

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ  
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ



Γεωργακόπουλος  
Σπύρος

Κωνσταντίνου  
Άγις

Επιβλέπων καθηγητής

Απόστολος Δ.  
Παπανικολάου

Ευχαριστούμε θερμά τον Καθηγητή Απόστολο Δ. Παπανικολάου που μας εμπιστεύτηκε την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και για την εποικοδομητική επίβλεψή του. Επίσης ευχαριστούμε τη Δρα Ελευθερία Ηλιοπούλου για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε στη συγγραφή της παρούσας εργασίας. Τέλος ευχαριστούμε το συνάδελφο μας Κοπούκη Απόστολο για τη βοήθεια και συνεργασία του πάνω στην κατασκευή της βάσης δεδομένων SDL.

## Περιεχόμενα

|   |    |
|---|----|
| 1.Εισαγωγή.....   | 6  |
| 1.1.Περίληψη .....  | 6  |
| 1.2.Σκοπός διπλωματικής εργασίας.....                           | 7  |
| 1.3.Κατανομή εργασίας.....                                      | 8  |
| 2.Γενικές Πληροφορίες .....                                     | 9  |
| 2.1.Ιστορικό Υπόβαθρο .....                                     | 9  |
| 2.2.Τυποποίηση των εμπορευματοκιβωτίων .....                    | 10 |
| 2.3.Εξέλιξη των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.....       | 11 |
| 2.4.Θέματα Σχεδίασης.....                                       | 13 |
| 2.5.Θέματα Ασφαλείας .....                                      | 15 |
| 2.6.Κίνδυνοι μεταφοράς προϊόντων με εμπορευματοκιβώτια .....    | 17 |
| 2.7.Ορισμοί.....  | 18 |
| 2.7.1.Βασικοί Ορισμοί .....                                     | 18 |
| 2.7.2.Κατάσταση Λειτουργίας (Operational State).....            | 19 |
| 2.7.3.Κατάσταση Φόρτωσης (Loading Condition).....               | 20 |
| 2.7.4.Απώλεια Υδατοστεγούς Ακεραιότητας (LOWI Occurrence) ..... | 21 |
| 2.8.Σημαντικά ατυχήματα .....                                   | 22 |
| 2.8.1.Rena.....   | 23 |
| 2.8.2.Napoli .....  | 27 |
| 2.8.3.Hanjin Venezia.....                                       | 31 |
| 2.8.4.MOL Comfort.....  | 35 |
| 3.Ατυχήματα Σύγκρουσης (Collision) .....                        | 38 |
| 3.1.Ποιοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου .....                         | 38 |
| 3.2.Ποσοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου .....                         | 40 |
| 3.2.1.Συχνότητα των σεναρίων σύγκρουσης .....                   | 40 |
| 3.2.2.Είδος ατυχήματος σύγκρουσης (Struck-Striking).....        | 40 |
| 3.2.3.Κατάσταση Λειτουργίας.....                                | 41 |
| 3.2.4.Μοντέλο καταστάσεων φόρτωσης .....                        | 41 |
| 3.2.5.Τελικό γεγονός και έκταση ζημιών .....                    | 42 |
| 3.2.6.Κατανομές σεναρίων.....                                   | 43 |
| 3.2.7.PLL-PLF.....  | 46 |
| 3.3.Συμπεράσματα – Σχόλια .....                                 | 48 |

|   |    |
|---|----|
| 4.Ατυχήματα Πρόσκρουσης (Contact) .....   | 52 |
| 4.1.Ποιοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου .....   | 52 |
| 4.2.Ποσοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου .....   | 54 |
| 4.2.1.Συχνότητα των σεναρίων πρόσκρουσης .....                                      | 54 |
| 4.2.2.Είδος ατυχήματος πρόσκρουσης (With Floating Object-With Fixed Installation) . | 54 |
| 4.2.3.Κατάσταση Λειτουργίας .....   | 54 |
| 4.2.4.Μοντέλο καταστάσεων φόρτωσης .....  | 55 |
| 4.2.5.Τελικό γεγονός και έκταση ζημιών .....  | 56 |
| 4.2.6.Κατανομές σεναρίων.....   | 57 |
| 4.2.7.PLL-PLF.....  | 60 |
| 4.3.Συμπεράσματα – Σχόλια .....   | 62 |
| 5.Ατυχήματα Προσάραξης (Grounding).....   | 66 |
| 5.1.Ποιοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου .....   | 66 |
| 5.2.Ποσοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου .....   | 68 |
| 5.2.1.Συχνότητα των σεναρίων προσάραξης .....                                       | 68 |
| 5.2.2.Είδος ατυχήματος προσάραξης (Powered Grounding-Drift Grounding ) .....        | 68 |
| 5.2.3.Κατάσταση Λειτουργίας .....   | 68 |
| 5.2.4.Μοντέλο καταστάσεων φόρτωσης .....  | 69 |
| 5.2.5.Τελικό γεγονός και έκταση ζημιών .....  | 70 |
| 5.2.6.Κατανομές σεναρίων.....   | 71 |
| 5.2.7.PLL-PLF.....  | 74 |
| 5.3.Συμπεράσματα – Σχόλια .....   | 76 |
| 6.Ατυχήματα Πυρκαγιάς (Fire).....   | 80 |
| 6.1.Ποιοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου .....   | 80 |
| 6.2.Ποσοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου .....   | 82 |
| 6.2.1.Συχνότητα των σεναρίων πυρκαγιάς. ....  | 82 |
| 6.2.2.Πηγή έναρξης της πυρκαγιάς (Internal Source-External Source -Lighting) .....  | 82 |
| 6.2.3.Τοποθεσία έναρξης της πυρκαγιάς (Aft Area-Cargo Area-Superstructures) .....   | 82 |
| 6.2.4. Κατάσταση Λειτουργίας .....  | 83 |
| 6.2.5.Μοντέλο καταστάσεων φόρτωσης .....  | 84 |
| 6.2.6. Ύπαρξη έκρηξης λόγω της πυρκαγιάς. ....                                      | 85 |
| 6.2.7.Τελικό γεγονός και έκταση ζημιών .....  | 86 |
| 6.2.8.Κατανομές σεναρίων.....   | 87 |
| 6.2.9.PLL-PLF.....  | 91 |

|   |     |
|---|-----|
| 6.3.Συμπεράσματα – Σχόλια .....   | 92  |
| 7.Ατυχήματα Έκρηξης (Explosion).....  | 96  |
| 7.1.Ποιοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου .....   | 96  |
| 7.2.Ποσοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου .....   | 98  |
| 7.2.1.Συχνότητα των σεναρίων έκρηξης. ....                                      | 98  |
| 7.2.2.Τοποθεσία έναρξης της έκρηξης (Aft Area-Cargo Area-Superstructures) ..... | 98  |
| 7.2.3 Κατάσταση Λειτουργίας.....  | 98  |
| 7.2.4.Μοντέλο καταστάσεων φόρτωσης .....  | 99  |
| 7.2.4. Ύπαρξη πυρκαγιάς λόγω έκρηξης. ....                                      | 100 |
| 6.2.5.Τελικό γεγονός και έκταση ζημιών .....                                    | 101 |
| 7.2.6.Κατανομές σεναρίων.....   | 103 |
| 7.2.7.PLL-PLF.....  | 106 |
| 7.3.Συμπεράσματα – Σχόλια .....   | 108 |
| 8.Ατυχήματα Κατασκευαστικής Αστοχίας (NASF).....                                | 111 |
| 8.1.Ποιοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου .....   | 111 |
| 8.2.Ποσοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου .....   | 113 |
| 8.2.1.Συχνότητα των σεναρίων NASF .....   | 113 |
| 8.2.2.Είδος ατυχήματος NASF (Weather Related-Non Weather Related ) .....        | 113 |
| 8.2.3.Κατάσταση Λειτουργίας.....  | 113 |
| 8.2.4.Μοντέλο καταστάσεων φόρτωσης .....  | 114 |
| 8.2.5.Τελικό γεγονός και έκταση ζημιών .....                                    | 115 |
| 8.2.6.Κατανομές σεναρίων.....   | 116 |
| 8.2.7.PLL-PLF.....  | 119 |
| 8.3.Συμπεράσματα – Σχόλια .....   | 121 |
| 9.Συμπεράσματα - Προτάσεις .....  | 125 |
| 10.Βιβλιογραφία .....   | 131 |
| Παράρτημα Α (Δέντρα Συχνότητων) .....   | 132 |
| Παράρτημα Β (Υπολογισμός Πιθανοτήτων).....                                      | 133 |
| Παράρτημα Γ (Θεωρία Πιθανοτήτων).....   | 134 |
| Παράρτημα Δ (Εγχειρίδιο @Risk).....   | 135 |
| Παράρτημα Ε (Εγχειρίδιο Βάσης).....   | 136 |

## 1.Εισαγωγή

### 1.1.Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό την στατιστική μελέτη και ανάλυση των ατυχημάτων πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (Cellular Containerships) κατά τη χρονική περίοδο 1990 - 2011, τα οποία κατασκευάστηκαν μετά το 1981 με χωρητικότητα (Gross Tonnage) μεγαλύτερη από 999 GT. Τα ατυχήματα χωρίζονται στις οκτώ παρακάτω κατηγορίες:

- Ατυχήματα σύγκρουσης πλοίων (Collision Incidents)
- Ατυχήματα πρόσκρουσης πλοίων με σταθερά ή επιπλέοντα αντικείμενα (Contact Incidents)
- Ατυχήματα προσάραξης (Grounding Incidents)
- Ατυχήματα έκρηξης (Explosion Incidents)
- Ατυχήματα φωτιάς (Fire Incidents)
- Ατυχήματα κατασκευαστικής αστοχίας (Non Accidental Structural Failure)
- Ατυχήματα αστοχίας εξαρτημάτων και εξοπλισμού του πλοίου (Hull Fitting Incidents)
- Ατυχήματα αστοχίας μηχανικών εξαρτημάτων του πλοίου (Machinery Failure Incidents)
- Ατυχήματα αγνώστων αιτιών (Unknown Reason Incidents)

Στη μελέτη που ακολουθεί, παρουσιάζονται μόνο οι έξι πρώτες κατηγορίες καθώς ατυχήματα τέτοιου τύπου είναι συνδεδεμένα με δυνητική απώλεια υδατοστεγούς ακεραιότητας του πλοίου (Loss of Watertight Integrity, LOWI).

Όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία έχουν δοθεί από τον Germanischer Lloyd.

Για το σκοπό αυτής της μελέτης κατασκευάστηκε η βάση δεδομένων SDL (Ship Design Laboratory) από το Ε.Μ.Π.(NTUA- National Technical University of Athens). Το εγχειρίδιο της βάσης NTUA-SDL παρατίθεται στο Παράρτημα Ε.

## 1.2.Σκοπός διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα μελέτη συμπεριλαμβάνονται Containerships που κατασκευάστηκαν μετά το 1981 με χωρητικότητα (Gross Tonnage) μεγαλύτερη από 999 GT. Η στατιστική ανάλυση αποτελείται από τρία τμήματα.

Αρχικά εξετάζονται τα πλοία που είναι καταχωρημένα μέλη του IACS. Κάθε κατηγορία ατυχήματος διερευνάται ξεχωριστά ως προς τις συνέπειες με σκοπό την εύρεση της πιθανότητας των σοβαρών ή μη σοβαρών ατυχημάτων (serious και non-serious cases). Στο δεύτερο τμήμα παρουσιάζονται οι κατανομές των σημαντικότερων ατυχημάτων της κάθε κατηγορίας καθώς και τα στατιστικά στοιχεία που αφορούν την απώλεια ανθρώπινης ζωής (Potential Loss of Life, PLL) και την πιθανότητα διαρροής καυσίμων στο θαλάσσιο περιβάλλον (Potential Loss of Fuel, PLF). Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν τις συχνότητες κάθε τύπου ατυχήματος και συγκρίνονται με τα στατιστικά δεδομένα της υπάρχουσας FSA για τα containerships. [1]

Στόχος αυτής της μελέτης είναι να δοθεί έμφαση στις συνέπειες, που έχει κάθε τύπος ατυχήματος, σε όλους τους τομείς (επισκευές, απώλεια ανθρώπινης ζωής, περιβαλλοντικές συνέπειες), όπως αυτές θα παρουσιαστούν στο τελευταίο κεφάλαιο. Τέλος αυτή η μελέτη αποτελεί τη βάση για την ταυτοποίηση επιλογών ελέγχου του ρίσκου (Risk Control Options-RCO), καθώς και για το οικονομικό κόστος και την πρόληψη τέτοιων ρίσκων.

### 1.3. Κατανομή εργασίας

Για την εκπόνηση των Κεφαλαίων 1, 2, 9 και 10 οι σπουδαστές Γεωργακόπουλος Σπύρος και Κωνσταντίνου Παναγιώτης-Άγις συνεργάστηκαν από κοινού.

Τα κεφάλαια 3 έως 5 εκπονηθήκαν από το σπουδαστή Κωνσταντίνου Παναγιώτη-Άγι και τα κεφάλαια 5 έως 8 από το σπουδαστή Γεωργακόπουλου Σπύρο.

Τέλος για τη δημιουργία των δέντρων, των κατανομών και των διαφόρων παραρτημάτων αυτής της διπλωματικής εργασίας, υπήρξε από κοινού συνεργασία των σπουδαστών.



## 2.Γενικές Πληροφορίες

### 2.1.Ιστορικό Υπόβαθρο

Το 2006 η χρήση πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (Containerships) γιόρτασε την πεντηκοστή της επέτειο. Σχεδόν από το πρώτο ταξίδι η χρήση αυτής της μεθόδου για τη μεταφορά προϊόντων αυξήθηκε σταθερά και μέσα σε πέντε δεκαετίες τα Containerships μετέφεραν το 60% της αξίας των προϊόντων που κινούνταν στην θάλασσα.

Κιβώτια αντίστοιχα με τα σύγχρονα εμπορευματοκιβώτια (containers) χρησιμοποιούνταν για συνδυασμένη μεταφορά με τρένα και άλογα στην Αγγλία από το 1792. Η αμερικάνικη κυβέρνηση χρησιμοποιούσε μικρά κιβώτια συγκεκριμένου μεγέθους κατά τη διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου, τα οποία αποδείχτηκαν αποτελεσματικά για τη γρήγορη διανομή εφοδίων.

Όμως το 1955 ο Malcom P. McLean, αγόρασε μια εταιρία ατμόπλοιων με την ιδέα να μεταφέρει ολόκληρα trailers φορτηγών με το εμπόρευμα ακόμα μέσα. Συνειδητοποίησε ότι θα ήταν πιο απλό και πιο γρήγορο να φορτώσει ένα container απευθείας στο πλοίο, χωρίς να πρέπει να αδειάσει το περιεχόμενο του. Τα εμπορευματοκιβώτια θα πρέπει να μετακινούνται απρόσκοπτα μεταξύ πλοίων, φορτηγών και τρένων. Αυτό θα απλοποιούσε την όλη διαδικασία διοικητικής μέριμνας και τελικώς η εφαρμογή αυτής της ιδέας οδήγησε στην επανάσταση της μεταφοράς εμπορευμάτων καθώς και στο διεθνές εμπόριο κατά την πάροδο των 50 επόμενων ετών.

Οι μεταφορές με container διαφέρουν από τις συμβατικές μεθόδους μεταφοράς λόγω της χρήσης τυποποιημένων διαστάσεων εμπορευματοκιβωτίων, 20 feet (6.09 m), 40 feet (12.18 m) , 45 feet (13.7 m), 48 feet (14.6 m). Σαν αποτέλεσμα τα εμπορευματοκιβώτια μπορούν να μεταφερθούν άνετα από πλοία, φορτηγά και τρένα. Οι δύο συνηθέστεροι και σημαντικότεροι τύποι container είναι εκείνοι που έχουν μήκος 20 feet και 40 feet. Τα container με μήκος 20 feet (TEU- Twenty-feet Equivalent Unit) έγιναν η κύρια μονάδα αναφοράς της βιομηχανίας, με αποτέλεσμα ο όγκος φορτίου και χωρητικότητας των πλοίων συνήθως να μετράται σε TEU. Τα μεγέθη των container πρέπει να είναι τυποποιημένα, έτσι ώστε τα container να στοιβάζονται πιο αποτελεσματικά, το ένα πάνω από το άλλο, στα πλοία, τα τρένα, τα φορτηγά. Η τυποποίηση αυτή ισχύει σήμερα σε όλη την παγκόσμια βιομηχανία, χάρη στο έργο του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης (ISO), ο οποίος το 1961 έθεσε τα τυπικά μεγέθη για όλα τα containers.

## 2.2.Τυποποίηση των εμπορευματοκιβωτίων







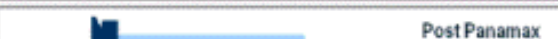
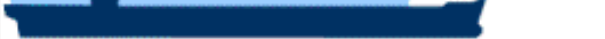
Διεθνώς έχει υπερισχύσει το τυποποιημένο container κατά ISO με εγκάρσια επιφάνεια 8 feet x 8 feet. Το ύψος των 8 feet ( ή 2.435m) ήταν αποτέλεσμα των περιορισμών που ίσχυαν κατά την προσπέλαση οχημάτων κάτω από γέφυρες για τη μεταφορά φορτιού από ξηρά στις Η.Π.Α. (και αργότερα για όλο τον κόσμο). Χαρακτηριστικό μήκος του τυποποιημένου κατά ISO container είναι τα 20 feet (TEU: Twenty feet Equivalent Unit container, type ISO – 1C). Ακόμα έχουν τυποποιηθεί και άλλα μεγέθη container- πολλαπλάσια ή υποπολλαπλάσια του μήκους του βασικού TEU- όπως τα containers 40 feet (FEU: Forty feet Equivalent Unit container, type ISO – 1A) ή τα container 30 feet (type ISO – 1B), 10 feet (type ISO – 1D) και  $6^{2/3}$  feet, προτιμώμενα από συγκεκριμένες εταιρίες των Η.Π.Α. [2]

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά όλοι οι τύποι των container (standardized ISO container): [3]

| Designation | Length |    |            | Height |    |    | Width |    |    | Maximum gross weight |        |
|-------------|--------|----|------------|--------|----|----|-------|----|----|----------------------|--------|
|             | mm     | ft | in         | mm     | ft | in | mm    | ft | in | kg                   | lb     |
| 1A          | 12,192 | 40 |            | 2,438  | 8  |    | 2,438 | 8  |    | 30,480               | 67,200 |
| 1AA         | 12,192 | 40 |            | 2,591  | 8  | 6  | 2,438 | 8  |    | 30,480               | 67,200 |
| 1B          | 9,125  | 29 | $11^{1/4}$ | 2,438  | 8  |    | 2,438 | 8  |    | 25,400               | 56,000 |
| 1BB         | 9,125  | 29 | $11^{1/4}$ | 2,591  | 8  | 6  | 2,438 | 8  |    | 25,400               | 56,000 |
| 1C          | 6,058  | 19 | $11^{1/4}$ | 2,438  | 8  |    | 2,438 | 8  |    | 20,320               | 44,800 |
| 1CC         | 6,058  | 19 | $11^{1/4}$ | 2,591  | 8  | 6  | 2,438 | 8  |    | 20,320               | 44,800 |
| 1D          | 2,991  | 9  | $9^{1/4}$  | 2,438  | 8  |    | 2,438 | 8  |    | 10,160               | 22,400 |
| 1E          | 1,968  | 6  | $5^{1/2}$  | 2,438  | 8  |    | 2,438 | 8  |    | 7,110                | 15,700 |
| 1F          | 1,460  | 4  | $9^{1/2}$  | 2,438  | 8  |    | 2,438 | 8  |    | 5,080                | 11,200 |

### 2.3. Εξέλιξη των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων

Τα Containerships κατατάσσονται σε έξι γενεές: Η πρώτη γενιά των Containerships αποτελούταν από τροποποιημένα πλοία τύπου bulk ή tanker τα οποία μπορούσαν να μεταφέρουν μέχρι και 1000 TEU. Όταν το Container άρχισε να υιοθετείται μαζικά στις αρχές του 1970 ξεκίνησε η κατασκευή πλοίων για την πλήρη εκμετάλλευσή τους (Cellular Containerships, δεύτερη γενιά). Όλα αυτά τα πλοία ήταν γρηγορότερα (20-25 κόμβοι) και αποτελούνταν από κελιά ενσφηνωμένων containers σε στοιβάδες διαφορετικού ύψους ανάλογα τη χωρητικότητα. Η χωρητικότητα αυξήθηκε με την αφαίρεση των γερανών. Οι χώρες με μεγαλύτερες οικονομίες προώθησαν ταχέως την κατασκευή μεγαλύτερων containerships τη δεκαετία του 1980. Το όριο του μεγέθους των πλοίων που διασχίζουν τη διώρυγα του Παναμά, το οποίο έμεινε γνωστό ως panamax standard, επιτεύχθηκε το 1985 με μια χωρητικότητα 4000 TEUs περίπου (τρίτη γενεά). Το 1996 παρουσιάστηκαν τα containerships της τέταρτης γενεάς και οι χωρητικότητες έφτασαν την τάξη μεγέθους 6600 TEUs. Όταν το όριο των panamax ξεπεράστηκε, το μέγεθος των πλοίων γρήγορα οδήγησε στην πέμπτη γενεά (Post Panamax Plus) με τις χωρητικότητες να φτάνουν τα 8000 TEUs (S Class"). Το 2006 εμφανίστηκε η έκτη γενεά containerships, όταν η ναυτιλιακή εταιρία Maersk παρουσίασε μια νέα κλάση με χωρητικότητα από 11000 έως 14500 TEUs, την κλάση Emma Maersk (E Class). Αυτή η γενεά χωρίζεται σε δύο είδη προδιαγραφών, τα "New Panamax" με χωρητικότητα έως και 12500 TEU και τα "Post New Panamax" που μπορούν να μεταφέρουν έως και 18000 TEU (Triple E Class). [4]

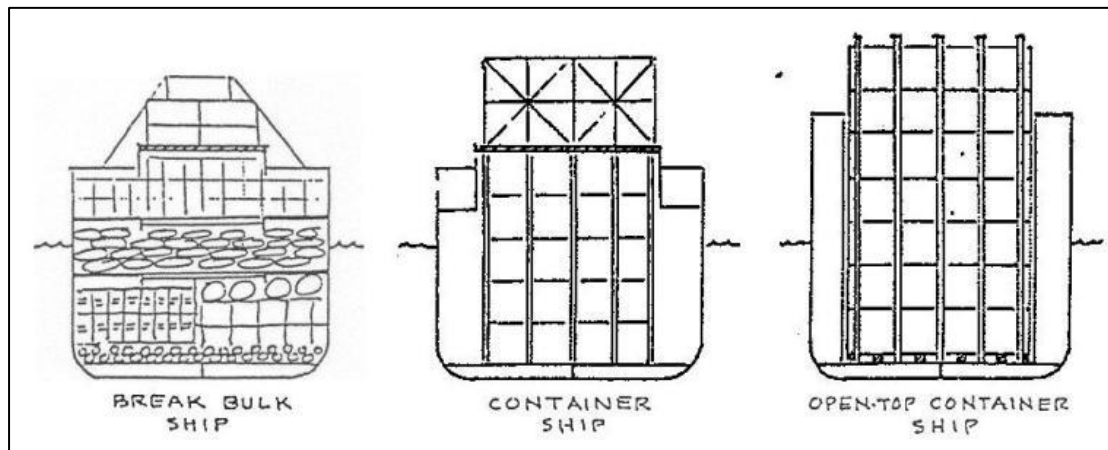
|                       |  | Length         | Draft               | TEU                |
|-----------------------|--|----------------|---------------------|--------------------|
| First<br>(1956-1970)  |  Converted Cargo Vessel | 135 m          | < 9 m               | 500                |
|                       |  Converted Tanker       | 200 m          | < 30 ft             | 800                |
| Second<br>(1970-1980) |  Cellular Containership | 215 m          | 10 m<br>33 ft       | 1,000 –<br>2,500   |
| Third<br>(1980-1988)  |  Panamax Class          | 250 m          | 11-12 m<br>36-40 ft | 3,000              |
|                       |  Panamax Class          | 290 m          |                     | 4,000              |
| Fourth<br>(1988-2000) |  Post Panamax           | 275 –<br>305 m | 11-13 m<br>36-43 ft | 4,000 –<br>5,000   |
| Fifth<br>(2000-2005)  |  Post Panamax Plus      | 335 m          | 13-14 m<br>43-46 ft | 5,000 –<br>8,000   |
| Sixth<br>(2006-)      |  New Panamax           | 397 m          | 15.5 m<br>50 ft     | 11,000 –<br>14,500 |

Ανάλογα το μέγεθος των TEU και τις διαστάσεις του κύτους τα containerships μπορούν να χωριστούν στις ακόλουθες κύριες ομάδες ή κλάσεις: [5]

| <b>Group / Class</b> | <b>Number of TEU</b> |
|----------------------|----------------------|
| Small Feeder         | Up to 1000           |
| Feeder               | 1001 – 2800          |
| Panamax              | 2801 – 5100          |
| Post-Panamax         | 5101 – 10000         |
| New-Panamax          | 10001 – 14500        |
| ULCV                 | 14501 and higher     |

## 2.4.Θέματα Σχεδίασης

Κατά την πάροδο των ετών έχουν σημειωθεί σημαντικές αλλαγές όσον αφορά τη σχεδίαση των containerships. Τη δεκαετία του '60 τα πλοία τύπου break-bulk παραγκωνίστηκαν από τα containerships. Μια τέτοια εξέλιξη στη σχεδίαση των containerships είναι πιθανόν να συνέβη με την εισαγωγή του open top containership στη ναυτιλία.



Τα open top containerships ή hatchless ships παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα όπως:

- Με την αφαίρεση των καπακιών μειώνεται το βάρος, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του deadweight. Ακόμα, βελτιώνεται η ευστάθεια, αφού τα καπάκια βρίσκονται ψηλά στο πλοίο.
- Η αφαίρεση των καπακιών οδηγεί σε μείωση του χρόνου και του κόστους φόρτωσης.
- Τα containers που είναι στοιβαγμένα πάνω από το κατάστρωμα είναι καλύτερα ασφαλισμένα και επίσης δε χρειάζεται πλέον η χειροκίνητη εγκατάσταση καλωδίων πρόσδεσης.
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας για τα hatches καθίσταται περιττός.

Υπό κανονικές συνθήκες η Διεθνής Σύμβαση Γραμμής Φόρτωσης ILLC (International Convention of Load Lines) δεν επιτρέπει πλοία χωρίς hatches, αλλά ο κανονισμός παρέχει εξαιρέσεις για αυτόν τον περιορισμό:

*'The Administration may exempt any ship which embodies features of a novel kind from any of the provisions of this Convention the application of which might seriously impede research into the development of such features and their incorporation in ships engaged on international voyages. The Administration which allows any exemption under this Article shall communicate to the International Maritime Organization (IMO). An International Load Line Exemption Certificate shall be issued to any ship to which an exemption has been granted.'* [6]

## 2.5.Θέματα Ασφαλείας

Οι τάσεις (φορτίσεις) που παρατηρούνται σε ένα πλοίο κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού, μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες. Σε αυτές που μπορούν να αποφευχθούν και οι οποίες οφείλονται στην επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα και τις αναπόφευκτες οι οποίες καθορίζονται από τη φύση της μεταφορικής λειτουργίας. Αυτές οι τάσεις είναι:

- Στατική: Σύμφωνα με τις οδηγίες μονάδας CTU (Cargo Transport Unit): 'για τον σχεδιασμό των αποθηκευτικών χώρων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι το CTU είναι συνήθως σχεδιασμένο με την υπόθεση ότι το φορτίο κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια. Σε περίπτωση σημαντικών αποκλίσεων από την ενιαία συσκευασία, ειδικές οδηγίες για την προτιμώμενη συσκευασία πρέπει να ληφθούν.' Μέγιστες τιμές φόρτωσης για TEUs είναι 14kN/m<sup>2</sup> και για FEUs 10kN/m<sup>2</sup>. [3]

- Δυναμική: Αρχικά πρέπει να γίνει μια βασική διάκριση μεταξύ κραδασμού και τραντάγματος. Ο κραδασμός περιλαμβάνει περιοδικές ταλαντώσεις, ενώ το τράνταγμα περιστασιακές εκδηλώσεις. Οι κραδασμοί του εξοπλισμού, μαζί με την δόνηση των εμπορευμάτων, έχουν μεγάλη σημασία. Το μέγεθος των παλμών (διάρκεια των δυνάμεων) παίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο. Στην περιοχή των υψηλών συχνοτήτων, το φορτίο χάρη στην αδράνεια της μάζας του πλοίου δεν τίθεται σε κίνδυνο. Αλλά στην χαμηλή περιοχή συχνοτήτων, η μεγάλη διάρκεια δράσης μπορεί να οδηγήσει σε μετατόπιση του φορτίου και σε επακόλουθη μηχανική βλάβη.

- Μηχανική:

| Linear motion                             | Rotational motion                         |
|---|---|
| Surge: motion along the longitudinal axis | Roll: motion around the longitudinal axis |
| Sway: motion along the transverse axis    | Pitch: motion around the transverse axis  |
| Heave: motion along the vertical axis     | Yaw: motion around the vertical axis      |

Κατά τη διάρκεια διαμήκης οριζόντιας ταλάντωσης (Surging) και εγκάρσιας οριζόντιας ταλάντωσης (Swaying), το κύτος μπορεί να υποβληθεί σε σημαντικές δυνάμεις στρέψης. Σε κατακόρυφη ταλάντωση (Heave) έχει παρατηρηθεί ότι υπάρχει σημαντική επίδραση στα εμπορευματοκιβώτια και στο φορτίο που φέρουν. Η ταλάντωση περί τον κατακόρυφο άξονα (Yawing) δεν προκαλεί καμία ζημία. Όσον αφορά τον προνευτασμό (Pitch) έχει

παρατηρήσει ότι κατά τη διάρκεια της ανοδικής κίνησης η πίεση μεταξύ των εμπορευματοκιβωτίων αυξάνεται, ενώ κατά τη διάρκεια της προς τα κάτω κίνησης πέφτουν οι πιέσεις. Σε διατοιχισμό (Roll) έως 30°, γεγονός που δεν είναι ασυνήθιστο στην ανοικτή θάλασσα, όλα τα εμπορευματοκιβώτια πρέπει να είναι σωστά ασφαλισμένα. Τόσο ο διατοιχισμός (Roll) και ο προνευτασμός (pitch) μπορεί να οδηγήσουν σε ολίσθηση του φορτίου. Έχει υπολογιστεί ότι τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων χάνουν μεταξύ 2.000 και 10.000 εμπορευματοκιβώτια στη θάλασσα κάθε χρόνο, κόστους 370 εκατομμύρια δολάρια ετησίως.

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι δεν είναι πάντα οι κίνδυνοι της θάλασσας που προκαλούν τη ζημιά, αλλά πιο συχνά το ίδιο το φορτίο και συγκεκριμένα τα προβλήματα που προκύπτουν λόγω της κακής στοιβασίας. Σε γενικές γραμμές, τα εμπορεύματα εκτίθενται σε τάσεις λόγω των εξαιρετικά χαμηλών ταλαντώσεων που δημιουργούνται από τις συνθήκες στη θάλασσα και από την υψηλή συχνότητα των μηχανημάτων και την δόνηση της έλικα.

Σύμφωνα με το CTU όλα τα εμπορευματοκιβώτια πρέπει να είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να είναι σε θέση να αντέξουν 0,8 φορές το βάρος των παρακείμενων φορτίων και δύο φορές τη μάζα του φορτίου που φορτώθηκε στην κορυφή. Εάν αυτό δεν συμβαίνει, κατάλληλα προστατευτικά μέτρα πρέπει να ληφθούν. [7]



## 2.6. Κίνδυνοι μεταφοράς προϊόντων με εμπορευματοκιβώτια

Η αξιολόγηση του ρίσκου που σχετίζεται με τη μεταφορά φορτίου αποθηκευμένο σε container αποτελεί πρόκληση λόγω της μεταβλητότητας και ποικιλίας του φορτίου. Τα περισσότερα containerships ακολουθούν τους κανονισμούς SOLAS που αφορούν την κατασκευή και τις απαιτήσεις εξοπλισμού για τη μεταφορά επικίνδυνου φορτίου, για τουλάχιστον κάποια κύτη και ανοιχτούς χώρους του καταστρώματος. Ωστόσο ο τύπος και η ποσότητα του επικίνδυνου εμπορεύματος μπορεί να διαφέρει αρκετά για συγκεκριμένα πλοία και διαδρομές. Επίσης οι κίνδυνοι που σχετίζονται με κάθε κλάση επικίνδυνων εμπορευμάτων παρουσιάζουν διακυμάνσεις και σχετίζονται με τα εγγενή χαρακτηριστικά των ίδιων των προϊόντων. Η μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων μπορεί να επηρεάσει την πιθανότητα ύπαρξης φωτιάς ή/και έκρηξης στα containerships καθώς και τις συνέπειες σε περίπτωση απώλειας φορτίου. Τα επικίνδυνα εμπορεύματα είναι σε μερικές περιπτώσεις και η κύρια αιτία του ατυχήματος, ειδικά όταν παραμένουν αδήλωτα.

Για παράδειγμα η φωτιά που ξέσπασε στο σκάφος Kitano (Database ID 1137) στις 22 Μαρτίου 2001 κατά τη διαδρομή από τη Νέα Υόρκη στο Halifax του Καναδά. Σύμφωνα με την αναφορά του Transport Safety Board of Canada συνέβησαν τα ακόλουθα : Η φωτιά είχε σαν εστία ένα εμπορευματοκιβώτιο πάνω στο κατάστρωμα, το οποίο περιείχε ενεργά carbon pellets τα οποία μεταφέρονταν σαν αδήλωτο εμπόρευμα. Η φωτιά εξαπλώθηκε σε τέσσερα containers αλλά τελικά κατασβέστηκε με τη βοήθεια πυροσβεστών μιας εταιρίας διάσωσης, μετά την άφιξη του στο λιμάνι του Halifax.

Η τυχαία απελευθέρωση επικίνδυνου φορτίου σαν αποτέλεσμα κακώσεων στο container, φωτιάς, διαρροής, κτλ. μπορεί να οδηγήσει σε αρνητικές συνέπειες για τον άνθρωπο, το περιβάλλον και σε φθορά του σκάφους. Η έκταση των συνεπειών εξαρτάται από τον τύπο και την ποσότητα του υλικού που απελευθερώθηκε. Κάποια υλικά, όπως για παράδειγμα τα τοξικά αέρια, έχουν μεγαλύτερες επιπτώσεις στην ασφάλεια και υγεία του πληρώματος καθώς και σε τρίτα πρόσωπα αν το σκάφος είναι σταθμευμένο σε κατοικημένη περιοχή. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι κάποια υλικά είναι μολυσματικά για το θαλάσσιο περιβάλλον ενώ άλλα είναι ακίνδυνα κατά την απελευθέρωσή τους στο θαλάσσιο περιβάλλον. [8]

## 2.7.Ορισμοί

### 2.7.1.Βασικοί Ορισμοί

- Σύγκρουση (Collision):  
Ως ατυχήματα σύγκρουσης (Collision incidents) ορίζουμε συμβάντα στα οποία επήλθε απρόσμενη επαφή μεταξύ δυο πλοίων. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται οι συγκρούσεις όπου το Container ship χτυπάει ένα άλλο πλοίο ή το αντίθετο.
- Επαφή (Contact):  
Ως ατυχήματα επαφής (Contact incidents) ορίζουμε συμβάντα στα οποία επήλθε απρόσμενη επαφή του Container ship με σταθερά ή επιπλέοντα αντικείμενα.
- Προσάραξη (Grounding):  
Ως ατυχήματα προσάραξης (Grounding incidents) ορίζουμε συμβάντα στα οποία επήλθε απρόσμενη επαφή του Container ship με το πυθμένα της θάλασσας ή με την ακτή.
- Φωτιά (Fire):  
Ως ατυχήματα φωτιάς (Fire incidents) ορίζουμε συμβάντα στα οποία η φωτιά ήταν το πρωταρχικό γεγονός.
- Έκρηξη (Explosion):  
Ως ατυχήματα έκρηξης (Explosion incidents) ορίζουμε συμβάντα στα οποία η έκρηξη ήταν το πρωταρχικό γεγονός.
- Κατασκευαστική αστοχία της γάστρας (Non-accidental Structural Failure):  
Ως ατυχήματα κατασκευαστικής αστοχίας της γάστρας (non-accidental structural failure) ορίζουμε συμβάντα στα οποία παρουσιάστηκαν ρωγμές και ρήγματα στη γάστρα του Container ship τα οποία είχαν επιπτώσεις στην ακεραιότητα της γάστρας του πλοίου και στη πλευστότητα του.
- Κακές καιρικές συνθήκες (Heavy Weather Conditions):  
Θεωρούμε ότι ένα ατύχημα συνέβη σε κακές καιρικές συνθήκες (Heavy Weather Conditions ) όταν έχουμε πληροφορίες για κατάσταση θάλασσας (Seaway Condition).
- Ετήσιος στόλος σε λειτουργία (Fleet at risk):  
Ο ετήσιος στόλος σε λειτουργία (Fleet at risk) προέρχεται από τον αριθμό των Container ship 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 δρομολόγια τους μέχρι το τέλος του έτους. Το γεγονός αυτό λαμβάνεται υπόψη στη καταγραφή του ετήσιου στόλου (Fleet at risk).

- **Potential Loss of Life (PLL):**  
Είναι η πιθανότητα απώλειας ζωής. Το PLL ορίζεται γενικά ως ο αναμενόμενος αριθμός θανάτων από μια δραστηριότητα σε διάστημα ενός χρόνου.
- **Potential Loss of Fuel (PLF):**  
Είναι η πιθανότητα απώλειας καυσίμου. Το PLF ορίζεται ως ο αριθμός τόνου καυσίμου που αναμένεται να διαρρεύσει σε ένα τύπο ατυχήματος σε διάστημα ενός χρόνου.

### 2.7.2. Κατάσταση Λειτουργίας (Operational State)

Στη βάση δεδομένων NTUA- SDL η κατάσταση λειτουργίας των υπό μελέτη σκαφών είναι χωρισμένη σε έντεκα κατηγορίες: At Berth, Port, Anchorage, Port Approach, Coastal Waters (<12miles off), Shipyard, Drydock, Archipelagos, Inland Waters, Canals, Rivers και Open Sea. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι σε διάφορες καταστάσεις λειτουργίας οι περιορισμοί στην ταχύτητα του σκάφους είναι οι ίδιοι, οι καταστάσεις λειτουργίας χωρίζονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες:

- **Terminal Areas: (At Berth, Port, Anchorage, Port Approach)** Το σκάφος κινείται με χαμηλή ταχύτητα ή είναι σταθμευμένο στο λιμάνι, έχοντας σαν αποτέλεσμα χαμηλή πιθανότητα εμφάνισης σοβαρού ατυχήματος.
- **Operation in Congested Waters: (Coastal Waters, Restricted Waters)** Οι περιοχές τέτοιου τύπου χαρακτηρίζονται από υψηλή πυκνότητα σκαφών.
- **Open Sea: (Open Sea, Archipelagos)** Το σκάφος κινείται σε πλήρη ταχύτητα και έχει τη δυνατότητα ελιγμών για αποφυγή ατυχήματος με άλλα πλοία.
- **Limited Waters: (Inland Waters, Canals, Rivers)** Το σκάφος κινείται με μειωμένη ταχύτητα και παρουσιάζει περιορισμένη ικανότητα ελιγμών.
- **(Shipyards, Drydock)** Το πλοίο είναι σταθμευμένο σε χώρους για την επισκευή ή κατασκευή του.

### 2.7.3. Κατάσταση Φόρτωσης (Loading Condition)

- Loaded: Το σκάφος είναι φορτωμένο με το μέγιστο δυνατό φορτίο ή κοντά στο μέγιστο δυνατό φορτίο.
- Ballast: Στην πραγματικότητα δεν υφίσταται Ballast κατάσταση στα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Η σωστή έκφραση θα ήταν Partially Loaded. Ο όρος όμως Ballast χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη καθαρά για λόγους ευκολίας διαχωρισμού (με τον όρο Loaded) και για να μην δημιουργηθεί σύγχυση με την υπάρχουσα FSA [1] στην οποία χρησιμοποιείται ο ίδιο ακριβώς όρος.

#### 2.7.4.Απώλεια Υδατοστεγούς Ακεραιότητας (LOWI Occurrence)

Θεωρούμε ότι ένα πλοίο έχει υποστεί απώλεια της υδατοστεγούς ακεραιότητας (Loss of Watertight Integrity) όταν έχει υποστεί ρήγμα κάτω από το κύριο κατάστρωμα με αποτέλεσμα την πιθανή εισροή υδάτων ή την εκροή πετρελαίου. Η πιθανότητα ρήγματος στη γάστρα σε περίπτωση ατυχήματος θεωρείται σημαντική για την εξέλιξη των γεγονότων και των συνεπειών του ατυχήματος. Για το σκοπό αυτής της μελέτης χρησιμοποιείται η βάση δεδομένων NTUA-SDL για να καθοριστεί αυτή η πιθανότητα. Σε κάποιες περιπτώσεις είναι ξεκάθαρο από το συμπληρωματικό κείμενο ότι παρουσιάστηκε απώλεια της υδατοστεγούς ακεραιότητας των πλοίων (Loss of Watertight Integrity- LOWI).

Σε έναν αριθμό ατυχημάτων σύγκρουσης δεν παρουσιάστηκε LOWI, διότι το εμπλεκόμενο σκάφος ήταν μικρότερο συγκριτικά με το containership (π.χ. αλιευτικό σκάφος) ή αναφέρεται καθαρά ότι το containership δεν έχει υποστεί ζημιά.

Ατυχήματα πρόσκρουσης ή προσάραξης όπου το containership έχει υποστεί ζημιά στην έλικα δεν θεωρούνται ότι οδήγησαν σε απώλεια της υδατοστεγούς ακεραιότητας. Όταν δεν αναφερόταν ξεκάθαρα η εμφάνιση απώλεια της υδατοστεγούς ακεραιότητας λήφθηκαν υπόψη οι κάτωθι υποθέσεις, ώστε να υπολογιστεί η πιθανότητα ρήξης της γάστρας.

##### No LOWI occurrence:

- “No damage reported” is stated.
- The point of impact is above the main deck planting (i.e. superstructure).
- There is no relevant information regarding renewal of side shell planting.
- The containership sustains only minor or slight damage.

##### LOWI occurrence:

- “Extent of damage was not known” is stated.
- “The damage is below/ above waterline” is stated.

[9]

## 2.8.Σημαντικά ατυχήματα

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τρία σημαντικά ατυχήματα πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων τα οποία προκάλεσαν παγκόσμια αίσθηση και επηρέασαν τον σχεδιασμό και τους κανονισμούς ασφαλείας που ίσχυαν μέχρι τότε στην παγκόσμια ναυτιλία. Δυστυχώς το πρώτο από αυτά (Rena),σε αντίθεση με τα άλλα δύο, δεν είναι καταχωρημένο στην βάση δεδομένων NTUA-SDL μίας και συνέβη τον Οκτώβριο του 2011 ενώ η βάση μελετά τη χρονική περίοδο 1990 έως Σεπτέμβριο του 2011. Παρόλα αυτά αξίζει να γίνει αναφορά μιας και αποτελεί το ορόσημο για μια νέα σχεδιαστική προσπάθεια και μια πιθανή αναθεώρηση παλαιών κανονισμών.

Τέλος, ακολουθεί σύντομη αναφορά στο ατύχημα του πλοίου MOL Comfort που συνέβη κατά την συγγραφή της παρούσας μελέτης.

## 2.8.1.Rena

### 2.8.1.1.Γενικά

Το 'Rena' ήταν πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων χωρητικότητας 3.351 TEU το οποίο ανήκε στην ελληνική ναυτιλιακή εταιρεία Daina Shipping (θυγατρική της Costamare) .Το πλοίο κατασκευάστηκε το 1990 ως 'ZIM America' για την ισραηλινή ναυτιλιακή εταιρεία Zim από το ναυπηγείο Howaldtswerke - Deutsche Werft AG στο Κίελο της Γερμανίας. Μετονομάστηκε σε 'Andaman Sea' το 2007 και το τελικό του όνομα το πήρε με τον νέο του ιδιοκτήτη το 2010. Το 2011 υπογράφει πενταετής ναύλωση για το 'Rena' με τη Mediterranean Shipping Company (MSC).

| General characteristics |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Name:                   | Rena                                  |
| IMO number:             | 8806802                               |
| Type:                   | Container ship                        |
| Tonnage:                | 38,788 GT<br>16,454 NT<br>47,231 DWT  |
| Length:                 | 236 m (774 ft)                        |
| Beam:                   | 32.2 m (106 ft)                       |
| Draught:                | 12 m (39 ft) (max)                    |
| Depth:                  | 18.8 m (62 ft)                        |
| Installed power:        | Cegielski-Sulzer 8RTA76 (21,996 kW)   |
| Propulsion:             | Fixed pitch propeller<br>Bow thruster |
| Speed:                  | 21 knots (39 km/h; 24 mph)            |
| Capacity:               | 3,351 TEU                             |
| Crew:                   | 20                                    |

### 2.8.1.2. Λεπτομέρειες Ατυχήματος

Την Τετάρτη 5 Οκτωβρίου 2011, στις 2.20 UTC, και ενώ το πλοίο έπλεε με καλό καιρό από το Napier προς το Tauranga, με ταχύτητα 17 κόμβων, προσάραξε στον ύφαλο Astrolabe, στο κόλπο Plenty της Νέα Ζηλανδία. Το πλοίο μετέφερε 1.368 εμπορευματοκιβώτια, οκτώ εκ των οποίων περιείχαν επικίνδυνα υλικά, καθώς και 1.700 τόνους μαζούτ και 200 τόνους ντίζελ. Μέχρι την Κυριακή 9 Οκτωβρίου και σε απόσταση 5 χιλιομέτρων είχε εξαπλώθηκε πετρελαιοκηλίδα, η οποία απειλούσε άμεσα τα διάφορα είδη άγριων ζώων της περιοχής καθώς και τα πλούσια αλιευτικά ύδατα της περιοχής. Πετρέλαιο από το Rena άρχισε να εκβράζεται στην παραλία του Mount Maunganui στις 10 Οκτωβρίου. Η κακοκαιρία εκείνο το βράδυ προκάλεσε την μετατόπιση του πλοίου και το πλήρωμα το εγκατέλειψε. Η μετακίνηση αυτή είχε σαν αποτέλεσμα να προκληθεί ακόμα μεγαλύτερη ζημιά, και να διαρρεύσουν στην θάλασσα επιπλέον 130-350 τόνοι πετρελαίου. Έως τις 13 Οκτωβρίου, το πλοίο είχε κλίση 20° και 88 από τα 1368 εμπορευματοκιβώτια είχαν πέσει στη θάλασσα. Κανένα από τα εμπορευματοκιβώτια αυτά δεν περιείχε επικίνδυνο φορτίο.



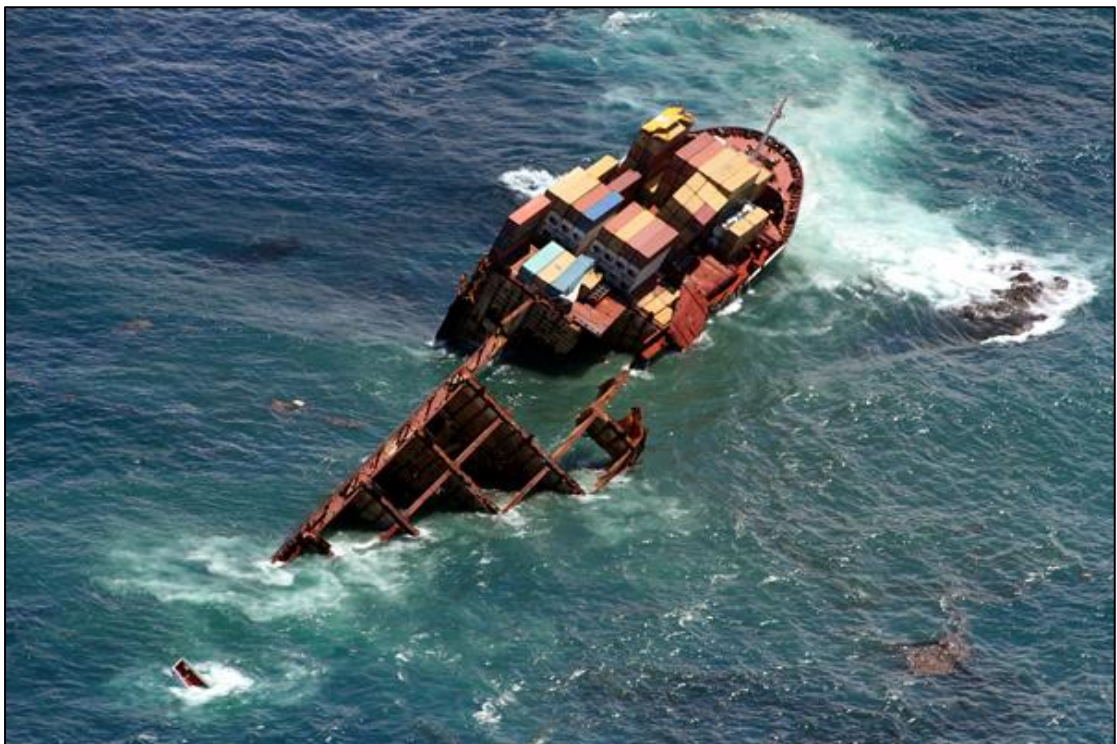
Η Maritime New Zealand διέταξε να κλείσουν για το κοινό οι παραλίες από το Mount Maunganui μέχρι το Maketu, συμπεριλαμβανομένων των εκβολών του Maketu. Η επαφή με χυμένο πετρέλαιο θα μπορούσε να προκαλέσει εμετό, ναυτία και εξανθήματα, και οι κάτοικοι της περιοχής κλήθηκαν να κλείσουν τα παράθυρά τους ώστε να περιορίσουν τις αναθυμιάσεις που είχαν διαφύγει στην ατμόσφαιρα.



Στις 14 Οκτωβρίου 2011 λόγω της αυξημένης πίεσης στη γάστρα, το πλοίο ράγισε και χωρίστηκε στην μέση σε δύο τμήματα τα οποία όμως συγκρατιόντουσαν μεταξύ τους.



Στις 8 Ιανουαρίου 2012, αναφέρθηκε ότι τα δύο μέρη του πλοίου διαχωρίστηκαν πλήρως, και ενώ το τμήμα της πλώρης παρέμεινε σταθερά θεμελιωμένο στον ύφαλο το πρυμναίο τμήμα είχε βυθιστεί σχεδόν ολοκληρωτικά. Το τελικό αυτό συμβάν είχε σαν αποτέλεσμα επιπλέον διαρροή πετρελαίου.



### 2.8.1.3. Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Η τραγωδία προκάλεσε τον άμεσο θάνατο σε περίπου 2.000 θαλασσοπούλια. Μια εκτίμηση 20.000 πτηνών πιστεύεται ότι είναι ο συνολικός αριθμός των θυμάτων της πετρελαιοκηλίδας.



Ένα αποτέλεσμα που δεν έχει ακόμη καθοριστεί είναι η επίδραση στο υποθαλάσσιο οικοσύστημα της περιοχής καθώς περιέχει τεράστια θαλάσσια δάση φυκιών και αποτελεί πέρασμα για χιλιάδες φάλαινες. Η επίδραση του πετρελαίου στα ψάρια, τα μαλάκια, τα καρκινοειδή καθώς και άλλες μορφές θαλάσσιας ζωή μπορεί να είναι καταστροφική.

## 2.8.2.Napoli

### 2.8.2.1.Γενικά

Το πλοίο ναυπηγήθηκε το 1991 και είχε χωρητικότητα 4.419 TEU (62.000 τόνοι). Ήταν χτισμένο στο ναυπηγείο Samsung Heavy Industries στο Koje της Νότιας Κορέας και ιδιοκτήτης ήταν η Metvale Ltd. Η Zodiac Maritime Ltd είχε αναλάβει την διαχείριση του, και ήταν ναυλωμένο για την Mediterranean Shipping Company.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το έτος 2001, (με όνομα 'CMA CGM Normandie'), καθώς ήταν καθοδόν από το λιμάνι Klang στη Μαλαισία προς την ινδονησιακή πρωτεύουσα, Τζακάρτα, προσάραξε σε ύφαλο στη Σιγκαπούρη και παρέμεινε εκεί για αρκετές εβδομάδες. Επισκευάστηκε από το ναυπηγείο Hyundai-Vinashin στο Βιετνάμ. Η επισκευή αυτή περιελάμβανε τη συγκόλληση περισσότερων από 3.000 τόνους μετάλλου πάνω στη γάστρα.

| General characteristics |                                      |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Database ID:            | 261                                  |
| Name:                   | MSC Napoli                           |
| IMO number:             | 9000601                              |
| Type:                   | Container ship                       |
| Tonnage:                | 53,409 GT<br>21,088 NT<br>62,277 DWT |
| Length:                 | 275.66 m (904.4 ft)                  |
| Beam:                   | 37.10 m (121.7 ft)                   |
| Draught:                | 13.8 m (45 ft 3 in)                  |
| Depth:                  | -                                    |
| Installed power:        | 34,480 KW                            |
| Propulsion:             | -<br>-                               |
| Speed:                  | 24 kn (44 km/h; 28 mph)              |
| Capacity:               | 4,419 TEU                            |
| Crew:                   | 31                                   |



### 2.8.2.2. Λεπτομέρειες Ατυχήματος

Στις 18 Ιανουαρίου 2007, και ενώ έπλεε από το Βέλγιο προς την Πορτογαλία, βρισκόταν σε εξέλιξη η ευρωπαϊκή ανεμοθύελλα Κύριλλος. Οι σοβαροί θυελλώδεις άνεμοι και τα τεράστια κύματα προκάλεσαν σοβαρές ζημιές στο πλοίο, συμπεριλαμβανομένης και μιας ρωγμής η οποία είχε σαν αποτέλεσμα να πλημμυρίσει το μηχανοστάσιο και να διαρρεύσει πετρέλαιο. 103 εμπορευματοκιβώτια έπεσαν στη θάλασσα. Το πλοίο εκείνη τη στιγμή βρισκόταν 50 μίλια (80 χιλιόμετρα) ανοικτά των ακτών της Lizard στο Cornwall.



Στις 10:30 UTC περίπου, το πλήρωμα έστειλε σήμα κινδύνου. Λίγο αργότερα, ο πλοίαρχος διέταξε το πλήρωμα να εγκαταλείψει το πλοίο σε μία από τις σωσίβιες λέμβους. Τα 26 μέλη του πληρώματος βρίσκονταν στη θάλασσα για αρκετές ώρες πριν διασωθούν από τα ελικόπτερα του ναυτικού (Royal Navy's Fleet Air Arm). Κατά τη διάρκεια της διάσωσης, ένα από τα ελικόπτερα έσπασε δύο βαρούλκα, γεγονός που κατέστησε ακόμη πιο δύσκολο τη διάσωση των ναυτικών. Τα κύματα και οι θυελλώδεις άνεμοι προκάλεσαν στους άντρες οξεία ναυτία και σε ορισμένες περιπτώσεις αφυδάτωσης λόγω υπερθέρμανσης.

Στις 19 Ιανουαρίου 2007, ρυμουλκήθηκε από τα ναυαγοσωστικά Abeille Bourbon και Abeille Liberté. Το πλοίο επρόκειτο να μεταφερθεί στο λιμάνι του Portland στο Dorset, 140 μίλια (230 χιλιόμετρα) μακριά. Καθώς όμως βρισκόταν στο στενό της Μάγχη, έγειραν αμφιβολίες για την ικανότητά του να αντέχει στις κακουχίες του ταξιδιού προβλέψεις για ισχυρούς

ανέμους στην περιοχή και η βεβαρημένη κατάσταση του πλοίου στο Portland. Έτσι αποφασίστηκε η μεταφορά και η προσάραξη του στο κόλπο του Lyme. Η θέση της προσάραξης επιλέχθηκε με βάση την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων από τυχόν διαρροή και τη διευκόλυνση του έργου διάσωσης για την απομάκρυνση του πλοίου και του φορτίου. Κατά τη διάρκεια της νέας εβδομάδας, 22 Ιανουαρίου, ξεκίνησε προσπάθεια για την απομάκρυνση του πετρελαίου και άλλων επικίνδυνων υλικών από το πλοίο. Στις 9 Ιουλίου 2007 πάρθηκε η απόφαση να χωριστεί το πλοίο σε δυο τμήματα με την χρήση εκρηκτικών ώστε να διευκολυνθεί η μεταφορά του. Στις 20 Ιουλίου 2007 το πλοίο χωρίζεται τελικά στα δύο.



Έντονη αίσθηση προκάλεσαν οι δολιοφθορές και κλοπές του φορτίου που είχε εκβραστεί στην παραλία Branscombe από κατοίκους της περιοχής. Το θέμα του ναυαγίου και της κλοπής του φορτίου από την παραλία προκάλεσε συζητήσεις και έγινε αναφορά από τα μέσα ενημέρωσης. Σύμφωνα με την Πράξη Εμπορικής Ναυτιλίας του 1995 (Merchant Shipping Act 1995) οι δράσεις αυτές αποτελούσαν αξιόποινη πράξη κλοπής.

Η Marine Accident Investigation διεξήγαγε μια έρευνα σχετικά με το ατύχημα, και δημοσιεύθηκε στο τέλος του Απριλίου του 2008. Ταυτόχρονα Ο Det Norske Veritas (DNV) υπέβαλε και την δική του έκθεση. Το ατύχημα βρέθηκε να είναι το αποτέλεσμα της δομικής αστοχίας του κύτους του πλοίου. Δεν διαπιστώθηκαν ελλείψεις στο υλικό ή στην κατασκευή από την επισκευή του 2001.

### 2.8.2.3.Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Συνολικά διέρρευσαν 200 τόνοι πετρελαίου σε ακτίνα 5 μιλίων (8,0 χιλιόμετρα) μολύνοντας την τοπική θαλάσσια ακτογραμμή και επηρεάζοντας μερικά θαλασσοπούλια.



Εκτός από την κύρια επιχείρηση διάσωσης του πλοίου, μια τοπική εταιρεία διορίστηκε για να καθαρίσει την παραλία και να αφαιρέσει τα εμπορευματοκιβώτια και τα επιπλέοντα εμπορεύματα.



### 2.8.3.Hanjin Venezia

#### 2.8.3.1.Γενικά

Το πλοίο κατασκευάστηκε το 2001 από την Hyundai Heavy Industries στο Ulsan στη Νότια Κορέα. Τον Δεκέμβριο του 2001, το πλοίο τέθηκε υπό μακροχρόνια ναύλωση στην Hanjin Shipping Co. με το όνομα Hanjin Cairo. Τον Νοέμβριο του 2006, μετονομάστηκε σε Cosco Busan. Στις 24 Οκτωβρίου 2007 το πλοίο πουλήθηκε στην Regal Stone από το Χονγκ Κονγκ. Κατά τη διάρκεια των αλλαγών στη σημαία, την ιδιοκτησία και τη διαχείριση, το σκάφος παρέμεινε υπό ναύλωση στην Hanjin Shipping Company. Μετονομάστηκε σε Hanjin Venezia μετά το ατύχημα στο Σαν Φρανσίσκο.

| General characteristics |                              |
|-------------------------|------------------------------|
| Database ID:            | 786                          |
| Name:                   | Hanjin Venezia               |
| IMO number:             | 9231743                      |
| Type:                   | Container ship               |
| Tonnage:                | 65,131 GT<br>-<br>68,086 DWT |
| Length:                 | 265 m (869 ft)               |
| Beam:                   | 40 m (130 ft) 40 m (130 ft)  |
| Draught:                | 14 m (46 ft)                 |
| Depth:                  | -                            |
| Installed power:        | -                            |
| Propulsion:             | -<br>-                       |
| Speed:                  | 25.9 kn (48 km/h; 29.8 mph)  |
| Capacity:               | 5,551 TEU                    |
| Crew:                   | -                            |



### 2.8.3.2.Λεπτομέριες Ατυχήματος

Το ατύχημα συνέβη στις 08:30 UTC-8 στις 7 Νοεμβρίου 2007 μεταξύ του Σαν Φρανσίσκο και του Όκλαντ στην Καλιφόρνια με αποτέλεσμα να διαρρεύσουν 53.569 gal (202,780 λίτρα) IFO-380 βαρύ μαζούτ στο κόλπο του San Francisco. Το πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων ονόματι τότε Cosco Busan (Hanjin Venezia), προσέκρουσε στις γέφυρας του Σαν Φρανσίσκο-Όκλαντ κάτω από συνθήκες έντονης ομίχλης.



Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι ο πιλότος John Cota είχε κάνει χρήση συνταγογραφούμενων φαρμάκων ,τα οποία των κατέστησαν ανίκανο να χρησιμοποιήσει το ενσωματωμένο ραντάρ και τους ηλεκτρονικούς χάρτες ναυσιπλοΐας σωστά. Ο Cota καταδικάστηκε σε 10 μήνες στην ομοσπονδιακή φυλακή για το ρόλο του στο συμβάν.



Το Εθνικό Συμβούλιο Ασφάλειας Μεταφορών προσδιόρισε τις εξής πιθανές αιτίες του ατυχήματος:

1. Υποβαθμισμένη γνωστική απόδοση του πιλότου από τη χρήση συνταγογραφούμενων φάρμακων.
2. Έλλειψη αποτελεσματικής επικοινωνίας μεταξύ πιλότου John Cota και πλοίαρχου Mao Cai Sun.
3. Αναποτελεσματική εποπτεία του πλοίαρχου Mao Cai Sun καθώς και μη ολοκληρωμένη εκπαίδευση πληρώματος.

Η συνολική χρηματική αποζημίωση εκτιμάται σε 2,1 εκατ. δολάρια για το πλοίο, 1,5 εκατ. δολάρια για φτερό της γέφυρας, και περισσότερα από 70 εκατομμύρια δολάρια για καθαρισμό πετρελαιοκηλίδων.



Στις 21 Δεκεμβρίου το πλοίο απέπλευσε έξω από το Σαν Φρανσίσκο καθοδόν προς Busan, Νότια Κορέα με ένα νέο πλήρωμα και με νέο όνομα (Hanjin Venezia)

### 2.8.3.3.Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Περισσότερες από 50 δημόσιες παραλίες έκλεισαν, συμπεριλαμβανομένων των Crissy Field, Fort Point , Baker, Παραλία της Κίνας και Kirby Cove .



Σύμφωνα με τις ομοσπονδιακές και κρατικές υπηρεσίες διαχείρισης φυσικών πόρων, από την διαρροή εκτιμάται ότι έχουν σκοτωθεί 6.849. Εκτιμάται ότι το 14 έως 29% του γόνου ρέγγας το χειμώνα 2007-2008 χάθηκαν λόγω της διαρροής.



## 2.8.4.MOL Comfort

### 2.8.4.1.Γενικά

Το πλοίο κατασκευάστηκε το 2008 στο Imabari's Koyo Dockyard της Ιαπωνίας και τέθηκε υπό μακροχρόνια ναύλωση στην εταιρία Mitsui O.S.K. Lines (MOL). Αποτελεί ένα από τα δώδεκα πλοία παρόμοιου σχεδιασμού.

| General characteristics |   |
|-------------------------|---|
| Name:                   | MOL Comfort                                   |
| IMO number:             | 9358761                                       |
| Type:                   | Container ship                                |
| Tonnage:                | 86,692 GT<br>48,825 NT<br>90,613 DWT          |
| Length:                 | 316 m (1,037 ft)                              |
| Beam:                   | 45.6 m (150 ft)                               |
| Draught:                | 14.5 m (48 ft)                                |
| Depth:                  | 25 m (82 ft)                                  |
| Installed power:        | Mitsubishi-Sulzer 11RT-flex96C<br>(62,920 kW) |
| Propulsion:             | Single shaft, Fixed pitch propeller           |
| Speed:                  | 25.25 knots (46.76 km/h; 29.06 mph)           |
| Capacity:               | 8,110 TEU                                     |
| Crew:                   | 26  |

### 2.8.4.2.Λεπτομέριες Ατυχήματος

Η εταιρία Mitsui O.S.K. Lines, Ltd. ανέφερε ότι το πλοίο MOL Comfort το απόγευμα της 17ης Ιουνίου 2013, κατά το ταξίδι του στον Ινδικό Ωκεανό (12'30"N 60'E) από τη Σιγκαπούρη στη Τζέντα, παρουσίασε ρωγμή στη μέση του σκάφους λόγω αντίξων καιρικών συνθηκών με αποτέλεσμα τον τελικό διαχωρισμό του πλοίου σε δύο τμήματα.

Κάποια από τα εμπορευματοκιβώτια πάνω στο πλοία χάθηκαν στη θάλασσα ή υπέστησαν ζημιές κατά το ατύχημα. Τα 26 μέλη του πληρώματος χρησιμοποίησαν τις σωστικές λέμβους για να διαφύγουν. Η Ινδική Ακτοφυλακή και ένα διερχόμενο από την περιοχή πλοίο βοήθησαν στη διάσωση του πληρώματος.



Το απόγευμα της Τρίτης, 18 Ιουνίου 2013 (07:00 τοπική ώρα), το μπροστινό τμήμα του πλοίου επέπλεε στις συντεταγμένες 13'00"N 60'40"E (Arabian Sea) και το πίσω τμήμα βρισκόταν περίπου 19 μίλια νοτιοδυτικά του σημείου.



Η Mitsui O.S.K. Lines, Ltd. ήρθε σε επικοινωνία με εταιρίες για τη διάσωση του φορτίου καθώς και των τμημάτων του πλοίου.

Στις 24 Ιουνίου έφτασαν στην περιοχή ναυαγοσωστικά και ξεκίνησαν τις εργασίες ρυμούλκησης. Στις 26 Ιουνίου αναφέρθηκε έντονη εισροή υδάτων στο πρυμναίο τμήμα με αποτέλεσμα την επόμενη μέρα να βυθιστεί σε βάθος 4.000 μέτρων. Το τμήμα της πλώρης ενώ βρισκόταν υπό ρυμούλκηση, έπιασε φωτιά η οποία το κατέστρεψε ολοσχερώς και τελικά στις 11 Ιουλίου βυθίστηκε και αυτό σε βάθος 3.000 μέτρων.



### 2.8.4.3.Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Δεν είχε αναφερθεί κάποια σημαντική απελευθέρωση πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον στην περιοχή του ατυχήματος αν και έχει ειπωθεί ότι το πρυμναίο τμήμα περιέχει περίπου 1.500 τόνους πετρελαίου.



