^3

• **1992**

Katina P (Panamax) → 84.700 m^3

Aegean Sea (Aframax) → 87.000 m^3

• **1996**

Sea Empress (Suezmax) → 84.400 m^3

Στους πίνακες 21 και 22 βλέπουμε τους μέσους δείκτες διαρροών όλων των κατηγοριών και για τα 30 έτη που μελετάμε (1980 - 2009) . Επίσης , μπορούμε να δούμε σε αντιπαράθεση και να συγκρίνουμε , τους δείκτες πριν και μετά το 1990. Το 1990 επιλέχθηκε καθώς είναι η χρονιά που επήλθε όπως είδαμε στο 2ο κεφάλαιο η συμφωνία OPA 90 , όπου σταδιακά κάθε δεξαμενόπλοιο θα πρέπει να είναι διπλών τοιχωμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 21 : Δείκτης διαρροής ανά έτος (σε κυβικά)

Tanker Size	1980 - 2009	Pre - 1990	Post - 1990
Spec. / Small	371,80	927,66	50,01
Handymax	14.880,62	23.179,27	10.076,13
Panamax	6.164,61	6.780,27	5.808,15
Aframax	20.800,28	20.968,06	20.703,16
Suezmax	14.006,67	24.693,88	7.819,36
VLCC - ULCC	31.129,47	46.638,70	22.150,46

ΠΙΝΑΚΑΣ 22 : Δείκτης διαρροής ανά πλοίο ανά έτος (σε κυβικά)

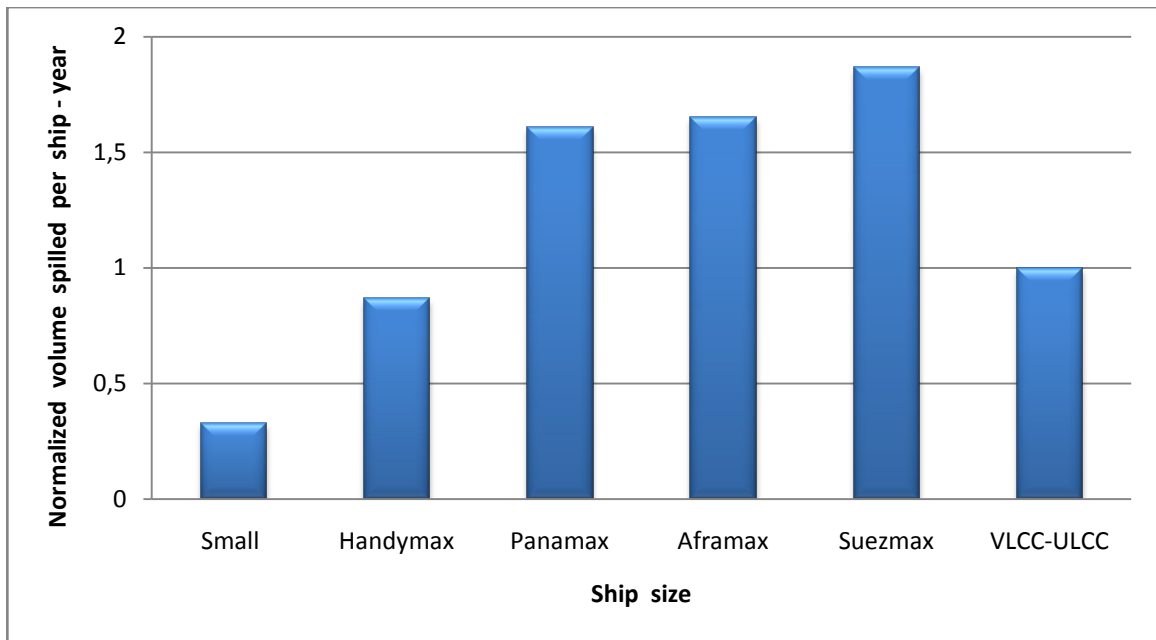
Tanker Size	1980 - 2009	Pre - 1990	Post - 1990
Spec. / Small	0,88	2,80	0,11
Handymax	11,33	14,81	8,64
Panamax	27,52	30,92	25,63
Aframax	42,28	55,42	37,12
Suezmax	50,35	100,98	26,28
VLCC - ULCC	65,75	89,74	49,58

Σε όλες τις κατηγορίες πλοίων παρατηρούμε , από τους πίνακες , σημαντική μείωση των δεικτών ανάμεσα στις δυο περιόδους , με σημαντικότερες αυτές των κατηγοριών Suezmax και VLCC-ULCC .

Επομένως , μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι κανονισμοί που θεσπίστηκαν από το 1990 και μετά , καθώς και οι νέες τεχνολογίες που εισήχθησαν σταδιακά στα νέα πλοία είχαν σαν αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος μετά από ατύχημα δεξαμενοπλοίου.

Τέλος , στα επόμενα δύο σχήματα , οι δείκτες ατυχημάτων και διαρροών ανά πλοίο για κάθε τύπο πλοίου θα κανονικοποιηθούν κατάλληλα ως προς κάποιον από τους δείκτες μιας κατηγορίας. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τα προηγούμενα σχήματα θα μας βοηθήσει στο να εξάγουμε κάποια χρήσιμα συμπεράσματα για τη διαρροή σε σχέση με τις κατηγορίες των δεξαμενοπλοίων.

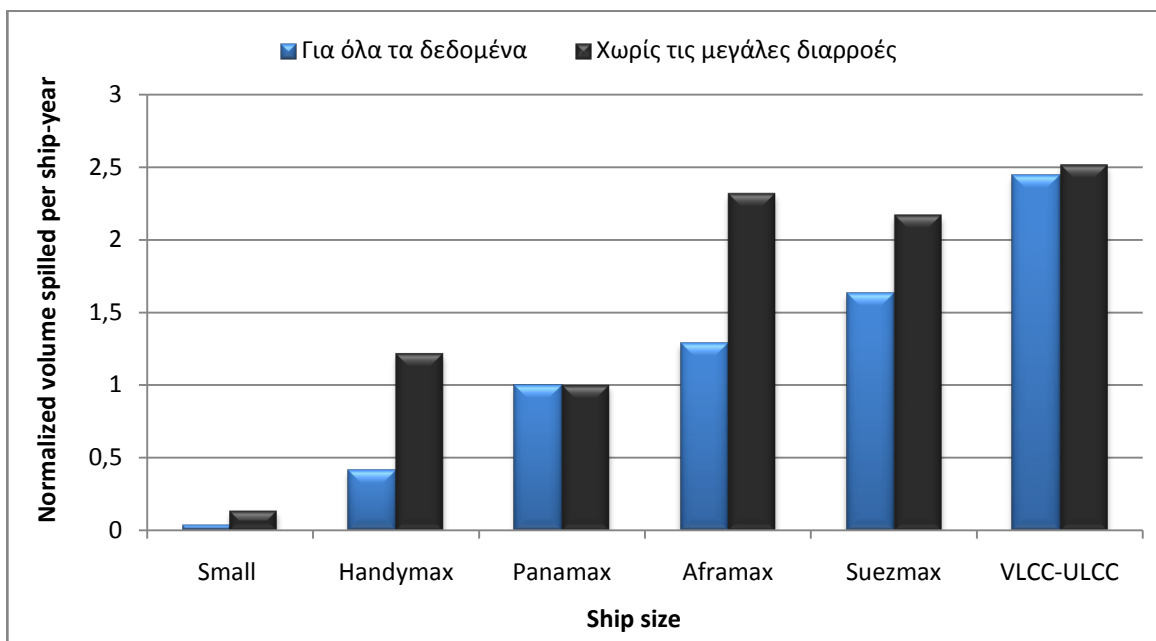
Στο σχήμα 36 , γίνεται κανονικοποίηση των δεικτών ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος με βάση τον δείκτη των πλοίων VLCC - ULCC . Ο δείκτης του συγκεκριμένου τύπου πλοίων επιλέχθηκε καθώς , σαν νούμερο , βρισκόταν στο μέσο περίπου των υπολοίπων.



Σχήμα 36 : Ο αριθμός των ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος (ship - year) κανονικοποιημένο ως προς τον δείκτη των πλοίων VLCC - ULCC

Στο σχήμα 37 , σε αντιστοιχία με το προηγούμενο , γίνεται κανονικοποίηση των δεικτών διαρροής ανά πλοίο ανά έτος για όλους τους τύπους πλοίων με βάση τον δείκτη των πλοίων Panamax .

Η επιλογή του δείκτη του συγκεκριμένου τύπου έγινε για το λόγο που επιλέχθηκε και ο αντίστοιχος στο προηγούμενο σχήμα και για να είναι πιο ευπαρουσίαστα τα αποτελέσματα που προκύπτουν.



Σχήμα 37 : Το συνολικό μέγεθος διαρροής ανά πλοίο ανά έτος (ship - year) κανονικοποιημένο ως προς τον δείκτη των πλοίων Panamax

Όπως προκύπτει σε γενικές γραμμές από τη μελέτη των δύο προηγούμενων σχημάτων, το μέσο μέγεθος των διαρροών που πηγάζουν από τα μεγάλα πλοία είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο που πηγάζει από τα μικρά. Στο δεύτερο σχήμα παρατηρείται μια αύξηση του μεγέθους των διαρροών με το μέγεθος των πλοίων. Αυτό βέβαια διαφοροποιείται (μαύρες στήλες) στην περίπτωση που αφαιρέσουμε τις πολύ μεγάλες διαρροές (άνω των 50.000 m³), οι οποίες είναι λίγες σε αριθμό (6), επηρεάζουν όμως σημαντικά τη διαμόρφωση του τελικού αποτελέσματος.

5.2.2.9 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

5.2.2.9.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Τα ατυχήματα που μελετήθηκαν στην εργασία χωρίστηκαν σε επτά κατηγορίες, ανάλογα με το τι συνέβη στο καθένα. Έτσι έχουμε τις εξής κατηγορίες:

1. **Hull Structural Failure Incidents**: Είναι τα ατυχήματα κατασκευαστικής αστοχίας και αστοχίας εξαρτημάτων και εξοπλισμού του πλοίου που δεν οφείλονται σε άλλα ναυτικά ατυχήματα. Έτσι, στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα ατυχήματα στα οποία παρατηρήθηκε ζημιά στη γάστρα του σκάφους, ζημιά στα παρελκόμενα του πηδαλίου, ζημιές των οποίων αιτία ήταν κυρίως οι καιρικές συνθήκες, ζημιές που οφείλονται κυρίως στην κακή φόρτωση και φόρτιση του σκάφους και περιπτώσεις στις οποίες είχαμε απώλεια ή αστοχία άγκυρας, αλυσίδας της άγκυρας, βαρούλκου, σωληνώσεων κλπ.
2. **Collision Incidents**: Είναι τα ατυχήματα σύγκρουσης. Στην περίπτωση αυτή τοποθετούνται τα ατυχήματα στα οποία είχαμε σύγκρουση πλοίου με άλλο πλοίο, ανεξαρτήτως τύπου ή μεγέθους και χωρίς περιορισμό για την κατάσταση που βρίσκονταν τα πλοία κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης (αγκυροβολημένα, εν πλω κλπ.).
3. **Contact Incidents**: Είναι τα ατυχήματα επαφής. Στην κατηγορία αυτή βρίσκονται τα ατυχήματα στα οποία είχαμε επαφή του σκάφους με σταθερό ή πλεύσιμο αντικείμενο, εκτός από πλοίο.
4. **Grounding Incidents**: Είναι τα ατυχήματα προσάραξης. Στην περίπτωση αυτή εντάσσονται τα ατυχήματα στα οποία είχαμε προσάραξη του πλοίου στην ξηρά, είτε χτύπημα του πυθμένα του πλοίου στον πυθμένα της θάλασσας ή σε κάποιο ναυάγιο.
5. **Fire & Explosion Incidents**: Είναι τα ατυχήματα φωτιάς και έκρηξης. Στη συγκεκριμένη κατηγορία ανήκουν ατυχήματα στα οποία παρατηρήθηκε φωτιά ή έκρηξη.
6. **Machinery Failure Incidents**: Είναι τα ατυχήματα μηχανικών αστοχιών. Στην περίπτωση αυτή, έχουμε ατυχήματα στα οποία στο πλοίο παρατηρήθηκαν βλάβες στην κύρια μηχανή, στον στροφαλοφόρο άξονα, στον μηχανισμό του πηδαλίου, στις γεννήτριες, στην τουρμπίνα, στο σύστημα πλοήγησης κλπ.

7. **Unknown Reasons Incidents** : Είναι τα ατυχήματα αγνώστων αιτιών. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν όσα ατυχήματα δεν εντάσσονται στις υπόλοιπες έξι κατηγορίες και για τα οποία οι πληροφορίες που έχουμε δεν επαρκούν για να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για τα αίτια-συνθήκες αυτών.

Ο αριθμός και τα ποσοστά εμφάνισης της κάθε κατηγορίας ατυχημάτων, φαίνονται στον πίνακα 23 που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 23 : Κατηγορίες ατυχημάτων

Κατηγορίες Ατυχημάτων	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Hull Structural Failure	161	19,6
Collision	86	10,5
Contact	23	2,8
Grounding	112	13,6
Fire & Explosion	121	14,7
Machinery Failure	212	25,8
Unknown Reasons	107	13,0
ΣΥΝΟΛΟ	822	100,0

Όπως παρατηρούμε, το πιο συχνά εμφανιζόμενο ατύχημα είναι αυτό των μηχανικών αστοχιών, με αριθμό εμφανίσεων 212 και ποσοστό 25,8%. Ακολουθούν τα ατυχήματα κατασκευαστικής αστοχίας και αστοχίας εξαρτημάτων και εξοπλισμού του πλοίου με 161 περιστατικά (19,6%) και τα ατυχήματα φωτιάς-πυρκαγιάς με 121 εμφανίσεις (14,7%). Στην τελευταία θέση βρίσκονται τα ατυχήματα επαφής, με 23 συνολικά περιστατικά και ποσοστό 2,8%.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια στατιστικά στοιχεία για την κάθε κατηγορία ατυχημάτων που αναφέρθηκε πιο πάνω.

5.2.2.9.1.1 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "HULL STRUCTURAL FAILURE"

Από την κατηγοριοποίηση των ατυχημάτων της βάσης, όπως αναφέραμε και παραπάνω στην προηγούμενη παράγραφο, προέκυψε ότι τα ατυχήματα της κατηγορίας Hull Structural Failure ήταν 161, αριθμός που αποτελεί το 19,6% των συνολικών ατυχημάτων.

Στον πίνακα 24 που ακολουθεί βλέπουμε τα ατυχήματα της συγκεκριμένης κατηγορίας ανάλογα με τον τύπο του πλοίου. Το μεγαλύτερο ποσοστό (25,5%) εμφανίζεται στα πλοία τύπου Aframax με 41 περιστατικά, ενώ στη δεύτερη θέση είναι ο τύπος πλοίων VLCC-ULCC με ποσοστό 22,4% και 36 περιστατικά. Στην τελευταία θέση με τρία συνολικά περιστατικά και ποσοστό 1,2%, βρίσκονται τα πλοία τύπου Spec./Small.

ΠΙΝΑΚΑΣ 24 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία H-S

Κατηγορίες πλοίων	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Spec. / Small	2	1,2
Handymax	34	21,1
Panamax	15	9,3
Aframax	41	25,5
Suezmax	33	20,5
VLCC - ULCC	36	22,4
ΣΥΝΟΛΟ	161	100,0

Στη συνέχεια, στον πίνακα 25, μπορούμε να δούμε το πως είναι κατανεμημένα τα 161 ατυχήματα της κατηγορίας αυτής ανάλογα με τις τοποθεσίες στις οποίες συνέβησαν. Παρατηρούμε ότι 60 ατυχήματα έλαβαν χώρα σε ανοιχτές θάλασσες (open water), ενώ κανένα ατύχημα της συγκεκριμένης κατηγορίας δε συνέβη σε επισκευαστική περιοχή. Η μεγαλύτερη διαρροή παρατηρήθηκε σε ανοιχτές θάλασσες, όπου διέρρευσε συνολικά ποσότητα 1.252.539,0 κυβικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 25 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία H-S

Τοποθεσία ατυχημάτων	Εμφανίσεις		Διαρροή (m ³)
	Αριθμός	Ποσοστό (%)	
Open water	60	37,3	1.252.539,0
Harbor / River / Canal	21	13,0	137.788,7
Restricted Waters	12	7,5	45.413,6
At (fixed) berth	48	29,8	5.221,1
At SBM	8	5,0	24,7
At repair yard	0	0,0	0,0
Lightering	5	3,1	98,5
Unknown	7	4,3	0,0
ΣΥΝΟΛΑ	161	100,0	1.441.085,5

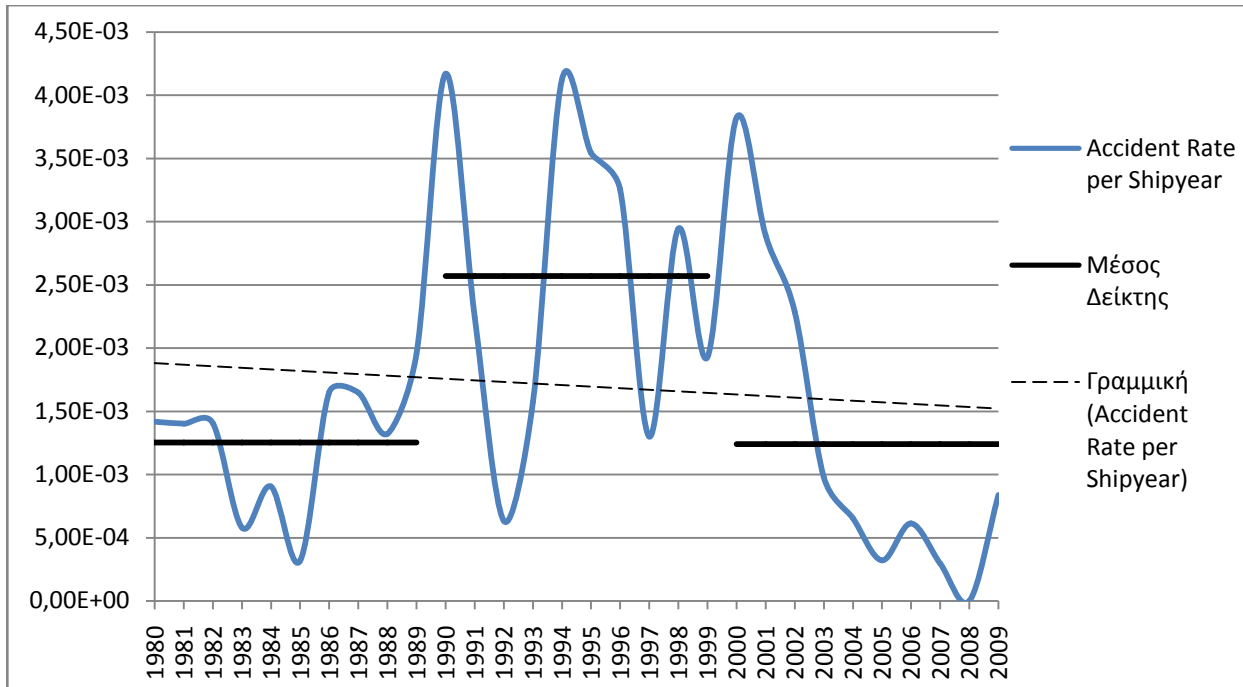
Στον πίνακα 26 πλέον, κατανέμονται τα ατυχήματα με βάση τον τύπο της γάστρας των πλοίων τα οποία συμμετείχαν σ' αυτά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 26 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία H-S

Τύπος γάστρας	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Pre-Marpol Single Hull	74	46,0
Marpol Single Hull	20	12,4
Double Hull	45	28,0
Double Bottom	16	9,9
Double Sides	2	1,2
Unknown	4	2,5
ΣΥΝΟΛΟ	196	100,0

Το μεγαλύτερο ποσοστό (46,0 %) εμφανίζεται στον τύπο γάστρας Pre-Marpol Single Hull, όπου καταμετρήθηκαν στην κατηγορία Hull Structural Failure συνολικά 74 περιπτώσεις ατυχημάτων πλοίων με τον συγκεκριμένο τύπο γάστρας.

Στο τελευταίο σχήμα για αυτή την παράγραφο, μπορούμε να δούμε τον δείκτη εμφάνισης των ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος. Επίσης μπορούμε να δούμε και την εξέλιξη των μέσων δεικτών ανά δεκαετία, από το 1980 έως το 2009.



Σχήμα 38: Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία Hull Structural Failure

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 38, παρατηρείται μια τάση μείωσης των ατυχημάτων με την εξέλιξη των ετών. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα του Kendall's tau-b test (§ 4.5) όπου καταδεικνύουν τάση μείωσης, όχι όμως στατιστικά σημαντική ($\tau = -0,115$, $p = 0,372$). Τους μεγαλύτερους μέσους δείκτες μεταξύ των τριών δεκαετιών τους παρατηρούμε τη δεκαετία 1990 έως 1999. Οι μεγαλύτεροι ετήσιοι δείκτες εμφανίζονται τις χρονιές 1990, 1992, 1994, 1995, 1996 και 2000.

Τέλος, ανεξάρτητα του σχήματος, ατυχήματα της κατηγορίας Hull Structural Failure είχαν σαν αποτέλεσμα το θάνατο 424 ατόμων και τον τραυματισμό άλλων 35.

5.2.2.9.1.2 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "COLLISION"

Από την κατηγοριοποίηση των ατυχημάτων της βάσης, προέκυψε ότι τα ατυχήματα της κατηγορίας Collision ήταν 86, αριθμός που αποτελεί το 10,5 % των συνολικών ατυχημάτων (επιπλέον στοιχεία για ατυχήματα σύγκρουσης, στο παράρτημα Ε).

Στον πίνακα 27 που ακολουθεί, βλέπουμε τα ατυχήματα της συγκεκριμένης κατηγορίας ανάλογα με τον τύπο του πλοίου. Το μεγαλύτερο ποσοστό (34,9 %) εμφανίζεται στα πλοία τύπου Aframax με 30 περιστατικά, ενώ στην τελευταία θέση με ένα μόνο περιστατικό και ποσοστό 1,2 %, βρίσκονται τα πλοία τύπου Spec. / Small.

ΠΙΝΑΚΑΣ 27 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία Collision

Κατηγορίες πλοίων	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Spec. / Small	1	1,2
Handymax	26	30,2
Panamax	6	7,0
Aframax	30	34,9
Suezmax	8	9,3
VLCC - ULCC	15	17,4
ΣΥΝΟΛΟ	86	100,0

Στη συνέχεια, στον πίνακα 28, μπορούμε να δούμε το πως είναι κατανομημένα τα 86 ατυχήματα της κατηγορίας αυτής ανάλογα με τις τοποθεσίες στις οποίες συνέβησαν. Παρατηρούμε ότι 34 ατυχήματα έλαβαν χώρα σε περιορισμένα ύδατα (restricted waters) και 26 σε λιμάνια, ποτάμια ή κανάλια. Η μεγαλύτερη διαρροή παρατηρήθηκε σε περιορισμένα ύδατα, όπου διέρρευσε συνολικά ποσότητα 118.522,4 κυβικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 28 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία Collision

Τοποθεσία ατυχημάτων	Εμφανίσεις		Διαρροή (m ³)
	Αριθμός	Ποσοστό (%)	
Open water	11	12,8	20.460,9
Harbor / River / Canal	26	30,2	42.289,0
Restricted Waters	34	39,5	118.522,4
At (fixed) berth	8	9,3	6.433,9
At SBM	0	0,0	0,0
At repair yard	1	1,2	0,0
Lightering	0	0,0	0,0
Unknown	6	7,0	5.150,0
ΣΥΝΟΛΑ	86	100,0	192.856,4

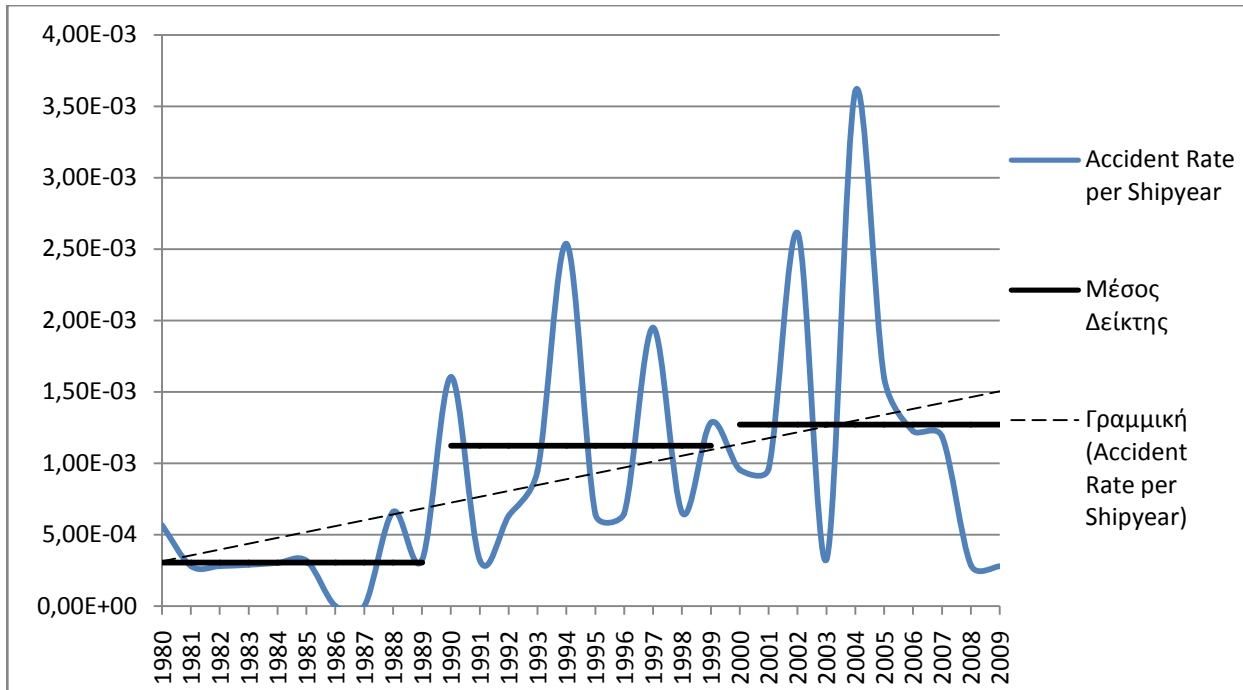
Στον πίνακα 29 πλέον, κατανέμονται τα ατυχήματα με βάση τον τύπο της γάστρας των πλοίων τα οποία συμμετείχαν σ' αυτά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 29 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία Collision

Τύπος γάστρας	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Pre-Marpol Single Hull	28	32,6
Marpol Single Hull	25	29,1
Double Hull	26	30,2
Double Bottom	5	5,8
Double Sides	0	0,0
Unknown	2	2,3
ΣΥΝΟΛΟ	86	100,0

Το μεγαλύτερο ποσοστό (32,6 %) εμφανίζεται στον τύπο γάστρας Pre-Marpol Single Hull, όπου καταμετρήθηκαν στην κατηγορία Collision συνολικά 28 περιπτώσεις ατυχημάτων πλοίων με τον συγκεκριμένο τύπο γάστρας.

Στο τελευταίο σχήμα για αυτή την παράγραφο, μπορούμε να δούμε τον δείκτη εμφάνισης των ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος. Επίσης μπορούμε να δούμε και την εξέλιξη των μέσων δεικτών ανά δεκαετία, από το 1980 έως το 2009.



Σχήμα 39: Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία Collision

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 39, παρατηρείται μια τάση αύξησης των ατυχημάτων με την εξέλιξη των ετών. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα του Kendall's tau-b test όπου καταδεικνύουν τάση αύξησης η οποία είναι στατιστικά σημαντική ($\tau = 0,376$, $p = 0,004$). Τους μεγαλύτερους μέσους δείκτες μεταξύ των τριών δεκαετιών τους παρατηρούμε τη δεκαετία 2000 έως 2009. Οι μεγαλύτεροι ετήσιοι δείκτες εμφανίζονται τις χρονιές 1990, 1994, 1997, 2002, 2004 και 2005.

Τέλος, ανεξάρτητα του σχήματος, ατυχήματα της κατηγορίας Collision είχαν σαν αποτέλεσμα το θάνατο 174 ατόμων (Agir Abruzzo) και τον τραυματισμό άλλων 13.

5.2.2.9.1.3 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "CONTACT"

Από την κατηγοριοποίηση των ατυχημάτων της βάσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, προέκυψε ότι τα ατυχήματα της κατηγορίας Contact ήταν 23, αριθμός που αποτελεί το 2,8% των συνολικών ατυχημάτων.

Στον πίνακα 30 που ακολουθεί, βλέπουμε τα ατυχήματα της συγκεκριμένης κατηγορίας ανάλογα με τον τύπο του πλοίου. Το μεγαλύτερο ποσοστό (43,5%) εμφανίζεται στα πλοία τύπου Handymax με 10 περιστατικά, ενώ στην τελευταία θέση με ένα μόνο περιστατικό και ποσοστό 4,3%, βρίσκονται τα πλοία τύπου Spec. / Small.

ΠΙΝΑΚΑΣ 30 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία Contact

Κατηγορίες πλοίων	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Spec. / Small	1	4,3
Handymax	10	43,5
Panamax	3	23,0
Aframax	5	21,7
Suezmax	2	8,7
VLCC - ULCC	2	8,7
ΣΥΝΟΛΟ	23	100,0

Στη συνέχεια, στον πίνακα 31, μπορούμε να δούμε το πως είναι κατανομημένα τα 23 ατυχήματα της κατηγορίας αυτής ανάλογα με τις τοποθεσίες στις οποίες συνέβησαν. Παρατηρούμε ότι 8 ατυχήματα έλαβαν χώρα σε λιμάνια, ποτάμια ή κανάλια (Harbor / River / Canal) και 7 σε προβλήτες. Η μεγαλύτερη διαρροή παρατηρήθηκε σε προβλήτες, όπου διέρρευσε συνολικά ποσότητα 8.317,5 κυβικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 31 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία Contact

Τοποθεσία ατυχημάτων	Εμφανίσεις		Διαρροή (m ³)
	Αριθμός	Ποσοστό (%)	
Open water	1	4,3	0,0
Harbor / River / Canal	8	34,8	7.408,8
Restricted Waters	4	17,4	287,1
At (fixed) berth	7	30,4	8.317,5
At SBM	1	4,3	0,0
At repair yard	0	0,0	0,0
Lightering	2	8,7	173,6
Unknown	0	0,0	0,0
ΣΥΝΟΛΑ	23	100,0	16.187,0

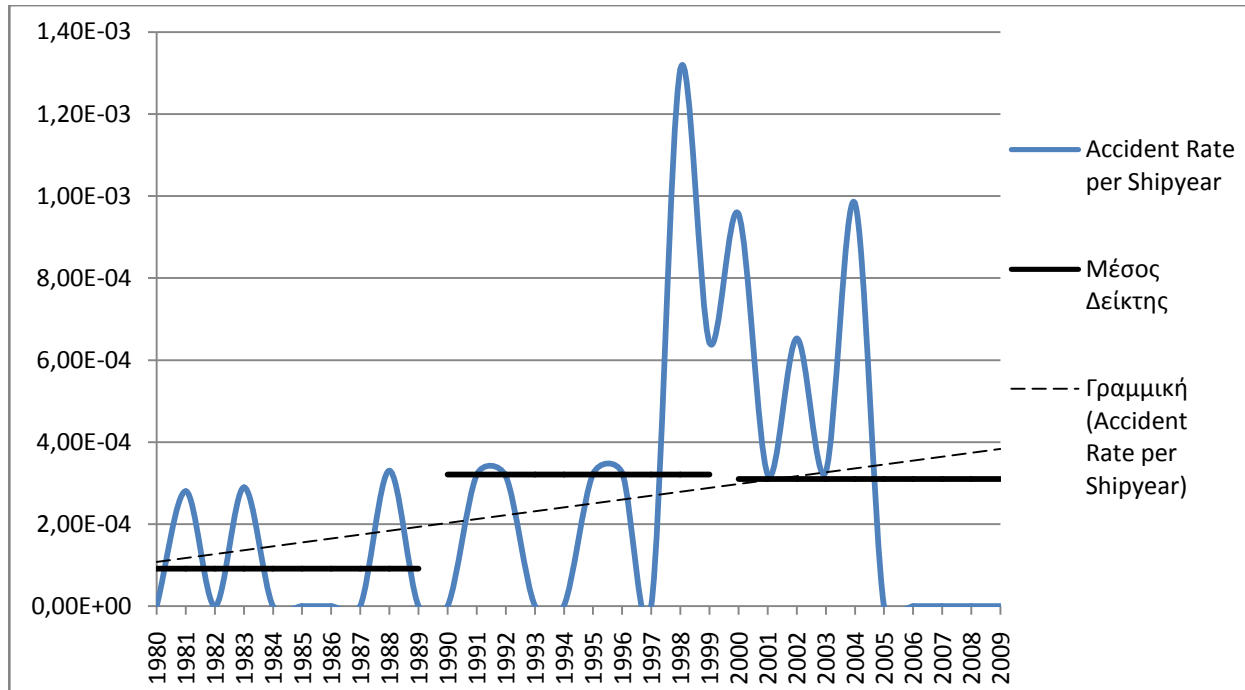
Στον πίνακα 32 πλέον, κατανέμονται τα ατυχήματα με βάση τον τύπο της γάστρας των πλοίων τα οποία συμμετείχαν σ' αυτά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 32 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία Contact

Τύπος γάστρας	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Pre-Marpol Single Hull	9	39,1
Marpol Single Hull	4	17,4
Double Hull	7	30,4
Double Bottom	2	8,7
Double Sides	1	4,3
Unknown	0	0,0
ΣΥΝΟΛΟ	23	100,0

Το μεγαλύτερο ποσοστό (39,1 %) εμφανίζεται στον τύπο γάστρας Pre-Marpol Single Hull, όπου καταμετρήθηκαν στην κατηγορία Contact συνολικά 9 περιπτώσεις ατυχημάτων πλοίων με τον συγκεκριμένο τύπο γάστρας.

