



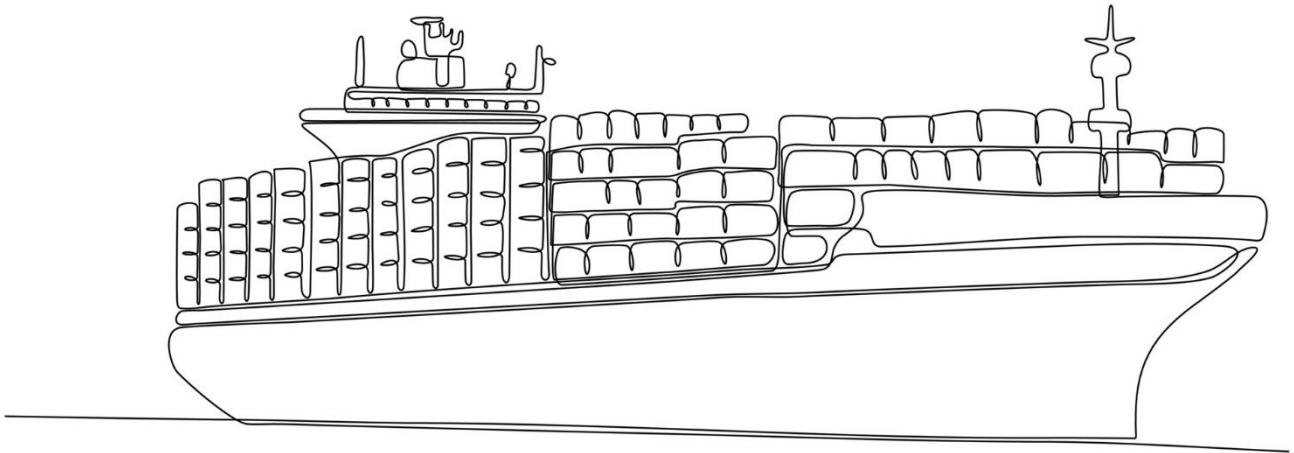
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ
ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εξέταση Παραμέτρων που επιδρούν στην Πρόληψη, Ανίχνευση και Κατάσβεση
Πυρκαγιάς σε Πλοία Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων**



Πουρναράκη Μαργαρίτα

Επιβλέπων Καθηγητής : Θεμελής Νικόλαος

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

*Αφιερώνω αυτή την εργασία στους παππούδες
μου που με την ζωντάνια τους και την αισιοδοξία
για την ζωή με ενέπνευσαν ώστε να βλέπω με
άλλο μάτι δύσκολες καταστάσεις της ζωής μου.*

Ευχαριστίες

Ύστερα από την πάροδο πολλών επίπονων, και συγχρόνως παραγωγικών ημερών συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας, η εκπόνηση της αποτέλεσε κομβικό στάδιο της ζωής μου, και των σπουδών μου, καθώς συνέβαλε στο να ωριμάσω πνευματικά και να προετοιμαστώ επαγγελματικά, κατά την εισαγωγή μου στον εργασιακό χώρο της ναυτιλίας.

Πρώτα από όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υπεύθυνο καθηγητή μου Νικόλαο Θεμελή για όλη την κατανόηση και υποστήριξη που τον διέκρινε σε όλο το στάδιο συγγραφής της διπλωματικής μου. Το συγκεκριμένο θέμα με ενθάρρυνε να δω με άλλη οπτική το πεδίο των κανονισμών, αλλά και με πυροδότησε με παραπάνω περιέργεια και ανάγκη να διευρύνω τις γνώσεις μου σε αυτό.

Επίσης, όλη μου την ευγνωμοσύνη οφείλω να δώσω στους αφανείς ήρωες της καθημερινότητάς μου που έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στο να φέρω εις πέρας τις σπουδές μου.

Καταρχάς, στην οικογένειά μου για την ολόπλευρη υποστήριξη και αμέριστη εμπιστοσύνη που μου έδειξε όλα αυτά τα χρόνια και, ιδίως, σε αυτό το στάδιο. Καθένας τους συντέλεσε με τον δικό του τρόπο στην εμπύχωση και κινητοποίησή μου κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Χωρίς αυτούς δεν θα μπορούσα να βρεθώ σε αυτό το σημείο που βρίσκομαι σήμερα.

Από όλο αυτό το ταξίδι, δεν θα μπορούσα να ξεχάσω τους φίλους μου που γέμισαν με όμορφες αναμνήσεις τα φοιτητικά μου χρόνια. Πάντα δοτικοί και διαθέσιμοι να με ακούσουν.

Special credits στον Ιάκωβο που βρίσκεται πάντα δίπλα μου και δείχνει έμπρακτα την απρόσκοπτη θέλησή του να με στηρίζει συναισθηματικά και πνευματικά και στην κολλητή μου φίλη Αλεξάνδρα για την διαρκή επιμονή της να με εμπυχώνει.

Σας ευχαριστώ πολύ όλους!