### 2.8.3.4.Παρατηρήσεις

Δίνεται η ευκαιρία να ελεγχθεί η αξιοπιστία της παρούσας βάσης δεδομένων καθώς και τα συμπεράσματα που εξάγονται από αυτήν στα τελευταία κεφάλαια. Το ατύχημα ανήκει στην κατηγορία ατυχημάτων κατασκευαστικής αστοχίας (NASF) και το σενάριο του ατυχήματος, με βάση τις έως τώρα πληροφορίες, ακολουθεί την εξής πορεία :

NASF – Weather Related – Open Sea – Loaded – Serious – Sunk

Συνεπώς το ατύχημα αυτό επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα της βάσης (Κεφάλαιο 8.2.5) καθώς όπως φαίνεται και παρακάτω, στην μελέτη των ατυχημάτων κατασκευαστικής αστοχίας (NASF), υπάρχει αντίστοιχο σενάριο με πιθανότητα βύθισης.

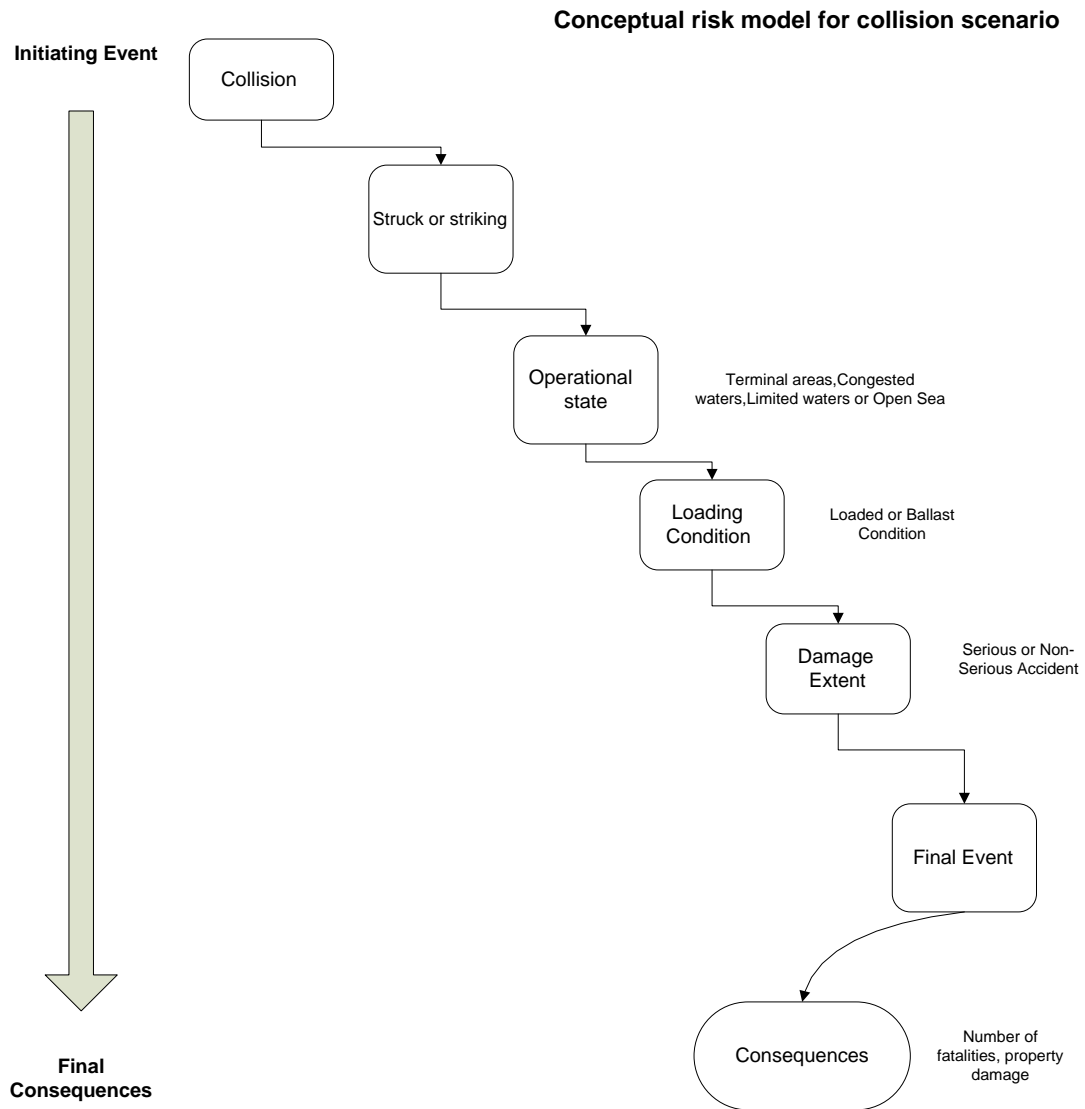
| <b>Weather Related</b> | <b>Sunk probability (%)</b> | <b>Frequency (%)</b> |
|------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Open Sea/Loaded        | 20                          | 2.10E-05             |

### 3.Ατυχήματα Σύγκρουσης (Collision)

#### 3.1.Ποιοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου

Αντιπροσωπευτικά ατυχήματα σύγκρουσης περιλαμβάνουν σενάρια όπου η πλήρη του ενός πλοίου διαπερνά κάθετα την πλευρά του άλλου καθώς και σενάρια που η γωνία σύγκρουσης είναι μικρή με αποτέλεσμα την ολίσθηση του ενός σκάφους στην πλευρά του άλλου. Η πιθανότητα ύπαρξης σοβαρής ζημιάς και θυμάτων είναι γενικά μεγαλύτερη για ένα σκάφος, το οποίο πλήττεται κάθετα από την πλήρη ενός άλλου σκάφους.

Η πιθανότητα σύγκρουσης σχετίζεται σε υψηλό βαθμό με την πυκνότητα της κυκλοφορίας. Σύμφωνα με στατιστικές οι περισσότερες συγκρούσεις λαμβάνουν χώρα σε ύδατα με αυξημένη κίνηση πλοίων (congested waters, terminal areas), περάσματα (crossing routes) και περιοχές με μεγάλες διακυμάνσεις στην ταχύτητα των πλοίων. Τα κύρια αίτια είναι η κακή ορατότητα, λάθη πλοήγησης και τεχνικές δυσκολίες. Ένα τυπικό σενάριο σύγκρουσης ξεκινά με την εμφάνιση του συμβάντος, όπου το containership μπορεί είτε να είναι υπεύθυνο για τη σύγκρουση πλήττοντας ένα άλλο σκάφος (striking) είτε να έχει δεχτεί το πλήγμα (struck). Η κατάσταση λειτουργίας του πλοίου μπορεί να είναι ή πλήρως φορτωμένο ή σε κατάσταση ερματισμού, γεγονός που θα επηρεάσει την κλιμάκωση του συμβάντος. Ρήξη της γάστρας και/ή του εσωτερικού κύτους μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια σταθερότητας έχοντας σαν αποτέλεσμα τη βύθιση του πλοίου. Η Εικόνα 1 παρουσιάζει την ακολουθία γεγονότων στο προτεινόμενο μοντέλο ρίσκου για σύγκρουση.



### 1. Event sequence in collision risk model of a Containership

## 3.2. Ποσοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου

### 3.2.1. Συχνότητα των σεναρίων σύγκρουσης

Για την ανάλυση του ρίσκου η συχνότητα των συγκρούσεων υπολογίστηκε με βάση τα containerships που ενεπλάκησαν σε τέτοιου είδους ατυχήματα. Από τη βάση δεδομένων έχουμε 442 ατυχήματα και συχνότητα  $9.22E-03$  για serious και non-serious ατυχήματα.

### 3.2.2. Είδος ατυχήματος σύγκρουσης (Struck-Striking)

Οι πιθανότητες για τα δύο είδη σύγκρουσης δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

| Collision  | Probability of Collision(%) |
|------------|-----------------------------|
| Struck     | 30,54                       |
| Striking   | 32,35                       |
| Unknown    | 37,10                       |
| <b>Sum</b> | <b>100</b>                  |

Στην παρούσα μελέτη δε θα εξεταστούν οι περιπτώσεις των αγνώστων ατυχημάτων (Unknown). Συνεπώς τα ποσοστά μόνο για Struck και Striking δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

| Collision  | Probability of Collision(%) |
|------------|-----------------------------|
| Struck     | 48,56                       |
| Striking   | 51,44                       |
| <b>Sum</b> | <b>100</b>                  |

Παρατηρείται ότι τα ποσοστά είναι σχεδόν ίδια. Στα μεγάλα δεξαμενόπλοια τα ποσοστά είναι περίπου 80% struck - 20% striking λόγω της χαμηλής ταχύτητας υπηρεσίας. Η τυπική ταχύτητα ενός Containership είναι 20-25 κόμβοι, γεγονός που αιτιολογεί τα παραπάνω ποσοστά, αφού το σκάφος μπορεί λόγω ταχύτητας να ευθύνεται για τη σύγκρουση (Striking), γεγονός σπάνιο για πλοία τύπου Tanker και Bulk Carrier, λόγω των χαμηλότερων ταχυτήτων υπηρεσίας.



### 3.2.3. Κατάσταση Λειτουργίας

Οι πιθανότητες για τις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας έχουν βρεθεί από τη βάση δεδομένων. Αυτές παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες για struck και striking vessel.

| <b>Struck Ship</b>       |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Operational State</b> | <b>Probability of Collision(%)</b> |
| Terminal Areas           | 42,5                               |
| Congested waters         | 25,4                               |
| Open sea                 | 19,4                               |
| Limited waters           | 12,7                               |
| <b>Sum</b>               | <b>100</b>                         |

| <b>Striking Ship</b>     |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Operational State</b> | <b>Probability of Collision(%)</b> |
| Terminal Areas           | 30,77                              |
| Congested waters         | 28,67                              |
| Open sea                 | 20,28                              |
| Limited waters           | 20,28                              |
| <b>Sum</b>               | <b>100</b>                         |

### 3.2.4. Μοντέλο καταστάσεων φόρτωσης

Η πιθανότητα ενός πλοίου να βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης έχει βρεθεί από τη βάση δεδομένων για κάθε κατάσταση λειτουργίας. Παρακάτω δίνονται οι τιμές των πιθανοτήτων των καταστάσεων φόρτωσης για την κάθε κατάσταση λειτουργίας .

| <b>Struck Ship</b> | <b>Probability of ship in Loading condition (%)</b> | <b>Probability of ship in Ballast condition (%)</b> |
|--------------------|---|---|
| Terminal Areas     | 52.6  | 47.4  |
| Congested waters   | 52.9  | 47.1  |

|                |      |      |
|----------------|------|------|
| Open sea       | 69.2 | 30.8 |
| Limited waters | 70.6 | 29.4 |

| <b>Striking Ship</b> | <b>Probability of ship in Loading condition (%)</b> | <b>Probability of ship in Ballast condition (%)</b> |
|----------------------|---|---|
| Terminal Areas       | 50  | 50  |
| Congested waters     | 63.4  | 36.6  |
| Open sea             | 65.5  | 34.5  |
| Limited waters       | 55.2  | 44.8  |

### 3.2.5. Τελικό γεγονός και έκταση ζημιών

Για την ταξινόμηση της έκτασης των ζημιών στο σκάφος θα ορίσουμε δύο κατηγορίες: Serious και Non-Serious accident. Η κατηγορία στην οποία ανήκει το ατύχημα επηρεάζει και το τελικό γεγονός, αφού Non-Serious ατυχήματα έχουν πάντα σαν αποτέλεσμα τη μη βύθιση του σκάφους. Ακολουθούν οι πίνακες με τις πιθανότητες των κατηγοριών Serious και Non-Serious accident, οι οποίες υπολογίστηκαν από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων.

| <b>Struck Ship</b>       | <b>Probability of Serious Accident (%)</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident (%)</b> |
|--------------------------|--|--|
| Terminal Areas Loaded    | 90   | 10   |
| Terminal Areas Ballast   | 66.7                                       | 33.3   |
| Congested waters Loaded  | 88.9                                       | 11.1   |
| Congested waters Ballast | 75   | 25   |
| Open sea Loaded          | 83.3                                       | 16.7   |
| Open sea Ballast         | 25   | 75   |
| Limited waters Loaded    | 83.3                                       | 16.7   |
| Limited waters Ballast   | 80   | 20   |

| <b>Striking Ship</b>     | <b>Probability of Serious Accident (%)</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident (%)</b> |
|--------------------------|--|--|
| Terminal Areas Loaded    | 86.4                                       | 13.6   |
| Terminal Areas Ballast   | 45.5                                       | 54.5   |
| Congested waters Loaded  | 76.9                                       | 23.1   |
| Congested waters Ballast | 60   | 40   |
| Open sea Loaded          | 84.2                                       | 15.8   |
| Open sea Ballast         | 70   | 30   |
| Limited waters Loaded    | 93.8                                       | 6.3  |
| Limited waters Ballast   | 46.2                                       | 53.8   |

Αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρούνται υψηλά ποσοστά σοβαρών ατυχημάτων για πλοία σε κατάσταση πλήρους φόρτωσης.

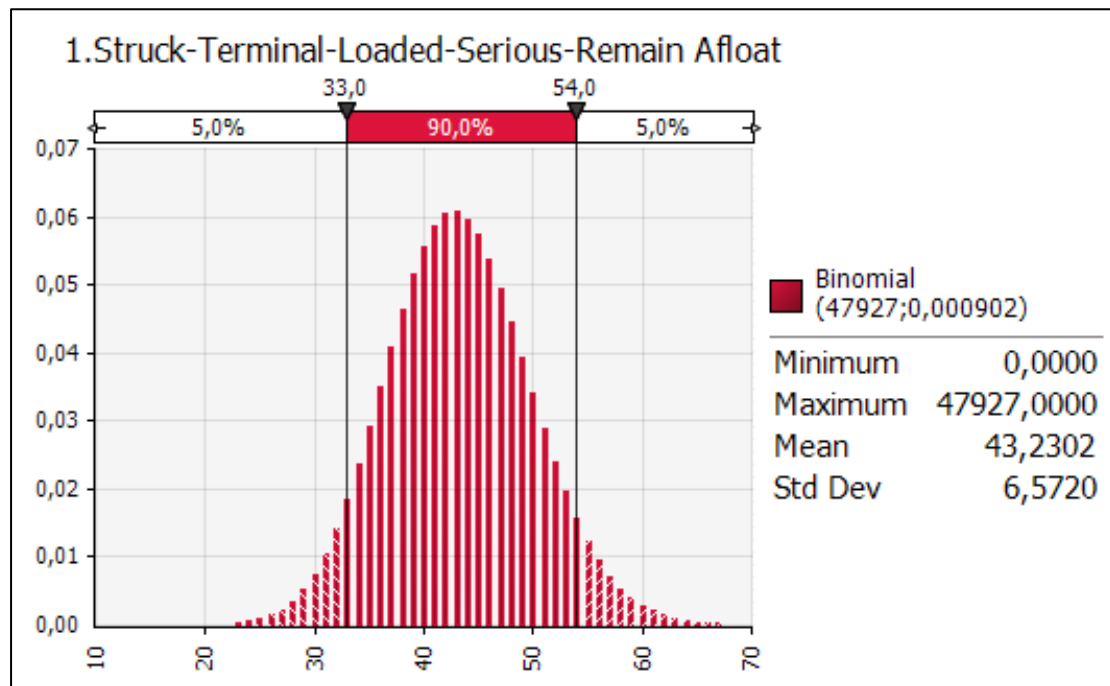
Από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων παρατηρήθηκε ότι για την κατηγορία Collision δεν υπήρξε βύθιση του σκάφους.

### 3.2.6. Κατανομές σεναρίων

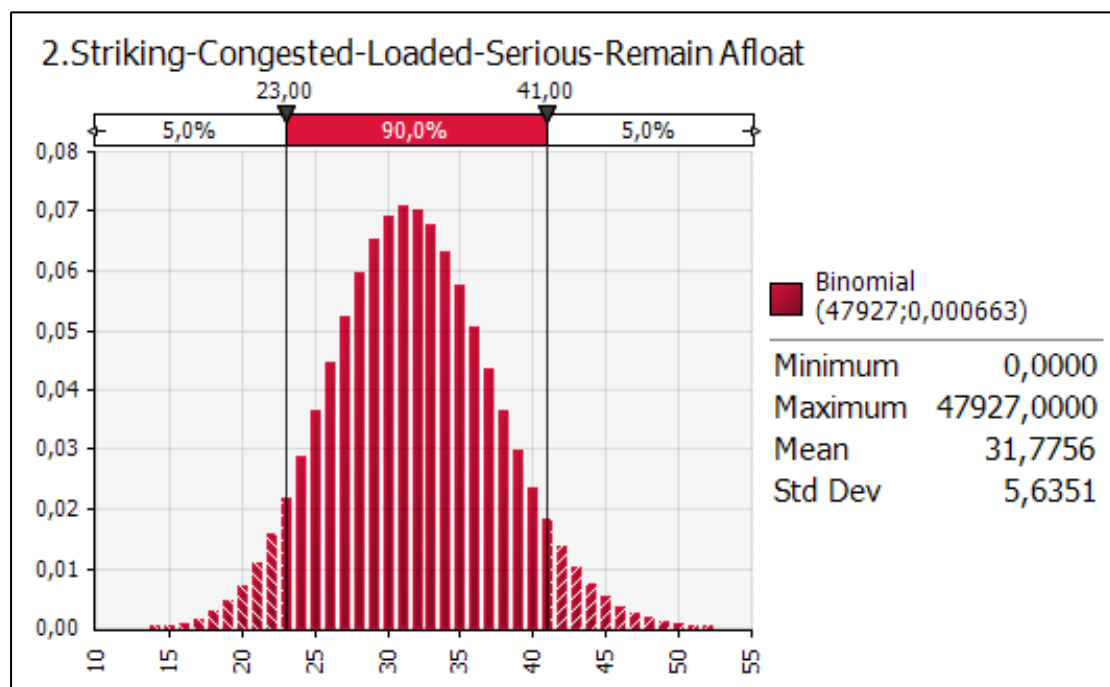
Όπως φαίνεται και στο δέντρο συχνοτήτων (Παράρτημα Α) προκύπτουν 48 διαφορετικά σενάρια σύγκρουσης. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα διωνυμικής κατανομής, των πέντε σεναρίων σύγκρουσης με την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης (σε φθίνουσα σειρά). Τα διαγράμματα έγιναν με την βοήθεια του προγράμματος @Risk (Παράρτημα Γ).

Ο κάθετος άξονας συμβολίζει την σχετική πιθανότητα και ο οριζόντιος άξονας τον αναμενόμενο αριθμό εμφάνισης του αντιστοίχου σεναρίου. Ο τίτλος του κάθε διαγράμματος φέρει την αναλυτική πορεία του σεναρίου. Στο πίνακα που συνοδεύει τα διαγράμματα αναγράφεται το Fleet@Risk (47927,18 σε ακέραια μορφή δηλαδή 47927), η αρχική πιθανότητα του κάθε σεναρίου υπολογισμένη από τα στοιχεία της βάσης (π.χ. 0,020705521) και τα αποτελέσματα του προγράμματος, δηλαδή, η διασπορά (Std Dev) και η μέση τιμή (Mean).

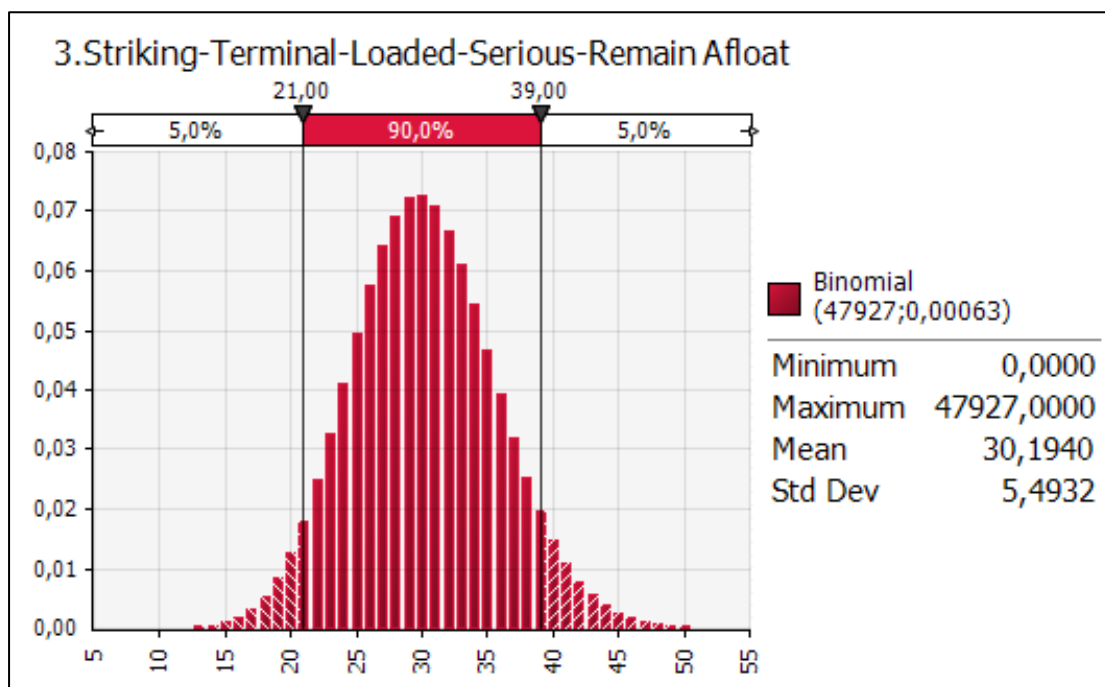
Πρώτο σε συχνότητα ατύχημα σύγκρουσης με αναμενόμενη μέση τιμή 43 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 6,6.



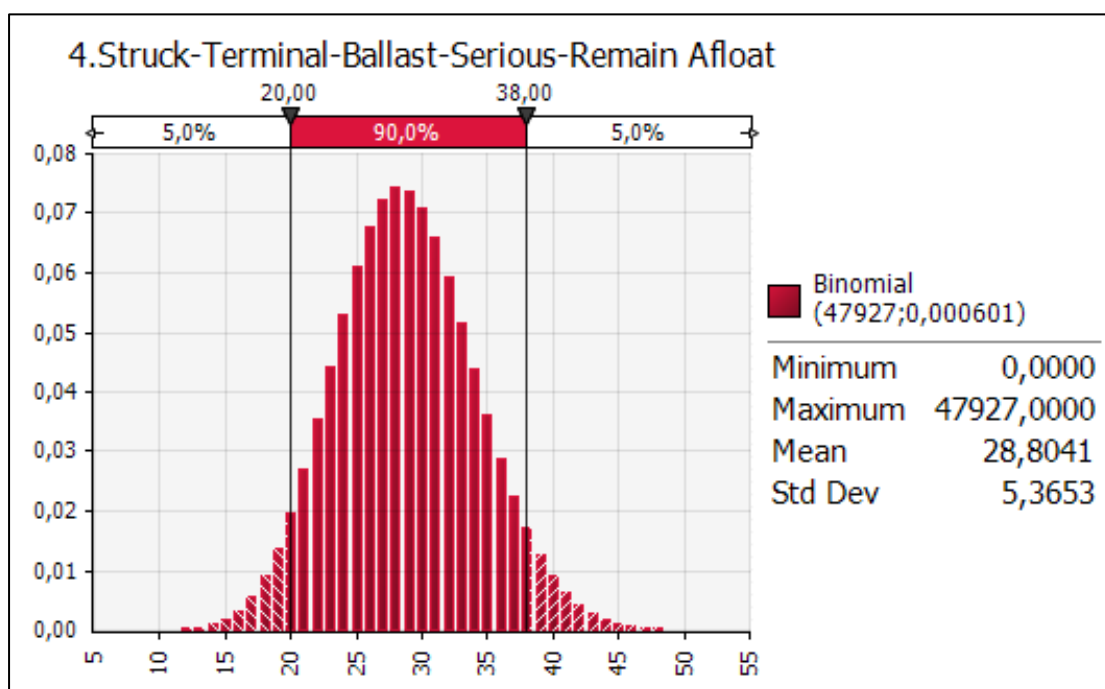
Δεύτερο σε συχνότητα ατύχημα σύγκρουσης με αναμενόμενη μέση τιμή 32 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 5,6.



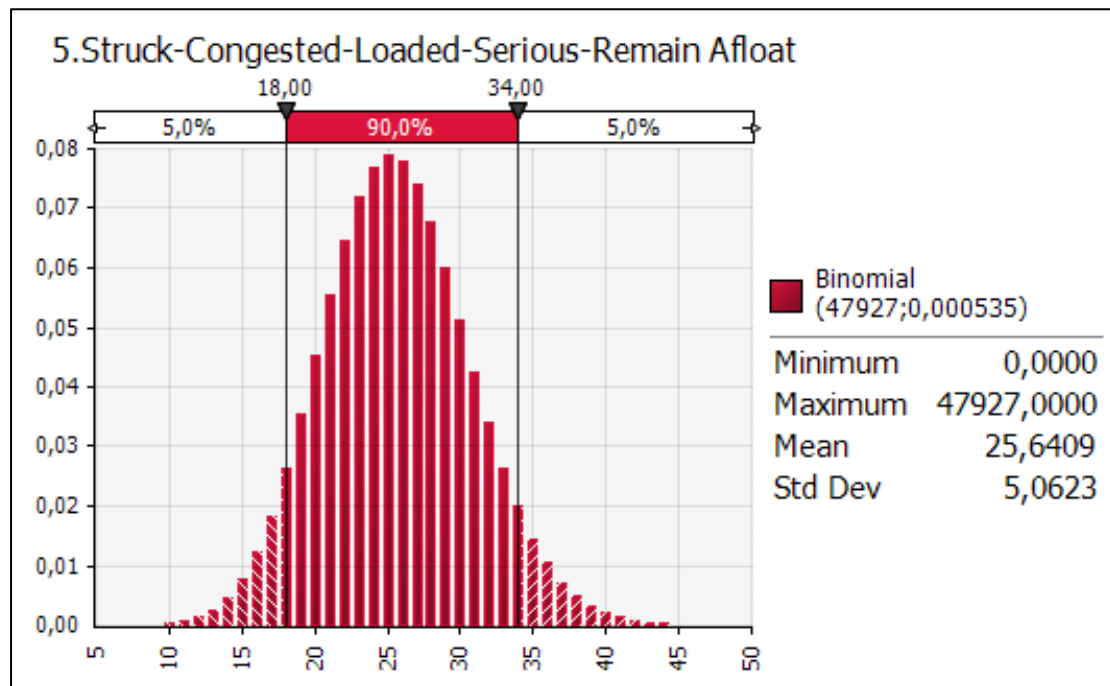
Τρίτο σε συχνότητα ατύχημα σύγκρουσης με αναμενόμενη μέση τιμή 30 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 5,5.



Τέταρτο σε συχνότητα ατύχημα σύγκρουσης με αναμενόμενη μέση τιμή 29 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 5,4.



Πέμπτο σε συχνότητα ατύχημα σύγκρουσης με αναμενόμενη μέση τιμή 26 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 5,1.



### 3.2.7.PLL-PLF

Θεωρώντας ένα τυπικό πλήρωμα πλοίου 30 ατόμων και μελετώντας τα δεδομένα της βάσης εξάγονται σημαντικά αποτελέσματα σχετικά με τον Αναμενόμενο Αριθμό Νεκρών (PLL – Potential Loss of Life). Στην συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρείται 10% πιθανότητα να προκύψει θάνατος σε ατυχήματα σύγκρουσης τύπου Struck και 3,33% πιθανότητα σε ατυχήματα σύγκρουσης τύπου Striking. Πολλαπλασιαζόμενες αυτές οι πιθανότητες με τις συχνότητες των αντίστοιχων σεναρίων προκύπτει ο αναμενόμενος αριθμός θανάτων κάθε σεναρίου σε διάστημα ενός χρόνου (Παράρτημα Α - Στήλη PLL).

Ο σχετικός πίνακας που ακολουθεί αναφέρει αρχικά τα καταχωρημένα, στην βάση, θανατηφόρα ατυχήματα και εν συνεχεία τα γενικευμένα αποτελέσματα που εξάγονται.

|   |                  |                           |          |         |
|---|------------------|---------------------------|----------|---------|
| <b>PLL<br/>(Potential Loss of<br/>Life)</b> | Typical Crew     |                           |          | 30      |
|   | <b>INCIDENTS</b> |                           |          |         |
|   | ID               | Type                      | Type     | Deaths  |
|   | 154              | Struck - Limited Waters   | Serious  | 3       |
|   | 529              | Striking - Limited Waters | Serious  | 1       |
|   | <b>RESULTS</b>   |                           |          |         |
|   | Type             | Type                      | Expected | Persons |
| <b>Struck - Limited Waters</b>              | <b>Serious</b>   | <b>10,00%</b>             | <b>3</b> |         |
| <b>Striking - Limited Waters</b>            | <b>Serious</b>   | <b>3,33%</b>              | <b>1</b> |         |

|              |                 |                              |
|--------------|-----------------|------------------------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>2,10E-03</b> | <b>Persons per Shipyears</b> |
|--------------|-----------------|------------------------------|

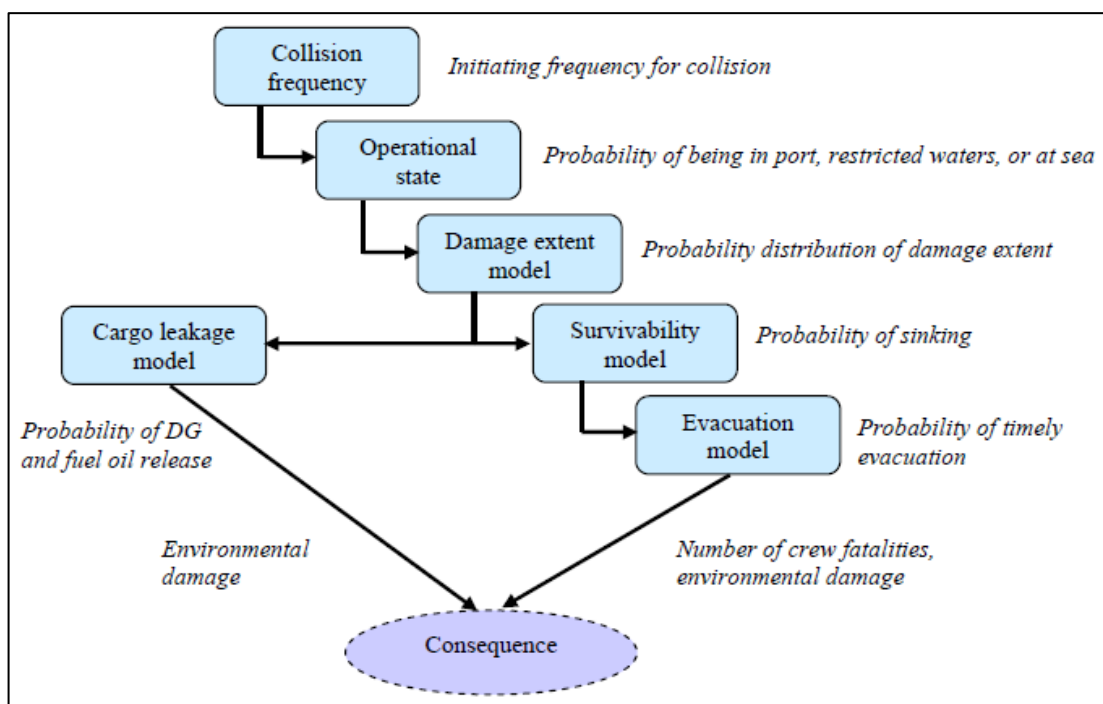
Αντίστοιχα για την διαρροή καυσίμου στην θάλασσα (PLF - Potential Loss of Fuel) από τα δεδομένα της βάσης προκύπτει πιθανότητα 1,4 τόνοι ανά ατύχημα και ολική συχνότητα 0,0129 tonnes/shipyears για ατυχήματα σύγκρουσης.

|   |                                |     |
|---|--------------------------------|-----|
| <b>PLF<br/>(Potential<br/>Loss of Fuel)</b> | <b>Tonnes In Each Incident</b> |     |
|   |                                | 40  |
|   |                                | 100 |
|   |                                | 450 |
|   |                                | 5   |
|   |                                | 10  |
|   | 15                             |     |
| <b>Total</b>                                | <b>620</b>                     |     |
| <b>Tonnes/Shipyears</b>                     | <b>1,29E-02</b>                |     |



### 3.3. Συμπεράσματα – Σχόλια

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι τα σενάρια με τη μεγαλύτερα συχνότητα αφορούν ατυχήματα σε ύδατα που παρουσιάζουν αυξημένη πυκνότητα-διέλευση πλοίων (terminal areas, congested waters) και σκάφη τα οποία είναι σε κατάσταση πλήρους φόρτωσης, στο μεγαλύτερο ποσοστό (μόνο ένα σενάριο αφορά σκάφος σε Ballast condition). Τέλος αν και τα ατυχήματα των σεναρίων είναι σοβαρά (Serious Accidents), κανένα τελικό γεγονός δεν είχε σαν αποτέλεσμα τη βύθιση του πλοίου σύμφωνα με τα στατιστικά. Ακολουθεί σύγκριση με την ανάλυση της υπάρχουσας FSA για τα Container Ships.



2. FSA Event Tree for Containerships (Collision)

| Casualty statistics and accident frequencies for container vessels, 1993 – 2004,<br>based on /7/ |                    |                   |               |                 |              |               |                |               |                                      |                          |                  |                       |
|--|--------------------|-------------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|----------------|---------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|
| Initial cause  | Initial cause code | No. of casualties | Fleet at risk | Frequency h(E)  | Consequences |               |                |               |                                      |                          |                  |                       |
|  |                    |                   |               |                 | No. of dead  | No. of events | No. of missing | No. of events | Tot No. of fatalities dead + missing | Fatalities per ship year | Pollution events | Container loss events |
| Collision  | CN                 | 493               | 30682         | 1.61E-02        | 5            | 2             | 13             | 3             | 18                                   | 5.87E-04                 | 16               | 23                    |
| Contact  | CT                 | 112               | 30682         | 3.65E-03        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 4                | 3                     |
| Foundered  | FD                 | 2                 | 30682         | 6.52E-05        | 30           | 1             | 0              | 0             | 30                                   | 9.78E-04                 | 0                | 0                     |
| Fire/explosion   | FX                 | 109               | 30682         | 3.55E-03        | 42           | 10            | 0              | 0             | 42                                   | 1.37E-03                 | 1                | 2                     |
| Hull damage  | HL                 | 39                | 30682         | 1.27E-03        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 2                | 738                   |
| Wrecked/stranded   | WS                 | 210               | 30682         | 6.84E-03        | 0            | 0             | 15             | 1             | 15                                   | 4.89E-04                 | 8                | 0                     |
| Miscellaneous  | XX                 | 222               | 30682         | 7.24E-03        | 3            | 2             | 0              | 0             | 3                                    | 9.78E-05                 | 17               | 1,239                 |
| Machinery dam  | MY                 | 395               | 30682         | 1.29E-02        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 0                | 0                     |
| <b>Subtotal</b>  |                    | <b>1,582</b>      |               | <b>5.16E-02</b> | <b>80</b>    | <b>15</b>     | <b>28</b>      | <b>4</b>      | <b>108</b>                           | <b>3.52E-03</b>          | <b>48</b>        | <b>2,005</b>          |

### 3. FSA Results for Containerships

Η αρχική συχνότητα της FSA για την κατηγορία ατυχημάτων Collision είναι 1.61E-02, αριθμός κατά πολύ μεγαλύτερος από εκείνων που χρησιμοποιούμε στην παρούσα μελέτη. Αυτό οφείλεται στα διαφορετικά Fleet at risk και στον αριθμό των ατυχημάτων. (FSA Fleet at risk= 30682 έναντι 47927, Αριθμός ατυχημάτων σύγκρουσης= 493 έναντι 442).

|                           | FSA<br>(1993-2004) | THESIS<br>(1990-2011) |
|---------------------------|--------------------|-----------------------|
| <b>Fleet a risk</b>       | <b>30682</b>       | <b>47927,61</b>       |
| <b>Collison incidents</b> | <b>493</b>         | <b>442</b>            |
| <b>Frequency</b>          | <b>1,61E-02</b>    | <b>9,22E-03</b>       |

| THESIS           | Serious Cases - Frequency | Non serious Cases - Frequency |
|------------------|---------------------------|-------------------------------|
| <b>Collision</b> | 4,30E-03                  | 1,48E-03                      |

Πιθανή απόκλιση του αθροίσματος των συχνοτήτων των Serious-Non Serious Cases με την ολική συχνότητα του συγκεκριμένου τύπου ατυχήματος οφείλεται στην ύπαρξη ελλιπών πληροφοριών (Unknown).

Τα ποσοστά της υπάρχουσας FSA για τις κατηγορίες Striking και Struck είναι και για τις δύο 50%, ποσοστό το οποίο είναι κοντά στους αριθμούς της παρούσας μελέτης. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με άλλη σχετική πηγή (GOALDS 5.1) για ατυχήματα σύγκρουσης παρουσιάζονται κάποιες διαφορές στα ποσοστά Struck/Striking της τάξεως του 10%, αλλά η τιμή της συχνότητας σύγκρουσης της παρούσας μελέτης δεν απέχει πολύ από εκείνη της πηγής.

|   | Frequency of Collision |
|---|------------------------|
| <b>THESIS</b>   | <b>9.22E-03</b>        |
| <b>FSA</b>  | <b>1.61E-02</b>        |
| <b>GOALDS 5.1</b><br><b>(Length category = 80-180m)</b> | <b>8.69E-03</b>        |
| <b>GOALDS 5.1</b><br><b>(Length category &gt; 180m)</b> | <b>8.92E-03</b>        |

| Ship type | Length category | Total collisions | Struck     | Striking    | Shipyards | Frequency of Collision | Frequency of being struck | Frequency of striking |
|-----------|-----------------|------------------|------------|-------------|-----------|------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Container | 80-180m         | 186              | 63<br>-34% | 123<br>-66% | 21 404    | 8.69E-03               | 2.97E-03                  | 5.72E-03              |
| Container | >180m           | 218              | 85<br>-39% | 133<br>-61% | 24 436    | 8.92E-03               | 3.49E-03                  | 5.43E-03              |

#### 4. GOALDS 5.1 Results

Τα ποσοστά για την κατάσταση λειτουργίας παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές διότι στην υπάρχουσα FSA γίνεται κατηγοριοποίηση σε σχέση με την ταχύτητα του σκάφους (1.Low speed, 2.Restricted, 3.Full speed), υπολογίζοντας τις πιθανότητες για Terminal και Congested waters μαζί στην κατηγορία της χαμηλής ταχύτητας (Low Speed). Αξίζει να σημειωθεί ότι στα ποσοτικά δέντρα της FSA η κατάσταση λειτουργίας (Operational State) έχει τοποθετηθεί πριν από το είδος της σύγκρουσης και οι πιθανότητες έχουν θεωρηθεί ίδιες για το Struck και το Striking.

### Differences of Probability (Operational State)

| Striking Ship     | THESIS                       |
|-------------------|------------------------------|
| Operational State | Probability of Collision (%) |
| Terminal Areas    | 30,77                        |
| Congested waters  | 28,67                        |
| Open sea          | 20,28                        |
| Limited waters    | 20,28                        |

| Struck and Striking | FSA                          |
|---------------------|------------------------------|
| Operational State   | Probability of Collision (%) |
| Low Speed           | 40                           |
| Full speed          | 40                           |
| Restricted          | 20                           |

Επίσης δεν γίνεται καμία κατηγοριοποίηση για την κατάσταση φόρτωσης του σκάφους, παράγοντα που επηρεάζει σημαντικά την εξέλιξη του ατυχήματος.

| Risk Model Container Vessels - COLLISION |                                  |                          |                         |                         |                          |                           |                        |          |    |
|--|----------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|----------|----|
| Initial Frequency                        | Operational state?               | Striking or struck ship? | Ship damage?            | Ship survivability?     | Third party type of ship | Third party survivability | Frequency (Calculated) | Scenario |    |
| 0  | 1                                | 2                        | 3                       | 4                       | 5                        | 6                         |                        |          |    |
| f= 0,0161                                | Low speed p= 0,40                | striking p= 0,50         | minor damage p= 1,00    | stays afloat p= 1,00    | 1,00                     | stays afloat p= 1         | 3,21E-03               | 1        |    |
|  | manoeuvring in or close terminal |                          | critical damage p= 0,00 |                         |                          |                           | 0,00E+00               | 2        |    |
|  |                                  | struck p= 0,50           | minor damage p= 1,00    | stays afloat p= 1,00    | 1,00                     | stays afloat p= 1         | 3,21E-03               | 3        |    |
|  |                                  |                          | critical damage p= 0,00 |                         |                          |                           | 0,00E+00               | 4        |    |
|  |                                  | Restricted p= 0,40       | striking p= 0,50        | minor damage p= 0,80    | stays afloat p= 1,00     | 1,00                      | stays afloat p= 1      | 2,57E-03 | 5  |
|  | in approach channels/fairway     |                          |                         |                         |                          | stays afloat p= 0,8       | 2,57E-05               | 6        |    |
|  |                                  |                          | critical damage p= 0,20 | stays afloat p= 1,00    | passenger p= 0,05        | sinks slowly p= 0,2       | 6,43E-06               | 7        |    |
|  |                                  |                          |                         | sinks slowly p= 0,00    |                          | sinks rapidly p= 0        | 0,00E+00               | 8        |    |
|  |                                  |                          |                         | sinks rapidly p= 0,00   | non passenger p= 0,95    | stays afloat p= 0,8       | 4,88E-04               | 9        |    |
|  |                                  |                          |                         |                         |                          | sinks slowly p= 0,2       | 1,22E-04               | 10       |    |
|  |                                  |                          |                         |                         |                          | sinks rapidly p= 0        | 0,00E+00               | 11       |    |
|  |                                  |                          | struck p= 0,50          | minor damage p= 0,50    | stays afloat p= 1,00     | 1,00                      | stays afloat p= 1      | 1,61E-03 | 12 |
|  |                                  |                          |                         | critical damage p= 0,50 | stays afloat p= 0,80     | 1,00                      | stays afloat p= 1      | 1,29E-03 | 13 |
|  |                                  |                          |                         | sinks slowly p= 0,20    | 1,00                     | stays afloat p= 1         | 3,21E-04               | 14       |    |
|  |                                  |                          |                         | sinks rapidly p= 0,00   | 1,00                     | stays afloat p= 1         | 0,00E+00               | 15       |    |
|  | Full speed p= 0,20               | striking p= 0,50         | minor damage p= 0,50    | stays afloat p= 1,00    | 1,00                     | stays afloat p= 1         | 8,03E-04               | 16       |    |
|  | en route at sea                  |                          |                         |                         |                          | stays afloat p= 0,5       | 1,91E-05               | 17       |    |
|  |                                  |                          |                         |                         | passenger p= 0,05        | sinks slowly p= 0,4       | 1,53E-05               | 18       |    |

### 5. FSA Frequency Event Tree for Containerships (Collision)

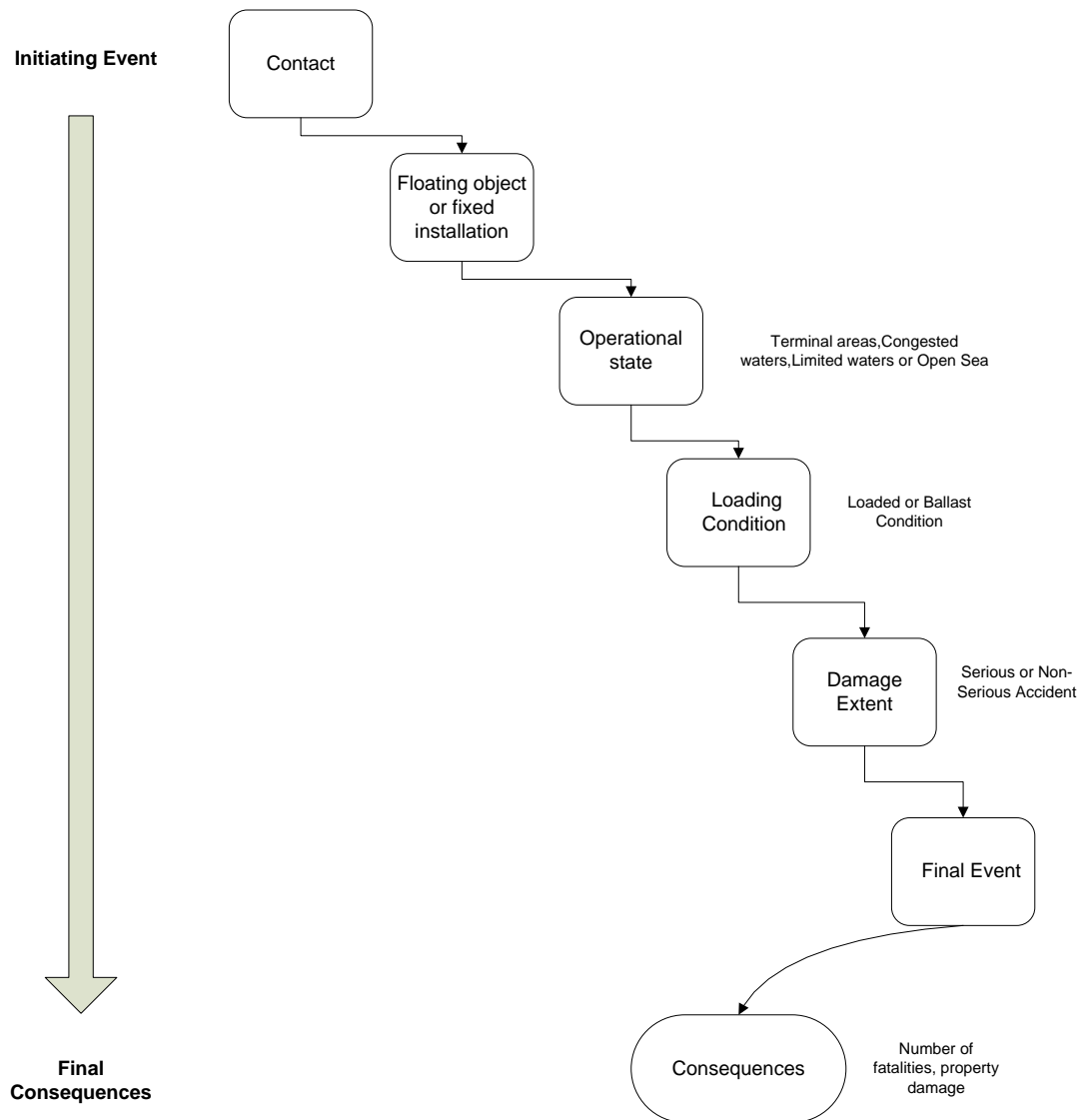
## 4.Ατυχήματα Πρόσκρουσης (Contact)

### 4.1.Ποιοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου

Τα ατυχήματα πρόσκρουσης (contact events) αποτελούνται από σενάρια όπου το σκάφος προσκρούει τυχαία με ένα πλωτό αντικείμενο (floating object) ή με μία σταθερή εγκατάσταση (fixed installation). Οι περισσότερες προσκρούσεις λαμβάνουν χώρα σε ύδατα με πυκνή κυκλοφορία πλοίων (congested waters), περάσματα και περιοχές με μεγάλες διαφορές στις ταχύτητες των πλοίων. Οι κύριες αιτίες για τέτοιου είδους ατυχήματα είναι η κακή ορατότητα, τα προβλήματα στην πλοήγηση, όπως τα ανθρώπινα λάθη ή η αστοχία του εξοπλισμού, στην πηδαλιουχία και στην προώθηση. Η παρουσία αντικειμένων, που είναι πιθανότερο να χτυπηθούν σε σενάρια πρόσκρουσης, είναι υψηλότερη σε congested waters παρά στην ανοιχτή θάλασσα (open sea). Η πλειοψηφία των σεναρίων σύγκρουσης λαμβάνει χώρα κατά την διάρκεια ελιγμών ή κατά την προσέγγιση/πλεύση σε ποταμούς και κανάλια.

Προσκρούσεις με σταθερές εγκαταστάσεις αφορούν σενάρια όπου το containership έρχεται σε επαφή με παράκτιους σταθμούς (offshore terminal), αποβάθρες (quay), προκυμαίες (pier), δεξαμενές ανύψωσης σε διώρυγες (canal lock), γεραμούς ακτής (shore cranes), βράχους, κτλ. Προσκρούσεις με πλωτά αντικείμενα αφορούν σενάρια όπου το containership έρχεται σε επαφή με παγόβουνα, σημαδούρες, βυθισμένα αντικείμενα, κτλ. Η Εικόνα 6 παρουσιάζει την ακολουθία γεγονότων στο προτεινόμενο μοντέλο ρίσκου για πρόσκρουση.

### Conceptual risk model for contact scenario



### 6. Event sequence in contact risk model of a Containership

## 4.2. Ποσοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου

### 4.2.1. Συχνότητα των σεναρίων πρόσκρουσης

Για την ανάλυση του ρίσκου η συχνότητα των σεναρίων πρόσκρουσης υπολογίστηκε με βάση τα containerships που ενεπλάκησαν σε τέτοιου είδους ατυχήματα. Από τη βάση δεδομένων έχουμε 124 ατυχήματα και συχνότητα 2.59E-03 για serious και non-serious ατυχήματα.

### 4.2.2. Είδος ατυχήματος πρόσκρουσης (With Floating Object-With Fixed Installation)

Οι πιθανότητες για τα δύο είδη πρόσκρουσης δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

| Contact                 | Probability of Contact(%) |
|-------------------------|---------------------------|
| With Fixed Installation | 86.29                     |
| With Floating Object    | 13.71                     |
| <b>Sum</b>              | <b>100</b>                |

### 4.2.3. Κατάσταση Λειτουργίας

Οι πιθανότητες για τις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας έχουν βρεθεί από τη βάση δεδομένων. Αυτές παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες για Contact with floating object και fixed installation.

| <b>Fixed Installation</b> |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| Operational State         | Probability of Contact(%) |
| Terminal Areas            | 77.57                     |
| Congested waters          | 6.54                      |
| Open sea                  | 1.87                      |
| Limited waters            | 14.02                     |
| <b>Sum</b>                | <b>100</b>                |



| <b>Floating Object</b>   |                                  |
|--------------------------|----------------------------------|
| <b>Operational State</b> | <b>Probability of Contact(%)</b> |
| Terminal Areas           | 41.18                            |
| Congested waters         | 5.88                             |
| Open sea                 | 29.41                            |
| Limited waters           | 23.53                            |
| <b>Sum</b>               | <b>100</b>                       |

#### 4.2.4.Μοντέλο καταστάσεων φόρτωσης

Η πιθανότητα ενός πλοίου να βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης έχει βρεθεί από τη βάση δεδομένων για κάθε κατάσταση λειτουργίας. Παρακάτω δίνονται οι τιμές των πιθανοτήτων των καταστάσεων φόρτωσης για την κάθε κατάσταση λειτουργίας .

| <b>Fixed Installation</b> | <b>Probability of ship in Loading condition (%)</b> | <b>Probability of ship in Ballast condition (%)</b> |
|---------------------------|---|---|
| Terminal Areas            | 55.4  | 44.6  |
| Congested waters          | 28.6  | 71.4  |
| Open sea                  | 100   | 0   |
| Limited waters            | 40  | 60  |

| <b>Floating Object</b> | <b>Probability of ship in Loading condition (%)</b> | <b>Probability of ship in Ballast condition (%)</b> |
|------------------------|---|---|
| Terminal Areas         | 42.9  | 57.1  |
| Congested waters       | 100   | 0   |
| Open sea               | 40  | 60  |
| Limited waters         | 50  | 50  |

#### 4.2.5.Τελικό γεγονός και έκταση ζημιών

Για την ταξινόμηση της έκτασης των ζημιών στο σκάφος θα ορίσουμε δύο κατηγορίες: Serious και Non-Serious accident. Η κατηγορία στην οποία ανήκει το ατύχημα επηρεάζει και το τελικό γεγονός, αφού Non-Serious ατυχήματα έχουν πάντα σαν αποτέλεσμα τη μη βύθιση του σκάφους. Ακολουθούν οι πίνακες με τις πιθανότητες των κατηγοριών Serious και Non-Serious accident, οι οποίες υπολογίστηκαν από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων.

| <b>Fixed Installation</b> | <b>Probability of Serious Accident (%)</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident (%)</b> |
|---------------------------|--|--|
| Terminal Areas Loaded     | 95.65                                      | 4.35   |
| Terminal Areas Ballast    | 73   | 27   |
| Congested waters Loaded   | 100  | 0  |
| Congested waters Ballast  | 100  | 0  |
| Open sea Loaded           | 100  | 0  |
| Open sea Ballast          | 50   | 50   |
| Limited waters Loaded     | 100  | 0  |
| Limited waters Ballast    | 55.6                                       | 44.4   |

| <b>Floating Object</b>   | <b>Probability of Serious Accident (%)</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident (%)</b> |
|--------------------------|--|--|
| Terminal Areas Loaded    | 100  | 0  |
| Terminal Areas Ballast   | 100  | 0  |
| Congested waters Loaded  | 100  | 0  |
| Congested waters Ballast | 50   | 50   |
| Open sea Loaded          | 50   | 50   |
| Open sea Ballast         | 0  | 100  |
| Limited waters Loaded    | 100  | 0  |
| Limited waters Ballast   | 50   | 50   |

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι πιθανότητες των σεναρίων της έκτασης ζημιών για Fixed installation-Open sea-Ballast και Floating Object-Congested waters-Ballast θεωρήθηκαν 50%-50%, αφού από τη βάση δεδομένων η κατάσταση φόρτωσης για τα συγκεκριμένα σενάρια έδινε μηδενική πιθανότητα, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ακριβής εξαγωγή πιθανοτήτων για τις κατηγορίες Serious και Non-Serious accidents.

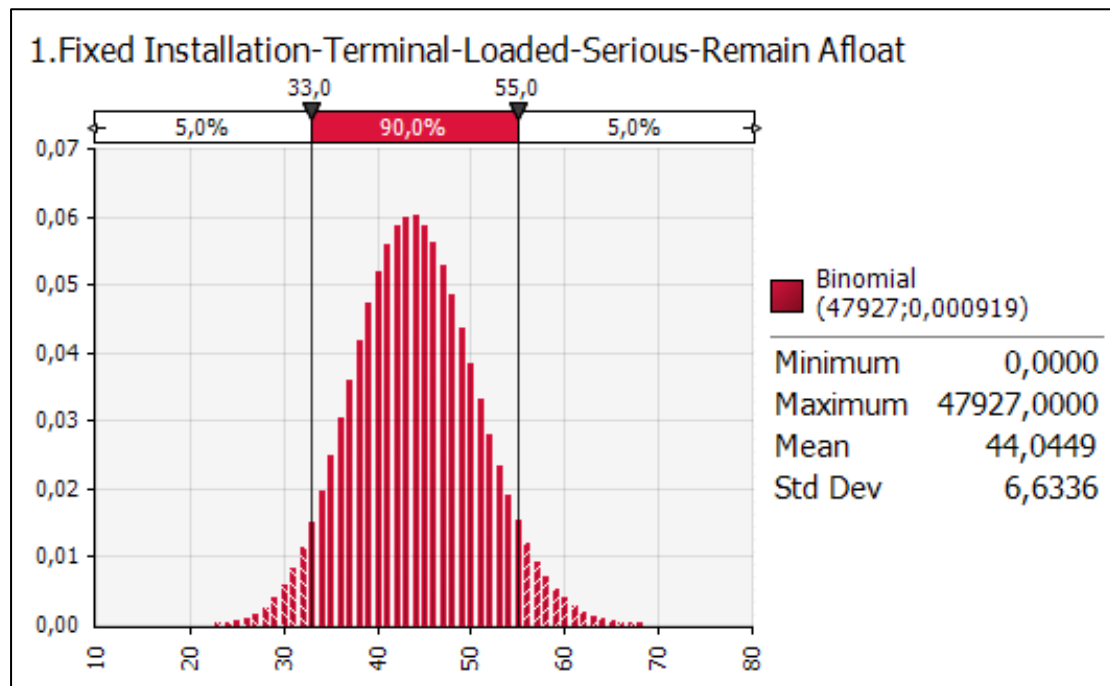
Από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων παρατηρήθηκε ότι για την κατηγορία Contact δεν υπήρξε βύθιση του σκάφους.

#### 4.2.6. Κατανομές σεναρίων

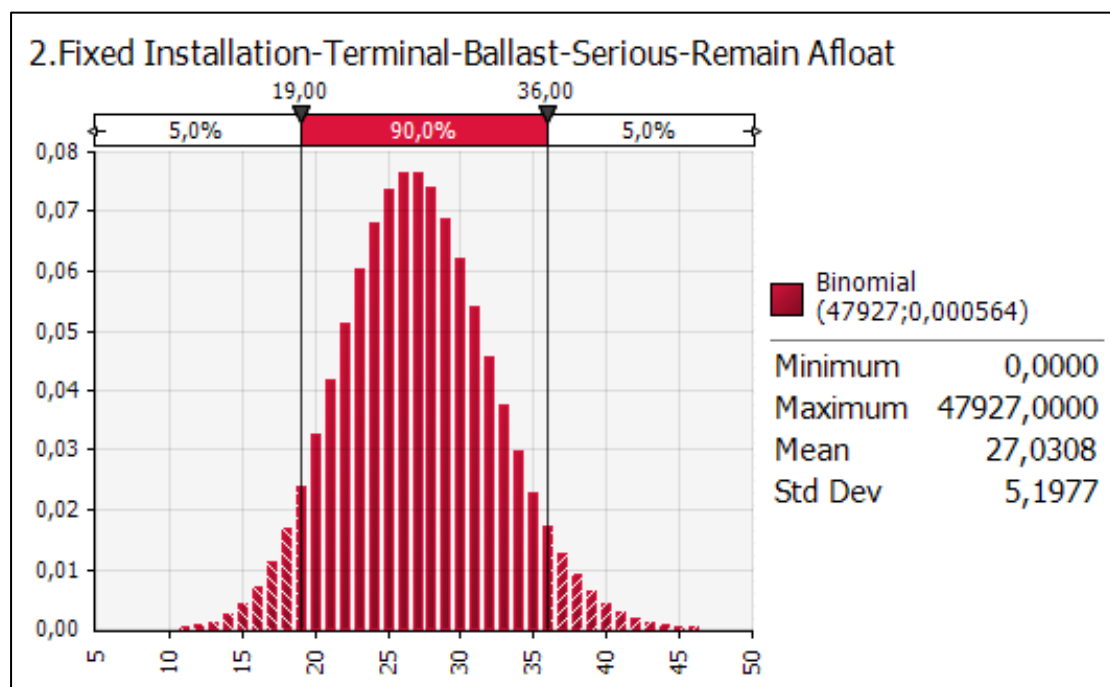
Όπως φαίνεται και στο δέντρο συχνοτήτων (Παράρτημα Α) προκύπτουν 48 διαφορετικά σενάρια πρόσκρουσης. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα διωνυμικής κατανομής, των πέντε σεναρίων πρόσκρουσης με την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης (σε φθίνουσα σειρά). Τα διαγράμματα έγιναν με την βοήθεια του προγράμματος @Risk (Παράρτημα Γ).

Όπως και πριν ο κάθετος άξονας συμβολίζει την σχετική πιθανότητα και ο οριζόντιος άξονας τον αναμενόμενο αριθμό εμφάνισης του αντιστοίχου σεναρίου. Ο τίτλος του κάθε διαγράμματος φέρει την αναλυτική πορεία του σεναρίου. Στο πίνακα που συνοδεύει τα διαγράμματα αναγράφεται το Fleet@Risk (47927,18 σε ακέραιο μορφή δηλαδή 47927), η αρχική πιθανότητα του κάθε σεναρίου υπολογισμένη από τα στοιχεία της βάσης (π.χ. 0,020705521) και τα αποτελέσματα του προγράμματος, δηλαδή, η διασπορά (Std Dev) και η μέση τιμή (Mean).

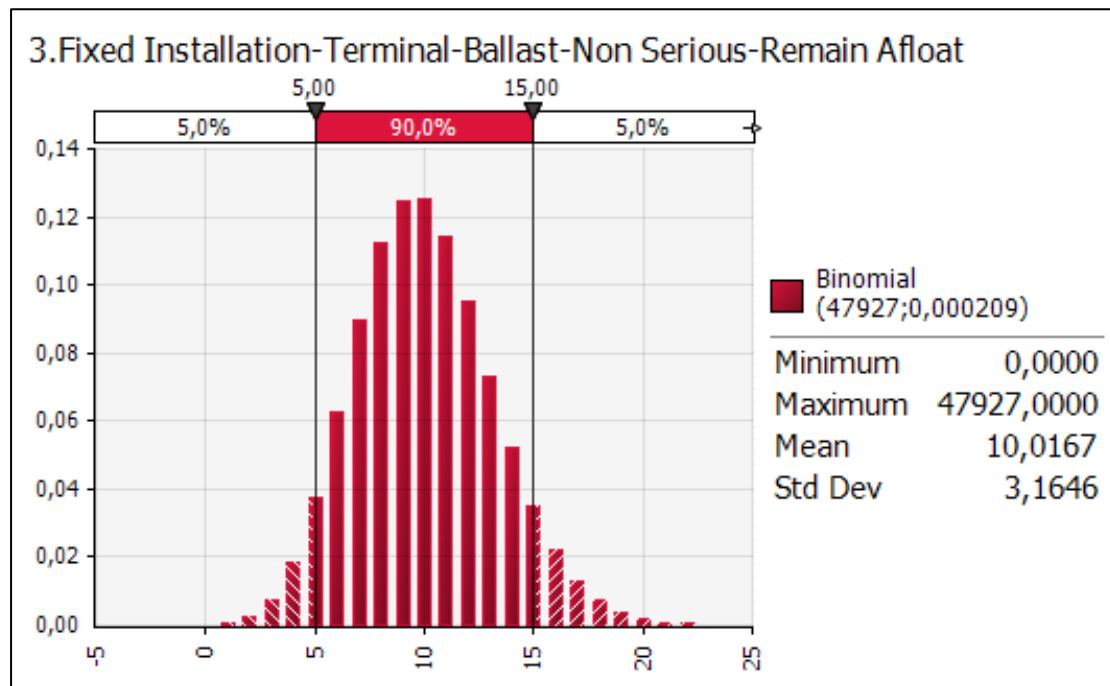
Πρώτο σε συχνότητα ατύχημα πρόσκρουσης με αναμενόμενη μέση τιμή 44 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 6,6.



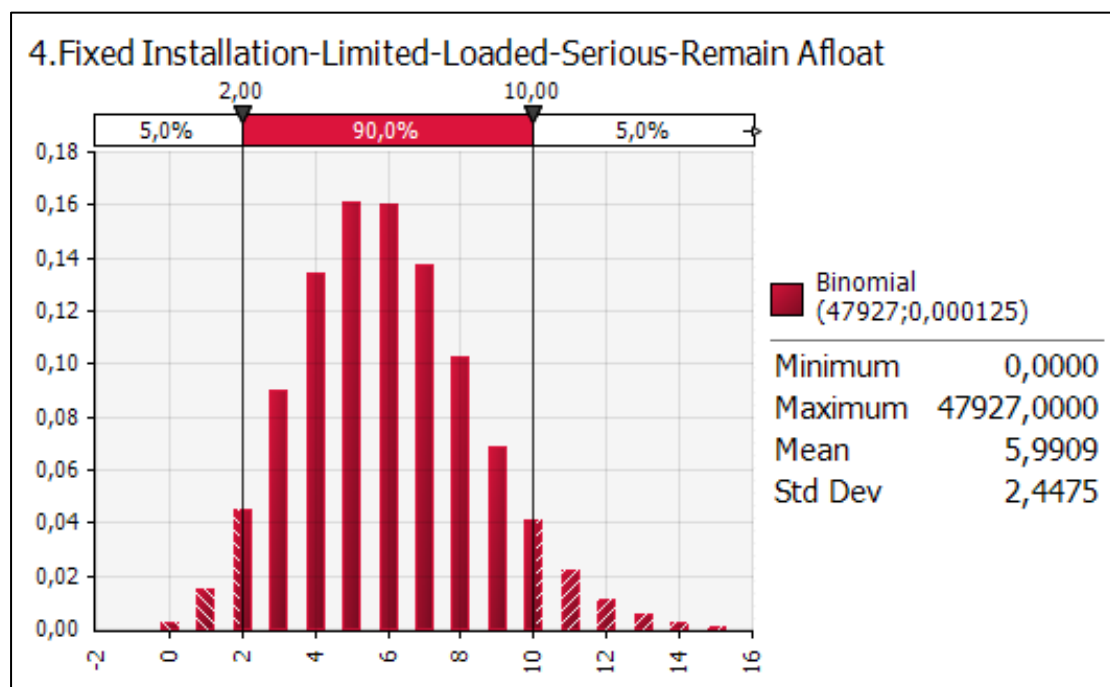
Δεύτερο σε συχνότητα ατύχημα πρόσκρουσης με αναμενόμενη μέση τιμή 27 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 5,2.



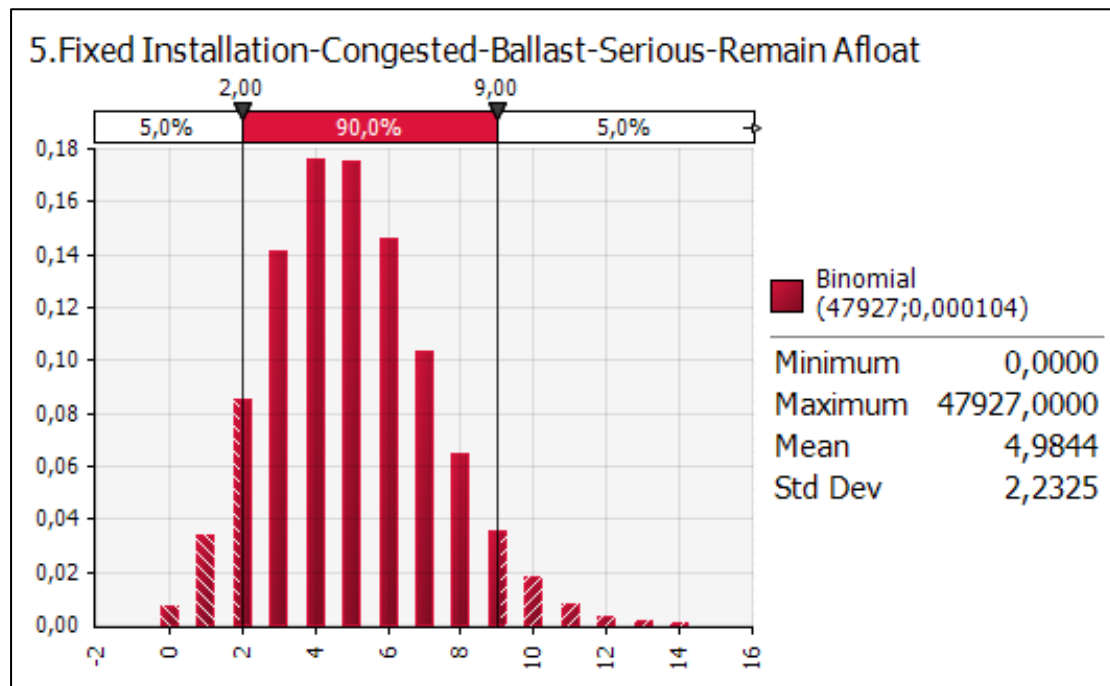
Τρίτο σε συχνότητα ατύχημα πρόσκρουσης με αναμενόμενη μέση τιμή 10 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 3,2.