Στο τελευταίο σχήμα για αυτή την παράγραφο, μπορούμε να δούμε τον δείκτη εμφάνισης των ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος. Επίσης μπορούμε να δούμε και την εξέλιξη των μέσων δεικτών ανά δεκαετία, από το 1980 έως το 2009.



Σχήμα 40: Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία Contact

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 40, παρατηρείται μια τάση αύξησης των ατυχημάτων με την εξέλιξη των ετών. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα του Kendall's tau-b test όπου καταδεικνύουν τάση αύξησης, όχι όμως στατιστικά σημαντική ($\tau = 0,184$, $p = 0,096$). Τους μεγαλύτερους μέσους δείκτες μεταξύ των τριών δεκαετιών τους παρατηρούμε τη δεκαετία 1990 έως 1999. Οι μεγαλύτεροι ετήσιοι δείκτες εμφανίζονται τις χρονιές 1988, 1998, 1999, 2000, 2002 και 2004.

Τέλος, ανεξάρτητα του σχήματος, ατυχήματα της κατηγορίας Contact είχαν σαν αποτέλεσμα το θάνατο 23 ατόμων και τον τραυματισμό κανενός.

5.2.2.9.1.4 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "GROUNDING"

Από την κατηγοριοποίηση των ατυχημάτων της βάσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, προέκυψε ότι τα ατυχήματα της κατηγορίας Grounding ήταν 112, αριθμός που αποτελεί το 13,6% των συνολικών ατυχημάτων.

Στον πίνακα 33 που ακολουθεί, βλέπουμε τα ατυχήματα της συγκεκριμένης κατηγορίας ανάλογα με τον τύπο του πλοίου. Το μεγαλύτερο ποσοστό (35,7%) εμφανίζεται στα πλοία τύπου Handymax με 40 περιστατικά, ενώ στην τελευταία θέση με 4 συνολικά περιστατικά και ποσοστό 3,6% βρίσκονται τα πλοία τύπου Spec. / Small.

ΠΙΝΑΚΑΣ 33 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία Grounding

Κατηγορίες πλοίων	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Spec. / Small	4	3,6
Handymax	40	35,7
Panamax	13	11,6
Aframax	29	25,9
Suezmax	16	14,3
VLCC - ULCC	10	8,9
ΣΥΝΟΛΟ	112	100,0

Στη συνέχεια, στον πίνακα 34, μπορούμε να δούμε το πως είναι κατανεμημένα τα 112 ατυχήματα της κατηγορίας αυτής ανάλογα με τις τοποθεσίες στις οποίες συνέβησαν. Παρατηρούμε ότι 49 ατυχήματα έλαβαν χώρα σε περιορισμένα ύδατα (Restricted waters) και 43 σε λιμάνια, ποτάμια ή κανάλια. Η μεγαλύτερη διαρροή παρατηρήθηκε σε λιμάνια, ποτάμια ή κανάλια, όπου διέρρευσε συνολικά ποσότητα 244.445,8 κυβικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 34 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία Grounding

Τοποθεσία ατυχημάτων	Εμφανίσεις		Διαρροή (m ³)
	Αριθμός	Ποσοστό (%)	
Open water	2	1,8	3,4
Harbor / River / Canal	43	38,4	244.445,8
Restricted Waters	49	43,8	113.347,8
At (fixed) berth	5	4,5	53.951,8
At SBM	3	2,7	1.593,1
At repair yard	0	0,0	0,0
Lightering	0	0,0	0,0
Unknown	10	8,9	12.960,9
ΣΥΝΟΛΑ	112	100,0	426.302,5

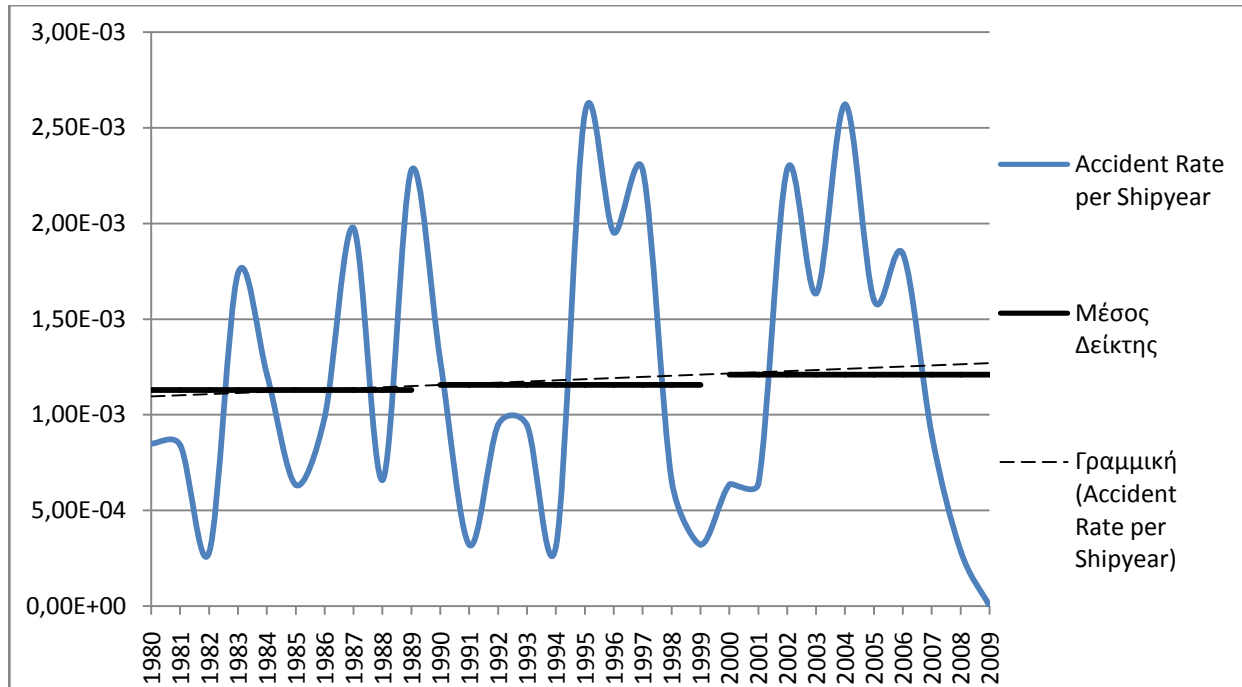
Στον πίνακα 35 πλέον, κατανέμονται τα ατυχήματα με βάση τον τύπο της γάστρας των πλοίων τα οποία συμμετείχαν σ' αυτά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 35 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία Grounding

Τύπος γάστρας	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Pre-Marpol Single Hull	48	42,9
Marpol Single Hull	21	18,8
Double Hull	25	22,3
Double Bottom	9	8,0
Double Sides	4	3,6
Unknown	5	4,5
ΣΥΝΟΛΟ	112	100,0

Το μεγαλύτερο ποσοστό (42,9 %) εμφανίζεται στον τύπο γάστρας Pre-Marpol Single Hull, όπου καταμετρήθηκαν στην κατηγορία Grounding συνολικά 48 περιπτώσεις ατυχημάτων πλοίων με τον συγκεκριμένο τύπο γάστρας.

Στο τελευταίο σχήμα για αυτή την παράγραφο, μπορούμε να δούμε τον δείκτη εμφάνισης των ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος. Επίσης μπορούμε να δούμε και την εξέλιξη των μέσων δεικτών ανά δεκαετία, από το 1980 έως το 2009.



Σχήμα 41: Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία Grounding

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 41, παρατηρείται μια μικρή τάση αύξησης των ατυχημάτων με την εξέλιξη των ετών. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το Kendall's tau-b test όπου καταδεικνύει μικρή τάση αύξησης, όχι όμως στατιστικά σημαντική ($\tau = 0,002$, $p = 0,573$). Τους μεγαλύτερους μέσους δείκτες μεταξύ των τριών δεκαετιών τους παρατηρούμε τη δεκαετία 2000 έως 2009. Οι μεγαλύτεροι ετήσιοι δείκτες εμφανίζονται τις χρονιές 1987, 1989, 1995, 1997, 2002 και 2004.

Τέλος, ανεξάρτητα του σχήματος, ατυχήματα της κατηγορίας Grounding είχαν σαν αποτέλεσμα το θάνατο 29 ατόμων, ενώ κανένα άτομο δεν τραυματίστηκε.

5.2.2.9.1.5 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "FIRE AND EXPLOSION"

Από την κατηγοριοποίηση των ατυχημάτων της βάσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, προέκυψε ότι τα ατυχήματα της κατηγορίας Fire & Explosion ήταν 121, αριθμός που αποτελεί το 14,7% των συνολικών ατυχημάτων.

Στον πίνακα 36 που ακολουθεί, βλέπουμε τα ατυχήματα της συγκεκριμένης κατηγορίας ανάλογα με τον τύπο του πλοίου. Το μεγαλύτερο ποσοστό (47,9%) εμφανίζεται στα πλοία τύπου Handymax με 58 περιστατικά, ενώ στην τελευταία θέση με 6 συνολικά περιστατικά και ποσοστό 5,0% βρίσκονται τα πλοία τύπου Suezmax.

ΠΙΝΑΚΑΣ 36 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία F-X

Κατηγορίες πλοίων	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Spec. / Small	11	9,1
Handymax	58	47,9
Panamax	14	11,6
Aframax	20	16,5
Suezmax	6	5,0
VLCC - ULCC	12	9,9
ΣΥΝΟΛΟ	121	100,0

Στη συνέχεια, στον πίνακα 37, μπορούμε να δούμε το πως είναι κατανεμημένα τα 121 ατυχήματα της κατηγορίας αυτής ανάλογα με τις τοποθεσίες στις οποίες συνέβησαν. Παρατηρούμε ότι 41 ατυχήματα έλαβαν χώρα σε ανοιχτή θάλασσα (open water) και 25 σε λιμάνια, ποτάμια ή κανάλια. Η μεγαλύτερη διαρροή παρατηρήθηκε σε προβλήτες, όπου διέρρευσε συνολικά ποσότητα 67.840,0 κυβικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 37 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία F-X

Τοποθεσία ατυχημάτων	Εμφανίσεις		Διαρροή (m ³)
	Αριθμός	Ποσοστό (%)	
Open water	41	33,9	21.715,0
Harbor / River / Canal	25	20,7	3.271,0
Restricted Waters	15	12,4	1.970,0
At (fixed) berth	17	14,0	67.840,0
At SBM	3	2,5	3.800,0
At repair yard	8	6,6	630,0
Lightering	3	2,5	20.031,7
Unknown	9	7,4	0,0
ΣΥΝΟΛΑ	121	100,0	119.257,7

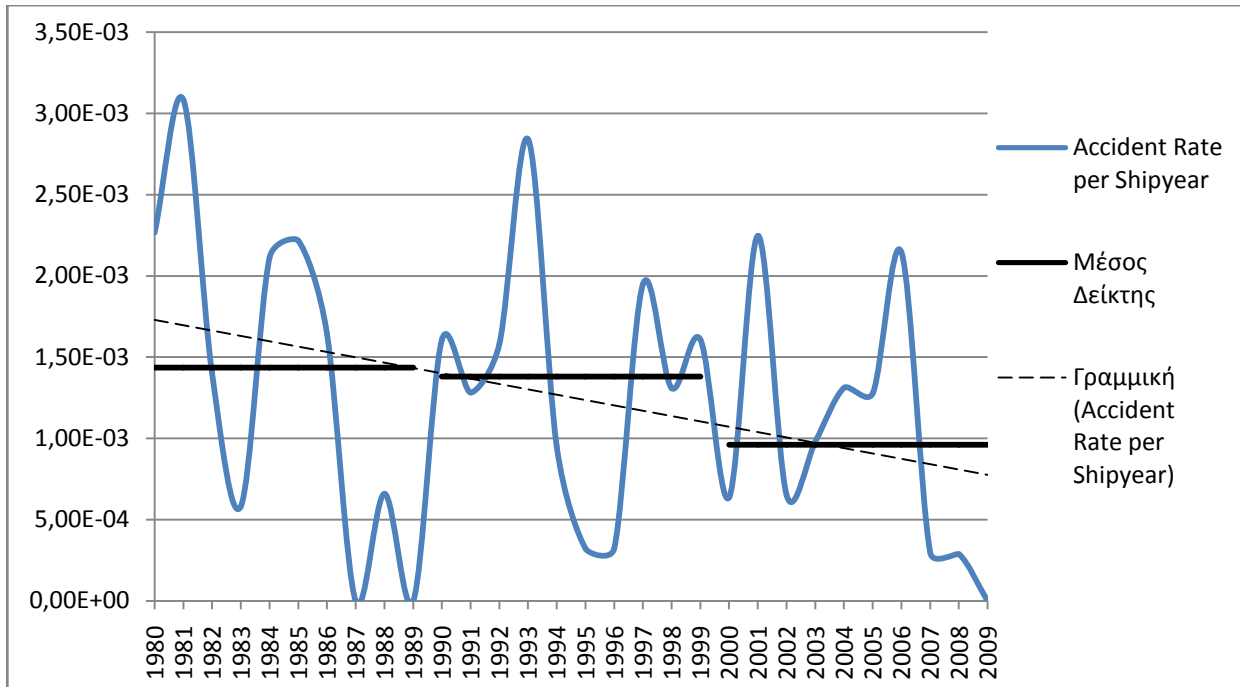
Στον πίνακα 38 πλέον, κατανέμονται τα ατυχήματα με βάση τον τύπο της γάστρας των πλοίων τα οποία συμμετείχαν σ' αυτά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 38 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία F-X

Τύπος γάστρας	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Pre-Marpol Single Hull	88	72,7
Marpol Single Hull	9	7,4
Double Hull	7	5,8
Double Bottom	8	6,6
Double Sides	0	0,0
Unknown	9	7,4
ΣΥΝΟΛΟ	121	100,0

Το μεγαλύτερο ποσοστό (72,7 %) εμφανίζεται στον τύπο γάστρας Pre-Marpol Single Hull, όπου καταμετρήθηκαν στην κατηγορία Fire & Explosion συνολικά 88 περιπτώσεις ατυχημάτων πλοίων με τον συγκεκριμένο τύπο γάστρας.

Στο τελευταίο σχήμα για αυτή την παράγραφο, μπορούμε να δούμε τον δείκτη εμφάνισης των ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος. Επίσης μπορούμε να δούμε και την εξέλιξη των μέσων δεικτών ανά δεκαετία, από το 1980 έως το 2009.



Σχήμα 42 : Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία F - X

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 42, παρατηρείται μια τάση μείωσης των ατυχημάτων με την εξέλιξη των ετών. Αυτό επιβεβαιώνεται και από το Kendall's tau-b test, όπου καταδεικνύει τάση μείωσης η οποία είναι οριακά μη στατιστικά σημαντική ($\tau = -0,245$, $p = 0,058$). Τους μεγαλύτερους μέσους δείκτες μεταξύ των τριών δεκαετιών τους παρατηρούμε τη δεκαετία 1980 έως 1989. Οι μεγαλύτεροι ετήσιοι δείκτες εμφανίζονται τις χρονιές 1980, 1981, 1985, 1993, 2001 και 2006.

Τέλος, ανεξάρτητα του σχήματος, ατυχήματα της κατηγορίας Fire & Explosion είχαν σαν αποτέλεσμα το θάνατο 331 ατόμων και τον τραυματισμό άλλων 179.

5.2.2.9.1.6 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "MACHINERY FAILURE"

Από την κατηγοριοποίηση των ατυχημάτων της βάσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, προέκυψε ότι τα ατυχήματα της κατηγορίας Machinery Failure ήταν 171, αριθμός που αποτελεί το 20,8% των συνολικών ατυχημάτων.

Στον πίνακα 39 που ακολουθεί, βλέπουμε τα ατυχήματα της συγκεκριμένης κατηγορίας ανάλογα με τον τύπο του πλοίου. Το μεγαλύτερο ποσοστό (32,1%) εμφανίζεται στα πλοία τύπου Handymax με 68 περιστατικά, ενώ στην τελευταία θέση με 9 συνολικά περιστατικά και ποσοστό 4,2%, βρίσκονται τα πλοία τύπου Spec. / Small.

ΠΙΝΑΚΑΣ 39 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία M - F

Κατηγορίες πλοίων	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Spec. / Small	9	4,2
Handymax	68	32,1
Panamax	23	10,8
Aframax	48	22,6
Suezmax	36	17,0
VLCC - ULCC	28	13,2
ΣΥΝΟΛΟ	212	100,0

Στη συνέχεια, στον πίνακα 40, μπορούμε να δούμε το πως είναι κατανεμημένα τα 212 ατυχήματα της κατηγορίας αυτής ανάλογα με τις τοποθεσίες στις οποίες συνέβησαν. Παρατηρούμε ότι 85 ατυχήματα έλαβαν χώρα σε λιμάνια, ποτάμια ή κανάλια (Harbor / River / Canal) και 53 σε ανοιχτή θάλασσα. Η μεγαλύτερη διαρροή παρατηρήθηκε σε περιορισμένα ύδατα, όπου διέρρευσε συνολικά ποσότητα 149.000,0 κυβικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 40 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία M - F

Τοποθεσία ατυχημάτων	Εμφανίσεις		Διαρροή (m ³)
	Αριθμός	Ποσοστό (%)	
Open water	53	25,0	143.851,1
Harbor / River / Canal	85	40,1	71.979,1
Restricted Waters	44	20,8	149.000,0
At (fixed) berth	15	7,1	238,0
At SBM	0	0,0	0,0
At repair yard	1	0,5	0,0
Lightering	1	0,5	0,0
Unknown	13	6,1	0,0
ΣΥΝΟΛΑ	212	100,0	365.068,0

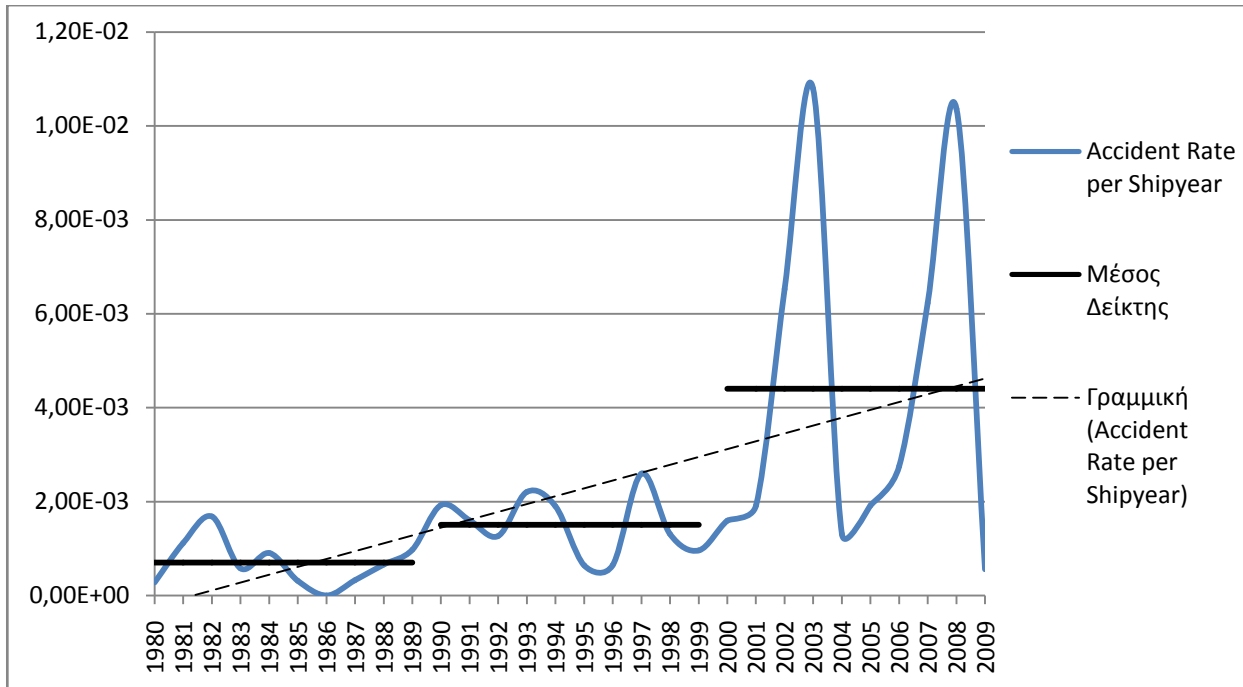
Στον πίνακα 41 πλέον, κατανέμονται τα ατυχήματα με βάση τον τύπο της γάστρας των πλοίων τα οποία συμμετείχαν σ' αυτά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 41 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία M - F

Τύπος γάστρας	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Pre - Marpol Single Hull	48	22,6
Marpol Single Hull	37	17,5
Double Hull	84	39,6
Double Bottom	16	7,5
Double Sides	3	1,4
Unknown	24	11,3
ΣΥΝΟΛΟ	212	100,0

Το μεγαλύτερο ποσοστό (39,6 %) εμφανίζεται στον τύπο γάστρας Double Hull, όπου καταμετρήθηκαν στην κατηγορία Machinery Failure συνολικά 84 περιπτώσεις ατυχημάτων πλοίων με τον συγκεκριμένο τύπο γάστρας.

Στο τελευταίο σχήμα για αυτή την παράγραφο, μπορούμε να δούμε τον δείκτη εμφάνισης των ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος. Επίσης μπορούμε να δούμε και την εξέλιξη των μέσων δεικτών ανά δεκαετία, από το 1980 έως το 2009.



Σχήμα 43 : Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία M - F

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 43, παρατηρείται μια τάση αύξησης των ατυχημάτων με την εξέλιξη των ετών. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα του Kendall's tau-b test, όπου καταδεικνύουν τάση αύξησης η οποία είναι στατιστικά σημαντική ($\tau = 0,449$, $p = 0,001$). Τους μεγαλύτερους μέσους δείκτες μεταξύ των τριών δεκαετιών τους παρατηρούμε τη δεκαετία 2000 έως 2009. Οι μεγαλύτεροι ετήσιοι δείκτες εμφανίζονται τις χρονιές 1993, 1997, 2002, 2003, 2007 και 2008.

Τέλος, ανεξάρτητα του σχήματος, ατυχήματα της κατηγορίας Machinery Failure είχαν σαν αποτέλεσμα το θάνατο 61 ατόμων και τον τραυματισμό άλλων 9.

5.2.2.9.1.7 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ "UNKNOWN REASONS"

Από την κατηγοριοποίηση των ατυχημάτων της βάσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, προέκυψε ότι τα ατυχήματα της κατηγορίας Unknown Reasons ήταν 107, αριθμός που αποτελεί το 13,0% των συνολικών ατυχημάτων.

Στον πίνακα 42 που ακολουθεί, βλέπουμε τα ατυχήματα της συγκεκριμένης κατηγορίας ανάλογα με τον τύπο του πλοίου. Το μεγαλύτερο ποσοστό (33,6%) εμφανίζεται στα πλοία τύπου Handymax με 36 περιστατικά, ενώ στην τελευταία θέση με 5 συνολικά περιστατικά και ποσοστό 4,7%, βρίσκονται τα πλοία τύπου Spec. / Small.

ΠΙΝΑΚΑΣ 42 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο πλοίου στην κατηγορία U - R

Κατηγορίες πλοίων	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Spec. / Small	5	4,7
Handymax	36	33,6
Panamax	12	11,2
Aframax	23	19,6
Suezmax	29	21,5
VLCC - ULCC	10	9,3
ΣΥΝΟΛΟ	107	100,0

Στη συνέχεια, στον πίνακα 43, μπορούμε να δούμε το πως είναι κατανεμημένα τα 107 ατυχήματα της κατηγορίας αυτής ανάλογα με τις τοποθεσίες στις οποίες συνέβησαν. Παρατηρούμε ότι 51 ατυχήματα έλαβαν χώρα σε προβλήτες [At (fixed) berth] και 19 σε λιμάνια, ποτάμια ή κανάλια. Η μεγαλύτερη διαρροή παρατηρήθηκε σε περιοχές με σημαντικές πρόσδεσης, όπου διέρρευσε συνολικά ποσότητα 18.026,2 κυβικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 43 : Κατανομή και διαρροή ατυχημάτων ανά τοποθεσία στην κατηγορία U - R

Τοποθεσία ατυχημάτων	Εμφανίσεις		Διαρροή (m ³)
	Αριθμός	Ποσοστό (%)	
Open water	11	10,3	3.379,9
Harbor / River / Canal	19	17,8	565,5
Restricted Waters	6	5,6	7.651,2
At (fixed) berth	51	47,7	7.073,6
At SBM	4	3,7	18.026,2
At repair yard	2	1,9	6,0
Lightering	1	0,9	26,3
Unknown	13	12,1	19.947,2
ΣΥΝΟΛΑ	107	100,0	56.676,2

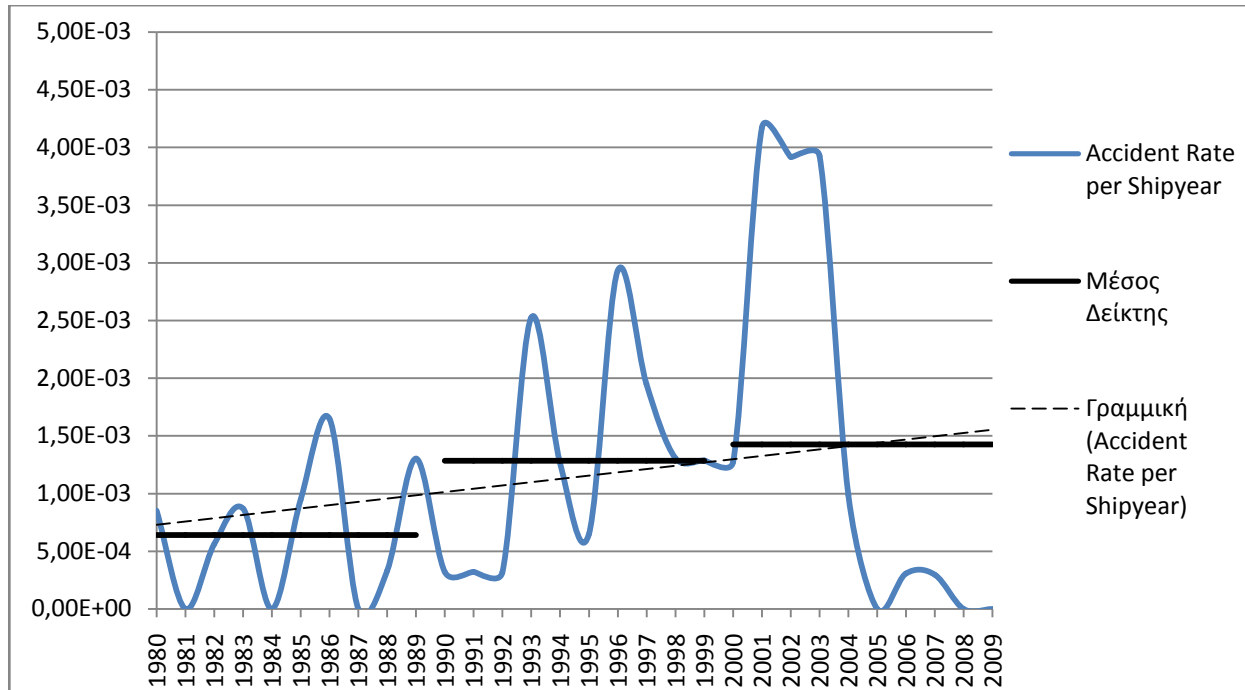
Στον πίνακα 44 πλέον, κατανέμονται τα ατυχήματα με βάση τον τύπο της γάστρας των πλοίων τα οποία συμμετείχαν σ' αυτά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 44 : Κατανομή ατυχημάτων ανά τύπο γάστρας στην κατηγορία U - R

Τύπος γάστρας	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Pre - Marpol Single Hull	46	43,0
Marpol Single Hull	16	15,0
Double Hull	24	22,4
Double Bottom	10	9,3
Double Sides	4	3,7
Unknown	7	6,5
ΣΥΝΟΛΟ	107	100,0

Το μεγαλύτερο ποσοστό (43,0 %) εμφανίζεται στον τύπο γάστρας Pre - Marpol Single Hull, όπου καταμετρήθηκαν στην κατηγορία Unknown Reasons συνολικά 46 περιπτώσεις ατυχημάτων πλοίων με τον συγκεκριμένο τύπο γάστρας.

Στο τελευταίο σχήμα για αυτή την παράγραφο, μπορούμε να δούμε τον δείκτη εμφάνισης των ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος. Επίσης μπορούμε να δούμε και την εξέλιξη των μέσων δεικτών ανά δεκαετία, από το 1980 έως το 2009.



Σχήμα 44 : Δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για την κατηγορία U - R

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 44, παρατηρείται μια τάση αύξησης των ατυχημάτων με την εξέλιξη των ετών. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα του Kendall's tau-b test όπου καταδεικνύουν τάση αύξησης, που όμως απέχει πολύ από το να χαρακτηριστεί στατιστικά σημαντική ($\tau = 0,056$, $p = 0,667$). Τους μεγαλύτερους μέσους δείκτες μεταξύ των τριών δεκαετιών τους παρατηρούμε τη δεκαετία 2000 έως 2009. Οι μεγαλύτεροι ετήσιοι δείκτες εμφανίζονται τις χρονιές 1993, 1996, 1997, 2001, 2002 και 2003.

Τέλος, ανεξάρτητα του σχήματος, ατυχήματα της κατηγορίας Unknwon Reasons είχαν σαν αποτέλεσμα το θάνατο 5 ατόμων και τον τραυματισμό άλλων 6.

5.2.2.9.1.8 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Από τη στατιστική ανάλυση που έγινε προηγουμένως με βάση τις διάφορες κατηγορίες ατυχημάτων, διαπιστώθηκε ότι τα περισσότερα ατυχήματα (212) είναι ατυχήματα μηχανικών αστοχιών (Machinery Failure), ενώ τα λιγότερα (23) είναι ατυχήματα επαφής (Contact).

Σε ό,τι έχει να κάνει με την ποσότητα πετρελαίου που διέρρευσε στη θάλασσα, η μεγαλύτερη διαρροή (1.441.085,5 κυβικά) προέκυψε από ατυχήματα τύπου Hull Structural Failure και η μικρότερη (16.187,0 κυβικά) από ατυχήματα τύπου Contact.

Επιπλέον στοιχεία για τους δείκτες μόλυνσης της κάθε κατηγορίας ατυχημάτων παρουσιάζονται στον πίνακα 45. Στον συγκεκριμένο πίνακα φαίνονται οι δείκτες διαρροής ανά πλοίο ανά έτος για την κάθε κατηγορία δεξαμενοπλοίων για τις περιόδους, πριν το 1990, μετά το 1990 και από το 1980 έως το 2009.

ΠΙΝΑΚΑΣ 45 : Δείκτες διαρροής ανά πλοίο ανά έτος (σε κυβικά) ανά κατηγορία δ/ξ

Κατηγορίες δ/ξ	1980 - 2009	Pre - 1990	Post - 1990
Hull Structural Failure Accidents			
Spec. / Small	0,28	0,78	0,00
Handymax	4,86	4,56	5,04
Panamax	14,28	0,00	22,54
Aframax	17,92	30,65	10,54
Suezmax	22,93	62,40	0,07
VLCC - ULCC	50,21	68,00	39,92
Collision Accidents			
Spec. / Small	0,13	0,34	0,00
Handymax	0,61	0,47	0,70
Panamax	2,03	1,16	2,53
Aframax	2,58	5,44	0,92
Suezmax	4,70	1,45	6,58
VLCC - ULCC	6,35	0,28	9,87
Contact Accidents			
Spec. / Small	0,00	0,00	0,00
Handymax	0,09	0,22	0,02
Panamax	0,15	0,00	0,24
Aframax	0,04	0,00	0,06
Suezmax	0,37	0,00	0,58
VLCC - ULCC	0,44	1,16	0,02
Grounding Accidents			
Spec. / Small	0,02	0,04	0,00
Handymax	1,20	2,15	0,65
Panamax	3,91	3,70	4,03
Aframax	10,62	2,91	15,09
Suezmax	17,77	21,24	15,76
VLCC - ULCC	4,43	10,55	0,90
Fire & Explosion Accidents			
Spec. / Small	0,03	0,00	0,05
Handymax	1,74	2,16	1,49
Panamax	0,00	0,00	0,00
Aframax	0,97	1,95	0,40
Suezmax	2,86	7,61	0,12
VLCC - ULCC	0,65	1,77	0,00
Machinery Failure Accidents			
Spec. / Small	0,02	0,05	0,00
Handymax	1,72	4,70	0,00
Panamax	7,41	20,16	0,03
Aframax	11,09	7,61	13,11
Suezmax	4,51	4,91	4,28
VLCC - ULCC	2,91	6,73	0,70
Unknown Reasons Accidents			
Spec. / Small	0,56	1,43	0,06
Handymax	0,11	0,24	0,04
Panamax	1,36	3,69	0,01
Aframax	1,35	0,04	2,10
Suezmax	2,04	5,00	0,32
VLCC - ULCC	0,11	0,22	0,05

Τέλος, από τα διαγράμματα για τους δείκτες ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για τις διάφορες κατηγορίες ατυχημάτων, παρατηρήθηκε ότι σε όλες τις κατηγορίες εκτός της Fire & Explosion υπήρξε αύξηση του ετήσιου μέσου αριθμού ατυχημάτων με την πάροδο των ετών. Το γεγονός αυτό ήταν κατά κάποιο τρόπο αναμενόμενο, καθώς σε προηγούμενη παράγραφο είχαμε διαπιστώσει ότι παρά την μείωση της μέσης ετήσιας ποσότητας διαρροής πετρελαίου με την εξέλιξη των ετών, ο ετήσιος μέσος αριθμός ατυχημάτων που συνέβαιναν αυξανόταν.