Περίληψη

Στο γενικό σύνολο των ατυχημάτων που συμβαίνουν κατά την θαλάσσια μεταφορά, πρωταγωνιστικό ρόλο κατέχει το φαινόμενο της πυρκαγιάς στον χώρο φορτίου των Πλοίων Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων. Στόχος της εργασίας αυτής είναι να εμβαθύνει στους υπάρχοντες κανονισμούς προς αναθεώρησή τους, ώστε ενδεχόμενη εμφάνιση του φαινομένου να αντιμετωπίζεται αποδοτικότερα. Με αυτόν τον τρόπο, διαμέσου της αναλυτικής ανασκόπησης του κανονιστικού πλαισίου και του τρόπου λειτουργίας των εγκατεστημένων συστημάτων, εντοπίζονται τα κυριότερα προβλήματα αυτών και προτείνονται μέτρα αντιμετώπισής τους, όσον αφορά τους τομείς-πυλώνες που συγκροτούν την πυρασφάλεια σε ένα πλοίο. Αφενός, στον τομέα της πρόληψης, το ζήτημα της ανεξέλεγκτης κατάστασης φωτιάς κατά τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων κρίθηκε ιδιαίτερα σημαντικό, με προτεινόμενη λύση σε αυτό επιπρόσθετους περιορισμούς στον τρόπο στοιβασίας τους και στην επαλήθευση της εγκυρότητας της δήλωσής τους. Αφετέρου, στους τομείς της ανίχνευσης και της πυρόσβεσης, ο χρόνος ενεργοποίησης και δράσης των συστημάτων τους αποφάνθηκε ότι παίζει καθοριστικό ρόλο στην τελική έκβαση του αποτελέσματος της φωτιάς, με καταστολή ή κλιμάκωση της. Επομένως, προτάθηκε εκσυγχρονισμός αυτών των τομέων με περισσότερες καινοτόμες τεχνολογίες σαν αντικατάσταση ή συμπλήρωμα των συμβατικών συστημάτων. Εν κατακλείδι, στην ανωτέρω ανασκόπηση δύο ακόμα αναλύσεις συνέβαλαν στην περαιτέρω εξακρίβωση των παραμέτρων που επιδρούν σημαντικά στον μηχανισμό των προαναφερθέντων τομέων. Η πρώτη ανάλυση περιλαμβάνει την δημιουργία πινάκων οι οποίοι σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο, ώστε αντίστοιχες συνέπειες και μέτρα αντιμετώπισης να προβάλλονται για χαρακτηριστικά παραδείγματα-σφάλματα της κάθε διαδικασίας στον εκάστοτε τομέα. Παράλληλα, η δεύτερη αφορά την ποιοτική ανάλυση που διεξήχθη μέσω δέντρων σφαλμάτων για δύο συγκεκριμένα συστήματα της ανίχνευσης και της κατάσβεσης, ούτως ώστε να διακριθούν τα κυριότερα σφάλματα που οδηγούν στην αποτυχία αυτών.

Abstract

In the overall number of accidents that occur during maritime transportation the impact of the fire phenomenon on the cargo space of Containerships plays a significant role. The aim of this paper is to go deeper into the existing regulations in order to revise them, so that a possible occurrence of the phenomenon can be dealt with more efficiently. In this way, through the detailed review of the regulatory framework and the operation of installed systems, the main problems are identified and measures for their mitigation are proposed in terms of the sectors-pillars that constitute fire safety on a ship. On the one hand, in the field of prevention, the issue of uncontrolled fire conditions during the transport of dangerous goods was considered of utmost importance, with a proposed solution being limitations on their stowage methods and the verification of their declaration's validity. On the other hand, in the fields of detection and firefighting, it was determined that the activation and response time of their systems plays a crucial role in the final outcome of the fire, with suppression or escalation of it. Therefore, the modernization of these areas with more innovative technologies was proposed as a replacement or complement to conventional systems. In conclusion, in the above review, two more analyses contributed to further clarification of the parameters that significantly affect the mechanism of the aforementioned sectors. The first analysis involves the creation of tables designed in such a way that corresponding consequences and mitigation measures are presented for characteristic examples-errors of each process in each sector. Additionally, the second one pertains to a qualitative analysis conducted through fault trees for two specific detection and extinguishing systems, aiming to distinguish the main errors that lead to their failure.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Το ΠΡΟΒΛΗΜΑ	1
1.2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	2
1.3. ΣΤΟΧΟΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	9
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
2.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΟΛΗΨΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ	13
3.1. ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	13
3.1.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	13
3.1.2. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΗΜΑΝΣΕΩΝ, ΕΤΙΚΕΤΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΙΔΩΝ	17
3.1.3. ΣΤΟΙΒΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	18
3.1.4. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ/ΈΓΓΡΑΦΑ.....	20
3.2. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	22
3.2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ	22
3.2.2. ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΠΡΟΛΗΨΗΣ	25
3.3. ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ.....	35
3.3.1. C/NS.....	35
3.3.2. CARGOSAFE.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ.....	41
4.1. ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	41
4.1.1. ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ – FIXED FIRE DETECTION AND FIRE ALARM SYSTEM	42
4.1.2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΠΝΟΥ ΜΕΣΩ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ - SAMPLE EXTRACTION SMOKE DETECTION SYSTEMS	45
4.2. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	48
4.2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ	48
4.2.2. ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΠΝΟΥ ΜΕΣΩ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	50
4.3. ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ.....	54
4.3.1. DNV	54
4.3.2. BV.....	55
4.3.3. ABS.....	56
4.3.4. CARGOSAFE.....	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΚΑΤΑΣΒΕΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ.....	60
5.1. ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	60
5.1.1. ΚΑΤΑΣΒΕΣΗ ΜΕΣΩ CO ₂	61
5.1.2. ΚΑΤΑΣΒΕΣΗ ΜΕΣΩ ΝΕΡΟΥ.....	64
5.2. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	70
5.2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ	70
5.2.2. ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΚΑΤΑΣΒΕΣΗΣ	73
5.3. ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ.....	83
5.3.1. DNV	83
5.3.2. BV.....	85
5.3.3. ABS.....	85
5.3.4. ΚΟΙΝΕΣ ΠΤΥΧΕΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΣΤΟΥΣ DNV, BV, ABS.....	86
5.3.5. CARGOSAFE.....	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΕΝΤΡΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ	91
6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	91
6.2. ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΠΟΤΥΧΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ	92
6.3. ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΠΟΤΥΧΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ.....	95
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	98
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	100
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	102