Τέταρτο σε συχνότητα ατύχημα πρόσκρουσης με αναμενόμενη μέση τιμή 6 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 2,5.

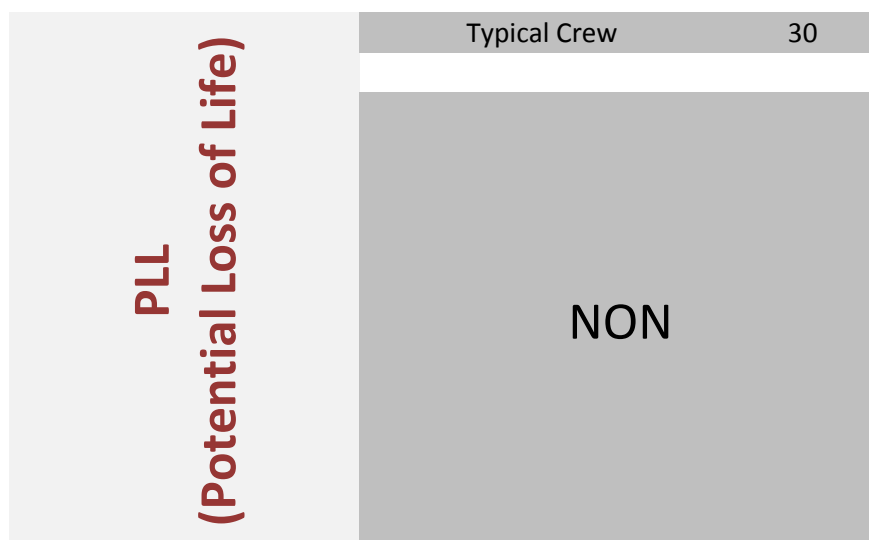


Πέμπτο σε συχνότητα ατύχημα πρόσκρουσης με αναμενόμενη μέση τιμή 5 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 2,2.



#### 4.2.7.PLL-PLF

Από την βάση δεδομένων για τα ατυχήματα πρόσκρουσης δεν προκύπτει κανένα θανατηφόρο ατύχημα και συνεπώς δεν μπορούμε να κάνουμε καμία υπόθεση για τον Αναμενόμενο αριθμό θανάτων.



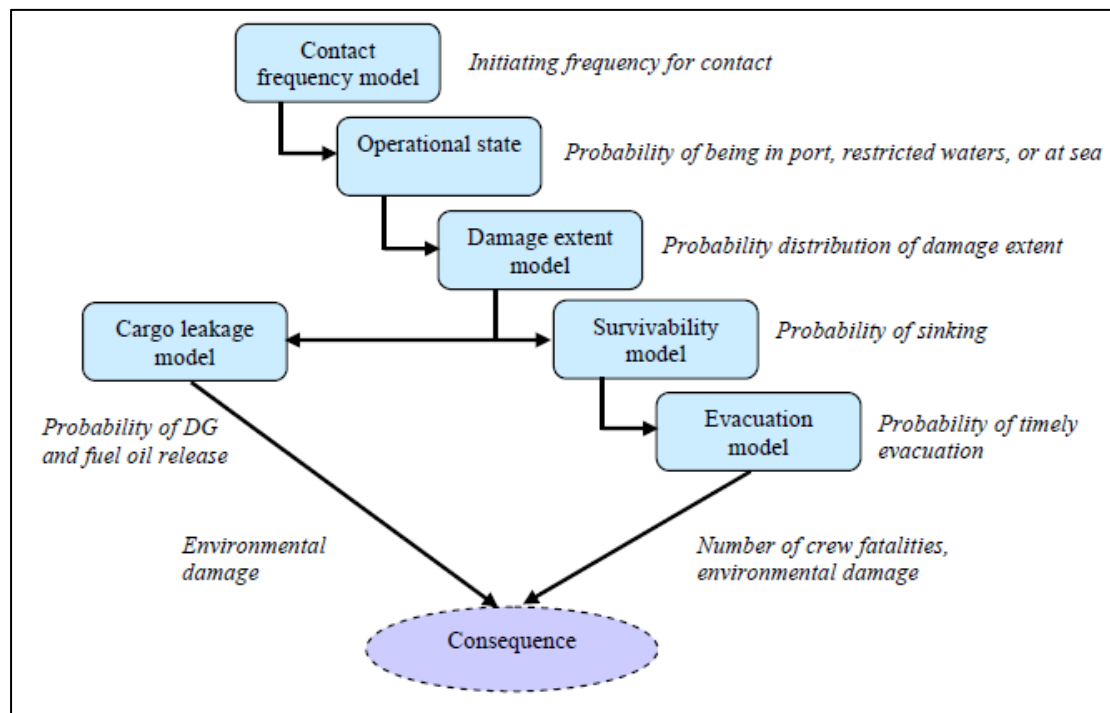
Για την πιθανότητα διαρροής καυσίμου στην θάλασσα (PLF - Potential Loss of Fuel) από τα δεδομένα της βάσης προκύπτει πιθανότητα 14,78 τόνοι ανά ατύχημα και ολική συχνότητα 0,0382 tonnes/shipyears για ατυχήματα πρόσκρουσης.

| PLF<br>(Potential Loss<br>of Fuel)       | Tonnes In Each Incident  |
|--|--------------------------|
|  | 10                       |
| 40                                       |                          |
| 40                                       |                          |
| 2  |                          |
| 50                                       |                          |
| 1685                                     |                          |
| 1  |                          |
| 5  |                          |
| <b>Total Tonnes<br/>Tonnes/Shipyears</b> | <b>1833<br/>3,82E-02</b> |



### 4.3. Συμπεράσματα – Σχόλια

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι τα σενάρια με τη μεγαλύτερη συχνότητα αφορούν ατυχήματα πρόσκρουσης με σταθερή εγκατάσταση, κυρίως σε ύδατα που παρουσιάζουν αυξημένη πυκνότητα-διέλευση πλοίων (terminal areas, congested waters). Για την κατάσταση φόρτωσης παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των σεναρίων αφορά σκάφη σε Ballast condition. Τέλος αν και τα ατυχήματα των σεναρίων είναι σοβαρά (Serious Accidents), κανένα τελικό γεγονός δεν είχε σαν αποτέλεσμα τη βύθιση του πλοίου σύμφωνα με τα στατιστικά. Ακολουθεί σύγκριση με την ανάλυση της υπάρχουσας FSA για τα Container Ships.



7. FSA Event Tree for Containerships (Contact)

| Casualty statistics and accident frequencies for container vessels, 1993 – 2004,<br>based on /7/ |                    |                   |               |                 |              |               |                |               |                                      |                          |                  |                       |
|--|--------------------|-------------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|----------------|---------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|
| Initial cause  | Initial cause code | No. of casualties | Fleet at risk | Frequency h(E)  | Consequences |               |                |               |                                      |                          |                  |                       |
|  |                    |                   |               |                 | No. of dead  | No. of events | No. of missing | No. of events | Tot No. of fatalities dead + missing | Fatalities per ship year | Pollution events | Container loss events |
| Collision  | CN                 | 493               | 30682         | 1.61E-02        | 5            | 2             | 13             | 3             | 18                                   | 5.87E-04                 | 16               | 23                    |
| Contact  | CT                 | 112               | 30682         | 3.65E-03        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 4                | 3                     |
| Foundered  | FD                 | 2                 | 30682         | 6.52E-05        | 30           | 1             | 0              | 0             | 30                                   | 9.78E-04                 | 0                | 0                     |
| Fire/explosion   | FX                 | 109               | 30682         | 3.55E-03        | 42           | 10            | 0              | 0             | 42                                   | 1.37E-03                 | 1                | 2                     |
| Hull damage  | HL                 | 39                | 30682         | 1.27E-03        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 2                | 738                   |
| Wrecked/stranded   | WS                 | 210               | 30682         | 6.84E-03        | 0            | 0             | 15             | 1             | 15                                   | 4.89E-04                 | 8                | 0                     |
| Miscellaneous  | XX                 | 222               | 30682         | 7.24E-03        | 3            | 2             | 0              | 0             | 3                                    | 9.78E-05                 | 17               | 1,239                 |
| Machinery dam  | MY                 | 395               | 30682         | 1.29E-02        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 0                | 0                     |
| <b>Subtotal</b>  |                    | <b>1,582</b>      |               | <b>5.16E-02</b> | <b>80</b>    | <b>15</b>     | <b>28</b>      | <b>4</b>      | <b>108</b>                           | <b>3.52E-03</b>          | <b>48</b>        | <b>2,005</b>          |

### 8. FSA Results for Containerships

Η αρχική συχνότητα της FSA για την κατηγορία ατυχημάτων Contact είναι 3.65E-03, αριθμός μεγαλύτερος από εκείνων που χρησιμοποιούμε στην παρούσα μελέτη. Αυτό οφείλεται στα διαφορετικά Fleet at risk και στον αριθμό των ατυχημάτων. (FSA Fleet at risk= 30682 έναντι 47927, Αριθμός ατυχημάτων σύγκρουσης= 112 έναντι 124).

|                          | FSA<br>(1993-2004) | THESIS<br>(1990-2011) |
|--------------------------|--------------------|-----------------------|
| <b>Fleet a risk</b>      | <b>30682</b>       | <b>47927.61</b>       |
| <b>Contact incidents</b> | <b>112</b>         | <b>124</b>            |
| <b>Frequency</b>         | <b>3.65E-03</b>    | <b>2.59E-03</b>       |

| THESIS         | Serious Cases -<br>Frequency | Non serious Cases -<br>Frequency |
|----------------|------------------------------|----------------------------------|
| <b>Contact</b> | 2,15E-03                     | 4,38E-04                         |

Πιθανή απόκλιση του αθροίσματος των συχνοτήτων των Serious-Non Serious Cases με την ολική συχνότητα του συγκεκριμένου τύπου ατυχήματος οφείλεται στην ύπαρξη ελλιπών πληροφοριών (Unknown).

Στην υπάρχουσα FSA δεν γίνεται αναλυτικός διαχωρισμός μεταξύ του τύπου της πρόσκρουσης (With Floating Object/With Fixed Installation). Συνεπώς τα ποσοστά για την κατάσταση λειτουργίας παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές με εκείνα της παρούσας μελέτης. Ακόμα η κατηγοριοποίηση της κατάστασης λειτουργίας γίνεται ανάλογα με την ταχύτητα του σκάφους(1.Low speed, 2.Restricted, 3.Full speed). Παρακάτω παρατίθενται οι διαφορές των πιθανοτήτων του Operational state για το σενάριο πρόσκρουσης με πλωτό αντικείμενο της παρούσας μελέτης και οι γενικές πιθανότητες που χρησιμοποιούνται από την FSA για την κατάσταση λειτουργίας.

| <b>Floating Object</b>   | <b>THESIS</b>                      |
|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Operational State</b> | <b>Probability of Collision(%)</b> |
| Terminal Areas           | 41,18                              |
| Congested waters         | 5,88                               |
| Open sea                 | 29,41                              |
| Limited waters           | 23,53                              |

| <b>Contact</b>           | <b>FSA</b>                         |
|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Operational State</b> | <b>Probability of Collision(%)</b> |
| Low Speed                | 80                                 |
| Full speed               | 19                                 |
| Restricted               | 1                                  |

Τέλος στην FSA γίνεται κατηγοριοποίηση που αφορά τις ζημίες στο εμπόρευμα, στο σκάφος και στο αντικείμενο με το οποίο έγινε η πρόσκρουση, χωρίς να γίνεται καμία αναφορά στην κατάσταση φόρτωσης του σκάφους.

| Risk Model Container Vessels - CONTACT |                              |                     |                           |                        |                        |          |    |
|--|------------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|----------|----|
| Initial Frequency                      | operational state?           | ship damage?        | cargo damage?             | struck object damaged? | Frequency (Calculated) | Scenario |    |
| 0                                      | 1                            | 2                   | 3                         | 4                      |                        |          |    |
| contact f = 3,65E-03                   | Low speed p= 0,8             | minor damage p= 0,8 | Yes p= 0,2                | Yes p= 0,2             | 9,34E-05               | 1        |    |
|  | manoeuvring or drifting      |                     |                           | No p= 0,8              | 3,74E-04               | 2        |    |
|  |                              |                     |                           | No p= 0,8              | Yes p= 0,2             | 3,74E-04 | 3  |
|  |                              |                     |                           |                        | No p= 0,8              | 1,50E-03 | 4  |
|  |                              |                     | superstructure p= 0,2     | Yes p= 0,8             | Yes p= 0,8             | 3,74E-04 | 5  |
|  |                              |                     |                           |                        | No p= 0,2              | 9,34E-05 | 6  |
|  |                              |                     |                           | No p= 0,2              | Yes p= 0,8             | 9,34E-05 | 7  |
|  |                              |                     |                           |                        | No p= 0,2              | 2,34E-05 | 8  |
|  |                              |                     | critical hull damage p= 0 | Yes p=                 | Yes p=                 | 0,00E+00 | 9  |
|  |                              |                     |                           |                        | No p=                  | 0,00E+00 | 10 |
|  |                              |                     |                           | No p=                  | Yes p=                 | 0,00E+00 | 11 |
|  |                              |                     |                           |                        | No p=                  | 0,00E+00 | 12 |
|  |                              |                     | both p= 0                 | Yes p=                 | Yes p=                 | 0,00E+00 | 13 |
|  |                              |                     |                           |                        | No p=                  | 0,00E+00 | 14 |
|  |                              |                     |                           | No p=                  | Yes p=                 | 0,00E+00 | 15 |
|  |                              |                     |                           |                        | No p=                  | 0,00E+00 | 16 |
|  |                              | Restricted p= 0,19  | minor damage p= 0,5       | Yes p= 0,2             | Yes p= 0,8             | 5,55E-05 | 17 |
|  | in approach channels/fairway |                     |                           | No p= 0,2              | 1,39E-05               | 18       |    |
|  |                              |                     |                           | No p= 0,8              | Yes p= 0,2             | 5,55E-05 | 19 |

### 9. FSA Frequency Event Tree for Containerships (Contact)

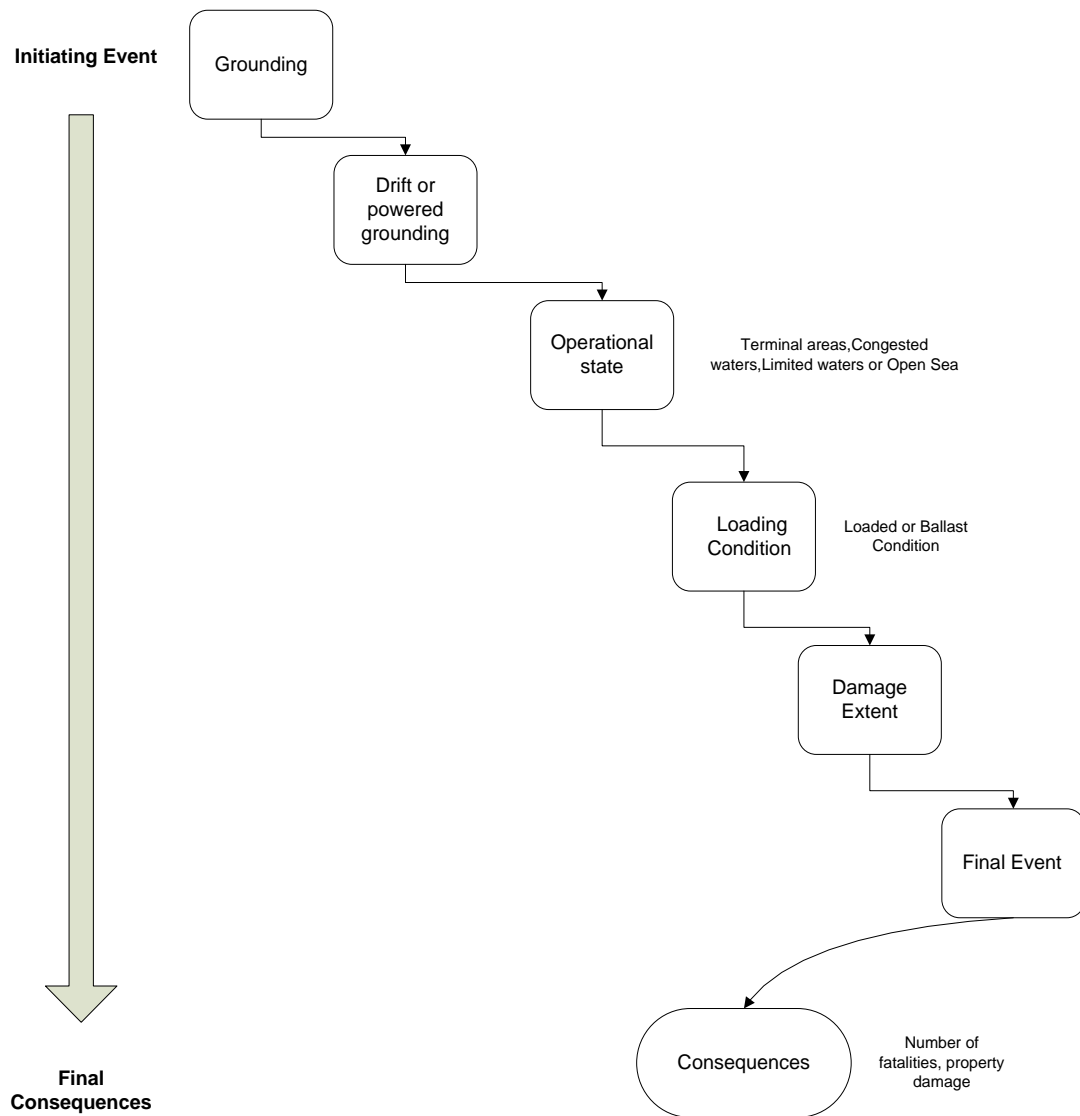
## 5.Ατυχήματα Προσάραξης (Grounding)

### 5.1.Ποιοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου

Αντιπροσωπευτικά ατυχήματα προσάραξης περιλαμβάνουν σενάρια όπου το σκάφος ήρθες τυχαία σε επαφή με το βυθό ή την ακτή. Τα κύρια αίτια της προσάραξης είναι οι αστοχίες στην πλοήγηση (powered grounding) ή οι αστοχίες στην πηδαλιουχία, στην πρόωση και στην ισχύ (drift grounding).

Με τον όρο Drift grounding γίνεται αναφορά σε ατυχήματα που συνέβησαν λόγω απώλειας πρόωσης, πηδαλιουχίας ή ικανότητας ελιγμών. Στην περίπτωση που υπάρχει αστοχία της άγκυρας η προσάραξη δε μπορεί να αποφευχθεί όταν απουσιάζει βοήθεια ρυμουλκών και δεν είναι δυνατή η επίλυση της αστοχίας. Το πλοίο μπορεί είτε να ακινητοποιηθεί στο έδαφος είτε να επιπλέει ελεύθερο. Η εξέλιξη του ατυχήματος μπορεί να οδηγήσει σε βύθιση, απώλεια της δομικής ακεραιότητας ή το πλοίο θα συνεχίσει να επιπλέει. Όταν χρησιμοποιείται ο όρος Powered grounding γίνεται αναφορά σε ατυχήματα στα οποία το Containership δεν έχει παρουσιάσει πρόβλημα στην ισχύ του κινητήρα και έρχεται σε επαφή με την ακτή ή ακουμπά στο βυθό. Το ατύχημα εξελίσσεται με τον ίδιο τρόπο όπως ένα ατύχημα του τύπου drift grounding αλλά η ισχύ της πρόσκρουσης είναι μεγαλύτερη λόγω της αυξημένης ταχύτητας. Η Εικόνα 10 παρουσιάζει την ακολουθία γεγονότων στο προτεινόμενο μοντέλο ρίσκου για προσάραξη

### Conceptual risk model for grounding scenario



### 10. Event sequence in grounding risk model of a Containership

## 5.2. Ποσοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου

### 5.2.1. Συχνότητα των σεναρίων προσάραξης

Για την ανάλυση του ρίσκου η συχνότητα των σεναρίων προσάραξης υπολογίστηκε με βάση τα containerships που ενεπλάκησαν σε τέτοιου είδους ατυχήματα. Από τη βάση δεδομένων έχουμε 229 ατυχήματα και συχνότητα  $4.78E-03$  για serious και non-serious ατυχήματα.

### 5.2.2. Είδος ατυχήματος προσάραξης (Powered Grounding-Drift Grounding )

Οι πιθανότητες για τα δύο είδη προσάραξης δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

| Grounding  | Probability of Grounding(%) |
|------------|-----------------------------|
| Drift      | 26.2                        |
| Powered    | 73.8                        |
| <b>Sum</b> | <b>100</b>                  |

### 5.2.3. Κατάσταση Λειτουργίας

Οι πιθανότητες για τις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας έχουν βρεθεί από τη βάση δεδομένων. Αυτές παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες για Drift Grounding και Powered Grounding.

| <b>Drift</b>      |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| Operational State | Probability of Grounding(%) |
| Terminal Areas    | 15                          |
| Congested waters  | 21.7                        |
| Open sea          | 8.3                         |
| Limited waters    | 55                          |
| <b>Sum</b>        | <b>100</b>                  |

| <b>Powered</b>           |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Operational State</b> | <b>Probability of Grounding(%)</b> |
| Terminal Areas           | 21.43                              |
| Congested waters         | 45.83                              |
| Open sea                 | 7.14                               |
| Limited waters           | 25.6                               |
| <b>Sum</b>               | <b>100</b>                         |

#### 5.2.4.Μοντέλο καταστάσεων φόρτωσης

Η πιθανότητα ενός πλοίου να βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης έχει βρεθεί από τη βάση δεδομένων για κάθε κατάσταση λειτουργίας. Παρακάτω δίνονται οι τιμές των πιθανοτήτων των καταστάσεων φόρτωσης για την κάθε κατάσταση λειτουργίας .

| <b>Drift</b>     | <b>Probability of ship in Loading condition (%)</b> | <b>Probability of ship in Ballast condition (%)</b> |
|------------------|---|---|
| Terminal Areas   | 100   | 0   |
| Congested waters | 87.5  | 12.5  |
| Open sea         | 100   | 0   |
| Limited waters   | 100   | 0   |

| <b>Powered</b>   | <b>Probability of ship in Loading condition (%)</b> | <b>Probability of ship in Ballast condition (%)</b> |
|------------------|---|---|
| Terminal Areas   | 100   | 0   |
| Congested waters | 98.3  | 1.7   |
| Open sea         | 100   | 0   |
| Limited waters   | 100   | 0   |



### 5.2.5.Τελικό γεγονός και έκταση ζημιών

Για την ταξινόμηση της έκτασης των ζημιών στο σκάφος θα ορίσουμε δύο κατηγορίες: Serious και Non-Serious accident. Η κατηγορία στην οποία ανήκει το ατύχημα επηρεάζει και το τελικό γεγονός, αφού Non-Serious ατυχήματα έχουν πάντα σαν αποτέλεσμα τη μη βύθιση του σκάφους. Ακολουθούν οι πίνακες με τις πιθανότητες των κατηγοριών Serious και Non-Serious accident, οι οποίες υπολογίστηκαν από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων.

| <b>Drift</b>             | <b>Probability of Serious<br/>Accident (%)</b> | <b>Probability of Non-Serious<br/>Accident (%)</b> |
|--------------------------|--|--|
| Terminal Areas Loaded    | 100  | 0  |
| Terminal Areas Ballast   | 50   | 50   |
| Congested waters Loaded  | 85.7   | 14.3   |
| Congested waters Ballast | 100  | 0  |
| Open sea Loaded          | 100  | 0  |
| Open sea Ballast         | 50   | 50   |
| Limited waters Loaded    | 95.8   | 4.2  |
| Limited waters Ballast   | 50   | 50   |

| <b>Powered</b>           | <b>Probability of Serious<br/>Accident (%)</b> | <b>Probability of Non-Serious<br/>Accident (%)</b> |
|--------------------------|--|--|
| Terminal Areas Loaded    | 93.3   | 6.7  |
| Terminal Areas Ballast   | 50   | 50   |
| Congested waters Loaded  | 96.6   | 3.4  |
| Congested waters Ballast | 100  | 0  |
| Open sea Loaded          | 100  | 0  |
| Open sea Ballast         | 50   | 50   |
| Limited waters Loaded    | 88.9   | 11.1   |
| Limited waters Ballast   | 50   | 50   |

Οι πιθανότητες των σεναρίων της έκτασης ζημιών για τα σενάρια Terminal Areas/Ballast, Open Sea/Ballast και Limited waters/Ballast για τα Powered και Drift Grounding

θεωρήθηκαν 50%-50% , αφού από τη βάση δεδομένων η κατάσταση φόρτωσης για τα συγκεκριμένα σενάρια έδινε μηδενική πιθανότητα, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ακριβής εξαγωγή πιθανοτήτων για τις κατηγορίες Serious και Non-Serious accidents.

Από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων παρατηρήθηκε ότι για την κατηγορία Grounding υπήρξε βύθιση του σκάφους. Ακολουθεί πίνακας με τις πιθανότητες των σεναρίων, στα οποία παρουσιάστηκε βύθιση.

| <b>Grounding</b> | <b>Serious</b>  | <b>Frequency</b> |
|------------------|-----------------|------------------|
| <b>Drift</b>     | <b>Sunk (%)</b> |                  |
| Congested/Loaded | 16.7            | 3.40E-05         |
| Open Sea/Loaded  | 33.3            | 3.50E-05         |

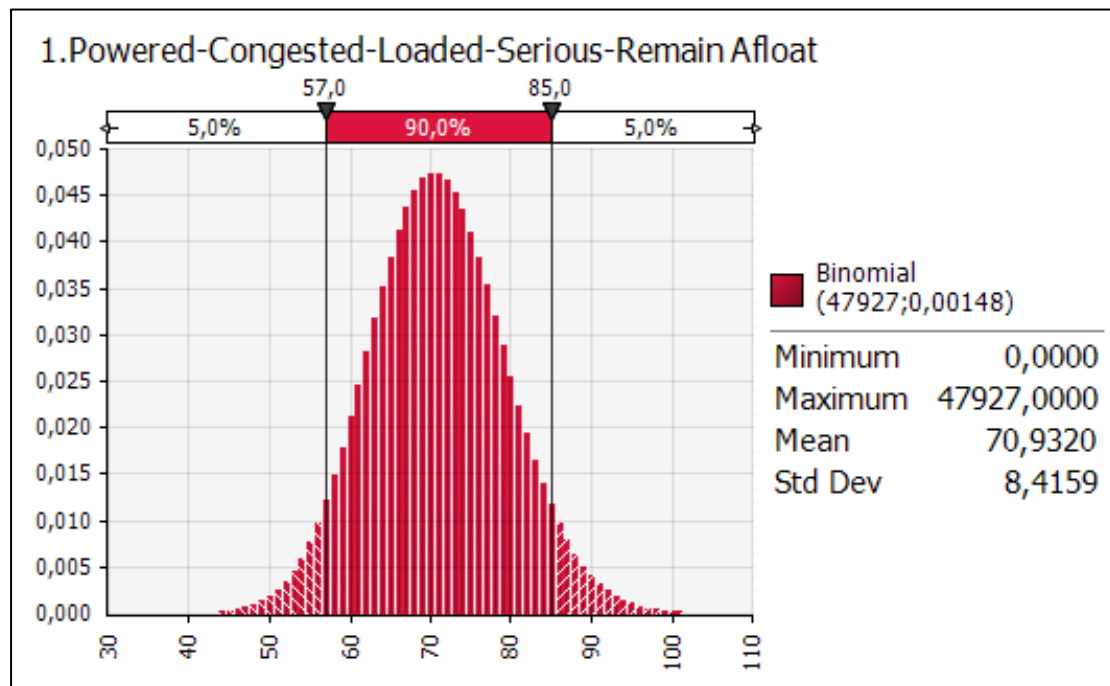
| <b>Grounding</b> | <b>Serious</b> | <b>Frequency</b> |
|------------------|----------------|------------------|
| <b>Powered</b>   | <b>Sunk</b>    |                  |
| Congested/Loaded | 3.5            | 5.40E-05         |

### 5.2.6.Κατανομές σεναρίων

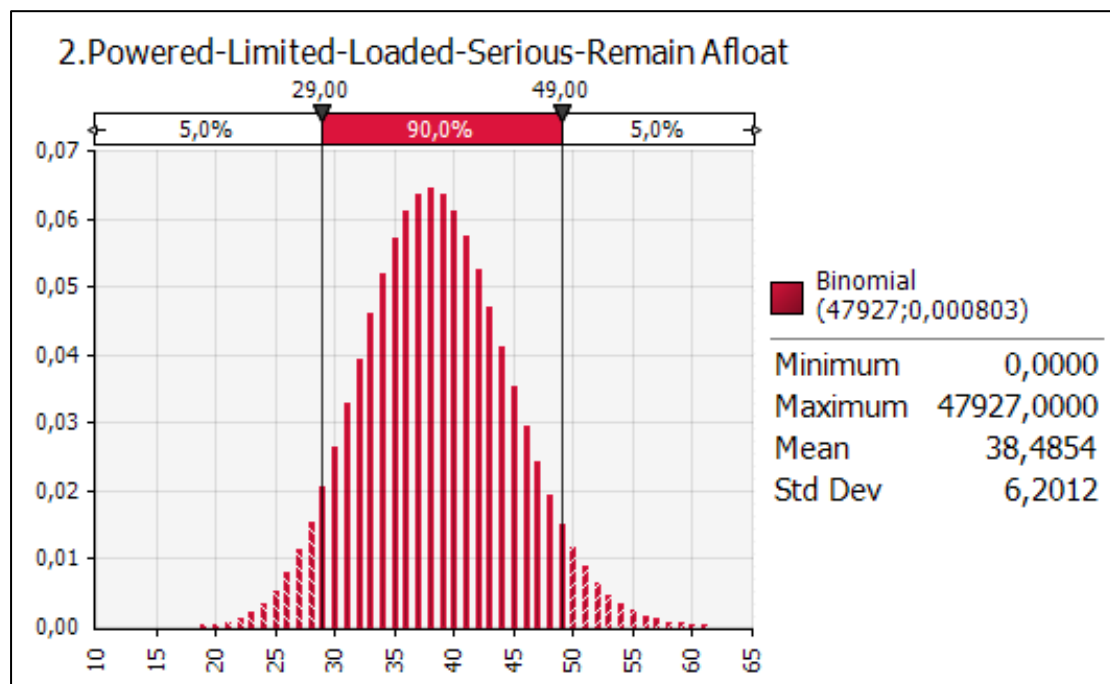
Όπως φαίνεται και στο δέντρο συχνοτήτων (Παράρτημα Α) προκύπτουν 48 διαφορετικά σενάρια πρόσκρουσης. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα διωνυμικής κατανομής, των πέντε σεναρίων προσάραξης με την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης (σε φθίνουσα σειρά). Τα διαγράμματα έγιναν με την βοήθεια του προγράμματος @Risk (Παράρτημα Γ).

Όπως και πριν ο κάθετος άξονας συμβολίζει την σχετική πιθανότητα και ο οριζόντιος άξονας τον αναμενόμενο αριθμό εμφάνισης του αντιστοίχου σεναρίου. Ο τίτλος του κάθε διαγράμματος φέρει την αναλυτική πορεία του σεναρίου. Στο πίνακα που συνοδεύει τα διαγράμματα αναγράφεται το Fleet@Risk (47927,18 σε ακέραια μορφή δηλαδή 47927), η αρχική πιθανότητα του κάθε σεναρίου υπολογισμένη από τα στοιχεία της βάσης (π.χ. 0,020705521) και τα αποτελέσματα του προγράμματος, δηλαδή, η διασπορά (Std Dev) και η μέση τιμή (Mean).

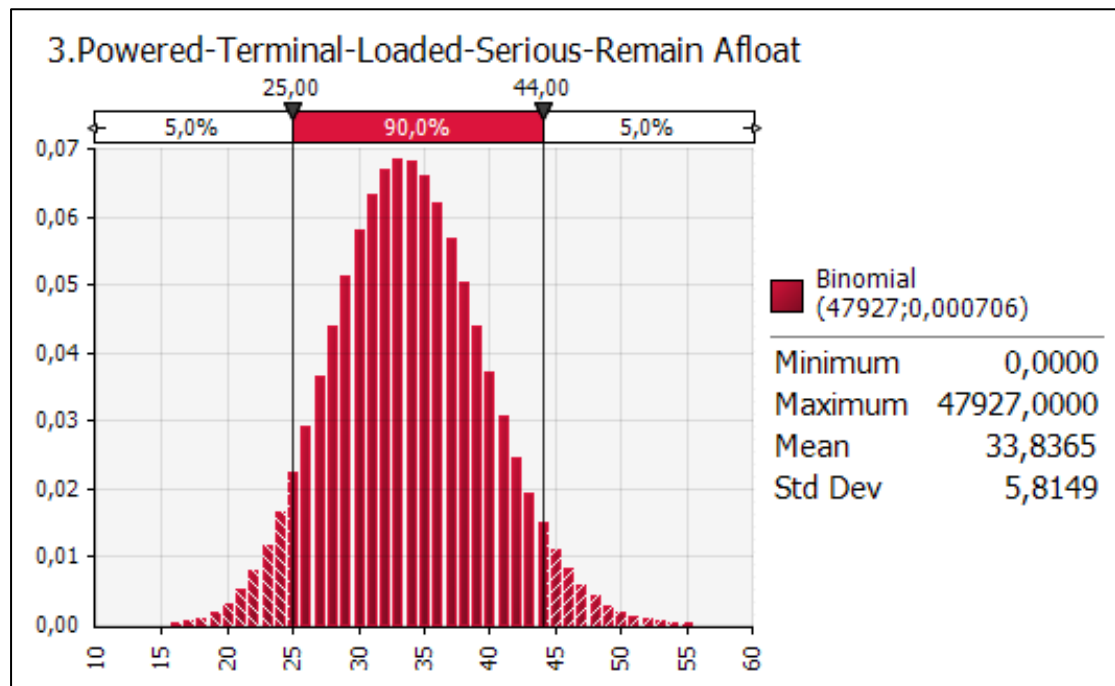
Πρώτο σε συχνότητα ατύχημα προσάραξης με αναμενόμενη μέση τιμή 71 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 8,4.



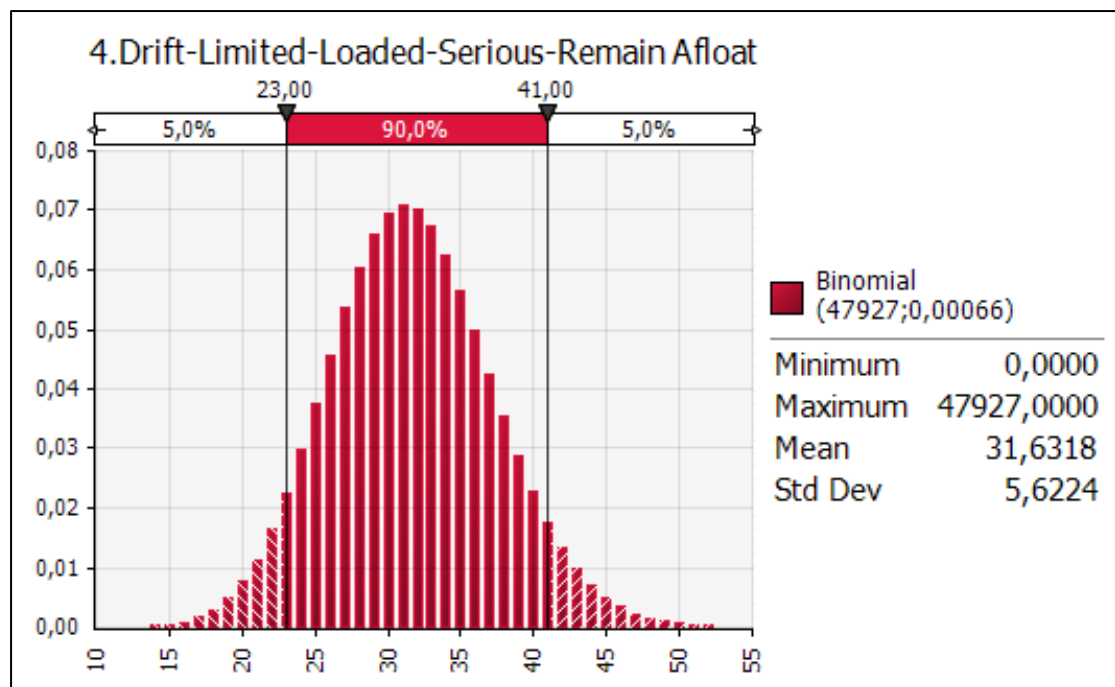
Δεύτερο σε συχνότητα ατύχημα προσάραξης με αναμενόμενη μέση τιμή 38 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 6,2.



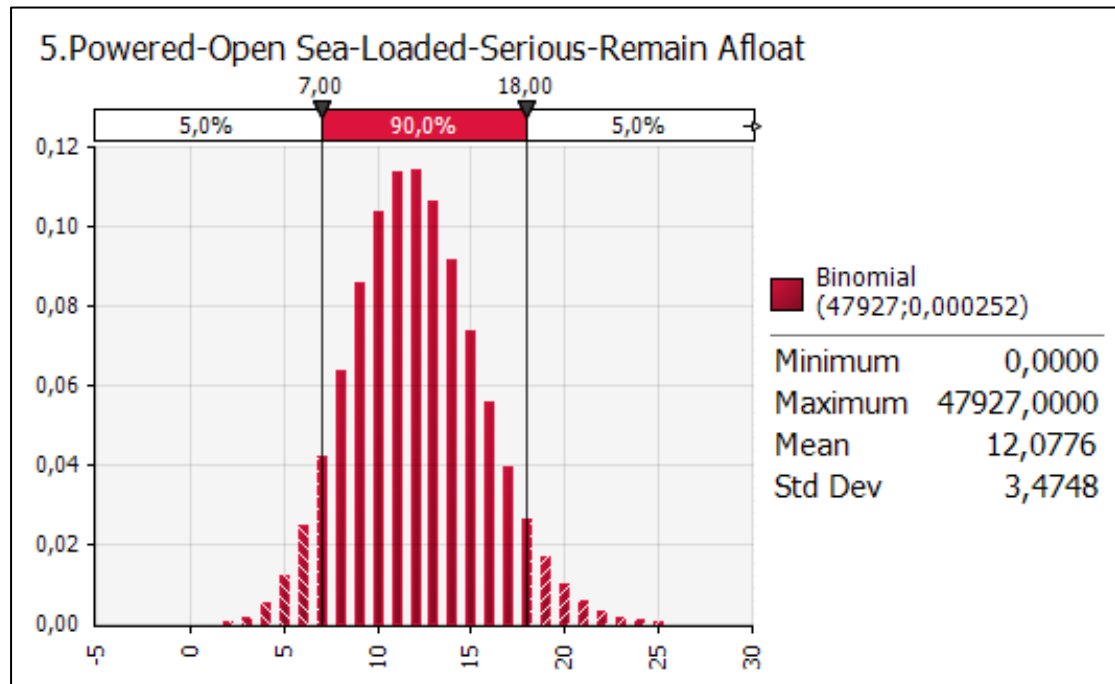
Τρίτο σε συχνότητα ατύχημα προσάραξης με αναμενόμενη μέση τιμή 34 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 5,8.



Τέταρτο σε συχνότητα ατύχημα προσάραξης με αναμενόμενη μέση τιμή 32 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 5,6.



Πρώτο σε συχνότητα ατύχημα προσάραξης με αναμενόμενη μέση τιμή 12 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 3,5.



### 5.2.7.PLL-PLF

Θεωρώντας ένα τυπικό πλήρωμα πλοίου 30 ατόμων και μελετώντας τα δεδομένα της βάσης εξάγονται σημαντικά αποτελέσματα σχετικά με τον Αναμενόμενο Αριθμό Νεκρών (PLL – Potential Loss of Life). Στην συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρείται 3,33% πιθανότητα σε ατυχήματα προσάραξης τύπου Powered Grounding. Πολλαπλασιαζόμενη αυτή η πιθανότητα με τις συχνότητες των αντίστοιχων σεναρίων προκύπτει ο αναμενόμενος αριθμός θανάτων κάθε σεναρίου σε διάστημα ενός χρόνου (Παράρτημα Α - Στήλη PLL).

Ο σχετικός πίνακας που ακολουθεί αναφέρει αρχικά τα καταχωρημένα, στην βάση, θανατηφόρα ατυχήματα και εν συνεχεία τα γενικευμένα αποτελέσματα που εξάγονται.

|   |                  |                   |          |         |
|---|------------------|-------------------|----------|---------|
| <b>PLL<br/>(Potential Loss<br/>of Life)</b> | Typical Crew     |                   |          | 30      |
|   | <b>INCIDENTS</b> |                   |          |         |
|   | ID               | Type              | Type     | Deaths  |
|   | 131              | Powered Grounding | Serious  | 1       |
|   | <b>RESULTS</b>   |                   |          |         |
|   | Type             | Type              | Expected | Persons |
| <b>Powered Grounding</b>                    | <b>Serious</b>   | <b>3,33%</b>      | <b>1</b> |         |

|              |                 |                              |
|--------------|-----------------|------------------------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>3,32E-03</b> | <b>Persons per Shipyears</b> |
|--------------|-----------------|------------------------------|

Αντίστοιχα για την πιθανότητα διαρροής καυσίμου στην θάλασσα (PLF - Potential Loss of Fuel) από τα δεδομένα της βάσης προκύπτει πιθανότητα 3,406 τόνοι ανά ατύχημα και ολική συχνότητα 0,0163 tonnes/shipyears για ατυχήματα προσάραξης.

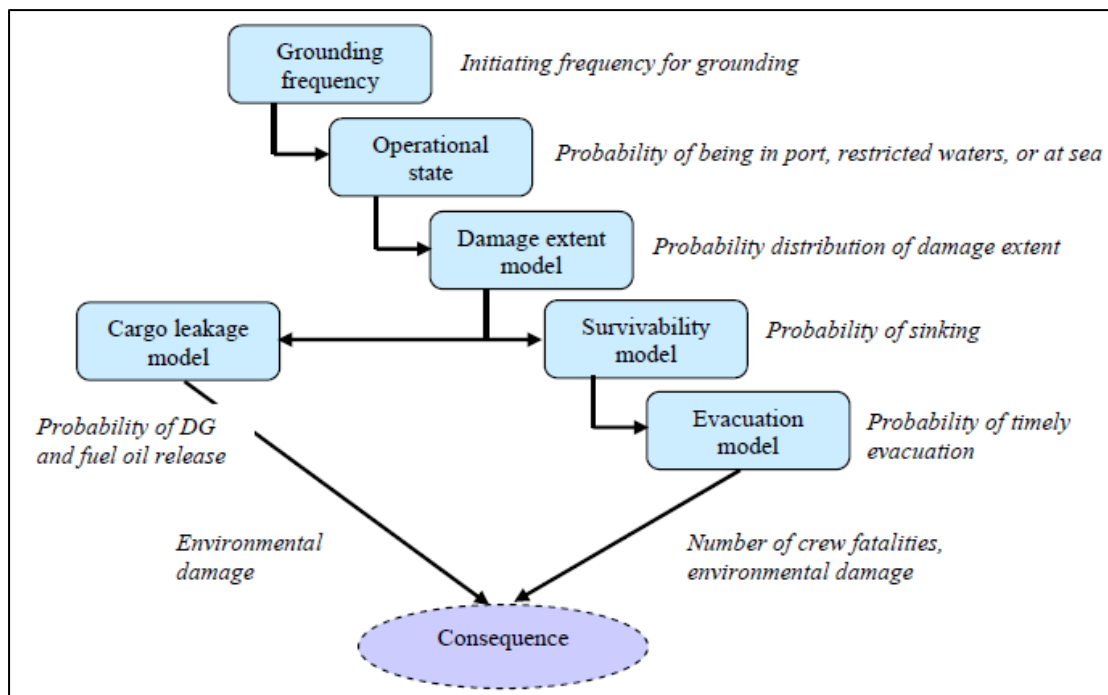
|   |                                |     |
|---|--------------------------------|-----|
| <b>PLF<br/>(Potential Loss<br/>of Fuel)</b> | <b>Tonnes In Each Incident</b> |     |
|   |                                | 100 |
|   |                                | 50  |
|   |                                | 30  |
|   |                                | 600 |
| <b>Total Tonnes</b>                         | <b>780</b>                     |     |
| <b>Tonnes/Shipyears</b>                     | <b>1,63E-02</b>                |     |

### 5.3. Συμπεράσματα – Σχόλια

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι τα σενάρια με τη μεγαλύτερα συχνότητα αφορούν ατυχήματα Powered Grounding στα οποία εμφανίζονται όλα τα είδη των καταστάσεων λειτουργίας. Για την κατάσταση φόρτωσης παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των σεναρίων αφορά σκάφη σε Loading condition. Τέλος για την κατηγορία ατυχημάτων προσάραξης υπάρχουν σενάρια που αφορούν τη βύθιση του πλοίου. Από τα στοιχεία της βάσης παρατηρήθηκαν τρία σενάρια που αφορούν τη βύθιση του πλοίου:

1. Grounding-Drift-Congested waters-Loaded-Serious με συχνότητα  $3.40E-05$
2. Grounding-Drift-Open Sea-Loaded-Serious με συχνότητα  $3.50E-05$
3. Grounding-Powered-Congested waters-Loaded-Serious με συχνότητα  $5.40E-05$

Ακολουθεί σύγκριση με την ανάλυση της υπάρχουσας FSA για τα Container Ships.



11. FSA Event Tree for Containerships (Grounding)

| Casualty statistics and accident frequencies for container vessels, 1993 – 2004,<br>based on /7/ |                    |                   |               |                 |              |               |                |               |                                      |                          |                  |                       |
|--|--------------------|-------------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|----------------|---------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|
| Initial cause  | Initial cause code | No. of casualties | Fleet at risk | Frequency h(E)  | Consequences |               |                |               |                                      |                          |                  |                       |
|  |                    |                   |               |                 | No. of dead  | No. of events | No. of missing | No. of events | Tot No. of fatalities dead + missing | Fatalities per ship year | Pollution events | Container loss events |
| Collision  | CN                 | 493               | 30682         | 1.61E-02        | 5            | 2             | 13             | 3             | 18                                   | 5.87E-04                 | 16               | 23                    |
| Contact  | CT                 | 112               | 30682         | 3.65E-03        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 4                | 3                     |
| Foundered  | FD                 | 2                 | 30682         | 6.52E-05        | 30           | 1             | 0              | 0             | 30                                   | 9.78E-04                 | 0                | 0                     |
| Fire/explosion   | FX                 | 109               | 30682         | 3.55E-03        | 42           | 10            | 0              | 0             | 42                                   | 1.37E-03                 | 1                | 2                     |
| Hull damage  | HL                 | 39                | 30682         | 1.27E-03        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 2                | 738                   |
| Wrecked/stranded   | WS                 | 210               | 30682         | 6.84E-03        | 0            | 0             | 15             | 1             | 15                                   | 4.89E-04                 | 8                | 0                     |
| Miscellaneous  | XX                 | 222               | 30682         | 7.24E-03        | 3            | 2             | 0              | 0             | 3                                    | 9.78E-05                 | 17               | 1,239                 |
| Machinery dam  | MY                 | 395               | 30682         | 1.29E-02        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 0                | 0                     |
| <b>Subtotal</b>  |                    | <b>1,582</b>      |               | <b>5.16E-02</b> | <b>80</b>    | <b>15</b>     | <b>28</b>      | <b>4</b>      | <b>108</b>                           | <b>3.52E-03</b>          | <b>48</b>        | <b>2,005</b>          |

### 12.FSA Results for Containerships

| Risk Model Container Vessels - GROUNDING |                            |                       |                           |               |                           |               |                        |          |    |
|--|----------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|------------------------|----------|----|
| Initial frequency                        | two or more holds damaged? | double bottom damage? | damage inside cargo area? | coming loose? | not beached deliberately? | sinking fast? | Frequency (Calculated) | Scenario |    |
| 0  | 1                          | 2                     | 3                         | 4             | 5                         | 6             |                        |          |    |
| f= 6,84E-03                              | yes p= 0,3                 | yes p= 0,22           | yes p= 0,7                | yes p= 0,31   | yes p= 0,84               | yes p= 0,5    | 4,12E-05               |          | 1  |
|  |                            |                       |                           |               |                           | no p= 0,5     | 4,12E-05               |          | 2  |
|  |                            |                       |                           |               | no p= 0,16                |               | 1,57E-05               |          | 3  |
|  |                            |                       |                           | no p= 0,69    |                           |               | 2,18E-04               |          | 4  |
|  |                            |                       | no p= 0,3                 | yes p= 0,31   | 0,84                      | yes p= 0,5    | 1,76E-05               |          | 5  |
|  |                            |                       |                           |               |                           | no p= 0,5     | 1,76E-05               |          | 6  |
|  |                            |                       |                           |               | 0,16                      |               | 6,72E-06               |          | 7  |
|  |                            |                       |                           | no p= 0,69    |                           |               | 9,35E-05               |          | 8  |
|  |                            | no p= 0,78            |                           |               |                           |               | 1,60E-03               |          | 9  |
|  | no p= 0,7                  |                       |                           |               |                           |               | 4,79E-03               |          | 10 |

### 13. FSA Frequency Event Tree for Containerships (Grounding)

Η αρχική συχνότητα της FSA για την κατηγορία ατυχημάτων Grounding είναι 6.84E-03 (wrecked/stranded). Παρατηρείται μια διαφοροποίηση στις τιμές της FSA και της παρούσας μελέτης που όπως έχει προαναφερθεί οφείλεται στις διαφορετικές τιμές των Fleet at risk και των ατυχημάτων.



|                            | FSA             | THESIS          |
|----------------------------|-----------------|-----------------|
| <b>Fleet a risk</b>        | <b>30682</b>    | <b>47927.61</b> |
| <b>Grounding incidents</b> | <b>210</b>      | <b>229</b>      |
| <b>Frequency</b>           | <b>6.84E-03</b> | <b>4.78E-03</b> |

| THESIS           | Serious Cases - Frequency | Non serious Cases - Frequency |
|------------------|---------------------------|-------------------------------|
| <b>Grounding</b> | 3,30E-03                  | 1,88E-04                      |

Πιθανή απόκλιση του αθροίσματος των συχνοτήτων των Serious-Non Serious Cases με την ολική συχνότητα του συγκεκριμένου τύπου ατυχήματος οφείλεται στην ύπαρξη ελλιπών πληροφοριών (Unknown).

Στην υπάρχουσα FSA εξετάζεται, πως το μήκος το πλοίου επιδρά στις ζημιές που θα προκληθούν στο σκάφος κατά την προσάραξη. Δεν γίνεται όμως καμία ανάλυση για το πως η κατάσταση λειτουργίας και η κατάσταση φόρτωσης του σκάφους επιδρούν στην πορεία εξέλιξης του ατυχήματος. Συνεπώς περαιτέρω σύγκριση με τα στοιχεία της παρούσας μελέτης παρουσιάζει δυσκολίες, αφού στην υπάρχουσα FSA δεν γίνεται ανάλυση των αιτιών και των συνθηκών που οδήγησαν στο ατύχημα αλλά ανάλυση του αποτελέσματος.

Τέλος στην FSA γίνεται αναφορά στη βύθιση του σκάφους λόγω προσάραξης και εξετάζεται η πιθανότητα αυτής, η οποία αναφέρεται γενικά σε serious incidents χωρίς να γίνεται κάποια έρευνα πάνω στα σενάρια που οδηγούν σε αυτό το αποτέλεσμα, όπως έχει γίνει στην παρούσα μελέτη.

$$P_{\text{coming loose} | \text{grounding}} \approx 0.31$$

$$P_{\text{not beached} | \text{coming loose} | \text{grounding}} \approx 0.84$$

$$P_{\text{sinking} | \text{grounding}} = P_{\text{critical damage} | \text{grounding}} * P_{\text{coming loose} | \text{grounding}} * P_{\text{not beached} | \text{coming loose} | \text{grounding}} \approx 0.017$$

Παρατίθεται ο πίνακας των σεναρίων που οδηγούν σε βύθιση σύμφωνα με την παρούσα μελέτη.

| <b>THESIS</b>     |                 |                  |
|-------------------|-----------------|------------------|
| <b>Grounding</b>  | <b>Serious</b>  | <b>Frequency</b> |
| <b>Drift</b>      | <b>Sunk (%)</b> |                  |
| Congested/ Loaded | 16.7            | 3.40E-05         |
| Open Sea/ Loaded  | 33.3            | 3.50E-05         |
| <b>Grounding</b>  | <b>Serious</b>  | <b>Frequency</b> |
| <b>Powered</b>    | <b>Sunk</b>     |                  |
| Congested/ Loaded | 3.5             | 5.40E-05         |

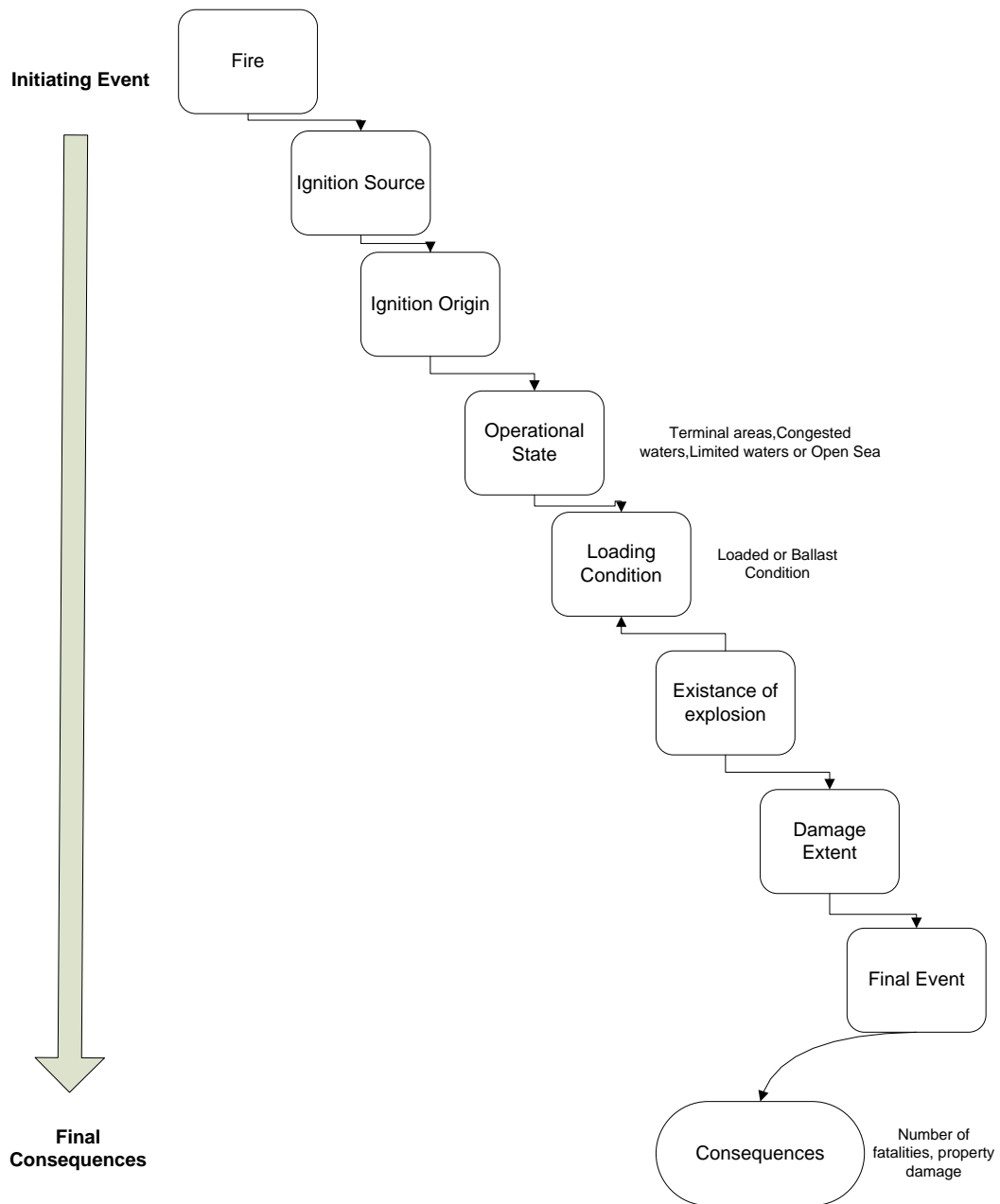
## 6.Ατυχήματα Πυρκαγιάς (Fire)

### 6.1.Ποιοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου

Ατυχήματα πυρκαγιάς και έκρηξης συνήθως καταγράφονται σαν μία κοινή κατηγορία, έτσι δεν είναι ξεκάθαρη η σύγκριση των στατιστικών δεδομένων μεταξύ των διαφορετικών πηγών. Για το σκοπό αυτής της μελέτης κάθε τύπος ατυχήματος θα εξεταστεί διαφορετικά διότι οι συνέπειες κάθε ατυχήματος παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές.

Η πυρκαγιά λόγω εσωτερικής πηγής μπορεί να ξεκινήσει από την πρυμναία περιοχή, στο κατάστρωμα, στους χώρους έρματος ή στην περιοχή της Fore peak. Η πυρκαγιά στην πρυμναία περιοχή μπορεί να εμφανιστεί στο χώρο καταλυμάτων(accommodation area) πάνω από το κύριο κατάστρωμα λόγω ηλεκτρικής βλάβης, αστοχίας του εξοπλισμού θέρμανσης, καπνίσματος, κτλ., ή κάτωθι του κυρίου καταστρώματος στο μηχανοστάσιο και το αντλιοστάσιο. Η εξέλιξη του ατυχήματος εξαρτάται από την γρήγορη/αργή ανίχνευση και από το ρυθμό εξάπλωσης της πυρκαγιάς. Η πυρκαγιά λόγω εξωτερικής πηγής περιλαμβάνει σενάρια όπου η φωτιά ξεκίνησε λόγω καιρικών συνθηκών ή εξαπλώθηκε στο containership από άλλο πλοίο. Η Εικόνα 14 παρουσιάζει την ακολουθία γεγονότων στο προτεινόμενο μοντέλο ρίσκου για προσάραξη

### Conceptual risk model for fire scenario



#### 14. Event sequence in fire risk model of a Containership

## 6.2. Ποσοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου

### 6.2.1. Συχνότητα των σεναρίων πυρκαγιάς.

Για την ανάλυση του ρίσκου η συχνότητα των σεναρίων πυρκαγιάς υπολογίστηκε με βάση τα containerships που ενεπλάκησαν σε τέτοιου είδους ατυχήματα. Από τη βάση δεδομένων έχουμε 77 ατυχήματα και συχνότητα  $1.61E-03$  για serious και non-serious ατυχήματα.

### 6.2.2. Πηγή έναρξης της πυρκαγιάς (Internal Source-External Source -Lighting)

Οι πιθανότητες για τα τρία είδη πηγών που οφείλονται για την πυρκαγιά δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

| Fire       | Probability of Fire(%) |
|------------|------------------------|
| Internal   | 98.7                   |
| External   | 1.3                    |
| Lighting   | 0                      |
| <b>Sum</b> | <b>100</b>             |

### 6.2.3. Τοποθεσία έναρξης της πυρκαγιάς (Aft Area-Cargo Area-Superstructures)

Οι πιθανότητες για τις τρεις διαφορετικές τοποθεσίες έναρξης πυρκαγιάς έχουν βρεθεί από τη βάση δεδομένων. Αυτές παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες για Aft Area, Cargo Area, Superstructures και σε άλλες τοποθεσίες που δε συμπεριλαμβάνονται στις προηγούμενες κατηγορίες, οι οποίες θα χαρακτηριστούν σαν Other.

| Internal Fire   |                        |
|-----------------|------------------------|
| Source Area     | Probability of Fire(%) |
| Engine Room     | 50                     |
| Cargo Area      | 28.95                  |
| Superstructures | 2.63                   |
| Other           | 18.42                  |
| <b>Sum</b>      | <b>100</b>             |

#### 6.2.4. Κατάσταση Λειτουργίας

Οι πιθανότητες για τις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας έχουν βρεθεί από τη βάση δεδομένων. Αυτές παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες για τα την περίπτωση του Internal Fire επειδή για τις περιπτώσεις των External Fire και Lighting δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία .

| <b>Internal Fire</b>     | <b>Engine Room</b>            |
|--------------------------|-------------------------------|
| <b>Operational State</b> | <b>Probability of Fire(%)</b> |
| Terminal Areas           | 18.92                         |
| Congested waters         | 24.32                         |
| Open sea                 | 48.65                         |
| Limited waters           | 8.11                          |
| <b>Sum</b>               | <b>100</b>                    |

| <b>Internal Fire</b>     | <b>Cargo Area</b>             |
|--------------------------|-------------------------------|
| <b>Operational State</b> | <b>Probability of Fire(%)</b> |
| Terminal Areas           | 18.18                         |
| Congested waters         | 9.09                          |
| Open sea                 | 68.18                         |
| Limited waters           | 4.55                          |
| <b>Sum</b>               | <b>100</b>                    |

| <b>Internal Fire</b>     | <b>Superstructures</b>        |
|--------------------------|-------------------------------|
| <b>Operational State</b> | <b>Probability of Fire(%)</b> |
| Terminal Areas           | 100                           |
| Congested waters         | 0                             |
| Open sea                 | 0                             |
| Limited waters           | 0                             |
| <b>Sum</b>               | <b>100</b>                    |

### 6.2.5.Μοντέλο καταστάσεων φόρτωσης

Η πιθανότητα ενός πλοίου να βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης έχει βρεθεί από τη βάση δεδομένων για κάθε κατάσταση λειτουργίας. Παρακάτω δίνονται οι τιμές των πιθανοτήτων των καταστάσεων φόρτωσης για την κάθε κατάσταση λειτουργίας του Internal Fire .

| <b>Internal Fire</b> | <b>Probability of ship in</b> | <b>Probability of ship in</b> |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Engine Room</b>   | <b>Loading condition (%)</b>  | <b>Ballast condition (%)</b>  |
| Terminal Areas       | 57                            | 43                            |
| Congested waters     | 89                            | 11                            |
| Open sea             | 89                            | 11                            |
| Limited waters       | 33                            | 67                            |

| <b>Internal Fire</b> | <b>Probability of ship in</b> | <b>Probability of ship in</b> |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Cargo Area</b>    | <b>Loading condition (%)</b>  | <b>Ballast condition (%)</b>  |
| Terminal Areas       | 75                            | 25                            |
| Congested waters     | 100                           | 0                             |
| Open sea             | 100                           | 0                             |
| Limited waters       | 100                           | 0                             |

| <b>Internal Fire</b>   | <b>Probability of ship in</b> | <b>Probability of ship in</b> |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Superstructures</b> | <b>Loading condition (%)</b>  | <b>Ballast condition (%)</b>  |
| Terminal Areas         | 50                            | 50                            |
| Congested waters       | 50                            | 50                            |
| Open sea               | 50                            | 50                            |
| Limited waters         | 50                            | 50                            |

Οι πιθανότητες των σεναρίων Internal Fire για τις υπερκατασκευές που αφορούσαν την κατάσταση φόρτωσης για Congested waters, Open Sea και Limited waters θεωρήθηκαν 50%-50% , αφού από τη βάση δεδομένων η κατάσταση λειτουργίας για τα συγκεκριμένα σενάρια έδινε μηδενική πιθανότητα, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ακριβής εξαγωγή πιθανοτήτων για τις καταστάσεις φόρτωσης.

### 6.2.6. Ύπαρξη έκρηξης λόγω της πυρκαγιάς.

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθεται η πιθανότητα ύπαρξης έκρηξης για κάθε κατάσταση λειτουργίας και κατάσταση φόρτωσης για τα σενάρια που αφορούν την περίπτωση Internal Fire.

| <b>Internal Fire</b>     | <b>Probability of Explosion</b> | <b>Probability of no</b> |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| <b>Engine Room</b>       | <b>(%)</b>                      | <b>Explosion (%)</b>     |
| Terminal Areas/ Loaded   | 0                               | 100                      |
| Terminal Areas/Ballast   | 0                               | 100                      |
| Congested waters/ Loaded | 0                               | 100                      |
| Congested waters/Ballast | 0                               | 100                      |
| Open sea/ Loaded         | 6.25                            | 93.75                    |
| Open sea/Ballast         | 0                               | 100                      |
| Limited waters/ Loaded   | 0                               | 100                      |
| Limited waters/Ballast   | 0                               | 100                      |

| <b>Internal Fire</b>     | <b>Probability of Explosion</b> | <b>Probability of no</b> |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| <b>Cargo Area</b>        | <b>(%)</b>                      | <b>Explosion (%)</b>     |
| Terminal Areas/ Loaded   | 0                               | 100                      |
| Terminal Areas/Ballast   | 0                               | 100                      |
| Congested waters/ Loaded | 0                               | 100                      |
| Congested waters/Ballast | -                               | -                        |
| Open sea/ Loaded         | 0                               | 100                      |
| Open sea/Ballast         | -                               | -                        |
| Limited waters/ Loaded   | 0                               | 100                      |
| Limited waters/Ballast   | -                               | -                        |

| <b>Internal Fire</b>     | <b>Probability of Explosion</b> | <b>Probability of no</b> |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| <b>Superstructures</b>   | <b>(%)</b>                      | <b>Explosion (%)</b>     |
| Terminal Areas/ Loaded   | 0                               | 100                      |
| Terminal Areas/Ballast   | 0                               | 100                      |
| Congested waters/ Loaded | -                               | -                        |
| Congested waters/Ballast | -                               | -                        |



|                        |   |   |
|------------------------|---|---|
| Open sea/ Loaded       | - | - |
| Open sea/Ballast       | - | - |
| Limited waters/ Loaded | - | - |
| Limited waters/Ballast | - | - |

### 6.2.7.Τελικό γεγονός και έκταση ζημιών

Για την ταξινόμηση της έκτασης των ζημιών στο σκάφος θα ορίσουμε δύο κατηγορίες: Serious και Non-Serious accident. Η κατηγορία στην οποία ανήκει το ατύχημα επηρεάζει και το τελικό γεγονός, αφού Non-Serious ατυχήματα έχουν πάντα σαν αποτέλεσμα τη μη βύθιση του σκάφους. Ακολουθούν οι πίνακες με τις πιθανότητες των κατηγοριών Serious και Non-Serious accident, οι οποίες υπολογίστηκαν από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων.

| <b>Internal Fire</b>            | <b>Probability of Serious</b> | <b>Probability of Non-Serious</b> |
|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Engine Room/No Explosion</b> | <b>Accident (%)</b>           | <b>Accident (%)</b>               |
| Terminal Areas/ Loaded          | 100                           | 0                                 |
| Terminal Areas/Ballast          | 100                           | 0                                 |
| Congested waters/ Loaded        | 100                           | 0                                 |
| Congested waters/Ballast        | 0                             | 100                               |
| Open sea/ Loaded                | 100                           | 0                                 |
| Open sea/Ballast                | 100                           | 0                                 |
| Limited waters/ Loaded          | 100                           | 0                                 |
| Limited waters/Ballast          | 50                            | 50                                |

| <b>Internal Fire</b>           | <b>Probability of Serious</b> | <b>Probability of Non-Serious</b> |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Cargo Area/No Explosion</b> | <b>Accident (%)</b>           | <b>Accident (%)</b>               |
| Terminal Areas/ Loaded         | 100                           | 0                                 |
| Terminal Areas/Ballast         | 100                           | 0                                 |
| Congested waters/ Loaded       | 50                            | 50                                |
| Congested waters/Ballast       | 50                            | 50                                |
| Open sea/ Loaded               | 87                            | 13                                |
| Open sea/Ballast               | 50                            | 50                                |

|                        |     |    |
|------------------------|-----|----|
| Limited waters/ Loaded | 100 | 0  |
| Limited waters/Ballast | 50  | 50 |

| <b>Internal Fire</b>                | <b>Probability of Serious</b> | <b>Probability of Non-Serious</b> |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Superstructures/No Explosion</b> | <b>Accident (%)</b>           | <b>Accident (%)</b>               |
| Terminal Areas/ Loaded              | 100                           | 0                                 |
| Terminal Areas/Ballast              | 100                           | 0                                 |

| <b>Internal Fire</b>         | <b>Probability of Serious</b> | <b>Probability of Non-Serious</b> |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Engine Room/Explosion</b> | <b>Accident (%)</b>           | <b>Accident (%)</b>               |
| Open sea/Loaded              | 100                           | 0                                 |

Οι πιθανότητες των σεναρίων της έκτασης ζημιών για τα σεσάρια Congested waters/Ballast, Open Sea/Ballast και Limited waters/Ballast για το Internal Fire-Cargo Area-No Explosion θεωρήθηκαν 50%-50% , αφού από τη βάση δεδομένων η κατάσταση φόρτωσης για τα συγκεκριμένα σεσάρια έδινε μηδενική πιθανότητα, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ακριβής εξαγωγή πιθανοτήτων για τις κατηγορίες Serious και Non-Serious accidents.