5.2.2.9.2 ΤΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΤΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Στη βάση δεδομένων CTX, ένα ατύχημα περιγράφεται από ένα σύνολο, το πολύ μέχρι εφτά, διακριτών γεγονότων τα οποία συνέβησαν με μια συγκεκριμένη χρονολογική σειρά. Όλα αυτά τα γεγονότα τα οποία συνοδεύουν τα ατυχήματα, τοποθετήθηκαν σε δεκαεφτά (17) κατηγορίες ανάλογα με το είδος τους.

Η κατηγοριοποίηση που γίνεται με τον συγκεκριμένο τρόπο, είναι σημαντική για την ανακάλυψη των αιτιών των ατυχημάτων. Οι κατηγορίες λοιπόν αυτές (οι οποίες φαίνονται και στο Παράρτημα Α) είναι οι εξής :

1. Hull Structural Failure
2. Rules Of The Road Screw Up
3. Machinery Failure
4. Guidance / Conning Errors
5. Navigation Errors
6. Bad Inerting / Hotwork
7. Bad Charts, Channel, Buoys
8. Cargo Transfer Problems
9. Unknown Events
10. Collision
11. Contact
12. Grounding
13. Fire & Explosion
14. Sank / Total Loss
15. Provision of Safe Refuge
16. Bad Weather
17. Other Events

Το πρώτο γεγονός από αυτά που περιγράφουν το ατύχημα, είναι ιδιαίτερα σημαντικό και πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη. Στον πίνακα 46 που βρίσκεται στην επόμενη σελίδα, παρουσιάζονται όλα τα είδη των πρώτων γεγονότων ως συνάρτηση των τύπων των δεξαμενοπλοίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 46 : Πρώτα γεγονότα σε σχέση με το μέγεθος των δεξαμενοπλοίων

	Spec. / Small	Handymax	Panamax	Aframax	Suezmax	VLCC - ULCC
Hull Structural Failure	1	28	14	28	26	32
Rules Of The Road Screw Ups	2	10	3	9	5	9
Machinery Failure	9	68	24	51	38	30
Guidance / Conning Errors	0	23	4	18	9	10
Navigation Errors	1	6	1	1	1	1
Bad Inerting / Hotwork	3	15	0	5	1	4
Bad Charts , Channel , Buoy	0	1	1	3	0	0
Cargo Transfer Problems	2	14	2	19	6	7
Unknown Events	15	100	34	54	34	20
Provision of Safe Refuge	0	2	1	1	0	0
Bad Weather	0	5	2	5	4	0
ΣΥΝΟΛΟ	33	272	86	194	124	113

Παρατηρώντας τον πίνακα , διαπιστώνουμε ότι την μεγαλύτερη συχνότητα (100 εμφανίσεις) σαν πρώτο γεγονός σε συνδυασμό με τύπο πλοίου , έχει η κατηγορία *Unknown Events* για πλοία *Handymax* . Συνολικά , στα 257 από τα 822 ατυχήματα που μελετάμε , το πρώτο συμβάν είναι άγνωστο. Βλέπουμε επομένως και στην πράξη , το πόσο δύσκολο (και συνάμα χρήσιμο) είναι το να καταλήξουμε στο ποιό ήταν το πρώτο από μια σειρά γεγονότων που οδήγησε εν τέλει στο ατύχημα .

Από τα υπόλοιπα γεγονότα τα οποία είναι γνωστά και αναφέρονται στη βάση , την πρώτη θέση κατέχει η κατηγορία *Machinery Failure* που αριθμεί 220 εμφανίσεις. Στη συγκεκριμένη κατηγορία , τοποθετείται ένα γεγονός όταν έχει να κάνει με κάθε λογής βλάβες στον μηχανολογικό εξοπλισμό του πλοίου. Στην τρίτη θέση συνολικά , βρίσκεται η κατηγορία *Hull Structural Failure* με 129 περιστατικά . Στην τελευταία θέση με 4 περιστατικά , είναι η κατηγορία *Provision of Safe Refuge* .

Η μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης για συνδυασμό πρώτου γεγονότος με τύπο πλοίου , για τα γνωστά γεγονότα , είναι η κατηγορία *Machinery Failure* για πλοία τύπου *Handymax* . Ο συνδυασμός αυτός , όπως βλέπουμε στον πίνακα 46 , εμφανίζεται συνολικά 68 φορές.

Με τη λογική ότι το πρώτο γεγονός είναι σημαντικό λόγω της συσχέτισής του με την αιτία του ατυχήματος , το τελευταίο με τη σειρά του είναι βασικά αυτό που περιγράφει το αποτέλεσμα του ατυχήματος.

Για τους λόγους αυτούς , στη συνέχεια της εργασίας γίνεται μια ανάλυση των πρώτων και των τελευταίων γεγονότων.

Ο πίνακας 47 παρουσιάζει την κατανομή των πρώτων και των τελευταίων γεγονότων ανάλογα με τον τύπο του ατυχήματος. Όπως είδαμε και στον πίνακα 46, πολύ σύνθητες σαν πρώτο γεγονός είναι η μηχανική βλάβη (Machinery Failure) με ποσοστό 26,8 % καθώς επίσης και τα κατασκευαστικά - προβλήματα γάστρας (Hull Structural Failure) με ποσοστό 15,7 %. Πρέπει να τονίσουμε, ότι μεγάλο ποσοστό πρώτων γεγονότων (31,3 %) αναγράφονται σαν άγνωστα στη βάση.

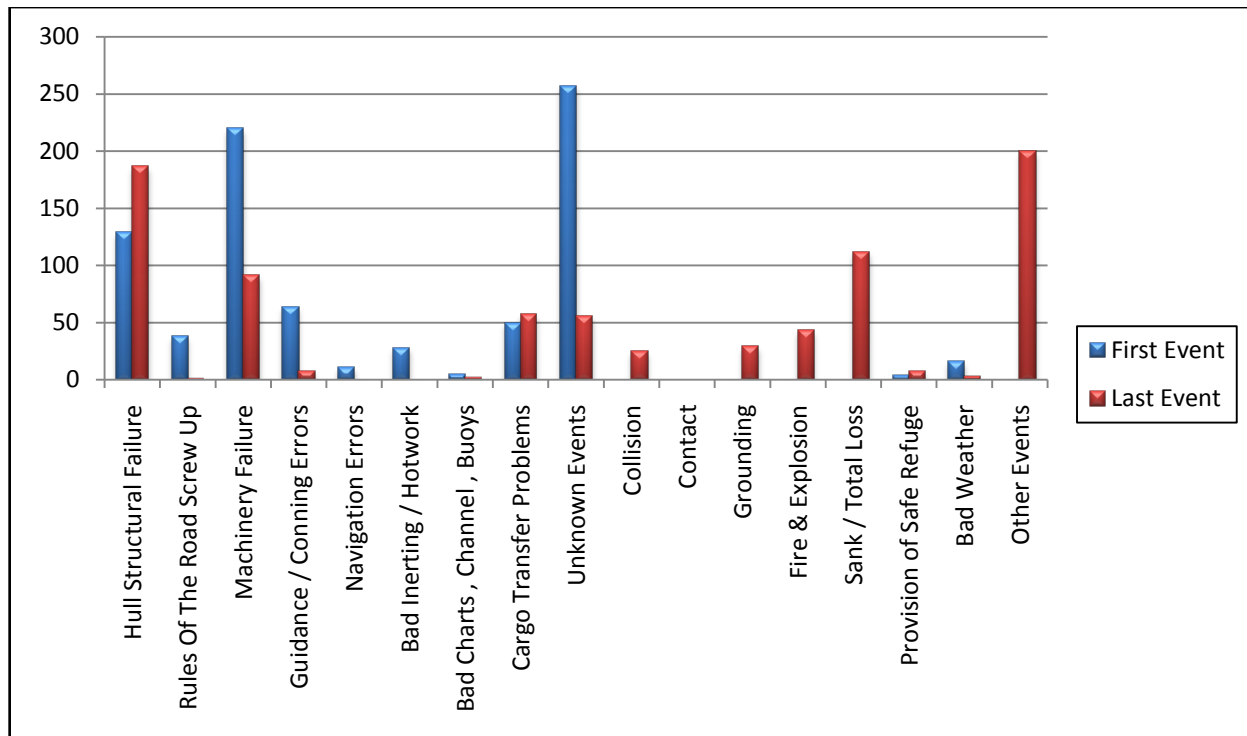
Σε ότι έχει να κάνει με τα τελευταία γεγονότα, μεγάλα ποσοστά έχουν πάλι τα προβλήματα στη γάστρα του πλοίου (22,9 %) και οι μηχανικές βλάβες (11,1 %), ενώ σημαντικό μερίδιο κατέχει και η βύθιση ή ολική απώλεια του πλοίου (Sank / Total Loss) με ποσοστό 13,3 %. Το μεγαλύτερο ποσοστό (24,7 %) βέβαια των τελευταίων γεγονότων, έχει να κάνει με διάφορα άλλα συμβάντα που δεν εμπίπτουν σε κάποια από τις υπόλοιπες κατηγορίες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 47: Πρώτα και τελευταία γεγονότα ανάλογα με τον τύπο ατυχήματος

Τύπος Γεγονότων	Πρώτο Γεγονός		Τελευταίο Γεγονός	
	Αριθμός	Ποσοστό (%)	Αριθμός	Ποσοστό (%)
Hull Structural Failure	129	15,7	188	22,9
Rules Of The Road Screw Up	38	4,6	1	0,1
Machinery Failure	220	26,8	91	11,1
Guidance / Conning Errors	64	7,8	8	1,0
Navigation Errors	11	1,3	0	0,0
Bad Inerting / Hotwork	28	3,4	0	0,0
Bad Charts, Channel, Buoys	5	0,6	1	0,1
Cargo Transfer Problems	50	6,1	57	6,9
Unknown Events	257	31,3	56	6,8
Collision	0	0,0	25	3,0
Contact	0	0,0	0	0,0
Grounding	0	0,0	29	3,5
Fire & Explosion	0	0,0	43	5,2
Sank / Total Loss	0	0,0	112	13,5
Provision of Safe Refuge	4	0,5	8	1,0
Bad Weather	16	1,9	3	0,4
Other Events	0	0,0	200	24,5
ΣΥΝΟΛΑ	822	100,0	822	100,0

Μια επιπλέον παρατήρηση όσον αφορά τον άνω πίνακα, είναι ότι οι κατηγορίες *Collision*, *Contact*, *Grounding*, *Fire & Explosions*, *Sank / Total Loss* και *Other Events* δεν εμφανίζονται σαν πρώτα γεγονότα. Από την άλλη, οι κατηγορίες *Navigation Errors*, *Bad Inerting / Hotwork* και *Contact* δεν παρουσιάζονται σαν τελευταία γεγονότα (*last event*). Οι λόγοι για τους οποίους λαμβάνει χώρα το γεγονός αυτό περιγράφονται στην πορεία της παραγράφου.

Για λόγους άμεσης σύγκρισης, τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται και γραφικά στο σχήμα 45 που ακολουθεί. Με μπλε χρώμα είναι τα πρώτα γεγονότα, ενώ με κόκκινο τα τελευταία. Στον κάθετο άξονα είναι ο αριθμός των γεγονότων.



Σχήμα 45: Κατανομή πρώτων και τελευταίων ατυχημάτων ανά τύπο ατυχήματος

Όπως αναφέραμε και προγενέστερα, στο πρώτο γεγονός (*first event*) δεν υπάρχουν τα γεγονότα 'Collision', 'Grounding', 'Contact', 'Fire & Explosion', 'Sank / Total Loss'. Αυτό συμβαίνει διότι τα γεγονότα αυτά δεν μπορούν να συμβούν πρώτα, δηλαδή δεν μπορεί να είναι οι αιτίες ενός ατυχήματος. Σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχουν σαν αποτελέσματα κάποιων άλλων γεγονότων, στα οποία πρέπει να επικεντρωθούμε και τα οποία είναι οι βασικές αιτίες μιας σύγκρουσης, μιας προσάραξης, μιας έκρηξης ή μιας βύθισης ενός πλοίου.

Εν συνεχεία, στον πίνακα 48 παρουσιάζονται ο μέσος όρος και οι μέγιστες τιμές διαρροής για καθένα τύπο πρώτου και τελευταίου γεγονότος. Όπως βλέπουμε, κάποιοι τύποι γεγονότων (πέρα απ αυτούς που εμφανίζονται και στις 2 κατηγορίες) εμφανίζονται μόνο σαν πρώτο γεγονός, άλλοι μόνο σαν τελευταίο, ενώ η κατηγορία *contact* δεν εμφανίζεται σε κάποια από τις δύο κατηγορίες. Η κατηγορία αυτή εμφανίζεται μόνο στα ενδιάμεσα γεγονότα.

Όπως παρατηρούμε, οι μεγαλύτερες τιμές για τον μέσο όρο διαρροής ανά γεγονός εμφανίζονται για τα γεγονότα 'Hull Structural Failure' (9.998,0 κυβικά) και 'Rules of The Road Screw Up' (9.805,3 κυβικά). Ακολουθούν τα 'Provision of Safe Refuge' (8.250,0 κυβικά) και 'Bad Inerting / Hotwork' (5.473,5 κυβικά). Τελευταία σε μέση διαρροή, έρχεται η κατηγορία 'Cargo Transfer Problems' με 544,5 κυβικά.

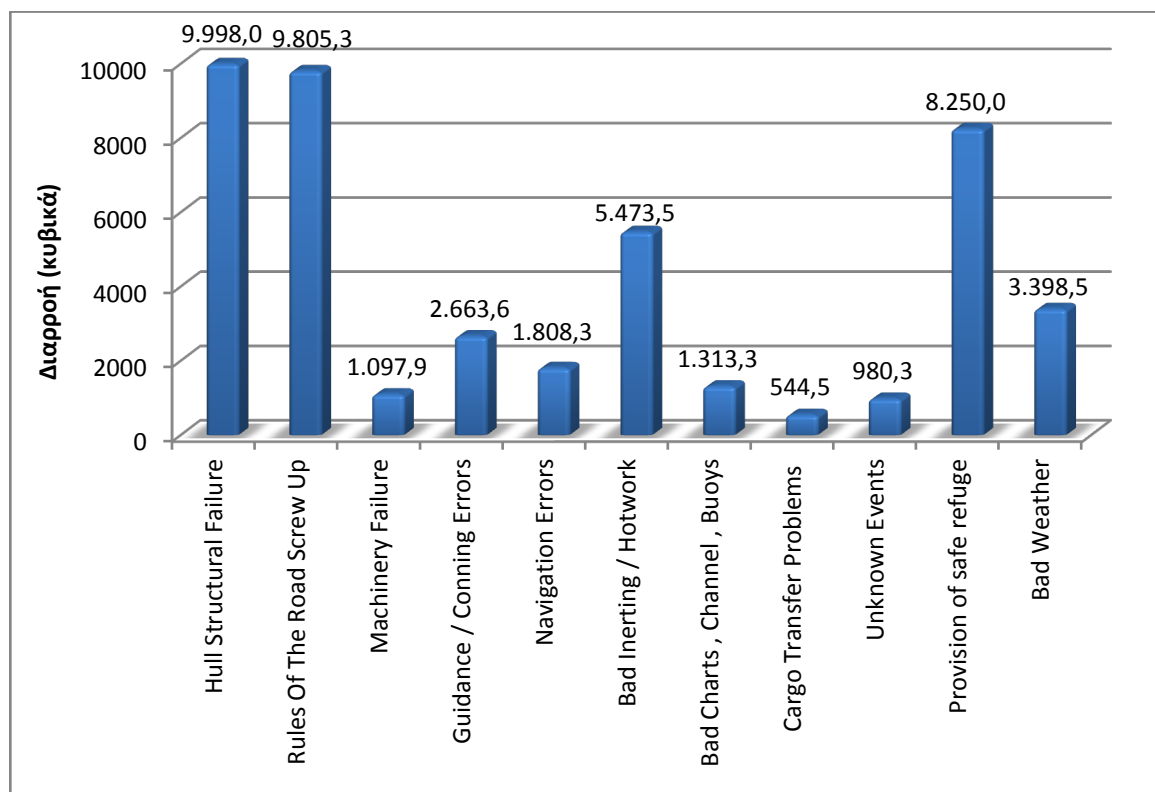
Σε ό,τι έχει να κάνει με τη μέγιστη διαρροή που παρατηρήθηκε, αυτή είναι 305,000,0 κυβικά και εμφανίστηκε όταν σαν πρώτο γεγονός είχαμε 'Hull Structural Failure' και σαν τελευταίο 'Sank / Total Loss'. Δηλαδή, στο συγκεκριμένο ατύχημα το πλοίο βυθίστηκε.

ΠΙΝΑΚΑΣ 48 : Διαρροή πετρελαίου ανά κατηγορία γεγονότων (m³)

Τύπος Γεγονότων	Πρώτο Γεγονός		Τελευταίο Γεγονός	
	Μ.Ο.	ΜΕΓΙΣΤΗ	Μ.Ο.	ΜΕΓΙΣΤΗ
Hull Structural Failure	9.998,0	305.000,0	1.369,1	35.200,0
Rules Of The Road Screw Up	9.805,3	99.600,0	0,0	0,0
Machinery Failure	1.097,9	60.200,0	0,0	0,0
Guidance / Conning Errors	2.663,6	84.400,0	113,0	900,0
Navigation Errors	1.808,3	8.230,0	-	-
Bad Inerting / Hotwork	5.473,5	120.000,0	-	-
Bad Charts , Channel , Buoys	1.313,3	4.700,0	435,0	870,0
Cargo Transfer Problems	544,5	17.600,0	420,5	17.600,0
Unknown Events	980,3	20.000,0	606,0	7.050,0
Collision	-	-	6,5	160,0
Contact	-	-	-	-
Grounding	-	-	72,8	2.100,0
Fire & Explosion	-	-	1.799,8	31.300,0
Sank / Total Loss	-	-	15.193,7	305.000,0
Provision of Safe Refuge	8.250,0	33.000,0	194,5	1.557,0
Bad Weather	3.398,5	52.700,0	0,3	0,5
Other Events	-	-	2.734,6	84.400,0
ΣΥΝΟΛΑ	3.191,5	305.000,0	3.191,5	305.000,0

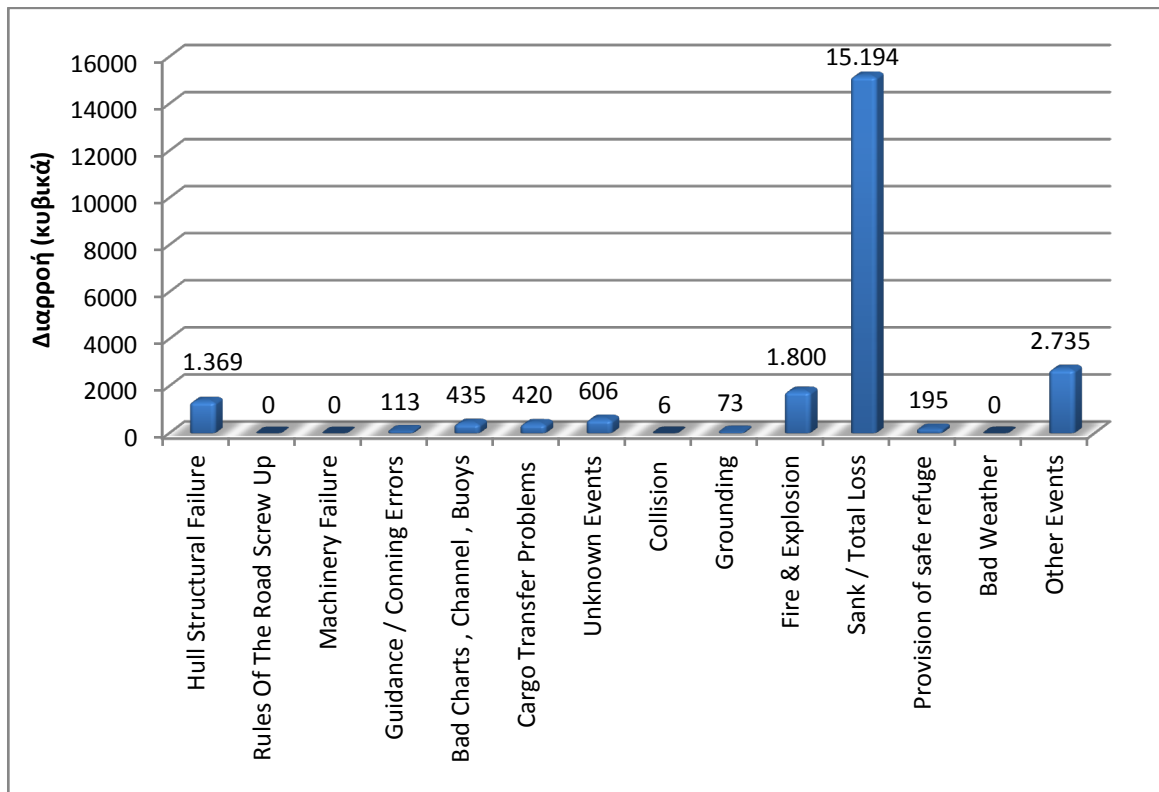
Οι μέσες τιμές διαρροής που εμφανίζονται συνολικά σε όλους τους τύπου γεγονότων είναι 3.191,5 κυβικά.

Στο σχήμα 46 φαίνονται σχηματικά οι τιμές των μέσων όρων διαρροής για κάθε κατηγορία εμφανιζόμενου πρώτου γεγονότος.



Σχήμα 46 : Μέση διαρροή (κυβικά) ανά κατηγορία πρώτων γεγονότων

Στο σχήμα 47, φαίνονται σχηματικά οι τιμές των μέσων όρων διαρροής για κάθε κατηγορία εμφανιζόμενου τελευταίου γεγονότος. Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη τιμή εμφανίζεται όταν υπάρχει σαν τελευταίο γεγονός η κατηγορία 'Sank / Total Loss', με μέση διαρροή της τάξης των 15.193,6 κυβικών. Οι τιμές όλων των υπόλοιπων κατηγοριών κυμαίνονται σε πολύ χαμηλότερα (< 3.000 κυβικών) επίπεδα.

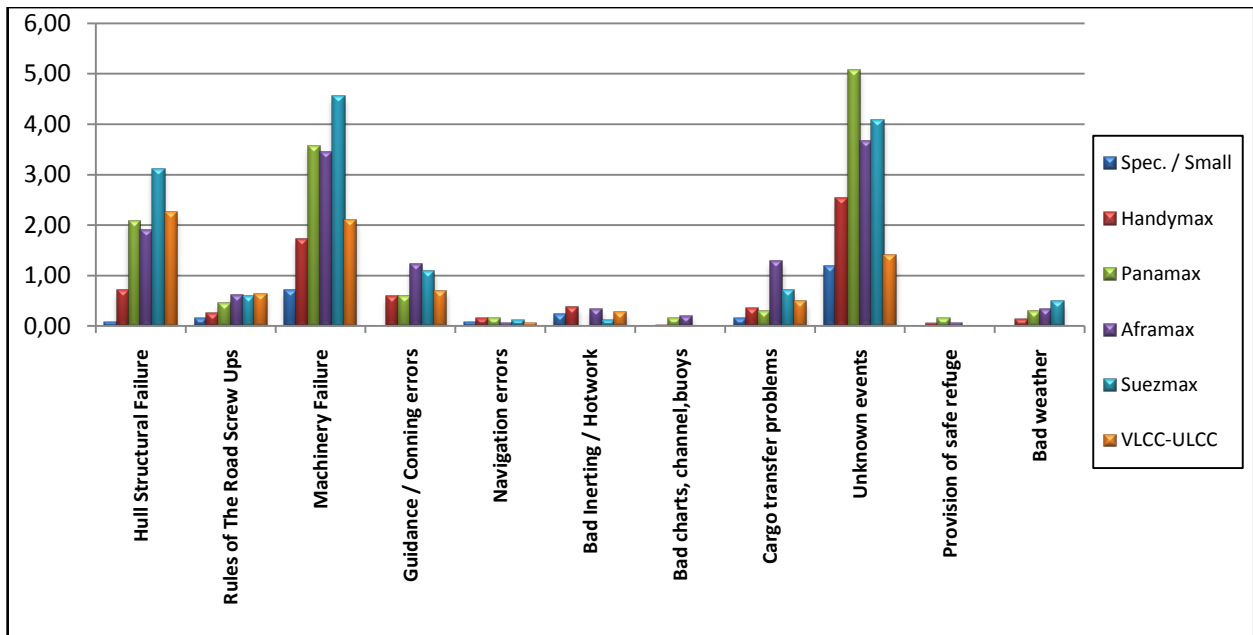


Σχήμα 47 : Μέση διαρροή (κυβικά) ανά κατηγορία τελευταίων γεγονότων

Η κατηγορία τελευταίου γεγονότος 'Sank / Total Loss', όπως βλέπουμε και στο από πάνω σχήμα, έχει τεράστια διαφορά σαν ποσότητα διαρροής από τα υπόλοιπα γεγονότα. Αυτό είναι απόλυτα λογικό, καθώς η περίπτωση της βύθισης ενός δεξαμενοπλοίου τις περισσότερες φορές συνοδεύεται και από απώλεια μεγάλης ποσότητας φορτίου. Για να οδηγηθούμε σε ολική απώλεια του πλοίου, σημαίνει ως επί το πλείστον ότι το ατύχημα ήταν σοβαρό. Τα πλοία βυθίζονται συνήθως λίγες ώρες μετά το ατύχημα, οπότε είναι δύσκολο να προλάβει να αντληθεί από τις δεξαμενές τους μεγάλη ποσότητα πετρελαίου, η οποία και εν τέλει διαρρέει στη θάλασσα.

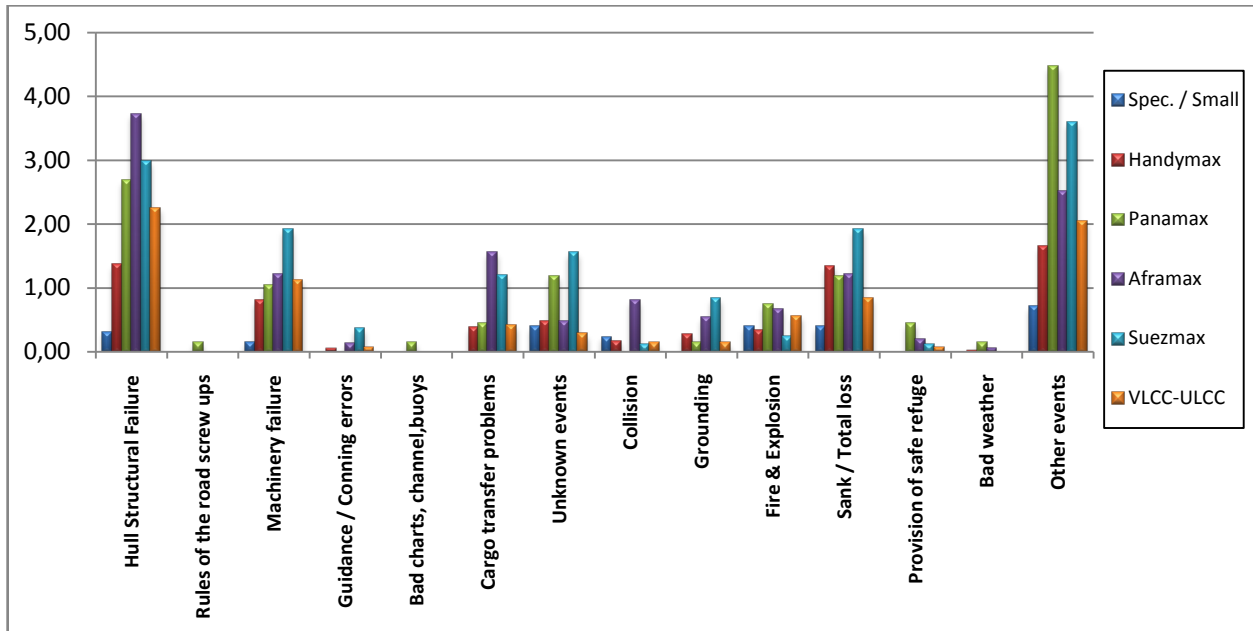
Στα επόμενα δύο σχήματα παρουσιάζονται οι συχνότητες των πρώτων και των τελευταίων γεγονότων ανά 1000 (χίλια) πλοία, ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και του ατυχήματος.

Στο σχήμα 48 βλέπουμε τα ποσοστά των πρώτων γεγονότων ανά 1000 πλοία. Το πιο συχνά εμφανιζόμενο πρώτο γεγονός είναι το 'Machinery Failure' για πλοία τύπου Suezmax, με συχνότητα 4,55 / 1000 πλοία.



Σχήμα 48: Ποσοστά πρώτων γεγονότων ανά 1000 πλοία με βάση τον τύπο του πλοίου και του ατυχήματος

Αντίστοιχα, στο σχήμα 49, βλέπουμε ότι σαν συχνότερο τελευταίο γεγονός είναι το ‘Hull Structural Failure’ για πλοία Aframax, με συχνότητα 3,73 / 1000 πλοία.



Σχήμα 49: Ποσοστά τελευταίων γεγονότων ανά 1000 πλοία με βάση τον τύπο του πλοίου και του ατυχήματος

Η κατηγορία ‘Other Events’ που εμφανίζει μεγάλες συχνότητες σαν τελευταίο γεγονός, αφορά περιστατικά όπου το πλοίο ρυμουλκήθηκε, επισκευάστηκε και επανέπλευσε ή οδηγήθηκε για ανταλλακτικά (scrapped). Όλες αυτές οι περιπτώσεις τοποθετήθηκαν στην κατηγορία ‘Other Events’.

ΠΙΝΑΚΑΣ 49 : Τύπος του τελευταίου γεγονότος δεδομένου του τύπου του πρώτου γεγονότος

Πρώτο Γεγονός		Τελευταίο Γεγονός														
		Hull Structural Failure	Rules Of The Road Screw Up	Machinery Failure	Guidance / Conning Errors	Bad Charts , Channel , Buoys	Cargo Transfer Problems	Unknown Events	Collision	Grounding	Fire & Explosion	Sank / Total Loss	Provision of safe refuge	Bad Weather	Other Events	Total
Hull Structural Failure	Number	19	0	2	0	0	1	0	0	0	2	36	6	0	21	87
	Percent (%)	21.8%	.0%	2.3%	.0%	.0%	1.1%	.0%	.0%	.0%	2.3%	41.4%	6.9%	.0%	24.1%	100.0%
Rules Of The Road Screw Ups	Number	14	1	0	1	0	0	0	2	2	3	8	0	0	7	38
	Percent (%)	36.8%	2.6%	.0%	2.6%	.0%	.0%	.0%	5.3%	5.3%	7.9%	21.1%	.0%	.0%	18.4%	100.0%
Machinery Failure	Number	13	0	75	0	0	1	0	10	12	3	8	0	1	85	208
	Percent (%)	6.3%	.0%	36.1%	.0%	.0%	.5%	.0%	4.8%	5.8%	1.4%	3.8%	.0%	.5%	40.9%	100.0%
Guidance / Conning Errors	Number	38	0	0	4	0	0	0	3	2	2	5	0	0	7	61
	Percent (%)	62.3%	.0%	.0%	6.6%	.0%	.0%	.0%	4.9%	3.3%	3.3%	8.2%	.0%	.0%	11.5%	100.0%
Navigation Errors	Number	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	7	11
	Percent (%)	18.2%	.0%	.0%	.0%	9.1%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	9.1%	.0%	.0%	63.6%	100.0%
Bad Inerting / Hotwork	Number	4	0	1	0	0	0	0	0	1	5	13	0	0	4	28
	Percent (%)	14.3%	.0%	3.6%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	3.6%	17.9%	46.4%	.0%	.0%	14.3%	100.0%
Bad Charts , Channel , Buoys	Number	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	Percent (%)	100.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	100.0%
Cargo Transfer Problems	Number	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	4
	Percent (%)	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	75.0%	25.0%	.0%	.0%	.0%	100.0%
Unknown Events	Number	50	0	1	0	0	2	0	10	12	24	37	1	0	64	201
	Percent (%)	24.9%	.0%	.5%	.0%	.0%	1.0%	.0%	5.0%	6.0%	11.9%	18.4%	.5%	.0%	31.8%	100.0%
Provision of safe refuge	Number	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	4
	Percent (%)	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	50.0%	25.0%	.0%	25.0%	100.0%
Bad Weather	Number	1	0	0	0	0	7	0	0	0	1	1	0	1	4	15
	Percent (%)	6.7%	.0%	.0%	.0%	.0%	46.7%	.0%	.0%	.0%	6.7%	6.7%	.0%	6.7%	26.7%	100.0%
Total	Number	146	1	79	5	1	11	0	25	29	43	112	8	2	200	662
	Percent (%)	22.1%	.2%	11.9%	.8%	.2%	1.7%	.0%	3.8%	4.4%	6.5%	16.9%	1.2%	.3%	30.2%	100.0%

Στον πίνακα 49 της προηγούμενης σελίδας, διασταυρώνονται όλα τα πρώτα και τα τελευταία γεγονότα. Παρατηρώντας προσεκτικά, διαπιστώνουμε ότι εμφανίζονται συνολικά 662 και όχι 822 περιστατικά. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό, είναι επειδή ορισμένα ατυχήματα (160) περιγράφονται στη βάση με μόνο ένα γεγονός, τη στιγμή που σε άλλα υπάρχουν μέχρι έξι. Έτσι, δεν έχει νόημα να βάλουμε στον πιο πάνω πίνακα το ίδιο γεγονός σαν πρώτο και σαν τελευταίο. Κάτι τέτοιο θα αλλοίωνε το νόημα της συσχέτισης μεταξύ των γεγονότων.