Συντμήσεις

ABS – American Bureau of Shipping

AI – Artificial Intelligence

BCR – Benefit-Cost Ratio

BV – Bureau Veritas

CCTV – Closed-Circuit Television

CFD – Computational Fluid Dynamics

CINS – Cargo Incident Notification System

DGL – Dangerous Goods List

DNV – Det Norske Veritas

DOC – Document of compliance

EMSA – European Maritime Safety Agency

FSA – Formal Safety Assessment

FSS Code – (International) Code for Fire Safety Systems

HAZID – Hazard identification

IMDG Code – International Maritime Dangerous Goods Code

IMO – International Maritime Organization

MARPOL – (International Convention for) Prevention of Marine Pollution For Ships

PSN – Proper Shipping Name

RCMs – Risk Control Measures

RCOs – Risk Control Options

SOLAS – (International Convention for) Safety Of Life At Sea

TEU – Twenty-foot Equivalent Unit

UN Number – United Nations Number

Κατάλογος Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ ΕΞΟΦΥΛΛΟΥ: [HTTPS://WWW.VECTEEZY.COM/FREE-VECTOR/CARGO-SHIP](https://www.vecteezy.com/free-vector/cargo-ship) «CARGO SHIP VECTORS BY VECTEEZY»

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΛΟΓΩ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΕ ΠΛΟΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ Ε/Κ ΑΝΑΛΟΓΩΣ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΩΝ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ (ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ CALLESEN ET AL (2019))	9
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΦΩΤΙΑΣ ΣΤΟ DG HARMONY ΎΣΤΕΡΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΡΗΞΗ ΤΟΥ ΥΠΟΧΛΩΡΙΩΔΟΥΣ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ	10
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΤΟΠΙΚΗ ΨΥΞΗ ΣΤΟ ΜΠΛΟΚ ΤΩΝ ΚΙΒΩΤΙΩΝ	11
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΕΙΣΑΓΩΓΗ "FOGNAILS" ΣΤΟ ΕΠΗΡΕΑΖΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΗ ΦΩΤΙΑ ΚΙΒΩΤΙΟ ΚΑΙ ΣΤΟ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΟ ΤΟΥ	11
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ ΣΕ ΒΑΡΕΛΙΑ	12
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΚΛΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΥΠΟΚΛΑΣΕΙΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	16
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ DGL [ΚΩΔΙΚΑΣ IMDG, § 3.2]	17
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΤΙΚΕΤΑΣ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΙΔΑΣ	17
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΣΗΜΑΝΣΗ ΚΑΙ «ΕΤΙΚΕΤΟΠΟΙΗΣΗ» ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΑ	18
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΦΟΡΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ [ΚΩΔΙΚΑΣ IMDG, §5.4.5]	21
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΣΤΟΙΒΑΣΙΑΣ (CINS, 2019)	36
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΣΤΟΙΒΑΣΙΑ "ΝΤΟΜΙΝΟ" (CINS ET AL, 2023)	38
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΓΕΛΙΑΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ	42
ΕΙΚΟΝΑ 14: LAYOUT ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΓΕΛΙΑΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ	45
ΕΙΚΟΝΑ 15: LAYOUT ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΠΝΟΥ ΜΕΣΩ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	47
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ (EMSA, 2023)	48
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ Ε/Κ ΜΕΣΩ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΣΤΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ	55
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΚΑΙ ΔΙΑΜΗΚΕΣ ΕΠΙΠΕΔΟ (EMSA, 2023)	58
ΕΙΚΟΝΑ 19: ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΣΕ 3D ΜΟΡΦΗ	58
ΕΙΚΟΝΑ 20: LAYOUT ΜΟΝΙΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ	62
ΕΙΚΟΝΑ 21: ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ ΤΥΠΟΥ CO ₂	64
ΕΙΚΟΝΑ 22: ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΟΣ ΚΡΟΥΝΟΣ	65
ΕΙΚΟΝΑ 23: ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ	66
ΕΙΚΟΝΑ 24: ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΗΣ ΜΑΝΙΚΑΣ ΚΑΙ ΑΚΡΟΦΥΣΙΟΥ	67
ΕΙΚΟΝΑ 25: PORTABLE WATER MONITOR ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	68
ΕΙΚΟΝΑ 26: ΛΟΓΧΗ ΥΔΡΟΝΕΦΩΣΗΣ	69
ΕΙΚΟΝΑ 27: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ WATER SPRAY (CURTAIN) SYSTEM ΣΕ ΣΤΑΘΜΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	83
ΕΙΚΟΝΑ 28: ΠΥΡΟΣΒΕΣΗ ΜΕΣΩ ΜΟΝΙΜΩΝ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΚΑΝΟΝΙΩΝ	84
ΕΙΚΟΝΑ 29: ΠΛΗΜΜΥΡΙΣΜΑ ΑΜΠΑΡΙΟΥ	84
ΕΙΚΟΝΑ 30: ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΜΕΣΩ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΗΡΟΤΡΥΠΑΝΟΥ (EMSA, 2023)	88
ΕΙΚΟΝΑ 31: ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΥΔΡΟΚΟΠΗΣ (EMSA, 2023)	88
ΕΙΚΟΝΑ 32: ΠΤΥΣΣΟΜΕΝΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΥΔΡΟΚΟΠΗΣ ΚΑΙ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ	89
ΕΙΚΟΝΑ 33: ΚΙΝΗΤΟ ΚΑΝΟΝΙ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ	89
ΕΙΚΟΝΑ 34: ΕΙΔΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΗΣ ΜΑΝΙΚΑΣ	90
ΕΙΚΟΝΑ 35: ΤΟΥΡΜΠΙΝΑ ΥΔΡΟΝΕΦΩΣΗΣ	90
ΕΙΚΟΝΑ 36: ΚΟΙΝΟ ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΓΙΑ ΤΑ ΔΕΝΤΡΑ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ	92
ΕΙΚΟΝΑ 37: ΔΕΝΤΡΟ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΠΝΟΥ ΜΕΣΩ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ – PART 1	93
ΕΙΚΟΝΑ 38: ΔΕΝΤΡΟ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΠΝΟΥ ΜΕΣΩ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ – PART 2	94
ΕΙΚΟΝΑ 39: ΔΕΝΤΡΟ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΜΟΝΙΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΣΒΕΣΗΣ CO ₂ – PART 1	95
ΕΙΚΟΝΑ 40: ΔΕΝΤΡΟ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΜΟΝΙΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΣΒΕΣΗΣ CO ₂ – PART 2	96
ΕΙΚΟΝΑ 41: ΔΕΝΤΡΟ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΜΟΝΙΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΣΒΕΣΗΣ CO ₂ – PART 3	97