Από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων παρατηρήθηκε ότι για την κατηγορία Fire υπήρξε βύθιση του σκάφους για ένα σεσάριο. Ακολουθεί πίνακας με την πιθανότητα του σεναρίου, στο οποίο παρουσιάστηκε βύθιση.

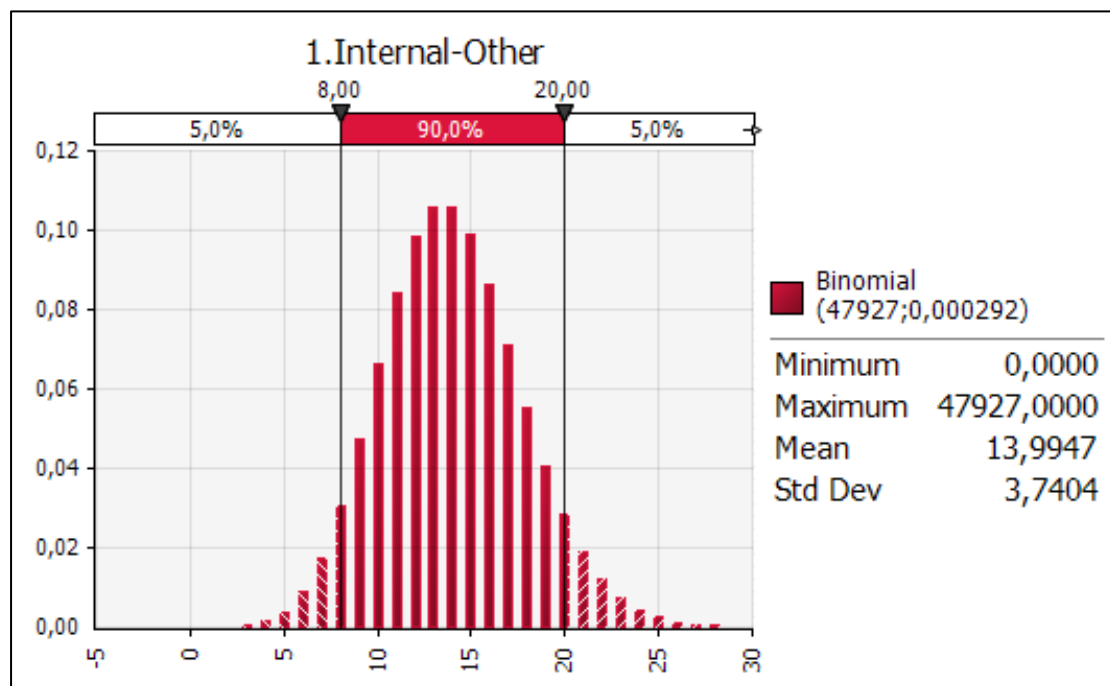
| <b>Internal Fire</b>          | <b>Serious</b>  | <b>Frequency</b> |
|-------------------------------|-----------------|------------------|
| <b>Engine room</b>            | <b>Sunk (%)</b> |                  |
| Open Sea/Loading/No Explosion | 13.3            | 4.29E-05         |

#### 6.2.8. Κατανομές σεναρίων

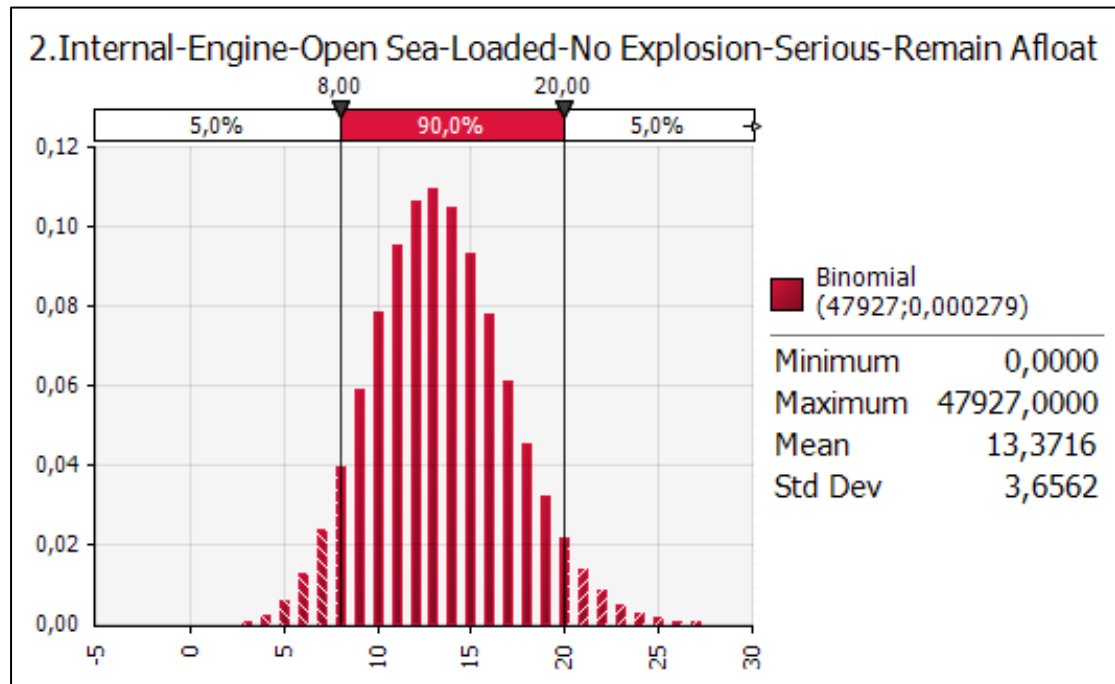
Όπως φαίνεται και στο δέντρο συχνότητας (Παράρτημα Α) προκύπτουν 148 διαφορετικά σεσάρια πυρκαγιάς. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα διωνυμικής κατανομής, των πέντε σεναρίων πυρκαγιάς με την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης (σε φθίνουσα σειρά). Τα διαγράμματα έγιναν με την βοήθεια του προγράμματος @Risk (Παράρτημα Γ).

Ο κάθετος άξονας συμβολίζει την σχετική πιθανότητα και ο οριζόντιος άξονας τον αναμενόμενο αριθμό εμφάνισης του αντιστοίχου σεναρίου. Ο τίτλος του κάθε διαγράμματος φέρει την αναλυτική πορεία του σεναρίου. Στο πίνακα που συνοδεύει τα διαγράμματα αναγράφεται το Fleet@Risk (47927,18 σε ακέραια μορφή δηλαδή 47927), η αρχική πιθανότητα του κάθε σεναρίου υπολογισμένη από τα στοιχεία της βάσης (π.χ. 0,020705521) και τα αποτελέσματα του προγράμματος, δηλαδή, η διασπορά (Std Dev) και η μέση τιμή (Mean).

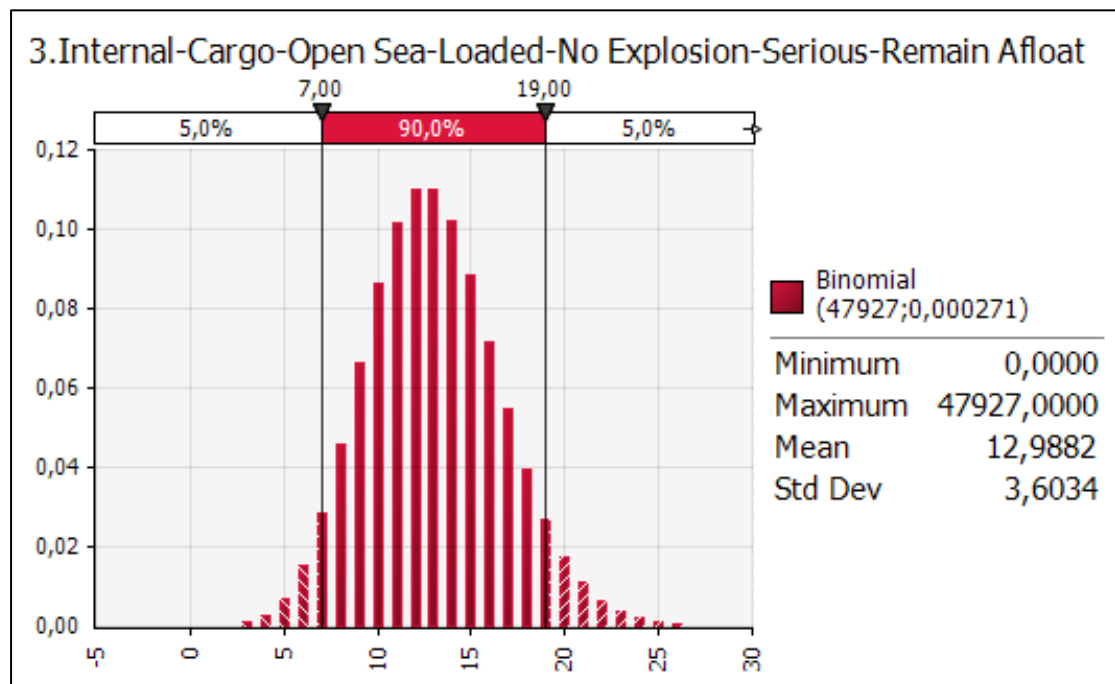
Πρώτο σε συχνότητα ατύχημα πυρκαγιάς με αναμενόμενη μέση τιμή 14 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 3,7.



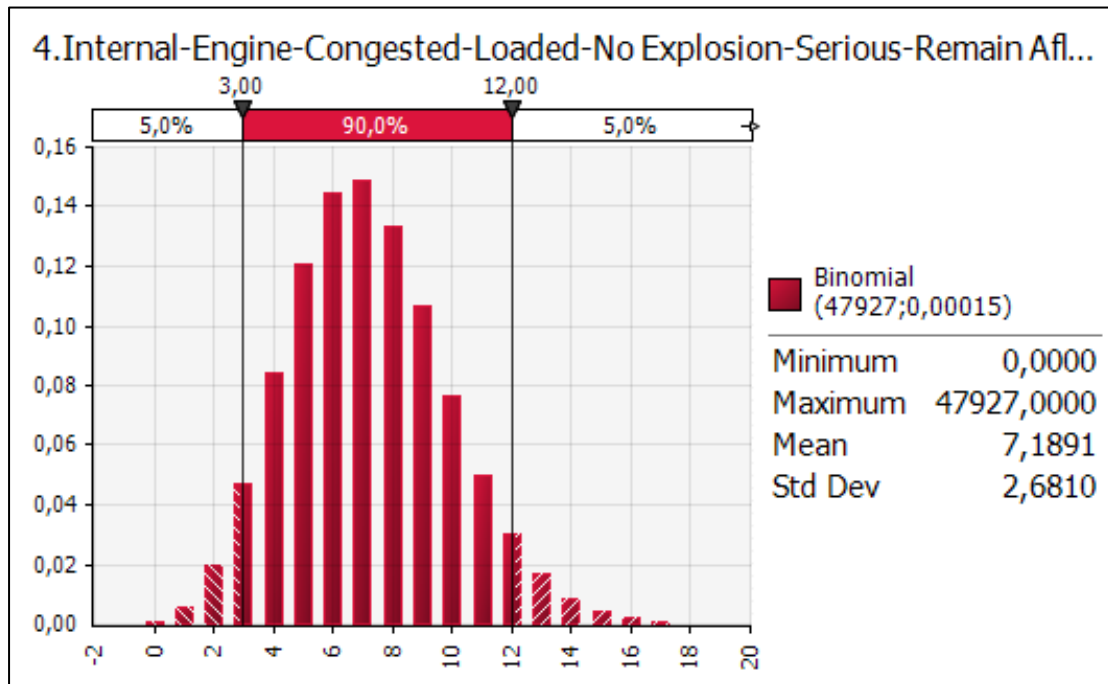
Δεύτερο σε συχνότητα ατύχημα πυρκαγιάς με αναμενόμενη μέση τιμή 13 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 3,7.



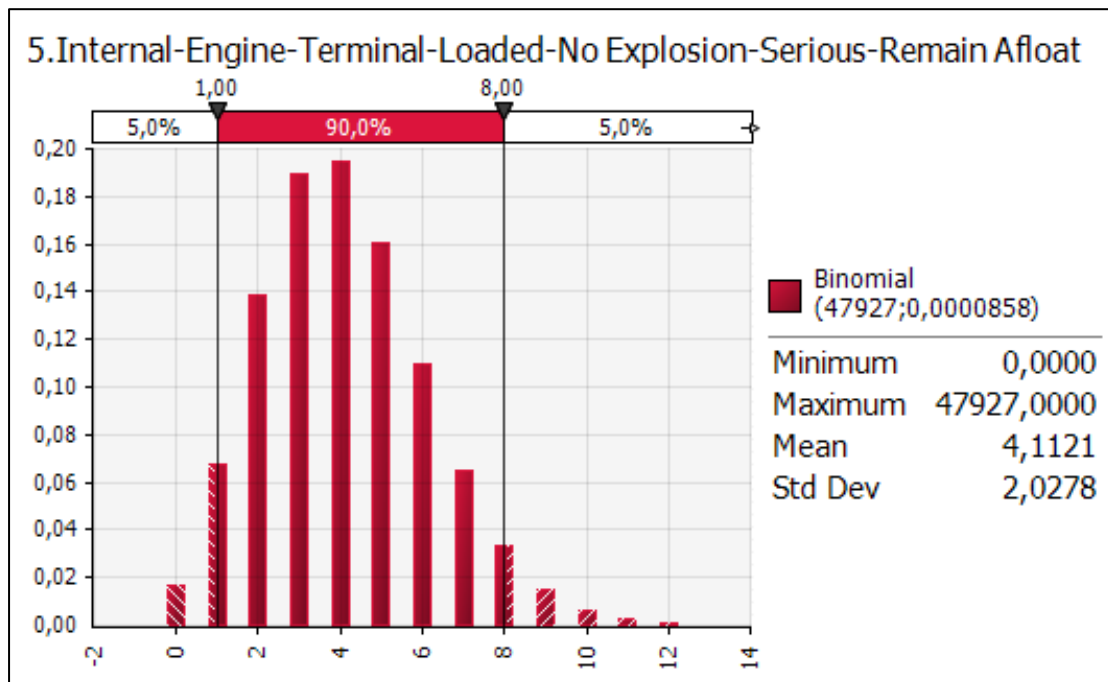
Τρίτο σε συχνότητα ατύχημα πυρκαγιάς με αναμενόμενη μέση τιμή 13 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 3,6.



Τέταρτο σε συχνότητα ατύχημα πυρκαγιάς με αναμενόμενη μέση τιμή 7 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 2,7.



Πρώτο σε συχνότητα ατύχημα πυρκαγιάς με αναμενόμενη μέση τιμή 4 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 2,0.



### 6.2.9.PLL-PLF

Θεωρώντας ένα τυπικό πλήρωμα πλοίου 30 ατόμων και μελετώντας τα δεδομένα της βάσης εξάγονται σημαντικά αποτελέσματα σχετικά με τον Αναμενόμενο Αριθμό Νεκρών (PLL – Potential Loss of Life). Στην συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρείται 3,33% πιθανότητα σε ατυχήματα πυρκαγιάς τύπου Internal Source. Πολλαπλασιαζόμενη αυτή η πιθανότητα με τις συχνότητες των αντίστοιχων σεναρίων προκύπτει ο αναμενόμενος αριθμός θανάτων κάθε σεναρίου σε διάστημα ενός χρόνου (Παράρτημα Α - Στήλη PLL).

Ο σχετικός πίνακας που ακολουθεί αναφέρει αρχικά τα καταχωρημένα, στην βάση, θανατηφόρα ατυχήματα και εν συνεχεία τα γενικευμένα αποτελέσματα που εξάγονται.

|   |              |          |         |        |
|---|--------------|----------|---------|--------|
| <b>PLL<br/>(Potential Loss of Life)</b> | Typical Crew |          | 30      |        |
|   | INCIDENTS    |          |         |        |
|   | ID           | Type     | Type    | Deaths |
|   | 54           | Internal | Serious | 1      |
|   | 95           | Internal | Serious | 1      |
|   | 421          | Internal | Serious | 1      |
|   | RESULTS      |          |         |        |
| Type                                    | Type         | Expected | Persons |        |
| Internal                                | Serious      | 3,33%    | 1       |        |

|              |                 |                              |
|--------------|-----------------|------------------------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>1,17E-03</b> | <b>Persons per Shipyears</b> |
|--------------|-----------------|------------------------------|

Για την πιθανότητα διαρροής καυσίμου στην θάλασσα (PLF - Potential Loss of Fuel), από τα δεδομένα της βάσης δεν προκύπτουν στοιχεία και δεν είναι δυνατή η περαιτέρω μελέτη.

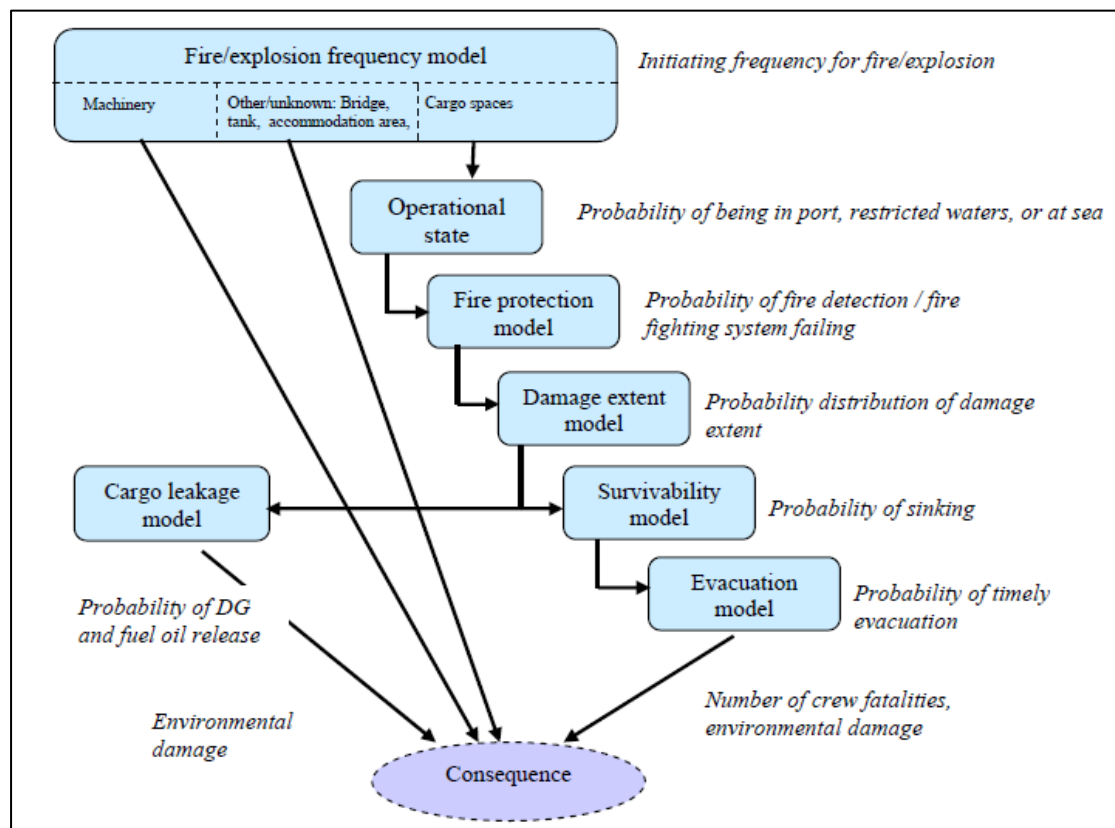
|   |                         |                 |
|---|-------------------------|-----------------|
| <b>PLF<br/>(Potential Loss of Fuel)</b> | Tonnes In Each Incident |                 |
|   | NON                     |                 |
| <b>Total Tonnes</b>                     |                         | <b>0</b>        |
| <b>Tonnes/Shipyears</b>                 |                         | <b>0,00E+00</b> |

### 6.3.Συμπεράσματα – Σχόλια

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι τα σενάρια με τη μεγαλύτερα συχνότητα αφορούν ατυχήματα Internal fire στο μηχανοστάσιο(Engine Room) και στην πλειοψηφία τους σε ανοιχτή θάλασσα . Για την κατάσταση φόρτωσης παρατηρείται ότι όλα τα σενάρια αφορούν σκάφη σε Loading condition χωρίς την παρουσία έκρηξης. Τέλος για την κατηγορία ατυχημάτων πυρκαγιάς υπάρχει ένα σενάριο που αφορά τη βύθιση του πλοίου:

Internal fire -Engine room- Open Sea -Loaded- No Explosion-Serious με συχνότητα  $4.29E-05$

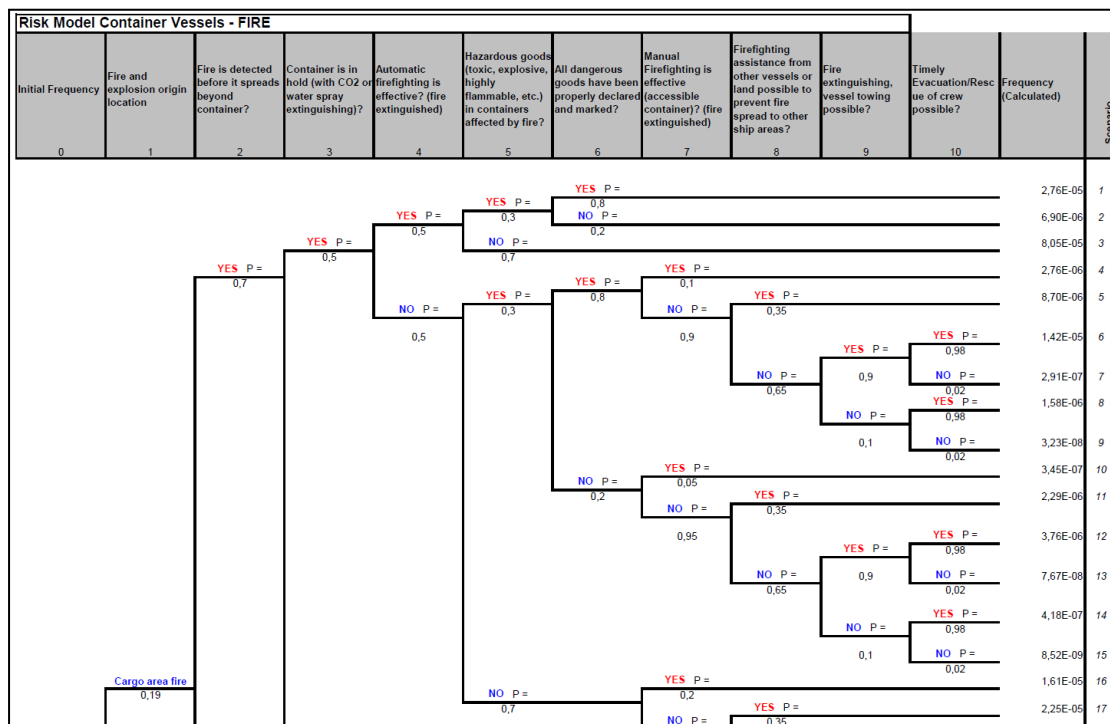
Ακολουθεί σύγκριση με την ανάλυση της υπάρχουσας FSA για τα Container Ships.



15. FSA Event Tree for Containerships (Fire/Explosion)

| Casualty statistics and accident frequencies for container vessels, 1993 – 2004, based on /7/ |                    |                   |               |                 |              |               |                |               |                                      |                          |                  |                       |
|---|--------------------|-------------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|----------------|---------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|
| Initial cause   | Initial cause code | No. of casualties | Fleet at risk | Frequency h(E)  | Consequences |               |                |               |                                      |                          |                  |                       |
|   |                    |                   |               |                 | No. of dead  | No. of events | No. of missing | No. of events | Tot No. of fatalities dead + missing | Fatalities per ship year | Pollution events | Container loss events |
| Collision   | CN                 | 493               | 30682         | 1.61E-02        | 5            | 2             | 13             | 3             | 18                                   | 5.87E-04                 | 16               | 23                    |
| Contact   | CT                 | 112               | 30682         | 3.65E-03        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 4                | 3                     |
| Foundered   | FD                 | 2                 | 30682         | 6.52E-05        | 30           | 1             | 0              | 0             | 30                                   | 9.78E-04                 | 0                | 0                     |
| Fire/explosion  | FX                 | 109               | 30682         | 3.55E-03        | 42           | 10            | 0              | 0             | 42                                   | 1.37E-03                 | 1                | 2                     |
| Hull damage   | HL                 | 39                | 30682         | 1.27E-03        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 2                | 738                   |
| Wrecked/stranded  | WS                 | 210               | 30682         | 6.84E-03        | 0            | 0             | 15             | 1             | 15                                   | 4.89E-04                 | 8                | 0                     |
| Miscellaneous   | XX                 | 222               | 30682         | 7.24E-03        | 3            | 2             | 0              | 0             | 3                                    | 9.78E-05                 | 17               | 1,239                 |
| Machinery dam   | MY                 | 395               | 30682         | 1.29E-02        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 0                | 0                     |
| <b>Subtotal</b>   |                    | <b>1,582</b>      |               | <b>5.16E-02</b> | <b>80</b>    | <b>15</b>     | <b>28</b>      | <b>4</b>      | <b>108</b>                           | <b>3.52E-03</b>          | <b>48</b>        | <b>2,005</b>          |

16. FSA Results for Containerships



17. FSA Frequency Event Tree for Containerships (Fire/Explosion)



Στην υπάρχουσα FSA η πιθανότητα πυρκαγιάς και έκρηξης εξετάζονται σαν μια περίπτωση με αρχική συχνότητα  $3.55E-03$ . Για την παρούσα μελέτη η αρχική συχνότητα για την ύπαρξη φωτιάς βρέθηκε  $1.61E-03$  και για την ύπαρξη έκρηξης  $3.76E-04$ . Παρατηρείται μια μεγάλη διαφορά στις τιμές που οφείλεται στις διαφορετικές τιμές των Fleet at risk, των ατυχημάτων και στο γεγονός ότι οι δύο τύποι ατυχημάτων εξετάζονται σε μία περίπτωση στην υπάρχουσα FSA.

| <b>THESIS (1990-2011)</b>  |                 |                  |
|----------------------------|-----------------|------------------|
| <b>Fleet a risk</b>        | <b>47927.61</b> | <b>Frequency</b> |
| <b>Fire incidents</b>      | <b>77</b>       | <b>1.61E-03</b>  |
| <b>Explosion incidents</b> | <b>18</b>       | <b>3.76E-04</b>  |

| <b>FSA (1993-2004)</b>          |              |                  |
|---------------------------------|--------------|------------------|
| <b>Fleet a risk</b>             | <b>30682</b> | <b>Frequency</b> |
| <b>Fire/Explosion incidents</b> | <b>109</b>   | <b>3.55E-03</b>  |

| <b>THESIS</b> | <b>Serious Cases - Frequency</b> | <b>Non serious Cases - Frequency</b> |
|---------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Fire</b>   | 4,38E-04                         | 6,26E-05                             |

Πιθανή απόκλιση του αθροίσματος των συχνοτήτων των Serious-Non Serious Cases με την ολική συχνότητα του συγκεκριμένου τύπου ατυχήματος οφείλεται στην ύπαρξη ελλιπών πληροφοριών (Unknown).

Σχεδόν 50% από όλες τις πυρκαγιές στα container ships ξεκινούν από το μηχανοστάσιο και 25% από το cargo area. Στην FSA για ατυχήματα fire/explosion το 51% και το 24% των πυρκαγιών θεωρείται ότι ξεκινούν στο μηχανοστάσιο και σε cargo areas αντίστοιχα και το υπόλοιπο ποσοστό αναφέρεται σε άγνωστες περιοχές, όπου ξεκίνησε η πυρκαγιά. Στην παρούσα μελέτη έχει βρεθεί ότι το 50% των πυρκαγιών ξεκινά από το μηχανοστάσιο και ένα 28.95% από τα cargo areas. Τέλος στην FSA δεν γίνεται καμία αναφορά για πυρκαγιές σε υπερκατασκευές που όπως φαίνεται από την παρούσα μελέτη αν και το ποσοστό τους είναι μικρό δεν είναι αμελητέα η επίδραση τους.

| <b>Internal Fire</b> | <b>THESIS (1990-2011)</b>     |
|----------------------|-------------------------------|
| <b>Source Area</b>   | <b>Probability of Fire(%)</b> |
| Engine Room          | 50                            |

|                 |            |
|-----------------|------------|
| Cargo Area      | 28.95      |
| Superstructures | 2.63       |
| Other           | 18.42      |
| <b>Sum</b>      | <b>100</b> |

|                    | <b>FSA (1993-2004)</b>                      |
|--------------------|---|
| <b>Source Area</b> | <b>Probability of<br/>Fire/Explosion(%)</b> |
| Engine Room        | 51  |
| Cargo Area         | 24  |
| Other              | 25  |
| <b>Sum</b>         | <b>100</b>                                  |

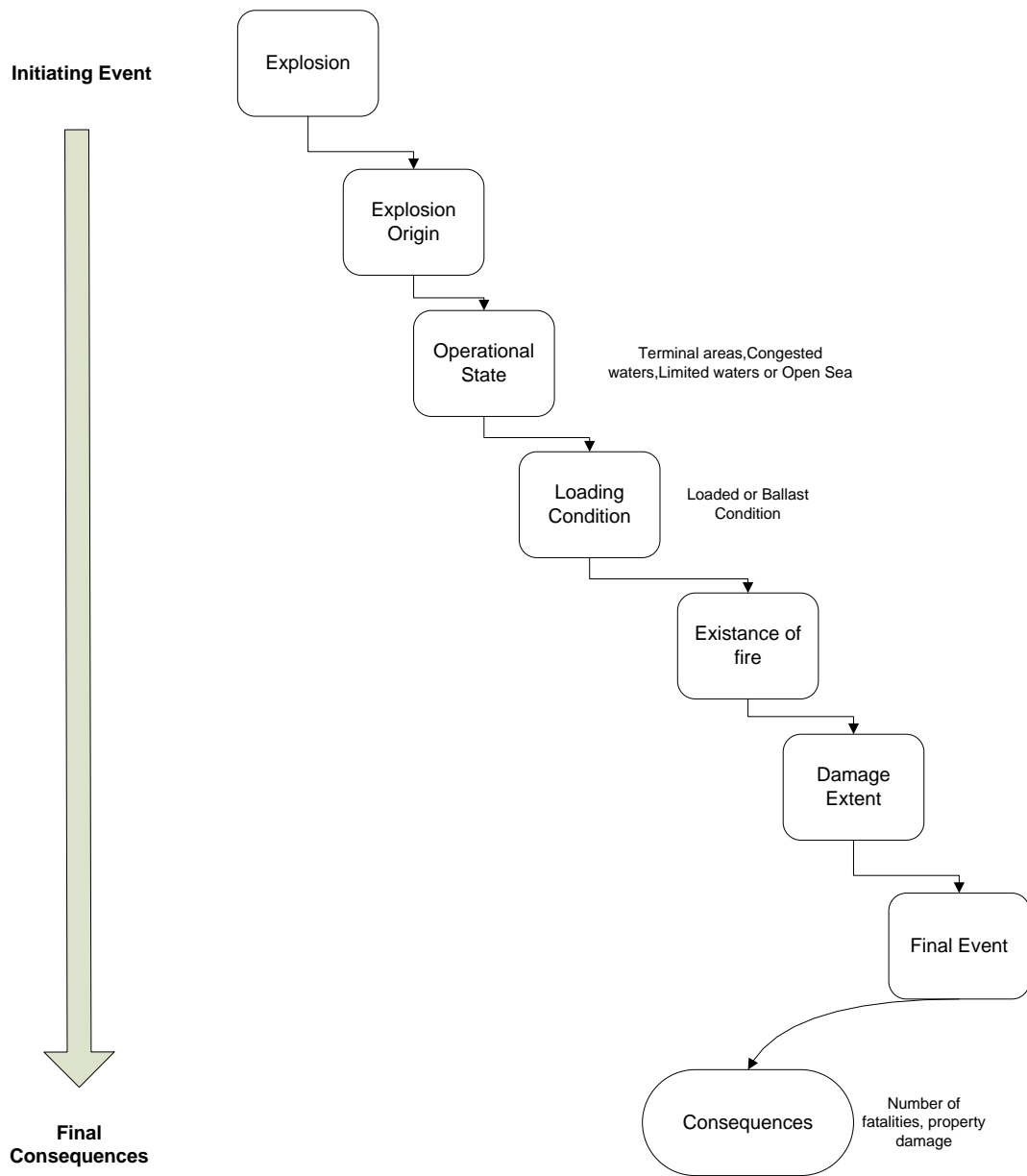
## 7.Ατυχήματα Έκρηξης (Explosion)

### 7.1.Ποιοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου

Τα ατυχήματα έκρηξης αποτελούνται από σενάρια όπου η έκρηξη ήταν το αρχικό γεγονός, έτσι άλλα συμβάντα όπως πρόσκρουση ή πυρκαγιά που αργότερα οδήγησαν σε έκρηξη δεν υπολογίζονται σε αυτή την κατηγορία. Η έκρηξη μπορεί να ξεκινήσει στο πρυμναίο τμήμα του πλοίου, στο κατάστρωμα ή στις δεξαμενές έρματος.

Τα ατυχήματα στην πρυμναία περιοχή μπορεί να οφείλεται σε έκρηξη στις δεξαμενές καυσίμων, στον καυστήρα ή στο αντλιοστάσιο. Έκρηξη στο cargo area μπορεί να συμβεί λόγω παρουσίας πηγών ανάφλεξης και/ή μεταφοράς επικίνδυνων εμπορευμάτων. Στους χώρους έρματος το ατύχημα μπορεί να συμβεί λόγω συνδυασμού ύπαρξης εύφλεκτης ατμόσφαιρας και πηγών ανάφλεξης. Η Εικόνα 18 παρουσιάζει την ακολουθία γεγονότων στο προτεινόμενο μοντέλο ρίσκου για έκρηξη.

Conceptual risk model for explosion scenario



18. Event sequence in explosion risk model of a Containership

## 7.2. Ποσοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου

### 7.2.1. Συχνότητα των σεναρίων έκρηξης.

Για την ανάλυση του ρίσκου η συχνότητα των σεναρίων έκρηξης υπολογίστηκε με βάση τα containerships που ενεπλάκησαν σε τέτοιου είδους ατυχήματα. Από τη βάση δεδομένων έχουμε 18 ατυχήματα και συχνότητα  $3.76E-04$  για serious και non-serious ατυχήματα.

### 7.2.2. Τοποθεσία έναρξης της έκρηξης (Aft Area-Cargo Area-Superstructures)

Οι πιθανότητες για τις τρεις διαφορετικές τοποθεσίες έναρξης έκρηξης έχουν βρεθεί από τη βάση δεδομένων. Αυτές παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες για Aft Area, Cargo Area, Superstructures και σε άλλες τοποθεσίες που δε συμπεριλαμβάνονται στις προηγούμενες κατηγορίες, οι οποίες θα χαρακτηριστούν σαν Other.

| Explosion       | Probability of Explosion (%) |
|-----------------|------------------------------|
| Aft Area        | 66.67                        |
| Cargo Area      | 16.67                        |
| Superstructures | 0                            |
| Other           | 16.66                        |
| <b>Sum</b>      | <b>100</b>                   |

### 7.2.3 Κατάσταση Λειτουργίας

Οι πιθανότητες για τις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας έχουν βρεθεί από τη βάση δεδομένων. Αυτές παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες για τις κατηγορίες Aft Area και Cargo Area, επειδή από τα δεδομένα της βάσης δεν παρουσιάστηκε έκρηξη στις υπερκατασκευές.

| Aft Area          |                              |
|-------------------|------------------------------|
| Operational State | Probability of Explosion (%) |
| Terminal Areas    | 16.67                        |

|                  |            |
|------------------|------------|
| Congested waters | 25         |
| Open sea         | 50         |
| Limited waters   | 8.33       |
| <b>Sum</b>       | <b>100</b> |

| <b>Cargo Area</b>        |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|
| <b>Operational State</b> | <b>Probability of Explosion (%)</b> |
| Terminal Areas           | 33.33                               |
| Congested waters         | 0                                   |
| Open sea                 | 66.67                               |
| Limited waters           | 0                                   |
| <b>Sum</b>               | <b>100</b>                          |

#### 7.2.4.Μοντέλο καταστάσεων φόρτωσης

Η πιθανότητα ενός πλοίου να βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης έχει βρεθεί από τη βάση δεδομένων για κάθε κατάσταση λειτουργίας. Παρακάτω δίνονται οι τιμές των πιθανοτήτων των καταστάσεων φόρτωσης για την κάθε κατάσταση λειτουργίας των Aft και Cargo Area.

| <b>Explosion</b> | <b>Probability of ship in</b> | <b>Probability of ship in</b> |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Aft Area</b>  | <b>Loading condition (%)</b>  | <b>Ballast condition (%)</b>  |
| Terminal Areas   | 100                           | 0                             |
| Congested waters | 33.33                         | 66.67                         |
| Open sea         | 50                            | 50                            |
| Limited waters   | 100                           | 0                             |

| <b>Explosion</b>  | <b>Probability of ship in</b> | <b>Probability of ship in</b> |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>Cargo Area</b> | <b>Loading condition</b>      | <b>Ballast condition</b>      |
| Terminal Areas    | 100                           | 0                             |
| Congested waters  | 50                            | 50                            |
| Open sea          | 100                           | 0                             |
| Limited waters    | 50                            | 50                            |

Οι πιθανότητες των σεναρίων που αφορούν κατάσταση φόρτωσης για ύπαρξη έκρηξης στο Cargo Area στα Congested και Limited waters θεωρήθηκαν 50%-50% , αφού από τη βάση δεδομένων η κατάσταση λειτουργίας για τα συγκεκριμένα σενάρια έδινε μηδενική πιθανότητα, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ακριβής εξαγωγή πιθανοτήτων για τις καταστάσεις φόρτωσης.

#### 7.2.4. Ύπαρξη πυρκαγιάς λόγω έκρηξης.

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθεται η πιθανότητα ύπαρξης έκρηξης για κάθε κατάσταση λειτουργίας και κατάσταση φόρτωσης για τα σενάρια που αφορούν την περίπτωση Internal Fire.

| <b>Explosion</b>         | <b>Probability of Fire</b> | <b>Probability of no</b> |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| <b>Aft Area</b>          | <b>(%)</b>                 | <b>Fire (%)</b>          |
| Terminal Areas/Loaded    | 0                          | 100                      |
| Terminal Areas/Ballast   | -                          | -                        |
| Congested waters/ Loaded | 100                        | 0                        |
| Congested waters/Ballast | 0                          | 100                      |
| Open sea/ Loaded         | 67                         | 33                       |
| Open sea/Ballast         | 33                         | 67                       |
| Limited waters/ Loaded   | 0                          | 100                      |
| Limited waters/Ballast   | -                          | -                        |

| <b>Explosion</b>         | <b>Probability of Fire</b> | <b>Probability of no</b> |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| <b>Cargo Area</b>        | <b>(%)</b>                 | <b>Fire (%)</b>          |
| Terminal Areas/ Loaded   | 100                        | 0                        |
| Terminal Areas/Ballast   | -                          | -                        |
| Congested waters/ Loaded | -                          | -                        |
| Congested waters/Ballast | -                          | -                        |
| Open sea/ Loaded         | 50                         | 50                       |
| Open sea/Ballast         | -                          | -                        |
| Limited waters/ Loaded   | -                          | -                        |
| Limited waters/Ballast   | -                          | -                        |

### 6.2.5.Τελικό γεγονός και έκταση ζημιών

Για την ταξινόμηση της έκτασης των ζημιών στο σκάφος θα ορίσουμε δύο κατηγορίες: Serious και Non-Serious accident. Η κατηγορία στην οποία ανήκει το ατύχημα επηρεάζει και το τελικό γεγονός, αφού Non-Serious ατυχήματα έχουν πάντα σαν αποτέλεσμα τη μη βύθιση του σκάφους. Ακολουθούν οι πίνακες με τις πιθανότητες των κατηγοριών Serious και Non-Serious accident, οι οποίες υπολογίστηκαν από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων.

| <b>Explosion</b>         | <b>Probability of Serious Accident (%)</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident (%)</b> |
|--------------------------|--|--|
| <b>Aft Area/No Fire</b>  |  |  |
| Terminal Areas/ Loaded   | 100  | 0  |
| Congested waters/Ballast | 50   | 50   |
| Open sea/ Loaded         | 100  | 0  |
| Open sea/Ballast         | 100  | 0  |
| Limited waters/ Loaded   | 100  | 0  |

| <b>Explosion</b>         | <b>Probability of Serious Accident</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident</b> |
|--------------------------|--|--|
| <b>Aft Area/Fire</b>     |  |  |
| Congested waters/ Loaded | 100                                    | 0  |
| Open sea/ Loaded         | 100                                    | 0  |
| Open sea/Ballast         | 100                                    | 0  |

| <b>Explosion</b>          | <b>Probability of Serious Accident</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident</b> |
|---------------------------|--|--|
| <b>Cargo Area/No Fire</b> |  |  |
| Open sea/ Loaded          | 100                                    | 0  |

| <b>Explosion</b>       | <b>Probability of Serious Accident</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident</b> |
|------------------------|--|--|
| <b>Cargo Area/Fire</b> |  |  |
| Terminal Areas/ Loaded | 100                                    | 0  |
| Open sea/ Loaded       | 100                                    | 0  |



Ακολουθούν οι πίνακες των σεναρίων για το οποία δεν υπήρχαν αρκετά στοιχεία από τη βάση και οι πιθανότητες για τις κατηγορίες Serious και Non-Serious accidents θεωρήθηκαν 50%-50%.

| <b>Explosion</b>         | <b>Probability of Serious Accident (%)</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident (%)</b> |
|--------------------------|--|--|
| <b>Aft Area/No Fire</b>  |  |  |
| Terminal Areas/Ballast   | 50   | 50   |
| Congested waters/ Loaded | 50   | 50   |
| Limited waters/Ballast   | 50   | 50   |

| <b>Explosion</b>         | <b>Probability of Serious Accident (%)</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident (%)</b> |
|--------------------------|--|--|
| <b>Aft Area/Fire</b>     |  |  |
| Terminal Areas/ Loaded   | 50   | 50   |
| Terminal Areas/Ballast   | 50   | 50   |
| Congested waters/Ballast | 50   | 50   |
| Limited waters/ Loaded   | 50   | 50   |
| Limited waters/Ballast   | 50   | 50   |

| <b>Explosion</b>          | <b>Probability of Serious Accident (%)</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident (%)</b> |
|---------------------------|--|--|
| <b>Cargo Area/No Fire</b> |  |  |
| Terminal Areas/ Loaded    | 50   | 50   |
| Terminal Areas/Ballast    | 50   | 50   |
| Congested waters/ Loaded  | 50   | 50   |
| Congested waters/Ballast  | 50   | 50   |
| Open sea/Ballast          | 50   | 50   |
| Limited waters/ Loaded    | 50   | 50   |
| Limited waters/Ballast    | 50   | 50   |

| <b>Explosion</b>       | <b>Probability of Serious Accident (%)</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident (%)</b> |
|------------------------|--|--|
| <b>Cargo Area/Fire</b> |  |  |

|                          |    |    |
|--------------------------|----|----|
| Terminal Areas/Ballast   | 50 | 50 |
| Congested waters/ Loaded | 50 | 50 |
| Congested waters/Ballast | 50 | 50 |
| Open sea/Ballast         | 50 | 50 |
| Limited waters/ Loaded   | 50 | 50 |
| Limited waters/Ballast   | 50 | 50 |

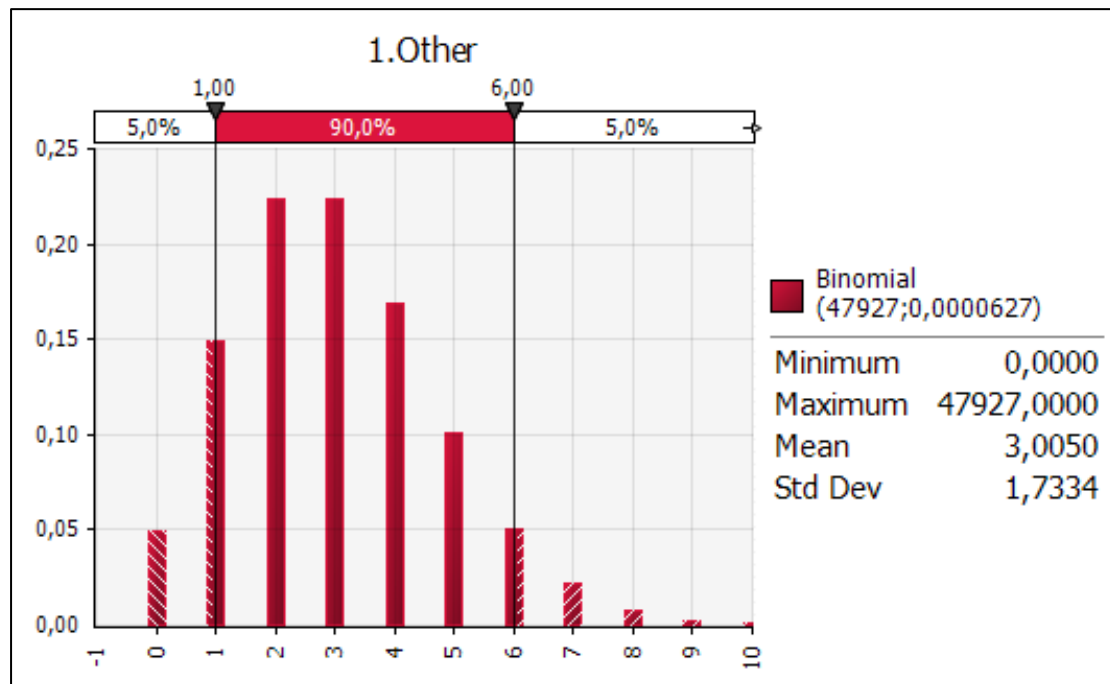
Από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων παρατηρήθηκε ότι για την κατηγορία Explosion δεν υπήρξε βύθιση του σκάφους παρά τη σοβαρότητα του είδους του ατυχήματος.

### 7.2.6.Κατανομές σεναρίων

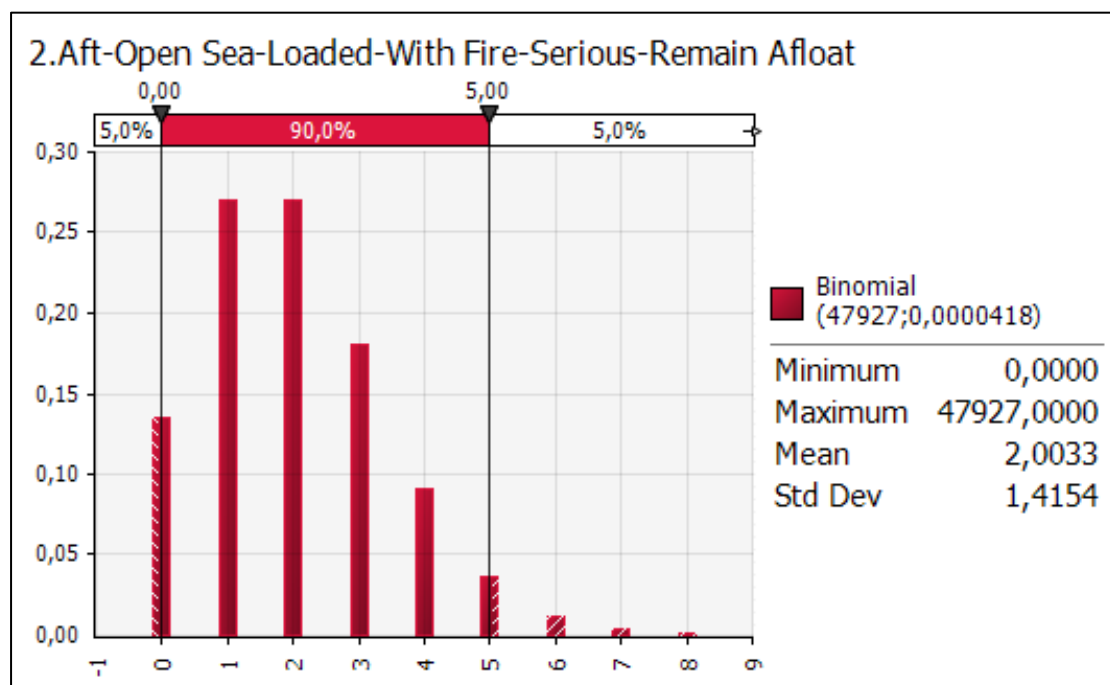
Όπως φαίνεται και στο δέντρο συχνότητων (Παράρτημα Α) προκύπτουν 98 διαφορετικά σεναρία έκρηξης. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα διωνυμικής κατανομής, των πέντε σεναρίων έκρηξης με την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης (σε φθίνουσα σειρά). Τα διαγράμματα έγιναν με την βοήθεια του προγράμματος @Risk (Παράρτημα Γ).

Ο κάθετος άξονας συμβολίζει την σχετική πιθανότητα και ο οριζόντιος άξονας τον αναμενόμενο αριθμό εμφάνισης του αντιστοίχου σεναρίου. Ο τίτλος του κάθε διαγράμματος φέρει την αναλυτική πορεία του σεναρίου. Στο πίνακα που συνοδεύει τα διαγράμματα αναγράφεται το Fleet@Risk (47927,18 σε ακέραια μορφή δηλαδή 47927), η αρχική πιθανότητα του κάθε σεναρίου υπολογισμένη από τα στοιχεία της βάσης (π.χ. 0,020705521) και τα αποτελέσματα του προγράμματος, δηλαδή, η διασπορά (Std Dev) και η μέση τιμή (Mean).

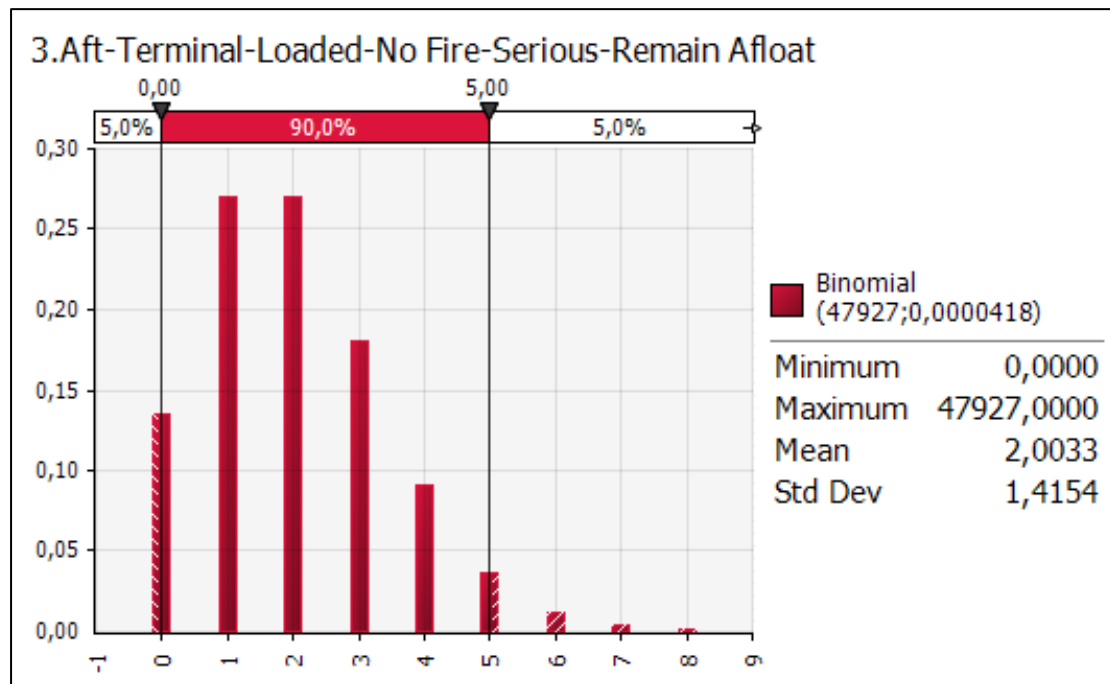
Πρώτο σε συχνότητα ατύχημα έκρηξης με αναμενόμενη μέση τιμή 3 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 1,7.



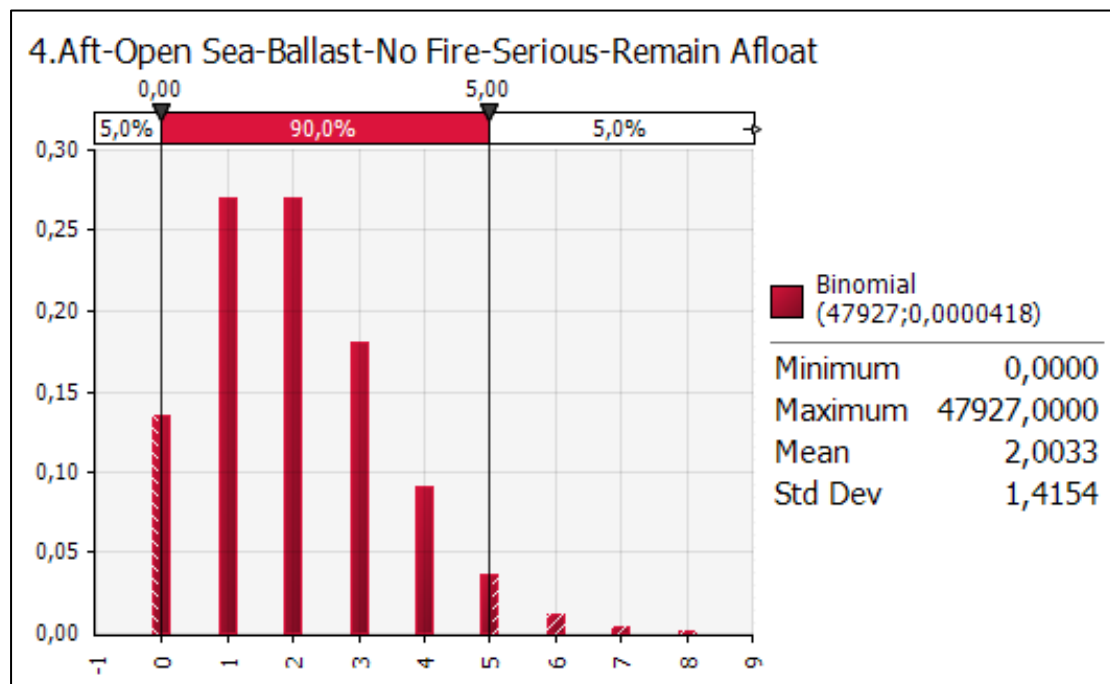
Δεύτερο σε συχνότητα ατύχημα έκρηξης με αναμενόμενη μέση τιμή 2 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 1,4.



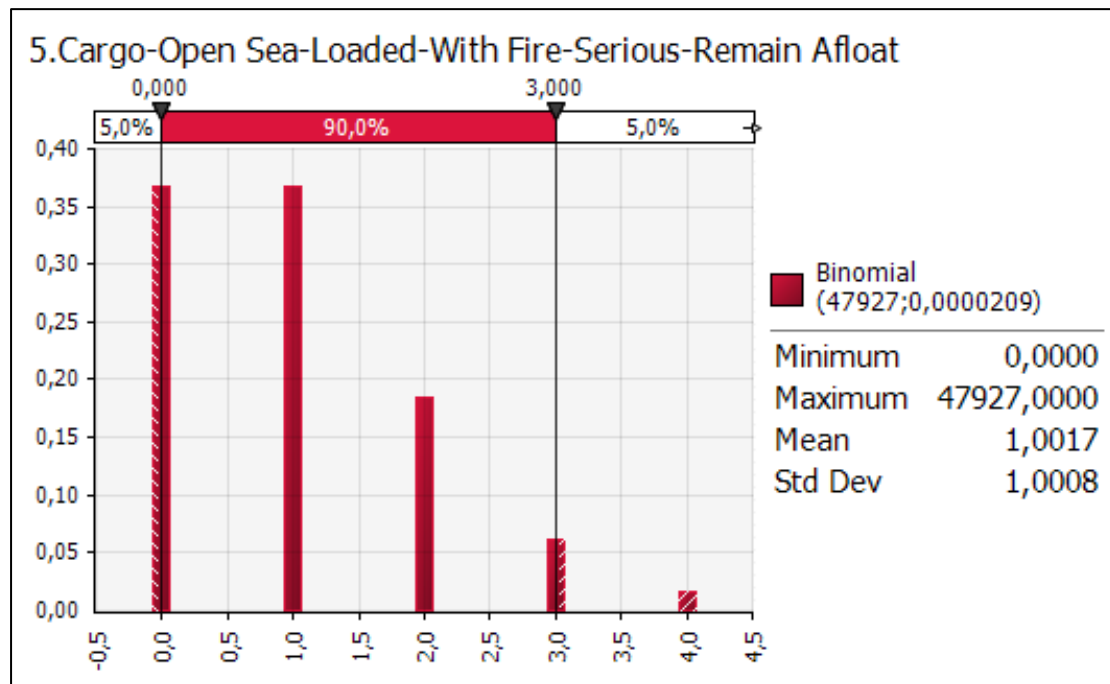
Τρίτο σε συχνότητα ατύχημα έκρηξης με αναμενόμενη μέση τιμή 2 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 1,4.



Τέταρτο σε συχνότητα ατύχημα έκρηξης με αναμενόμενη μέση τιμή 2 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 1,4.



Πέμπτο σε συχνότητα ατύχημα έκρηξης με αναμενόμενη μέση τιμή 1 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 1,0.



#### 7.2.7.PLL-PLF

Θεωρώντας ένα τυπικό πλήρωμα πλοίου 30 ατόμων και μελετώντας τα δεδομένα της βάσης εξάγονται σημαντικά αποτελέσματα σχετικά με τον Αναμενόμενο Αριθμό Νεκρών (PLL – Potential Loss of Life). Στην συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρείται 5,83% πιθανότητα σε ατυχήματα έκρηξης σε Aft Area και 6,67% πιθανότητα σε ατυχήματα έκρηξης σε Cargo Area. Πολλαπλασιαζόμενες αυτές οι πιθανότητες με τις συχνότητες των αντίστοιχων σεναρίων προκύπτει ο αναμενόμενος αριθμός θανάτων κάθε σεναρίου σε διάστημα ενός χρόνου (Παράρτημα Α - Στήλη PLL).

Ο σχετικός πίνακας που ακολουθεί αναφέρει αρχικά τα καταχωρημένα, στην βάση, θανατηφόρα ατυχήματα και εν συνεχεία τα γενικευμένα αποτελέσματα που εξάγονται.

|   |                  |                 |         |        |
|---|------------------|-----------------|---------|--------|
| <b>PLL<br/>(Potential Loss of Life)</b> | Typical Crew     |                 |         | 30     |
|   | <b>INCIDENTS</b> |                 |         |        |
|   | ID               | Type            | Type    | Deaths |
|   | 1238             | Ballast Area    | Serious | 3      |
|   | 1304             | Engine Room     | Serious | 1      |
|   | 434              | Engine Room     | Serious | 1      |
|   | 698              | Engine Room     | Serious | 1      |
|   | 789              | Cargo Hold Area | Serious | 1      |
|   | 867              | Engine Room     | Serious | 4      |
|   | <b>RESULTS</b>   |                 |         |        |
| Type                                    | Type             | Expected        | Persons |        |
| Aft Area                                | Serious          | 5,83%           | 1,75    |        |
| Cargo Area                              | Serious          | 6,67%           | 2       |        |

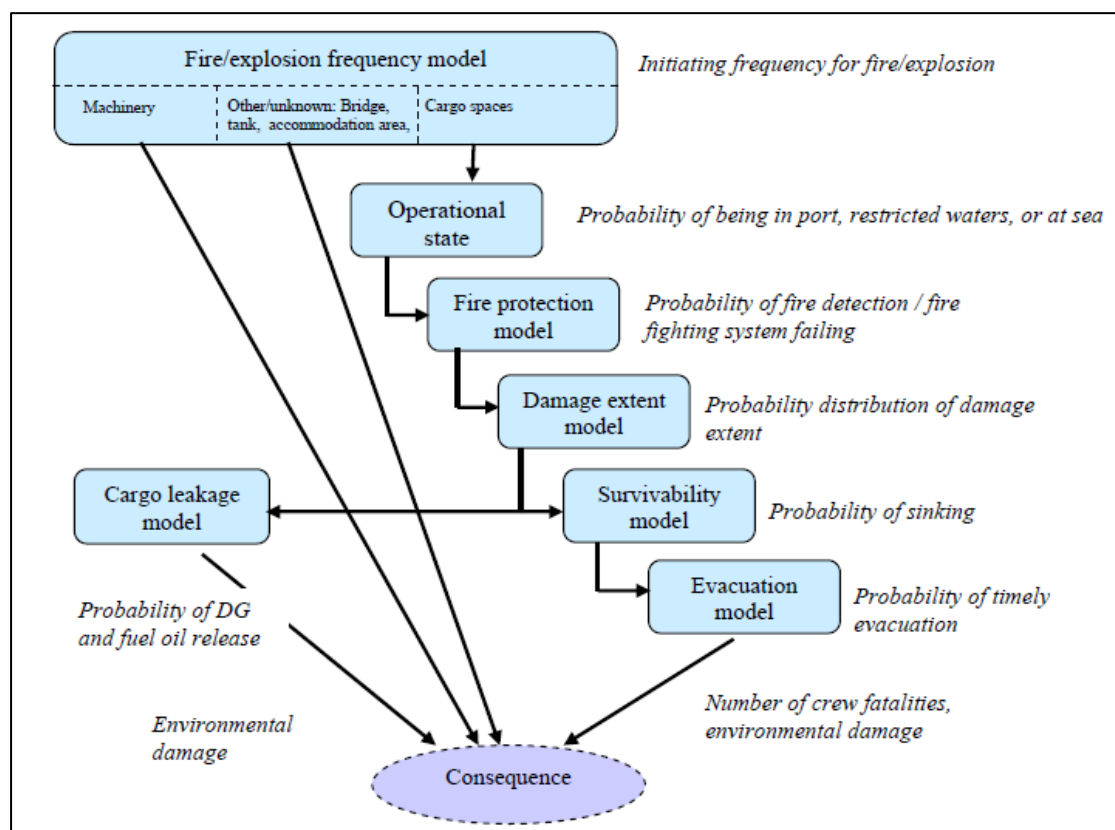
|              |                 |                              |
|--------------|-----------------|------------------------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>5,27E-04</b> | <b>Persons per Shipyears</b> |
|--------------|-----------------|------------------------------|

Για την πιθανότητα διαρροής καυσίμου στην θάλασσα (PLF - Potential Loss of Fuel), από τα δεδομένα της βάσης δεν προκύπτουν στοιχεία και δεν είναι δυνατή η περαιτέρω μελέτη.

|   |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| <b>PLF<br/>(Potential Loss of Fuel)</b> | <b>Tonnes In Each Incident</b>           |                       |
|   | <b>NON</b>                               |                       |
|   | <b>Total Tonnes<br/>Tonnes/Shipyears</b> | <b>0<br/>0,00E+00</b> |

### 7.3. Συμπεράσματα – Σχόλια

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι τα σενάρια με τη μεγαλύτερα συχνότητα αφορούν ατυχήματα έκρηξης στο πρυμναίο τμήμα του πλοίου (Aft Area) κατά το μεγαλύτερο ποσοστό. Η πλειοψηφία των σεναρίων αφορά ατυχήματα σε ανοιχτή θάλασσα και σε κατάσταση πλήρους φόρτωσης. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι τα ποσοστά έναρξης φωτιάς μετά την έκρηξη είναι σχεδόν 50%-50% και ότι παρά τη σοβαρότητα των ατυχημάτων δεν είχαμε σενάριο στο οποίο βυθίστηκε το πλοίο, σύμφωνα με τα δεδομένα της βάσης. Ακολουθεί σύγκριση με την ανάλυση της υπάρχουσας FSA για τα Container Ships.