Επομένως, από τον πίνακα βλέπουμε ότι ο συνδυασμός πρώτου και τελευταίου γεγονότος με τη μεγαλύτερη συχνότητα είναι αυτός του 'Machinery Failure' (πρώτο) με το 'Other Events' (τελευταίο). Ο συνδυασμός αυτός αριθμεί 85 εμφανίσεις. Δεύτερος σε συχνότητα είναι ο συνδυασμός 'Machinery Failure' με 'Machinery Failure', έχοντας εμφανιστεί 75 συνολικά φορές. Το πιο σύνηθες φαινόμενο στον προηγούμενο συνδυασμό, είναι να προκύψει κάποιο πρόβλημα σε μηχανολογικό εξοπλισμό του πλοίου και να καταλήξει σε ολική ή μερική απώλεια ισχύος. Τέλος, μεγάλο ποσοστό κατέχουν και τα ατυχήματα που το πρώτο γεγονός αναγράφεται ως άγνωστο στη βάση CTX. Λόγω του συγκεκριμένου γεγονότος, τα αποτελέσματα αυτής της περίπτωσης δε χρίζουν ιδιαίτερου σχολιασμού.

5.2.2.10 ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ

Στην παρούσα παράγραφο, θα συνεχίσουμε τη στατιστική ανάλυση αυτού του κεφαλαίου και θ' ασχοληθούμε αυτή τη φορά με διάφορες πιθανότητες που αφορούν τα ατυχήματα που περιλαμβάνονται στη μελέτη.

Θα εξεταστεί το αν η πιθανότητα του να γίνει κάποιο ατύχημα εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου. Αν ισχύει η προηγούμενη υπόθεση, θα διαπιστωθεί αν κάποιοι τύποι πλοίων είναι περισσότερο επιρρεπείς σε συγκεκριμένα ατυχήματα έναντι των άλλων.

Υπολογίζονται επίσης οι συχνότητες-πιθανότητες του να γίνει ένα συγκεκριμένο γεγονός δεδομένου ότι προηγουμένως έχει συμβεί κάποιο άλλο. Παραδείγματος χάριν, να συμβεί σύγκρουση πλοίου με δεδομένο ότι έχει προηγηθεί μηχανολογικό πρόβλημα στο πλοίο ή να συμβεί προσάραξη ενώ πριν έχει αναφερθεί πρόβλημα πλοήγησης του δεξαμενοπλοίου.

Επιπλέον, γίνεται ειδική μελέτη όσον αφορά τις διαρροές από τα ατυχήματα. Με τη χρήση της μεθόδου Poisson υπολογίζονται οι πιθανότητες του να πραγματοποιηθούν συγκεκριμένοι αριθμοί, ανά έτος, ατυχημάτων με διαρροή.

Τέλος, πέραν της μεθόδου Poisson που αναλύεται στη συνέχεια, στην παράγραφο αυτή χρησιμοποιήθηκαν στατιστικές μέθοδοι που παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο κεφάλαιο 4 που προηγήθηκε.

5.2.2.10.1 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΥΠΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

Για να ερευνήσουμε το αν η πιθανότητα του να συμβεί κάποιο ατύχημα επηρεάζεται από τον τύπο του πλοίου, χρειάζεται να έχουμε στη διάθεσή μας δεδομένα για τη σύνθεση του παγκόσμιου στόλου τη χρονική περίοδο που μας ενδιαφέρει. Τα δεδομένα αυτά για τα έτη που μελετάμε, τα αντλούμε από τον πίνακα 20, που έχει παρουσιαστεί σε προηγούμενη παράγραφο.

Η κατανομή του παγκόσμιου στόλου για τα έτη 1980-2009 μεταξύ των κατηγοριών πλοίων της ανάλυσής μας, φαίνεται στη στήλη τρία (3) του πίνακα 50. Στον ίδιο πίνακα, στη στήλη τέσσερα (4) έχουμε τον αριθμό των ατυχημάτων που παρατηρήθηκαν σε κάθε κατηγορία, ενώ στη στήλη πέντε (5) την ποσοστιαία κατανομή τους. Τα ποσοστά στις στήλες τρία (3) και πέντε (5) παρουσιάζουν κάποιες διαφορές, επομένως θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε κάποιο στατιστικό κριτήριο για να ελέγξουμε αν υπάρχει μια στατιστικά σημαντική εξάρτηση μεταξύ του τύπου του πλοίου και του αν έγινε ή δεν έγινε ατύχημα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 50: Κατανομή των ατυχημάτων με βάση τον τύπο του πλοίου

1980-2009					
Ship Type (1)	World Fleet		Accidents		Frequency (4) / (2) * 1000
	Number (2)	Percent % (3)	Number (4)	Percent % (5)	
Spec. / Small	12662	13,2	33	4,0	2,6
Handymax	39432	41,0	272	33,1	6,9
Panamax	6718	7,0	86	10,4	12,8
Aframax	14760	15,3	194	23,7	13,1
Suezmax	8347	8,7	124	15,1	14,9
VLCC - ULCC	14206	14,8	113	13,7	8,0
ΣΥΝΟΛΟ	96125	100,0	822	100,0	N / A
x² - value					156,3

Το κριτήριο που εν τέλει επιλέχθηκε για να εξακριβώσουμε αυτό που αναφέρθηκε ανωτέρω, είναι το *chi-square test* (χ^2). Ο λόγος που επιλέχθηκε το συγκεκριμένο κριτήριο είναι οι 'goodness-of-fit' ιδιότητές του.

Όπως περιγράφηκε και στο κεφάλαιο 4, για να λειτουργήσει αυτό το τεστ χρειάζεται μια αρχική-μηδενική υπόθεση (*null hypothesis*). Η υπόθεση αυτή (H_0), δηλαδή ότι οι δύο μεταβλητές του προβλήματος είναι ανεξάρτητες, στην περίπτωση μας είναι η εξής:

→ H_0 : Η πιθανότητα να έχουμε κάποιο ατύχημα δεν εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου.

Από την άλλη, η εναλλακτική υπόθεση (οι δύο μεταβλητές είναι εξαρτημένες) είναι η εξής:

→ H_1 : Η πιθανότητα να έχουμε κάποιο ατύχημα εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου.

Σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφεται αναλυτικά στο κεφάλαιο με τις στατιστικές μεθόδους, υπολογίζεται η τιμή χ^2 -value. Όπως φαίνεται στον πίνακα του παραρτήματος Β, για επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ και για $\nu = 5$ βαθμούς ελευθερίας, η κρίσιμη τιμή της χ^2 -value είναι:

$$\rightarrow \nu = (c - 1) \cdot (r - 1) = (6 - 1) \cdot (2 - 1) = 5 \Rightarrow \chi_{0,05,5}^2 = 11,07,$$

όπου:

- c : οι κατηγορίες της πρώτης μεταβλητής (τύπος πλοίου)
- r : οι κατηγορίες της δεύτερης μεταβλητής (ύπαρξη ατυχήματος)

Επομένως, σε περίπτωση που το χ^2 -value που υπολογίζουμε είναι κάτω από 11,07, η μηδενική υπόθεση γίνεται δεκτή ως στατιστικά σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Στην αντίθετη περίπτωση (το χ^2 -value είναι πάνω από 11,07), η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται και έτσι έχουμε μια στατιστικά σημαντική εξάρτηση μεταξύ των δυο μεταβλητών.

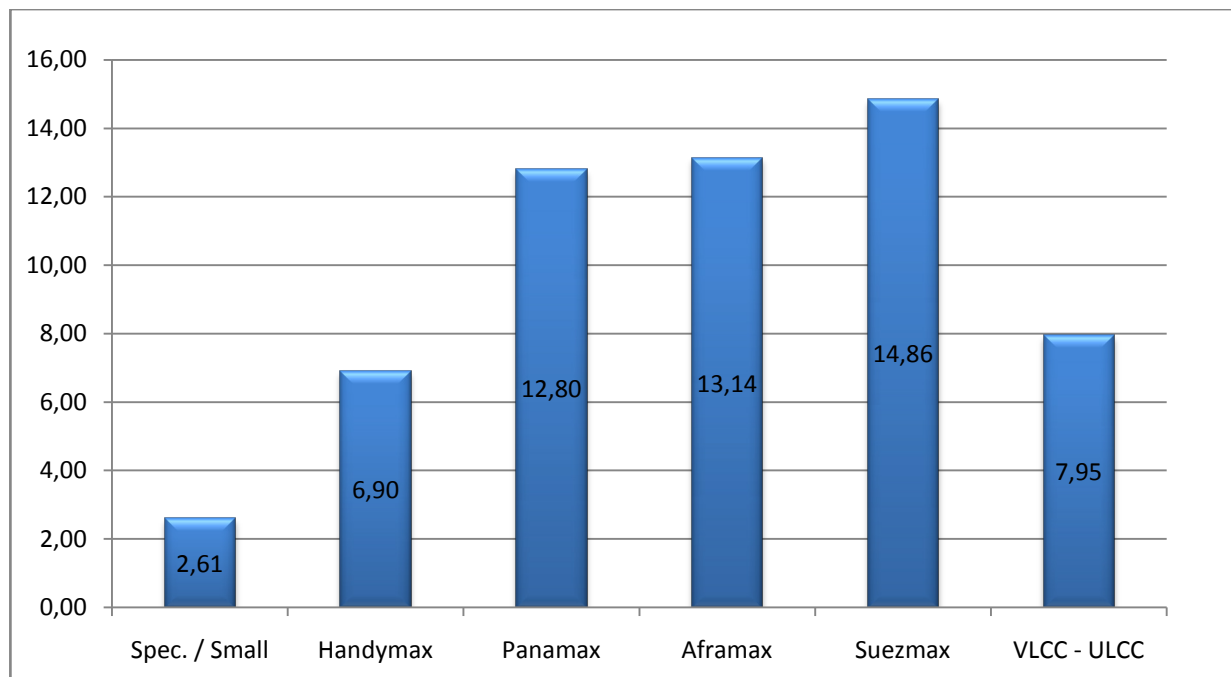
Στην τελευταία γραμμή του πίνακα 50 μπορούμε να δούμε την τιμή για το χ^2 , η οποία υπολογίσθηκε:

$$\chi_{0,05,5}^2 = 156,3$$

Αυτό σημαίνει ότι η πιθανότητα να έχουμε αυτή την τιμή για τη συγκεκριμένη κατανομή είναι $P < 0,05$. Δεδομένου ότι $\chi^2 > 11,07 \Rightarrow$ **Απορρίπτουμε** την υπόθεση H_0 και επομένως **η πιθανότητα να έχουμε κάποιο ατύχημα εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου!**

Πλέον, δεδομένου ότι διαπιστώσαμε ότι η πιθανότητα να έχουμε κάποιο ατύχημα εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου, μπορούμε να εξετάσουμε το αν κάποιοι τύποι πλοίων είναι πιο επιρρεπείς σε ατυχήματα έναντι κάποιων άλλων.

Το σχήμα 50 παρουσιάζει αυτό ακριβώς. Όπως προκύπτει, τα πλοία τύπου *Suezmax* χαρακτηρίζονται από τη μεγαλύτερη πιθανότητα να έχουν κάποιο ατύχημα (15 πλοία ανά 1000). Στη συνέχεια ακολουθούν τα πλοία τύπων *Aframax* και *Panamax* με συχνότητα 13 πλοία ανά 1000, ενώ τελευταία έρχεται η κατηγορία *Spec. / Small* με συχνότητα 3 πλοία ανά 1000.



Σχήμα 50 : Κατανομή των ατυχημάτων ανά 1000 πλοία με βάση τον τύπο του πλοίου

Παρ όλ' αυτά, πρέπει να σημειωθεί ότι με εξαίρεση ίσως την κατηγορία πλοίων *Spec. / Small*, δεν παρατηρούνται δραματικές διαφορές, όσον αφορά τις συχνότητες, μεταξύ των τιμών των διαφόρων κατηγοριών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 51 : Κατανομή πρώτων γεγονότων ανάλογα με τύπο πλοίου και υπολογισμός του χ^2 - value

	Spec. / Small		Handymax		Panamax		Aframax		Suezmax		VLCC - ULCC		χ^2 value
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
Πρώτο Γεγονός													
Hull Structural Failure	1	0	28	1	14	2	28	2	26	3	32	2	66.4
Rules Of The Road Screw Ups	2	0	10	0	3	0	9	1	5	1	9	1	14.9
Machinery Failure	9	1	68	2	24	3	51	3	38	4	30	2	55.7
Guidance / Conning Errors	0	0	23	1	4	1	18	1	9	1	10	1	23.9
Navigation Errors	1	0	6	0	1	0	1	0	1	0	1	0	8.1
Bad Inerting / Hotwork	3	0	15	0	0	0	5	0	1	0	4	0	10.7
Bad Charts, Channel, Buoys	0	0	1	0	1	0	3	0	0	0	0	0	17.1
Cargo Transfer Problems	2	0	14	0	2	0	19	1	6	1	7	1	29.5
Provision of Safe Refuge	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	10.7
Bad Weather	0	0	5	0	2	0	5	0	4	1	0	0	19.9

Με τη διαδικασία που περιγράφηκε πιο πάνω, εφαρμόζουμε το *chi-square test* αυτή τη φορά για να βρούμε τη σχέση μεταξύ των πρώτων γεγονότων και των τύπων του πλοίου. Δηλαδή, να διαπιστώσουμε αν εξαρτάται το αν θα γίνει ή όχι ένα ατύχημα με συγκεκριμένο πρώτο γεγονός από τον τύπο του πλοίου.

Στον πίνακα 51 βλέπουμε την κατανομή των πρώτων γεγονότων ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, καθώς και στην τελευταία στήλη τον υπολογισμό της τιμής χ^2 . Ανάλογα με το αν η τιμή αυτή υπερβαίνει ή όχι την κρίσιμη τιμή 11,07, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα της ανεξαρτησίας ή όχι. Στην περίπτωση που η τιμή είναι κάτω από 11,07 η κατηγορία ατυχήματος με το συγκεκριμένο πρώτο γεγονός είναι ανεξάρτητη του τύπου του πλοίου. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή $\chi^2 > 11,07$, εξαρτάται. Έτσι, συμπεραίνουμε τα εξής:

- Σε ό,τι αφορά το πρώτο γεγονός, παρατηρούμε ότι οι κατηγορίες *Navigation Errors*, *Provision of Safe Refuge* και *Bad Inerting / Hotwork* είναι ανεξάρτητες από τον τύπο του πλοίου, ενώ οι υπόλοιπες εξαρτώνται.
- Τα πλοία *Suezmax* είναι τα περισσότερο επιρρεπή στα *Hull Structural Failure* ατυχήματα, ενώ τα λιγότερο τα *Spec. / Small*.
- Σε ό,τι αφορά τα *Bad Charts, Channel, Buoys* ατυχήματα, όλοι οι τύποι πλοίων παρατηρούμε ότι παρουσιάζουν την ίδια συχνότητα εμφάνισης.
- Στα *Machinery Failure* ατυχήματα, τα πλοία *Suezmax* είναι τα περισσότερο επιρρεπή, ενώ τα λιγότερο τα *Spec. / Small*.
- Στα *Guidance / Conning Errors* ατυχήματα, τα πλοία *Spec. / Small* είναι τα λιγότερο επιρρεπή και όλα τα υπόλοιπα εμφανίζουν την ίδια συχνότητα.
- Το περισσότερο φορές εμφανίσιμο πρώτο γεγονός, είναι το *Machinery Failure* ατύχημα σε πλοία *Suezmax* με συχνότητα 4 / 1000 πλοία.

Αντίστοιχα με την διαδικασία που έγινε για το πρώτο γεγονός, έχουμε και για το τελευταίο. Στον πίνακα 52 της επόμενης σελίδας φαίνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Μελετώντας αυτά τα δεδομένα και έχοντας υπόψιν τα όσα αναφέρθηκαν ανωτέρω, βγάζουμε τα εξής συμπεράσματα:

- Σε ό,τι αφορά το τελευταίο γεγονός, όλες οι κατηγορίες ατυχημάτων παρατηρούμε ότι εξαρτώνται από τον τύπο του πλοίου, ακόμα και η κατηγορία *Provision of Safe Refuge* που σαν πρώτο γεγονός ήταν ανεξάρτητο.
- Στα *Collision* ατυχήματα, τα πιο επιρρεπή είναι τα *Aframax* και όλα τα υπόλοιπα εμφανίζουν την ίδια συχνότητα.
- Στα *Groundings* ατυχήματα, τα πιο επιρρεπή είναι τα *Aframax* και *Suezmax* και τα υπόλοιπα εμφανίζουν την ίδια συχνότητα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 52 : Κατανομή τελευταίων γεγονότων ανάλογα με τύπο πλοίου και υπολογισμός του χ^2 - value

	Spec. / Small		Handymax		Panamax		Aframax		Suezmax		VLCC - ULCC		χ^2 value
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
Τελευταίο Γεγονός													
Hull Structural Failure	4	0	54	1	18	3	54	4	25	3	32	2	57.9
Rules Of The Road Screw Ups	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	20.4
Machinery Failure	2	0	32	1	7	1	18	1	16	2	16	1	24.7
Guidance / Conning Errors	0	0	2	0	0	0	2	0	3	0	1	0	17.2
Bad Charts , Channel , Buoys	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	15.5
Cargo Transfer Problems	0	0	15	0	3	0	23	2	10	1	6	0	46.0
Collision	3	0	7	0	0	0	13	1	1	0	2	0	31.7
Grounding	0	0	11	0	1	0	8	1	7	1	2	0	23.0
Fire & Explosion	5	0	13	0	5	1	10	1	2	0	8	1	12.0
Sank / Total Loss	5	0	52	1	8	1	17	1	16	2	11	1	18.8
Provision of Safe Refuge	0	0	0	0	3	0	3	0	1	0	1	0	24.7
Bad Weather	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	11.8

Τέλος :

- Τα *Suezmax* είναι τα περισσότερο επιρρεπή σε *Sank / Total Loss* ατυχήματα και τα *Spec. / Small* τα λιγότερο.

5.2.2.10.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ

Στην παράγραφο αυτή θα υπολογιστούν οι συχνότητες που παρατηρήθηκαν για κάποιου είδους ατυχήματα με συγκεκριμένη ακολουθία γεγονότων. Να σημειωθεί ότι για κάθε είδους ατύχημα επιλέχθηκαν οι πιο συχνές αιτίες του.

Οι συχνότητες αυτές θα μας βοηθήσουν να ανακαλύψουμε τις βασικές αιτίες κάποιων ατυχημάτων, γεγονός που είναι πολύ σημαντικό στην προσπάθεια που γίνεται για περιορισμό του προβλήματος.

Επειδή είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τις συχνότητες των ατυχημάτων που προήλθαν από ανθρώπινο λάθος, συμπτύσσουμε κάποιες κατηγορίες γεγονότων για να προκύψει το Human Error. Αυτό γίνεται επειδή στις κατηγορίες γεγονότων δεν υπάρχει αυτή του Human Error.

Έτσι, οι συχνότητες για τα ατυχήματα σύγκρουσης, επαφής, προσάραξης και πυρκαγιάς / έκρηξης, υπολογίζονται στη συνέχεια για τα διάφορα είδη γεγονότων. Τα συγκεκριμένα γεγονότα είναι αυτά που εμφανίζονται τις περισσότερες φορές και μπορούν να θεωρηθούν κατά κάποιο τρόπο οι αιτίες των ατυχημάτων.

Να σημειωθεί επίσης ότι, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, διαπιστώνουμε ότι οι κατηγορίες Collision, Contact, Grounding και Fire / Explosion δεν μπορούν να αποτελέσουν αιτίες ατυχημάτων.

→ Collision

- Η συχνότητα που παρατηρήθηκε για ατύχημα με ακολουθία γεγονότων απώλεια πηδαλίου και σύγκρουση, είναι:

$$p = 7,28 \cdot 10^{-5}$$

- Η συχνότητα που παρατηρήθηκε για ατύχημα με ακολουθία γεγονότων απώλεια πρόωσης και σύγκρουση, είναι:

$$p = 6,24 \cdot 10^{-5}$$

- Η συχνότητα που παρατηρήθηκε για ατύχημα με ακολουθία γεγονότων Human Error και σύγκρουση, είναι:

$$p = 4,06 \cdot 10^{-4}$$

→ Contact

- Η συχνότητα που παρατηρήθηκε για ατύχημα με ακολουθία γεγονότων Human Error και επαφή, είναι:

$$p = 6,24 \cdot 10^{-5}$$

→ Grounding

- Η συχνότητα που παρατηρήθηκε για ατύχημα με ακολουθία γεγονότων Machinery Failure και προσάραξη, είναι:

$$p = 2,91 \cdot 10^{-4}$$

- Η συχνότητα που παρατηρήθηκε για ατύχημα με ακολουθία γεγονότων Hull Structural Failure και προσάραξη, είναι:

$$p = 4,16 \cdot 10^{-5}$$

- Η συχνότητα που παρατηρήθηκε για ατύχημα με ακολουθία γεγονότων Human Error και προσάραξη, είναι :

$$p = 1,77 \cdot 10^{-4}$$

→ Fire & Explosion

- Η συχνότητα που παρατηρήθηκε για ατύχημα με ακολουθία γεγονότων Machinery Failure και πυρκαγιά/έκρηξη, είναι :

$$p = 1,97 \cdot 10^{-4}$$

- Η συχνότητα που παρατηρήθηκε για ατύχημα με ακολουθία γεγονότων Hull Structural Failure και πυρκαγιά/έκρηξη, είναι :

$$p = 1,66 \cdot 10^{-4}$$

- Η συχνότητα που παρατηρήθηκε για ατύχημα με ακολουθία γεγονότων Human Error και πυρκαγιά/έκρηξη, είναι :

$$p = 1,56 \cdot 10^{-4}$$

Η μεγαλύτερη συχνότητα από αυτές που υπολογίστηκαν, είναι να συμβεί ατύχημα με ακολουθία γεγονότων Human Error και σύγκρουση.

Η μικρότερη συχνότητα είναι να συμβεί ατύχημα με ακολουθία γεγονότων Human Error και επαφή.

5.2.2.10.3 ΔΙΑΡΡΟΗ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ

Όπως μαρτυρά και ο τίτλος της παραγράφου 5.2.2.10, θα υπολογισθούν πιθανότητες που αφορούν τα ατυχήματα. Στην προκειμένη περίπτωση θα ασχοληθούμε με την εύρεση των πιθανοτήτων για πραγματοποίηση συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος.

Ο υπολογισμός αυτών των πιθανοτήτων θα γίνει με βάση τα δεδομένα που έχουμε συλλέξει από τη μελέτη των 441 ατυχημάτων με διαρροή που έλαβαν χώρα στα 30 έτη που εξετάζουμε. Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί η στοχαστική διαδικασία Poisson που αναλύθηκε στο κεφάλαιο 4.

Τα δεδομένα από τα ατυχήματα ακολουθούν την διαδικασία Poisson που την θεωρούμε ομογενή και επομένως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τύπους της για την εύρεση των πιθανοτήτων.

Στα σχήματα που ακολουθούν φαίνονται οι πιθανότητες για τα διάφορα μεγέθη που μας ενδιαφέρουν. Για τον υπολογισμό αυτών των πιθανοτήτων, ο τύπος της Poisson που χρησιμοποιήθηκε είναι ο εξής :

$$p(n|\lambda) = \frac{e^{-\lambda t} \cdot (\lambda \cdot t)^n}{n!}$$

Όπου :

- t : Στόλος σε λειτουργία κάποια χρονική περίοδο (*Fleet at risk*)
- λ : Μέσος δείκτης ατυχημάτων με διαρροή ανά πλοίο ανά έτος (*Mean spill incidence rate in spills per ship-year*)
- n : Αριθμός διαρροών (*Number of spills*)

όταν θέλουμε να βρούμε την πιθανότητα να έχουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό διαρροών σε κάποια χρονική περίοδο.

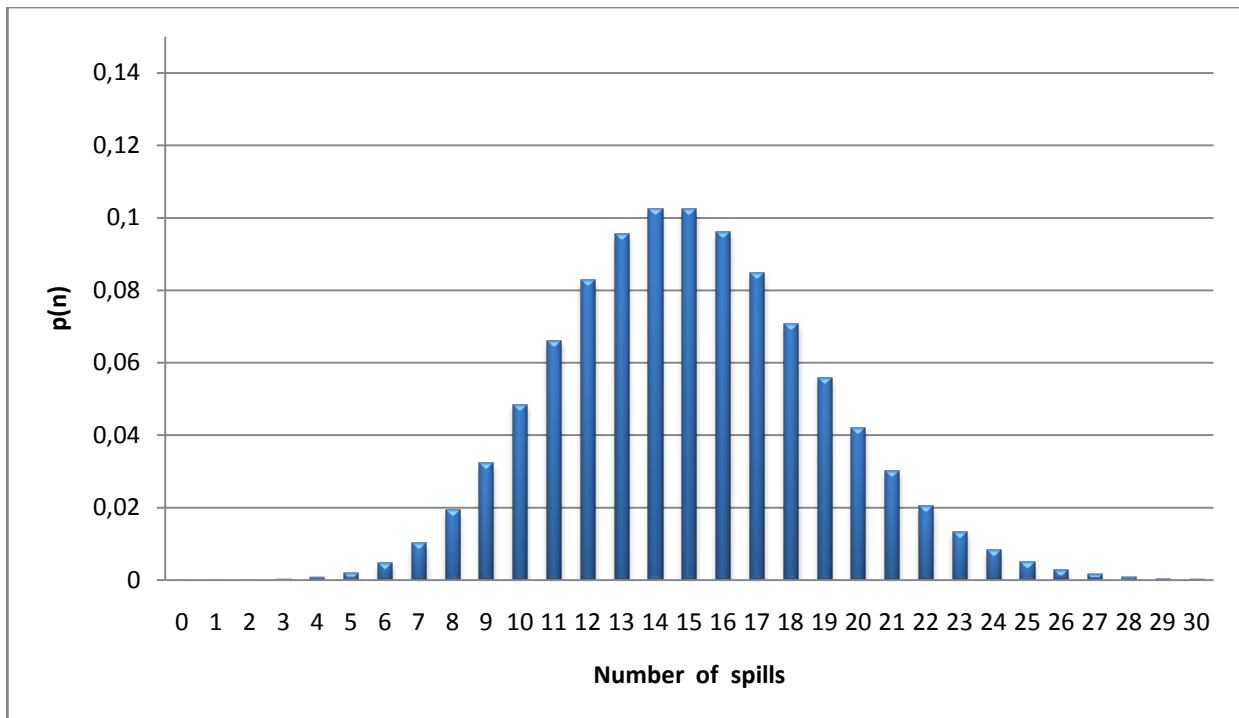
5.2.2.10.3.1 ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ

Στην ενότητα αυτή, αρχικά θα παρουσιαστούν οι πιθανότητες συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος για όλα τα έτη μελέτης. Στη συνέχεια για τα έτη 1980 - 1990 και τελικά για τα έτη μετά το 1990.

Στο σχήμα 51 πλέον, στον οριζόντιο άξονα των x υπάρχει αριθμός ατυχημάτων και στον κατακόρυφο των y πιθανότητα. Όπως μπορούμε να δούμε, στο διάγραμμα απεικονίζεται η πιθανότητα του να έχουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό διαρροών σ' ένα έτος, με βάση τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τα ατυχήματα στα δεξαμενόπλοια τα έτη 1980 - 2009.

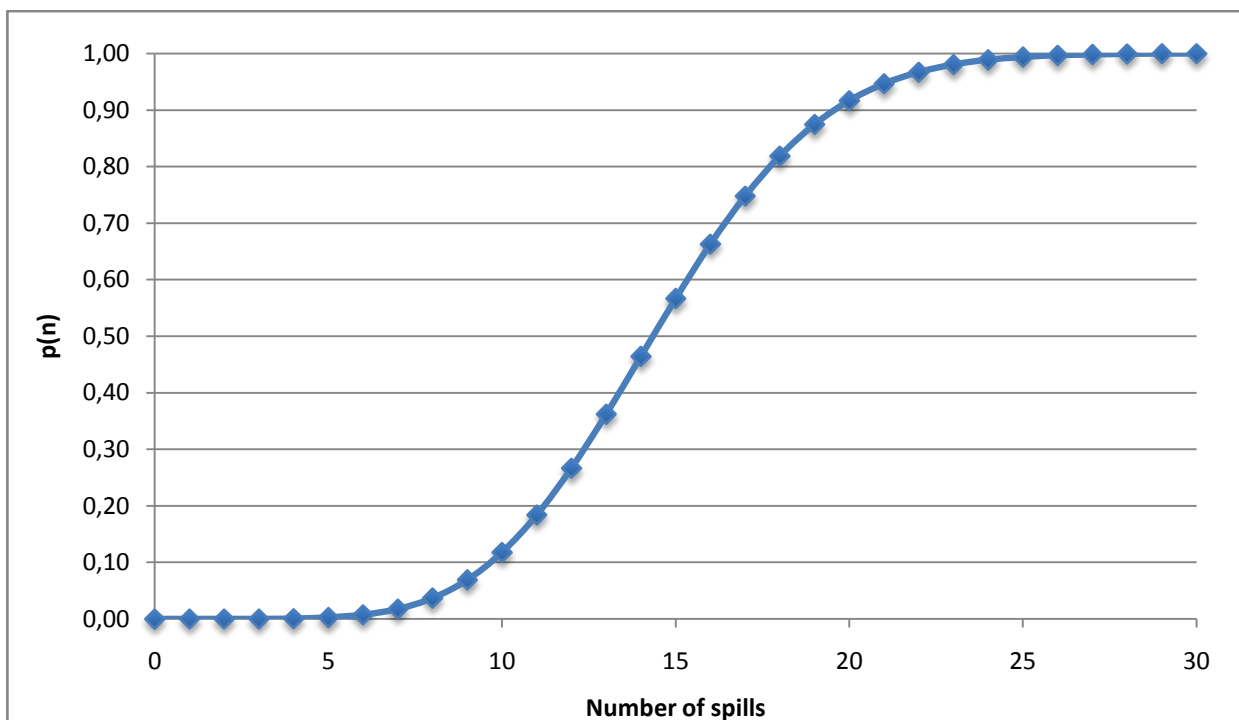
Παρατηρούμε ότι η πιθανότητα να γίνουν λιγότερες από δύο (2) ή περισσότερες από τριάντα (30) διαρροές το έτος είναι πολύ μικρή, μπορούμε να ισχυριστούμε σχεδόν μηδενική. Τα μεγαλύτερα ποσοστά (κοντά στο 10 %) συγκεντρώνουν οι τιμές από δώδεκα έως δεκαοκτώ. Δηλαδή, με βάση τα δεδομένα, περισσότερο πιθανό είναι να γίνουν από 12 έως 18 ατυχήματα με διαρροή το χρόνο, με μεγαλύτερα ποσοστά να εμφανίζουν τα 14 ή 15.

Πέραν όμως της γνώση της πιθανότητας για πραγματοποίηση ενός ακριβή αριθμού ατυχημάτων με διαρροή σε ένα έτος, πολύ σημαντικό είναι να γνωρίζουμε το ποια η πιθανότητα να γίνουν ατυχήματα από έναν αριθμό και άνω ή μέχρι έναν αριθμό. Για παράδειγμα, ποιες οι πιθανότητες να γίνουν πάνω από 10 ατυχήματα ή το πολύ μέχρι 25 ατυχήματα το χρόνο. Τις απαντήσεις σε ερωτήσεις παρόμοιες με τις προηγούμενες, τις αντλούμε από διαγράμματα αθροιστικής συχνότητας τα οποία και χρησιμοποιούνται στην πορεία.

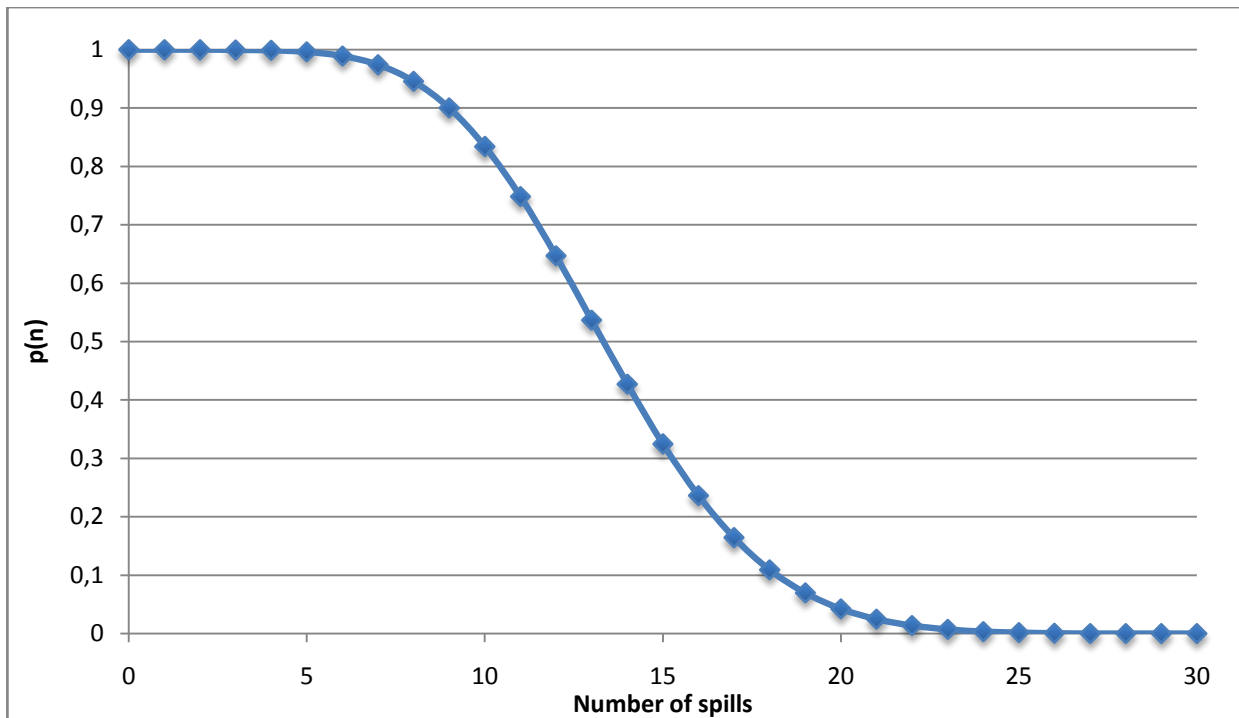


Σχήμα 51: Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1980 - 2009

Εν συνεχεία, στα σχήματα 52 και 53 βλέπουμε την αθροιστική συχνότητα του αριθμού των ατυχημάτων ανά έτος, για τα έτη 1980 έως και 2009. Από τα συγκεκριμένα σχήματα μπορούμε να βγάλουμε σημαντικά συμπεράσματα για τα ατυχήματα που είχαν σαν αποτέλεσμα διαρροή πετρελαίου.