Κατάλογος Πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΡΟΛΗΨΗΣ: ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΦΟΡΤΙΟΥ	27
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΡΟΛΗΨΗΣ: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΡΑΤΗΣΗΣ	28
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΡΟΛΗΨΗΣ: ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΙΣ Ε/Κ ΣΤΟΝ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ.....	30
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΡΟΛΗΨΗΣ: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΤΟΙΒΑΣΙΑΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ	32
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΡΟΛΗΨΗΣ: ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΝ ΠΛΩ	33
ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΡΟΛΗΨΗΣ: ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΝ ΠΛΩ – ΣΤΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ.....	34
ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΡΟΛΗΨΗΣ: ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΝ ΠΛΩ – ΣΤΟ ΑΜΠΑΡΙ	34
ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΖΩΝΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΣΤΟΙΒΑΣΙΑΣ (CINS, 2019).....	36
ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ [ΚΩΔΙΚΑΣ FSS, CH.9: TABLE 9.1]	44
ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΠΝΟΥ ΜΕΣΩ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΦΟΡΗΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΜΕΡΑΣ	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ: ΠΥΡΟΣΒΕΣΗ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΟΥ ΜΕ ΦΟΡΗΤΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ – ΑΜΠΑΡΙ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ.....	75
ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ: ΤΟΠΙΚΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΨΥΞΗ ΤΟΥ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΟΥ ΜΕ ΕΚΤΟΞΕΥΣΗ ΝΕΡΟΥ	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ: ΨΥΞΗ ΑΜΠΑΡΙΟΥ (ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΦΡΑΚΤΕΣ ΚΑΙ ΚΑΛΥΜΜΑΤΑ ΣΤΟΜΙΩΝ)	78
ΠΙΝΑΚΑΣ 15: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ: ΚΑΤΑΚΛΥΣΗ ΑΜΠΑΡΙΟΥ	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 16: ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ, ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ: ΜΟΝΙΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΣΒΕΣΗΣ ΣΤΟ ΑΜΠΑΡΙ ΜΕΣΩ CO ₂	82
ΠΙΝΑΚΑΣ 17: TIERS, ROWS ΚΑΙ BAYS ΕΝΟΣ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ.....	102
ΠΙΝΑΚΑΣ 18: STACKS, BLOCKS ΚΑΙ BAYS ΕΝΟΣ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ	102

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1. Το πρόβλημα

Κατά κοινή ομολογία, τις τελευταίες δεκαετίες συχνό είναι το φαινόμενο της εκδήλωσης πυρκαγιάς κατά τον πλου επιβατηγών και εμπορικών πλοίων, ως αποτέλεσμα της αύξησης των ανθρωπίνων αναγκών. Πράγματι, παρόλη τη μείωση της συχνότητας και του πλήθους των απωλειών ανά συμβάν σε σχέση με παλαιότερη έτη, η πυρασφάλεια καθίσταται, ακόμα, ένα σοβαρό ζήτημα στη θαλάσσια μεταφορά, με την ιδιάζουσα περίπτωση της πυρκαγιάς στα εμπορικά πλοία να αποτελεί τον δεύτερο πιο διαδεδομένο λόγο πρόκλησης κάποιου ατυχήματος (Allianz, 2023).

Σημαντικό ποσοστό των εμπορικών πλοίων που εμπλέκονται με το συζητούμενο θέμα αποτελούν τα Πλοία Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων¹, ή αλλιώς Containerships, με την εξάπλωση της πυρκαγιάς στα συγκεκριμένα πλοία να προέρχεται κατά βάση από τον χώρο του φορτίου. Εκ κατασκευής τους, τα προαναφερόμενα πλοία χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα, εξαιτίας των διατάξεων που εμπλέκονται στην ασφάλιση των εμπορευματοκιβωτίων. Ωστόσο, επόμενο είναι εξαιτίας των παραπάνω λόγων, αλλά και του τεράστιου όγκου φορτίου που μεταφέρεται, τα θέματα που απασχολούν την πυρασφάλεια να δυσχεραίνονται και τελικά, να μην εξασφαλίζονται. Με αυτόν τον τρόπο, μερική ή ολοσχερή απώλεια του φορτίου, καθώς και διακινδύνευση και απώλεια των ανθρωπίνων ζώων, μπορεί να η είναι έκβαση του αποτελέσματος, ύστερα από μία ανεξέλεγκτη κατάσταση πυρκαγιάς.