19. FSA Event Tree for Containerships (Fire/Explosion)

| Casualty statistics and accident frequencies for container vessels, 1993 – 2004,<br>based on /7/ |                    |                   |               |                 |              |               |                |               |                                      |                          |                  |                       |
|--|--------------------|-------------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|----------------|---------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|
| Initial cause  | Initial cause code | No. of casualties | Fleet at risk | Frequency h(E)  | Consequences |               |                |               |                                      |                          |                  |                       |
|  |                    |                   |               |                 | No. of dead  | No. of events | No. of missing | No. of events | Tot No. of fatalities dead + missing | Fatalities per ship year | Pollution events | Container loss events |
| Collision  | CN                 | 493               | 30682         | 1.61E-02        | 5            | 2             | 13             | 3             | 18                                   | 5.87E-04                 | 16               | 23                    |
| Contact  | CT                 | 112               | 30682         | 3.65E-03        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 4                | 3                     |
| Foundered  | FD                 | 2                 | 30682         | 6.52E-05        | 30           | 1             | 0              | 0             | 30                                   | 9.78E-04                 | 0                | 0                     |
| Fire/explosion   | FX                 | 109               | 30682         | 3.55E-03        | 42           | 10            | 0              | 0             | 42                                   | 1.37E-03                 | 1                | 2                     |
| Hull damage  | HL                 | 39                | 30682         | 1.27E-03        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 2                | 738                   |
| Wrecked/stranded   | WS                 | 210               | 30682         | 6.84E-03        | 0            | 0             | 15             | 1             | 15                                   | 4.89E-04                 | 8                | 0                     |
| Miscellaneous  | XX                 | 222               | 30682         | 7.24E-03        | 3            | 2             | 0              | 0             | 3                                    | 9.78E-05                 | 17               | 1,239                 |
| Machinery dam  | MY                 | 395               | 30682         | 1.29E-02        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 0                | 0                     |
| <b>Subtotal</b>  |                    | <b>1,582</b>      |               | <b>5.16E-02</b> | <b>80</b>    | <b>15</b>     | <b>28</b>      | <b>4</b>      | <b>108</b>                           | <b>3.52E-03</b>          | <b>48</b>        | <b>2,005</b>          |

## 20. FSA Results for Containerships

Στην υπάρχουσα FSA η πιθανότητα πυρκαγιάς και έκρηξης εξετάζονται σαν μια περίπτωση με αρχική συχνότητα 3.55E-03. Για την παρούσα μελέτη η αρχική συχνότητα για την ύπαρξη έκρηξης βρέθηκε 3.76E-04 και για την ύπαρξη φωτιάς 1.61E-03 . Παρατηρείται μια μεγάλη διαφορά στις τιμές που οφείλεται στις διαφορετικές τιμές των Fleet at risk ,των ατυχημάτων και στο γεγονός ότι οι δύο τύποι ατυχημάτων εξετάζονται σα μία περίπτωση στην υπάρχουσα FSA.

|                            | THESIS (1990-2011) |                  |
|----------------------------|--------------------|------------------|
| <b>Fleet a risk</b>        | <b>47927.61</b>    | <b>Frequency</b> |
| <b>Fire incidents</b>      | <b>77</b>          | <b>1.61E-03</b>  |
| <b>Explosion incidents</b> | <b>18</b>          | <b>3.76E-04</b>  |

|                                 | FSA (1993-2004) |                  |
|---------------------------------|-----------------|------------------|
| <b>Fleet a risk</b>             | <b>30682</b>    | <b>Frequency</b> |
| <b>Fire/Explosion incidents</b> | <b>109</b>      | <b>3.55E-03</b>  |



| <b>THESIS</b>    | <b>Serious Cases - Frequency</b> | <b>Non serious Cases - Frequency</b> |
|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Explosion</b> | 3,13E-04                         | 2,09E-05                             |

Πιθανή απόκλιση του αθροίσματος των συχνοτήτων των Serious-Non Serious Cases με την ολική συχνότητα του συγκεκριμένου τύπου ατυχήματος οφείλεται στην ύπαρξη ελλιπών πληροφοριών (Unknown).

Στην υπάρχουσα FSA επειδή η κατηγορία Explosion εξετάζεται μαζί με την κατηγορία Fire δεν γίνεται επαρκής ανάλυσή της, απλά αναφέρεται ότι ατυχήματα έκρηξης και ακολουθίας φωτιάς μπορεί να έχουν σημαντικές συνέπειες αν και έχουν μικρή πιθανότητα παρουσίασης.

## 8.Ατυχήματα Κατασκευαστικής Αστοχίας (NASF)

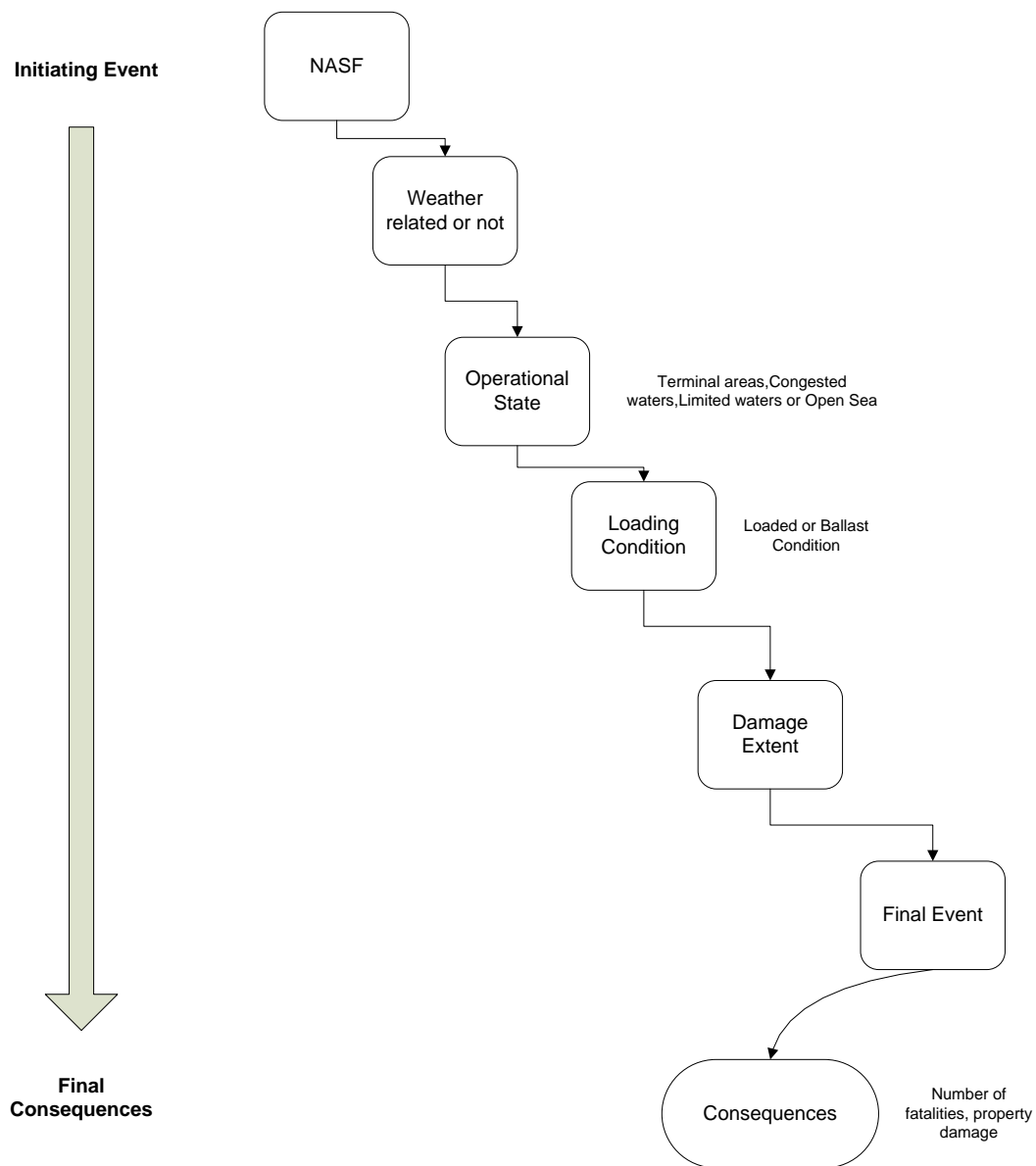
### 8.1.Ποιοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου

Ατυχήματα Κατασκευαστικής Αστοχίας αποτελούνται από σενάρια όπου η γάστρα παρουσιάζει ρωγμές επηρεάζοντας την αξιοπιστία του σκάφους κατά την πλεύση. Κακώσεις στο πηδάλιο του σκάφους ή σε εξαρτήματα που ενώνονται με το πηδάλιο θεωρούνται κατασκευαστικές αστοχίες. Κακώσεις στην προπέλα ή σε εξαρτήματα που ενώνονται με την προπέλα δεν συμπεριλαμβάνονται στη συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση.

Ατυχήματα Κατασκευαστικής Αστοχίας τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε LOWI (Loss Of Watertight Integrity) έχουν πιθανότητα να συμβούν λόγω κατασκευαστικής αποδόμησης, κόπωσης λόγω υπερβολικής φόρτωσης και κόπωσης λόγω ελλιπούς σχεδίασης ή κατασκευής. Τέτοια ατυχήματα συμβαίνουν συνήθως όσο το container ship είναι εν πλω στη θάλασσα ή κατά τη διάρκεια φορτοεκφόρτωσης.

Γενικά η φύση των ατυχημάτων Κατασκευαστικής Αστοχίας μπορεί να ενταχθεί σε τέσσερις κατηγορίες: εσωτερική κατασκευαστική αστοχία, κάκωση της γάστρας, κάκωση πηδαλίου και κάκωση του καταστρώματος. Στην παρούσα μελέτη θα εξεταστούν πως τα Ατυχήματα Κατασκευαστικής Αστοχίας επηρεάζονται από τις καιρικές συνθήκες. Η Εικόνα 21 παρουσιάζει την ακολουθία γεγονότων στο προτεινόμενο μοντέλο ρίσκου για Ατυχήματα Κατασκευαστικής Αστοχίας.

### Conceptual risk model for NASF scenario



### 21. Event sequence in NASF risk model of a Containership

## 8.2. Ποσοτική Μοντελοποίηση Ρίσκου

### 8.2.1. Συχνότητα των σεναρίων NASF

Για την ανάλυση του ρίσκου η συχνότητα των σεναρίων NASF υπολογίστηκε με βάση τα containerships που ενεπλάκησαν σε τέτοιου είδους ατυχήματα. Από τη βάση δεδομένων έχουμε 32 ατυχήματα και συχνότητα  $6.68E-04$  για serious και non-serious ατυχήματα.

### 8.2.2. Είδος ατυχήματος NASF (Weather Related-Non Weather Related )

Οι πιθανότητες για τα δύο είδη ατυχήματος δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

| NASF                | Probability of NASF(%) |
|---------------------|------------------------|
| Weather Related     | 28.1                   |
| Non Weather Related | 71.9                   |
| <b>Sum</b>          | <b>100</b>             |

### 8.2.3. Κατάσταση Λειτουργίας

Οι πιθανότητες για τις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας έχουν βρεθεί από τη βάση δεδομένων. Αυτές παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες για Weather Related και Non Weather Related.

| Weather Related   |                        |
|-------------------|------------------------|
| Operational State | Probability of NASF(%) |
| Terminal Areas    | 11.1                   |
| Congested waters  | 33.3                   |
| Open sea          | 55.6                   |
| Limited waters    | 0                      |
| <b>Sum</b>        | <b>100</b>             |

| <b>Non Weather Related</b> |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| <b>Operational State</b>   | <b>Probability of NASF(%)</b> |
| Terminal Areas             | 47.6                          |
| Congested waters           | 19                            |
| Open sea                   | 28.6                          |
| Limited waters             | 4.8                           |
| <b>Sum</b>                 | <b>100</b>                    |

#### 8.2.4.Μοντέλο καταστάσεων φόρτωσης

Η πιθανότητα ενός πλοίου να βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης έχει βρεθεί από τη βάση δεδομένων για κάθε κατάσταση λειτουργίας. Παρακάτω δίνονται οι τιμές των πιθανοτήτων των καταστάσεων φόρτωσης για την κάθε κατάσταση λειτουργίας .

| <b>Weather Related</b> | <b>Probability of ship in Loading condition (%)</b> | <b>Probability of ship in Ballast condition (%)</b> |
|------------------------|---|---|
| Terminal Areas         | 0   | 100   |
| Congested waters       | 33.3  | 66.7  |
| Open sea               | 100   | 0   |
| Limited waters         | 50  | 50  |

| <b>Non Weather Related</b> | <b>Probability of ship in Loading condition (%)</b> | <b>Probability of ship in Ballast condition (%)</b> |
|----------------------------|---|---|
| Terminal Areas             | 60  | 40  |
| Congested waters           | 50  | 50  |
| Open sea                   | 16.7  | 83.3  |
| Limited waters             | 100   | 0   |

Οι πιθανότητες των σεναρίων που αφορούν κατάσταση φόρτωσης για NASF επηρεασμένο από τις καιρικές συνθήκες σε Limited waters θεωρήθηκαν 50%-50% , αφού από τη βάση δεδομένων η κατάσταση λειτουργίας για τα συγκεκριμένα σεναρία έδινε μηδενική πιθανότητα, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ακριβής εξαγωγή πιθανοτήτων για τις καταστάσεις φόρτωσης.

### 8.2.5.Τελικό γεγονός και έκταση ζημιών

Για την ταξινόμηση της έκτασης των ζημιών στο σκάφος θα ορίσουμε δύο κατηγορίες: Serious και Non-Serious accident. Η κατηγορία στην οποία ανήκει το ατύχημα επηρεάζει και το τελικό γεγονός, αφού Non-Serious ατυχήματα έχουν πάντα σαν αποτέλεσμα τη μη βύθιση του σκάφους. Ακολουθούν οι πίνακες με τις πιθανότητες των κατηγοριών Serious και Non-Serious accident, οι οποίες υπολογίστηκαν από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων.

| <b>Weather Related</b>   | <b>Probability of Serious Accident (%)</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident (%)</b> |
|--------------------------|--|--|
| Terminal Areas Loaded    | 50   | 50   |
| Terminal Areas Ballast   | 100  | 0  |
| Congested waters Loaded  | 100  | 0  |
| Congested waters Ballast | 50   | 50   |
| Open sea Loaded          | 100  | 0  |
| Open sea Ballast         | 50   | 50   |
| Limited waters Loaded    | 50   | 50   |
| Limited waters Ballast   | 50   | 50   |

| <b>Non Weather Related</b> | <b>Probability of Serious Accident</b> | <b>Probability of Non-Serious Accident</b> |
|----------------------------|--|--|
| Terminal Areas Loaded      | 100                                    | 0  |
| Terminal Areas Ballast     | 75                                     | 25   |
| Congested waters Loaded    | 100                                    | 0  |
| Congested waters Ballast   | 50                                     | 50   |
| Open sea Loaded            | 100                                    | 0  |
| Open sea Ballast           | 60                                     | 40   |
| Limited waters Loaded      | 100                                    | 0  |
| Limited waters Ballast     | 50                                     | 50   |

Οι πιθανότητες των σεναρίων της έκτασης ζημιών για τα σενάρια Terminal Areas/Loaded, Open Sea/Ballast, Limited waters/Loaded και Limited waters/Ballast για τα Weather Related καθώς και το σενάριο Limited waters/Ballast για Non Weather Related θεωρήθηκαν 50%-50% , αφού από τη βάση δεδομένων η κατάσταση φόρτωσης για τα συγκεκριμένα σενάρια έδινε μηδενική πιθανότητα, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ακριβής εξαγωγή πιθανοτήτων για τις κατηγορίες Serious και Non-Serious accidents.

Από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων παρατηρήθηκε ότι για την κατηγορία NASF υπήρξε βύθιση του σκάφους. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα σενάρια με την πιθανότητα για βύθιση καθώς και η συχνότητα του κάθε σεναρίου.

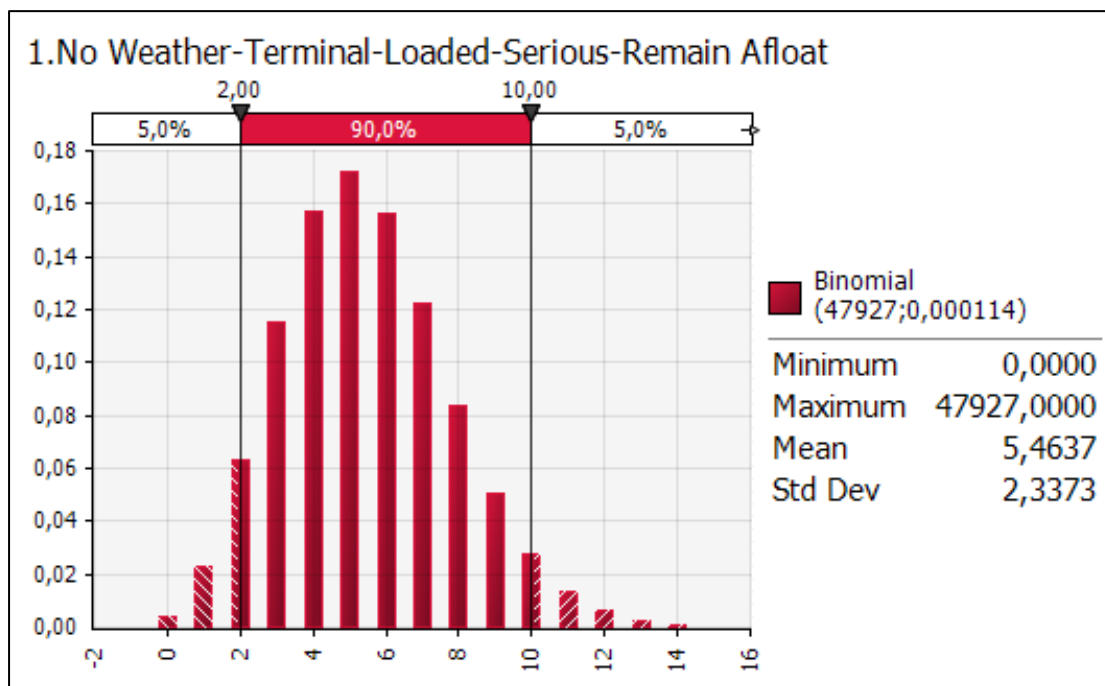
| <b>Weather Related</b>     | <b>Sunk probability (%)</b> | <b>Frequency (%)</b> |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Open Sea/Loaded            | 20                          | 2.10E-05             |
| <b>Non Weather Related</b> | <b>Sunk probability</b>     | <b>Frequency</b>     |
| Terminal Areas/Loaded      | 16.7                        | 2.30E-05             |
| Congested Waters/Loaded    | 50                          | 2.30E-05             |

### 8.2.6.Κατανομές σεναρίων

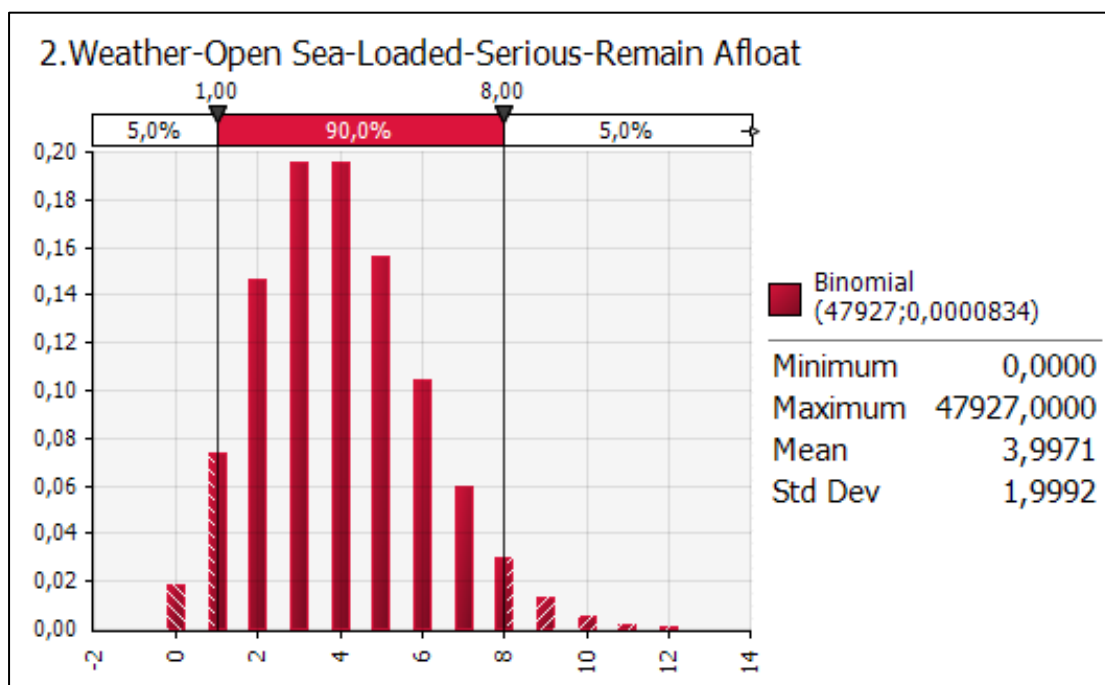
Όπως φαίνεται και στο δέντρο συχνοτήτων (Παράρτημα Α) προκύπτουν 48 διαφορετικά σενάρια κατασκευαστικής αστοχίας. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα διωνυμικής κατανομής, των πέντε σεναρίων κατασκευαστικής αστοχίας με την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης (σε φθίνουσα σειρά). Τα διαγράμματα έγιναν με την βοήθεια του προγράμματος @Risk (Παράρτημα Γ).

Ο κάθετος άξονας συμβολίζει την σχετική πιθανότητα και ο οριζόντιος άξονας τον αναμενόμενο αριθμό εμφάνισης του αντιστοίχου σεναρίου. Ο τίτλος του κάθε διαγράμματος φέρει την αναλυτική πορεία του σεναρίου. Στο πίνακα που συνοδεύει τα διαγράμματα αναγράφεται το Fleet@Risk (47927,18 σε ακέραια μορφή δηλαδή 47927), η αρχική πιθανότητα του κάθε σεναρίου υπολογισμένη από τα στοιχεία της βάσης (π.χ. 0,020705521) και τα αποτελέσματα του προγράμματος, δηλαδή, η διασπορά (Std Dev) και η μέση τιμή (Mean).

Πρώτο σε συχνότητα ατύχημα κατασκευαστικής αστοχίας με αναμενόμενη μέση τιμή 5 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 2,3.

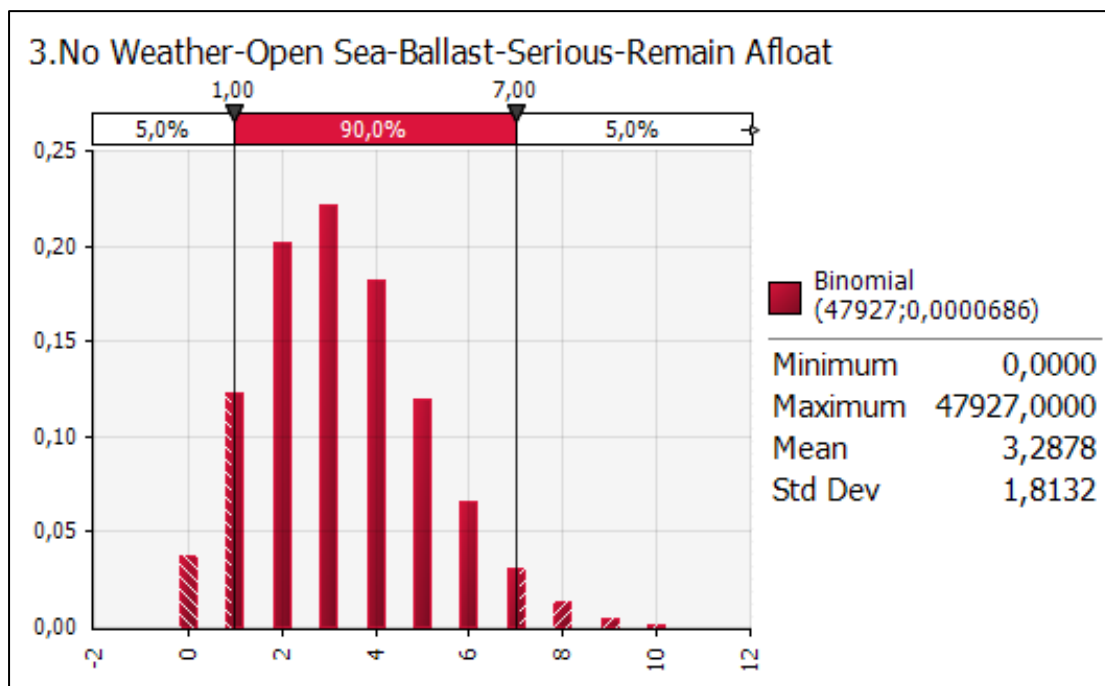


Δεύτερο σε συχνότητα ατύχημα κατασκευαστικής αστοχίας με αναμενόμενη μέση τιμή 4 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 2,0.

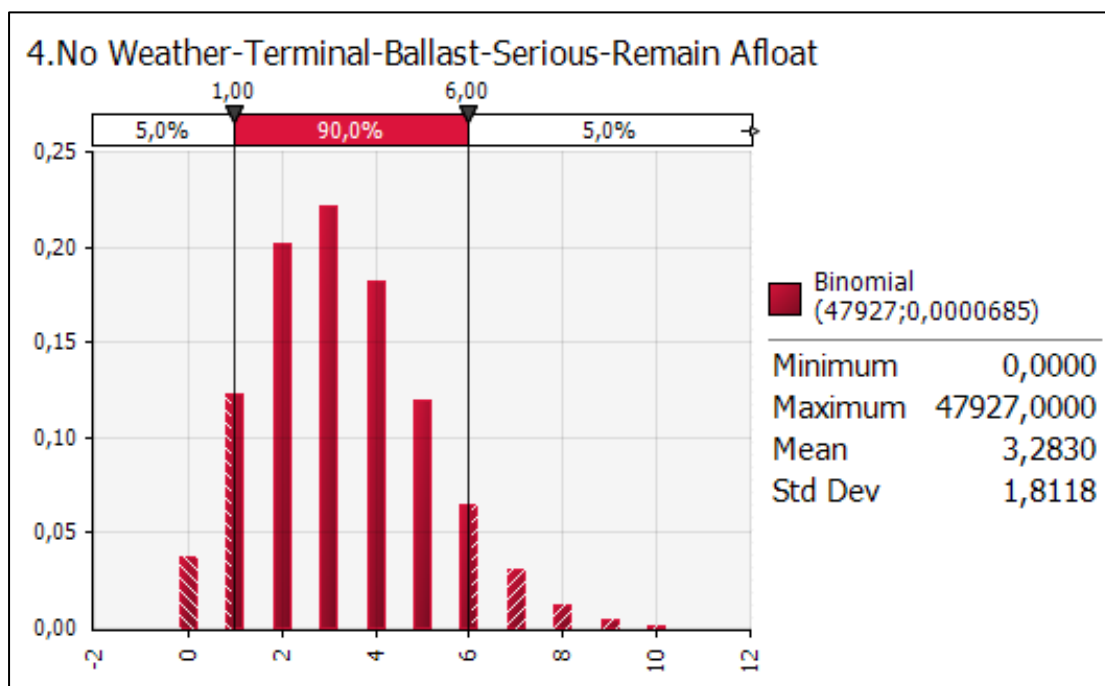




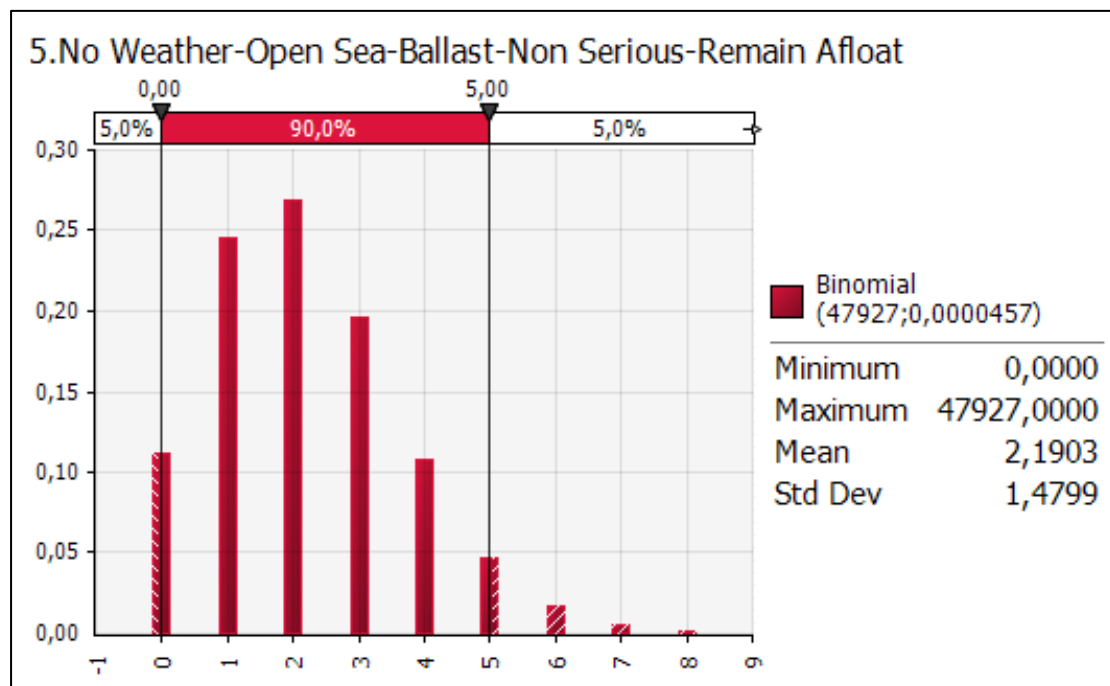
Τρίτο σε συχνότητα ατύχημα κατασκευαστικής αστοχίας με αναμενόμενη μέση τιμή 3 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 1,8.



Τέταρτο σε συχνότητα ατύχημα κατασκευαστικής αστοχίας με αναμενόμενη μέση τιμή 3 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 1,8.



Πέμπτο σε συχνότητα ατύχημα κατασκευαστικής αστοχίας με αναμενόμενη μέση τιμή 2 ατυχήματα για το Fleet@Risk και διασπορά τιμών 1,5.



### 8.2.7.PLL-PLF

Θεωρώντας ένα τυπικό πλήρωμα πλοίου 30 ατόμων και μελετώντας τα δεδομένα της βάσης εξάγονται τα ακόλουθα αποτελέσματα σχετικά με τον Αναμενόμενο Αριθμό Νεκρών (PLL – Potential Loss of Life). Στην συγκεκριμένη περίπτωση των ατυχημάτων κατασκευαστικής αστοχίας, το δείγμα της βάση δεν είναι απόλυτα αντιπροσωπευτικό καθώς υπάρχει καταχωρημένο ένα μόνο ατύχημα με 30 νεκρούς. Συνεπώς γίνεται γενικευμένη θεώρηση 10% πιθανότητα θανάτου σε ατυχήματα κατασκευαστικής αστοχίας τα οποία είναι Weather Related και καταλήγουν σε βύθιση του πλοίου. Πολλαπλασιαζόμενες αυτές οι πιθανότητες με τις συχνότητες των αντίστοιχων σεναρίων προκύπτει ο αναμενόμενος αριθμός θανάτων κάθε σεναρίου σε διάστημα ενός χρόνου (Παράρτημα Α - Στήλη PLL).

Ο σχετικός πίνακας που ακολουθεί αναφέρει αρχικά τα καταχωρημένα, στην βάση, θανατηφόρα ατυχήματα και εν συνεχεία τα γενικευμένα αποτελέσματα που εξάγονται.

|   |                   |                 |          |            |        |
|---|-------------------|-----------------|----------|------------|--------|
| <b>PLL<br/>(Potential Loss<br/>of Life)</b> | Typical Crew      |                 |          |            | 30     |
|   | <b>INCIDENTS</b>  |                 |          |            |        |
|   | ID                | Type            | Type     | Type       | Deaths |
|   | 109               | Weather Related | Open Sea | Total Loss | 30     |
|   | <b>RESULTS</b>    |                 |          |            |        |
|   | Type              | Type            | Expected | Persons    |        |
| <b>Weather Related</b>                      | <b>Total Loss</b> | <b>10,00%</b>   | <b>3</b> |            |        |

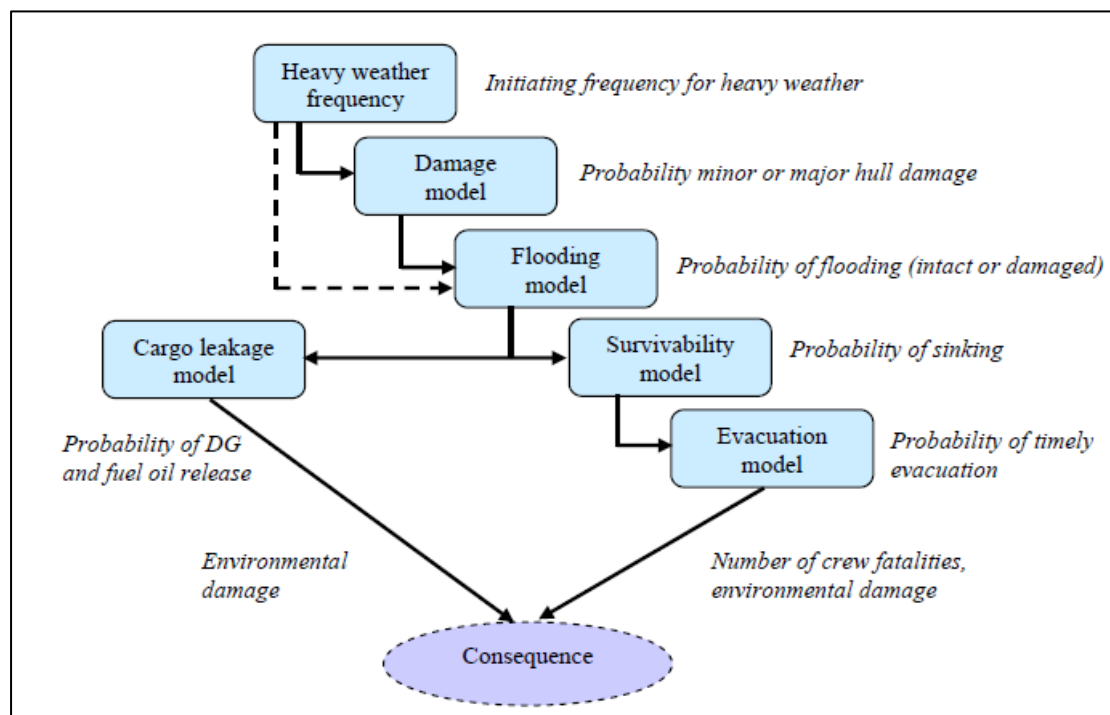
|              |                 |                              |
|--------------|-----------------|------------------------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>6,25E-05</b> | <b>Persons per Shipyears</b> |
|--------------|-----------------|------------------------------|

Για την πιθανότητα διαρροής καυσίμου στην θάλασσα (PLF - Potential Loss of Fuel) από τα δεδομένα της βάσης προκύπτει πιθανότητα 8,28 τόνοι ανά ατύχημα και ολική συχνότητα 0,00553 tonnes/shipyears για ατυχήματα κατασκευαστικής αστοχίας.

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| <b>PLF<br/>(Potential<br/>Loss of<br/>Fuel)</b> | <b>Tonnes In Each Incident</b> |
|   | 200                            |
|   | 50                             |
|   | 15                             |
| <b>Total Tonnes</b>                             | <b>265</b>                     |
| <b>Tonnes/Shipyears</b>                         | <b>5,53E-03</b>                |

### 8.3. Συμπεράσματα – Σχόλια

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι τα σενάρια με τη μεγαλύτερη συχνότητα αφορούν στην πλειονότητα τους ατυχήματα κατασκευαστικής αστοχίας που δε σχετίζονται με τον καιρό. Αναφορικά για την κατάσταση λειτουργίας των συχνότερων σεναρίων παρατηρείται ότι τα συχνότερα ατυχήματα συνέβησαν είτε εν πλω είτε κατά τη διάρκεια που το σκάφος βρισκόταν σε Terminal Areas. Τέλος τα περισσότερα σενάρια αφορούν σκάφη σε πλήρη φόρτωση. Ακολουθεί σύγκριση με την ανάλυση της υπάρχουσας FSA για τα Container Ships.



22. FSA Event Tree for Containerships (Heavy Weather)

| Casualty statistics and accident frequencies for container vessels, 1993 – 2004,<br>based on /7/ |                    |                   |               |                 |              |               |                |               |                                      |                          |                  |                       |
|--|--------------------|-------------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|----------------|---------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|
| Initial cause  | Initial cause code | No. of casualties | Fleet at risk | Frequency h(E)  | Consequences |               |                |               |                                      |                          |                  |                       |
|  |                    |                   |               |                 | No. of dead  | No. of events | No. of missing | No. of events | Tot No. of fatalities dead + missing | Fatalities per ship year | Pollution events | Container loss events |
| Collision  | CN                 | 493               | 30682         | 1.61E-02        | 5            | 2             | 13             | 3             | 18                                   | 5.87E-04                 | 16               | 23                    |
| Contact  | CT                 | 112               | 30682         | 3.65E-03        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 4                | 3                     |
| Foundered  | FD                 | 2                 | 30682         | 6.52E-05        | 30           | 1             | 0              | 0             | 30                                   | 9.78E-04                 | 0                | 0                     |
| Fire/explosion   | FX                 | 109               | 30682         | 3.55E-03        | 42           | 10            | 0              | 0             | 42                                   | 1.37E-03                 | 1                | 2                     |
| Hull damage  | HL                 | 39                | 30682         | 1.27E-03        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 2                | 738                   |
| Wrecked/stranded   | WS                 | 210               | 30682         | 6.84E-03        | 0            | 0             | 15             | 1             | 15                                   | 4.89E-04                 | 8                | 0                     |
| Miscellaneous  | XX                 | 222               | 30682         | 7.24E-03        | 3            | 2             | 0              | 0             | 3                                    | 9.78E-05                 | 17               | 1,239                 |
| Machinery dam  | MY                 | 395               | 30682         | 1.29E-02        | 0            | 0             | 0              | 0             | 0                                    | 0.00E+00                 | 0                | 0                     |
| <b>Subtotal</b>  |                    | <b>1,582</b>      |               | <b>5.16E-02</b> | <b>80</b>    | <b>15</b>     | <b>28</b>      | <b>4</b>      | <b>108</b>                           | <b>3.52E-03</b>          | <b>48</b>        | <b>2,005</b>          |

### 23. FSA Results for Containerships

| Risk Model Container Vessels - Heavy weather |  |                  |              |                        |                         |                        |          |
|--|--|------------------|--------------|------------------------|-------------------------|------------------------|----------|
| Initial frequency                            | Leading to ...   | Open top design? | Hull damage? | Survivability          | Fatalities              | Frequency (Calculated) | Scenario |
| 0  | 1  | 2                | 3            | 4                      | 5                       |                        |          |
| f = 0.0026                                   | heavy rain p= 0.0250                                       | yes p= 0.0200    |              | stays afloat p= 0.9900 |                         | 1.31E-06               | 1        |
|  |  |                  |              | sinks slowly p= 0.0100 |                         | 1.32E-08               | 2        |
|  |  | no p= 0.9800     |              | stays afloat p= 1.0000 |                         | 6.47E-05               | 3        |
|  | wave induced motions p= 0.8238                             |                  | yes p= 0.384 | stays afloat p= 0.9987 | yes p= 0.02             | 1.67E-05               | 4        |
|  |  |                  |              |                        | no p= 0.98              | 8.16E-04               | 5        |
|  |  |                  |              |                        | sinks slowly p= 0.0006  | 5.27E-07               | 6        |
|  |  |                  |              |                        | sinks rapidly p= 0.0006 | 5.27E-07               | 7        |
|  |  |                  | no p= 0.6164 | stays afloat p= 0.9999 |                         | 1.34E-03               | 8        |
|  |  |                  |              |                        | sinks slowly p= 0.0000  |                        | 9        |
|  |  |                  |              |                        | sinks rapidly p= 0.0001 | 1.34E-07               | 10       |
|  | other type of accidents p= 0.1512<br>e.g. machinery damage |                  |              |                        |                         | 3.99E-04               | 11       |
|  |  |                  |              |                        |                         | 0.2089552              |          |

### 24. FSA Frequency Event Tree for Containerships (Heavy Weather)

Στην υπάρχουσα FSA ερευνάται η πιθανότητα ατυχήματος λόγω κακοκαιρίας με αρχική συχνότητα  $2.64E-03$ , σε 150 από τα 1582 ατυχήματα . Για την παρούσα μελέτη η αρχική συχνότητα για την ύπαρξη ατυχήματος κατασκευαστικής αστοχίας βρέθηκε  $6.68E-04$ . Παρατηρείται μια μεγάλη διαφορά στις τιμές που οφείλεται στις διαφορετικές τιμές των Fleet at risk ,των ατυχημάτων και στο γεγονός ότι στην παρούσα μελέτη εξετάζονται όλα τα ατυχήματα NASF ενώ στην υπάρχουσα FSA μόνο εκείνα που αφορούν κακοκαιρία.

|                | THESIS (1990-2011) |
|----------------|--------------------|
| Fleet a risk   | 47927.61           |
| NASF incidents | 32                 |
| Frequency      | 6.68E-04           |

|                         | FSA (1993-2004) |
|-------------------------|-----------------|
| Total incidents         | 1582            |
| Heavy Weather incidents | 150             |
| Frequency               | 2.64E-03        |

| THESIS | Serious Cases - Frequency | Non serious Cases - Frequency |
|--------|---------------------------|-------------------------------|
| Nasf   | 5,22E-04                  | 1,04E-04                      |

Πιθανή απόκλιση του αθροίσματος των συχνοτήτων των Serious-Non Serious Cases με την ολική συχνότητα του συγκεκριμένου τύπου ατυχήματος οφείλεται στην ύπαρξη ελλιπών πληροφοριών (Unknown).

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην υπάρχουσα FSA παρατηρείται μια έλλειψη στοιχείων όσον αφορά τα ατυχήματα κατασκευαστικής αστοχίας αφού δε γίνεται καμία έρευνα πάνω στα συμβάντα που δεν είχαν σαν κύρια αιτία τον καιρό (Non weather related incidents) και τα οποία, από τα δεδομένα της βάσης, αποτελούν τα συνηθέστερα ατυχήματα αυτής της κατηγορίας.

| <b>Most Frequent Scenarios</b>                         |                  |
|--|------------------|
| <b>Non Weather Related</b>                             | <b>Frequency</b> |
| <b>Terminal Areas -Loaded- Serious-Remains afloat</b>  | <b>1.14E-04</b>  |
| <b>Terminal Areas -Ballast- Serious-Remains afloat</b> | <b>6.85E-05</b>  |
| <b>Open Sea -Ballast- Serious-Remains afloat</b>       | <b>6.86E-05</b>  |
| <b>Open Sea -Ballast- Non serious-Remains afloat</b>   | <b>4.57E-05</b>  |
| <b>Weather Related</b>                                 | <b>Frequency</b> |
| <b>Open Sea -Loaded-Serious-Remains afloat</b>         | <b>8.34E-05</b>  |

## 9.Συμπεράσματα - Προτάσεις

Στις προηγούμενες παραγράφους έγινε στατιστική ανάλυση ατυχημάτων σε πλοία τύπου Cellular containerships κατασκευασμένα μετά το 1980 και με gross tonnage μεγαλύτερο από 999 που συνέβησαν την περίοδο μεταξύ 1990 έως 2011.

Αρχικά πρέπει να γίνει ξεκάθαρο ότι για την παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε μόνο η βάση δεδομένων IHS, για αυτό το λόγο αναμένεται να υπάρχουν διαφοροποιήσεις με προηγούμενες μελέτες στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν άλλες βάσεις δεδομένων, όπως η LMIU ή η GISIS. Υπάρχουν κάποια ατυχήματα που περιλαμβάνονται και στην LMIU και στην IHS αλλά στη μια βάση θεωρούνται ως serious και στην άλλη ως non-serious. Στη βάση δεδομένων NTUA-SDL όλα τα ατυχήματα μπορεί να χαρακτηριστούν σαν serious ή non-serious σε ξεχωριστό πεδίο, ανάλογα με την άποψη του χρήστη για τη σοβαρότητα του ατυχήματος, ώστε όλα τα ατυχήματα να ταξινομηθούν με τα ίδια κριτήρια.

Είναι εμφανές ότι στη βάση IHS τα περισσότερα ατυχήματα θεωρούνται ως serious, 1064 (81,91%), αντί για non-serious, 235 (18,09%), για πλοία καταχωρημένα σε ένα μέλος του IACS. Αυτό συμβαίνει επειδή τα κριτήρια της IHS είναι πιο αυστηρά συγκριτικά με εκείνα της LMIU και επίσης λαμβάνουν υπόψη τυχούσες απώλειες ανθρώπινης ζωής ή περιβαλλοντολογική μόλυνση σαν ένδειξη ενός ατυχήματος serious.

Η ύπαρξη απώλειας υδατοστεγούς ακεραιότητας (LOWI) για το σκάφος μετά από οποιονδήποτε τύπο ατυχήματος ακολουθεί αντίστροφη αναλογία. Συνολικά 18,01% των ατυχημάτων, που αντιστοιχεί σε 234 ατυχήματα, οδήγησαν σε LOWI. Τα υψηλότερα ποσοστά παρουσιάστηκαν σε ατυχήματα κατασκευαστικής αστοχίας (50% - 16 ατυχήματα), ατυχήματα πρόσκρουσης (31,45% - 39 ατυχήματα) και ατυχήματα προσάραξης (20,09% - 46 ατυχήματα).

Η πλειοψηφία των ατυχημάτων έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια ταξιδιού (1053 ατυχήματα ή 81,06% για πλοία IACS και 33 ατυχήματα ή 82,50% για πλοία non IACS).

Ακολουθεί συνοπτική παρουσίαση των συμπερασμάτων για τα συχνότερα ατυχήματα που είχαν σχολιαστεί στο τέλος κάθε κεφαλαίου.

### Collision

Τα σενάρια με τη μεγαλύτερα συχνότητα αφορούν ατυχήματα σε ύδατα που παρουσιάζουν αυξημένη πυκνότητα-διέλευση πλοίων (terminal areas, congested waters) και σκάφη τα



οποία είναι σε κατάσταση πλήρους φόρτωσης, στο μεγαλύτερο ποσοστό (μόνο ένα σενάριο αφορά σκάφος σε Ballast condition). Τέλος αν και τα ατυχήματα των σεναρίων είναι σοβαρά (Serious Accidents), κανένα τελικό γεγονός δεν είχε σαν αποτέλεσμα τη βύθιση του πλοίου σύμφωνα με τα στατιστικά.

### **Contact**

Τα σενάρια με τη μεγαλύτερα συχνότητα αφορούν ατυχήματα πρόσκρουσης με σταθερή εγκατάσταση, κυρίως σε ύδατα που παρουσιάζουν αυξημένη πυκνότητα-διέλευση πλοίων (terminal areas, congested waters). Για την κατάσταση φόρτωσης παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των σεναρίων αφορά σκάφη σε Ballast condition. Τέλος αν και τα ατυχήματα των σεναρίων είναι σοβαρά (Serious Accidents), κανένα τελικό γεγονός δεν είχε σαν αποτέλεσμα τη βύθιση του πλοίου σύμφωνα με τα στατιστικά.

### **Grounding**

Τα σενάρια με τη μεγαλύτερα συχνότητα αφορούν ατυχήματα Powered Grounding στα οποία εμφανίζονται όλα τα είδη των καταστάσεων λειτουργίας . Για την κατάσταση φόρτωσης παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των σεναρίων αφορά σκάφη σε Loading condition. Τέλος για την κατηγορία ατυχημάτων προσάραξης υπάρχουν σενάρια που αφορούν τη βύθιση του πλοίου. Από τα στοιχεία της βάσης παρατηρήθηκαν τρία σενάρια που αφορούν τη βύθιση του πλοίου:

1. Grounding-Drift-Congested waters-Loaded-Serious με συχνότητα 3.40E-05
2. Grounding-Drift-Open Sea-Loaded-Serious με συχνότητα 3.50E-05
3. Grounding-Powered-Congested waters-Loaded-Serious με συχνότητα 5.40E-05

### **Fire**

Τα σενάρια με τη μεγαλύτερα συχνότητα αφορούν ατυχήματα Internal fire στο μηχανοστάσιο(Engine Room) και στην πλειοψηφία τους σε ανοιχτή θάλασσα . Για την κατάσταση φόρτωσης παρατηρείται ότι όλα τα σενάρια αφορούν σκάφη σε Loading condition χωρίς την παρουσία έκρηξης. Τέλος για την κατηγορία ατυχημάτων πυρκαγιάς υπάρχει ένα σενάριο που αφορά τη βύθιση του πλοίου:

Internal fire -Engine room- Open Sea -Loaded- No Explosion-Serious με συχνότητα 4.29E-05

### Explosion

Τα σενάρια με τη μεγαλύτερα συχνότητα αφορούν ατυχήματα έκρηξης στο πρυμναίο τμήμα του πλοίου(Aft Area) κατά το μεγαλύτερο ποσοστό. Η πλειοψηφία των σεναρίων αφορά ατυχήματα σε ανοιχτή θάλασσα και σε κατάσταση πλήρους φόρτωσης. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι τα ποσοστά έναρξης φωτιάς μετά την έκρηξη είναι σχεδόν 50%-50% και ότι παρά τη σοβαρότητα των ατυχημάτων δεν είχαμε σενάριο στο οποίο βυθίστηκε το πλοίο, σύμφωνα με τα δεδομένα της βάσης.

### NASF

Τα σενάρια με τη μεγαλύτερα συχνότητα αφορούν στην πλειονότητα τους ατυχήματα κατασκευαστικής αστοχίας που δε σχετίζονται με τον καιρό. Αναφορικά για την κατάσταση λειτουργίας των συχνότερων σεναρίων παρατηρείται ότι τα συχνότερα ατυχήματα συνέβησαν είτε εν πλω είτε κατά τη διάρκεια που το σκάφος βρισκόταν σε Terminal Areas. Τέλος τα περισσότερα σενάρια αφορούν σκάφη σε πλήρη φόρτωση.

Από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων παρατηρήθηκε ότι για την κατηγορία NASF υπήρξε βύθιση του σκάφους. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα σενάρια με την πιθανότητα για βύθιση καθώς και η συχνότητα του κάθε σεναρίου.

1. NASF-Weather Related-Open Sea-Loaded-Serious με συχνότητα 2.10E-05
2. NASF-No Weather Related –Terminal Areas-Loaded-Serious με συχνότητα 2.30E-05
3. NASF-No Weather Related-Congested waters-Loaded-Serious με συχνότητα 2.30E-05

Κλείνοντας παρατηρείται ότι τα σοβαρότερα ατυχήματα από τα δεδομένα της βάσης, που καταλήγουν σε βύθιση του πλοίου σε συνδυασμό με σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον αλλά και υψηλή συχνότητα απώλειας ανθρώπινης ζωής, ανήκουν στην κατηγορία της προσάραξης γεγονός που επιβεβαιώνεται και από το προαναφερθέν ατύχημα του πλοίου Rena στο κεφάλαιο 2.8. Αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω αυτού του ατυχήματος τα τελευταία χρόνια παρατηρείται εξέλιξη στο σχεδιασμό των Containerships (όπως διπλά τοιχώματα στις δεξαμενές καυσίμου).

Πιθανές προτάσεις που προκύπτουν από την παρούσα μελέτη είναι:

- Καλύτερη και ολοκληρωμένη εκπαίδευση πληρώματος .

- Αυστηρότερα μέτρα κανονισμών λειτουργίας πλοίου.
- Περαιτέρω εξέλιξη σχεδίασης.

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας με τις συχνότητες των ατυχημάτων που εξετάστηκαν στα κεφάλαια 4 έως 8 με τις τιμές για την παρούσα μελέτη και την υπάρχουσα FSA.

| THESIS (1990-2011) | Frequency | FSA (1993-2004) | Frequency |
|--------------------|-----------|-----------------|-----------|
| Collison           | 9.22E-03  | Collison        | 1.61E-02  |
| Contact            | 2.59E-03  | Contact         | 3.65E-03  |
| Grounding          | 4.78E-03  | Grounding       | 6.84E-03  |
| Fire               | 1.61E-03  | Fire/Explosion  | 3.55E-03  |
| Explosion          | 3.76E-04  | Heavy Weather   | 2.64E-03  |
| NASF               | 6.68E-04  |                 |           |

Ένας βασικός στόχος της παρούσας μελέτης είναι να ερευνηθεί πως τα ατυχήματα επηρεάζουν την πιθανότητα απώλειας ανθρώπινης ζωής και την πιθανότητα μόλυνσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης με εκείνα της υπάρχουσας FSA παρατηρείται ότι η τελική συχνότητα PLL δεν παρουσιάζει μεγάλη απόκλιση στην τιμή, παρότι στην FSA οι κατηγορίες πυρκαγιάς και έκρηξης έχουν εξεταστεί σαν ένα ενιαίο συμβάν και στην κατηγορία των ατυχημάτων κατασκευαστικής αστοχίας εξετάζεται μόνο η περίπτωση ατυχήματος λόγω κακοκαιρίας.

Αντίστοιχα συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης με εκείνα της υπάρχουσας FSA για τα Tanker [10] εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα tankers εξακολουθούν να είναι πιο επικίνδυνα σαν χώρος εργασίας από τα containerships, παρά την αυστηρότερη εξέλιξη των κανονισμών που αφορούν τα πλοία αυτά.

| LIFE LOSS    | Container THESIS          | Container FSA             | Tanker                    |
|--------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Event        | PLL<br>(Persons/Shipyear) | PLL<br>(Persons/Shipyear) | PLL<br>(Persons/Shipyear) |
| Collision    | 2,10E-03                  | 6,11E-03                  | 4,91E-03                  |
| Contact      | 0,00E+00                  | 1,25E-04                  | 0,00E+00                  |
| Grounding    | 3,32E-03                  | 1,24E-03                  | 1,32E-04                  |
| Fire         | 1,17E-03                  | 1,50E-03                  | 2,34E-03                  |
| Explosion    | 5,27E-04                  |                           | 5,07E-03                  |
| NASF         | 6,25E-05                  | 3,10E-05                  | 1,94E-04                  |
| <b>TOTAL</b> | <b>7,18E-03</b>           | <b>9,01E-03</b>           | <b>1,26E-02</b>           |

Όσον αφορά την πιθανότητα μόλυνσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος παρατηρήθηκε, για όλους τους τύπους των εξεταζόμενων ατυχημάτων, ότι απελευθερώθηκαν 3498 τόνοι καυσίμου. Τα υψηλότερα ποσοστά παρουσιάστηκαν σε ατυχήματα πρόσκρουσης (1833 τόνοι), προσάραξης (780 τόνοι) και σύγκρουσης (620 τόνοι).

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης με εκείνα της υπάρχουσας FSA παρατηρείται μεγάλη διαφορά στη τελική συχνότητα. Αυτό οφείλεται στο μικρότερο δείγμα πλοίων της FSA (περίοδος 1993-2004) και στο γεγονός ότι την περίοδο 2006-2011, η οποία συμπεριλαμβάνεται στην παρούσα μελέτη, παρουσιάστηκαν τα containership έκτης γενεάς. Σύγκριση με τα tanker δεν είναι εφικτή διότι η μελέτη αφορά το φορτίο.

| <b>POLLUTION</b> | <b>Container THESIS</b>          | <b>Container FSA</b>                      | <b>Tanker</b>                    |
|------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|
| <b>Event</b>     | <b>PLF<br/>(Tonnes/Shipyear)</b> | <b>Bunker Spill<br/>(Tonnes/Shipyear)</b> | <b>PLC<br/>(Tonnes/Shipyear)</b> |
| Collision        | 1,29E-02                         | 5,46E-04                                  | 1,30E+01                         |
| Contact          | 3,82E-02                         | 2,38E-05                                  | 1,41E+00                         |
| Grounding        | 1,63E-02                         | 2,35E-04                                  | 2,48E+01                         |
| Fire             | 0,00E+00                         | 0,00E+00                                  | 2,35E+01                         |
| Explosion        | 0,00E+00                         | 0,00E+00                                  | 1,23E+01                         |
| NASF             | 5,53E-03                         | 3,53E-05                                  | 1,44E+00                         |
| <b>TOTAL</b>     | <b>7,30E-02</b>                  | <b>8,40E-04</b>                           | <b>7,64E+01</b>                  |

| <b>Pollution THESIS (Only 1993-2004)</b> |         |               |                      |
|--|---------|---------------|----------------------|
| Incident Number                          | IMO     | Incident Date | Quantity (in tonnes) |
| 298                                      | 9036002 | 18/07/1996    | 50                   |
| 313                                      | 9043017 | 07/08/2001    | 100                  |
| 348                                      | 9060302 | 02/03/1996    | 30                   |
| 367                                      | 9063990 | 14/08/1998    | 40                   |
| 423                                      | 9088122 | 30/09/2002    | 40                   |
| 438                                      | 9104902 | 11/02/2003    | 15                   |
| 760                                      | 9225641 | 07/12/2004    | 450                  |
| 819                                      | 9239898 | 25/03/2004    | 5                    |

|              |            |
|--------------|------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>730</b> |
|--------------|------------|

| <b>Pollution FSA (1993-2004)</b> |               |                         |
|----------------------------------|---------------|-------------------------|
| Frequency                        | Fleet at risk | Quantity<br>(in tonnes) |
| 8,40E-04                         | 30682         | 25,78                   |

|       |       |
|-------|-------|
| TOTAL | 25,78 |
|-------|-------|

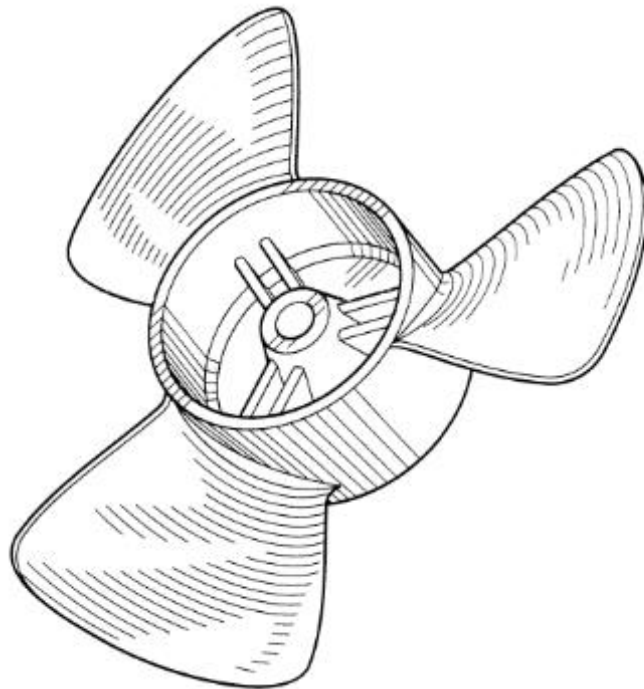
| <b>Pollution THESIS (Only 2005-2011)</b> |         |                  |                         |
|--|---------|------------------|-------------------------|
| Incident<br>Number                       | IMO     | Incident<br>Date | Quantity<br>(in tonnes) |
| 154                                      | 8511287 | 03/04/2005       | 40                      |
| 186                                      | 8614194 | 31/10/2005       | 100                     |
| 198                                      | 8706129 | 15/09/2009       | 50                      |
| 261                                      | 9000601 | 18/01/2007       | 200                     |
| 609                                      | 9152260 | 20/09/2005       | 600                     |
| 695                                      | 9202479 | 04/02/2007       | 2                       |
| 738                                      | 9216987 | 28/10/2009       | 50                      |
| 786                                      | 9231743 | 07/11/2007       | 1685                    |
| 887                                      | 9283227 | 22/01/2008       | 1                       |
| 918                                      | 9295206 | 22/02/2009       | 10                      |
| 929                                      | 9301108 | 23/11/2010       | 15                      |
| 978                                      | 9389411 | 03/05/2010       | 5                       |

|       |      |
|-------|------|
| TOTAL | 2758 |
|-------|------|

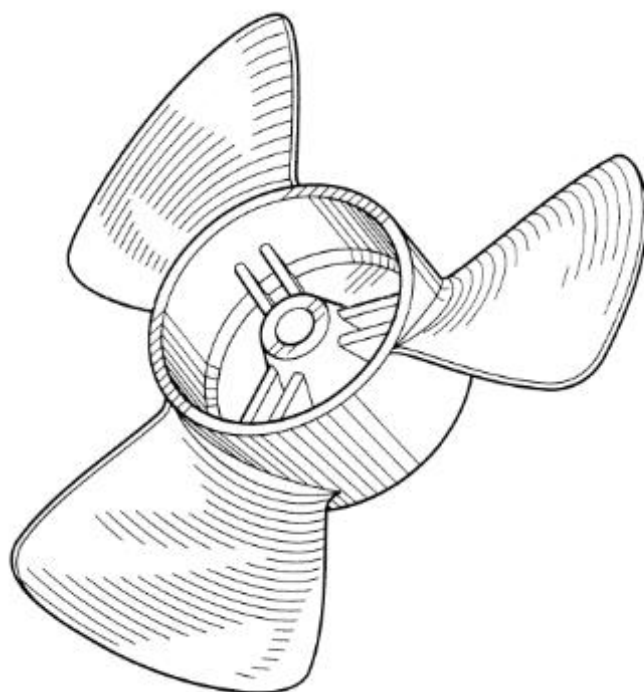
## 10.Βιβλιογραφία

1. IMO 2007, MSC 83/21/2, FORMAL SAFETY ASSESSMENT - Container Vessels, Submitted by Denmark 2007
2. Papanikolaou, 2004, Ship Design and Outfitting II (Detailed Design), Athens 2004
3. Container Handbook - Explanation of Terminology [www.containerhandbuch.de](http://www.containerhandbuch.de)
4. Geography of Transport System
5. MAN Diesel, 2009, Retrieved 2011-12-29, Propulsion Trends in Container Vessels, Copenhagen 2009
6. Koroukis A., 2013, ANALYSIS OF INCIDENTS of CELLULAR CONTAINERSHIPS BUILT AFTER 1981 FOR THE PERIOD 1990-2011, Athens 2013
7. Container Handbook - Introduction [www.containerhandbuch.de](http://www.containerhandbuch.de)
8. Container Handbook - Causes of Damage/Loss during Transport [www.containerhandbuch.de](http://www.containerhandbuch.de)
9. Πυτέρης Νίκος, 2012, ΑΝΑΛΥΣΗ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΩΝ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΕΩΣ 5000DWT, Αθήνα 2012
10. IMO 2008, FSA – Crude Oil Tankers, MEPC 58/17/2 and MEPC 58/INF.2, 2008
11. Βούρος Δημήτρης, 2007, ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΧΗ ΡΙΣΚΟΥ, Αθήνα 2007
12. Κωνσταντίνος Λούζης, 2011, ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΙΣΚΟΥ ΓΙΑ ΝΑΥΑΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ, Ιούλιος 2011
13. SNAME, Risk-based Optimisation of Crude Oil Tanker Cargo Holds
14. US Coast Guard, Procedure for Event Tree Analysis
15. IACS, CONTAINER SHIPS Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structures
16. Marvin Rausand, Some Basic Risk Concepts, Department of Production and Quality Engineering Norwegian University of Science and Technology
17. Papanikolaou, 2009, Risk-based Ship Design Methods Tools and Applications, February 2009
18. Νικόλαος Π. Βεντικός, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΙΙΙ
19. Βασικές έννοιες και τύποι θεωρίας πιθανοτήτων [www.aua.gr/gpapadopoulos](http://www.aua.gr/gpapadopoulos)
20. Equasis Database [www.equasis.org](http://www.equasis.org)
21. Safedor [www.safedor.org](http://www.safedor.org)
22. IHS database [www.ihs.com/products/maritime-information/index.aspx](http://www.ihs.com/products/maritime-information/index.aspx)
23. GISIS database [gisis.imo.org](http://gisis.imo.org)
24. LMIU database [www.lloydslistintelligence.com](http://www.lloydslistintelligence.com)
25. <http://www.worldshipping.org/World Shipping Council>

## Παράρτημα Α (Δέντρα Συχνοτήτων)

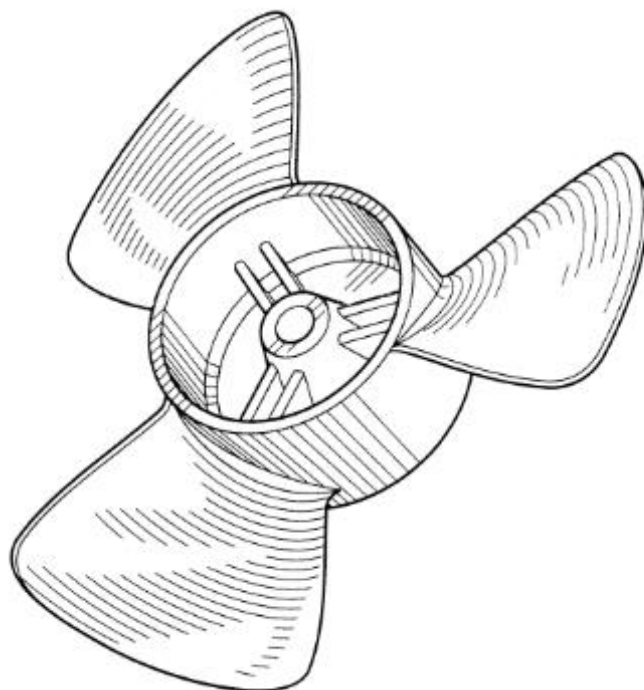


## Παράρτημα Β (Υπολογισμός Πιθανοτήτων)

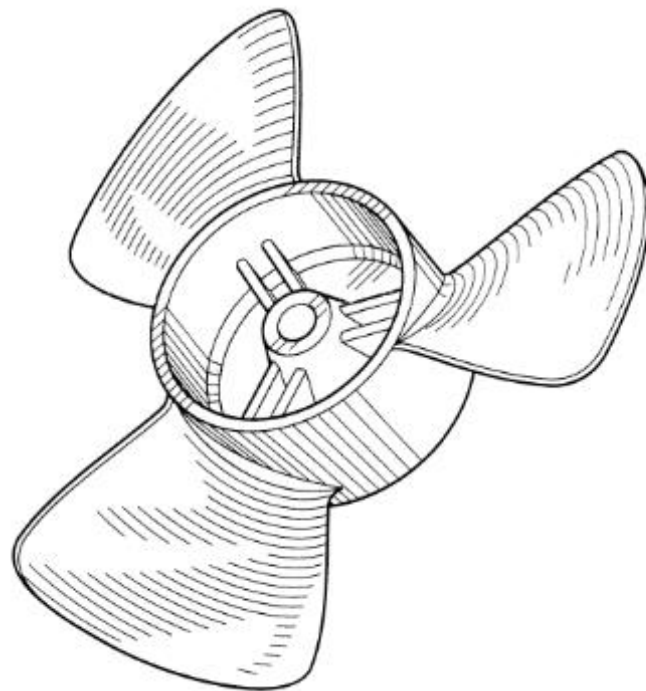




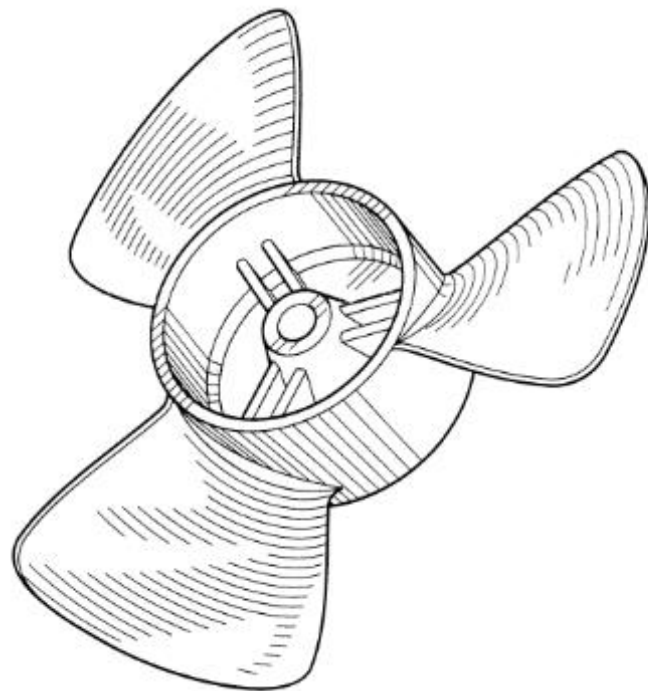
## Παράρτημα Γ (Θεωρία Πιθανοτήτων)