Σχήμα 52: Αθροιστική συχνότητα του αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1980 - 2009



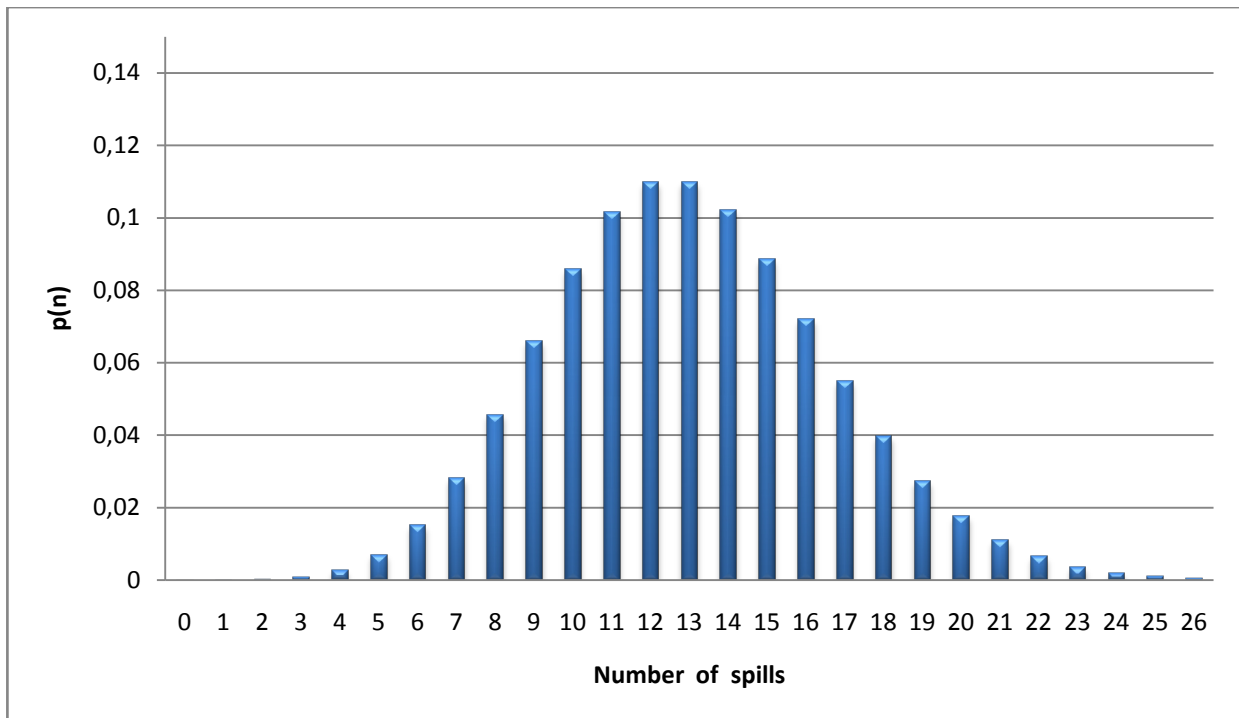
Σχήμα 53 : Αντίστροφη αθροιστική συχνότητα του αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1980 - 2009

Από τα δυο προηγούμενα σχήματα διαπιστώνουμε ότι με σχεδόν 100 % πιθανότητα θα γίνουν σε κάθε έτος τουλάχιστον 7 ατυχήματα δεξαμενοπλοίων που θα έχουν σαν αποτέλεσμα διαρροή. Επίσης, η πιθανότητα να γίνουν τουλάχιστον 30 ατυχήματα με διαρροή σ' ένα έτος είναι πάρα πολύ μικρή, σχεδόν μηδέν. Στο σχήμα 52 παρατηρούμε ότι υπάρχει 57 % πιθανότητα να γίνουν μέχρι 15 ατυχήματα, ενώ 11,7 % είναι η πιθανότητα να γίνουν μέχρι 10 ατυχήματα με διαρροή σ' ένα έτος. Σχεδόν σίγουρο βλέπουμε από την άλλη ότι είναι το να γίνουν μέχρι 30 ατυχήματα το έτος. Με τον ίδιο τρόπο και αναλύοντας τα σχήματα, μπορούμε να αντλήσουμε τις όποιες πληροφορίες επιθυμούμε για τα ατυχήματα με διαρροή.

Αντίστοιχα διαγράμματα παρουσιάζονται και στη συνέχεια, με περιορισμούς σε ό,τι έχει να κάνει με την περίοδο μελέτης, τον τύπο και το μέγεθος των πλοίων καθώς και το μέγεθος των διαρροών ανά έτος.

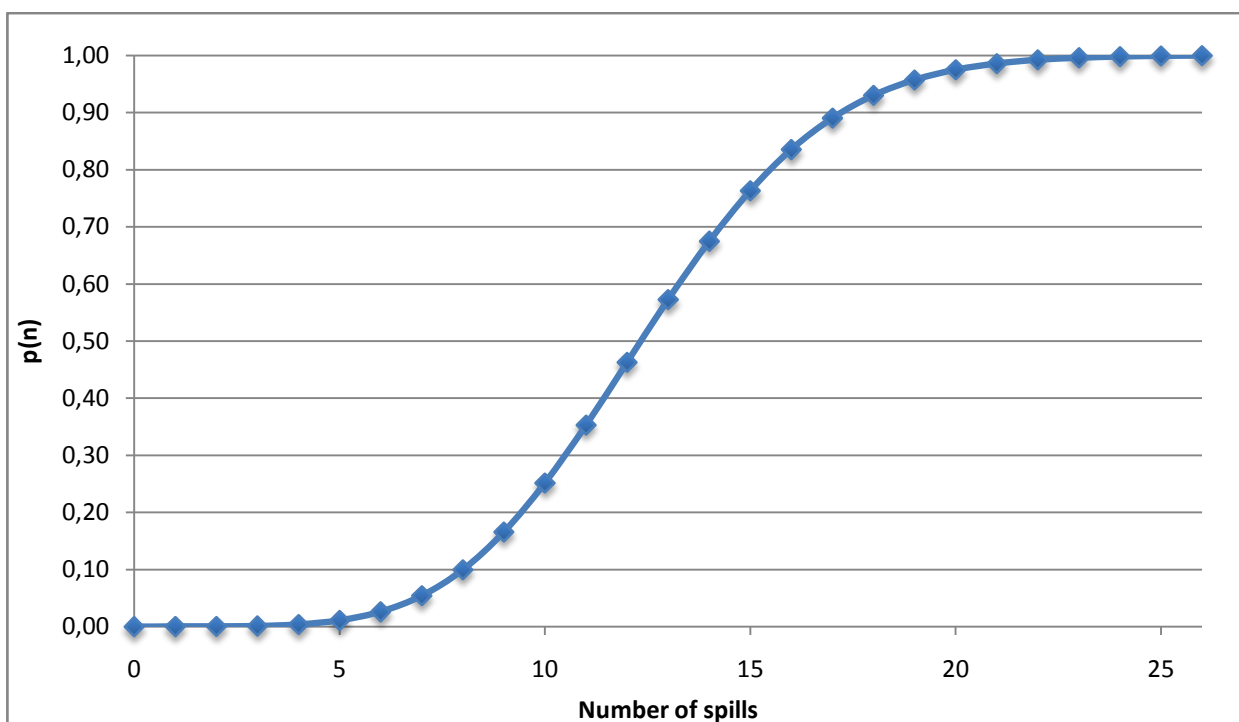
Στο σχήμα 54 μπορούμε να δούμε την πιθανότητα του να έχουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό διαρροών σ' ένα έτος, με βάση τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τα ατυχήματα στα δεξαμενόπλοια τα έτη 1980 - 1990. Παρατηρούμε ότι η πιθανότητα να γίνουν κάτω από δύο (2) ή πάνω από εικοσιέξι (26) ατυχήματα το έτος, είναι σχεδόν μηδενική. Τα μεγαλύτερα ποσοστά, που είναι κοντά στο 10 %, συγκεντρώνουν οι τιμές έντεκα (11) έως δεκατέσσερα (14). Συγκριτικά με το σχήμα 50 για όλα τα έτη, βλέπουμε ότι μειώθηκε ο μέγιστος αριθμός ατυχημάτων με διαρροή ανά έτος για τα έτη 1980-1990 (26 έναντι 30).

Εν συνεχεία, στα σχήματα 55 και 56 μπορούμε να δούμε την αθροιστική συχνότητα του αριθμού των ατυχημάτων ανά έτος, για τα αντίστοιχα με πριν έτη (1980 έως 1990).

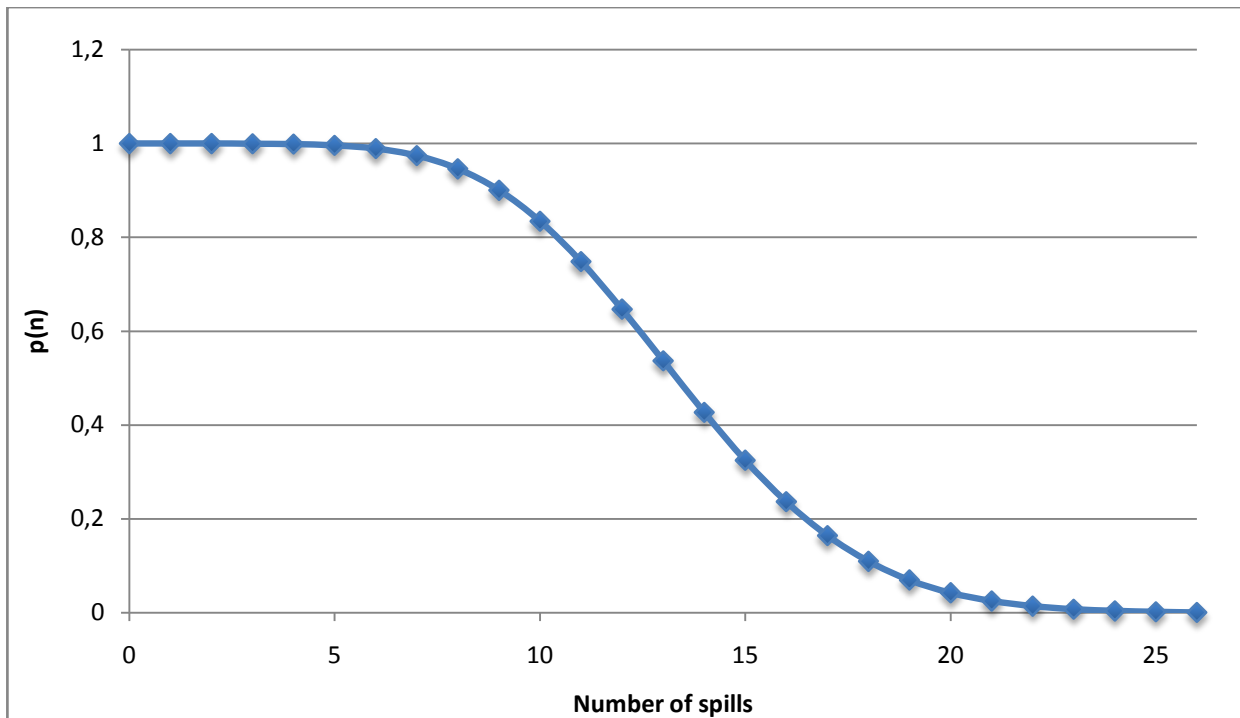


Σχήμα 54: Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος, για τα έτη 1980 - 1990

Στο σχήμα 55 παρατηρούμε ότι υπάρχει 57 % πιθανότητα να γίνουν μέχρι 13 ατυχήματα, ενώ 25,1 % είναι η πιθανότητα να γίνουν μέχρι 10 ατυχήματα με διαρροή σ' ένα έτος. Σχεδόν σίγουρο βλέπουμε από την άλλη ότι είναι το να γίνουν μέχρι 26 ατυχήματα με διαρροή το έτος.

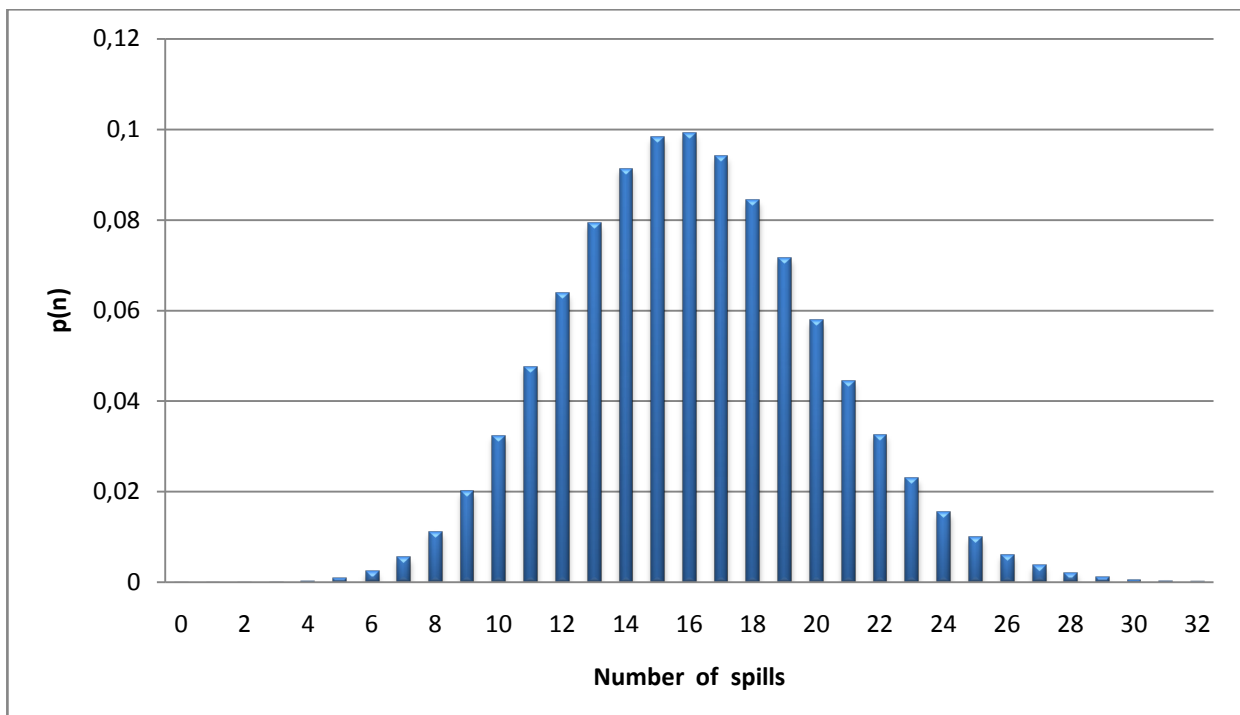


Σχήμα 55: Αθροιστική συχνότητα του αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1980 - 1990



Σχήμα 56 : Αντίστροφη αθροιστική συχνότητα του αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1980 - 1990

Στο σχήμα 56 πλέον, παρατηρώντας το διάγραμμα διαπιστώνουμε ότι με σχεδόν 100 % πιθανότητα θα γίνουν σε κάθε έτος τουλάχιστον 5 ατυχήματα δεξαμενοπλοίων που θα έχουν σαν αποτέλεσμα διαρροή. Επίσης, η πιθανότητα να γίνουν τουλάχιστον 26 (δηλαδή πάνω από 26) ατυχήματα με διαρροή σ' ένα έτος είναι πάρα πολύ μικρή, σχεδόν μηδέν.

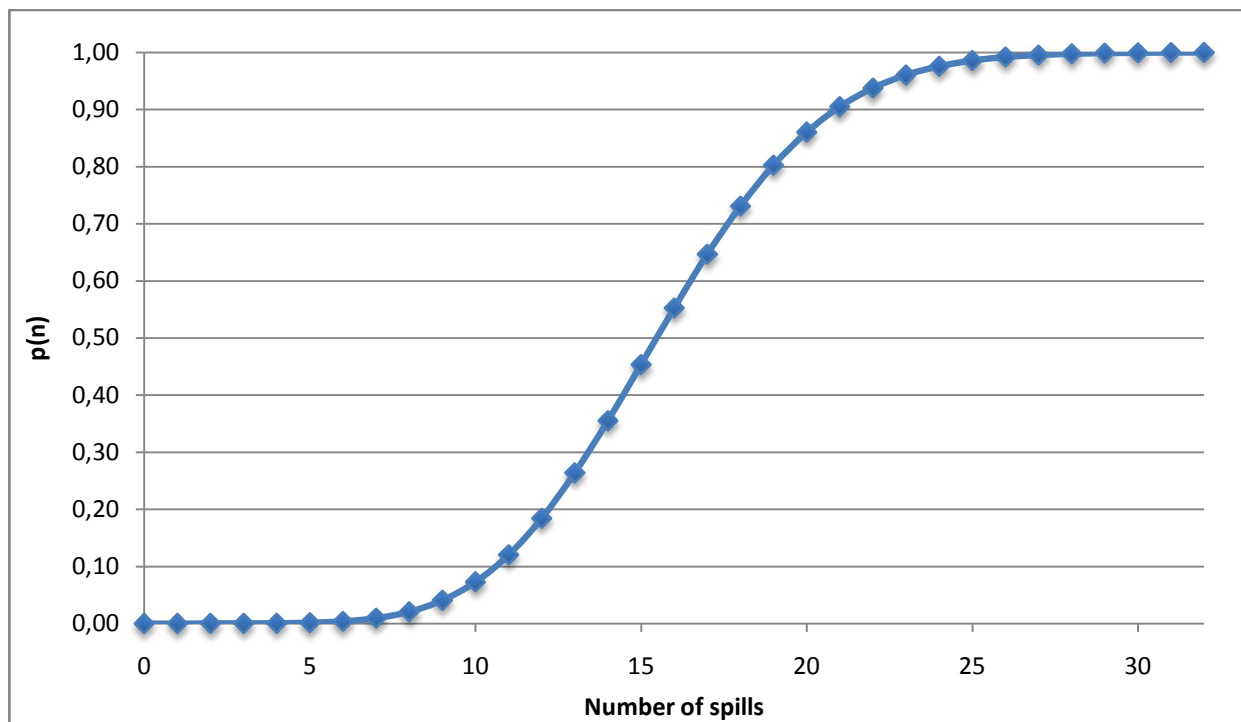


Σχήμα 57 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος, για τα έτη 1991 - 2009

Τελευταία για αυτή την κατηγορία πιθανοτήτων, έχουμε τα ατυχήματα που συνέβησαν από το 1991 έως το 2009. Στο σχήμα 57 της προηγούμενης σελίδας μπορούμε να δούμε την πιθανότητα του να έχουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό διαρροών σ' ένα έτος, με βάση τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τα ατυχήματα στα δεξαμενόπλοια για τα έτη που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Παρατηρούμε ότι η πιθανότητα να γίνουν κάτω από τρία (3) ή πάνω τριάντα δύο (32) ατυχήματα το έτος, είναι σχεδόν μηδενική. Τα μεγαλύτερα ποσοστά (κοντά στο 10 %) συγκεντρώνουν οι τιμές δεκατέσσερα (14) έως δεκαοκτώ (18).

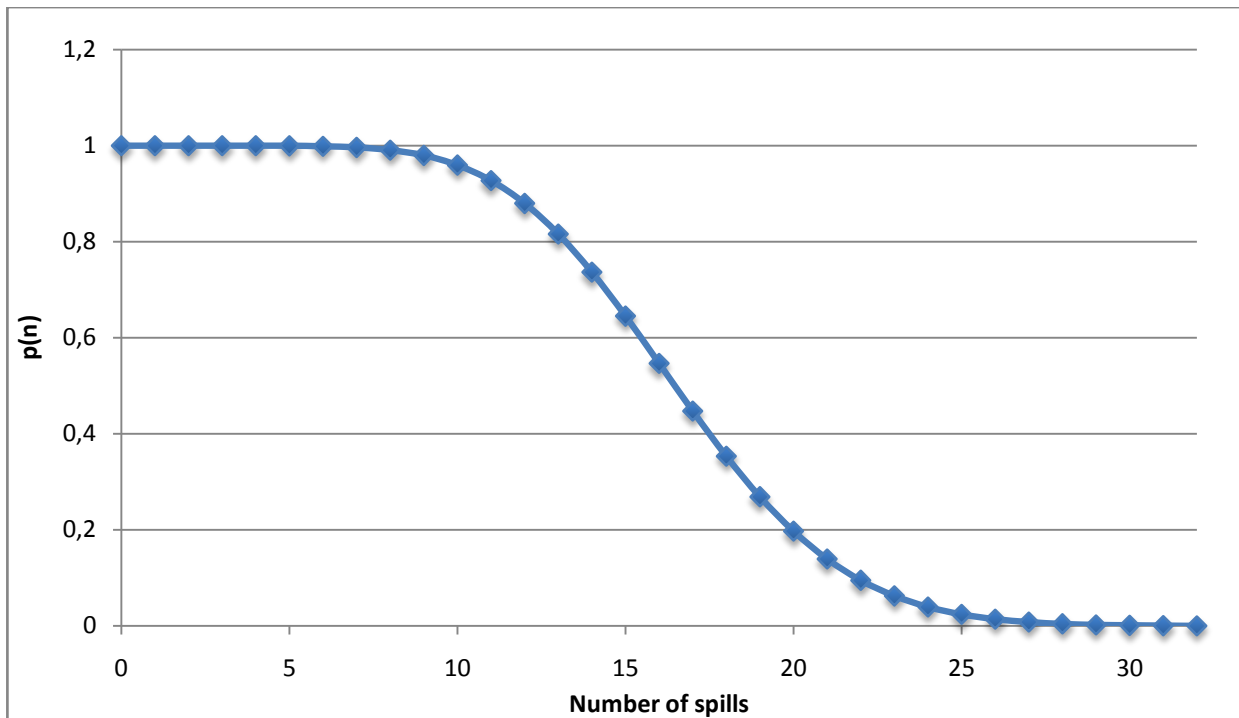
Εν συνεχεία, στα σχήμα 58 και 59, βλέπουμε την αθροιστική συχνότητα του αριθμού των ατυχημάτων ανά έτος, για τα αντίστοιχα με τα του σχήματος 55 έτη μελέτης.

Παρατηρούμε ότι υπάρχει περίπου 55,2 % πιθανότητα να γίνουν μέχρι 16 ατυχήματα, ενώ 7,3 % είναι η πιθανότητα να γίνουν μέχρι 10 ατυχήματα με διαρροή σ' ένα έτος. Σχεδόν σίγουρο βλέπουμε από την άλλη ότι είναι το να γίνουν μέχρι 32 ατυχήματα με διαρροή το έτος. Δύσκολο δηλαδή είναι το να ξεπεραστεί το νούμερο αυτό για την περίοδο 1991-2009.



Σχήμα 58: Αθροιστική συχνότητα του αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1991-2009

Τέλος, παρατηρώντας το διάγραμμα στο σχήμα 59 διαπιστώνουμε ότι με σχεδόν 100 % πιθανότητα, θα γίνουν σε κάθε έτος τουλάχιστον επτά (7) ατυχήματα δεξαμενοπλοίων που θα έχουν σαν αποτέλεσμα διαρροή. Επίσης, η πιθανότητα να γίνουν τουλάχιστον 32 (δηλαδή πάνω από 32) ατυχήματα με διαρροή σ' ένα έτος είναι πάρα πολύ μικρή, σχεδόν μηδέν.



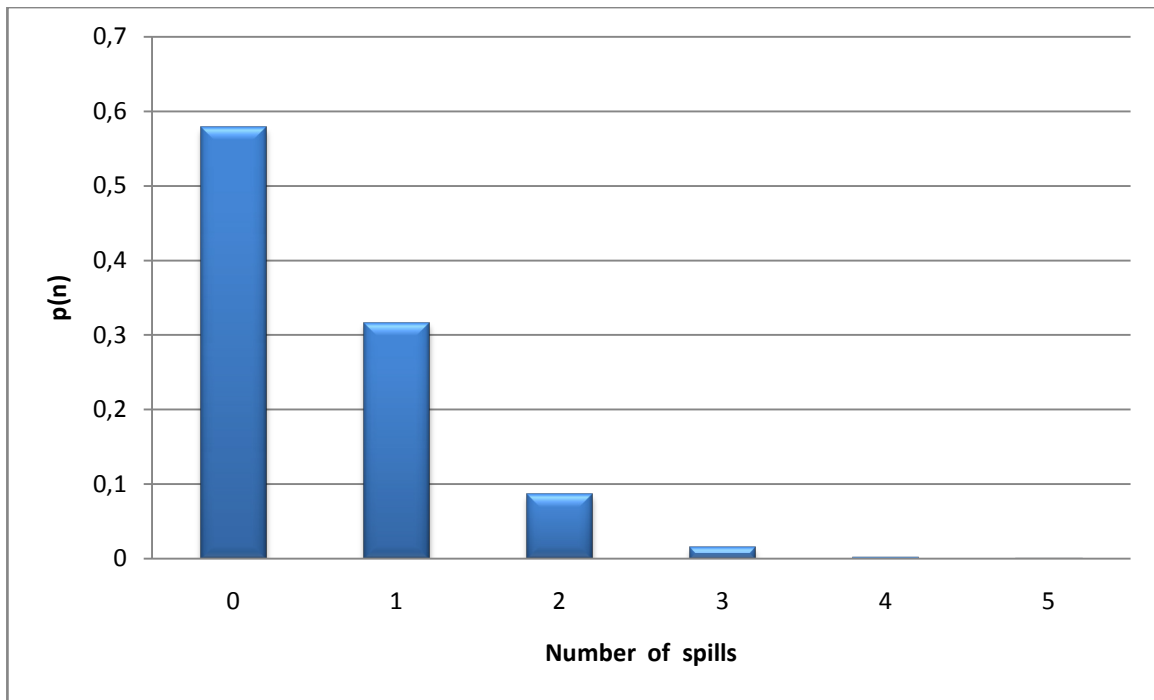
Σχήμα 59 : Αντίστροφη αθροιστική συχνότητα του αριθμού διαρροών ανά έτος για τα έτη 1991 - 2009

Διαπιστώνουμε επομένως ότι υπάρχουν μικρές διακυμάνσεις στον αριθμό των ατυχημάτων με διαρροή ανά έτος για τις διάφορες χρονικές περιόδους, με μία μικρή αύξηση για τα έτη από το 1990 κι έπειτα.

5.2.2.10.3.2 ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΠΛΟΙΟΥ

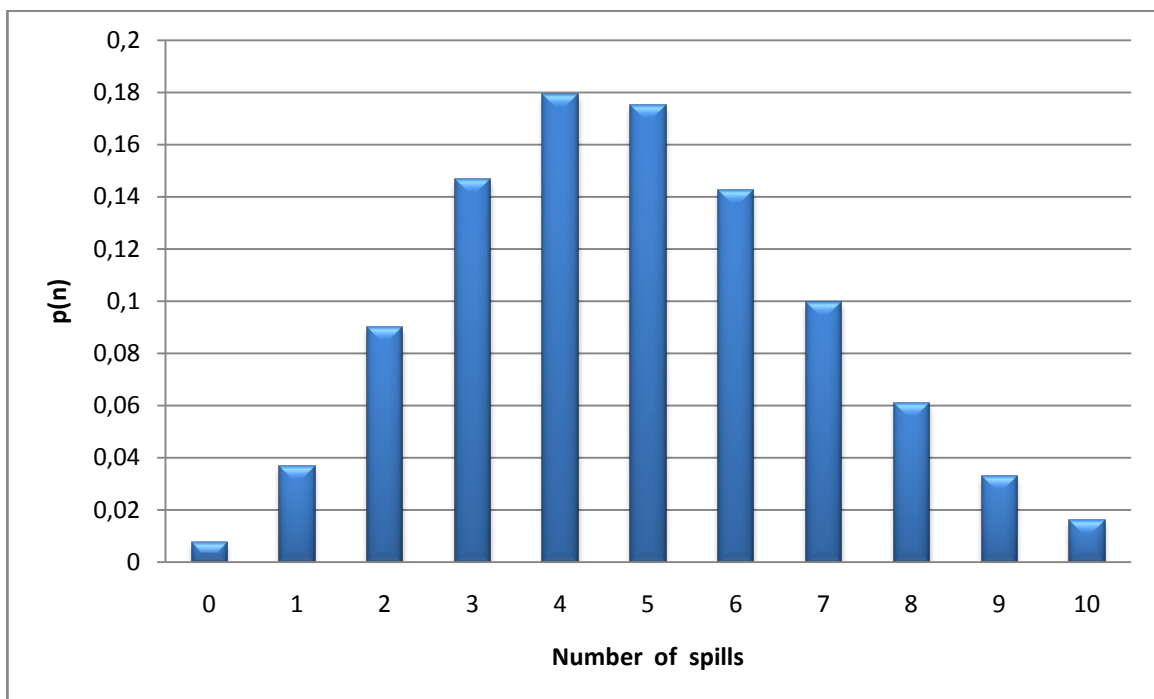
Στο σημείο αυτό και συγκεκριμένα στα επόμενα έξι σχήματα, θα παρουσιαστούν οι πιθανότητες του να γίνουν συγκεκριμένες διαρροές (αριθμός διαρροών) ανά έτος, ανάλογα με τον τύπο δεξαμενοπλοίου και με βάση τα δεδομένα που υπάρχουν από τη μελέτη των ατυχημάτων τα έτη 1980 έως και 2009. Για την εύρεση των πιθανοτήτων χρησιμοποιήθηκαν και στην περίπτωση αυτή οι τύποι της κατανομής Poisson (με τις κατάλληλες παραδοχές) που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενη ενότητα.

Ξεκινώντας λοιπόν με την κατηγορία Spec. / Small, στο σχήμα 60 μπορούμε να δούμε την πιθανότητα του να έχουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό διαρροών για τον συγκεκριμένο τύπο πλοίων σ' ένα έτος. Παρατηρούμε ότι, θεωρητικά, η πιθανότητα να συμβούν πάνω από πέντε ατυχήματα (με διαρροή) με τέτοιου είδους πλοία μέσα σ' ένα έτος είναι πολύ μικρή. Αντίθετα, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα (57,9 %) να μην γίνει ατύχημα με διαρροή που να αφορά τέτοιου είδους πλοίο μέσα σε κάποιο έτος. Αυτό το τελευταίο το διαπιστώσαμε από την ανάλυσή μας στις προγενέστερες παραγράφους, όπου σε είκοσι από τα τριάντα συνολικά έτη δεν παρουσιάστηκε ατύχημα με διαρροή για τα πλοία Spec. / Small. Βέβαια σε μια τέτοια διαπίστωση πρέπει να είμαστε επιφυλακτικοί, καθώς στη βάση CTX δεν περιλαμβάνονται πλοία κάτω των 5.000 τόνων DWT.

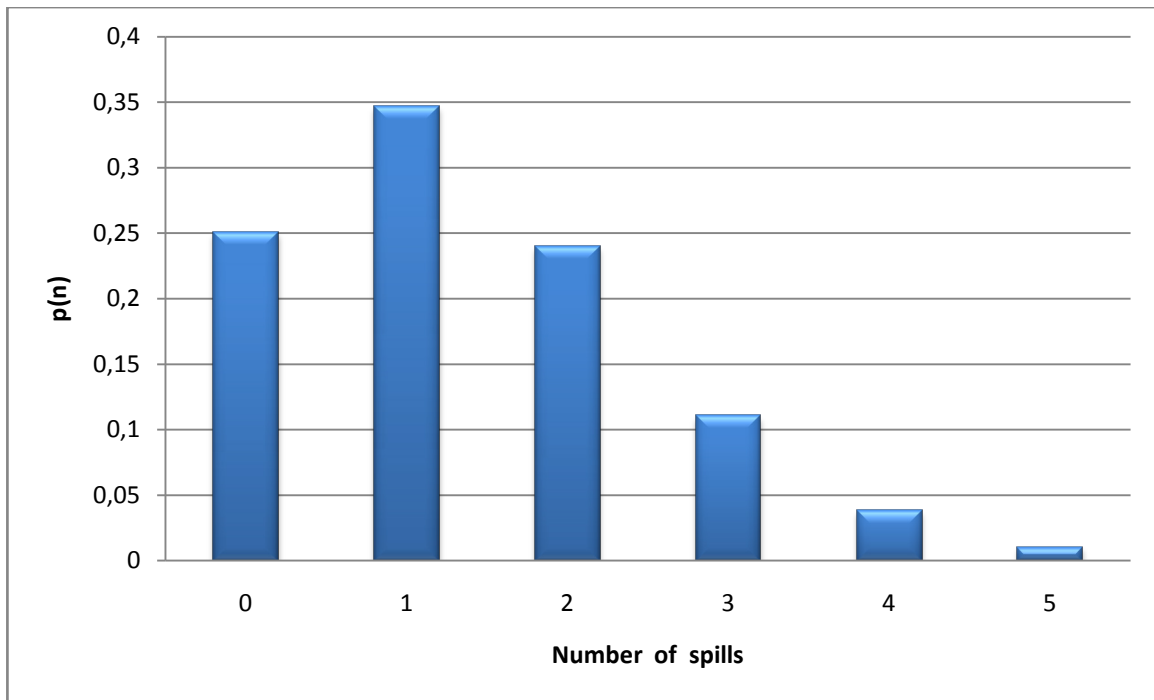


Σχήμα 60 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος, για τα έτη 1980 - 2009, για πλοία τύπου *Spec./Small*

Στο σχήμα 61 μπορούμε να δούμε την πιθανότητα του να έχουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό διαρροών για τον τύπο πλοίων *Handymax* μέσα σ' ένα έτος. Παρατηρούμε ότι η πιθανότητα να γίνουν πάνω 10 ατυχήματα το έτος είναι μικρή, ενώ τα μεγαλύτερα ποσοστά (κοντά στο 18 %) συγκεντρώνουν οι τιμές 4 και 5.