Επομένως, δημιουργείται η ανάγκη διερεύνησης του ζητήματος της πυρκαγιάς στην περιοχή φορτίου των πλοίων μεταφοράς ε/κ. Το ζήτημα αυτό, όμως, ανάγεται σε βαθύτερες ρίζες παραγόντων, οι οποίες μπορούν να εντοπιστούν με την διατύπωση δύο βασικών ερωτημάτων:

1. Ποιος είναι ο λόγος έναρξης της πυρκαγιάς;
2. Γιατί δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά;

Η απάντηση στο πρώτο ερώτημα έγκειται στα θέματα που αφορούν το στάδιο της πρόληψης πυρκαγιάς, με κύριο και πρωταγωνιστικό ρόλο το είδος του φορτίου που μεταφέρεται. Όπως έχει φανεί, ελαττωματικές διαδικασίες στη γενική διαχείρισή και τελική αποθήκευση του εμπορεύματος στον χώρο φορτίου των υπό μελέτη πλοίων μπορεί να καταστούν μοιραίες, ιδίως, στην ειδική περίπτωση μεταφοράς εμπορευμάτων που χαρακτηρίζονται «επικίνδυνα». Κατά την τελευταία συνθήκη, παρατηρείται έντονα η προέλευση της φωτιάς σε καταγεγραμμένα ατυχήματα να βρίσκεται στο είδος τέτοιων φορτίων, όπως για παράδειγμα το υποχλωριώδες ασβέστιο, ο ξυλάνθρακας και οι ανακυκλωμένες μπαταρίες λιθίου, με τη διακύμανση της φωτιάς σε σταθερά κλιμακούμενη μέχρι και απότομη λόγω έκρηξης. Συσχετιζόμενο πρόβλημα με το προηγούμενο είναι και η μη δήλωση τέτοιων αγαθών, με συνέπεια να δυσχεραίνεται η καθορισμένη και ασφαλής στοιβασία και διατήρησή τους κατά τον πλου των πλοίων.

¹ Σημειώνεται πως καθ' όλη την εργασία τα «Πλοία Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων» θα αναφέρονται, επίσης, και ως «πλοία μεταφοράς ε/κ» ή κοινώς, «πλοία»

Αναφορικά με το δεύτερο ερώτημα η απάντηση βρίσκεται όχι μόνο στο στάδιο της κατάσβεσης της φωτιάς, που άμεσα σχετίζεται με την αντιμετώπισή της, αλλά και στο στάδιο της ανίχνευσής της, που επιδρά έμμεσα στην αποδοτικότητα του πρώτου. Κοινό ζήτημα και στους δύο τομείς αποτελεί ο χρόνος δράσης τους, με συχνό φαινόμενο την υπέρβαση αυτού σύμφωνα με τα καθορισμένα κριτήρια, σαν απόρροια είτε συνεχόμενων ανθρωπίνων λαθών, είτε σφαλμάτων και αναποτελεσματικότητας των εγκατεστημένων συστημάτων. Αφενός, στον τομέα της ανίχνευσης, τα υπάρχοντα συστήματα παρουσιάζονται ως ανεπαρκή και ελλιπή, εξαιτίας, κυρίως, της εγκατάστασής τους αποκλειστικά στον εσωτερικό χώρο των αμπαριών, με αποτέλεσμα να εκτελείται μόνο οπτικός έλεγχος στα εμπορευματοκιβώτια που στοιβάζονται άνωθεν του καταστρώματος κατά την περιπολία του πληρώματος ή την παρατήρηση τους από ψηλά σημεία του πλοίου, όπως στη γέφυρα. Αφετέρου, στο στάδιο της κατάσβεσης, τα μέσα πυρόσβεσης προκύπτουν μη αποδοτικά και περιορισμένα σε αριθμό, ιδίως, στην περιοχή του καταστρώματος όπου τα εμπορευματοκιβώτια εκτείνονται πολύ ψηλά, με επιπρόσθετη συνέπεια τη δύσκολη έως ανέφικτη πρόσβαση του πληρώματος, στην περίπτωση χειροκίνητης κατάσβεσης. Εκτός από αυτό, προβληματική συνήθως είναι η επίτευξη των βασικών χαρακτηριστικών που συμβάλλουν στην αποδοτική λειτουργία της απελευθέρωσης του μέσου πυρόσβεσης, καθώς παραλείψεις συμβαίνουν, είτε από την άγνοια του πληρώματος, είτε από την κατασκευαστική φύση του συστήματος.

Συνεπώς, επιτακτική είναι η ανάγκη προς αναθεώρηση των οδηγιών και απαιτήσεων που προς το παρόν επιβάλλονται υποχρεωτικά από τους φορείς του IMO, όπως ο κώδικας IMDG στην περίπτωση του σταδίου της πρόληψης και η σύμβαση SOLAS και ο κώδικας FSS, στην περίπτωση του σταδίου της ανίχνευσης και κατάσβεσης της πυρκαγιάς στον χώρο φορτίου των πλοίων μεταφοράς ε/κ.

1.2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Όπως είναι αντιληπτό, φλέγον ζήτημα αποτελεί η μεγάλη συχνότητα ατυχημάτων που απαντώνται στο χώρο του φορτίου των Πλοίων Μεταφοράς ε/κ. Διεθνείς οργανισμοί, ναυτιλιακές εταιρίες και ακαδημαϊκό προσωπικό διαφόρων πανεπιστημίων διεξάγουν εμπειριστατωμένες μελέτες, με σκοπό να καταλήξουν στην πανάκεια του ζητήματος ειδικότερα στο θέμα της πρόκλησης και διάδοσης πυρκαγιάς που προκαλείται στο φορτίο τους. Μερικά από τα ζητήματα που διερευνώνται είναι η εκτίμηση των ατυχημάτων που συμβαίνουν, οι κανονισμοί που είναι σε ισχύ μέχρι στιγμής, καθώς και προτάσεις που θα μπορούσαν να τους επαναπροσδιορίσουν και να συμβάλλουν στη μείωση της συχνότητας εμφάνισης των ατυχημάτων. Συνεπώς, για τις ανάγκες εκπόνησης της παρούσας εργασίας, επιτακτική είναι η άντληση πληροφοριών από τις επόμενες πηγές.