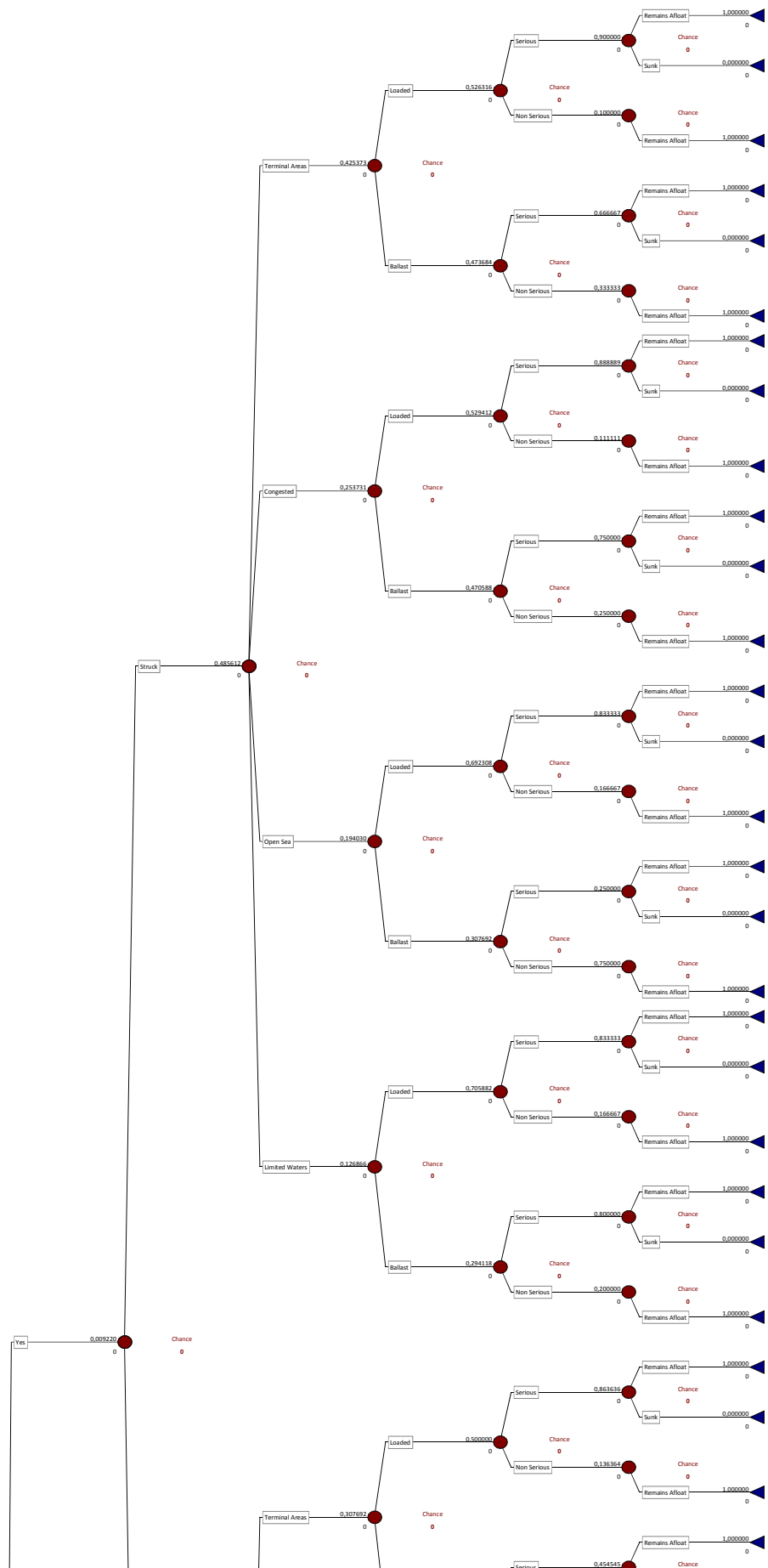


## Παράρτημα Δ (Εγχειρίδιο @Risk)

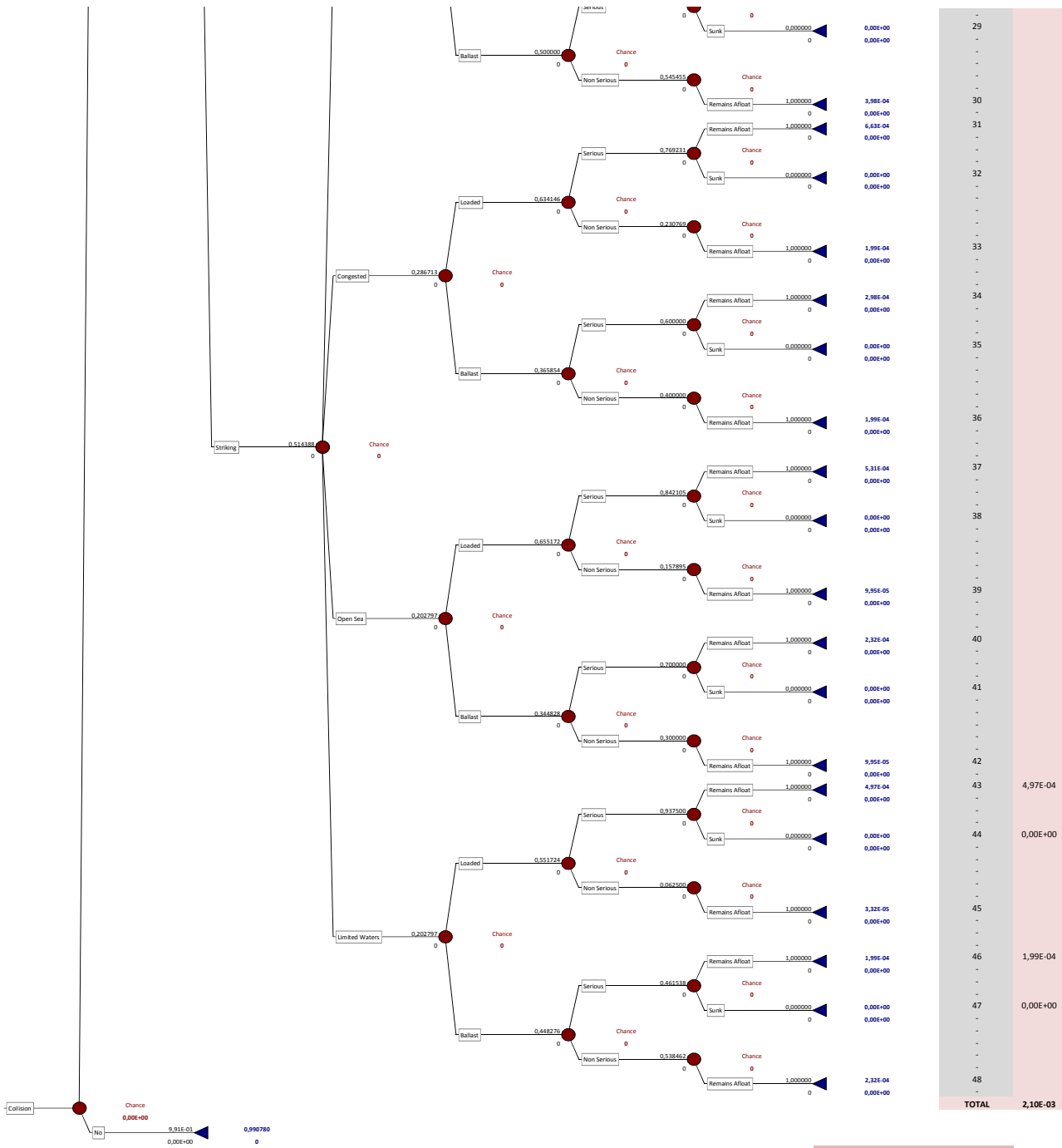


## Παράρτημα Ε (Εγχειρίδιο Βάσης)



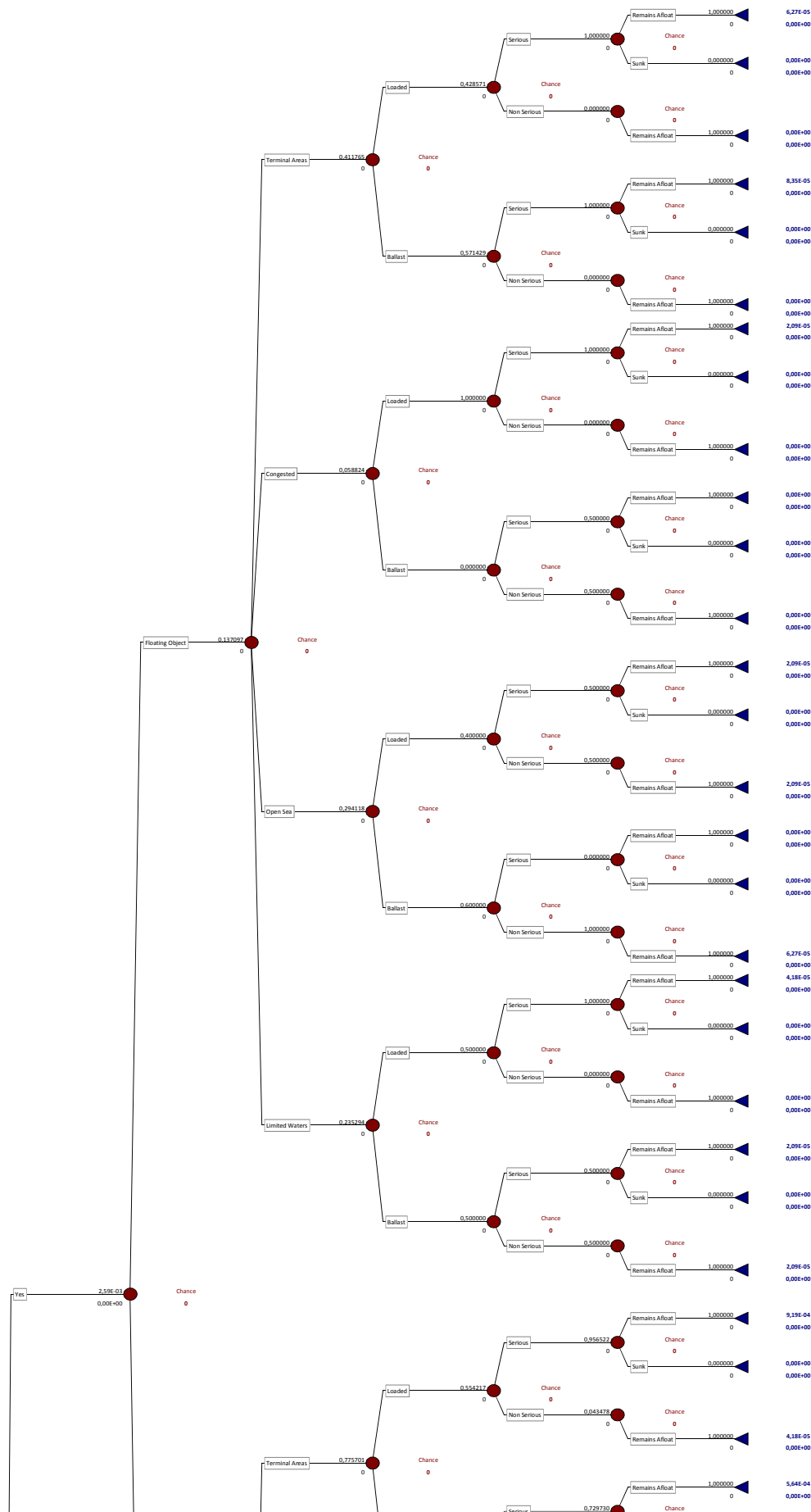


| Scenario | PLL      |
|----------|----------|
| 1        | -        |
| -        | -        |
| 2        | -        |
| -        | -        |
| -        | -        |
| 3        | -        |
| -        | -        |
| 4        | -        |
| -        | -        |
| 5        | -        |
| -        | -        |
| -        | -        |
| 6        | -        |
| -        | -        |
| 7        | -        |
| -        | -        |
| 8        | -        |
| -        | -        |
| 9        | -        |
| -        | -        |
| 10       | -        |
| -        | -        |
| 11       | -        |
| -        | -        |
| 12       | -        |
| -        | -        |
| 13       | -        |
| -        | -        |
| 14       | -        |
| -        | -        |
| -        | -        |
| 15       | -        |
| -        | -        |
| 16       | -        |
| -        | -        |
| 17       | -        |
| -        | -        |
| 18       | -        |
| -        | -        |
| 19       | 1,00E-03 |
| -        | -        |
| 20       | 0,00E+00 |
| -        | -        |
| -        | -        |
| 21       | -        |
| -        | -        |
| 22       | 4,01E-04 |
| -        | -        |
| 23       | 0,00E+00 |
| -        | -        |
| 24       | -        |
| -        | -        |
| 25       | -        |
| -        | -        |
| 26       | -        |
| -        | -        |
| 27       | -        |
| -        | -        |
| 28       | -        |
| -        | -        |

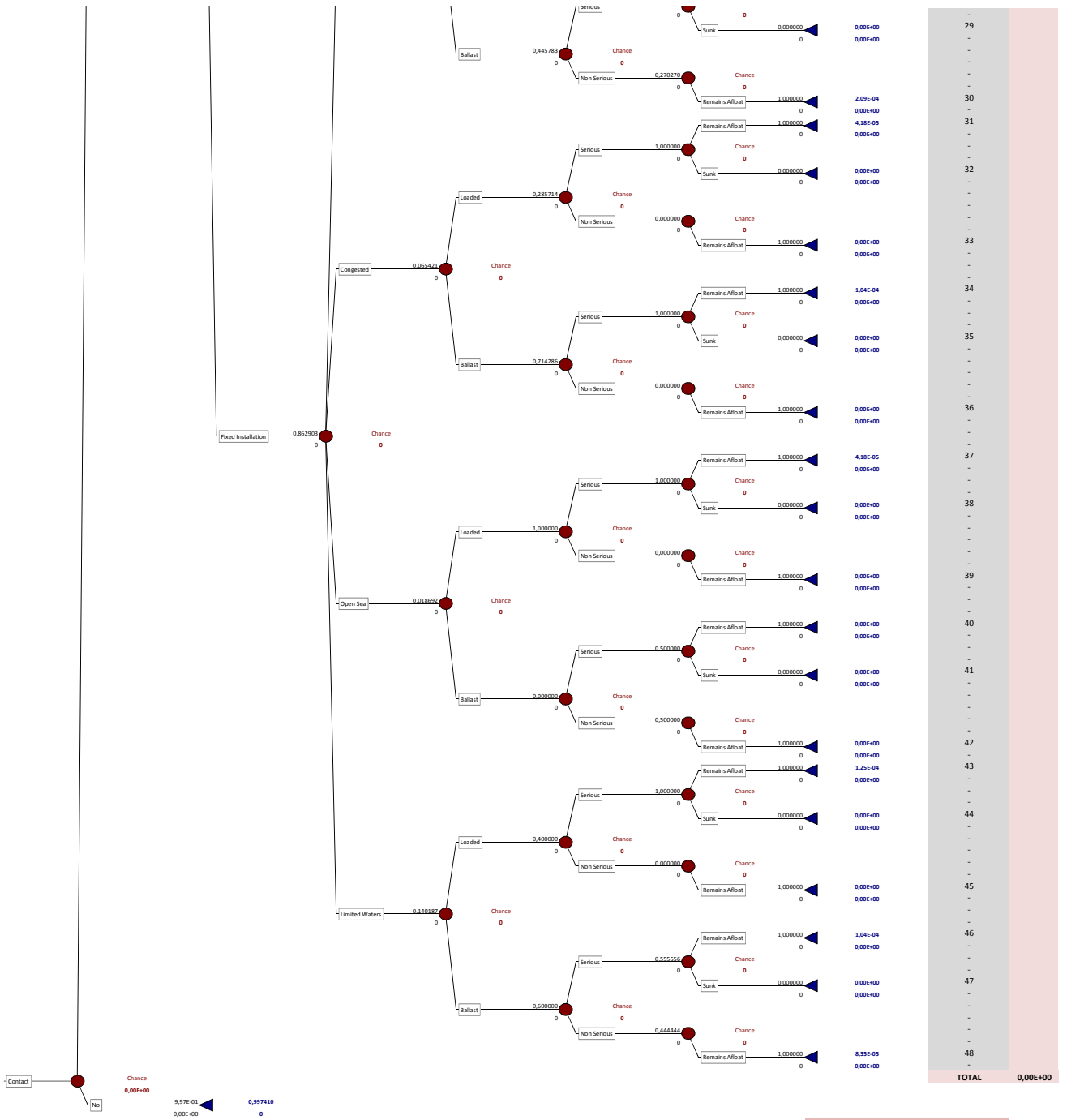


|              |                 |
|--------------|-----------------|
| -            | -               |
| 29           | 0,00E+00        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| -            | -               |
| 30           | 3,98E-04        |
| -            | 0,00E+00        |
| 31           | 6,63E-04        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| 32           | 0,00E+00        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| -            | -               |
| 33           | 1,99E-04        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| 34           | 2,98E-04        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| 35           | 0,00E+00        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| 36           | 1,99E-04        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| 37           | 5,31E-04        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| 38           | 0,00E+00        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| -            | -               |
| 39           | 9,95E-05        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| 40           | 2,32E-04        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| 41           | 0,00E+00        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| -            | -               |
| 42           | 9,95E-05        |
| -            | 0,00E+00        |
| 43           | 4,97E-04        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| 44           | 0,00E+00        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| -            | -               |
| 45           | 3,32E-05        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| 46           | 1,99E-04        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| 47           | 0,00E+00        |
| -            | 0,00E+00        |
| -            | -               |
| -            | -               |
| 48           | 2,32E-04        |
| -            | 0,00E+00        |
| <b>TOTAL</b> | <b>2,10E-03</b> |

|           |          |   |
|-----------|----------|---|
| Check Sum |          |   |
| 9,22E-03  |          | ✓ |
| Top 5     |          |   |
| Frequency | Scenario |   |
| 9,02E-04  | 1        |   |
| 6,63E-04  | 31       |   |
| 6,30E-04  | 25       |   |
| 6,01E-04  | 4        |   |
| 5,35E-04  | 7        |   |

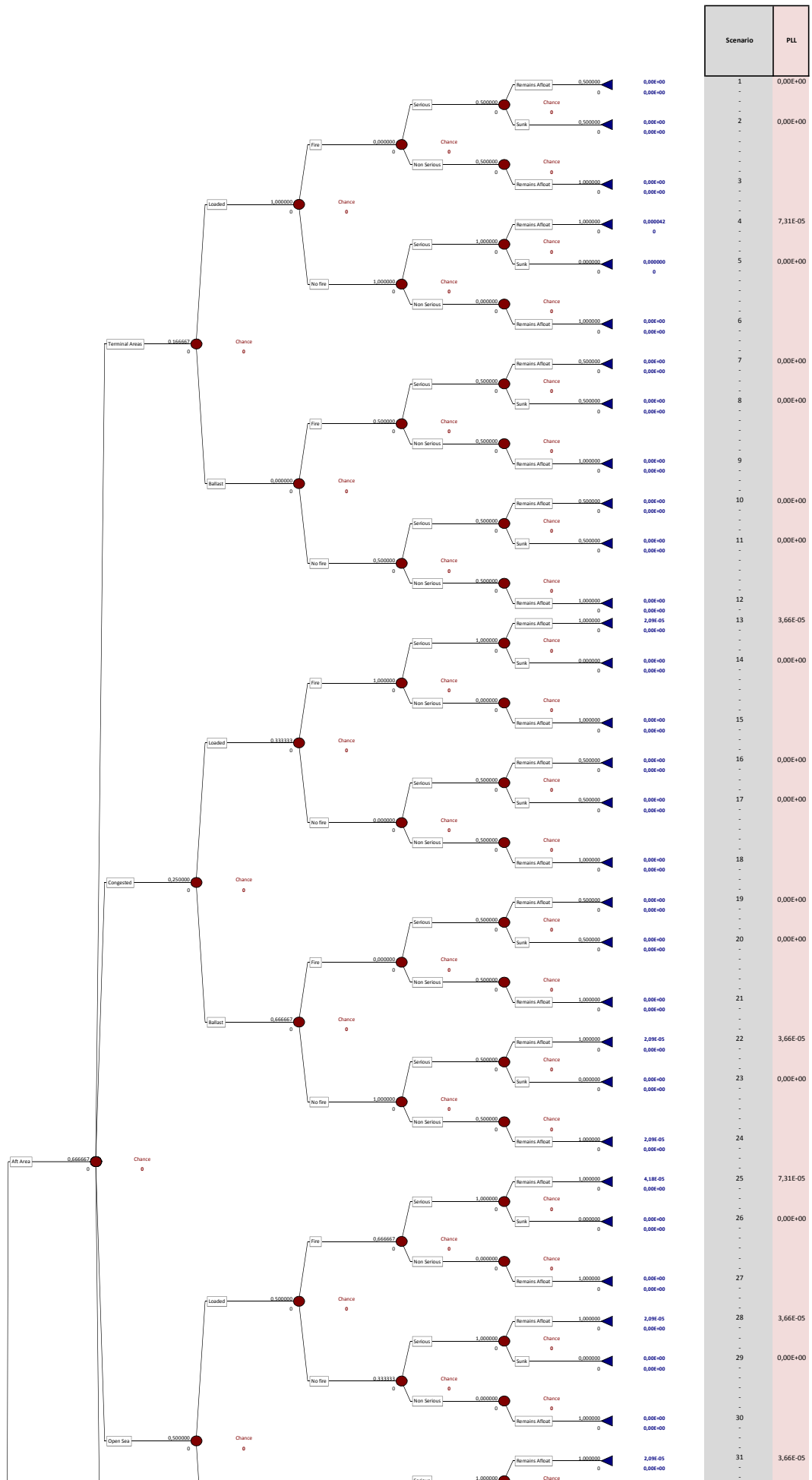


| Scenario | PLL |
|----------|-----|
| 1        | -   |
| 2        | -   |
| 3        | -   |
| 4        | -   |
| 5        | -   |
| 6        | -   |
| 7        | -   |
| 8        | -   |
| 9        | -   |
| 10       | -   |
| 11       | -   |
| 12       | -   |
| 13       | -   |
| 14       | -   |
| 15       | -   |
| 16       | -   |
| 17       | -   |
| 18       | -   |
| 19       | -   |
| 20       | -   |
| 21       | -   |
| 22       | -   |
| 23       | -   |
| 24       | -   |
| 25       | -   |
| 26       | -   |
| 27       | -   |
| 28       | -   |

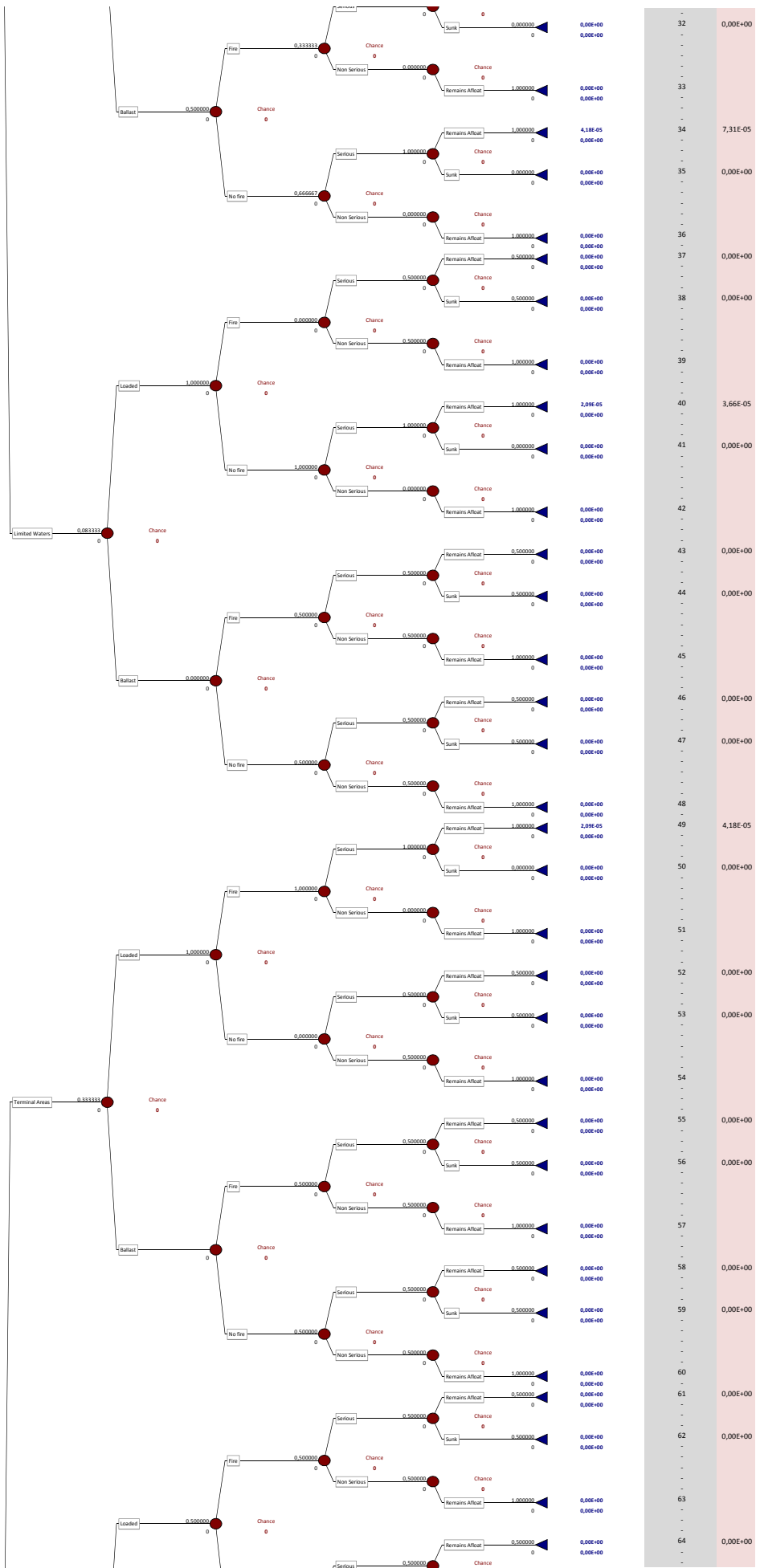


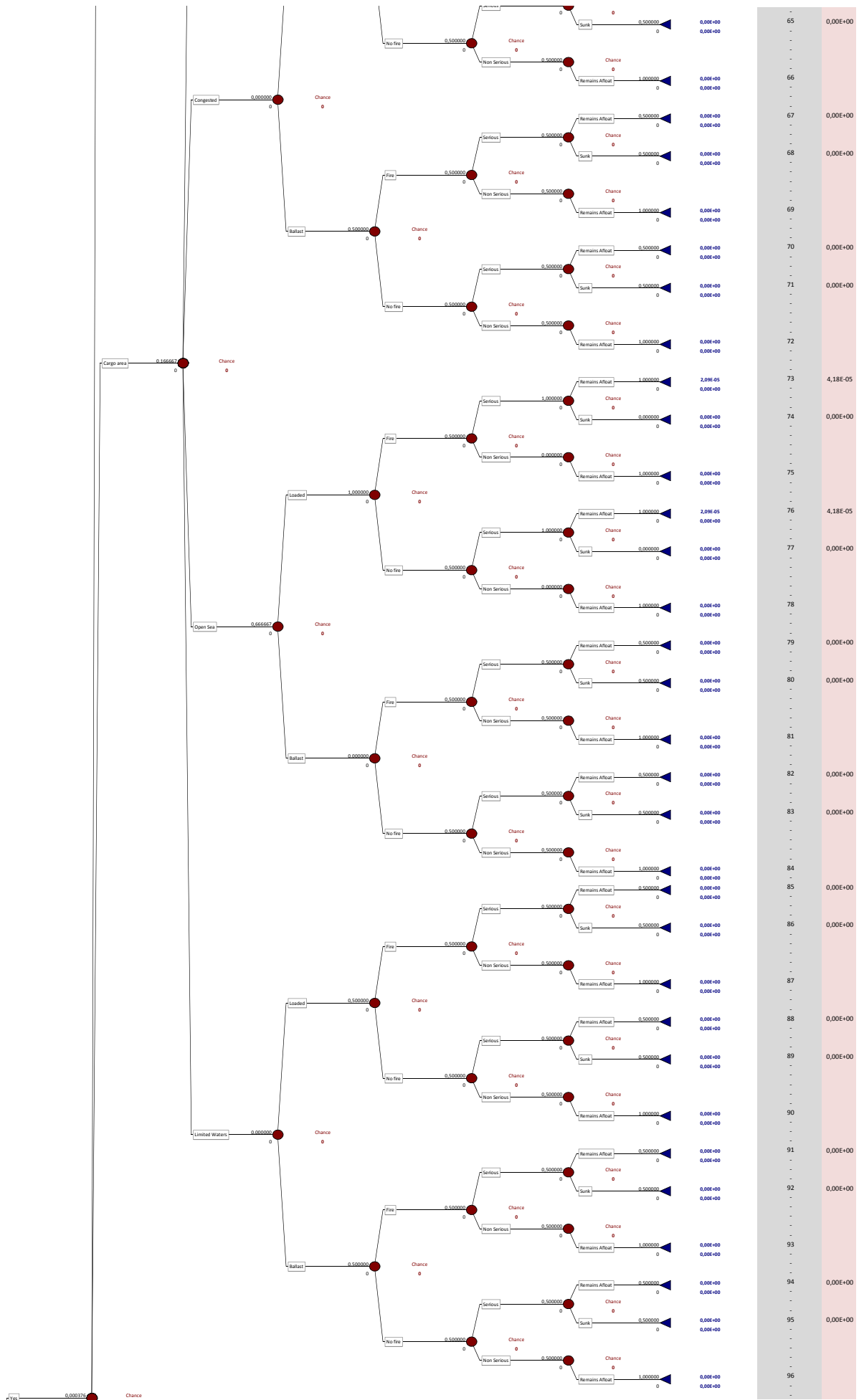
TOTAL 0,00E+00

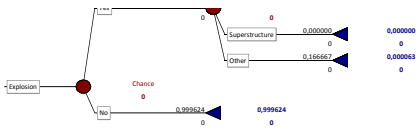
|   |          |
|---|----------|
| - | 29       |
| - | -        |
| - | -        |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 30       |
| - | 2,09E-04 |
| - | 0,00E+00 |
| - | 4,18E-05 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | 32       |
| - | 0,00E+00 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 33       |
| - | 0,00E+00 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 34       |
| - | 1,04E-04 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 35       |
| - | 0,00E+00 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 36       |
| - | 0,00E+00 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 37       |
| - | 4,18E-05 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 38       |
| - | 0,00E+00 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 39       |
| - | 0,00E+00 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 40       |
| - | 0,00E+00 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 41       |
| - | 0,00E+00 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 42       |
| - | 0,00E+00 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 43       |
| - | 1,25E-04 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 44       |
| - | 0,00E+00 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 45       |
| - | 0,00E+00 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 46       |
| - | 1,04E-04 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 47       |
| - | 0,00E+00 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | -        |
| - | 48       |
| - | 8,35E-05 |
| - | 0,00E+00 |
| - | -        |
| - | TOTAL    |
| - | 0,00E+00 |





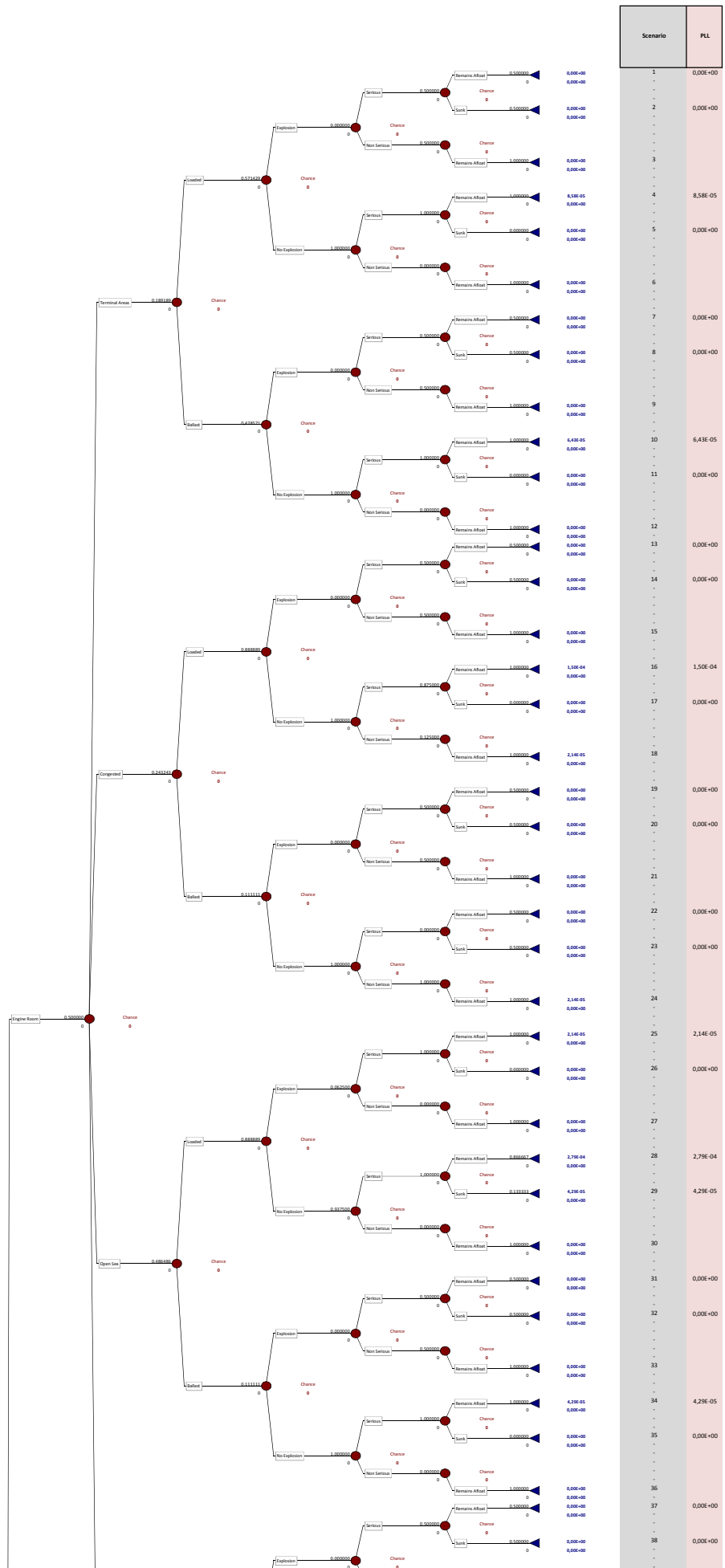


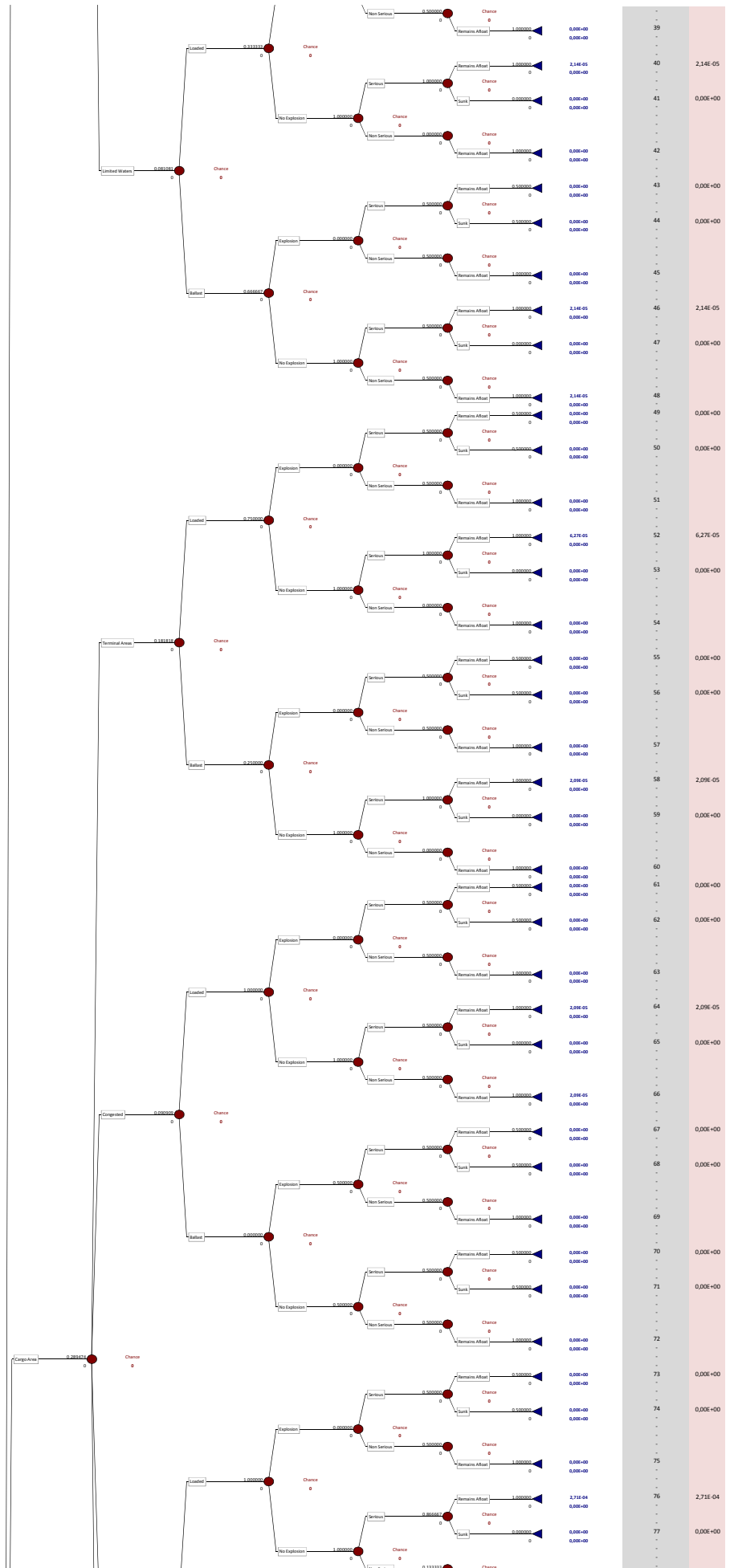


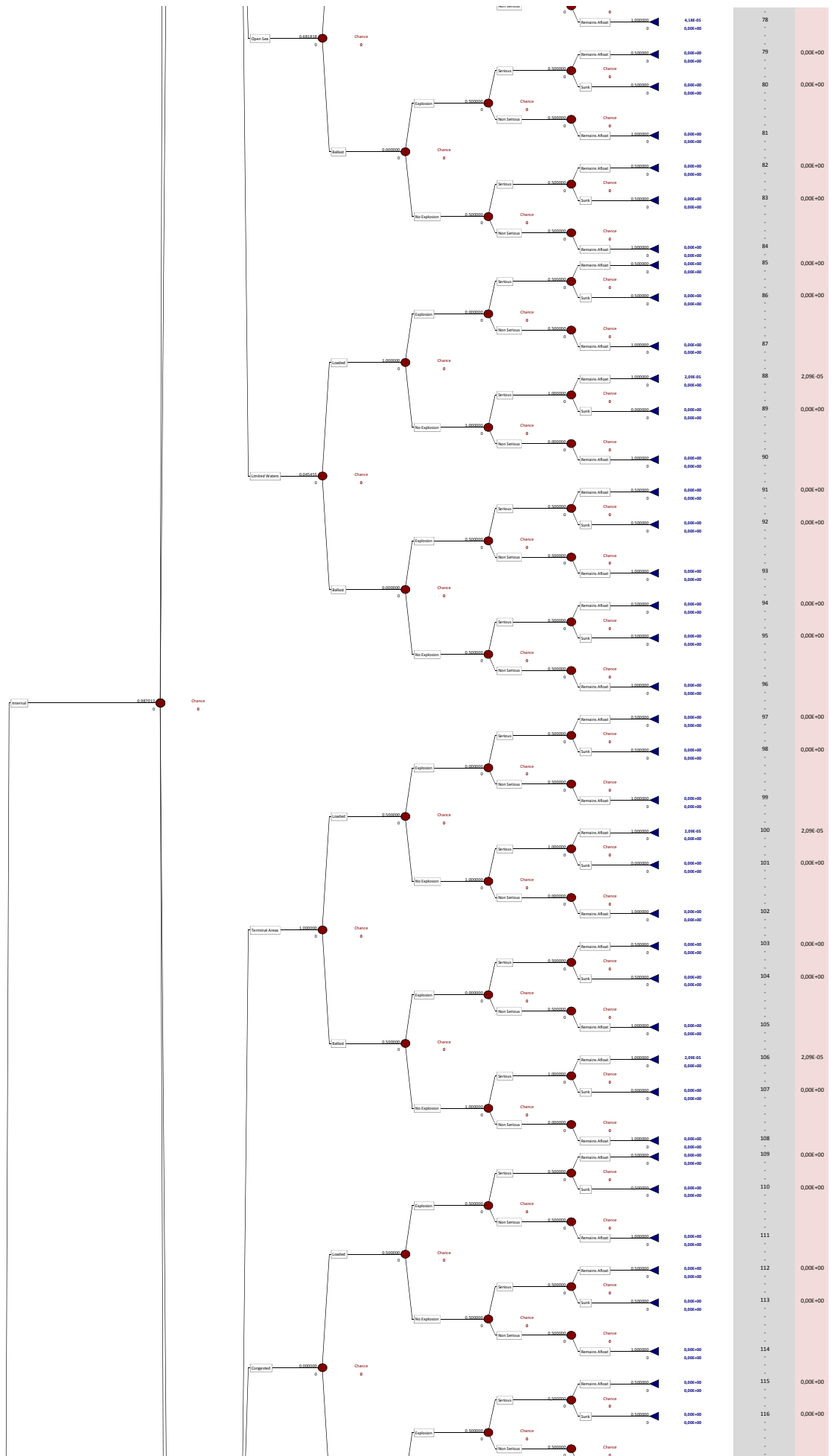


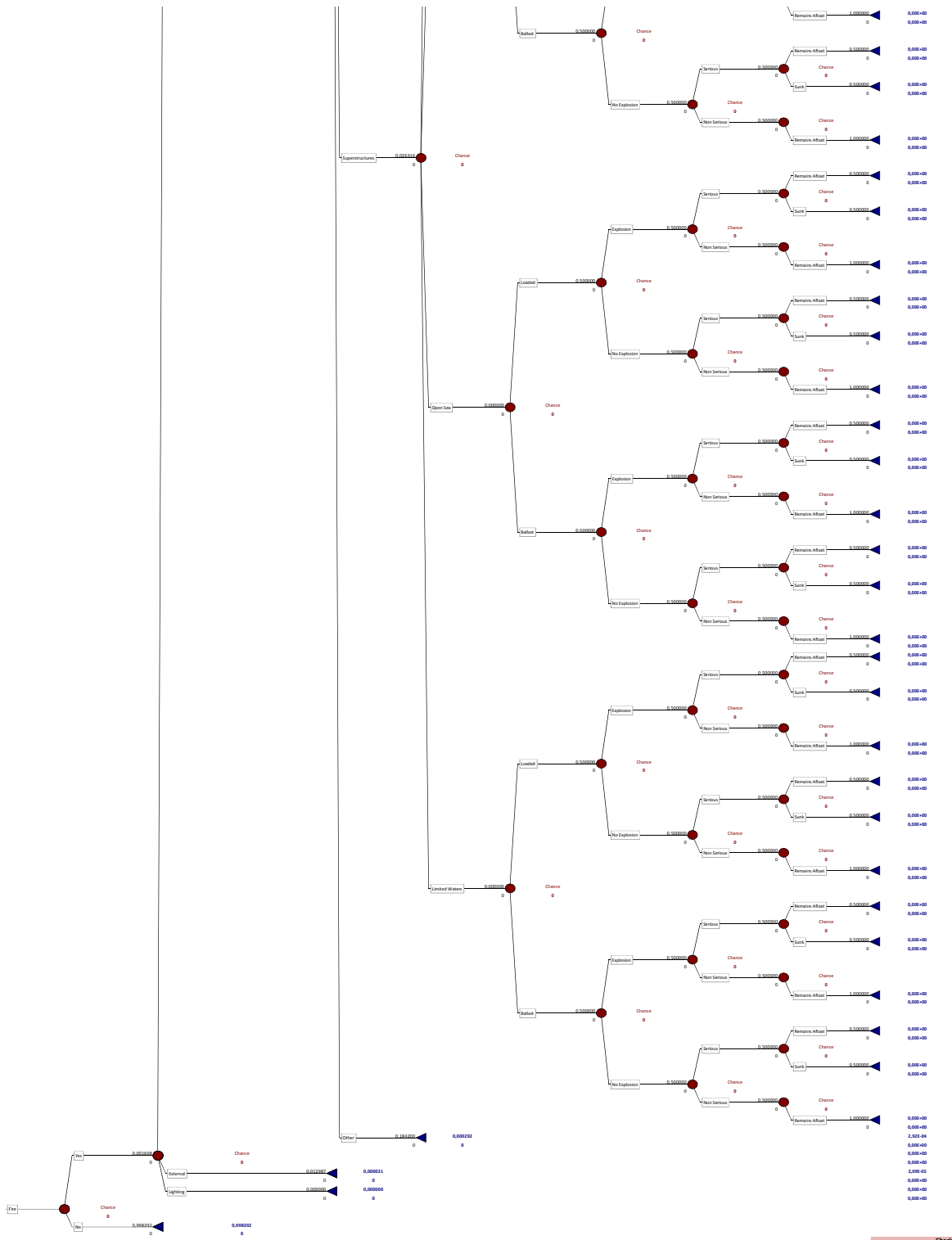
|          |                 |
|----------|-----------------|
| 0.00E+00 | -               |
| 0        | 97              |
| 0.00E+00 | -               |
| 0.37E-05 | 98              |
| 0.00E+00 | -               |
|          | <b>TOTAL</b>    |
|          | <b>5.27E-04</b> |

| Check Sum |          |
|-----------|----------|
| 3.76E-04  | ✓        |
| Top 5     |          |
| Frequency | Scenario |
| 6.27E-05  | 98       |
| 4.18E-05  | 25       |
| 4.18E-05  | 4        |
| 4.18E-05  | 34       |
| 2.09E-05  | 73       |



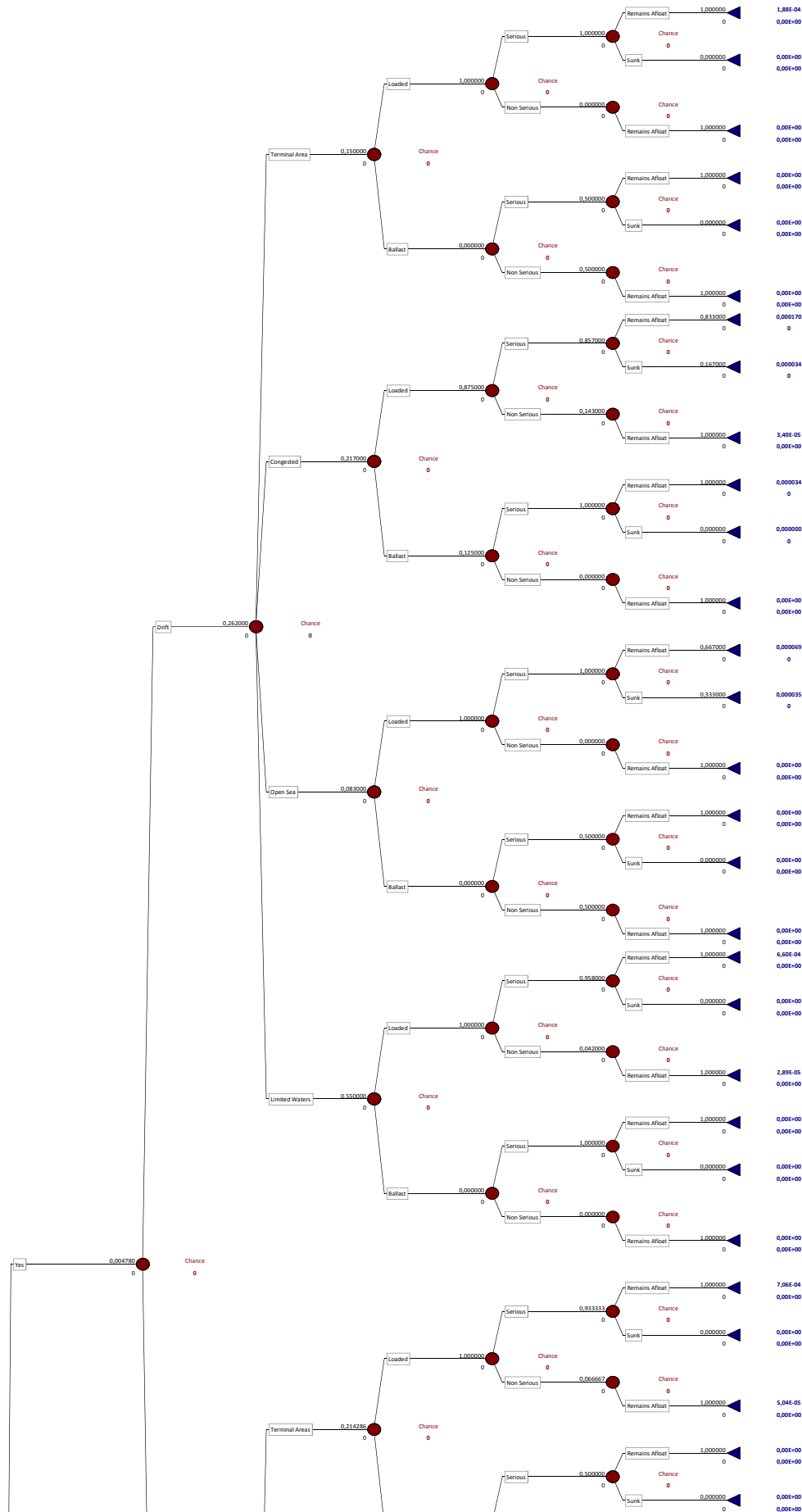






|              |                 |
|--------------|-----------------|
| 117          | -               |
| 118          | 0.00E+00        |
| 119          | 0.00E+00        |
| 120          | -               |
| 121          | 0.00E+00        |
| 122          | 0.00E+00        |
| 123          | -               |
| 124          | 0.00E+00        |
| 125          | 0.00E+00        |
| 126          | -               |
| 127          | 0.00E+00        |
| 128          | 0.00E+00        |
| 129          | -               |
| 130          | 0.00E+00        |
| 131          | 0.00E+00        |
| 132          | -               |
| 133          | 0.00E+00        |
| 134          | 0.00E+00        |
| 135          | -               |
| 136          | 0.00E+00        |
| 137          | 0.00E+00        |
| 138          | -               |
| 139          | 0.00E+00        |
| 140          | 0.00E+00        |
| 141          | -               |
| 142          | 0.00E+00        |
| 143          | 0.00E+00        |
| 144          | -               |
| 145          | -               |
| 146          | -               |
| 147          | -               |
| 148          | -               |
| <b>TOTAL</b> | <b>1.17E-03</b> |

|           |          |  |
|-----------|----------|--|
| Check Sum |          |  |
| 1.61E-03  |          |  |
| Top 5     |          |  |
| Frequency | Scenario |  |
| 2.52E-04  | 145      |  |
| 2.79E-04  | 28       |  |
| 2.71E-04  | 76       |  |
| 1.52E-04  | 16       |  |
| 8.58E-05  | 4        |  |



| Scenario | PLL      |
|----------|----------|
| 1        | 1.88E-04 |
| -        | 0.00E+00 |
| 2        | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 3        | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 4        | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 5        | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 6        | 0.00E+00 |
| -        | 0.000170 |
| 7        | 0        |
| -        | 0.000034 |
| 8        | 0        |
| -        | 3.40E-05 |
| 9        | 0.00E+00 |
| -        | 0.000034 |
| 10       | 0        |
| -        | 0.000000 |
| 11       | 0        |
| -        | 0.00E+00 |
| 12       | 0.00E+00 |
| -        | 0.000069 |
| 13       | 0        |
| -        | 0.000035 |
| 14       | 0        |
| -        | 0.00E+00 |
| 15       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 16       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 17       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 18       | 0.00E+00 |
| -        | 6.60E-04 |
| 19       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 20       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 21       | 2.89E-05 |
| -        | 0.00E+00 |
| 22       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 23       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 24       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 25       | 7.86E-04 |
| -        | 0.00E+00 |
| 26       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 27       | 5.04E-05 |
| -        | 0.00E+00 |
| 28       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 29       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |

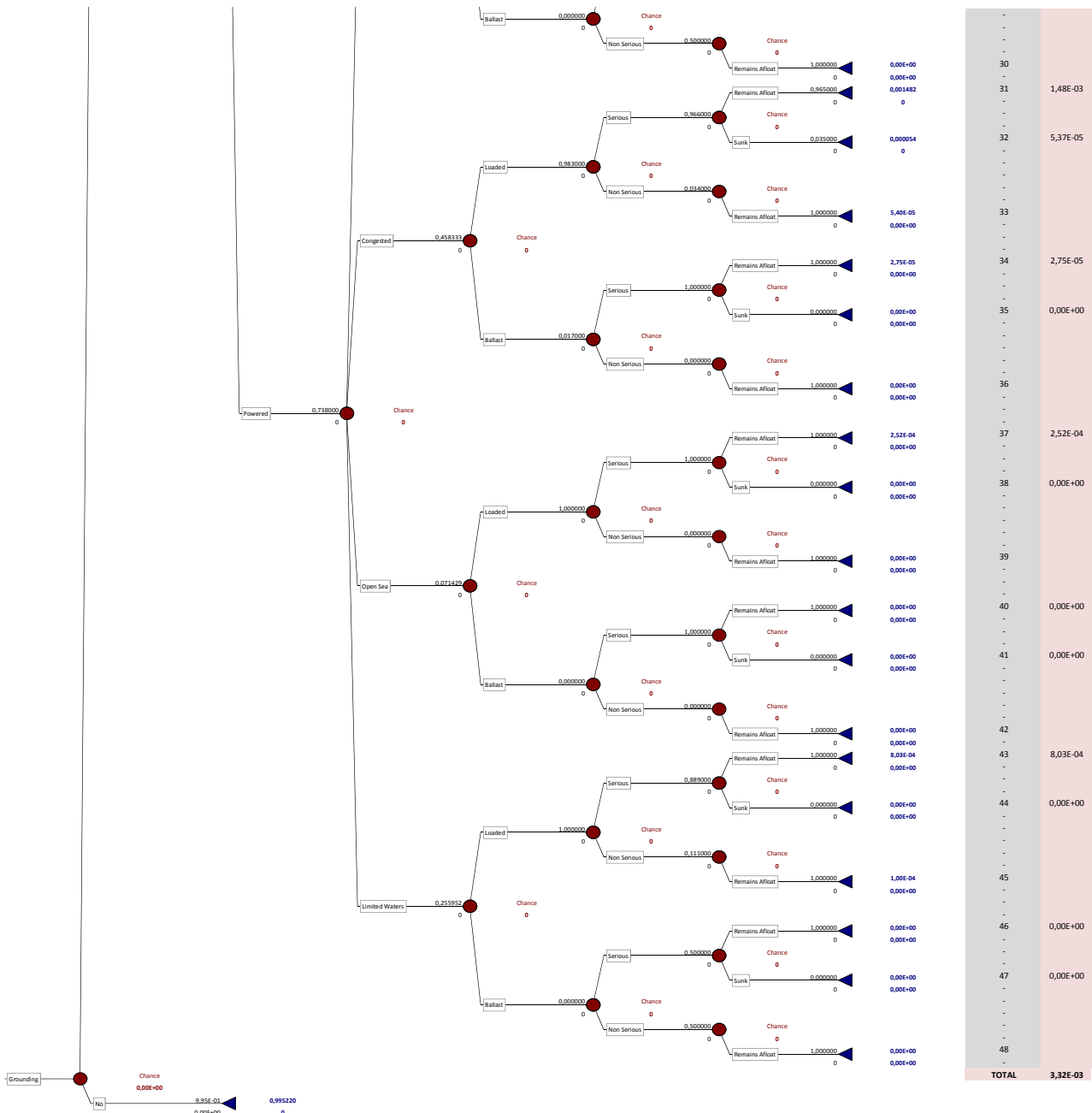
7.06E-04

0.00E+00

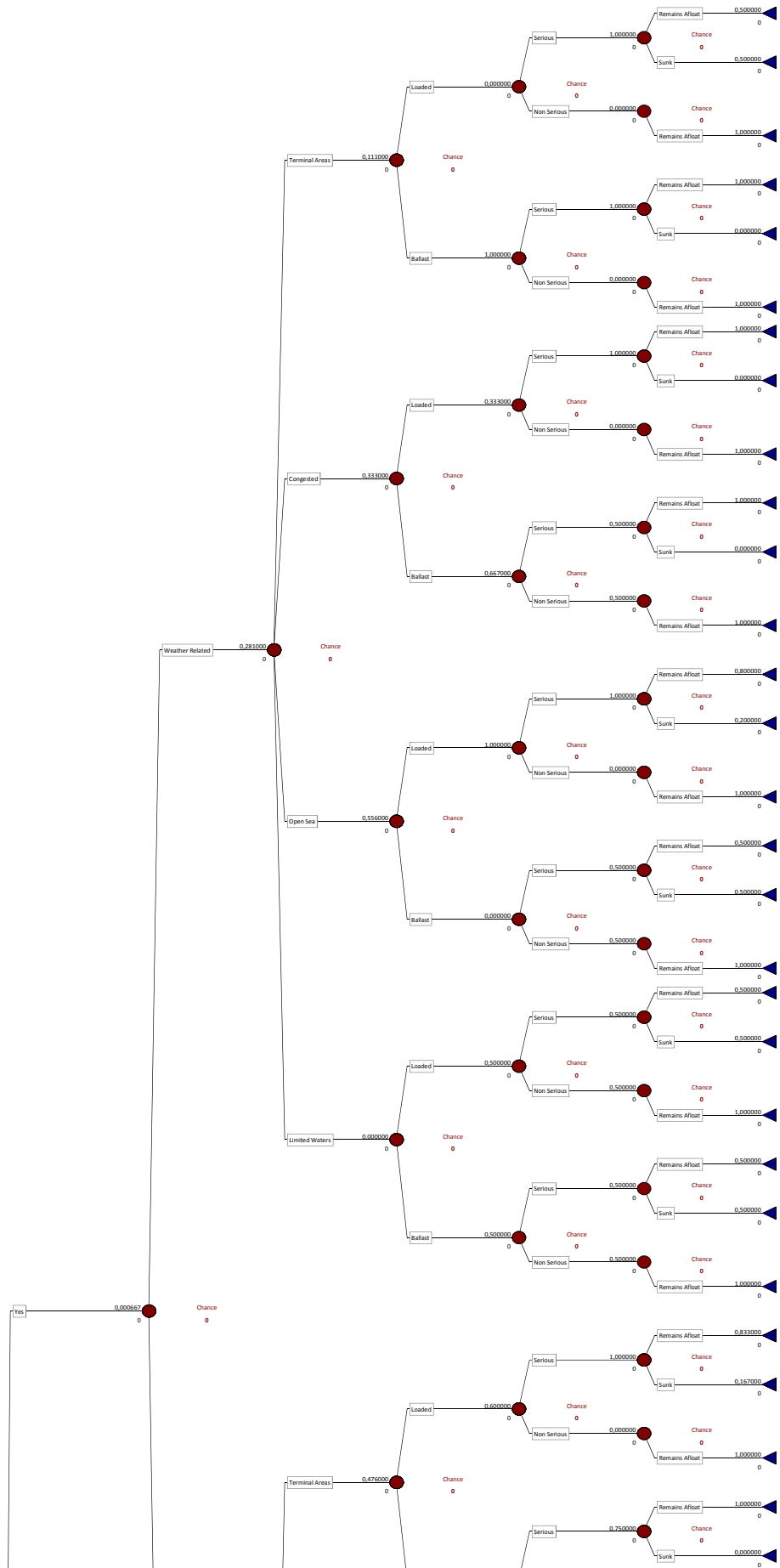
0.00E+00

0.00E+00

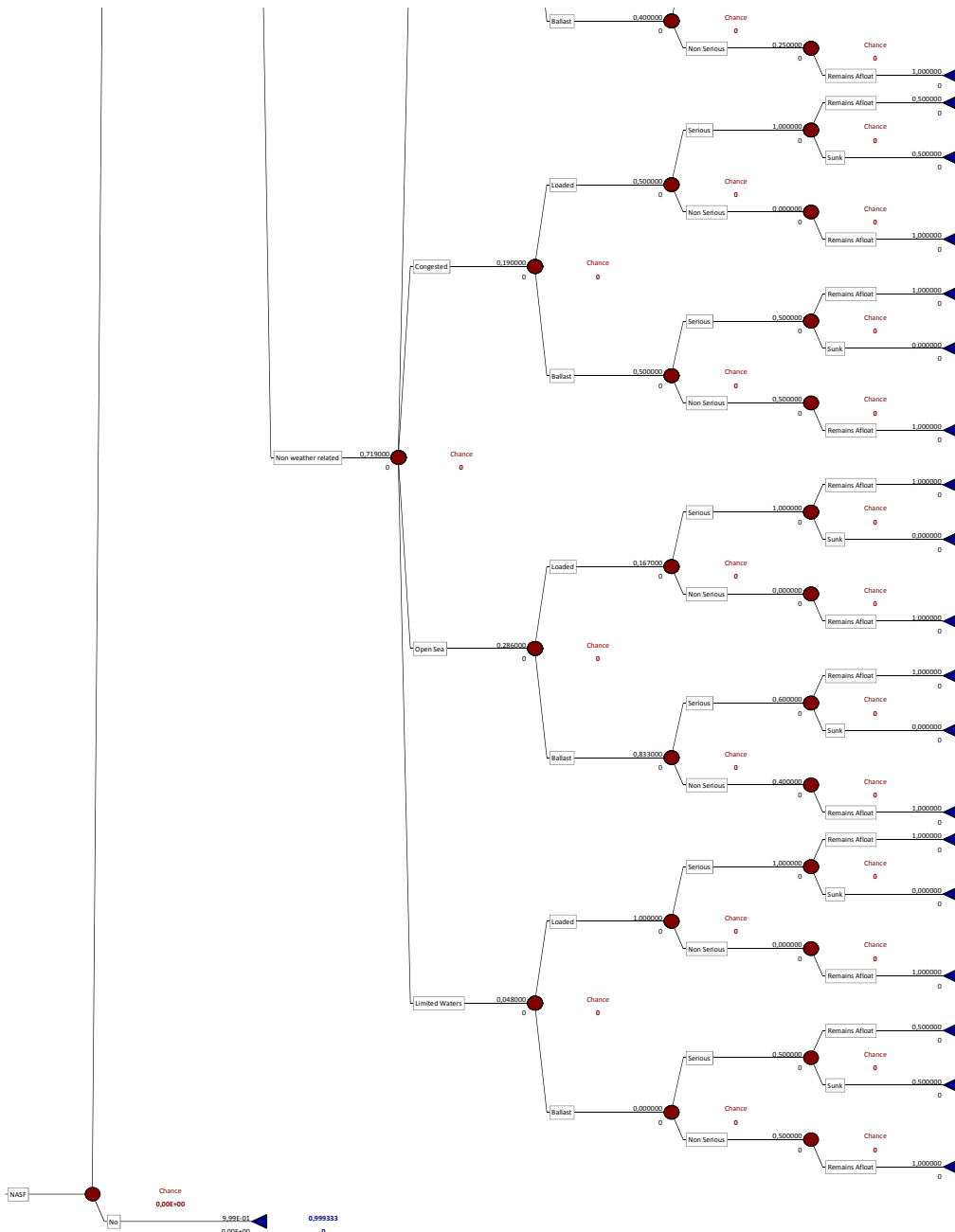




| Check Sum |          |
|-----------|----------|
| 4,78E-03  | ✓        |
| Top 5     |          |
| Frequency | Scenario |
| 1,48E-03  | 31       |
| 8,03E-04  | 43       |
| 7,06E-04  | 25       |
| 6,60E-04  | 19       |
| 2,52E-04  | 37       |



| Scenario | PLL      |
|----------|----------|
| 1        | 0.000000 |
| -        | 0        |
| 2        | 0        |
| -        | 0        |
| -        | 0        |
| 3        | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| -        | 0        |
| 4        | 0.000021 |
| -        | 0        |
| 5        | 0.000000 |
| -        | 0        |
| -        | 0        |
| 6        | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| 7        | 0.000021 |
| -        | 0        |
| -        | 0        |
| 8        | 0.000000 |
| -        | 0        |
| -        | 0        |
| 9        | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| -        | 0        |
| 10       | 2.08E-05 |
| -        | 0.00E+00 |
| -        | 0        |
| 11       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| -        | 0        |
| 12       | 2.08E-05 |
| -        | 0.00E+00 |
| -        | 0        |
| 13       | 0.000083 |
| -        | 0        |
| 14       | 6.25E-05 |
| -        | 0.000021 |
| -        | 0        |
| -        | 0        |
| 15       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| -        | 0        |
| 16       | 0.000000 |
| -        | 0        |
| -        | 0.000000 |
| 17       | 0.000000 |
| -        | 0        |
| -        | 0        |
| 18       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| -        | 0        |
| 19       | 0.000000 |
| -        | 0        |
| -        | 0        |
| 20       | 0.000000 |
| -        | 0        |
| -        | 0        |
| 21       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| -        | 0        |
| 22       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| -        | 0        |
| 23       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| -        | 0        |
| 24       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| -        | 0        |
| 25       | 0.000114 |
| -        | 0        |
| 26       | 0.000023 |
| -        | 0        |
| -        | 0        |
| 27       | 0.00E+00 |
| -        | 0.00E+00 |
| -        | 0        |
| 28       | 0.000068 |
| -        | 0        |
| -        | 0        |
| 29       | 0.000000 |
| -        | 0        |



| Check Sum |          |
|-----------|----------|
| 6,67E-04  | ✓        |
| Frequency | Scenario |
| 1,14E-04  | 25       |
| 8,34E-05  | 13       |
| 6,86E-05  | 40       |
| 6,85E-05  | 28       |
| 4,57E-05  | 42       |

|              |                 |
|--------------|-----------------|
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 30              |
| -            | -               |
| -            | 31              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 32              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 33              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 34              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 35              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 36              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 37              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 38              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 39              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 40              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 41              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 42              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 43              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 44              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 45              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 46              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 47              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| -            | 48              |
| -            | -               |
| -            | -               |
| <b>TOTAL</b> | <b>6,25E-05</b> |