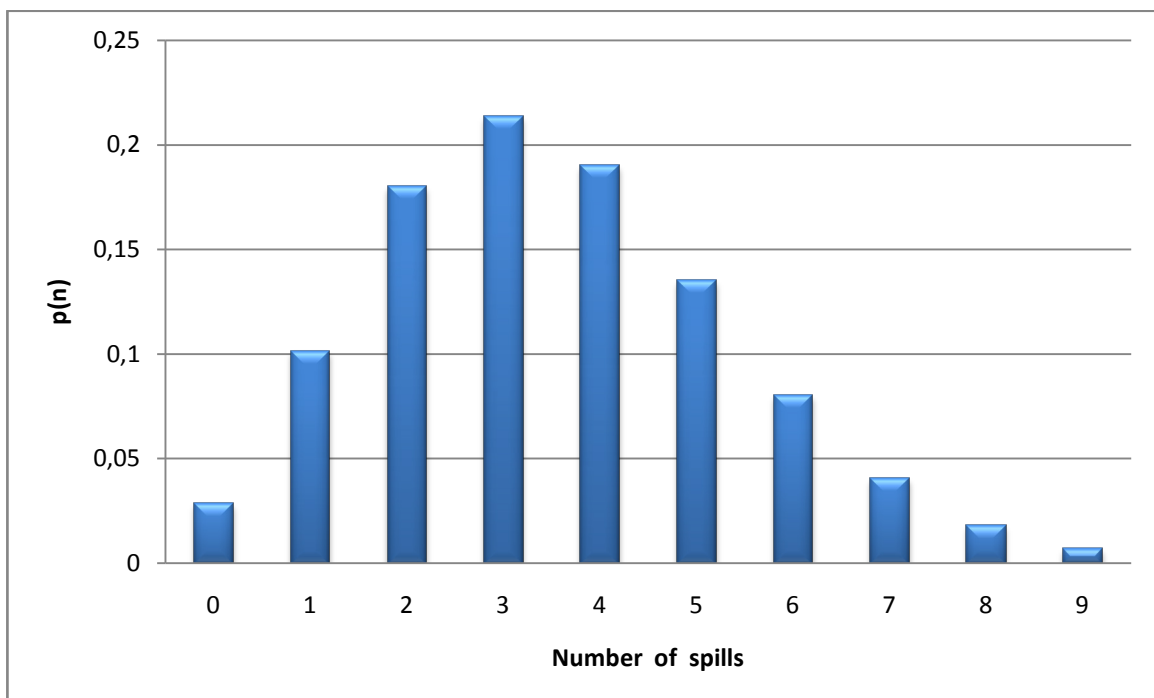


Σχήμα 61 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος, για τα έτη 1980 - 2009, για πλοία τύπου *Handymax*



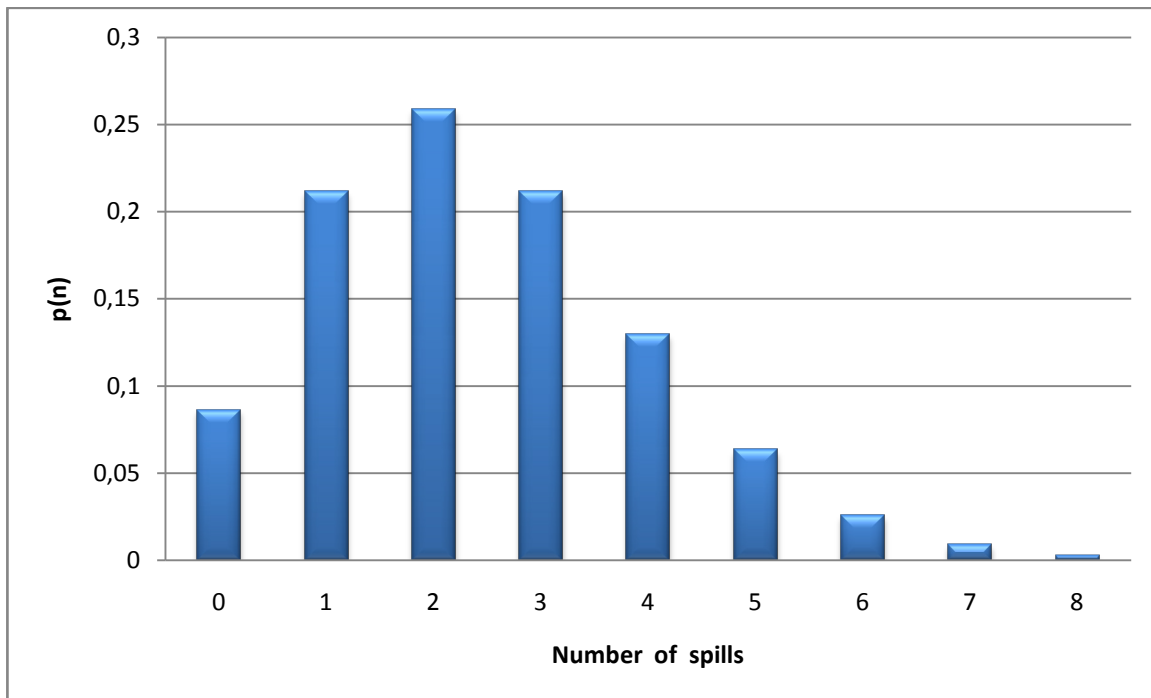
Σχήμα 62 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος, για τα έτη 1980 - 2009, για πλοία τύπου Panamax

Στο σχήμα 62 βλέπουμε την πιθανότητα του να έχουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό διαρροών για τύπο πλοίων Panamax. Παρατηρούμε ότι, θεωρητικά, η πιθανότητα να συμβούν πάνω από πέντε (5) ατυχήματα με τέτοιου είδους πλοία μέσα σ' ένα έτος είναι πολύ μικρή, ενώ σημαντική είναι και η πιθανότητα να μη συμβεί ούτε ένα.



Σχήμα 63 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος, για τα έτη 1991 - 2009, για πλοία τύπου Aframax

Στο σχήμα 63 της προηγούμενης σελίδας μπορούμε να δούμε την πιθανότητα του να έχουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό διαρροών για τύπο πλοίων Aframax σ' ένα έτος. Παρατηρούμε ότι η πιθανότητα να γίνουν πάνω δέκα (10) ατυχήματα το έτος, είναι μικρή. Τα μεγαλύτερα ποσοστά (κοντά στο 20 %) συγκεντρώνουν οι τιμές από δύο (2) έως τέσσερα (4).

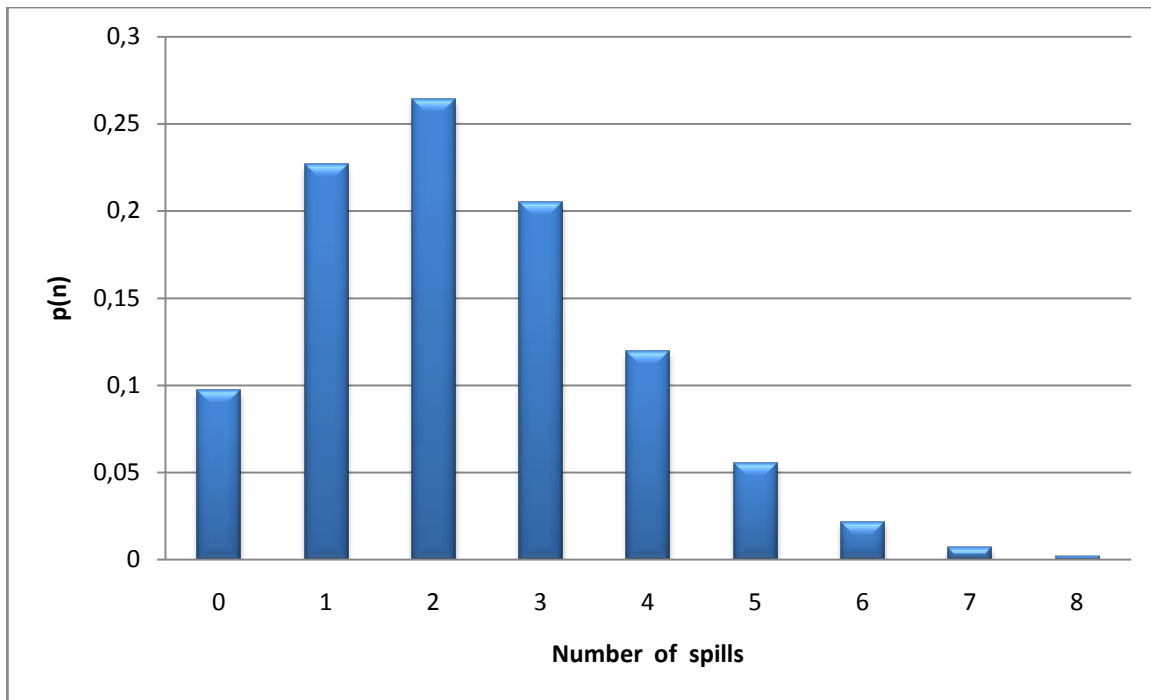


Σχήμα 64 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος, για τα έτη 1980 - 2009, για πλοία τύπου Suezmax

Στο σχήμα 64 μπορούμε να δούμε την πιθανότητα του να έχουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό διαρροών για τύπο πλοίων Suezmax σ' ένα έτος. Παρατηρούμε ότι, θεωρητικά, η πιθανότητα να συμβούν πάνω από οκτώ (8) ατυχήματα με τέτοιου είδους πλοία μέσα σ' ένα έτος, είναι πολύ μικρή.

Στο τελευταίο διάγραμμα αυτής της παραγράφου, στο σχήμα 65 της επόμενης σελίδας, μπορούμε να δούμε την πιθανότητα του να έχουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό διαρροών για τον τύπο πλοίων VLCC-ULCC σ' ένα έτος, με βάση τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τα ατυχήματα στα δεξαμενόπλοια τα έτη 1980 έως και 2009. Παρατηρούμε ότι, θεωρητικά, η πιθανότητα να συμβούν πάνω από οκτώ (8) ατυχήματα με τέτοιου είδους πλοία μέσα σ' ένα έτος, είναι πολύ μικρή. Την μεγαλύτερη πιθανότητα εμφανίζουν οι αριθμοί από ένα έως τέσσερα, ενώ υπάρχει όπως βλέπουμε και πιθανότητα να μη γίνει κάποιο ατύχημα με διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα (9,7 %).

Να σημειωθεί, ότι όλα τα σχήματα με τους τύπους των πλοίων αφορούσαν τα έτη 1980 έως και 2009 και δεν έγινε κάποιος διαχωρισμός σε ό,τι αφορά την χρονική περίοδο.



Σχήμα 65 : Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος, για τα έτη 1980 - 2009, για πλοία τύπου VLCC - ULCC

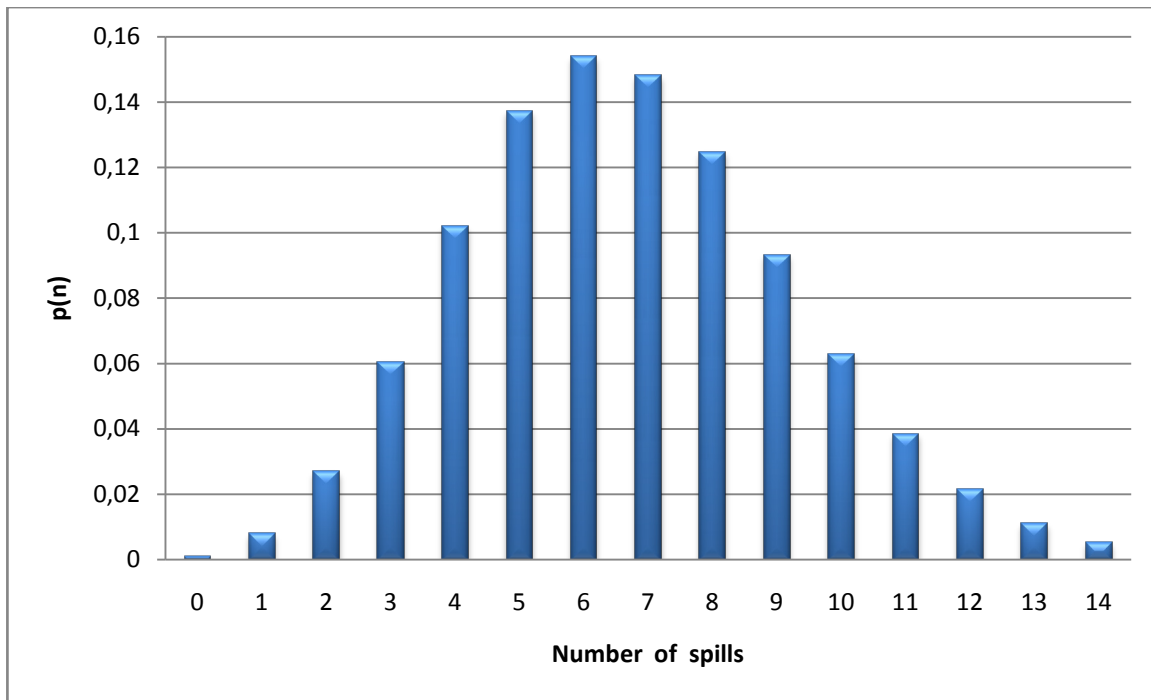
5.2.2.10.3.3 ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΟΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ

Στην παρούσα παράγραφο θ' ασχοληθούμε με την εύρεση των πιθανοτήτων του να γίνει συγκεκριμένος αριθμός διαρροών ανά έτος, ανάλογα όμως με το μέγεθος της διαρροής. Έτσι, χωρίζουμε τις διαρροές σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την ποσότητα του πετρελαίου που διέρρευσε :

1. Μικρές διαρροές (κάτω των 160 m^3)
2. Μεγάλες διαρροές (άνω των 160 m^3 και κάτω των 28.000 m^3)
3. Πολύ μεγάλες διαρροές (άνω των 28.000 m^3)

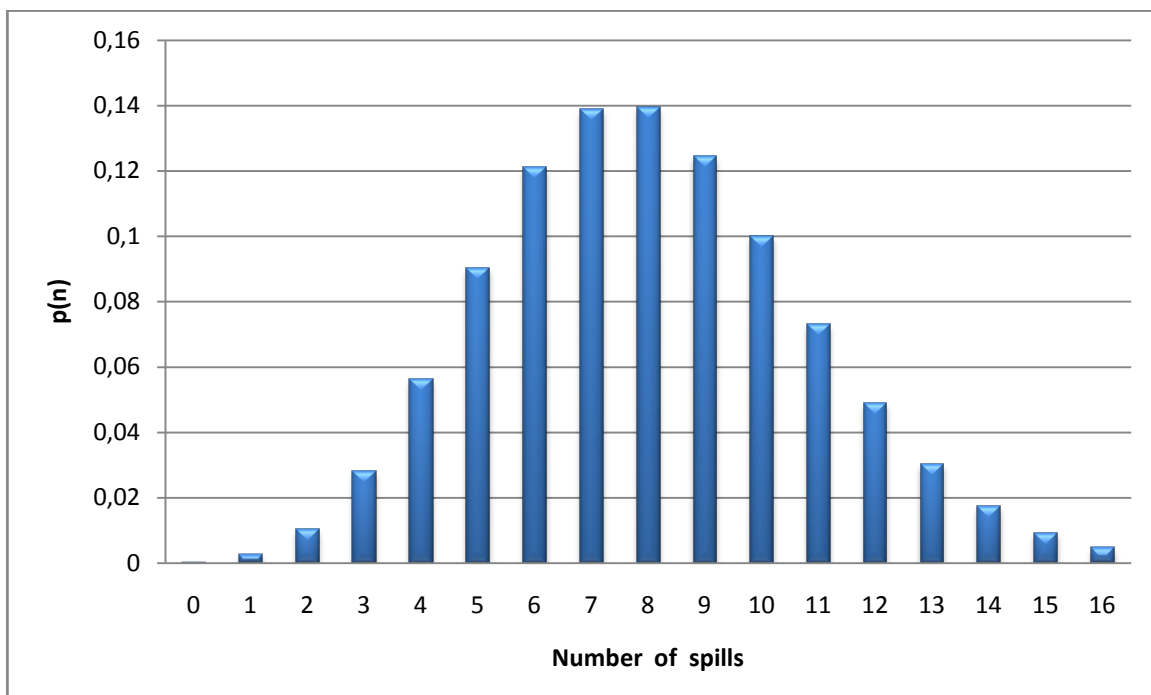
Επίσης, θα παρουσιαστεί σε διάγραμμα και η αθροιστική συχνότητα του να πραγματοποιηθεί συγκεκριμένη διαρροή πετρελαίου, δεδομένου ότι έχει συμβεί ατύχημα με διαρροή άνω των 160 m^3 .

Έτσι, στο σχήμα 66 της επόμενης σελίδας μπορούμε να δούμε την πιθανότητα του να έχουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό διαρροών σ' ένα έτος, για μικρές διαρροές κάτω των 160 m^3 με βάση τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τα ατυχήματα στα δεξαμενόπλοια τα έτη 1980-2009. Όπως παρατηρούμε στο σχήμα, η πιθανότητα να γίνουν πάνω από δεκατέσσερα (14) και κάτω από δύο (2) ατυχήματα το έτος είναι μικρή (< 1 %). Τα μεγαλύτερα ποσοστά (κοντά στο 14 %) συγκεντρώνουν οι τιμές έξι (6) και επτά (7). Πάντως, διαπιστώνουμε αρκετά μεγάλη διασπορά όσον αφορά τον αριθμό των ατυχημάτων με διαρροή κάτω των 160 m^3 ανά έτος.



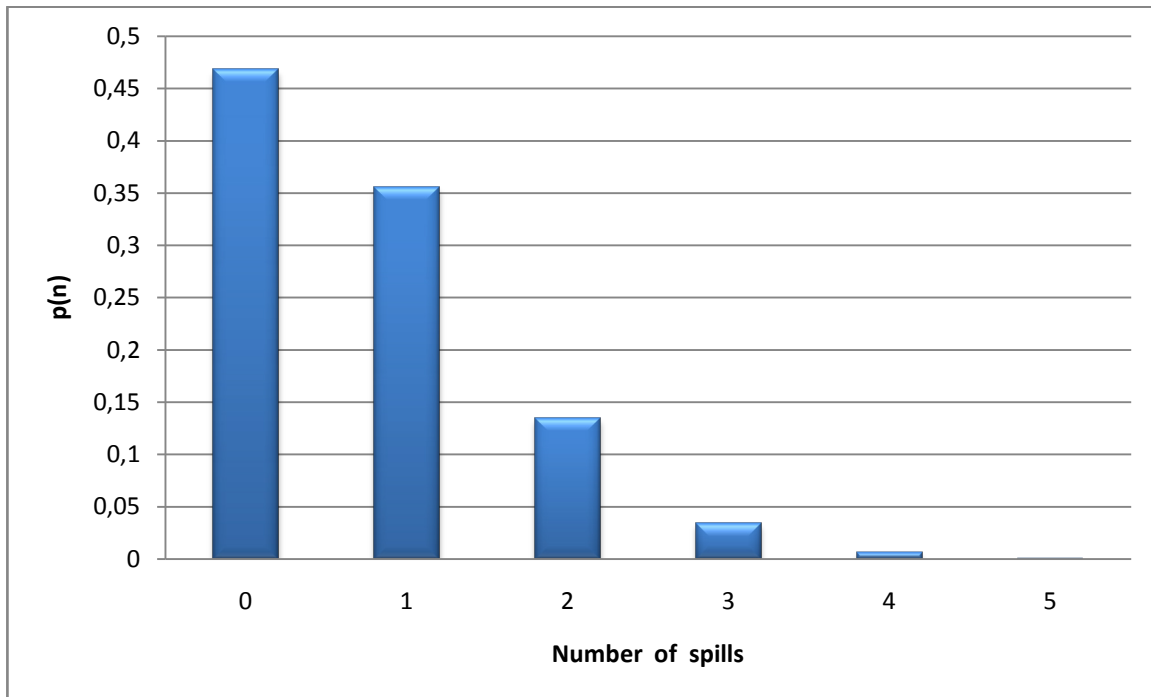
Σχήμα 66: Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος, για τα έτη 1980-2009, για διαρροές κάτω των 160 m³ (Μικρές διαρροές)

Στο σχήμα 67 πλέον, μπορούμε να δούμε την πιθανότητα του να έχουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό διαρροών σ' ένα έτος, για μεγάλες διαρροές μεταξύ 160 και 28.000 m³. Παρατηρούμε στο σχήμα ότι η πιθανότητα να γίνουν πάνω από δεκαέξι (16) και κάτω από δύο (2) ατυχήματα το έτος, είναι μικρή. Τα μεγαλύτερα ποσοστά (κοντά στο 14%) συγκεντρώνουν οι τιμές επτά (7) και οκτώ (8).



Σχήμα 67: Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος, για τα έτη 1980-2009, για διαρροές μεταξύ 160 και 28.000 m³ (Μεγάλες διαρροές)

Στην τελευταία κατηγορία και στο σχήμα 68, μπορούμε να δούμε την πιθανότητα του να έχουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό διαρροών σ' ένα έτος για πολύ μεγάλες διαρροές, άνω των 28.000 m³. Παρατηρούμε ότι, θεωρητικά, η πιθανότητα να συμβούν πάνω από πέντε (5) πολύ μεγάλες διαρροές σ' ένα έτος, είναι πολύ μικρή.



Σχήμα 68: Πιθανότητα συγκεκριμένου αριθμού διαρροών ανά έτος, για τα έτη 1980 - 2009, για διαρροές άνω των 28.000 m³ (Πολύ μεγάλες διαρροές)

Να σημειωθεί ότι από τα ατυχήματα που μελετήθηκαν, 220 ανήκαν στην πρώτη κατηγορία με διαρροή κάτω από 160 m³, 198 στη δεύτερη (> 160 m³ και < 28.000 m³), ενώ 23 ατυχήματα είχαν το καθένα διαρροή άνω των 28.000 m³.

Ολοκληρώνοντας το κεφάλαιο 5, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, θ' ασχοληθούμε με το πρόβλημα του να αποκτήσουμε τη γνώση της πυκνότητας που αναφέρεται στο μέγεθος της διαρροής, δεδομένου ότι έχει συμβεί κάποια διαρροή.

Για το σκοπό αυτό θα ακολουθήσαμε τη διαδικασία που αναφέρεται στο paper των *Devanney* και *Stewart*, σελίδες 368 και 369. Το συγκεκριμένο paper αναφέρεται και στη βιβλιογραφία που βρίσκεται προς το τέλος της εργασίας και ο καθένας μπορεί να ανατρέξει για περαιτέρω λεπτομέρειες.

Αρχικά λοιπόν, πρέπει να υποθέσουμε μια τυχαία διαδικασία η οποία να διέπει το μέγεθος της διαρροής, δεδομένου ότι αυτή έχει συμβεί. Εκ των προτέρων, το μόνο που γνωρίζουμε είναι ότι μια διαρροή δεν μπορεί να πάρει αρνητικές τιμές. Επομένως, μια μεγάλη ομάδα κατανομών, μεταξύ των οποίων και η κανονική, αποκλείονται από το να χρησιμοποιηθούν. Επιλέξαμε να ισχυριστούμε ότι τα μεγέθη των διαρροών είναι δείγματα μιας κατανομής Γάμμα, άρα ισχύει ο τύπος:

$$f(x|\rho, \omega) = \frac{e^{-\omega x} \cdot (\omega \cdot x)^{\rho-1} \cdot \omega}{(\rho - 1)!}$$

Η οικογένεια κατανομών Γάμμα, όπως είδαμε και στο κεφάλαιο 4, έχει δύο παραμέτρους, τις ρ και ω , μεταβάλλοντας τις τιμές των οποίων αποκτούμε ένα αρκετά μεγάλο εύρος από μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις. Έτσι, για δεδομένα ρ και ω έχουμε:

$$\text{Mean}(x|\rho, \omega) = \rho/\omega$$

$$\text{Var}(x|\rho, \omega) = \rho/\omega^2$$

Όλες οι κατανομές Γάμμα έχουν μία μόνο κορυφή και εφαρμόζονται για $x \geq 0$. Αν πιστέψουμε λοιπόν ότι η κατανομή των μεγεθών διαρροής παρουσιάζει μόνο μια κορυφή, τότε θα έχουμε μικρή απόκλιση από την πραγματικότητα αν ισχυριστούμε ότι αυτή η κατανομή είναι μια Γάμμα κατανομή (Δεν μπορούμε εξ αρχής να πούμε ότι έχουμε μια μόνο κορυφή. Συνήθως έχουμε πολλές κορυφές. Για το λόγο αυτό χωρίζουμε τις διαρροές σε κάτω και άνω από 160 m³).

Έχοντας ισχυριστεί επομένως ότι έχουμε μια τέτοιου είδους κατανομή, το επόμενο ερώτημα είναι το ποιες είναι οι τιμές των παραμέτρων ρ και ω . Η προφανής απάντηση είναι ότι δε γνωρίζουμε, επομένως πρέπει να ορίσουμε μια κατανομή πάνω σ' αυτές τις δύο τυχαίες μεταβλητές. Ως εκ τούτου, επιθυμούμε μια κατανομή η οποία:

1. Να ταιριάζει καλά με την Γάμμα σε αναλυτικό επίπεδο, έτσι ώστε να κρατήσουμε το υπολογιστικό κομμάτι σε λογικά πλαίσια.
2. Να εξαρτάται μόνο από το δείγμα των μεγεθών διαρροής.

Έχοντας παρατηρήσει m διαρροές όγκων, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_m$, η κατανομή η οποία ταιριάζει σε αυτές τις απαιτήσεις, αποκαλείται *Gamma-hyperpoisson* και για την οποία ισχύει:

$$f(\omega, \rho|m, s, p) = e^{-s\omega} \cdot \omega^{m\rho-1} \cdot p^{\rho-1} / [\Gamma(\rho)^m \cdot S(m, s, p)]$$

Όπου:

- S : Κανονικοποιητικός παράγοντας
- m : Αριθμός των διαρροών που παρατηρήθηκαν
- $s = \sum x_i$: Το άθροισμα όλων των διαρροών που παρατηρήθηκαν
- $p = \prod x_i$: Το γινόμενο όλων των διαρροών που παρατηρήθηκαν

Με βάση τα προηγούμενα και έχοντας σαν δεδομένο ότι στα ατυχήματα που μελετάμε έχουμε παρατηρήσει m μεγάλες διαρροές, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_m$, ο τύπος της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας για το μέγεθος της διαρροής δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

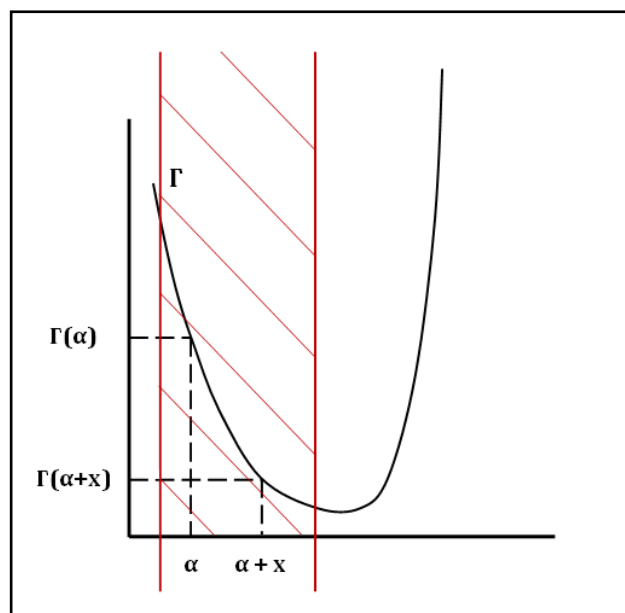
$$f(x) = \int_0^{\infty} \frac{(p \cdot x)^{\rho-1} \cdot \Gamma[(m-1) \cdot \rho] d\rho}{[\Gamma(\rho)]^{m+1} \cdot (x+s)^{(m+1) \cdot \rho} \cdot S(m, s, p)}$$

Όπου :

- m : Αριθμός των διαρροών που παρατηρήθηκαν
- x : Μέγεθος διαρροής
- S : Κανονικοποιητικός παράγοντας
- ρ : Παράμετρος (rate parameter) της κατανομής Γ (Gamma)
- $s = \sum x_i$: Το άθροισμα όλων των διαρροών που παρατηρήθηκαν
- $p = \prod x_i$: Το γινόμενο όλων των διαρροών που παρατηρήθηκαν

Αυτή είναι η πυκνότητα, της οποίας η αθροιστική χρησιμοποιείται στα σχήματα που ακολουθούν. Αυτό γίνεται ολοκληρώνοντας την $f(x)$ για το διάστημα μεγέθους διαρροών που επιθυμούμε. Η διαδικασία επίλυσης του συγκεκριμένου διπλού ολοκληρώματος δεν ήταν εύκολη υπόθεση και πραγματοποιήθηκε μέσω κώδικα σε γλώσσα προγραμματισμού Fortran.

Την προηγούμενη σχέση μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε, καθώς βρισκόμαστε στη γραμμοσκιασμένη περιοχή του σχήματος 69.