Αξιόλογο ποσοστό αυτής της διπλωματικής είναι η αναφορά στο κανονιστικό πλαίσιο διαφόρων μηχανισμών-διατάξεων για την ασφάλεια έναντι στην πυρκαγιά των πλοίων μεταφοράς ε/κ. Οι κανονισμοί αυτοί ηγάζουν από τη Διεθνή Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS) του Διεθνή Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO). Αντικείμενο της SOLAS είναι ο ορισμός των ελάχιστων υποχρεωτικών απαιτήσεων ασφαλείας για την κατασκευή, τον εξοπλισμό και τη λειτουργία των πλοίων. Η σύμβαση αυτή έχει αναπτύξει δύο συμπληρωματικούς κώδικες που συμμορφώνονται με τις υποχρεωτικές διατάξεις της. Ο ένας είναι ο Κώδικας Συστημάτων Πυρασφάλειας (FSS Code), που κύριο μέλημα του είναι η παροχή προτύπων με τις τεχνικές προδιαγραφές για τα συστήματα

πυρασφάλειας του πλοίου, ενώ ο δεύτερος ο Διεθνής Ναυτιλιακός Κώδικας Επικίνδυνων Φορτίων (IMDG Code) που περιλαμβάνει περιορισμούς και οδηγίες για τη ασφαλή θαλάσσια μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων σε συσκευασμένη μορφή και την αποτροπή της ρύπανση του περιβάλλοντος². Οι απαιτήσεις του Κώδικα IMDG είναι λεπτομερείς για κάθε επικίνδυνη ουσία που μπορεί να φέρει το πλοίο και αφορούν τα πεδία της συσκευασίας, της μεταφοράς των εμπορευματοκιβωτίων (χερσαίας και θαλάσσιας) και της στοιβασίας.

Άρθρο που κατευθύνει το ενδιαφέρον του στους αναδυόμενους κινδύνους λόγω φωτιάς σε πλοία μεταφοράς ε/κ είναι αυτό των Callesen, Blinkenberg-Thrane, Taylor & Kozine (2019). Ύστερα από τη συλλογή 39 διαφορετικών ατυχημάτων που συνέβησαν λόγω φωτιάς κατά την περίοδο 1996-2017, η συγκεκριμένη έρευνα μελετά διεξοδικά την επίδραση τεσσάρων επικίνδυνων φορτίων³ στην πρόκληση και εξάπλωση πυρκαγιάς. Για αυτά τα τέσσερα είδη φορτίου (μπαταρίες λιθίου, υποχλωριώδες ασβέστιο, προϊόντα μπρικέτας πεπιεσμένου άνθρακα, διβινυλοβενζόλιο) εξήχθησαν όλα τα πιθανά σενάρια κλιμάκωσης της φωτιάς, αλλά και η συχνότητα πρόκλησης μεγάλων φωτιών μέσω ανάλυσης «αιτίων-συνεπειών» (Cause-consequence Analysis) από τα συλλεχθέντα ατυχήματα. Τέλος, με την χρήση μοντέλων προσομοίωσης προτάθηκαν δύο διαφορετικές λύσεις ανίχνευσης, η τοποθέτηση αισθητήρων θερμοκρασίας εντός ή εκτός όλων των μεταφερόμενων εμπορευματοκιβωτίων και η εγκατάσταση ανιχνευτή καπνού εντός όλων αυτών, με στόχο την μείωση του χρόνου ανίχνευσης.

Επόμενο άρθρο που πραγματεύεται τους κρίσιμους παράγοντες λόγω φωτιάς στην ευρεία ναυτιλία είναι των Likun Wang, Jinhui Wang, Mingyang Shi, Shanshan Fu & Mo Zhu (2021). Βασικό μέλημα αυτής της μελέτης είναι να εισάγει μία νέα μεθοδολογία που να αντλεί δεδομένα ατυχημάτων από αντίστοιχες αναφορές ερευνών, με πιθανό σκοπό εκμετάλλευσης της και από άλλες εργασίες. Ειδικότερα, για τον προσδιορισμό των αναγκαίων παραμέτρων που οδηγούν στη φωτιά, εφαρμόζει τα επόμενα βήματα. Πρώτα από όλα, χρησιμοποιεί την μέθοδο της «θεμελιωμένης θεωρίας» (Grounded Theory), ούτως ώστε να απομονώσει δεδομένα ατυχημάτων από κείμενα αναφορών, στην συγκεκριμένη περίπτωση αίτια εκδήλωσης των ατυχημάτων, και στη συνέχεια αναπτύσσει συνδυασμό της Ανάλυσης Δέντρων Σφαλμάτων και των Μπεϋζιανών δικτύων (Bayesian Networks), δημιουργώντας μία ποσοτική ανάλυση και ανάλυση ευαισθησίας σχετικά με τα σφάλματα που αναδεικνύει το μοντέλου ρίσκου των δύο τελευταίων μεθόδων. Συμπεράσματα της εργασίας αυτής ήταν πως αποδοτικό σύστημα εξαερισμού, έγκαιρη απομόνωση των χώρων διαμονής από το πλήρωμα, καθώς και άμεση ανταπόκριση σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης από το πλήρωμα και το επιβατικό κοινό, δρουν καθοριστικά στην αναπαραγωγή ανάλογων κινδύνων.