# Collision

# 442

| Type     | Operation |       | Load             |    | Damage |         | Shunk |       |             |    |       |      |   |   |
|----------|-----------|-------|------------------|----|--------|---------|-------|-------|-------------|----|-------|------|---|---|
|          | SUM       | %     | SUM              | %  | SUM    | %       | SUM   | %     |             |    |       |      |   |   |
| Striking | 143       | 0,514 | Terminal areas   | 44 | 0,308  | Loaded  | 22    | 0,5   | Serious     | 19 | 0,864 | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 19 | 1     |      |   |   |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 3  | 0,136 | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 3  | 1     |      |   |   |
|          |           |       |                  |    |        | Ballast | 22    | 0,5   | Serious     | 10 | 0,455 | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 10 | 1     |      |   |   |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 12 | 0,545 | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 12 | 1     |      |   |   |
|          |           |       | Congested waters | 41 | 0,287  | Load    | 26    | 0,634 | Serious     | 20 | 0,769 | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 20 | 1     |      |   |   |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 6  | 0,231 | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 6  | 1     |      |   |   |
|          |           |       |                  |    |        | Ballast | 15    | 0,366 | Serious     | 9  | 0,6   | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 9  | 1     |      |   |   |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 6  | 0,4   | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 6  | 1     |      |   |   |
|          |           |       | Open sea         | 29 | 0,203  | Load    | 19    | 0,655 | Serious     | 16 | 0,842 | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 16 | 1     |      |   |   |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 3  | 0,158 | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 3  | 1     |      |   |   |
|          |           |       |                  |    |        | Ballast | 10    | 0,345 | Serious     | 7  | 0,7   | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 7  | 1     |      |   |   |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 3  | 0,3   | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 3  | 1     |      |   |   |
|          |           |       | Limited waters   | 29 | 0,203  | Load    | 16    | 0,552 | Serious     | 15 | 0,938 | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 15 | 1     |      |   |   |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 1  | 0,063 | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 1  | 1     |      |   |   |
|          |           |       |                  |    |        | Ballast | 13    | 0,448 | Serious     | 6  | 0,462 | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 6  | 1     |      |   |   |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 7  | 0,538 | TRUE | 0 | 0 |
|          |           |       |                  |    |        |         |       |       | FALSE       | 7  | 1     |      |   |   |

# Collision

# 442

| Type   |     |       | Operation        |    |       | Load    |    |       | Damage      |    |       | Shunk |    |   |
|--------|-----|-------|------------------|----|-------|---------|----|-------|-------------|----|-------|-------|----|---|
| SUM    | %   |       | SUM              | %  |       | SUM     | %  |       | SUM         | %  |       | SUM   | %  |   |
| Struck | 135 | 0,486 | Terminal areas   | 57 | 0,425 | Loaded  | 30 | 0,526 | Serious     | 27 | 0,9   | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 27 | 1 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       | Not Serious | 3  | 0,1   | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 3  | 1 |
|        |     |       |                  |    |       | Ballast | 27 | 0,474 | Serious     | 18 | 0,667 | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 18 | 1 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       | Not Serious | 9  | 0,333 | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 9  | 1 |
|        |     |       | Congested waters | 34 | 0,254 | Load    | 18 | 0,529 | Serious     | 16 | 0,889 | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 16 | 1 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       | Not Serious | 2  | 0,111 | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 2  | 1 |
|        |     |       |                  |    |       | Ballast | 16 | 0,471 | Serious     | 12 | 0,75  | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 12 | 1 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       | Not Serious | 4  | 0,25  | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 4  | 1 |
|        |     |       | Open sea         | 26 | 0,194 | Load    | 18 | 0,692 | Serious     | 15 | 0,833 | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 15 | 1 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       | Not Serious | 3  | 0,167 | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 3  | 1 |
|        |     |       |                  |    |       | Ballast | 8  | 0,308 | Serious     | 2  | 0,25  | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 2  | 1 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       | Not Serious | 6  | 0,75  | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 6  | 1 |
|        |     |       | Limited waters   | 17 | 0,127 | Load    | 12 | 0,706 | Serious     | 10 | 0,833 | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 10 | 1 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       | Not Serious | 2  | 0,167 | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 2  | 1 |
|        |     |       |                  |    |       | Ballast | 5  | 0,294 | Serious     | 4  | 0,8   | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 4  | 1 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       | Not Serious | 1  | 0,2   | TRUE  | 0  | 0 |
|        |     |       |                  |    |       |         |    |       |             |    |       | FALSE | 1  | 1 |

# Contact

124

| Type                    | Operation |       | Load             |    | Damage |         | Shunk |       |             |    |       |       |    |   |
|-------------------------|-----------|-------|------------------|----|--------|---------|-------|-------|-------------|----|-------|-------|----|---|
|                         | SUM       | %     | SUM              | %  | SUM    | %       | SUM   | %     | SUM         | %  |       | SUM   | %  |   |
| With Fixed Installation | 107       | 0,863 | Terminal areas   | 83 | 0,776  | Loaded  | 46    | 0,554 | Serious     | 44 | 0,957 | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 44 | 1 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 2  | 0,043 | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 2  | 1 |
|                         |           |       |                  |    |        | Ballast | 37    | 0,446 | Serious     | 27 | 0,73  | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 27 | 1 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 10 | 0,27  | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 10 | 1 |
|                         |           |       | Congested waters | 7  | 0,065  | Load    | 2     | 0,286 | Serious     | 2  | 1     | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 2  | 1 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        | Ballast | 5     | 0,714 | Serious     | 5  | 1     | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 5  | 1 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 0  | 0 |
|                         |           |       | Open sea         | 2  | 0,019  | Load    | 2     | 1     | Serious     | 2  | 1     | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 2  | 1 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        | Ballast | 0     | 0     | Serious     | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 0  | 0 |
|                         |           |       | Limited waters   | 15 | 0,14   | Load    | 6     | 0,4   | Serious     | 6  | 1     | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 6  | 1 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        | Ballast | 9     | 0,6   | Serious     | 5  | 0,556 | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 5  | 1 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 4  | 0,444 | TRUE  | 0  | 0 |
|                         |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       | FALSE | 4  | 1 |

# Contact

124

| Type                 | Operation |       | Load             |   | Damage |         | Shunk |       |             |   |     |       |   |   |
|----------------------|-----------|-------|------------------|---|--------|---------|-------|-------|-------------|---|-----|-------|---|---|
|                      | SUM       | %     | SUM              | % | SUM    | %       | SUM   | %     |             |   |     |       |   |   |
| With Floating Object | 17        | 0,137 | Terminal areas   | 7 | 0,412  | Loaded  | 3     | 0,429 | Serious     | 3 | 1   | TRUE  | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 3 | 1 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        | Ballast | 4     | 0,571 | Serious     | 4 | 1   | FALSE | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 4 | 1 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|                      |           |       | Congested waters | 1 | 0,059  | Load    | 1     | 1     | Serious     | 1 | 1   | FALSE | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 1 | 1 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        | Ballast | 0     | 0     | Serious     | 0 | 0   | FALSE | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|                      |           |       | Open sea         | 5 | 0,294  | Load    | 2     | 0,4   | Serious     | 1 | 0,5 | FALSE | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 1 | 1 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       | Not Serious | 1 | 0,5 | FALSE | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 1 | 1 |
|                      |           |       |                  |   |        | Ballast | 3     | 0,6   | Serious     | 0 | 0   | FALSE | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       | Not Serious | 3 | 1   | FALSE | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 3 | 1 |
|                      |           |       | Limited waters   | 4 | 0,235  | Load    | 2     | 0,5   | Serious     | 2 | 1   | FALSE | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 2 | 1 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        | Ballast | 2     | 0,5   | Serious     | 1 | 0,5 | FALSE | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 1 | 1 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       | Not Serious | 1 | 0,5 | FALSE | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|                      |           |       |                  |   |        |         |       |       |             |   |     | FALSE | 1 | 1 |

# Grounding

# 229

| Type            | Operation |       | Load             |    | Damage |         | Shunk |       |             |    |       |       |    |       |
|-----------------|-----------|-------|------------------|----|--------|---------|-------|-------|-------------|----|-------|-------|----|-------|
|                 | SUM       | %     | SUM              | %  | SUM    | %       | SUM   | %     |             |    |       |       |    |       |
| Drift Grounding | 60        | 0,262 | Terminal areas   | 9  | 0,15   | Loaded  | 5     | 1     | Serious     | 5  | 1     | TRUE  | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 5  | 1     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        | Ballast | 0     | 0     | Serious     | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 0  | 0     |
|                 |           |       | Congested waters | 13 | 0,217  | Load    | 7     | 0,875 | Serious     | 6  | 0,857 | TRUE  | 1  | 0,167 |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 1  | 0,143 | FALSE | 5  | 0,833 |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 1  | 0,143 | TRUE  | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 1  | 0,143 | FALSE | 1  | 1     |
|                 |           |       |                  |    |        | Ballast | 1     | 0,125 | Serious     | 1  | 1     | TRUE  | 1  | 1     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 0  | 0     |
|                 |           |       | Open sea         | 5  | 0,083  | Load    | 3     | 1     | Serious     | 3  | 1     | TRUE  | 1  | 0,333 |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 2  | 0,667 |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 0  | 0     |
|                 |           |       | Limited waters   | 33 | 0,55   | Load    | 24    | 1     | Serious     | 23 | 0,958 | TRUE  | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 1  | 0,042 | FALSE | 23 | 1     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 1  | 0,042 | TRUE  | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 1  | 0,042 | FALSE | 1  | 1     |
|                 |           |       |                  |    |        | Ballast | 0     | 0     | Serious     | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0     |
|                 |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 0  | 0     |



# Grounding

# 229

| Type              | Operation |       | Load             |    | Damage |         | Shunk |       |             |    |       |       |    |             |
|-------------------|-----------|-------|------------------|----|--------|---------|-------|-------|-------------|----|-------|-------|----|-------------|
|                   | SUM       | %     | SUM              | %  | SUM    | %       | SUM   | %     |             |    |       |       |    |             |
| Powered Grounding | 169       | 0,738 | Terminal areas   | 36 | 0,214  | Loaded  | 30    | 1     | Serious     | 28 | 0,933 | TRUE  | 0  | 0           |
|                   |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 2  | 0,067 | FALSE | 28 | 1           |
|                   |           |       |                  |    |        | Ballast | 0     | 0     | Serious     | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0           |
|                   |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 0  | 0           |
|                   |           |       | Congested waters | 77 | 0,458  | Load    | 59    | 0,983 | Serious     | 57 | 0,966 | TRUE  | 2  | 0,035       |
|                   |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       |       |    | Not Serious |
|                   |           |       |                  |    |        | Ballast | 1     | 0,017 | Serious     | 1  | 1     | TRUE  | 0  | 0           |
|                   |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 1  | 1           |
|                   |           |       | Open sea         | 12 | 0,071  | Load    | 10    | 1     | Serious     | 10 | 1     | TRUE  | 0  | 0           |
|                   |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       |       |    | Not Serious |
|                   |           |       |                  |    |        | Ballast | 0     | 0     | Serious     | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0           |
|                   |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 0  | 0           |
|                   |           |       | Limited waters   | 43 | 0,256  | Load    | 27    | 1     | Serious     | 24 | 0,889 | TRUE  | 0  | 0           |
|                   |           |       |                  |    |        |         |       |       |             |    |       |       |    | Not Serious |
|                   |           |       |                  |    |        | Ballast | 0     | 0     | Serious     | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0           |
|                   |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 0  | 0           |
|                   |           |       |                  |    |        |         |       |       | Serious     | 0  | 0     | TRUE  | 0  | 0           |
|                   |           |       |                  |    |        |         |       |       | Not Serious | 0  | 0     | FALSE | 0  | 0           |

**Fire**  
**Internal Source**

**77**  
**76**

| Area              | Operation |       | Load             |   | Fire |         | Damage |     | Shunk |   |   |             |   |   |       |   |   |
|-------------------|-----------|-------|------------------|---|------|---------|--------|-----|-------|---|---|-------------|---|---|-------|---|---|
|                   | SUM       | %     | SUM              | % | SUM  | %       | SUM    | %   | SUM   | % |   |             |   |   |       |   |   |
| On Superstructure | 2         | 0,026 | Terminal areas   | 2 | 1    | Loaded  | 1      | 0,5 | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | FALSE       | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     | FALSE | 1 | 1 | Serious     | 1 | 1 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      | Ballast | 1      | 0,5 | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     | FALSE | 1 | 1 | Serious     | 1 | 1 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 1 | 1 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | FALSE       | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       | Congested waters | 0 | 0    | Load    | 0      | 0   | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     | FALSE | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      | Ballast | 0      | 0   | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     | FALSE | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       | Open sea         | 0 | 0    | Load    | 0      | 0   | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     | FALSE | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      | Ballast | 0      | 0   | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     | FALSE | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       | Limited waters   | 0 | 0    | Load    | 0      | 0   | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     | FALSE | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      | Ballast | 0      | 0   | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     | FALSE | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |           |       |                  |   |      |         |        |     |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |

**Fire**  
**Internal Source**

**77**  
**76**

| Area               | SUM |       | Operation        | SUM |       | Load    | SUM |      | Fire  | SUM |   | Damage      | SUM |       | Shunk | SUM |   |
|--------------------|-----|-------|------------------|-----|-------|---------|-----|------|-------|-----|---|-------------|-----|-------|-------|-----|---|
|                    |     | %     |                  |     | %     |         |     | %    |       |     | % |             |     | %     |       |     | % |
| In Hold Cargo Area | 22  | 0,289 | Terminal areas   | 4   | 0,182 | Loaded  | 3   | 0,75 | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      | FALSE | 3   | 1 | Serious     | 3   | 1     | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | FALSE | 3   | 1 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       | Ballast | 1   | 0,25 | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0     | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      | FALSE | 1   | 1 | Serious     | 1   | 1     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | FALSE | 1   | 1 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       | Congested waters | 2   | 0,091 | Load    | 2   | 1    | TRUE  | 0   |   | Serious     | 0   | 0     | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      | FALSE | 2   | 1 | Serious     | 1   | 0,5   | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 1   | 0,5   | FALSE | 1   | 1 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       | Ballast | 0   | 0    | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0     | FALSE | 1   | 1 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      | FALSE | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       | Open sea         | 15  | 0,682 | Load    | 15  | 1    | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0     | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      | FALSE | 15  | 1 | Serious     | 13  | 0,867 | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 2   | 0,133 | FALSE | 13  | 1 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       | Ballast | 0   | 0    | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0     | FALSE | 2   | 1 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      | FALSE | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       | Limited waters   | 1   | 0,045 | Load    | 1   | 1    | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0     | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      | FALSE | 1   | 1 | Serious     | 1   | 1     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | FALSE | 1   | 1 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       | Ballast | 0   | 0    | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      | FALSE | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0     | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   | Not Serious | 0   | 0     | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | FALSE | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | TRUE  | 0   | 0 |
|                    |     |       |                  |     |       |         |     |      |       |     |   |             |     |       | FALSE | 0   | 0 |

**Fire**  
**Internal Source**

**77**  
**76**

| Area        | SUM |     | Operation        |    | Load  |         | Fire |       | Damage |    | Shunk |             |       |       |       |       |       |   |
|-------------|-----|-----|------------------|----|-------|---------|------|-------|--------|----|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
|             | SUM | %   | SUM              | %  | SUM   | %       | SUM  | %     | SUM    | %  | SUM   | %           |       |       |       |       |       |   |
| Engine Room | 38  | 0,5 | Terminal areas   | 7  | 0,189 | Loaded  | 4    | 0,571 | TRUE   | 0  | 0     | Serious     | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | FALSE | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       | FALSE  | 4  | 1     | Serious     | 4     | 1     | FALSE | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | FALSE | 4     | 1     | FALSE | 4     | 1 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | TRUE  | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       | Ballast | 3    | 0,429 | TRUE   | 0  | 0     | Serious     | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | FALSE | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       | FALSE  | 3  | 1     | Serious     | 3     | 1     | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 0     | 0     | FALSE | 3     | 1     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | TRUE  | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0 |
|             |     |     | Congested waters | 9  | 0,243 | Load    | 8    | 0,889 | TRUE   | 0  | 0     | Serious     | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | FALSE | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       | FALSE  | 8  | 1     | Serious     | 7     | 0,875 | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 1     | 0,125 | FALSE | 7     | 1     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | TRUE  | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | FALSE | 1     | 1     | FALSE | 1     | 1 |
|             |     |     |                  |    |       | Ballast | 1    | 0,111 | TRUE   | 0  | 0     | Serious     | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | TRUE  | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       | FALSE  | 1  | 1     | Serious     | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 1     | 1     | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | FALSE | 1     | 1     | FALSE | 1     | 1 |
|             |     |     | Open sea         | 18 | 0,486 | Load    | 16   | 0,889 | TRUE   | 1  | 0,063 | Serious     | 1     | 1     | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 0     | 0     | FALSE | 1     | 1     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | FALSE | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | TRUE  | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       | FALSE  | 15 | 0,938 | Serious     | 15    | 1     | TRUE  | 2     | 0,133 |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 0     | 0     | FALSE | 13    | 0,867 |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | TRUE  | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       | Ballast | 2    | 0,111 | TRUE   | 0  | 0     | Serious     | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | FALSE | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       | FALSE  | 2  | 1     | Serious     | 2     | 1     | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 0     | 0     | FALSE | 2     | 1     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | TRUE  | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0 |
|             |     |     | Limited waters   | 3  | 0,081 | Load    | 1    | 0,333 | TRUE   | 0  | 0     | Serious     | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | FALSE | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       | FALSE  | 1  | 1     | Serious     | 1     | 1     | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 0     | 0     | FALSE | 1     | 1     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | TRUE  | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       | Ballast | 2    | 0,667 | TRUE   | 0  | 0     | Serious     | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | FALSE | 0     | 0     | FALSE | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       | FALSE  | 2  | 1     | Serious     | 1     | 0,5   | TRUE  | 0     | 0     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       | Not Serious | 1     | 0,5   | FALSE | 1     | 1     |   |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | TRUE  | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | FALSE | 1     | 1     | FALSE | 1     | 1 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | TRUE  | 0     | 0     | TRUE  | 0     | 0 |
|             |     |     |                  |    |       |         |      |       |        |    |       |             | FALSE | 1     | 1     | FALSE | 1     | 1 |

**Fire**  
**External Source**

**77**  
**1**

| Area              |   |   | Operation        |   |   | Load    |   |   | Fire  |   |   | Damage      |   |   | Shunk |   |   |
|-------------------|---|---|------------------|---|---|---------|---|---|-------|---|---|-------------|---|---|-------|---|---|
| SUM               | % |   | SUM              | % |   | SUM     | % |   | SUM   | % |   | SUM         | % |   | SUM   | % |   |
| On Superstructure | 0 | 0 | Terminal areas   | 0 | 0 | Loaded  | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   | FALSE | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   | Ballast | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   | FALSE | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   | Congested waters | 0 | 0 | Load    | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   | FALSE | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   | Ballast | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   | FALSE | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   | Open sea         | 0 | 0 | Load    | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   | FALSE | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   | Ballast | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   | FALSE | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   | Limited waters   | 0 | 0 | Load    | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   | Ballast | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   | FALSE | 0 | 0 | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | FALSE | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | TRUE  | 0 | 0 |
|                   |   |   |                  |   |   |         |   |   |       |   |   |             |   |   | FALSE | 0 | 0 |



**Fire**  
**External Source**

**77**  
**1**

| Area        | SUM |   | Operation        | SUM |   | Load    | SUM |   | Fire  | SUM |   | Damage      | SUM |   | Shunk | SUM |   |
|-------------|-----|---|------------------|-----|---|---------|-----|---|-------|-----|---|-------------|-----|---|-------|-----|---|
|             |     | % |                  |     | % |         |     | % |       |     | % |             |     | % |       |     | % |
| Engine Room | 0   | 0 | Terminal areas   | 0   | 0 | Loaded  | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   | FALSE | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   | Ballast | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   | FALSE | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   | Congested waters | 0   | 0 | Load    | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   | FALSE | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   | Ballast | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   | FALSE | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   | Open sea         | 0   | 0 | Load    | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   | FALSE | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   | Ballast | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   | FALSE | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   | Limited waters   | 0   | 0 | Load    | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   | FALSE | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   | Ballast | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   | FALSE | 0   | 0 | Serious     | 0   | 0 | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   | Not Serious | 0   | 0 | FALSE | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | TRUE  | 0   | 0 |
|             |     |   |                  |     |   |         |     |   |       |     |   |             |     |   | FALSE | 0   | 0 |

# Explosion

| Area        | Operation |       | Load             |   | Fire  |         | Damage |       | Shunk |   |       |             |   |     |       |   |   |
|-------------|-----------|-------|------------------|---|-------|---------|--------|-------|-------|---|-------|-------------|---|-----|-------|---|---|
|             | SUM       | %     | SUM              | % | SUM   | %       | SUM    | %     | SUM   | % |       |             |   |     |       |   |   |
| In Aft Area | 12        | 0,667 | Terminal areas   | 2 | 0,167 | Loaded  | 2      | 1     | TRUE  | 0 | 0     | Serious     | 0 | 0   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       | FALSE | 2 | 1     | Serious     | 2 | 1   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 2 | 1 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       | Ballast | 0      | 0     | TRUE  | 0 | 0     | Serious     | 0 | 0   | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       | FALSE | 0 | 0     | Serious     | 0 | 0   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       | Congested waters | 3 | 0,25  | Load    | 1      | 0,333 | TRUE  | 1 | 1     | Serious     | 1 | 1   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 1 | 1 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       | FALSE | 0 | 0     | Serious     | 0 | 0   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       | Ballast | 2      | 0,667 | TRUE  | 0 | 0     | Serious     | 0 | 0   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       | FALSE | 2 | 1     | Serious     | 1 | 0,5 | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 1 | 0,5 | TRUE  | 1 | 1 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | FALSE | 1 | 1 |
|             |           |       | Open sea         | 6 | 0,5   | Load    | 3      | 0,5   | TRUE  | 2 | 0,667 | Serious     | 2 | 1   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 2 | 1 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       | FALSE | 1 | 0,333 | Serious     | 1 | 1   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 1 | 1 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       | Ballast | 3      | 0,5   | TRUE  | 1 | 0,333 | Serious     | 1 | 1   | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | FALSE | 1 | 1 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       | FALSE | 2 | 0,667 | Serious     | 2 | 1   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 2 | 1 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       | Limited waters   | 1 | 0,083 | Load    | 1      | 1     | TRUE  | 0 | 0     | Serious     | 0 | 0   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       | FALSE | 1 | 1     | Serious     | 1 | 1   | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       | Ballast | 0      | 0     | TRUE  | 0 | 0     | Serious     | 0 | 0   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       | FALSE | 0 | 0     | Serious     | 0 | 0   | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       | Not Serious | 0 | 0   | FALSE | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | TRUE  | 0 | 0 |
|             |           |       |                  |   |       |         |        |       |       |   |       |             |   |     | FALSE | 0 | 0 |



# Explosion

| Area               | Operation |       | Load             |   | Fire  |                  | Damage |   | Shunk |   |     |             |   |     |             |   |   |       |   |   |
|--------------------|-----------|-------|------------------|---|-------|------------------|--------|---|-------|---|-----|-------------|---|-----|-------------|---|---|-------|---|---|
|                    | SUM       | %     | SUM              | % | SUM   | %                | SUM    | % | SUM   | % |     |             |   |     |             |   |   |       |   |   |
| In Hold Cargo Area | 3         | 0,167 | Terminal areas   | 1 | 0,333 | Loaded           | 1      | 1 | TRUE  | 1 | 1   | Serious     | 1 | 1   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | FALSE       | 1 | 1 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Serious     | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       | Ballast          | 0 | 0     | Ballast          | 0      | 0 | TRUE  | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0   | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | FALSE       | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | Serious     | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | Not Serious | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | FALSE       | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                    |           |       | Congested waters | 0 | 0     | Congested waters | 0      | 0 | Load  | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0   | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | FALSE       | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | Serious     | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | Not Serious | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | FALSE       | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                    |           |       | Ballast          | 0 | 0     | Ballast          | 0      | 0 | TRUE  | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0   | Serious     | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | Not Serious | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | FALSE       | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | Serious     | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | Not Serious | 0 | 0 | TRUE  | 0 | 0 |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     |             |   |     | FALSE       | 0 | 0 | FALSE | 0 | 0 |
| Open sea           | 2         | 0,667 | Open sea         | 2 | 0,667 | Load             | 2      | 1 | TRUE  | 1 | 0,5 | Serious     | 1 | 1   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | FALSE       | 1 | 1 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 1 | 0,5 | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Serious     | 1 | 1   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 1 | 1   | FALSE       | 1 | 1 |       |   |   |
| Ballast            | 0         | 0     | Ballast          | 0 | 0     | TRUE             | 0      | 0 | TRUE  | 0 | 0   | Serious     | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Serious     | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
| Limited waters     | 0         | 0     | Limited waters   | 0 | 0     | Load             | 0      | 0 | TRUE  | 0 | 0   | Serious     | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Serious     | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
| Ballast            | 0         | 0     | Ballast          | 0 | 0     | TRUE             | 0      | 0 | TRUE  | 0 | 0   | Serious     | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Serious     | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
| Ballast            | 0         | 0     | Ballast          | 0 | 0     | TRUE             | 0      | 0 | TRUE  | 0 | 0   | Serious     | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Serious     | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
| Ballast            | 0         | 0     | Ballast          | 0 | 0     | TRUE             | 0      | 0 | TRUE  | 0 | 0   | Serious     | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Serious     | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | Not Serious | 0 | 0   | TRUE        | 0 | 0 |       |   |   |
|                    |           |       |                  |   |       |                  |        |   |       |   |     | FALSE       | 0 | 0   | FALSE       | 0 | 0 |       |   |   |

| Type               | SUM % |       | Operation        | SUM % |       | Load    | SUM % |       | Damage      | SUM % |     | Shunk | SUM % |     |
|--------------------|-------|-------|------------------|-------|-------|---------|-------|-------|-------------|-------|-----|-------|-------|-----|
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     |       |       |     |
| Heavy Weather Etc. | 9     | 0,281 | Terminal areas   | 1     | 0,111 | Loaded  | 0     | 0     | Serious     | 0     | 0   | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       | Not Serious | 0     | 0   | FALSE | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       | Ballast | 1     | 1     | Serious     | 1     | 1   | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 1     | 1   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       | Not Serious | 0     | 0   | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 0     | 0   |
|                    |       |       | Congested waters | 3     | 0,333 | Load    | 1     | 0,333 | Serious     | 1     | 1   | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 1     | 1   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       | Not Serious | 0     | 0   | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       | Ballast | 2     | 0,667 | Serious     | 1     | 0,5 | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 1     | 1   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       | Not Serious | 1     | 0,5 | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 1     | 1   |
|                    |       |       | Open sea         | 5     | 0,556 | Load    | 5     | 1     | Serious     | 5     | 1   | TRUE  | 1     | 0,2 |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 4     | 0,8 |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       | Not Serious | 0     | 0   | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       | Ballast | 0     | 0     | Serious     | 0     | 0   | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       | Not Serious | 0     | 0   | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 0     | 0   |
|                    |       |       | Limited waters   | 0     | 0     | Load    | 0     | 0     | Serious     | 0     | 0   | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       | Not Serious | 0     | 0   | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       | Ballast | 0     | 0     | Serious     | 0     | 0   | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       | Not Serious | 0     | 0   | TRUE  | 0     | 0   |
|                    |       |       |                  |       |       |         |       |       |             |       |     | FALSE | 0     | 0   |

| Type | SUM |       | Operation        | SUM |       | Load    | SUM |       | Damage      | SUM |      | Shunk | SUM |       |
|------|-----|-------|------------------|-----|-------|---------|-----|-------|-------------|-----|------|-------|-----|-------|
|      |     | %     |                  |     | %     |         |     | %     |             |     | %    |       |     | %     |
| Good | 23  | 0,719 | Terminal areas   | 10  | 0,476 | Loaded  | 6   | 0,6   | Serious     | 6   | 1    | TRUE  | 1   | 0,167 |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 5   | 0,833 |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       | Not Serious | 0   | 0    | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       | Ballast | 4   | 0,4   | Serious     | 3   | 0,75 | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 3   | 1     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       | Not Serious | 1   | 0,25 | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 1   | 1     |
|      |     |       | Congested waters | 4   | 0,19  | Load    | 2   | 0,5   | Serious     | 2   | 1    | TRUE  | 1   | 0,5   |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 1   | 0,5   |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       | Not Serious | 0   | 0    | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       | Ballast | 2   | 0,5   | Serious     | 1   | 0,5  | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 1   | 1     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       | Not Serious | 1   | 0,5  | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 1   | 1     |
|      |     |       | Open sea         | 6   | 0,286 | Load    | 1   | 0,167 | Serious     | 1   | 1    | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 1   | 1     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       | Not Serious | 0   | 0    | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       | Ballast | 5   | 0,833 | Serious     | 3   | 0,6  | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 3   | 1     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       | Not Serious | 2   | 0,4  | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 2   | 1     |
|      |     |       | Limited waters   | 1   | 0,048 | Load    | 1   | 1     | Serious     | 1   | 1    | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 1   | 1     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       | Not Serious | 0   | 0    | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       | Ballast | 0   | 0     | Serious     | 0   | 0    | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       | Not Serious | 0   | 0    | TRUE  | 0   | 0     |
|      |     |       |                  |     |       |         |     |       |             |     |      | FALSE | 0   | 0     |

# Θεωρία πιθανοτήτων

## Περιεχόμενα

|   |    |
|---|----|
| 1. Εισαγωγή .....                                   | 2  |
| 2. Κλασική πιθανότητα.....                          | 3  |
| 3. Σχετική συχνότητα.....                           | 4  |
| 4. Ρίσκο.....                                       | 5  |
| 5. Διαχείριση ρίσκου και εφαρμογή στη ναυτιλία..... | 7  |
| 6. Πιθανοθεωρητική εκτίμηση ρίσκου.....             | 9  |
| 7. Μεταβλητότητα και αβεβαιότητα.....               | 10 |
| 7.1. Μεταβλητότητα (variability) .....              | 10 |
| 7.2. Αβεβαιότητα (uncertainty).....                 | 10 |

## 1. Εισαγωγή

Η θεωρία πιθανοτήτων είναι ο κλάδος των μαθηματικών ο οποίος ασχολείται με την ανάλυση τυχαίων φαινομένων. Κεντρικό ρόλο στη θεωρία πιθανοτήτων παίζει η έννοια της πιθανότητας, ενώ σημαντικές είναι οι τυχαίες μεταβλητές, οι συναρτήσεις κατανομής, οι στοχαστικές διαδικασίες και τα γεγονότα: μαθηματικές αφαιρέσεις μη ντετερμινιστικών συμβάντων τα οποία είτε συμβαίνουν μία φορά είτε εξελίσσονται με το πέρασμα του χρόνου. Αν και τα γεγονότα που μελετώνται από τη θεωρία πιθανοτήτων, όπως π.χ. η ρίψη ενός ζαριού ή το στρίψιμο ενός κέρματος, είναι τυχαία, όταν επαναλαμβάνονται πολλές φορές η αλληλουχία των τυχαίων γεγονότων παρουσιάζει ορισμένα στατιστικά μοτίβα τα οποία μπορούν να μελετηθούν και να προβλεφθούν. Δύο αντιπροσωπευτικά μαθηματικά αποτελέσματα που περιγράφουν τέτοια μοτίβα είναι ο νόμος των μεγάλων αριθμών και το θεώρημα κεντρικού ορίου.

Ως μαθηματικό θεμέλιο της στατιστικής, η θεωρία πιθανοτήτων είναι απαραίτητη σε πολλές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν ανάλυση μεγάλων συνόλων δεδομένων. Μέθοδοι της θεωρίας πιθανοτήτων εφαρμόζονται και στην περιγραφή πολύπλοκων συστημάτων, όπως στη στατιστική μηχανική. Μία μεγάλη ανακάλυψη του εικοστού αιώνα ήταν η πιθανοκρατική φύση των φυσικών νόμων σε υποατομικό επίπεδο, σύμφωνα με τα ευρήματα της κβαντομηχανικής.

## 2. Κλασική πιθανότητα

Η έννοια της πιθανότητας ορίστηκε αρχικώς, για να περιγράψει το αποτέλεσμα ενός πειράματος τύχης, όπως π.χ. η ρίψη ενός ζαριού ή νομίσματος. Οι πιθανότητες είναι αριθμοί οι οποίοι ανατίθενται σε γεγονότα που μπορεί να συμβούν ή όχι με κάποιον τυχαίο τρόπο. Με τον συνήθη συμβολισμό, οι πιθανότητες  $P(E)$  ανατίθενται στα γεγονότα  $E$ . Οι πιθανότητες είναι κανονικοποιημένες και παίρνουν πραγματικές τιμές στο διάστημα από 0 μέχρι 1. Ισχύουν οι κάτωθι ορισμοί:

- **Απλό ενδεχόμενο** ονομάζεται ένα δυνατό αποτέλεσμα ενός πειράματος τύχης και συνήθως συμβολίζεται με  $\omega$ .
- **Δειγματικός χώρος**  $\Omega$  είναι το σύνολο όλων των απλών ενδεχομένων. Για ένα απλό ενδεχόμενο  $\omega$  ισχύει  $\omega \in \Omega$ .
- **Γεγονός**  $A$  είναι ένα σύνολο δυνατών αποτελεσμάτων. Ένα γεγονός έχει ως στοιχεία απλά ενδεχόμενα και είναι υποσύνολο του  $\Omega$ ,  $A \subset \Omega$ . Το  $\Omega$  είναι το ίδιο ένα γεγονός και ονομάζεται βέβαιο γεγονός.

### 3. Σχετική συχνότητα

Αν σε  $n$  εκτελέσεις ενός πειράματος ένα ενδεχόμενο  $A$  πραγματοποιείται  $k$  φορές, τότε ο λόγος  $k/n$  ονομάζεται σχετική συχνότητα του  $A$  και συμβολίζεται με  $f_A$ . Ιδιαίτερα αν ο δειγματικός χώρος ενός πειράματος είναι το πεπερασμένο σύνολο  $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_\lambda\}$  και σε  $n$  εκτελέσεις του πειράματος αυτού τα απλά ενδεχόμενα πραγματοποιούνται  $k_1, k_2, \dots, k_\lambda$  φορές αντιστοίχως, τότε για τις σχετικές συχνότητες  $f_1, f_2, \dots, f_\lambda$  των απλών ενδεχομένων θα έχουμε:

1.  $0 \leq f_i \leq 1, \quad i=1,2,\dots,\lambda$  (αφού  $0 \leq k_i \leq n$ )
2.  $f_1 + f_2 + \dots + f_\lambda = \frac{k_1 + k_2 + \dots + k_\lambda}{n} = \frac{n}{n} = 1.$

Οι σχετικές συχνότητες πραγματοποίησης των ενδεχομένων ενός πειράματος σταθεροποιούνται γύρω από κάποιους αριθμούς (όχι πάντοτε ίδιους), καθώς ο αριθμός των δοκιμών του πειράματος επαναλαμβάνεται απεριόριστα. Το εμπειρικό αυτό εξαγόμενο, το οποίο επιβεβαιώνεται και θεωρητικά, ονομάζεται στατιστική ομαλότητα ή νόμος των μεγάλων αριθμών.



## 4. Ρίσκο

Η λέξη ρίσκο σημαίνει διαφορετικά πράγματα για διαφορετικούς ανθρώπους σε διαφορετικές χρονικές στιγμές οδηγώντας σε σύγχυση και παρερμηνείες. Το γεγονός, ότι, δεν υπάρχει κοινή διεθνής ορολογία και πάρα πολλές 'διάλεκτοι του ρίσκου', δυσχεραίνει ακόμη περισσότερο τη κατάσταση. Μάλιστα ο Stan Karlan διατύπωσε τα εξής θεωρήματα:

- Θεώρημα 1: Το 50% των προβλημάτων στον κόσμο προκύπτουν από ανθρώπους που χρησιμοποιούν ίδιες λέξεις για διαφορετικές έννοιες.
- Θεώρημα 2: Το άλλο 50% των προβλημάτων προέρχεται από ανθρώπους που χρησιμοποιούν διαφορετικές λέξεις για ίδιες έννοιες.

Οι ευρύτερα διαδεδομένες χρήσεις της λέξης είναι:

- Το ρίσκο ως κίνδυνος.
- Το ρίσκο ως πιθανότητα.
- Το ρίσκο ως συνέπεια.
- Το ρίσκο ως απειλή ή ανεπιθύμητο γεγονός

Ένας κάπως γενικός ορισμός του θα μπορούσε να είναι ο εξής:

**‘Ρίσκο είναι πιθανότητα μιας συγκεκριμένης δυσμενούς επίπτωσης’**

Βέβαια αυτός ο ορισμός δεν μας βοηθάει και τόσο ούτε στην κατανόηση του ρίσκου, ούτε πολύ περισσότερο στην ποσοτικοποίηση του. Το βασικό πρόβλημα του, είναι ότι θεωρώντας το ρίσκο πιθανότητα, δεν λαμβάνει υπ' όψιν τις συνέπειες που θα έχει το ανεπιθύμητο γεγονός αν τελικά συμβεί. Ο παρακάτω ορισμός [18] προσπαθεί να πραγματοποιήσει ακριβώς αυτή τη διασύνδεση πιθανότητας και συνεπειών.

**‘Ρίσκο θεωρείται το γινόμενο της πιθανότητας ανεπιθύμητου συμβάντος επί της όποιες μετρήσιμες επιπτώσεις προκύπτουν από αυτό’**

$$R = \sum p_i \cdot C_i$$

Παρ' ότι ο προηγούμενος ορισμός μας παρέχει ένα φαινομενικά απόλυτο μέτρο του ρίσκου, η αξιολόγηση αυτού του μέτρου (πχ. έστω καταλήξαμε σε έναν αριθμό για το ρίσκο, τελικά είναι υψηλό ή χαμηλό;) είναι διαδικασία έντονα υποκειμενική. Εξ' άλλου τόσο ο προσδιορισμός του  $p_i$  όσο και του  $C_i$  διέπονται από σε μεγάλο βαθμό από υποκειμενικότητα, ενώ υποκειμενική είναι και η αντίληψη του κάθε ατόμου σχετικά με το μέγεθος των συνεπειών από κάποια δραστηριότητα.

Το ρίσκο δεν υπάρχει ανεξάρτητο από την κουλτούρα, το πολιτισμό και την κοσμοθεωρία μας, περιμένοντας να μετρηθεί. Αντιθέτως, ως έννοια δείχνει να έχει 'επινοηθεί' από τον άνθρωπο για να κατανοήσει και να αντιμετωπίσει τους

κινδύνους και τις αβεβαιότητες τις ζωής. Παρόλο που οι κίνδυνοι είναι πραγματικοί δεν υφίστανται έννοιες όπως 'πραγματικό ρίσκο' ή 'αντικειμενικό ρίσκο'.

Στην προσπάθεια να κατανοήσουμε το ρίσκο το διαχωρίσουμε σε 2 βασικές κατηγορίες. Όταν θεωρούμε το ρίσκο με βάση τον άνθρωπο, συχνά γίνεται ο διαχωρισμός μεταξύ του ρίσκου σε ατομικό επίπεδο (ατομικό ρίσκο) και του ρίσκου σε ομάδα ατόμων (κοινωνικό ρίσκο).

Για την ποσοτικοποίηση του κοινωνικού ρίσκου το κύριο εργαλείο που χρησιμοποιούμε είναι οι καμπύλες F-N (Frequency - Number curves). Η τυπική απόκλιση, όπως και η μέση τιμή, είναι σημαντικά μεγέθη σε μια καμπύλη F-N τόσο για την ερμηνεία της όσο και για την παραγωγή κριτηρίων. Η τυπική απόκλιση εκφράζει τη διασπορά των ατυχημάτων γύρω από την μέση τιμή.

Παρά την αδιαφιλονίκητη σπουδαιότητα των καμπυλών F-N, πολλές φορές στην επικοινωνία με το κοινό κρίνεται αναγκαίο να αποτυπώσουμε τα αποτελέσματα τους με τη μορφή ενός μόνο αριθμού, διευκολύνοντας έτσι την αξιολόγηση του ρίσκου και τη σύγκριση του με ρίσκα που προκύπτουν από άλλες δραστηριότητες.

Το σημαντικότερο και ευρύτερα διαδεδομένο μέγεθος που εξυπηρετεί αυτή την ανάγκη, είναι η πιθανότητα απώλειας ζωής, στην οποία θα αναφερόμαστε στο εξής με το αγγλικό της ακρωνύμιο, PLL (Potential Loss of Life). Το PLL ορίζεται γενικά ως,

**‘Αναμενόμενος αριθμός απώλειας ανθρώπινης ζωής από μια δραστηριότητα σε διάστημα ενός χρόνου’**

## 5. Διαχείριση ρίσκου και εφαρμογή στη ναυτιλία

Το πεδίο της διαχείρισης ρίσκου (Risk Management) έχει αναπτυχθεί σημαντικά κυρίως όσον αφορά στους τομείς της Ανάλυσης ρίσκου (Risk Analysis) και του υπολογισμού / εκτίμησης ρίσκου (Risk Assessment)

- Risk Analysis : είναι η συστηματική χρήση διαθέσιμων πληροφοριών για την αναγνώριση των κινδύνων καθώς και η εκτίμηση ρίσκου σε ατομικό, κοινωνικό, περιβαλλοντολογικό επίπεδο.
- Risk Assessment : είναι η επανεξέταση του αποδεκτού ρίσκου το οποίο έχει αναλυθεί και αξιολογηθεί βασισμένο σε κριτήρια ανοχής του ρίσκου
- Risk Management : είναι η εφαρμογή της εκτίμησης ρίσκου με πρόθεση να πληροφορήσει για τα κατάλληλα μέτρα μείωσης ρίσκου και τους πιθανούς τρόπους εφαρμογής

Αυτό που δεν πρέπει να ξεχνάμε είναι πως η διαχείριση ρίσκου εκτός από επιστημονικό, είναι και πολιτικό εγχείρημα. Η κοινή γνώμη και η αντίληψη της κοινωνίας για το ρίσκο λαμβάνουν ενεργό ρόλο για την ανάλυση και κυρίως την αξιολόγηση και την διαχείριση του ρίσκου.

Σε γενικές γραμμές η Διαχείριση Ρίσκου (Risk Management) ως συγκεκριμένη τεχνική αναγνώρισης κινδύνων, εκτίμησης των συνεπειών, και λήψης μέτρων μετριασμού αυτών, έλκει την καταγωγή της στις δεκαετίες του 1960 και 1970 και συγκεκριμένα στη ραγδαία άνοδο της πυρηνικής και της χημικής βιομηχανίας. Οι αυξημένες συνέπειες σε περίπτωση ατυχήματος, τόσο ως προς τη σοβαρότητα τους όσο και στο μέγεθος του πληθυσμού που θα επηρέαζαν, οδήγησε στην ανάγκη για μια αντιμετώπιση του ρίσκου με τρόπο πιο οργανωμένο και επιστημονικό, ο οποίος συν τοις άλλοις θα περιόριζε δραστικά τα περιθώρια για υποκειμενικές κρίσεις (πχ. τι σημαίνει αποδεκτό ρίσκο ή γενικότερα τι σημαίνει ρίσκο).

Στη θαλάσσια βιομηχανία εισήχθη κατά τη δεκαετία του 1980 και συγκεκριμένα στις εξέδρες εξόρυξης πετρελαίου, ενώ στη ναυτιλία η Διαχείριση Ρίσκου καθιερώθηκε ως μέθοδος λήψης αποφάσεων τη δεκαετία του 1990.

Μάλιστα το 1997 σε μια προσπάθεια συγκρότησης συγκεκριμένων κανόνων ο ΙΜΟ, μετά από πρόταση της Αγγλίας από το 1993, ενέκρινε μια προσέγγιση του ρίσκου σε πέντε βήματα η οποία ονομάστηκε Τυπική Αποτίμηση Ασφαλείας, (εδώ θα κρατήσουμε τον αγγλικό όρο Formal Safety Assessment και τη συντομογραφία του F.S.A.) [1]. Στόχος μιας F.S.A. είναι να παράσχει αξιόπιστες πληροφορίες όσον αφορά στους κινδύνους, τα ρίσκα που πηγάζουν από αυτούς, τις επιλογές για τον έλεγχο αυτών των ρίσκων (Risk Control Options), τα κόστη και τα οφέλη από την εφαρμογή μέτρων ελέγχου του ρίσκου. Είναι δε σημαντικό η F.S.A. να πραγματοποιεί τα προηγούμενα με έναν κατά το δυνατό αντικειμενικό τρόπο, με αυστηρή δομή η οποία επιπροσθέτως, να είναι απόλυτα διαφανής ως προς τις διαδικασίες που χρησιμοποιεί και τα εξαγόμενα συμπεράσματα.

Οι παραπάνω εξελίξεις καταδεικνύουν την ολοένα αυξανόμενη επιρροή του ρίσκου ως παράγοντα λήψης αποφάσεων στην ναυτιλία, κάτι που αντανακλάται και στη νέα τάση στη ναυπήγηση πλοίων, γνωστή ως Risk Based Design. Η βασική διαφοροποίηση αυτού του τρόπου σχεδίασης σε σχέση με τον παραδοσιακό, είναι ότι αντί να έχουμε πλέον κανονισμούς που επιχειρούν να ελέγξουν τις παραμέτρους της σχεδίασης με αναλυτικές οδηγίες, κατευθυνόμαστε προς κανονισμούς που, λαμβάνοντας υπ' όψιν το ρίσκο, θέτουν στόχους τους οποίους θα πρέπει να πληρεί το πλοίο για να εγκριθεί. Για παράδειγμα αντί να προδιαγράφει συγκεκριμένο πάχος ελάσματος ο κανονισμός θα απαιτεί να σχεδιάζεται πλοίο αξιόπλοο για Χ χρόνια. Αν ο σχεδιαστής μπορεί μέσα από μια αδιάβλητη διαδικασία να αποδείξει ότι ο στόχος αυτός καλύπτεται, τότε το πάχος ελάσματος με το οποίο πετυχαίνει το στόχο είναι δευτερεύουσας σημασίας. Το Risk Based Design βέβαια βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο, γίνεται φανερό ωστόσο ότι η έννοια του ρίσκου έχει αρχίσει να αποτελεί παράγοντα κλειδί για τις εξελίξεις στη ναυτιλία τα επόμενα χρόνια. Οι πρώτες συστηματικές μελέτες έγιναν στο ερευνητικό πρόγραμμα SAFEDOR. [17] [21]

## 6. Πιθανοθεωρητική εκτίμηση ρίσκου

Η πιθανοθεωρητική εκτίμηση ρίσκου είναι μια περιεκτική, δομημένη και λογική μέθοδος ανάλυσης για την εκτίμηση του ρίσκου σε πολύπλοκα τεχνολογικά συστήματα για τη βελτίωση της ασφάλειας και της απόδοσης τους. Πλέον εφαρμόζεται στους περισσότερους τομείς όπως στις μεταφορές, στον κατασκευαστικό τομέα, στη χημική και πυρηνική βιομηχανία, στην αεροδιαστημική βιομηχανία ακόμη και για οικονομική διαχείριση.

Κυρίως σήμερα εφαρμόζεται ως εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων, διαμορφώνοντας έτσι μια νέα περιοχή στην διαχείριση ρίσκου. Αν και έχει τις βάσεις της στη θεωρία αξιοπιστίας διαφέρει κατά πολύ από αυτήν, καθώς έχει αλλάξει ο τρόπος που οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται την ασφάλεια.

Είναι μια συνδυασμένη μεθοδολογία και μπορεί να αναλυθεί σε τέσσερα βήματα, όπως αυτά πραγματοποιούνται στην πυρηνική και αεροδιαστημική βιομηχανία, αφού αρχικά καθοριστεί το προς εξέταση πρόβλημα:

Πρώτο βήμα: ο προσδιορισμός των ανεπιθύμητων γεγονότων. Μερικά τέτοια παραδείγματα ανεπιθύμητων γεγονότων είναι οι πετρελαιοκηλίδες, ανθρώπινες απώλειες κτλ.

Δεύτερο βήμα: για κάθε από τα γεγονότα που προσδιορίστηκαν στο προηγούμενο βήμα, προσδιορίζεται η ατυχηματική σειρά, τα οποία είναι και τα σενάρια. Αυτό πραγματοποιείται με την χρήση λογικών διαγραμμάτων. Τα σενάρια αυτά περιέχουν γεγονότα όπως : αστοχία εξοπλισμού, ανθρώπινο λάθος, καθώς και ακραία γεγονότα όπως σεισμοί κτλ.

Τρίτο βήμα: υπολογίζεται η πιθανότητα πραγματοποίησης κάθε σεναρίου. Στατιστικά στοιχεία και εκτιμήσεις ειδικών πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν στο βήμα αυτό.

Τέταρτο βήμα: στο τελευταίο βήμα, αφού οι πιθανότητες έχουν ήδη υπολογιστεί, αριθμείται η ατυχηματική ακολουθία σύμφωνα με την πιθανότητα πραγματοποίησης. Αυτό γίνεται για την ορθότερη διαχείριση του ρίσκου, καθώς γνωρίζοντας τους παράγοντες που συνεισφέρουν για την πραγματοποίηση αυτών των γεγονότων, όπως αυτά προσδιορίστηκαν στο πρώτο βήμα, η διαχείριση του ρίσκου πραγματοποιείται με γνώμονα των παραγόντων που συμβάλλουν περισσότερο στο κάθε ατυχηματικό γεγονός.

Το αποτέλεσμα της Πιθανοθεωρητικής Εκτίμησης Ρίσκου είναι η πιθανότητα για κάθε ανεπιθύμητο γεγονός και η αναφορά στους κύριους παράγοντες που οδηγούν σε αυτό.

## 7. Μεταβλητότητα και αβεβαιότητα

Πρώτιστη σημασία για την εφαρμογή των τεχνικών της πιθανοθεωρητικής ανάλυσης και εκτίμησης ρίσκου είναι η ενσωμάτωση της αβεβαιότητας στις τεχνικές αυτές. Στο μέρος αυτό θα γίνει μια προσπάθεια αποσαφήνισης του όρου αυτού αλλά και μια επιλεκτική αναφορά των τρόπων και τεχνικών για το πως μπορεί να ποσοτικοποιηθεί το μέγεθος αυτό.

Ο πιο γενικός ορισμός συνοψίζεται ως:

**‘Αβεβαιότητα είναι μια γενική ιδέα, η οποία αντικατοπτρίζει την έλλειψη γνώσης ή πληροφοριών για κάποιο θέμα’**

Η κατανόηση και η μοντελοποίηση της αβεβαιότητας τόσο στα μοντέλα πρόβλεψης όσο και στα μοντέλα αποφάσεων είναι το κλειδί για την ορθή αποτίμηση του ρίσκου. Η εξέταση της αβεβαιότητας σε μια διαδικασία αποφάσεων επιδιώκει να ποσοτικοποιήσει την έλλειψη πληροφοριών και κατά συνέπεια να παρέχει στον λήπτη αποφάσεων επιπλέον πληροφορίες στις οποίες να στηρίζει την απόφασή του.

Η μεταβλητότητα είναι ένα φαινόμενο του φυσικού κόσμου που μπορεί να μετρηθεί και να αναλυθεί. Αντίθετα η αβεβαιότητα είναι μέρος της γνώσης που κατέχεται. Αυτές οι δυο συνιστώσες, σε συνδυασμό, εκφράζουν την αδυναμία για την ακριβή πρόβλεψη μελλοντικών γεγονότων και καταστάσεων. Αναλυτικότερα:

### 7.1. Μεταβλητότητα (variability)

Αποτελείται από τυχαία φαινόμενα ή γεγονότα τα οποία είναι συνάρτηση του συστήματος που το περιγράφουν. Η μεταβλητότητα δεν μπορεί να περιοριστεί μέσα από πειράματα ή παρατηρήσεις, αλλά μπορεί να περιοριστεί δια μέσου μιας αλλαγής του συστήματος που περιγράφει το φαινόμενο. Η πιθανότητα μαζί με το εύρος των δυνατών αποτελεσμάτων αποτελούν τα δύο στοιχεία της μεταβλητότητας.

### 7.2. Αβεβαιότητα (uncertainty)

Είναι ο βαθμός έλλειψης στοιχείων ή καλύτερα το επίπεδο άγνοιας των παραμέτρων ενός μοντέλου όπου προσδιορίζουν ένα φυσικό σύστημα. Ορισμένες φορές η αβεβαιότητα μπορεί να περιοριστεί μέσα από παρατηρήσεις ή μελέτες. Από την φύση του ορισμού της είναι ένα μέγεθος υποκειμενικό, καθώς προσδιορίζεται από τον εκάστοτε εκτιμητή. Παρόλα αυτά υπάρχουν πληθώρα μελετών που επιτρέπουν την ‘αντικειμενική’ ποσοτικοποίηση του υποκειμενικού αυτού μεγέθους.



# Εγχειρίδιο Χρήσης

---

## Palisade Decision Tools

Ship Design Laboratory - National University of Athens

Γεωργακόπουλος Σπύρος  
Κωνσταντίνου Άγης

26/5/2013

---

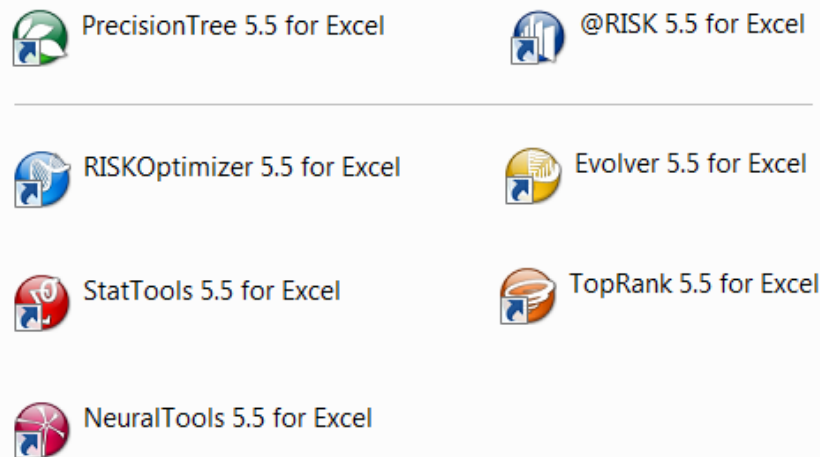
## Περιεχόμενα

|                        |   |
|------------------------|---|
| 1.Εισαγωγή.....        | 2 |
| 2.Precision Tree ..... | 3 |
| 3.@Risk .....          | 7 |



## 1.Εισαγωγή

Το Decision Tools της Palisade (έκδοση 5.5) αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύνολο προϊόντων σχεδιασμένων να συνεργάζονται στην παροχή συνδυαστικής ανάλυσης με σκοπό την βέλτιστη ανάλυση αποφάσεων. Ενσωματώνει επτά προγράμματα:



Τα προγράμματα αυτά έχουν σχεδιαστεί να συνεργάζονται σε ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον καθώς η εκτέλεση τους πραγματοποιείται από κοινή γραμμή εργαλείων στο Microsoft Excel. Στο συγκεκριμένο εγχειρίδιο θα παρουσιαστεί εκτενώς η λειτουργία των προγραμμάτων PrecisionTree και @RISK.

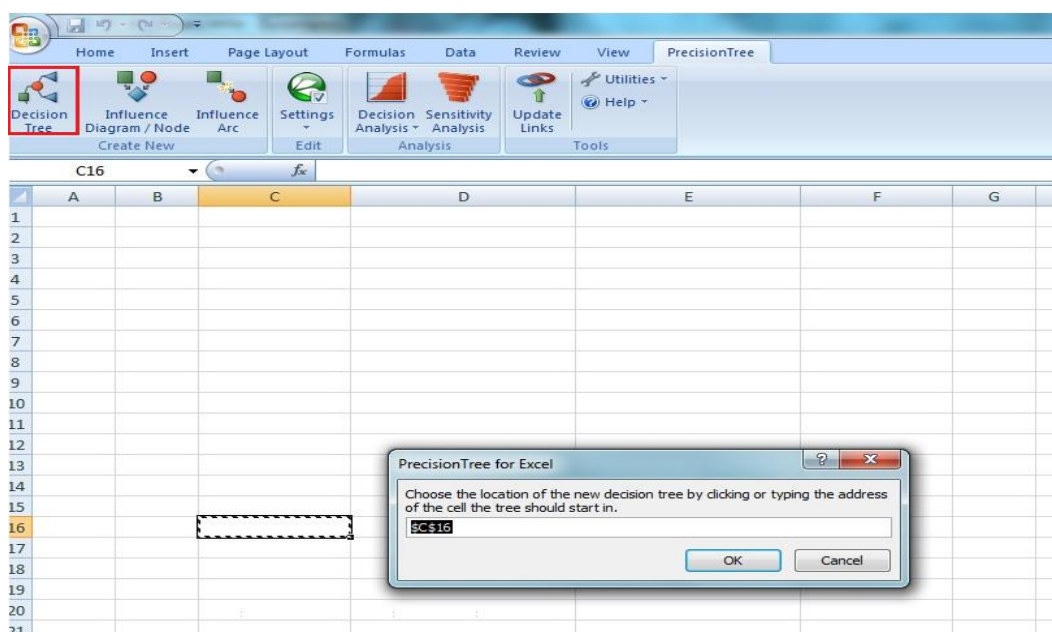
Το Precision Tree αποτελεί ένα υποσύστημα Ανάλυσης Αποφάσεων για το Excel. Παρέχει την δυνατότητα κατασκευής διαγραμμάτων επιρροής και δέντρων αποφάσεων μέσα από τα ήδη υπάρχοντα λογιστικά φύλλα. Με τη χρήση διαγραμμάτων επιρροής γίνονται εμφανής οι σχέσεις μεταξύ των συντελεστών ενός προβλήματος ενώ μέσω των δέντρων αποφάσεων καθίσταται εφικτή η μοντελοποίηση της ακολουθίας των γεγονότων. Τα αποτελέσματα περιέχουν μια πλήρη στατιστική αναφορά και γραφήματα προφίλ κινδύνου. Η Ανάλυση Ευαισθησίας παρέχει πληροφορίες για την σχετική σημαντικότητα των παραγόντων της απόφασης. Τα προηγμένα χαρακτηριστικά αφορούν σε συνδεδεμένα δέντρα, λογικούς κόμβους και κόμβους αναφοράς. Το Precision Tree Pro παρέχει επιπρόσθετως γραφήματα εισήγησης τακτικής, πολλαπλά σενάρια και υποστήριξη μακροεντολών VBA.

Το @RISK αποτελεί ένα πρόσθετο εργαλείο του Excel για Ανάλυση Κινδύνου και Προσομοίωση. Το @RISK ενσωματώνει την δύναμη της προσομοίωσης Monte Carlo σε οποιοδήποτε μοντέλο λογιστικού φύλλου. Μέσω των συναρτήσεων του @RISK οι οποίες αναπαριστούν μια κλίμακα πιθανών τιμών, αντικαθίστανται οι αβέβαιες τιμές στο λογιστικό φύλλο. Παρέχεται επίσης η δυνατότητα της έναρξης προσομοίωσης με την επιλογή ενός ή περισσότερων κελιών αποτελεσμάτων ως εξόδων του προγράμματος. Το @RISK επαναυπολογίζει το λογιστικό φύλλο εκατοντάδες ή ακόμη και χιλιάδες φορές, κάθε φορά επιλέγοντας τυχαίες τιμές από τις συναρτήσεις του @RISK που έχουν εισαχθεί. Το αποτέλεσμα είναι μια κατανομή πιθανών αποτελεσμάτων και οι σχετικές τους πιθανότητες. Με αυτόν τον τρόπο καθίσταται γνωστό όχι μόνο ποιο γεγονός δύναται να συμβεί σε μια δεδομένη κατάσταση, αλλά κατά πόσο πιθανό είναι αυτό το γεγονός να συμβεί. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται ως γραφήματα με συνολική στατιστική αναφορά. Περισσότερο προηγμένα χαρακτηριστικά εμπεριέχουν Ανάλυση Ευαισθησίας, Πιθανών Σεναρίων, επικαλυπτόμενα γραφήματα καθώς και πολλαπλά περιληπτικά γραφήματα.

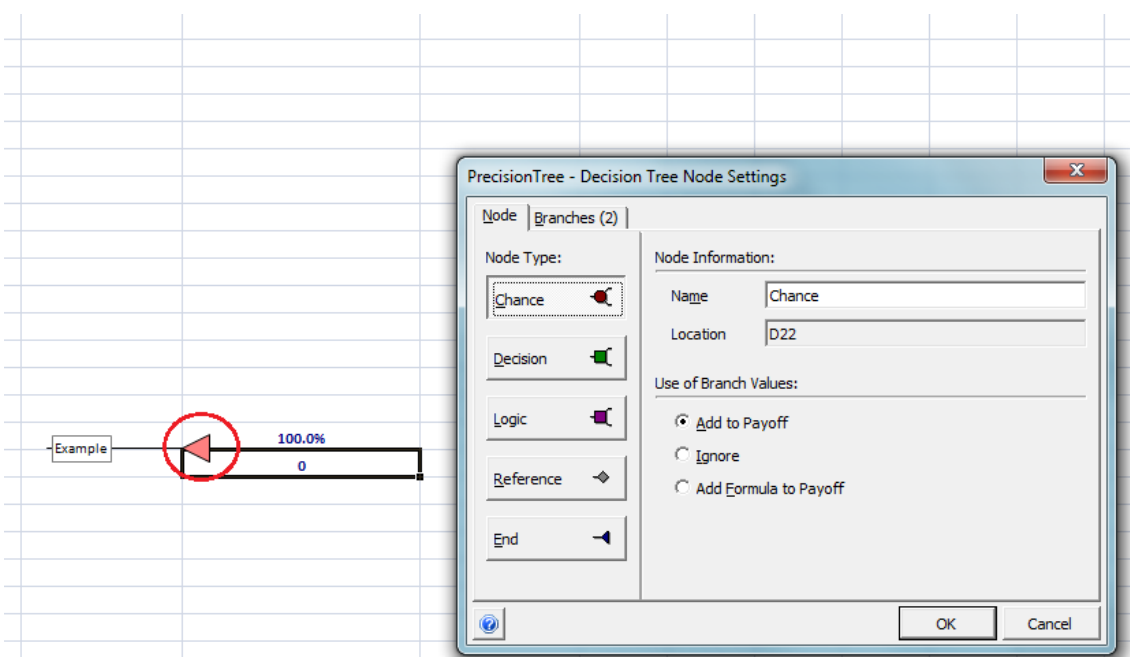
## 2.Precision Tree

Στην ενότητα που ακολουθεί θα δοθεί ένα παράδειγμα που θα βοηθήσει το χρήστη στη δημιουργία ενός δέντρου αποφάσεων και στον υπολογισμό των πιθανοτήτων συχνοτήτων.

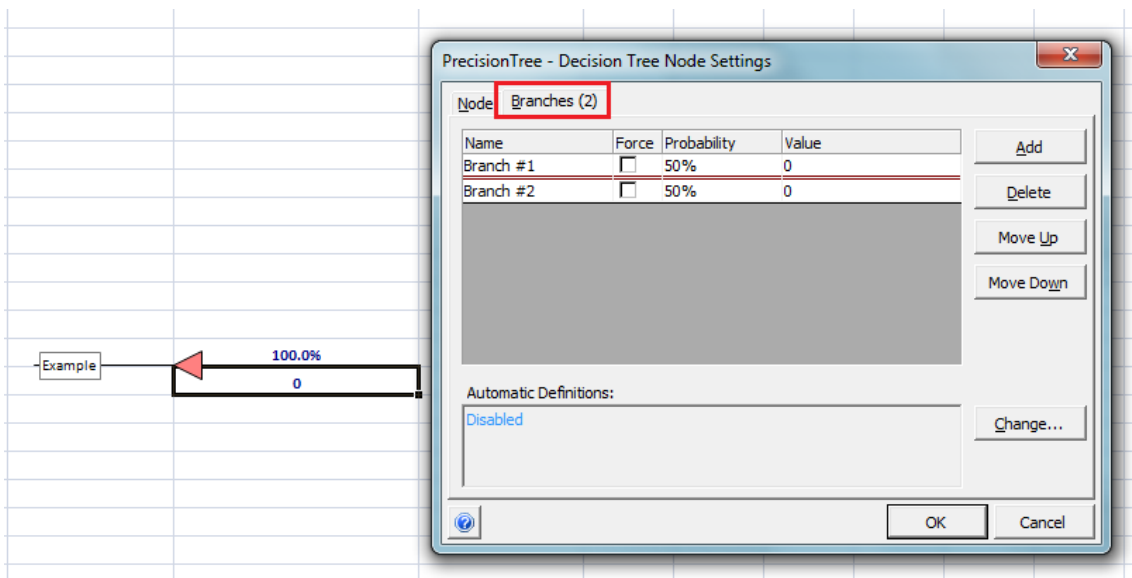
Έχοντας ενεργοποιήσει το πρόγραμμα Precision Tree επιλέγουμε το εικονίδιο Decision Tree. Θα μας ζητηθεί το κελί στο οποίο θα ξεκινάει το δέντρο αποφάσεων. Ακολούθως μπορούμε να ονομάσουμε το δέντρο στο Tab με την ονομασία General καθώς και να ρυθμίσουμε της παραμέτρους του στα Tabs: **Calculation, Format, Utility Function** και **@Risk**.