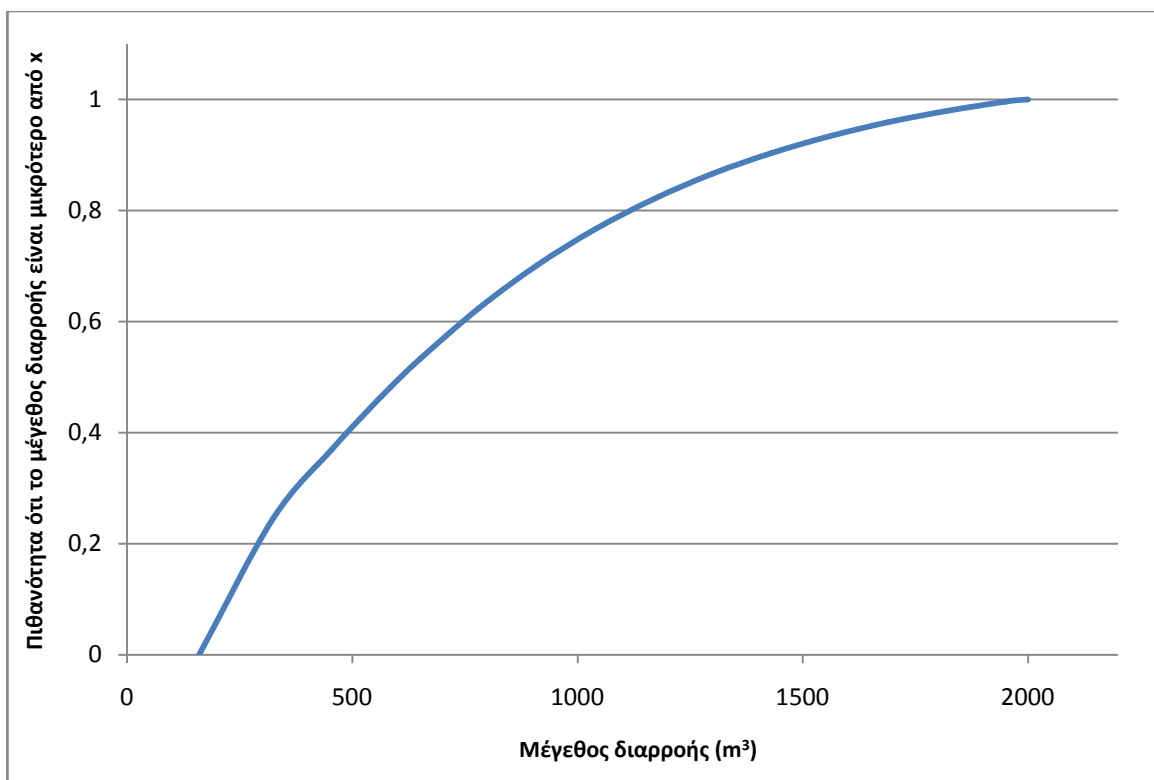
Σχήμα 69 : Πεδίο λύσεων που εφαρμόζεται στο πρόβλημα του ολοκληρώματος

Στην περιοχή αυτή για διάφορες ομάδες κατανομών, βλέπουμε ότι όσο αυξάνεται η τιμή στον άξονα των x , η τιμή στον άξονα των y μειώνεται. Αυτό είναι σημαντικό, καθώς και στην περίπτωση μας συμβαίνει κάτι τέτοιο. Όσο αυξάνονται τα μεγέθη των διαρροών μετά από ένα σημείο, τόσο μειώνεται και η πιθανότητα να συμβεί κάποια τέτοια διαρροή. Συγκεντρωτικά, στην γραμμοσκιασμένη περιοχή ισχύουν τα ακόλουθα:

$$\Gamma(m \cdot \rho) = \frac{\Gamma(\alpha) \cdot \Gamma\left(\alpha + \frac{1}{m}\right) \cdot \Gamma\left(\alpha + \frac{2}{m}\right)}{\Gamma\left(\alpha + \frac{m-1}{m}\right)} \quad (1)$$

$$\Gamma\left(\alpha + \frac{1}{m}\right) < \Gamma(\alpha) \quad (2)$$

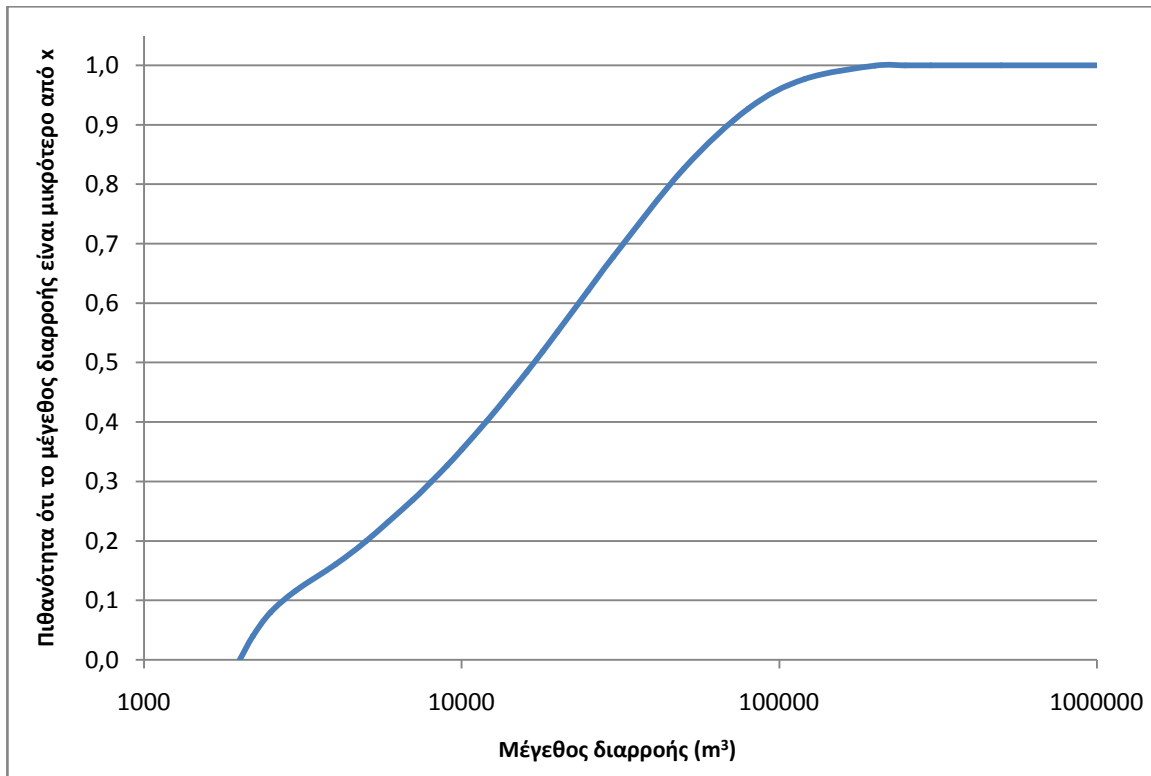
Μετά την ολοκλήρωση της $f(x)$ για το διάστημα που επιθυμούμε στην κάθε περίπτωση, παίρνουμε σαν αποτέλεσμα τα σχήματα 70 και 71.



Σχήμα 70: Αθροιστική συχνότητα του μεγέθους διαρροής (για διαρροές 160 - 2.000 m³)

Στο σχήμα 70 διαπιστώνουμε ότι, δεδομένου ότι έχει συμβεί διαρροή, η πιθανότητα η διαρροή αυτή να είναι μέχρι 650 m³ (≤ 650) είναι 53,3%. Αυτό βέβαια, όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω, ισχύει για διαρροές μεταξύ 160 και 2.000 κυβικών. Επίσης, παρατηρούμε ότι η πιθανότητα η πιθανή διαρροή να είναι μέχρι 1.000 m³ κυμαίνεται στο 76% περίπου. Για 1.500 m³ το αντίστοιχο ποσοστό φτάνει κοντά στο 93%.

Για διαρροές άνω των 2.000 κυβικών ισχύει το σχήμα 71, όπου μας δείχνει τα αντίστοιχα μεγέθη με του σχήματος 70. Στο συγκεκριμένο σχήμα ο άξονας των τετμημένων δίνεται σε λογαριθμική κλίμακα, για οπτικούς κυρίως λόγους και για καλύτερη ανάγνωση των αποτελεσμάτων.



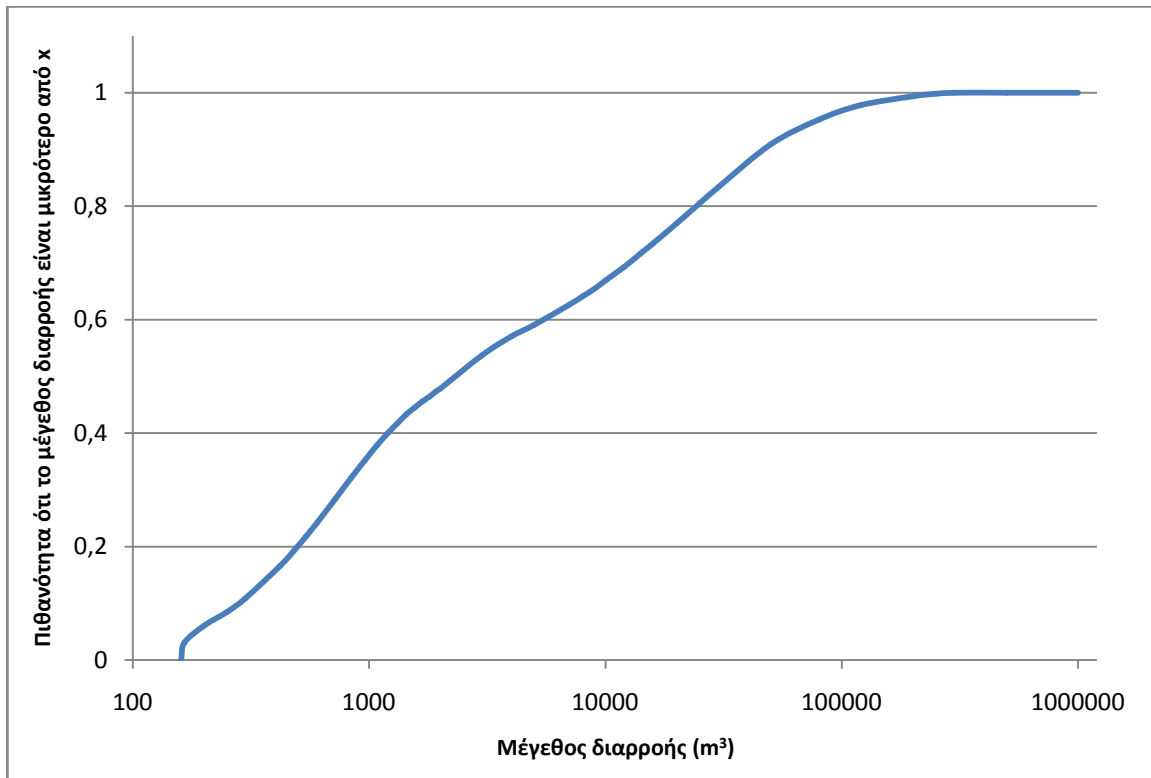
Σχήμα 71 : Αθροιστική συχνότητα του μεγέθους διαρροής (για διαρροές άνω των 2.000 m³)

Όπως διαπιστώνουμε στο προηγούμενο σχήμα, από τα 4.000 έως τα 16.000 m³ περίπου η καμπύλη κάνει ένα μικρό κύρτωμα. Πριν και μετά από αυτό το εύρος, στην καμπύλη παρατηρείται ένα κοίλωμα.

Σε ό,τι έχει να κάνει με τις συχνότητες, στο σχήμα 71 παρατηρούμε ότι, δεδομένου ότι έχει συμβεί διαρροή, η πιθανότητα η διαρροή να είναι μέχρι 18.000 m³ είναι 51,9%. Αυτό βέβαια, όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω, ισχύει για διαρροές άνω των 2.000 κυβικών. Για μέχρι 50.000 m³ το ποσοστό ανεβαίνει στο 83% περίπου. Διαπιστώνουμε επίσης, ότι ο κύριος όγκος των πιθανοτήτων καλύπτει 3 τάξεις μεγέθους (στο διάστημα από 2.000 έως 1.000.000 m³) για τη διαρροή πετρελαίου. Παρατηρώντας λεπτομερώς το σχήμα, μπορούμε να αντλήσουμε τις όποιες πληροφορίες επιθυμούμε και οι οποίες δεν αναφέρονται σ' αυτή την παράγραφο.

Συγκεντρωτικά τέλος, για διαρροές άνω των 160 m³, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 72 που φαίνεται στην επόμενη σελίδα. Το σχήμα, διαπιστώνουμε ότι αρχικά εμφανίζει ένα κύρτωμα, στη συνέχεια ένα κοίλωμα και ακολουθούν πάλι ένα κύρτωμα και ένα κοίλωμα. Μέχρι τα 2.000 m³ περίπου η άνοδος της τιμής της πιθανότητας είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την άνοδο έπειτα από αυτό το νούμερο.

Επιπρόσθετα, παρατηρούμε ότι δεδομένου πως έχει συμβεί ατύχημα με διαρροή, η πιθανότητα το μέγεθος της διαρροής να είναι μέχρι 2.000 κυβικά, αγγίζει το 47,8%. Δηλαδή μέχρι αυτό το σημείο θα έχουν συμβεί λίγο πιο κάτω από τις μισές διαρροές (άνω των 160 κυβικών). Για ποσότητα διαρροής μέχρι 20.000 m³ το ποσοστό ανεβαίνει στο 76,9% και για μέχρι 80.000 πλησιάζει το 95,2%.

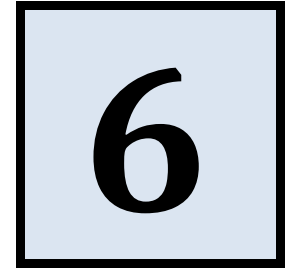


Σχήμα 72: Αθροιστική συχνότητα του μεγέθους διαρροής (για διαρροές άνω των 160 m³)

Να σημειωθεί ότι η σύνθεση του τελευταίου σχήματος έγινε από τα σχήματα 70 και 71 και με τη χρήση αναγωγών. Αυτό έγινε καθώς δεν ήταν δυνατή η επίλυση του διπλού ολοκληρώματος για τόσο μεγάλο αριθμό διαρροών. Επομένως, τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το συγκεκριμένο σχήμα θα ήταν φρόνιμο να χρησιμοποιηθούν με προσοχή.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

ΚΕΦΑΛΑΙΟ



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με την ολοκλήρωση της ανάλυσής μας, έχουμε σχηματίσει πλέον μια όσο το δυνατόν πλήρη εικόνα όσον αφορά τη συμπεριφορά των δεξαμενοπλοίων σε ναυτικά ατυχήματα κατά την περίοδο 1980 έως και 2009.

Στα πλαίσια της μελέτης των ναυτικών αυτών ατυχημάτων, ασχοληθήκαμε μεταξύ άλλων με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες έλαβαν χώρα τα ατυχήματα, την περιοχή που έγιναν, τον τύπο της γάστρας των πλοίων που ενεπλάκησαν στο ατύχημα, την ηλικία των πλοίων, την κατάσταση λειτουργίας τη στιγμή του ατυχήματος. Επίσης ασχοληθήκαμε με τις συνέπειες των ατυχημάτων τόσο για τα πλοία (βλάβες) και το περιβάλλον (ποσότητα πετρελαίου που χύθηκε στη θάλασσα), όσο και για τα άτομα που ενεπλάκησαν σ' αυτά (θάνατοι, τραυματισμοί).

6.1 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην προσπάθειά μας να ανιχνεύσουμε τα αίτια των ατυχημάτων (κυρίως αυτών που προκάλεσαν ρύπανση), οδηγηθήκαμε σε ορισμένα σημαντικά και ενδιαφέροντα στοιχεία.

- Από το 1980 έως και το 2009 συνέβησαν συνολικά (και περιλαμβάνονται στη βάση CTX) 822 ναυτικά ατυχήματα σε δεξαμενόπλοια όλων των τύπων, εκτός αυτών που μετέφεραν χημικά προϊόντα λόγω των ιδιαίτερων σχεδιαστικών χαρακτηριστικών τους. Επίσης δεν συμπεριελήφθησαν ατυχήματα που οφείλονται σε πολεμικές συγκρούσεις ή πειρατεία.

- Το 33 % των ατυχημάτων που μελετήθηκαν συνέβησαν σε πλοία τύπου Handymax (272).
- Το 51,3 % των πλοίων που συμμετείχαν στα ατυχήματα ήταν τύπου Crude Oil Tankers (422).
- Το 41,4 % των δεξαμενοπλοίων που είχαν ατύχημα έφεραν μονή γάστρα τύπου Pre-Marpol Single Hull (341).
- Το 39,6 % των πλοίων ήταν φορτωμένα όταν συνέβη το ατύχημα (326).
- Το 27,6 % των ατυχημάτων συνέβησαν σε λιμάνια, ποτάμια ή κανάλια (227) και το 21,8 % στην ανοιχτή θάλασσα (179).
- Το 62,4 % των ατυχημάτων χαρακτηρίστηκαν ως σοβαρά (513). Από αυτά, τα 108 είχαν σαν αποτέλεσμα την ολική απώλεια του πλοίου (13,1 % επί του συνόλου).
- Στα 822 ατυχήματα των 30 ετών τα οποία μελετήθηκαν, συνολικά 1047 άτομα έχασαν τη ζωή τους και 242 τραυματίστηκαν.
- Το 73,6 % των θανατηφόρων περιστατικών συνέβησαν σε πλοία τύπου Handymax ή Suezmax. Αντίστοιχα, το 78,4 % συνέβησαν σε πλοία ηλικίας άνω των 10 ετών.
- Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο δείκτης απώλειας ζωών που μας δείχνει το πόσα μοιραία περιστατικά αντιστοιχούν σε κάθε ατύχημα για κάθε τύπο δεξαμενοπλοίου. Ο μέσος δείκτης για όλους τους τύπους είναι 1,27 και ο μεγαλύτερος (3,14) εμφανίζεται σε πλοία Suezmax, τιμή η οποία εν πολλοίς οφείλεται σε 2-3 περιστατικά αυτού του τύπου με πολλές απώλειες ανθρωπίνων ζωών.
- Το 52,3 % των ατυχημάτων (429) προκλήθηκαν από δεξαμενόπλοια ηλικίας άνω των 15 ετών. Χαρακτηριστικά, 51 ατυχήματα έγιναν ενώ τα πλοία βρισκόνταν σε ηλικία 18 ετών.
- Από το σύνολο των ατυχημάτων που μελετήθηκαν, το 56 % (441) είχε σαν αποτέλεσμα τη διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα ενώ το υπόλοιπο 44 % (381) δεν είχε.
- Τα 30 χρόνια μελέτης διέρρευσαν συνολικά 2.623.363,319 κυβικά μέτρα πετρελαίου.
- Η χρονιά στην οποία συνέβησαν τα περισσότερα ατυχήματα με διαρροή ήταν το 2001 (31) και αυτή με τα λιγότερα το 2008 (1).
- Το 1983 ήταν η χρονιά που διέρρευσε η περισσότερη ποσότητα πετρελαίου (450.271 m³), ενώ το 2009 διέρρευσαν μόνο 0,2 m³ (πολλά ατυχήματα αυτής της χρονιάς δεν είχαν προστεθεί στη βάση κατά τη διάρκεια της συλλογής των στοιχείων).
- Την πρώτη από τις τρεις δεκαετίες μελέτης διέρρευσε το 47,7 % της συνολικής ποσότητας πετρελαίου.
- Η κατηγορία δεξαμενοπλοίων με τα περισσότερα ατυχήματα (149) που συνοδεύονταν από διαρροή πετρελαίου είναι τα Handymax.
- Από πλοία που έφεραν γάστρα τύπου Pre-Marpol Single Hull (non protectively located segregated ballast tanks) διέρρευσε το 90,1 % της συνολικής ποσότητας.

- Η κατηγορία με την μεγαλύτερη ποσότητα διαρροής για τα 30 χρόνια είναι αυτή των VLCC - ULCC , με 920.000 κυβικά περίπου. Η μεγάλη τιμή της συγκεκριμένης κατηγορίας έχει εν πολλοίς να κάνει και με το γεγονός ότι 3 μόνο μεγάλα ατυχήματα με πλοία της συγκεκριμένης κατηγορίας είχαν σαν αποτέλεσμα τη διαρροή 683.700 κυβικών.
- Το 89,2 % του συνόλου της διαρροής προήλθε από πλοία τα οποία ήταν φορτωμένα (Loaded) , ενώ το 3,3 % από πλοία τα οποία βρίσκονταν σε κατάσταση φόρτωσης (Loading).
- Οι μεγάλες διαρροές παρατηρήθηκαν σε περιοχές με αυξημένη κυκλοφορία πλοίων , σε δύσκολες θάλασσες λόγω στενών περασμάτων , σε περιοχές που υπάρχουν πολλά μικρά νησιά καθώς και σε περιοχές που εμφανίζονται έντονες καιρικές συνθήκες.
- Το 27 % των ατυχημάτων με διαρροή συνέβησαν σε προβλήτες , σταθερές ή μη.
- Το 51,5 % της συνολικής διαρροής προήλθε από πλοία που έπλεαν στην ανοιχτή θάλασσα .
- Ο δείκτης ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για τα 30 χρόνια μελέτης κυμάνθηκε από 0,004 μέχρι 0,02. Μέχρι το 2002 παρατηρήθηκε μια σταδιακή αύξηση του δείκτη , ενώ στη συνέχεια είχαμε πτώση.
- Ο δείκτης διαρροής ανά πλοίο ανά έτος κυμάνθηκε από 5 μέχρι 130 κυβικά μέτρα . Αντίθετα με τον δείκτη ατυχημάτων , παρατηρήθηκε σταδιακή μείωση του δείκτη διαρροής με την πάροδο των ετών.
- Οι δείκτες διαρροής ανά πλοίο ανά έτος (Spillage rates per ship - year) σε κυβικά μέτρα για την παρούσα μελέτη για πλοία τύπου Aframax , Suezmax και VLCC - ULCC είναι οι εξής :

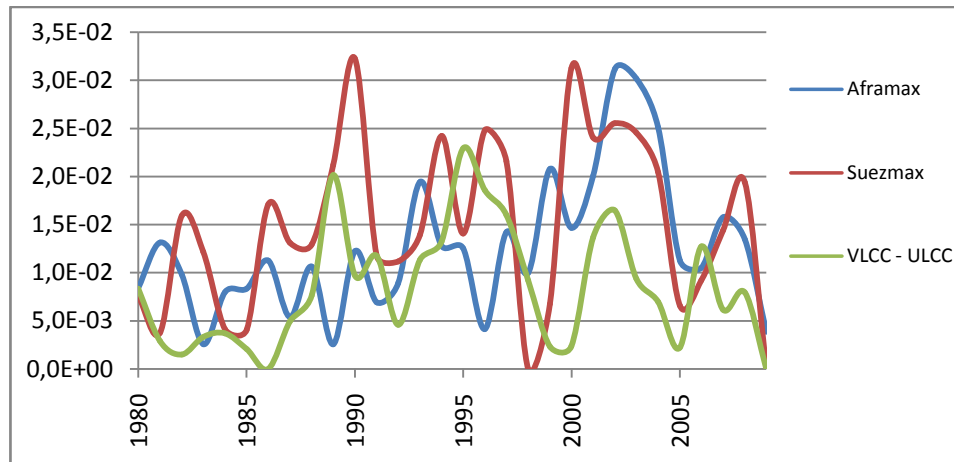
Tanker Size	1980 - 2009	Pre - 1990	Post - 1990
Aframax	42,28	55,42	37,12
Suezmax	50,35	100,98	26,28
VLCC - ULCC	65,75	89,74	49,58

Αντίστοιχα , οι δείκτες (σε τόνους) από τη μελέτη των Παπανικολάου και Ηλιοπούλου το 2007 είναι οι ακόλουθοι :

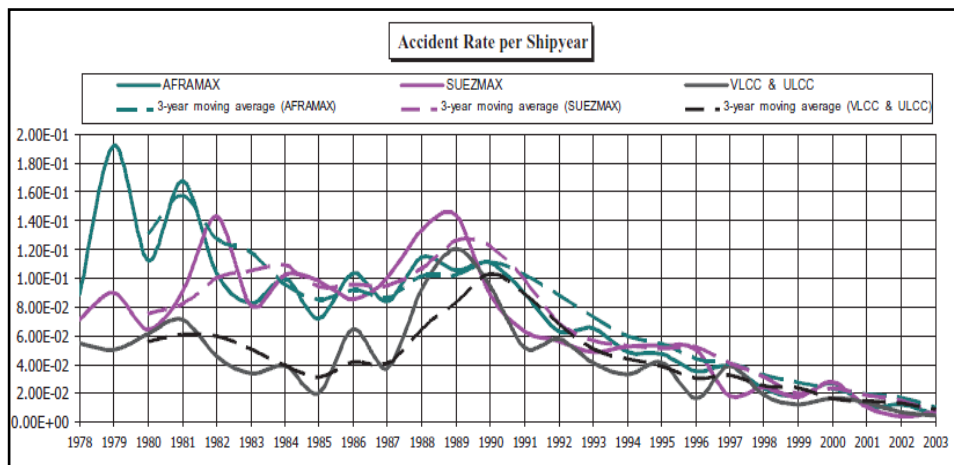
Tanker Size	1978 - 2003	Pre - 1990	Post - 1990
Aframax	31,16	27,52	34,81
Suezmax	59,34	78,80	39,88
VLCC - ULCC	114,17	143,86	84,48

Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες διαπιστώνουμε αρχικά κάποια διαφορά στις τιμές των δεικτών των δύο μελετών (με προσοχή γιατί οι πρώτοι έχουν να κάνουν με κυβικά μέτρα , ενώ οι δεύτεροι με τόνους). Ένα επιπλέον στοιχείο είναι ότι με εξαίρεση τα πλοία Aframax της μελέτης του 2007 , όλοι οι υπόλοιποι δείκτες μειώνονται μετά το 1990 (σε σχέση με πριν).

→ Ο δείκτης ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος για τους τύπους πλοίων Aframax , Suezmax και VLCC-ULCC φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα :



Συγκριτικά , παραθέτουμε και τους αντίστοιχους δείκτες από τη μελέτη των Παπανικολάου και Ηλιοπούλου που αναφέρεται σε ατυχήματα ίδιων τύπων πλοίων για τα έτη 1978 έως 2003 :



Στην μελέτη του 2007 , σε αντίθεση με τη δικιά μας , παρατηρούμε μείωση του δείκτη ατυχημάτων ανά πλοίο ανά έτος (Accident rate per Ship - year) με την πάροδο των ετών. Επίσης , οι δείκτες κυμαίνονται σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με αυτά που υπολογίσαμε στην παρούσα έρευνα .

→ Τα ατυχήματα που μελετήθηκαν στην εργασία χωρίστηκαν στις ακόλουθες επτά κατηγορίες :

1. Hull Structural Failure Incidents
2. Collision Incidents
3. Contact Incidents
4. Grounding Incidents
5. Fire & Explosion Incidents
6. Machinery Failure Incidents
7. Unknown Reasons Incidents

- Τα περισσότερα από τα ατυχήματα (212) είναι ατυχήματα μηχανικών αστοχιών (Machinery Failure) και τα λιγότερα (23) ατυχήματα επαφής (Contact).
- Αντίστοιχα με τον αριθμό των ατυχημάτων, η μεγαλύτερη διαρροή προέκυψε από ατυχήματα της πρώτης κατηγορίας και η μικρότερη από της τρίτης.
- Τα ατυχήματα περιγράφονται στη βάση δεδομένων με ένα σύνολο από κάποια διακριτά γεγονότα. Τα γεγονότα αυτά ταξινομήθηκαν σε δεκαεφτά κατηγορίες οι οποίες είναι οι εξής:
1. Hull Structural Failure
 2. Rules of The Road Screw Up
 3. Machinery Failure
 4. Guidance / Conning Errors
 5. Navigation Errors
 6. Bad Inerting / Hotwork
 7. Bad Charts, Channel, Buoys
 8. Cargo Transfer Problems
 9. Unknown Events
 10. Collision
 11. Contact
 12. Grounding
 13. Fire & Explosion
 14. Sank / Total Loss
 15. Provision of Safe Refuge
 16. Bad Weather
 17. Other Events
- Συνολικά, 220 ατυχήματα είχαν σαν πρώτο γεγονός Machinery Failure και 257 Unknown Reasons.
- Το πιο συχνά εμφανίσιμο τελευταίο γεγονός στα ατυχήματα είναι το Hull Structural Failure με 188 εμφανίσεις και ακολουθεί το Sank / Total Loss με 112.
- Οι μεγαλύτερες τιμές μέσης διαρροής σε κυβικά μέτρα, εμφανίστηκαν για πρώτα γεγονότα Hull Structural Failure, Rules of The Roads Screw Up και Provision of Safe Refuge.
- Η μεγαλύτερη (με διαφορά από τη δεύτερη) μέση διαρροή εμφανίστηκε για τελευταίο γεγονός Sank / Total Loss.
- Το πιο συχνά εμφανιζόμενο πρώτο γεγονός σε συνδυασμό με τύπο πλοίου, είναι το Machinery Failure για Suezmax με συχνότητα 4,55 / 1000 πλοία.
- Αντίστοιχα, για τελευταίο γεγονός είναι το Hull Structural Failure για Aframax με συχνότητα 3,73 / 1000 πλοία.
- Σαν πρώτα γεγονότα, οι κατηγορίες Navigation Errors, Provision of Safe Refuge και Bad Inerting / Hotwork είναι ανεξάρτητες από τον τύπο του πλοίου. Όλες οι υπόλοιπες εξαρτώνται.
- Όσον αφορά το τελευταίο γεγονός, όλες οι κατηγορίες γεγονότων εξαρτώνται από τον τύπο του πλοίου.

- Συσχετίζοντας τα ατυχήματα με τον τύπο πλοίου, διαπιστώσαμε ότι η πιθανότητα να έχουμε κάποιο ατύχημα εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου.
- Τα πλοία τύπου Suezmax χαρακτηρίζονται με την μεγαλύτερη πιθανότητα να έχουν κάποιο ατύχημα (15 πλοία ανά 1000), ακολουθούν τα Aframax και Panamax με 13 ανά 1000 και τελευταία έρχεται η κατηγορία Spec. / Small με συχνότητα 3 πλοία ανά 1000.
- Η πιθανότητα να γίνει κάποιο ατύχημα σύγκρουσης δεδομένου ότι έχει προηγηθεί Human Error, είναι: $4,06 \cdot 10^{-4}$.
- Η πιθανότητα να γίνει κάποιο ατύχημα προσάραξης δεδομένου ότι έχει προηγηθεί Machinery Failure, είναι: $2,91 \cdot 10^{-4}$.
- Η πιθανότητα να γίνει κάποιο ατύχημα επαφής δεδομένου ότι έχει προηγηθεί Human Error, είναι: $6,24 \cdot 10^{-5}$.
- Η πιθανότητα να γίνει κάποιο ατύχημα πυρκαγιάς/έκρηξης δεδομένου ότι έχει προηγηθεί Machinery Failure, είναι: $1,97 \cdot 10^{-4}$.
- Διαπιστώθηκε ότι για τα έτη μελέτης 1980 έως 2009, η πιθανότητα να γίνουν πάνω από 30 ή κάτω από 2 ατυχήματα με διαρροή το έτος είναι σχεδόν 0. Τα μεγαλύτερα ποσοστά, κοντά στο 10%, συγκεντρώνουν οι τιμές από 12 έως 18.
- Η πιθανότητα να συμβούν πάνω από 5 ατυχήματα με διαρροή το έτος, για τύπους πλοίων Spec. / Small είναι πολύ μικρή. Το ίδιο ακριβώς ισχύει και για τύπους πλοίων Panamax.
- Για πλοία τύπου Handymax, διαπιστώθηκε ότι πολύ δύσκολα συμβαίνουν πάνω από 10 ατυχήματα το έτος. Το ίδιο ισχύει και τύπους πλοίων Suezmax.
- Για τύπους πλοίων VLCC - ULCC, η περίπτωση να συμβούν πάνω από 8 ατυχήματα με διαρροή το έτος συγκεντρώνει λίγες πιθανότητες.
- Οι διαρροές, ανάλογα με την ποσότητα πετρελαίου που διέρρευσε, χωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες:
 1. Μικρές (κάτω από 160 m^3)
 2. Μεγάλες (μεταξύ 160 και 28.000 m^3)
 3. Πολύ μεγάλες (άνω των 28.000 m^3)
- Για την πρώτη κατηγορία, η πιθανότητα να γίνουν πάνω από 14 και κάτω από 2 διαρροές είναι αρκετά μικρή.
- Για τη δεύτερη κατηγορία, η μεγαλύτερη πιθανότητα συγκεντρώνεται στο να γίνουν μεταξύ 2 και 16 ατυχήματα.
- Σε ό,τι αφορά τις πολύ μεγάλες διαρροές, η πιθανότητα να συμβούν πάνω από πέντε σ' ένα έτος είναι αρκετά μικρή.
- Για διαρροές από 160 έως 2.000 κυβικών, η πιθανότητα η διαρροή να είναι μέχρι 650 m^3 είναι 53,3% και μέχρι 1500 m^3 , περίπου 76%.
- Για διαρροές άνω των 2.000 κυβικών μέτρων, η πιθανότητα η διαρροή να είναι μέχρι 18.000 m^3 είναι 51,9%, μέχρι 50.000 m^3 , 76% και μέχρι 100.000 m^3 , περίπου 95%.
- Οι 5 σημαίες με τις περισσότερες εμφανίσεις στα ατυχήματα της μελέτης, είναι αυτές των Λιβερία, Η.Π.Α., Ελλάδας, Παναμά και Μάλτας.

6.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Όπως παρατηρήσαμε στην προηγούμενη ενότητα, αρκετά αποτελέσματα βγήκαν από την επεξεργασία των δεδομένων για τα ατυχήματα δεξαμενοπλοίων στα 30 έτη μελέτης. Αξιολογώντας πλέον αυτά τα αποτελέσματα, σε σχέση με τα μέτρα που υιοθετήθηκαν κατά περιόδους παγκοσμίως, καταλήγουμε σε ορισμένα σημαντικά συμπεράσματα.

Αρχικά, παρατηρήθηκε μια στατιστικά σημαντική αυξητική τάση των ατυχημάτων δ/ξ με την πάροδο των ετών (για τα χρόνια μελέτης). Αυτό είναι σημαντικό και ίσως ανησυχητικό μετά από τόσα μέτρα που έχουν ληφθεί. Βέβαια, μπορεί εν πολλοίς να δικαιολογείται από το γεγονός της μη συστηματικής καταγραφής των ατυχημάτων τα παλαιότερα έτη. Σε κάθε περίπτωση πάντως, το στοιχείο αυτό χρίζει περαιτέρω διερεύνησης.

Τα ατυχήματα, όπως είδαμε και στην πορεία της εργασίας, χωρίστηκαν ανάλογα με το είδος τους σε κάποιες κατηγορίες. Μια προσεκτική ματιά στα στοιχεία της κάθε κατηγορίας θα μας βοηθήσει στην αποκωδικοποίηση του προβλήματος της αύξησης των ατυχημάτων.

Στην κατηγορία Hull Structural Failure εμπίπτουν όσα ατυχήματα αναφέρονται σε κατασκευαστική αστοχία και αστοχία εξαρτημάτων και εξοπλισμού του πλοίου. Είναι αυτά που επηρεάζονται περισσότερο από τις καιρικές συνθήκες λόγω των ισχυρών φορτίσεων που καταπονούν την κατασκευή (ενδεχομένως παρουσιάζει πρόβλημα κόπωσης ή άλλων αστοχιών) σε ακραίες καταστάσεις. Για το λόγο αυτό, οι αστοχίες παρουσιάστηκαν κυρίως όταν τα δεξαμενόπλοια έπλεαν στην ανοιχτή θάλασσα. Το σημαντικό είναι ότι από τον συγκεκριμένο τύπο ατυχημάτων προήλθε το 54 % της συνολικής διαρροής και το 40,5 % του συνόλου των θανάτων. Οι δείκτες ατυχημάτων και διαρροής παρατηρήθηκε ότι μειώθηκαν αισθητά με την πάροδο των ετών. Συμπεραίνουμε επομένως ότι οι κανονισμοί που θεσπίστηκαν σχετικά με την επιθεώρηση και την προστασία των κατασκευαστικών στοιχείων, όπως οι επιθεωρήσεις ESP (Enhanced Survey Program) και το πρόγραμμα CAP (Condition Assessment Program), είχαν σημαντική επίδραση στο γεγονός.

Όσον αφορά τα ατυχήματα Fire & Explosions (φωτιάς και έκρηξης), εμπεριέχουν μεγάλο βαθμό επικινδυνότητας για την ανθρώπινη ζωή. Το 31,6 % του συνολικού αριθμού θανάτων προήλθε από ατυχήματα αυτής της κατηγορίας. Στους δείκτες και αυτής της κατηγορίας υπήρξε σταδιακή μείωση των τιμών, άρα διαπιστώνουμε ότι ο Κώδικας ISM και οι απαιτήσεις σχετικά με τα μηχανήματα ανιχνευτών (SOLAS 2000) επέδρασαν θετικά προς την κατεύθυνση αυτή.