Εξίσου σημαντικό είναι το πιλοτικό έργο “CONTAIN” που οργάνωσε το Δανικό Ινστιτούτο Τεχνολογιών Πυρκαγιάς και Ασφάλειας (DBI, 2020). Στόχος του συγκεκριμένου project ήταν να εκτελέσει αριθμητικές προσομοιώσεις μέσω προγραμμάτων υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (CFD) στην περιοχή ενός μεμονωμένου εμπορευματοκιβωτίου και ενός τομέα του αμπαριού, αλλά και δοκιμές προσομοίωσης φωτιάς σε πραγματικές συνθήκες με εφαρμογή τριών διαφορετικών σεναρίων εξάπλωσης⁴ της πυρκαγιάς μεταξύ των εμπορευματοκιβωτίων. Συμπέρασμα του δεύτερου είδους προσομοίωσης ανέδειξε σαν κύρια μορφή εξάπλωσης της φωτιάς την κατακόρυφη (από κατώτερα προς ανώτερα

² Ο κώδικας IMDG υπάγεται επιπλέον και στις διατάξεις της MARPOL

³ Ως επικίνδυνα φορτία (ή αγαθά ή εμπορεύματα) ορίζονται οι ουσίες, τα υλικά και τα σωματίδια που αναγράφονται και κατηγοριοποιούνται στον Κώδικα IMDG.

⁴ Σενάρια εξάπλωσης: μέσω του δαπέδου από κόντρα πλακέ, μέσω της πόρτας και μέσω των τοίχων.

εμπορευματοκιβώτια) μέσω της έκρηξης του κόντρα πλακέ πατώματος. Αναφορικά με τις αριθμητικές προσομοιώσεις καθοριστικοί παράμετροι εξάπλωσης της φωτιάς εξήχθησαν ο συνδυασμός των τριών σεναρίων εξάπλωσης, για το μοντέλο του μεμονωμένου εμπορευματοκιβωτίου, ενώ η κατακόρυφη εξάπλωση και η επίδραση του ύψους στοιβασίας στην αδυναμία της ανίχνευσης λόγω της θέσης του αισθητήρα και στη συμπεριφορά της φλόγας, για τα μοντέλα στο επίπεδο του αμπαριού. Επίσης, αποφάνθηκε ότι η χρήση CO₂ για την κατάσβεση της φωτιάς εντός του αμπαριού χρήζει περαιτέρω συζήτησης, καθώς σε πολλές περιπτώσεις δεν δρα αποτελεσματικά. Τέλος, το έργο αυτό έθεσε το πρόβλημα των πυρκαγιών σε πλοία μεταφοράς ε/κ ως κοινωνικό-τεχνικό, με τον ανθρώπινο παράγοντα να έχει μεγάλο αντίκτυπο στην έκτασή του προβλήματος αυτού και πώς λύσεις για την εξουδετέρωση του θα πρέπει να αναζητηθούν σε επίπεδο τεχνικό, κοινωνικό και οργάνωσης.

Κύρια πηγή της παρούσας διπλωματικής αποτελεί η μελέτη Cargosafe που οργανώνεται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό για την Ασφάλεια στη Ναυτιλία (EMSA, 2023). Στόχος αυτής να αναδείξει οικονομικά και αποδοτικά μέτρα για την εξάλειψη του κινδύνου πυρκαγιάς στα πλοία μεταφοράς ε/κ, χωρίζοντας την ανάλυση ρίσκου σε δύο βασικά αντικείμενα ενδιαφέροντος, πρώτον, τα συστήματα ανίχνευσης και κατάσβεσης φωτιάς και δεύτερον, τις απαιτούμενες διεργασίες για την διαχείριση του (επικίνδυνου) φορτίου, όπως την μεταφορά, χειρισμό, δήλωση και διαχωρισμό αυτού. Η μελέτη διεξήχθη μέσω της μεθοδολογίας Formal Safety Assessment (FSA)⁵, η οποία χώρισε την μελέτη σε πέντε διαφορετικά στάδια, που αναλύονται περιληπτικά στη συνέχεια.

Αφετηρία αποτέλεσε η αναγνώριση των κινδύνων, αναφερόμενη ως HAZID, όπου εντοπίστηκαν τα προβλήματα των τομέων της ανίχνευσης, της κατάσβεσης, του περιορισμού και της πρόληψης της φωτιάς στον χώρο φορτίου των υπό-μελέτη πλοίων. Η ταξινόμηση αυτών των προβλημάτων συντέλεσε στην κατασκευή και ποσοτικοποίηση ενός μοντέλου κινδύνου, με σκοπό την εκτίμηση του ποσοστού μείωσης του κινδύνου μέσω των προτεινόμενων «επιλογών ελέγχου κινδύνου», RCOs (Risk Control Options). Οι επιλογές αυτές, RCOs, προέκυψαν από συνδυασμό και φιλτράρισμα πολλαπλών «μέτρων ελέγχου κινδύνου», RCMs (Risk Control Measures), οι οποίες με την σειρά τους αξιολογήθηκαν για την απόδοσή τους, σε πρακτικό και οικονομικό επίπεδο. Συμπεράσματα αυτών των εκτιμήσεων ήταν η ενδεχόμενη ή μη εφαρμογή καθεμίας RCO, αναλόγως της υπολογιζόμενης τιμής του δείκτη BCR (Benefit-Cost Ratio), σε τρία διαφορετικά -από άποψη μεγέθους- πλοία (Single Island/ Twin Island/ Feeder E/κhips)⁶. Συνεπώς, θεωρήθηκαν αποδεκτές και οικονομικά αποδοτικές οι επιλογές με BCR≥0.9, που αναδεικνύονται παρακάτω, ανάλογα με τον τομέα και τον τύπο πλοίου εφαρμογής τους.