Αφού έχουμε επιλέξει το αρχικό κελί, στο οποίο θα ξεκινάει το δέντρο, μας δίνεται η δυνατότητα επιλογής του είδους των κόμβων.

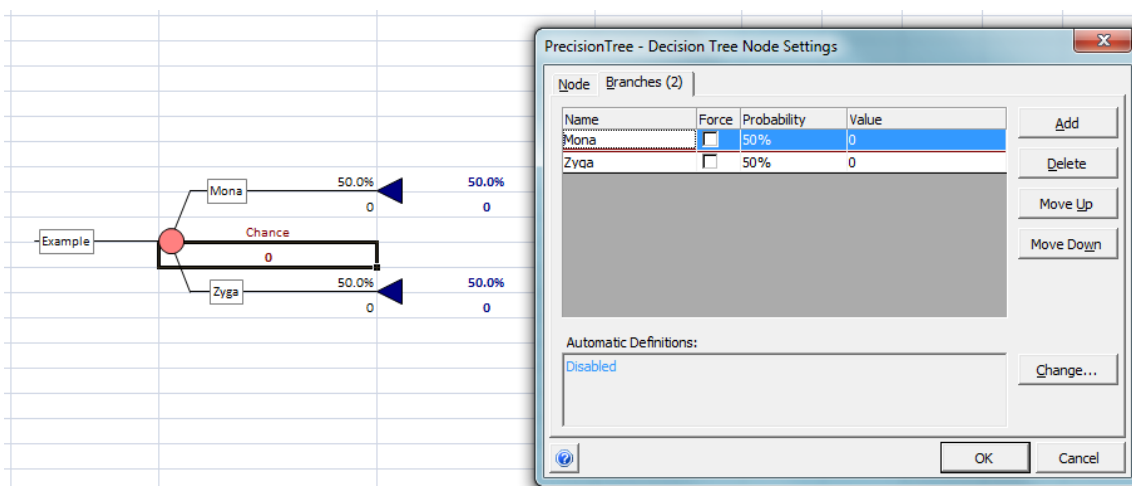


Για τον υπολογισμό πιθανοτήτων και συχνοτήτων μας ενδιαφέρει η επιλογή Chance, η οποία σαν default δημιουργεί ένα κομβό με δύο διακλαδώσεις με πιθανότητα 50% η καθεμία. Για περαιτέρω επεξεργασία πρέπει να επιλέξουμε το tab Branches.

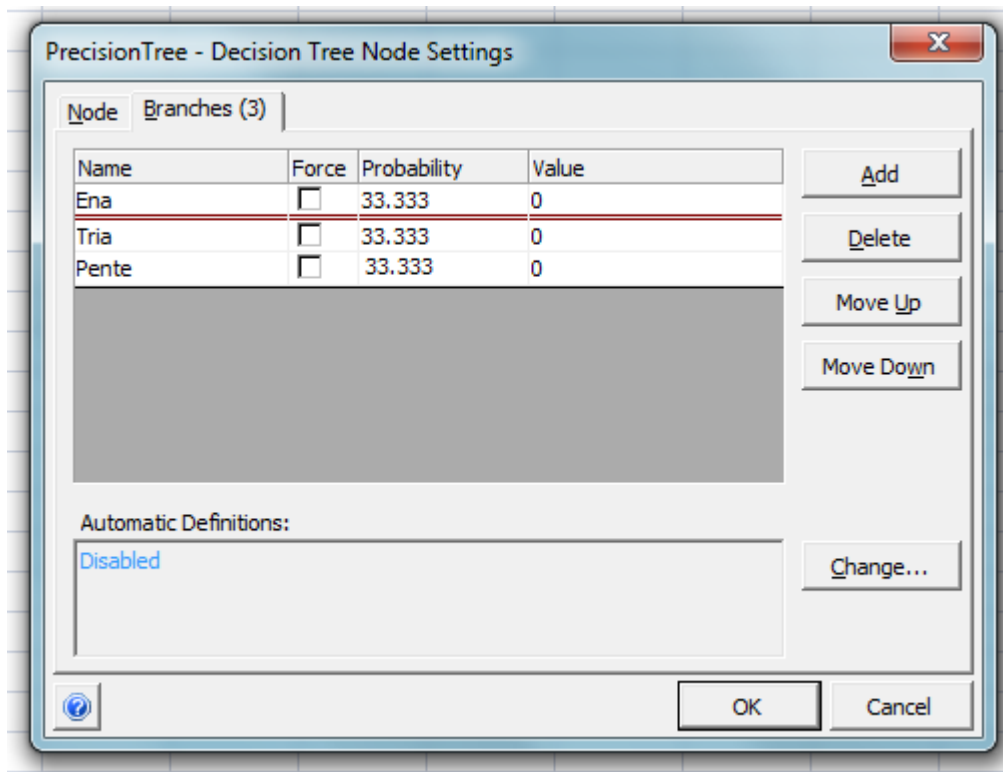


Εδώ μας δίνεται η επιλογή να προσθέσουμε (Add), να διαγράψουμε (Delete) και να μετακινήσουμε προς τα πάνω ή προς τα κάτω (Move up/Move down) τα "κλαδιά" του κόμβου που επεξεργαζόμαστε. Ακολουθεί παράδειγμα για την πλήρη κατανόηση των λειτουργιών.

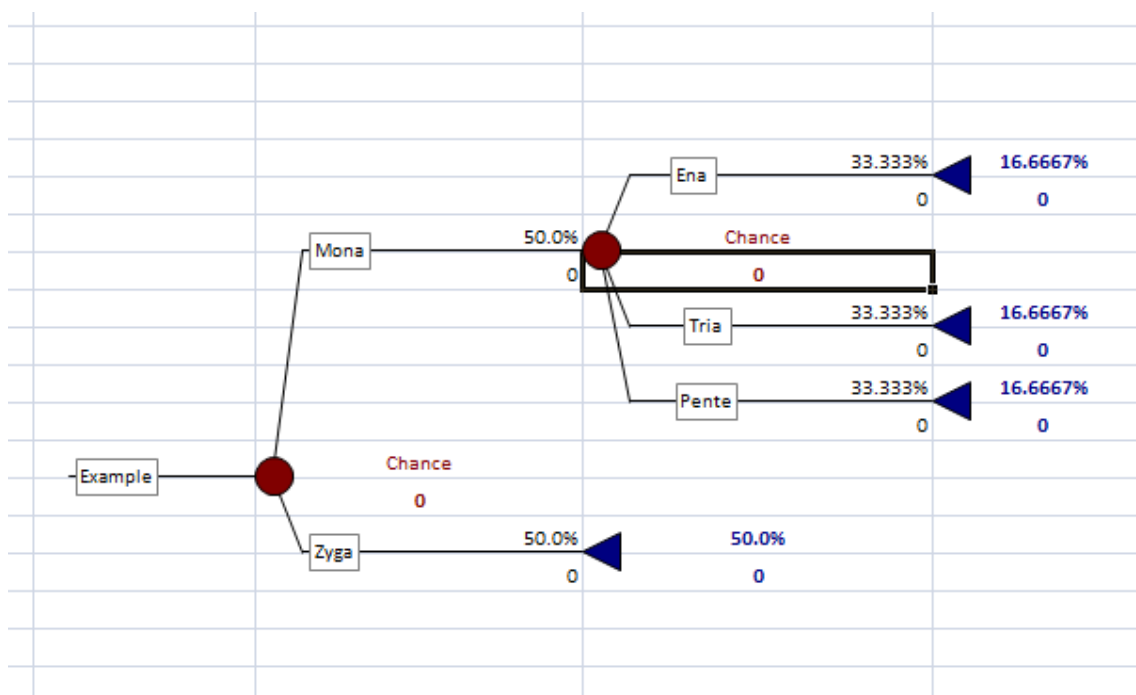
Έστω ότι ρίχνουμε ένα ζάρι και θέλουμε να βρούμε την πιθανότητα για μονή ζαριά, που θα μας δίνει τον αριθμό 3. Ονόμαζουμε τα κλαδιά του κόμβου Μονά και Ζυγά και βάζουμε πιθανότητα 50% αντίστοιχα.



Ακολούθως αναπτύσσουμε τον κόμβο Μονά προσθέτοντας τρεις διακλαδώσεις που αντιστοιχούν στους αριθμούς ένα, τρία και πέντε έχοντας επιλέξει από το tab Node τον τύπο Chance. Σε καθεμία από τις διακλαδώσεις βάζουμε την πιθανότητα να έρθει ο αντίστοιχος αριθμός λαμβάνοντας πάντα υπόψη ότι η ζαριά είναι μονή.



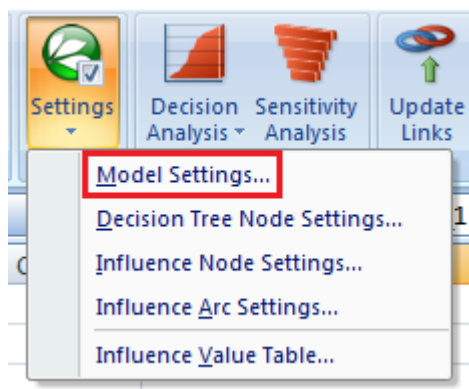
Έχοντας ολοκληρώσει την παραπάνω διαδικασία το δέντρο θα έχει τη ακόλουθη μορφή.



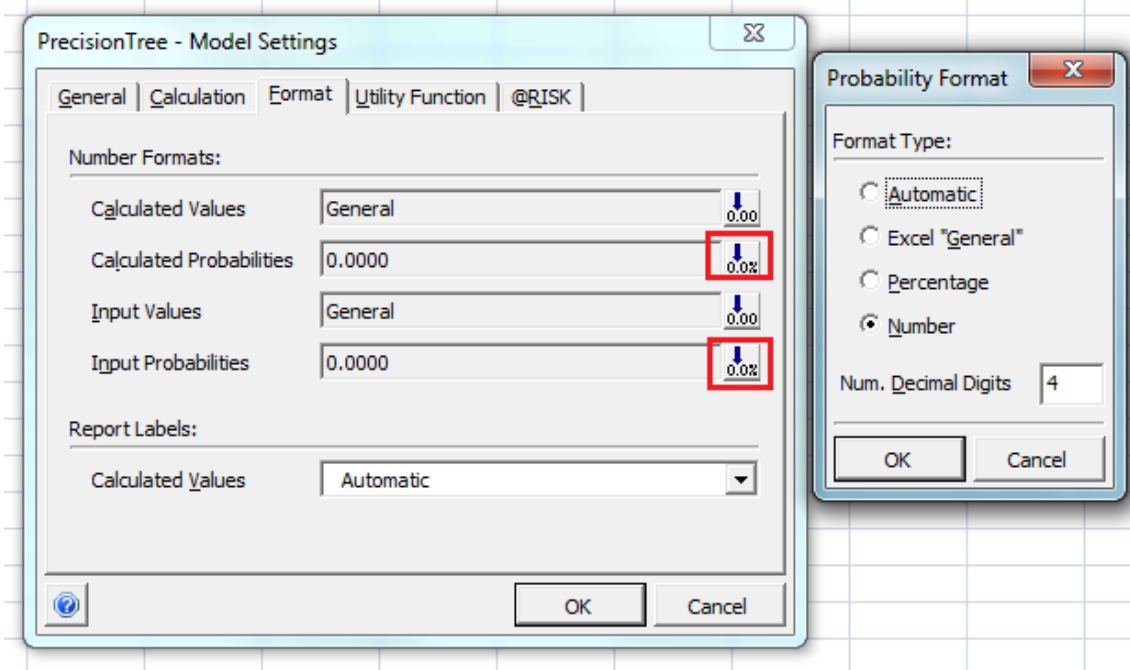
Αξίζει να σημειωθεί ότι το σύνολο των πιθανοτήτων που καταχωρούμε σε κάθε κόμβο πρέπει να είναι πάντα 100%.

Τέλος θα ασχοληθούμε αναλυτικότερα με την επιλογή Format που αφορά την παρουσίαση των δεδομένων στο δέντρο αποφάσεων. Η προεπιλεγμένη ρύθμιση του προγράμματος για την παρουσίαση των πιθανοτήτων/συχνοτήτων είναι επί τοις

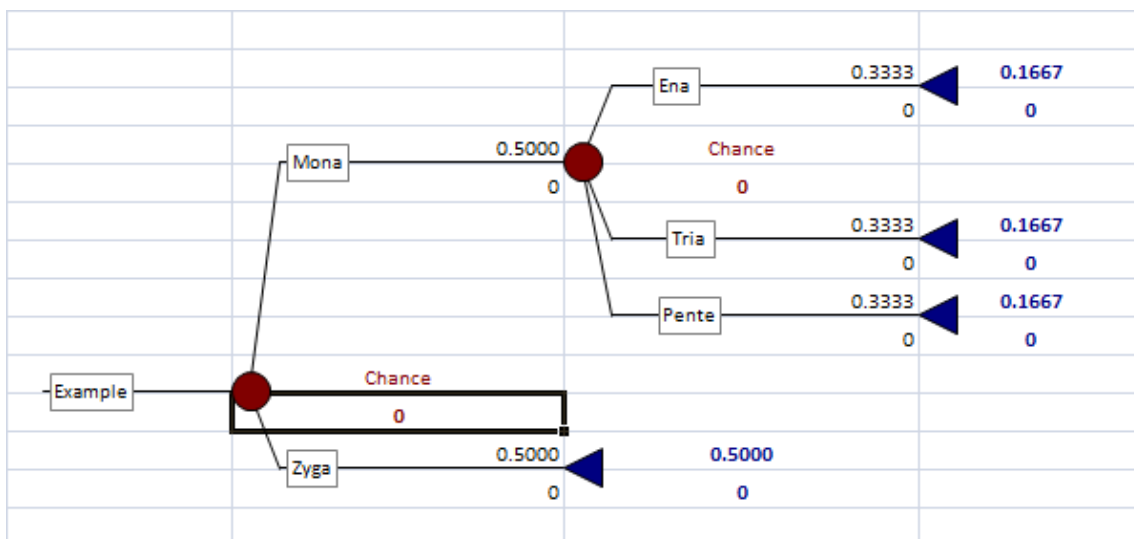
εκατό. Για να το αλλάξουμε επιλέγουμε την επιλογή Model Settings από το εικονίδιο Settings.



Στο Tab Format επιλέγοντας το Define Number Format διαλέγουμε με πιο τρόπο θα εμφανίζονται τα αριθμητικά δεδομένα του δέντρου.

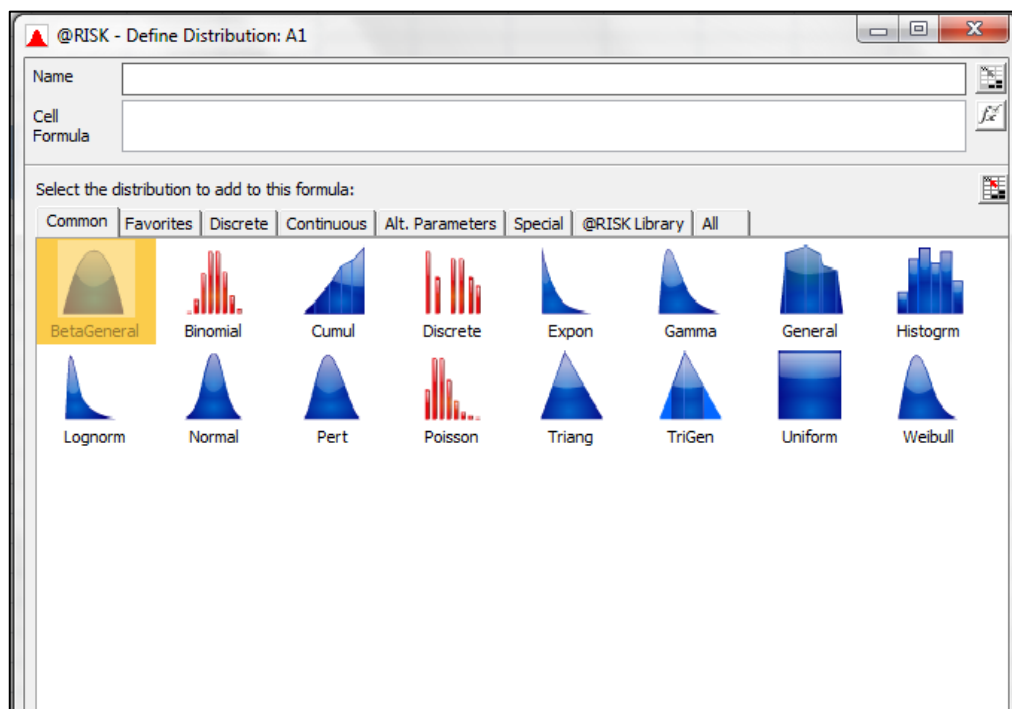


Έχοντας επιλέξει το Number με τέσσερα δεκαδικά το δέντρο του παραδείγματος έχει την παρακάτω μορφή.



### 3.@Risk

Το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα δημιουργίας μιας σειράς κατανομών, οι οποίες φαίνονται παρακάτω στην φωτογραφία:



Στη συγκεκριμένη εργασία θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με την διωνυμική κατανομή (Binomial), την οποία θα μελετήσουμε αρχικά ξεχωριστά ώστε να κατανοήσουμε καλύτερα την λειτουργία και τις δυνατότητες του προγράμματος @RISK.

Η διωνυμική κατανομή συνδέεται με ένα πολύ απλό πείραμα τύχης. Πρόκειται για τη δοκιμή Βερνουλλι ένα πείραμα τύχης με μόνο δύο, αμοιβαίως αποκλειόμενα, δυνατά αποτελέσματα. Το ένα αποτέλεσμα έχει επικρατήσει να ονομάζεται επιτυχία και το άλλο αποτυχία. Το πιο δημοφιλές παράδειγμα δοκιμής Βερνουλλι είναι η ρίψη ενός νομίσματος μία φορά. Τα δυνατά αποτελέσματα είναι προφανώς μόνο δύο: 'κεφαλή'

ή 'γράμματα'. Αν μας ενδιαφέρει η ένδειξη 'κεφαλή' χαρακτηρίζουμε επιτυχία το αποτέλεσμα 'κεφαλή' και αποτυχία το αποτέλεσμα 'γράμματα' ενώ αν μας ενδιαφέρει η ένδειξη 'γράμματα' χαρακτηρίζουμε επιτυχία το αποτέλεσμα 'γράμματα' και αποτυχία το αποτέλεσμα 'κεφαλή'. Εν συνέχεια θα ασχοληθούμε με προβλήματα που αναλύονται σε μια ακολουθία ανεξάρτητων επαναλήψεων μιας δοκιμής Bernoulli και που τα πιθανό-θεωρητικά συμπεράσματα που μας ενδιαφέρουν συνδέονται με το ερώτημα: πόσες επιτυχίες συμβαίνουν σε  $n$  επαναλήψεις μιας δοκιμής Bernoulli. Σε αυτά τα προβλήματα η διωνυμική κατανομή αποτελείται από τρεις παράμετρους ( $s, n, p$ ) όπου:

$n$ : εκφράζει το πλήθος των δοκιμών  
 $s$ : εκφράζει το αριθμό των επιτυχιών  
 $p$ : εκφράζει την πιθανότητα επιτυχίας

Ο προσδιορισμός και των τριών ποσοτήτων εκφράζει την πιθανότητα  $s$  επιτυχιών σε  $n$  δοκιμές:

$$p(X = s) = \left( \frac{n!}{s!(n-s)!} \right) \cdot p^s \cdot (1-p)^{n-s}$$

Για την εφαρμογή της διωνυμικής κατανομής πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Κάθε δοκιμή είναι ανεξάρτητη της άλλης
- Κάθε δοκιμή έχει δύο δυνατά αποτελέσματα
- Η πιθανότητα επιτυχίας σε κάθε δοκιμή, συμβολίζεται με  $p$  και παραμένει σταθερή.

Ο διωνυμικός συντελεστής  $C_s$  όπου :

$$C_s = \binom{n}{s} = \frac{n!}{s!(n-s)!}$$

προσδιορίζει τον συνολικό αριθμό των τρόπων όπου μπορούν να παρατηρηθούν  $s$  επιτυχίες σε  $n$  δοκιμές. Κάθε τρόπος να παρατηρηθούν  $s$  επιτυχίες σε  $n$  δοκιμές έχει σταθερή πιθανότητα όση με  $p^s \cdot (1-p)^{n-s}$  και κατά συνέπεια αν θεωρηθεί ως τυχαία μεταβλητή ο αριθμός των επιτυχιών σε  $n$  δοκιμές τότε:

$$s = f(x) = \text{Binomial}(n, p) = \binom{n}{x} \cdot p^x \cdot (1-p)^{n-x}$$

όπου η παραπάνω είναι η συνάρτηση μάζας πιθανότητας του αριθμού των επιτυχιών και εκφράζει την μεταβλητότητα του συστήματος.

Ας δούμε λοιπόν ένα παράδειγμα υπολογισμού για να κατανοήσουμε καλύτερα τα παραπάνω. Θα υπολογίσουμε τον ετήσιο αριθμό ατυχημάτων που αναμένεται να έχουμε στην Ελλάδα για το έτος 2006 με βάση τα στατιστικά στοιχεία στα έτη 1992-2005. Ο υπολογισμός θα γίνει αρχικά με την βοήθεια του EXCEL και μετά με την χρήση του @RISK. Έχουμε λοιπόν:

$n$ : ετήσιος αριθμός πλοίων (Κάθε πλοίο θεωρείται ανεξάρτητος με δυο δυνατά αποτελέσματα: 1.ΟΧΙ ΑΤΥΧΗΜΑ - 2.ΑΤΥΧΗΜΑ)  
 $s$ : ετήσιος αριθμός ατυχημάτων  
 $p$ : πιθανότητα ατυχήματος

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας για το έτος 2006 είχαμε  $n=1483$  πλοία και για τα έτη 1992-2005 είχαμε ένα συνολικό αριθμό 569 ατυχημάτων σε σύνολο 23152 πλοίων. Κατά συνέπεια η εκτίμηση για την πιθανότητα ατυχήματος είναι:

| 1992-2005 |           |             |
|-----------|-----------|-------------|
| n         | s         | $p_0 = s/n$ |
| ΠΛΟΙΑ     | ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ | ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ  |
| 23152     | 569       | 0,02457671  |

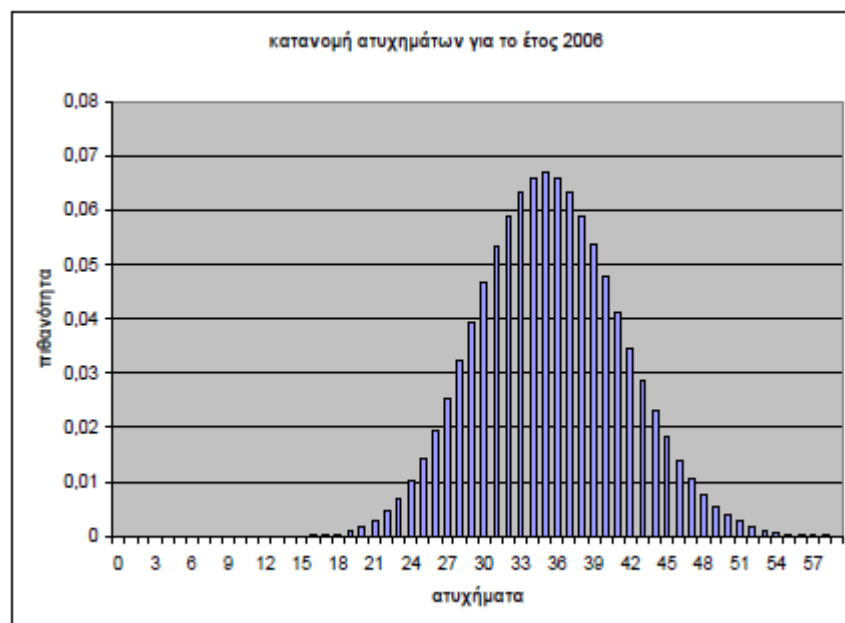
Έτσι λοιπόν έχοντας υπολογίσει την αρχική πιθανότητα βρίσκουμε ότι:

$$E(x) = n \cdot p = 1483 \cdot 0,024577 = 36,45 \text{ ατυχήματα (μέση τιμή)}$$

$$\sigma = [n \cdot p \cdot (1-p)]^{1/2} = 5,96 \text{ ατυχήματα (τυπική απόκλιση)}$$

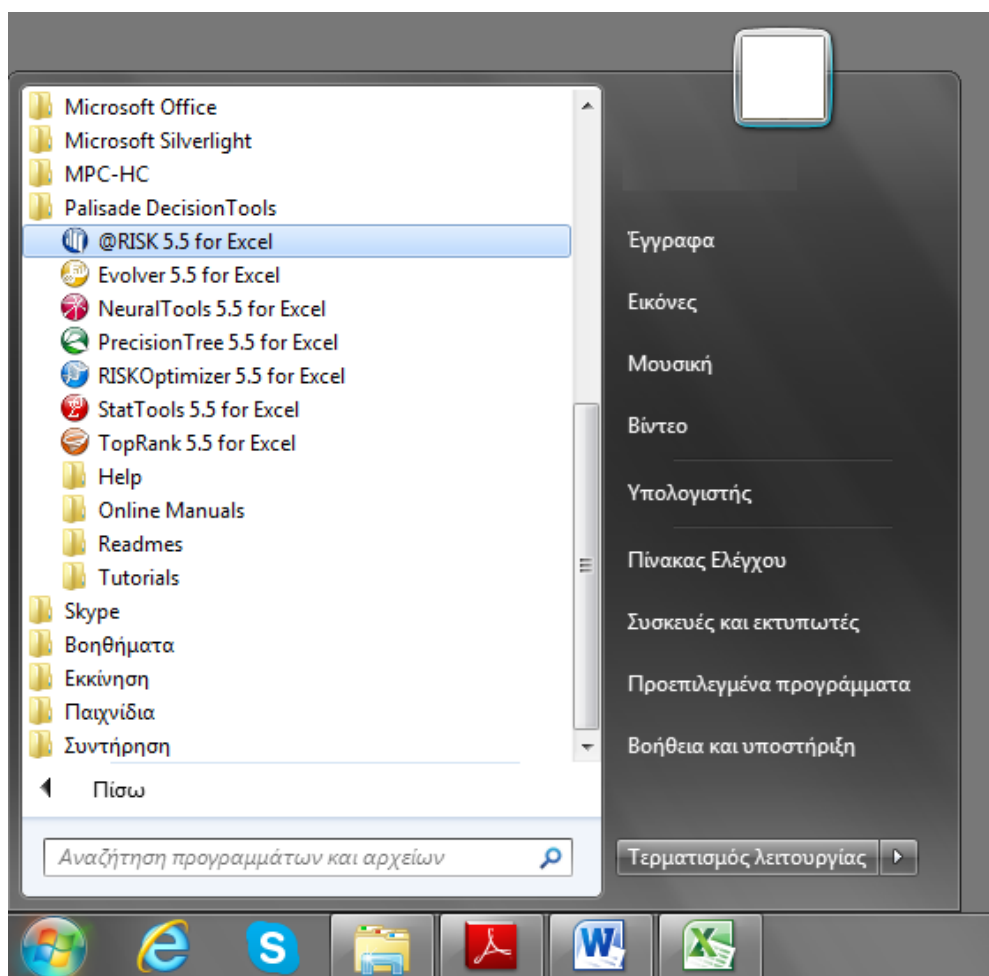
| 2006  |             |            |             |
|-------|-------------|------------|-------------|
| n     | ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ!  | P          | ΔΙΑΣΠΟΡΑ!   |
| ΠΛΟΙΑ | ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ   | ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ | ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ |
| 1483  | 36,44726158 | 0,02457671 | 5,962508514 |

Επαναλαμβάνοντας τώρα για  $n=0,1,2,\dots,1483$  βρίσκουμε τις αντίστοιχες τιμές τις εξίσωσης  $s=f(x)=\text{Binomial}(n,p)$  και τελικά έχουμε: [11]



Στο παράδειγμα αυτό υπολογίστηκε η μεταβλητότητα του συστήματος ως προς τα πιθανό αριθμό ατυχημάτων, ενώ η αβεβαιότητα εκφράστηκε στην μορφή της τυπικής απόκλισης. Ας επαναλάβουμε το ίδιο παράδειγμα μόνο που αυτή την φορά θα κάνουμε χρήση του προγράμματος @RISK. Αρχικά επιλέγουμε και εκτελούμε το πρόγραμμα που βρίσκεται στην έναρξη.





Και επιλέγουμε το αντίστοιχο φύλλο (TAB) που εμφανίζεται στο EXCEL.

|   | B         | C         | D          | E | F    | G |
|---|-----------|-----------|------------|---|------|---|
| 1 | 1992-2005 |           |            |   |      |   |
| 2 | n         | s         | $p0 = s/n$ |   | RISK |   |
| 3 | ΠΛΟΙΑ     | ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ | ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ |   |      |   |
| 4 | 23152     | 569       | 0,02457671 |   |      |   |
| 5 | 2006      |           |            |   |      |   |

Επιλέγουμε το κελί στο οποίο θέλουμε να πραγματοποιηθεί και να αποθηκευτεί ο υπολογισμός και επιλεγούμε την πρώτη εντολή από την γραμμή εργασίας 'Define Distribution'.

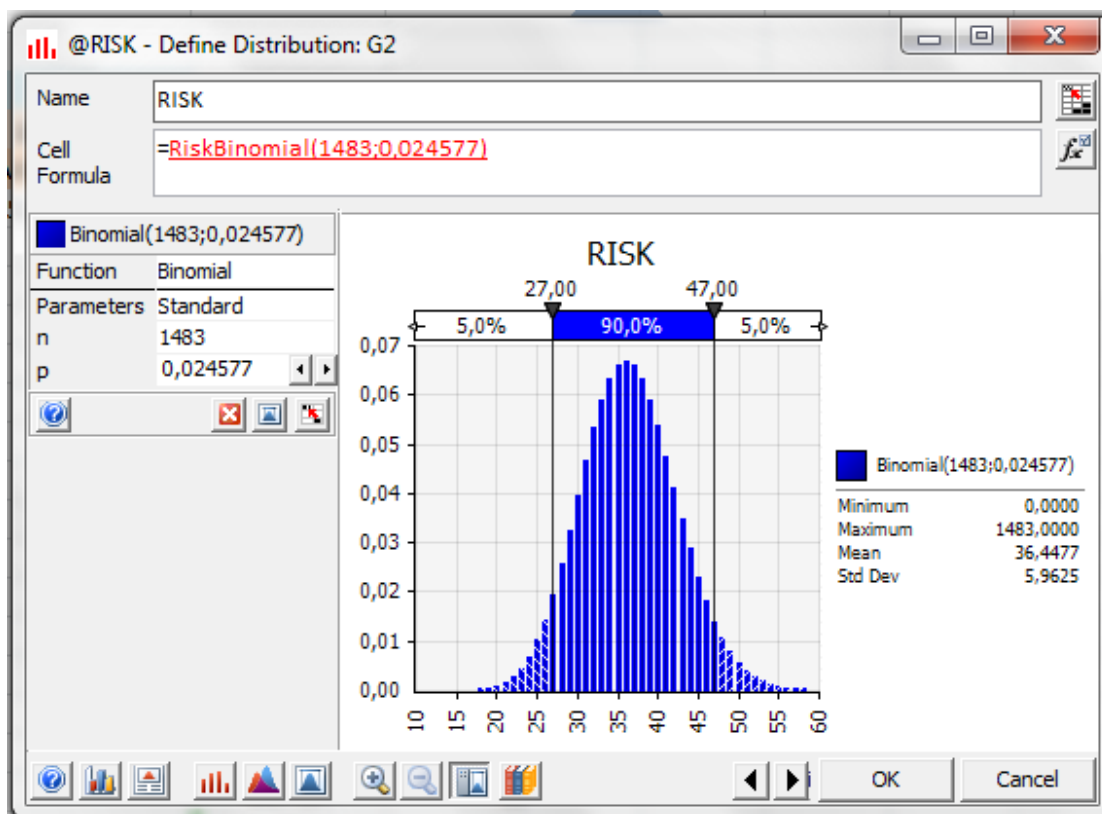
The screenshot shows the @RISK software interface within Microsoft Excel. The spreadsheet contains data for two periods: 1992-2005 and 2006. The 2006 data includes a mean value of 36,44726158 and a probability of 0,02457671. A dialog box titled '@RISK - Define Distribution: G2' is open, showing various distribution options. The 'Binomial' distribution is selected, and the 'Select Distribution' button is highlighted.

| Year      | n     | s           | $p_0 = s/n$ |
|-----------|-------|-------------|-------------|
| 1992-2005 | 23152 | 569         | 0,02457671  |
| 2006      | 1483  | 36,44726158 | 0,02457671  |

Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε την διωνυμική κατανομή (Binomial) και πατάμε 'Select Distribution'

The close-up screenshot shows the '@RISK - Define Distribution: G2' dialog box. The 'Binomial' distribution is selected, and the 'Select Distribution' button is highlighted.

Στο νέο παράθυρο δηλώνουμε τις παραμέτρους  $n$  και  $p$ , όπου  $n=1483$  και  $p=0,024577$  και το πρόγραμμα σχεδιάζει την κατανομή και βρίσκει αυτόματα την μέση τιμή (Mean) καθώς και την τυπική απόκλιση (Std Dev).



Πατώντας OK το παράθυρο κλείνει και ολοκληρώνεται ο υπολογισμός του ρίσκου!

|   | B         | C         | D          | E | F    | G  |
|---|-----------|-----------|------------|---|------|----|
| 1 | 1992-2005 |           |            |   |      |    |
| 2 | n         | s         | p0 = s/n   |   | RISK | 36 |
| 3 | ΠΛΟΙΑ     | ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ | ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ |   |      |    |
| 4 | 23152     | 569       | 0,02457671 |   |      |    |

Επαναλαμβάνοντας την παραπάνω διαδικασία μπορούμε να υπολογίσουμε το ρίσκο για οποιονδήποτε συνδυασμό μεταβλητών.



# INSTRUCTION MANUAL

---

## Containerships Incident Database

Ship Design Laboratory - National University of Athens

Document ID Code:

Contract No:

Approved No:

For The Use Of:

26/5/2013

---

**CLASSIFICATION AND APPROVAL**

Classification:                      Restricted

**DEFINITION**

**PU** = Public

**PP** = Restricted to other programme participants

**RE** = Restricted to a group specified by the consortium

**CO** = Confidential, only for members of the consortium

**AUTHORS:**

| Name                      | Date       | Signature |
|---------------------------|------------|-----------|
| Dr. Eleftheria Eliopoulou | 01-10-2012 | <hr/>     |
| Georgakopoulos Spiros     | 01-10-2012 | <hr/>     |
| Konstantinou Agis         | 01-10-2012 | <hr/>     |
| Kopoukis Apostolos        | 01-10-2012 | <hr/>     |
| Foutzopoulos Rafail       | 01-10-2012 | <hr/>     |

**APPROVAL:**

Approved for release by:

| Name | Date | Signature |
|------|------|-----------|
|------|------|-----------|

|                              |            |  |
|------------------------------|------------|--|
| Prof. Apostolos Papanikolaou | 01-10-2012 |  |
|------------------------------|------------|--|

---

**DOCUMENT HISTORY:**

| Issue: | Date: | Initials: | Revised pages: | Short description of changes:<br>File name: |
|--------|-------|-----------|----------------|---|
|        |       |           |                |   |
|        |       |           |                |   |
|        |       |           |                |   |

**DISCLAIMER**

Use of any knowledge, information or data contained in this document shall be at the user's sole risk. Neither the NTUA-Germanischer Lloyd nor any of its members, their officers, employees or agents accept shall be liable or responsible, in negligence or otherwise, for any loss, damage or expense whatever sustained by any person as a result of the use, in any manner or form, of any knowledge, information or data contained in this document, or due to any inaccuracy, omission or error therein contained.



## CONTENTS

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>PREAMBLE</b> .....                                 | <b>6</b>  |
| <b>2.</b> | <b>GENERAL INSTRUCTIONS</b> .....                     | <b>6</b>  |
| <b>3.</b> | <b>ACCIDENTAL CAUSAL DATA</b> .....                   | <b>10</b> |
| 3.1       | FT-1: (NON-ACCIDENTAL) STRUCTURAL FAILURE .....       | 10        |
| 3.2       | FT-2: FAILURE OF HULL FITTINGS .....                  | 10        |
| 3.3       | FT-3 : COLLISION.....                                 | 11        |
| 3.4       | FT-4: CONTACT .....                                   | 12        |
| 3.5       | FT-5: GROUNDING .....                                 | 13        |
| 3.6       | FT-6: FIRE .....                                      | 14        |
| 3.7       | FT-7: EXPLOSION.....                                  | 15        |
| 3.8       | FT-8: UNKNOWN REASONS.....                            | 17        |
| 3.9       | FT-9: MACHINERY FAILURE.....                          | 17        |
| <b>4.</b> | <b>ACCIDENTAL CONSEQUENCES &amp; OTHER DATA</b> ..... | <b>18</b> |
| 4.1       | INCIDENT INFO TAB.....                                | 18        |
| 4.2       | WEATHER INFO TAB .....                                | 20        |
| 4.3       | HUMAN INFO TAB .....                                  | 22        |
| 4.4       | MISC NOTES TAB .....                                  | 23        |

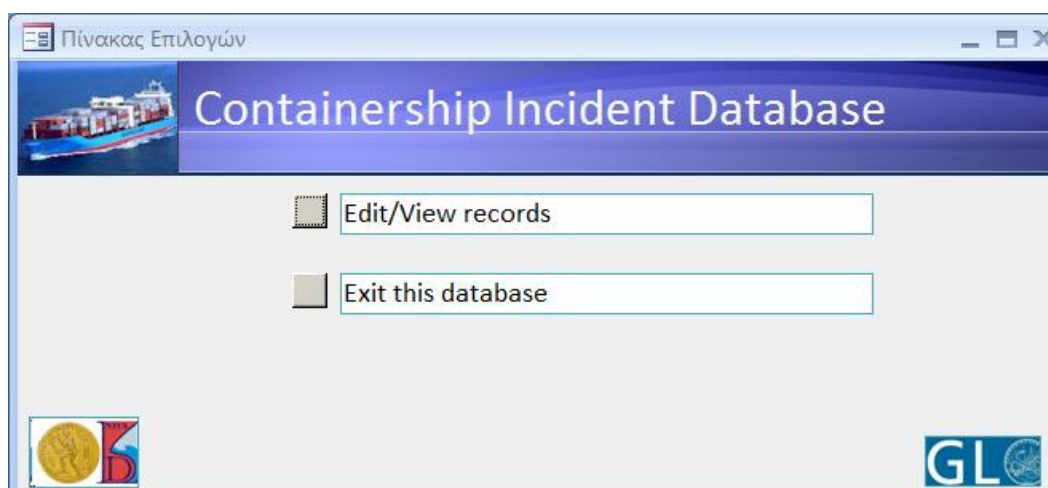
## 1. PREAMBLE

The Containerships Incident Database “**Container-Database.mde**” has been set-up by NTUA-SDL in MS ACCESS 2007 format and can run at any PC computer employing MS Office 2007 (and upwards). In its present form, the database includes accidental data of cellular containerships, as they were available to the Germanischer Lloyd. These data were imported into the database by NTUA-SDL to enable the further analysis of the data by both organisations. The present instructions manual aims at explaining some basic features of MS ACCESS 2007 and at supporting the analysis work of prospective Containerships Incident database users.

## 2. GENERAL INSTRUCTIONS

After opening the “**Container-Database.mde**” file, the Main Switchboard / menu appears, as shown in the figure below. It contains the following four options, namely:

- i. Enter/View records
- ii. Exit this database



By clicking on the button “Enter/View Records”, the casualties’ form appears.

The first part of the casualties’ form (General Data) contains five different tabs (Ship Info - Incident Info - Weather Info - Human Info - Misc Notes) and present general data, initially obtained by Germanischer Lloyd MS Excel files.

More specific:

**Ship Info** tab, contains general characteristics of the ship involved in the incident, following the definition of IHS Commercial Casualty Database.

In the right-down red box, the possibility of other initial source information is registered. In the vast majority of serious incidents’ recording the main source is IHS Commercial Casualty Database.

#### Notes:

- ✓ If the particular record is coming only from LMIU database then tick the box “LMIU-info”.
- ✓ If the particular record is coming from IHS but exists also in LMIU database, the box “LMIU-Info” is remained un-ticked and the accident’s degree of severity according to LMIU is registered in the relevant box “LMIU-Severity”.

- ✓ If the particular record is coming only from GISIS database then tick the box “GISIS-info”.
- ✓ If the particular record is coming from IHS but exists also in GISIS database, the box “GISIS-Info” is remained un-ticked and the accident’s degree of severity according to GISIS is registered in the relevant box “GISIS-Severity”.
- ✓ Finally, in the database there is the opportunity for the user/analyst to register his personal opinion and investigate the casualty recording according to the particular degree of severity (User Opinion on Incident Severity).

The tabs “**Incident Info**”, “**Weather Info**”, “**Human Life Info**” and “**Misc Notes**” are related to the incident event, related weather conditions, loss of crews’ life because of the accident and general notes relevant to the incident. These tabs will be analysed in the next sections of this document.

After studying the available texts, the user/analyst should decide on the main accident/incident type. It is strongly recommended, when deciding on the main accident/incident type, to take into account the proposed categorization of the accident, as laid down in the box “Incident Category”.

The user/analyst should then proceed and select by the drop-down menu one of the “Incident Category” fields, namely:

### 1. Structural Failure

As Non-Accidental Structural failure (NASF) is defined any hull damage such as cracks and fractures, affecting ship’s seaworthiness or efficiency.

### 2. Hull Fittings

As Failure of Hull Fittings is defined any damage to ship’s hull-fitting equipment/outfitting, affecting ship’s seaworthiness or efficiency.

### 3. Collision

When the investigated vessel is the striking one or being struck by another ship, regardless of whether under way, anchored or moored. This category does not include striking wreck.

#### 4. Contact

When the investigated vessel is striking any fixed or floating object other than those included under collision and grounding.

#### 5. Grounding

When the investigated vessel being aground or hitting/touching shore, sea bottom or underwater objects (wrecks, etc.)

#### 6. Fire

Where fire is the first initiating event reported.

#### 7. Explosion

Where explosion is the first initiating event reported.

#### 8. Machinery Failure

Where a technical failure of machinery or related system affecting ship's seaworthiness or efficiency.

#### 9. War Loss/Hostilities

#### 10. Occupational

Occupational hazards with the potential of injuring, or in special circumstances even kill, individual crew members.

Once the selection of the main accident/incident type has been made, then the user/analyst should click on the relevant tab button (controller) of the particular main accident/incident type in order to proceed with the completion of the relevant fields.

For exiting the database form and returning to the Main Switchboard / menu, the user/analyst should tick the cross button of the database form window (the bold "x", but not the red coloured cross box of the MS Access above it, as this will lead to an exit from the database and no further actions can be taken).

Any data filled in the database form will be automatically saved when exiting. It is recommended before exiting the input session, to make sure that the input data are correct, as they will be automatically saved in the relevant MS Access database file. Revision of this data can be done any time since there is no "frozen action" operation of the database.

In the following, some guidance is provided for the proper interpretation of the laid-down FT scheme and the correct use of the database.

### 3. ACCIDENTAL CAUSAL DATA

#### 3.1 FT-1: (Non-accidental) Structural Failure

If “**Structural Failure**” is selected, the user/analyst can choose from a drop-down menu one of the following three options:

- Structural degradation
- Poor design or construction
- Excessive loading

The screenshot shows a software interface with a horizontal tabbed menu at the top. The tabs are: 'Structural Failures', 'Hull Fitting Failures', 'Collisions', 'Contacts', 'Groundings', 'Fires', 'Explosions', 'Unknown Reason', and 'Machinery Failures'. The 'Structural Failures' tab is currently selected. Below the tabs, there are three vertically stacked drop-down menus. The first is labeled 'Structural Failure:' and has a small downward arrow on its right side. The second is labeled 'Structural Degradation:' and also has a small downward arrow on its right side. The third is labeled 'Structural Loading:' and has a small downward arrow on its right side. All three menus are currently empty.

If the user/analyst chooses “Structural degradation”, the user/analyst should click on the one and only choice of the “Structural degradation” drop-down menu:

- Inadequate Maintenance / Ineffective Inspection AND Fatigue / Corrosion

If “Poor design or construction” is selected, then the user/analyst has no further choices/no further input requested.

If the user/analyst chooses “Excessive loading”, the user/analyst should select one choice of the following drop-down menu:

- Operation in abnormal conditions
- Ballast related
- Cargo related

#### 3.2 FT-2: Failure of Hull Fittings

If “**Failure of Hull Fittings**” is selected the user/analyst should choose from the “Failure of Hull Fittings” drop-down menu one of the following two options:

- Equipment Failure
- Misuse of equipment

|                     |                       |            |          |            |       |            |                |                    |
|---------------------|-----------------------|------------|----------|------------|-------|------------|----------------|--------------------|
| Structural Failures | Hull Fitting Failures | Collisions | Contacts | Groundings | Fires | Explosions | Unknown Reason | Machinery Failures |
|---------------------|-----------------------|------------|----------|------------|-------|------------|----------------|--------------------|

Hull Fittings:

Equipment Failure:

Equipment Misuse:

If the user/analyst chooses “Equipment Failure”, the user/analyst should select one choice of the following drop-down menu:

- Failure of closing systems
- Chain locker failure
- Manhole failure
- Water Leakage through Ventilation Lines
- Equipment/Outfitting Failure
- Lashing Failure

If the user/analyst chooses “Misuse of equipment”, the user/analyst should select one choice of the following drop-down menu:

- Misuse of Chainlocker
- Manhole left open
- Ventilation lines incorrectly open
- Misuse of Loading Equipment

### 3.3 FT-3 : Collision

If “Collision” is selected, the user/analyst then proceeds with choosing from the “Collision” drop-down menu the one and only choice:

- Struck
- Striking
- Unknown

|                     |                       |            |          |            |       |            |                |                    |
|---------------------|-----------------------|------------|----------|------------|-------|------------|----------------|--------------------|
| Structural Failures | Hull Fitting Failures | Collisions | Contacts | Groundings | Fires | Explosions | Unknown Reason | Machinery Failures |
|---------------------|-----------------------|------------|----------|------------|-------|------------|----------------|--------------------|

Collision:

Collision Avoidance Manoeuvre:

Failed Last Min Avoidance:

Failed Close-quarter Avoidance:

Containership\_Fails\_Avoid:

If there are further details in the particular record, the user/analyst should choose one of the following options of the “Collision Avoidance Manoeuvre” drop-down menu:

- Failed Last Minute and Close-quarter avoidance

For the “Failed last-minute avoidance”, the user/analyst can choose one of the following options of the drop-down menu:

- Combined avoidance causes collision
- Ship fails to avoid collision
- Internal communication Problem
- Crash stop failed

For the “Failed close quarter avoidance”, the user/analyst can choose one of the following options of the drop-down menu:

- Ineffective early avoidance action
- Ship forced to accept collision hazard
- Own ship unaware of collision course

For the “Containership Fails Avoid”, the user/analyst can choose one of the following options of the drop-down menu:

- Failure to supervise route
- Failure of collision avoidance manoeuvre

### 3.4 FT-4: Contact

If “**Contact**” is selected, in the “Contact” tab the user/analyst should choose one of the following options of the “Contact” drop-down menu:

- With floating object
- With fixed installation

The screenshot shows a software interface with a tabbed menu at the top. The 'Contact' tab is active. Below the tabs, there is a 'Contact:' dropdown menu. The dropdown menu is open, showing several options, each with a corresponding input field:

- with Floating Object: [input field]
- Floating Object - No Visual Detection: [input field]
- Floatind- No Visual Detection Because: [input field]
- Floating Object Not Avoided: [input field]
- with Fixed Installation Not Avoided: [input field]
- Fixed Installation, Not Detected: [input field]
- Fixed-Ship Unaware: [input field]

If “With floating object” is selected, the user/analyst should click one of the choices of the following drop-down menu:

- Object not detected
- Object detected but not avoided

If “Floating Object not detected” is selected, the user/analyst should click on the one and only choice of the following drop-down menu:

- No visual detection from bridge & Equipment Failure
- Human Error



Further on, the user/analyst has the possibility of choosing between the following two options on the “No Visual Detection Because” box:

- Environment (poor visibility)
- Watchkeeping failure

If “Object detected but not avoided” is selected, the user/analyst should click on one of the following options of the drop-down menu:

- Manoeuvring Avoidance Error
- Internal communication Failure
- Steering system failure
- Propulsion system failure
- Bad environmental conditions

If “With fixed installation” is selected:

If “Contact Fixed Installation Not Avoided” is selected, the user/analyst should click on one of the following options of the drop-down menu:

- Manoeuvring Avoidance Error
- Internal communication Failure
- Steering system failure
- Propulsion system failure
- Bad environmental condition

If “Object not detected” is selected, the user/analyst should select one of the following two options:

- Object Not mapped
- Ship unaware of striking hazards

If “Object not mapped” is chosen, then there are no further choices in this tab to be made.

If “Ship unaware of striking hazard” is chosen, then the user/analyst should click on the one and only choice of the following drop-down menu:

- VTS Failure & Uncorrected Navigational Error & External Communication Failure

### 3.5 FT-5: Grounding

If “**Grounding**” is selected, the user/analyst should choose from a drop-down menu one of the following three choices:

- Drift Grounding
- Powered Grounding
- Unknown

|                     |                       |            |          |            |       |            |                |                    |
|---------------------|-----------------------|------------|----------|------------|-------|------------|----------------|--------------------|
| Structural Failures | Hull Fitting Failures | Collisions | Contacts | Groundings | Fires | Explosions | Unknown Reason | Machinery Failures |
|---------------------|-----------------------|------------|----------|------------|-------|------------|----------------|--------------------|

|                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| Grounding:         | <input type="text"/> |
| Drift Grounding:   | <input type="text"/> |
| Loss of:           | <input type="text"/> |
| Powered Grounding: | <input type="text"/> |

### Notes:

- ✓ Whenever “Low tide” is reported, the “Grounding” is considered as “Drift Grounding”.
- ✓ Whenever no problem on propulsion or steering system is reported, the “Grounding” is considered as “Powered Grounding”.
- ✓ When the “Towed Away” tick-box is ticked, then it should not be “Powered Grounding”
- ✓ When “Sailed By Her Means” is ticked, then it definitely concerns “Powered Grounding”

If “Drift Grounding” is selected, the user/analyst should click on one of the choices of the following drop-down menu:

- Propulsion / Steering System Loss & Drift to Shallow Water

The user/analyst should then proceed and make input to the following two options, to the extent feasible:

- Loss of propulsion system
- Loss of steering system

If “Powered Grounding” is selected, the user/analyst should click on one of the choices of the following drop-down menu:

- Detected but not avoided
- Squat Effect
- Not detected

### 3.6 FT-6: Fire

If “**Fire**” is selected as a first event, then the user/analyst should tick the field “Fire as a first event” in the relevant “Fire” tab. If there are available further data, then the user/analyst can proceed with choosing from the “Fire Starting Location” drop-down menu one of the following choices:

- Internal source
- External source
- By lightning

| Structural Failures                                 | Hull Fitting Failures | Collisions   | Contacts | Groundings | Fires  | Explosions | Unknown Reason | Machinery Failures |
|---|-----------------------|--|----------|------------|--|------------|----------------|--------------------|
| Fire 1st Event: <input checked="" type="checkbox"/> |                       | Fire starting location: <input type="text" value="Internal Source"/>   |          |            | Followed Explosion: <input type="checkbox"/>                     |            |                |                    |
| Fire due to Internal source: <input type="text"/>   |                       | <input type="text" value="Internal Source"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>Internal Source</li> <li>External Source</li> <li>Lightning</li> </ul> |          |            | Fire Ignition: <input type="text"/>                              |            |                |                    |
| Fire in AFT Area: <input type="text"/>              |                       | <input type="text"/>   |          |            | Fire Extinguished within (hours): <input type="text" value="7"/> |            |                |                    |
| Fire on Superstructure: <input type="text"/>        |                       | <input type="text"/>   |          |            |  |            |                |                    |

If the choice is “Internal source”, then there is the following drop-down menu:

- In Aft Area
- On Deck Cargo Area
- In Ballast Tanks/Void Spaces
- In Hold Cargo Area
- In Fore Peak Area

If the choice is “In Aft Area”, then there is the following drop-down menu:

- On superstructure
- Other Areas
- Engine Room

If the choice is “On superstructure”, then there is the following drop-down menu:

- Accommodation
- Bridge

Then, the user/analyst should complete any information on “Ignition Source” box, where there is the following drop-down menu:

- Electrostatic charges
- Cooking related
- Heating equipment
- Hot works
- Smoking related
- Electrical faults
- Broken Fuel Pipe
- Self-Ignition
- Containers’ Content
- Engine’s Crankcase
- Unknown

Finally, the user/analyst should complete any available information on “Fire Extinguished within” box [in hours] and tick “YES” if the incident was followed by and explosion.

### 3.7 FT-7: Explosion

If “**Explosion**” is selected as a first event, then the user/analyst should tick the field “Explosion as a first event” in the relevant “Explosion” tab. If there are available further data, then the user/analyst can proceed with choosing from the “Explosion Location” drop-down menu one of the following choices:

- In Hold Cargo Area
- In Aft Area
- On Deck Cargo Area
- Ballast Tanks/Void spaces
- In Fore Peak Area

If the choice is “In AFT Area”, then the other boxes (apart from “Ignition Source”) freeze and there is the following drop-down menu:

- Fuel Tank
- Boiler
- Accommodation
- Engine Room

If the choice is “On Deck Cargo Area”, all the boxes (apart from “Ignition Source”) freeze and there are no further choices to be made.

Then, the user/analyst should complete any information on “Ignition Source” box, where there is the following drop-down menu:

- Electrostatic charges
- Cooking related
- Heating equipment
- Hot works
- Smoking related
- Electrical faults
- Broken Fuel Pipe
- Self-Ignition
- Containers’ Content
- Engine’s Crankcase
- Unknown

Finally, the user/analyst should tick “YES” in the field “Followed Fire” in the relevant “Explosion” tab if the Incident was followed by fire.

### 3.8 FT-8: Unknown reasons

If “**Unknown reasons**” is selected, (due to e.g. lack of information), in the relevant tab the user/analyst should tick “**YES**”.

|                     |                       |            |          |            |       |            |                |                    |
|---------------------|-----------------------|------------|----------|------------|-------|------------|----------------|--------------------|
| Structural Failures | Hull Fitting Failures | Collisions | Contacts | Groundings | Fires | Explosions | Unknown Reason | Machinery Failures |
|---------------------|-----------------------|------------|----------|------------|-------|------------|----------------|--------------------|

Unknown Reasons:

### 3.9 FT-9: Machinery Failure

If “**Machinery Failure**” is selected, in the relevant tab the user/analyst can choose from a drop-down menu one of the following three choices:

- Steering System Failure
- Propulsion System Failure
- Rudder Damage
- Propeller Damage
- Bow Thruster Damage
- Turbo Charger Problem
- Other

|                     |                       |            |          |            |       |            |                |                    |
|---------------------|-----------------------|------------|----------|------------|-------|------------|----------------|--------------------|
| Structural Failures | Hull Fitting Failures | Collisions | Contacts | Groundings | Fires | Explosions | Unknown Reason | Machinery Failures |
|---------------------|-----------------------|------------|----------|------------|-------|------------|----------------|--------------------|

Machinery Failure:

- Steering System Failure
- Propulsion System Failure
- Rudder Damage
- Propeller Damage
- Bow Thruster Problem
- Turbo Charger Problem
- Other

#### Notes:

- ✓ The tailshaft is considered as part of the machinery and more particularly of the propulsion system. Thus, failure of tailshaft is a mechanical failure related to propulsion.
- ✓ It is also noted that in this accident type also belongs the Crankshaft failure. Furthermore, wherever the main engine crankshaft fails, “*propulsion failure*” should be checked; wherever the auxiliary engine crankshaft fails, “*other failure*” should be checked.

#### 4. ACCIDENTAL CONSEQUENCES & OTHER DATA

After the accidental causal data according to the main accident/incident type and fault trees has been completed (to the extent feasible), the user/analyst is asked to complete any other information (consequences of accidents/incidents and general information about the accident/incident) that can be extracted by the texts available, namely:

##### 4.1 Incident Info tab

The screenshot shows the 'Containerships - Incident Database' application window. The 'Incident Info' tab is active. The form contains the following fields and options:

- Incident Number: 1
- Incident Date: 24/5/2008
- Casualty Type: Fire/Explosion
- Incident Severity: Serious
- Marsden Grid Ref: 28
- Location: Sri Lanka, GULF OF MANNAR
- Cargo Status: Loaded
- Scrap or Loss Date: 2009
- Event Location: Open Sea (dropdown)
- Operating Condition: Sailing / En-route (dropdown)
- Loss of Payload in TEU: [empty]
- Release of hazardous/polluting cargo:
- Release of oil:  Oil Spill Quantity (in tonnes): [empty] Oil Spill Recovered (in tonnes): [empty]
- Class At Time Of Incident: Indian Register of Shipping
- Broken in Pieces:  Total Loss:  Broken up:
- LMIU Secondary Cause: [empty]
- LOWI Occurred:  Remains Afloat:  Sailed by Her Means:  Towed Away:
- No Damage Reported:  Minor Repairs:  Major Repairs:  No Damage Sustained:

**Event Location:** The user/analyst should complete the location of the ship at the time of the incident, as possibly reported in the relevant texts. The user/analyst has the following options:

- 1 Port
- 2 Inland waters
- 3 Canal
- 4 River
- 5 At berth
- 6 Anchorage
- 7 Port Approach
- 8 Archipelagos
- 9 Coastal waters (<12miles)
- 10 Open sea
- 11 Restricted Waters
- 12 Shipyard
- 13 Dry-dock
- 14 Unknown

**Operating Condition:** The user/analyst should complete the ship operation when the incident occurred, as possibly reported in the relevant texts. The user/analyst has the following options:

|    |                    |
|----|--------------------|
| 1  | Under repair       |
| 2  | Berth              |
| 3  | Port               |
| 4  | Discharging        |
| 5  | Sailing / En-route |
| 6  | Anchoring          |
| 7  | Ballasting         |
| 8  | Bunkering          |
| 9  | Loading            |
| 10 | Manoeuvring        |
| 11 | Towed              |
| 12 | Mooring            |
| 13 | Under construction |
| 14 | Unknown            |

Additionally, there are boxes to be checked (Weather Info tab) in case of availability of relevant environmental data, namely:

#### **Outcome of the incident**

The user/analyst should tick one or more of the following boxes, according to the information available:

1. L.O.W.I. (Loss Of Watertight Integrity) occurred
2. Broken In (two or more) Pieces
3. Total Loss
4. Remains Afloat
5. Towed Away
6. Sailed By Her Means
7. Minor Repairs
8. Major Repairs
9. Broken Up
10. No Damage Reported
11. No Damage Sustained
12. Release of oil
13. Release of hazardous/polluting cargo

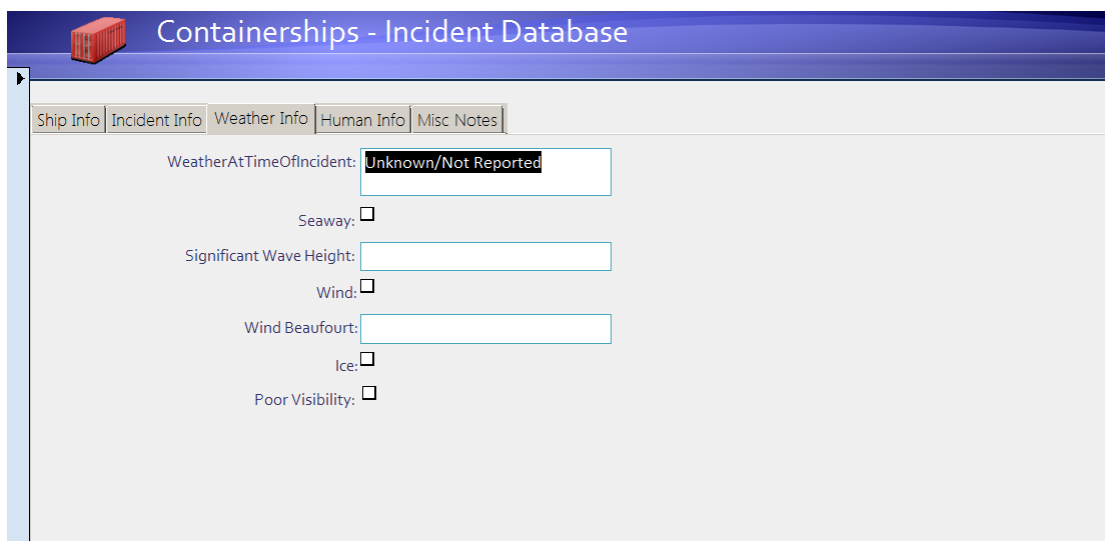
#### **Notes**

- ✓ Whenever the accident/incident took place while the ship was “Under repair”, (see “Operating Condition” field) or the “Event Location” is either “Berth” or “Anchorage”, the “Remains Afloat” tick-box should NOT be ticked.
- ✓ It is also noted that whenever “Broken Up” is ticked, do not tick “Total Loss”. Ship loss because of the accident is accounted by adding “Total Loss” and “Broken Up”.

- ✓ A few conventions for deciding on whether a repair is major are presented below:
- i. if it requires hull check by Class, it is major
  - ii. if it involves a shipyard, it would tend to be major
  - iii. if it takes a number of days for the repair, it is rather major (but bearing in mind that the ship may be idle for other reasons such as lack of business).

The user/analyst should also consult the IHS code on “Degree of severity” of the casualty to take a hint on the magnitude of the damage (and thus, of the repair).

#### 4.2 Weather Info tab



The screenshot shows the 'Containerships - Incident Database' application. The 'Weather Info' tab is active, displaying a form with the following fields and checkboxes:

- WeatherAtTimeOfIncident:
- Seaway:
- Significant Wave Height:
- Wind:
- Wind Beaufort:
- Ice:
- Poor Visibility:

#### Seaway condition, Significant Wave Height $H_s$ [m]

If this tick-box is checked, because there is relevant information available, the significant wave height  $H_s$  [m] should be completed in the relevant text box.

In case of lack of definite  $H_s$  data, the following indicative convention should be adopted:

| Seaway condition | $H_s$ [m] |
|------------------|-----------|
| Calm sea         | 0.5-1     |
| Mild sea         | 2.5       |
| Moderate sea     | 5         |
| Strong sea       | 7.5       |
| Very rough sea   | 10        |



|              |    |
|--------------|----|
| Abnormal sea | 15 |
|--------------|----|

**Notes:**

- ✓ For calm sea conditions, or seaway conditions not affecting the incident/accident, the box "Seaway" is ticked and the following Hs text box should be set equal to zero value,  $H_s = 0.5-1$  m.
- ✓ For heavy (or 'bad') weather, the tick box of "Seaway" should be checked and an indicative  $H_s = 7.5$ m.
- ✓ If it is reported "hurricane" or "typhoon", the user should tick the box "Abnormal sea". For in between the user should use 'common sense' to interpret situations like 'bad weather', 'heavy sea', etc.

**Wind, Beaufort Force [Bf]**

If this tick-box is checked, the relevant Beaufort force should be completed in the relevant text box.

For calm wind conditions, or wind condition not affecting the accident, it should be set equal to zero,  $Bf = 0$ .

The Beaufort Wind Scale is shown next:

| Beaufort number | Wind Speed (knots) | WMO <sup>(*)</sup> description |
|-----------------|--------------------|--------------------------------|
| 1               | < 1                | Calm                           |
| 2               | 1 - 3              | Light air                      |
| 3               | 4 - 6              | Light breeze                   |
| 4               | 7 - 10             | Gentle breeze                  |
| 5               | 11 - 16            | Moderate breeze                |
| 6               | 17 - 21            | Fresh breeze                   |
| 7               | 22 - 27            | Strong breeze                  |
| 8               | 28 - 33            | Near gale                      |
| 9               | 34 - 40            | Gale                           |
| 10              | 41 - 47            | Strong gale                    |
| 11              | 48 - 55            | Storm                          |
| 12              | 56 - 63            | Violent storm                  |

For example, for "typhoon" is  $Bf = 11$ , for "hurricane" is  $Bf = 12$ , whereas "storm" starts at about  $Bf 7$

**Ice – Poor Visibility**


---

(\*)World Meteorological Organization

This tick boxes should be checked, in case icing affected the accident or Poor Visibility.

### 4.3 Human Info tab

**No. of Serious Injuries:** The user/analyst should complete the total number of seriously injured people, as possibly reported in the relevant texts.

- ✓ In case it is clearly reported that there are no seriously injured persons, the user/analyst should fill in the box with zero (0) value. In case there are no clues (unknown) on serious injuries, the box should remain empty.

**No. of Non-Serious Injuries:** The user/analyst should complete the total number of non-seriously injured people, as possibly reported in the relevant texts.

- ✓ In case it is clearly reported that there are no people who suffered from non-serious injuries, the user/analyst should fill in the box with zero (0) value. In case there are no clues (unknown) on non-serious injuries, the box should remain empty.

The screenshot shows the 'Containerships - Incident Database' application. The 'Human Info' tab is active. The form contains the following fields:

- Number of Killed person:
- Number of Missing persons:
- Serious Injuries:
- Non-Serious Injuries:

**No. of Killed:** The user/analyst should complete the number of killed people, as possibly reported in the relevant texts.

- ✓ In case it is clearly reported that there are no killed persons, the user/analyst should fill in the box with zero (0) value. In case there are no clues (unknown) on any deaths, the box should remain empty.
- ✓ Zero values should be inserted in case it is clearly deduced from the texts that no deaths are involved.

**No. of Missing:** The user/analyst should complete the number of missing people, as possibly reported in the relevant texts.

- ✓ In case it is clearly reported that there are no missing persons, the user/analyst should fill in the box with zero (0) value. In case there are no clues (unknown) on any missing persons, the box should remain empty.

- ✓ Zero values should be inserted in case it is clearly deduced from the texts that no missing people are involved.

#### 4.4 Misc Notes tab

Νέο Φόρμα

### Containerships - Incident Database

Ship Info | Incident Info | Weather Info | Human Info | Misc Notes

Precision Text: CAUGHT FIRE IN THE GULF OF MANNAR 80 MILES NORTH OF COLOMBO, SRI LANKA AT 0500 HOURS LT ON 24/05/08. SUBSEQUENTLY REPAIRED AND RETURNED TO SERVICE.

ComplimentaryText: BLAZE EXTINGUISHED AFTER NEARLY 7 HOURS. 1 CREW MEMBER DEAD. EXTENT OF DAMAGE UNKNOWN. PROCEEDED TO CHENNAI, INDIA FOR INSPECTION AND REPAIRS.

NOTES:

Precision Text as well as Complementary Text are coming from the commercial databases. If the record is coming from IHS database but the particular accident is recorded also by another database (i.e. LMIU), then the LMIU relevant text can be written in the field "Notes".