Σε ό,τι έχει να κάνει με τα λεγόμενα ατυχήματα ναυσιπλοΐας, δηλαδή αυτά των κατηγοριών Collision, Contact και Grounding, σε όλα παρατηρήθηκε αύξηση του δείκτη ατυχημάτων (σε άλλα μικρή, σε άλλα μεγάλη) και μείωση του δείκτη διαρροής.

Παρατηρούμε επιπλέον ότι λαμβάνουν χώρα κυρίως σε ύδατα με αυξημένη κυκλοφορία ή με περιορισμένη δυνατότητα ελιγμών. Η πρώτη κατηγορία δεν εμφανίζει ανησυχητικές τιμές όσον αφορά τη διαρροή, ενώ ο υψηλός αριθμός στα περιστατικά θανάτων οφείλεται κυρίως σ' ένα μεμονωμένο περιστατικό. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει λίγα (συγκριτικά με τις άλλες κατηγορίες) ατυχήματα με μικρή διαρροή για τα έτη μελέτης. Αντίθετα, αυτά της κατηγορίας Grounding συγκεντρώνουν το 16,3 % της συνολικής διαρροής και παρουσιάζουν πολύ μικρή αύξηση (σχεδόν σταθερός) του δείκτη ατυχημάτων.

Τέλος, υπάρχουν και τα ατυχήματα μηχανικών αστοχιών, Machinery Failure. Τα ατυχήματα αυτού του τύπου είχαν σαν αποτέλεσμα τη διαρροή του 13,9 % της συνολικής και εμφάνισαν την μεγαλύτερη αύξηση (στατιστικά σημαντική) στον δείκτη ατυχημάτων στην πορεία των ετών. Επιπλέον, το γεγονός "Machinery Failure" είναι το πιο συχνά εμφανιζόμενο πρώτο γεγονός και συχνά οδηγεί σε ολική ή μερική απώλεια ισχύος, όπου στην κατάσταση αυτή το πλοίο είναι επιρρεπές σε ατύχημα. Το στοιχείο αυτό είναι σημαντικό και ενδεχομένως μπορεί να οδηγήσει στη θέσπιση κάποιων μέτρων, με έμφαση κυρίως στη συχνότερη και αυστηρότερη συντήρηση της κύριας μηχανής (μηχανολογικού εξοπλισμού γενικά) του πλοίου.

6.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ

Από τη μελέτη των στοιχείων για την ανάλυση των ναυτικών ατυχημάτων διαπιστώθηκε το πόσο σημαντική είναι η ύπαρξη μιας βάσης δεδομένων κατάλληλα διαμορφωμένης για το σκοπό αυτό. Οι περισσότερες βάσεις είναι ιδιωτικές, η πρόσβαση δεν είναι δωρεάν και ελεύθερη για το κοινό και οι περισσότερες απαγορεύουν την αναδημοσίευση των αποτελεσμάτων. Το γεγονός αυτό αποτελεί τροχοπέδη στο πεδίο της έρευνας, στη βελτίωση του σχεδιασμού των πλοίων και στη θέσπιση νέων κανονισμών. Μια ιδανική βάση λοιπόν, θα πρέπει:

1. Να είναι πλήρως δημόσια, ελεύθερα διαθέσιμη, δωρεάν προσβάσιμη και πλήρως μεταφορτώσιμη σε Η/Υ.
2. Να είναι κατανοητή από το ευρύ κοινό.
3. Να καταγράφει λεπτομερή και όχι επιφανειακά στοιχεία ατυχημάτων.
4. Να υποστηρίζει διορθώσεις και προσθήκες στα στοιχεία, άμεσα.
5. Να εξηγεί αναλυτικά το πως έγινε η κατηγοριοποίηση των στοιχείων, χωρίς πολύπλοκους κώδικες που είναι δυσνόητοι.
6. Να δίνει μεγαλύτερη έμφαση στις αιτίες των ατυχημάτων.

Η βάση δεδομένων CTX που χρησιμοποιήθηκε για την άντληση των στοιχείων για την παρούσα εργασία, επιλέχθηκε γιατί πληροί τις περισσότερες απ' αυτές τις προϋποθέσεις, πάντα όμως υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης.

Σε συνδυασμό με την ύπαρξη μιας σωστά δομημένης και κατασκευασμένης βάσης, ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα θα ήταν μια ανάλυση η οποία θα επικεντρωνόταν στην όσο το δυνατόν καλύτερη συσχέτιση μεταξύ της αιτίας των ατυχημάτων και των συνεπειών από αυτά. Από μια τέτοια μελέτη πιθανόν να εξαγονταν σημαντικά συμπεράσματα που να οδηγούσαν σε περισσότερο στοχευμένα μέτρα μελλοντικά. Επίσης, μια έρευνα η οποία θα εξέταζε λεπτομερέστερα στοιχεία πάνω στα ατυχήματα ναυσιπλοΐας (Collision, Contact, Grounding), όπως ταχύτητα προσάραξης, ταχύτητα σύγκρουσης των πλοίων, ταχύτητα ρευμάτων, βάθος και γωνία διείδυσης, σημείο επαφής κλπ, θα ήταν ευπρόσδεκτη.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

Βιβλιογραφία

- **Ηλιοπούλου Ελευθερία (2006)** : “Μεθοδολογία ανάπτυξης νέων κανονισμών ευστάθειας πλοίων κατόπιν βλάβης και επιδράσεις στη μελέτη και σχεδίαση”, διατριβή, Εργαστήριο Μελέτης Πλοίου, ΕΜΠ.
- **Μπουρίκας Ε. (2006). Διπλωματική Εργασία** : “Ανάλυση ναυτικών ατυχημάτων δεξαμενοπλοίων VLCC - ULCC”, επιβλέπων Απόστολος Δ. Παπανικολάου, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχ. Μηχ., (2006).
- **Σταυρίδης Γ. (2007). Διπλωματική Εργασία** : “Πετρελαϊκή ρύπανση από ατυχήματα δ/ξ στον Ελληνικό θαλάσσιο χώρο”, επιβλέπων Χαρίλαος Ν. Ψαραύτης, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχ. Μηχ., (2007).
- **Safeco** : *WP/III.2.1 Statistical Analysis of Accident Data*
- **J. W. Devanney III and Robert J. Steward (October 1974). Journal Article** : “Bayesian Analysis of Oil Spill Statistics”.s.I. : *Marine Technology*, pages 365 - 382, (October 1974).
- **Eleftheria Elioroulou (2006)** : “Casualty Analysis of Large Tankers”, *Eleftheria Elioroulou - Apostolos Papanikolaou (June 2006)*.
- **Οικονόμου Κ. (2010). Διπλωματική Εργασία** : “Στατιστική Ανάλυση Ατυχημάτων Πυρκαγιάς / Έκρηξης στον Παγκόσμιο Στόλο”, επιβλέπων Νικόλαος Π. Βεντίκος, Αθήνα : Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχ. Μηχ., (2010).
- **Γέμελος Ι. (2006). Διπλωματική Εργασία** : “Ο Ανθρώπινος Παράγοντας και η Συμμετοχή του στην Πρόκληση Ναυτικών Ατυχημάτων για Επιβατηγά Πλοία στον Ελλαδικό Χώρο - Στατιστικά Μοντέλα και Προσέγγιση της Πιθανότητας Ανθρωπίνου Σφάλματος”, επιβλέπων Νικόλαος Π. Βεντίκος, Αθήνα : Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχ. Μηχ., (2006).
- **Κοκολάκης Γ. και Σπηλιώτης Ι. (1999)** : “Εισαγωγή στη Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική”, 3^η Έκδοση, Εκδόσεις Συμewών.
- **Τσάντας Ν. , Μωυσιάδης Χρ. , Μπαγιάτης Ντ. και Χατζηπαντελής Θ. (1999)** : “Ανάλυση Δεδομένων Με Τη Βοήθεια Στατιστικών Πακέτων”, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, Μάιος 1999.

- **Peter Burgherr (2006) . Journal of Hazardous Materials :** “In depth analysis of accidental oil spills from tankers in the context of global spill trends from all sources” , pages 245 - 256 , Paul Scherrer Institut (PSI) , Laboratory for Energy Systems Analysis , Switzerland , July 2006.
- **Apostolos Papanikolaou (2006) :** “Analysis of AFRAMAX Tankers accidents” , International workshop on marine oil pollution control , Ship Design Laboratory , Greece , Athens , NTUA , July 2006.
- **Papanikolaou A. - Eliopoulou E. - Mikelis N. (2006) :** “Impact of Hull Design on Tanker Pollution” , Proc. 9th International Marine Design Conference - IMDC06 , Ann Arbor-Michigan , 16-19 May 2006.
- **Jack Devanney (2008) :** “Uses and Abuses of Ship Casualty Data” , Center for Tankship Excellence , USA , 2008 .
- **Μπούτσικας Μ. (2004) :** “Στατιστικά Προγράμματα” , Πανεπιστημιακές σημειώσεις για το Τμήμα Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης , Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- **Mark A. Cohen (1985) . Journal of Environmental Economics and Management :** “The Costs and Benefits of Oil Spill Prevention and Enforcement” , pages 167 - 188 , U.S. Sentencing Commission , N. W. Washington , D. C. , 1986.
- **Ruud Hendrickx (2007) :** “Maritime Oil Pollution : an Empirical Analysis” , Shifts in Compensation for Environmental Damage , Tort and Insurance Law Yearbook , pages 243-260 .
- **Sabine Knapp , Philip Hans Franses (2007) . Article Marine Policy :** “Econometric analysis to differentiate effects of various ship safety inspections” , pages 653 - 662 , Econometric Institute , Erasmus University , Rotterdam , July 2008 .
- **Ασημακόπουλος Δ. , Αραμπατζής Γ. (2002) :** “Τεχνικές Ανάλυσης Δεδομένων και Λήψης Αποφάσεων” , σελ. 125-150 , Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- **Διαμαντής Π. (2010). Διπλωματική Εργασία :** “Ανάλυση Ναυτικών Ατυχημάτων Δεξαμενοπλοίων Μεσαίου Μεγέθους” , επιβλέπων Απόστολος Δ. Παπανικολάου , Αθήνα : Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο , Σχολή Ναυπηγών Μηχ. Μηχ. , (2010).
- **Ζαγοραίος Γ. (2008). Διπλωματική Εργασία :** “Μελέτη του Κόστους Καταπολέμησης Πετρελαιοκηλίδων στον Ελλαδικό Χώρο” , επιβλέπων Νικόλαος Π. Βεντίκος , Αθήνα : Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο , Σχολή Ναυπηγών Μηχ. Μηχ. , (2008).

Πηγές στο διαδίκτυο
(Τελευταία Ενημέρωση 22/12/2011) :

- <http://www.duivendijk.net/newtank.htm>
- <http://www.c4tx.org/ctx/job/cdb/summary.html>
- http://www.c4tx.org/ctx/pub/cdb_man.pdf
- <http://www.aukevisser.nl/supertankers/part-1/index.html>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Tanker_\(ship\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Tanker_(ship))
- <http://www.clarksons.net/markets/>
- <http://www.imo.org>
- <http://www.itopf.com/>
- <http://www.diakrisinet.gr/nonparametric.html/>
- androulakis.bma.upatras.gr/mediawiki/index.php/Στατιστική
- <http://www.ssb.no/english/>
- <http://stattrek.com/tables/chisquare.aspx>
- <http://www.gisis.imo.org>
- <http://www.statsoft.com/textbook/distribution-tables/#chi>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Stochastic_process
- http://en.wikipedia.org/wiki/Oil_tanker
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Variance>
- <http://www.boemre.gov/eppd/sciences/osmp/spillraterefs.html>
- <http://www.fearnleys.com/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Α

ΔΕΙΓΜΑ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ EXCEL :

Ship Name	Ship Type	DWT (tons)	Gross Tonnage (tons)	Size Categories	Year Built	Beam	Depth	Hull Type	Propulsion	IMO Number	Source	Flag State	Class Society
Salem	Crude Tanker	213928		VLOC	1969			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	7000798	LMU		
Princess Anne Maria	Tanker Other / Unknown	69536		Panamax	1964			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	6412205	LMU		
Aries	Tanker Other / Unknown	24796		Handymax	1944	22.90	12.70	Pre-Marpol Single Hull	Single screw	5149887	LMU	United States	
Henes Seentade	Crude Tanker	105460		Afamax	1965			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	6529937	LMU	Greece	
Tanio	Tanker Other / Unknown	27700		Handymax	1958			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	5212397	LMU	Madagascar	
Maria Alejandra	Crude Tanker	239010		VLOC	1977			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	7386233	LMU	Spain	
Albahar B	Crude Tanker	239410		VLOC	1971			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	7041467	LMU	Liberia	
Mycene	Crude Tanker	238889		VLOC	1976			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	7386221	LMU	Liberia	
Asphalt Merchant	Tanker Other / Unknown	21215		Handymax	1955			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	5279004	LMU		
Nona Mare	Tanker Other / Unknown	16786		Handymax	1954			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	5055002	LMU		
Energy Concentration	Crude Tanker	215675		VLOC	1970			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	7007198	LMU	Liberia	Bureau Veritas
Copper Mountain	Crude Tanker	87507		Afamax	1964	36.60	19.20	Pre-Marpol Single Hull	Single screw	6419473	LMU		
Tenaco North Dakota	Dry Bulk Carrier	21177		Handymax	1953			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	5357317	LMU	United States	
Capagari II	Tanker Other / Unknown	29247		Handymax	1961	24.64	13.87	Pre-Marpol Single Hull	Single screw	5256666	LMU		
Darbyshire	Oil Bulk Oil	169044		Suezmax	1975	44.19	25.00	Double Hull	Single screw	7343055	LINX	United Kingdom	
Oceanic Grandeur	Crude Tanker	61171		Panamax	1965			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	6521381	LMU		
Julia Wilson	Crude Tanker	97.173		Afamax	1974	40.05	22.26	Pre-Marpol Single Hull	Single screw	7385617	FSI	Spain	
Kapetan Markos NL	Crude Tanker	74964		Panamax	1962	33.56	18.49	Pre-Marpol Single Hull	Single screw	5164198	LMU		
Ogo Fambor	Tanker Other / Unknown	10663		Handymax	1966			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	6420197	LMU	Liberia	
John A. Miccone	Crude Tanker	215419		VLOC	1970			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	6914409	BTC		
Juan Lavalleja	Products Tanker	131663		Suezmax	1975			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	7373212	REMPEC		
Blossom	Tanker Other / Unknown	19430		Handymax	1959			Pre-Marpol Single Hull	Single screw	5262665	LMU	Liberia	

Coastal State	STS Status	Pilot Status	IGS Status	Date of casualty	Area	Locale	Time	Weather	Visibility	Activity	Material	Volume (m^3)	Killed	Hurt
Cuba		No Pilot		17/11/1980	West Coast of Africa	Open water				Ballast		Yes	0	0
United States				28/1/1980	Cuba	-				Loaded	Crude	7.050	0	0
Greece	No Lightering			6/2/1980	Gulf of Mexico	Open water				Loaded	Heavy fuel as cargo	0	0	0
France		No Pilot		7/3/1980	Aegean Sea	Harbor, river, canal	Day	Beaufort 8		Loaded	Crude	120.000	2	
Tanzania		No Pilot		11/3/1980	East African Coast	Open water				Ballast	Ships own bunkers	4.660	36	
Sierra Leone		No Pilot		3/4/1980	East African Coast	Open water	Night			Tank Cleaning	Ships own bunkers	4.660	6	
Tunisia		No Pilot		3/4/1980	West Coast of Africa	Open water	Day			Ballast	Ships own bunkers	4.660	1	
Belgium				8/4/1980	East Mediterranean					Repairing		0	0	0
Netherlands		No Pilot	Operating properly	22/7/1980	Rotterdam	Harbor, river, canal				Discharging		0	0	0
United States				9/8/1980	Corpus Christi	Restricted waters		Beaufort 12				0	0	0
United States	No Lightering	No Pilot		21/8/1980	Gulf of Mexico	Open water	Night		Good	Loaded	Gasoline / naptha	2.860	0	0
Bahamas				24/8/1980	Freeport, Bahamas	Open water				Loaded	Crude	120.000	2	
Japan	No Lightering	No Pilot		9/9/1980	North Pacific	Open water		Hurricane typhoon		Loaded	Ships own bunkers	2.400	44	0
Singapore				4/10/1980	Straits of Malacca	-						0	2	
Spain				12/10/1980	North Atlantic	Open water						0	1	
Italy				31/10/1980	West Mediterranean	Open water						0	0	0
Morocco				28/12/1980	West Mediterranean	At fixed berth		High winds		Ballast		0	0	0
United States				28/12/1980	Los Angeles	-					Crude	317	0	0
Algeria				28/12/1980	Arzew	At fixed berth		High winds		Loading	Gasoline / naptha	52.700	0	0
Italy	No Lightering	No Pilot		31/12/1980	West Mediterranean	Open water				Ballast	Ships own bunkers	Yes	1	

Events							Initial Incident No
1	2	3	4	5	6	7	
Intentionally sunk	Sunk						4
Don't Know							9
Main Engine Failure	E.R. Fire / Explosion	Total Loss of power	Total Loss				3
Hull failure, corrosion	Cargo tank fire / explosion	Sank					6
Don't Know	Sank	Scrapped					6
Don't Know	Cargo tank fire / explosion	Sank					9
Other Fire Ignition	Cargo tank fire / explosion	Sank					6
Other Fire Ignition	Cargo tank fire / explosion	Hull failure					6
Don't Know	Grounding	Scrapped					9
Don't Know	Cargo tank fire / explosion	Scrapped					9
Incorrect loading	Hull failure, corrosion	Sank					8
Don't Know	Anchor dragged	Grounding					9
Bad charts on-board	Allision	Holed	Cargo tank fire / explosion	Taken under tow	Scrapped		5
Don't Know	E.R. Fire / Explosion	Total Loss of power	E.R. Flooding				9
Bad Routing	Deck Fitting Failure	Hull failure, corrosion	Sank				5
Minor Hull Failure	Cargo tank fire / explosion	Scrapped					1
Fuel / tube pipe leak	E.R. Fire / Explosion	Taken under tow					3
Don't Know	Fire, explosion	Grounding	Taken under tow	Scrapped			9
Don't Know	Allision	Collision	Holed	Scrapped			9
Unmanned by weather	Grounding	Holed	Lightered / Lightened	Rafted	Taken under tow		16
Don't Know	Cargo tank fire / explosion	Hull failure, corrosion	Scrapped				9

Following Incident No						Causes				
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5
14						-	-	-	-	-
13	3	14				-	-	-	-	-
14	17					Cargo leaking into ballast tanks	-	-	-	-
13	14					-	-	-	-	-
13	14					Static electricity from tank cleaning	-	-	-	-
13	17					-	-	-	-	-
12	17					-	-	-	-	-
13	17					-	-	-	-	-
1	14					Lousy owner care	Crew fatigue	-	-	-
4	12					-	-	-	-	-
10	1	13	17	17		-	-	-	-	-
13	3	3				-	-	-	-	-
1	1	14				-	-	-	-	-
13	17					SBT corrosion	Corrosion	Cargo leaking into ballast tanks	-	-
13	17					-	-	-	-	-
13	12	17				-	-	-	-	-
10	10	1	17			-	-	-	-	-
12	1	17	17	17		-	-	-	-	-
13	1	17				-	-	-	-	-

1	Evidence				Non Accidental	Accidental	Grounding		Collision		
	2	3	4	5			Ship Speed	Current Speed	Other Ship	Damage Depth	Damage Angle
Beyond doubt	-	-	-	-	0						
None	-	-	-	-		0					
Very weak	-	-	-	-	0						
Very weak	-	-	-	-	0						
Circumstantial	-	-	-	-	0						
None	-	-	-	-	0						
Situational	-	-	-	-		0					
Situational	-	-	-	-	0						
None	-	-	-	-		0	N/A	N/A			
None	-	-	-	-		0					
Solid	Solid	-	-	-	0						
None	-	-	-	-	0		N/A	N/A			
Beyond doubt	Beyond doubt	-	-	-	0						
None	-	-	-	-		0					
Beyond doubt	Solid	Solid	-	-	0						
Solid	Solid	Solid	-	-	0						
Solid	-	-	-	-		0	N/A	N/A			
None	-	-	-	-		0	N/A	N/A	Sonic Sky	N/A	N/A
Circumstantial	-	-	-	-	0						
None	-	-	-	-		0	N/A	N/A			
Circumstantial	-	-	-	-	0						
None	-	-	-	-		0					

INCIDENTS	
1	<i>Hull Structural Failure</i>
2	<i>Rules Of The Road Screw Ups</i>
3	<i>Machinery Failure</i>
4	<i>Guidance / Conning Errors</i>
5	<i>Navigation Errors</i>
6	<i>Bad Inerting / Hotwork</i>
7	<i>Bad Charts , Chammel , Buoys</i>
8	<i>Cargo Transfer Problems</i>
9	<i>Unknown Events</i>
10	<i>Collision</i>
11	<i>Contact</i>
12	<i>Grounding</i>
13	<i>Fire & Explosion</i>
14	<i>Sank / Total Loss</i>
15	<i>Provision of safe refuge</i>
16	<i>Bad Weather</i>
17	<i>Other Events</i>

Παράρτημα Β

ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΤΙΜΕΣ CHI - SQUARE STATISTIC

Για να καθορίσουμε την κρίσιμη τιμή από μια κατανομή χ^2 (μ' ένα συγκεκριμένο βαθμό ελευθερίας), πηγαίνουμε στον πίνακα Α2 στο κατάλληλο κελί. Για παράδειγμα, η κρίσιμη τιμή για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ μιας κατανομής χ^2 με 5 βαθμούς ελευθερίας είναι 11,07. Αυτό σημαίνει ότι η περιοχή στα δεξιά του 11,07 (κρίσιμη τιμή) στην κατανομή με 5 βαθμούς ελευθερίας είναι 0,05.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α1: Κρίσιμες τιμές της Chi - square

Degrees of Freedom	Επίπεδο σημαντικότητας α				
	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88
2	4,61	5,99	7,38	9,21	10,60
3	6,25	7,81	9,35	11,34	12,84
4	7,78	9,49	11,14	13,28	14,86
5	9,24	11,07	12,83	15,09	16,75
6	10,64	12,59	14,45	16,81	18,55
7	12,02	14,07	16,01	18,48	20,28
8	13,36	15,51	17,53	20,09	21,96
9	14,68	16,92	19,02	21,67	23,59
10	15,99	18,31	20,48	23,21	25,19
11	17,28	19,68	21,92	24,72	26,76
12	18,55	21,03	23,34	26,22	28,30
13	19,81	22,36	24,74	27,69	29,82
14	21,06	23,69	26,12	29,14	31,32
15	22,31	25,00	27,49	30,58	32,80
16	23,54	26,30	28,85	32,00	34,27
17	24,77	27,59	30,19	33,41	35,72
18	25,99	28,87	31,53	34,81	37,16
19	27,20	30,14	32,85	36,19	38,58
20	28,41	31,41	34,17	37,57	40,00
21	29,62	32,67	35,48	38,93	41,40
22	30,81	33,92	36,78	40,29	42,80
23	32,00	35,17	38,08	41,64	44,18
24	33,20	36,42	39,36	42,98	45,56
25	34,38	37,65	40,65	44,31	46,93
26	35,56	38,89	41,92	45,64	48,29
27	36,74	40,11	43,19	46,96	49,65
28	37,92	41,34	44,46	48,28	51,00
29	39,09	42,56	45,72	49,59	52,34
30	40,26	43,77	46,98	50,89	53,67
40	51,81	55,76	59,34	63,69	66,77
50	63,17	67,50	71,42	76,15	79,49
60	74,40	79,08	83,30	88,38	91,95
70	85,53	90,53	95,02	100,42	104,22
80	96,58	101,88	106,63	112,33	116,32
90	107,56	113,14	118,14	124,12	128,30
100	118,50	124,34	129,56	135,81	140,17

Παράρτημα Γ

ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΓΚΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Ο ετήσιος όγκος του πετρελαίου που μεταφέρθηκε για τα έτη από το 1980 μέχρι και το 2009 παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα και εκφράζεται σε μέγεθος δισεκατομμυρίων κυβικών μέτρων.

Να σημειωθεί ότι επειδή δεν είχαμε στη διάθεσή μας στοιχεία για όλα τα έτη, αλλά γνωρίζαμε μόνο ορισμένα από αυτά, έγινε γραμμική παρεμβολή για την εύρεση και των υπολοίπων όγκων που έλειπαν.

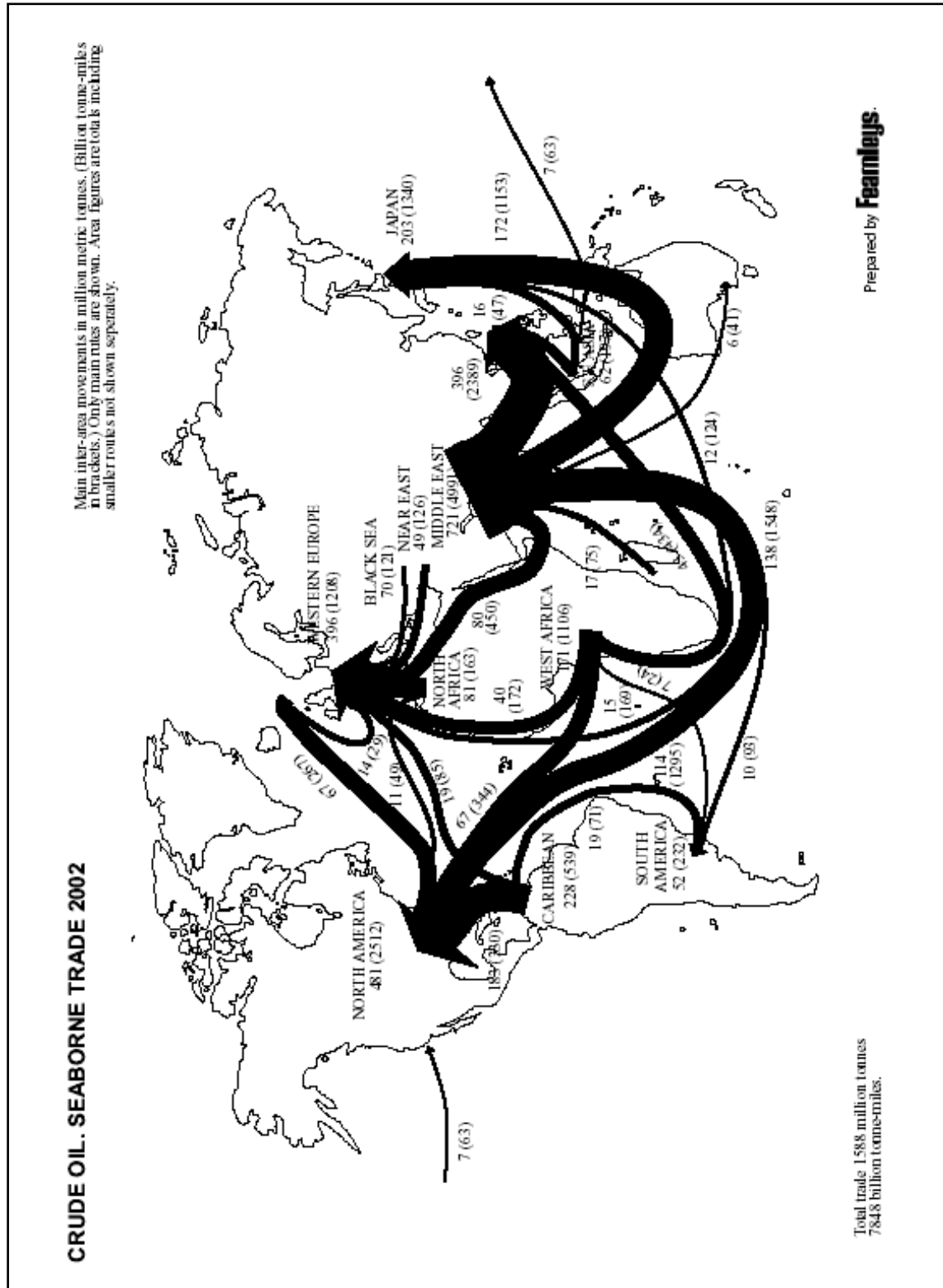
ΠΙΝΑΚΑΣ Α2: Όγκος πετρελαίου που μετακινήθηκε ανά έτος

Year	Oil Transportation ($10^9 m^3$)
1980	2,024
1981	2,057
1982	2,089
1983	2,122
1984	2,155
1985	2,188
1986	2,221
1987	2,254
1988	2,287
1989	2,320
1990	2,353
1991	2,386
1992	2,418
1993	2,452
1994	2,485
1995	2,518
1996	2,551
1997	2,584
1998	2,617
1999	2,649
2000	2,682
2001	2,715
2002	2,748
2003	2,781
2004	2,814
2005	2,847
2006	2,880
2007	2,913
2008	2,946
2009	2,979
Σύνολο	75,035

Από τον άνω πίνακα διαπιστώνουμε ότι με την πάροδο των ετών υπήρξε αύξηση του ετήσιου όγκου πετρελαίου που μετακινήθηκε ανά την υφήλιο.

Παράρτημα Δ

ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΕΜΠΟΡΙΟ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΤΟ 2002



Παράρτημα Ε

ΒΑΘΜΟΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΣΤΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει όλα τα ατυχήματα από αυτά που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία, στα οποία αναφέρονται επιπλέον στοιχεία για τη σύγκρουση των πλοίων. Στις στήλες του πίνακα παρουσιάζονται το όνομα του πλοίου, το βάθος διείσδυσης μέσα στο πρώτο (το πλοίο που αναφέρεται στη βάση) πλοίο, η ταχύτητα του πρώτου πλοίου, η ταχύτητα του δεύτερου πλοίου, ο αριθμός θανάτων που προήλθαν από το ατύχημα και ο όγκος της διαρροής.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α3 : *Depth of Penetration in CTX Collisions*

Όνομα πλοίου	Βάθος διείσδυσης	Γωνία	Σημείο επαφής 1 ^ο πλοίου	Σημείο επαφής 2 ^ο πλοίου	Ταχύτητα πλοίου 1	Ταχύτητα πλοίου 2	Θάνατοι	Διαρροή (m ³)
Patmos	10	-	-	Stbd bow	-	-	3	842
Century Dawn	-	100	Port forward	Bow	8	12	0	12.000
Jambur	+6	-	Stbd forward	Bow	-	-	0	2.100
Volgoneft 263	5	-	Port midships	Bow	3	-	0	1.400
Shinoussa	-	-	Port bow	Port forward	11	5,5	0	2.000
Sea Spirit	+5	-	Stbd side	Bow	-	-	0	7.770
Agip Abruzzo	14	110	Stbd aft	Bow	0	18	140	2.800
Maersk Navigator	+10	-	Port midships	Bow	-	-	0	29.400
Nagasaki Spirit	15	90	Port midships	Bow	-	20	51	14.100
British Trent	-	-	Port forward	Bow	1	11,5	9	6.890
Seki	-	90	Port forward	Bow	-	1	0	18.800
New World	+10	-	Port forward	Bow	-	-	8	3.500
Gudermes	1	-	Port forward	Port bow	11	11	0	83,5
British Vigilance	15	135	Port aft	Stbd bow	14,5	12	0	0
Kaminesan	2	10	Port bow	Port forward	-	-	0	-
Spetses	3	20	-	Bow	-	-	0	0
Bergitta	-	-	Port stern	Port aft	12	18	0	0
Genmar Kestrel	+4	-	Stbd aft	Port forward	-	-	0	1.557
Genmar Stength	-	-	Bow	Stbd bow	8,5	6,5	1	Yes
Tintomara	11	90	Bow	Stbd midships	-	10	0	1,1
Nassia	+20	-	Port bow	Bow	-	-	42	23.500

Παράρτημα ΣΤ

ΣΗΜΑΙΕΣ ΠΛΟΙΩΝ ΠΟΥ ΜΕΤΕΙΧΑΝ ΣΤΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

Από τα 822 ατυχήματα που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία, στα 578 από αυτά αναφέρεται (στη βάση CTX) η σημαία που έφερε το πλοίο τη στιγμή του ατυχήματος. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται το πώς κατανέμονται οι σημαίες αυτές. Οι πρώτες (αριθμητικά) 12 σημαίες καλύπτουν το 78 % όλων των τύπων σημαιών που καταγράφονται στα ατυχήματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α4: Οι σημαίες των πλοίων που μετείχαν στα ατυχήματα της μελέτης

Flag State	Total number	Flag State	Total number
Liberia	92	Bahrain	1
United States	57	Belize	1
Greece	52	Cambodia	1
Panama	49	France	1
Malta	39	Germany	1
Bahamas	38	Gibraltar	1
Singapore	29	Indonesia	1
Cyprus	21	Iraq	1
Marshall islands	21	Libya	1
United Kingdom	21	Luxembourg	1
Norway	20	Madagascar	1
India	12	Malaysia	1
Brazil	8	Morocco	1
Argentina	7	Netherlands	1
China	6	Nigeria	1
Portugal	6	Peru	1
Bermuda	5	Philippines	1
Cayman islands	5	Qatar	1
Italy	5	Romania	1
Russian federation	5	Saudi Arabia	1
South Korea	5	Thailand	1
Bangladesh	4	Uruguay	1
Denmark	4	Σύνολο	578
Iran	4		
Spain	4		
Saint Vincent	4		
Turkey	4		
Barbados	4		
Canada	3		
Japan	3		
Russia	3		
Venezuela	3		
Bulgaria	2		
Chile	2		
Dominica	2		
Hong Kong	2		
Kuwait	2		
Mexico	2		
Sweden	2		

Copyright © Αντώνιος Χρ. Νομικός, 2012