Καταρχάς, στα πλοία feeders δεν αποφάνθηκε κανένα μέτρο RCO πέραν της πιθανής εφαρμογής μεθόδων μη επανδρωμένης πυρόσβεσης. Όσο για τα πλοία κατηγορίας Single Island και Twin Island, ομοιότητες υπάρχουν σχετικά με τη χρήση: συστημάτων ανίχνευσης ανύψωσης της θερμοκρασίας σε μεμονωμένα εμπορευματοκιβώτια και φορητών θερμικών καμερών, στον τομέα της ανίχνευσης, χειροκίνητων εργαλείων πυρόσβεσης που συνδράμουν στην προσέγγιση πιο ψηλών σημείων και μεθόδων μη επανδρωμένης

⁵ Η μεθοδολογία «Formal Safety Assessment», ή σε ελεύθερη μετάφραση μεθοδολογία «Αποτίμησης και Αποτροπής Ρίσκου», προσδιορίζεται από την εγκύκλιο MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev. 2 για χρήση στη διαδικασία θέσπισης κανόνων του IMO.

⁶ Ως Single/ Twin Island Containerships θεωρούνται τα πλοία μεταφοράς ε/κ με μονή ή διπλή γέφυρα πλοήγησης και ως Feeder Containerships τα μεσαίου μεγέθους πλοία μεταφοράς ε/κ χωρητικότητας 1000-3000 TEUs

πυρόσβεσης, στον τομέα της κατάσβεσης, παθητικής προστασίας για την αποτροπή εξάπλωσης της φωτιάς στο κατάστρωμα, στον τομέα του περιορισμού και τέλος βελτίωση των χειροκίνητων εργαλείων πυρόσβεσης για διάτρηση και πυρόσβεση σε μεμονωμένα εμπορευματοκιβώτια, στον τομέα της κατάσβεσης. Επιπρόσθετα των προειρημένων λύσεων στα πλοία κατηγορίας Twin Island ενδείκνυται η βελτίωση της πρόσδεσης του φορτίου, η ενδεχόμενη χρήση του εργαλείου σάρωσης των εμπορευματοκιβωτίων, καθώς και εφαρμογή ενεργητικής πυροπροστασίας⁷ κάτω των καλυμμάτων των στομιών για την αποτροπή εξάπλωσης της φωτιάς στο κατάστρωμα, στον τομέα της πρόληψης και του περιορισμού αντίστοιχα.

Μεγάλη χρησιμότητα είχαν, επίσης, οι δημοσιεύσεις του συστήματος CINS. Το σύστημα CINS (Cargo Incident Notification System) αποτελεί πρωτοβουλία των ναυτιλιακών γραμμών, με σκοπό την ενίσχυση της ασφάλειας κατά την διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ειδικότερα, ύστερα από την συλλογή και μελέτη των ατυχημάτων που συμβαίνουν στους χώρους φορτίου των πλοίων μεταφοράς ε/κ, έχει εξάγει δημοσιεύσεις με τις οποίες προτείνει επιπλέον μέτρα και κατευθύνσεις για τη σωστή και ασφαλή διαχείριση των εμπορευματοκιβωτίων που φέρουν επικίνδυνα φορτία. Μία δημοσίευση της, η «Safety Considerations for Ship Operators Related to Risk-Based Stowage of Dangerous Goods on Containerships», αποτελεί συμπληρωματικό οδηγό των απαιτήσεων της SOLAS και του κώδικα IMDG για τον τρόπο στοιβάσεως των επικίνδυνων φορτίων στα πλοία μεταφοράς ε/κ, ενώ οι υπόλοιπες εξειδικεύονται στον τρόπο διαχείρισης συγκεκριμένων φορτίων (επικίνδυνων ή όχι) κατά την μεταφοράς τους εντός των ε/κ.

Παράλληλα, αξιοσημείωτο ρόλο έπαιξαν οι προτεινόμενες λύσεις που προσφέρουν οι νηογνώμονες, με στόχο τη μείωση του αντίκτυπου της φωτιάς στα υπό μελέτη πλοία. Αυτές αναγράφονται στις πρόσθετες σημειώσεις (Additional Class Notations) του Γαλλικού Νηογνώμονα BV, του Αμερικάνικου Νηογνώμονα ABS και του Νορβηγικού Νηογνώμονα DNV και αφορούν πρόταση νέων τεχνολογιών ή μεθόδους βελτίωσης των τωρινών συστημάτων, όσον αφορά τον τομέα της πρόληψης, ανίχνευσης, πυρόσβεσης και περιορισμού της φωτιάς στον χώρο φορτίου των πλοίων.

Κλείνοντας την βιβλιογραφική ανασκόπηση, σημαντικό είναι να γίνει αναφορά σε αντίστοιχες διπλωματικές εργασίες, οι οποίες και αυτές πραγματεύονται το πρόβλημα της πυρκαγιάς σε πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Οι συγκεκριμένες εργασίες προσεγγίζουν το ζήτημα μέσω χρήσης προγραμμάτων πεπερασμένων στοιχείων και υπολογιστικής ρευστομηχανικής, αναδεικνύοντας έτσι την σημασία των λογισμικών προσομοίωσης πυρκαγιάς στη μελέτη και εύρεση λύσεων στο παρών πρόβλημα.

Η πρώτη διπλωματική εργασία είναι αυτή της Σολωμού (2022). Σε αυτήν μελετάται ο τρόπος εξάπλωσης της πυρκαγιάς στο αμπάρι ενός πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, με μεταφερόμενο επικίνδυνο φορτίο να έχει επιλεγθεί ο ξυλάνθρακας, κάνοντας χρήση του προγράμματος προσομοίωσης πυρκαγιάς Pyrosim. Δοκιμάστηκαν τρία διαφορετικά σενάρια: το πρώτο αφορά την έναρξη πυρκαγιάς σε ένα εμπορευματοκιβώτιο που περιέχει ξυλάνθρακα, το δεύτερο την έναρξη και μετάδοση της πυρκαγιάς από ένα εμπορευματοκιβώτιο με ξυλάνθρακα σε ένα γειτονικό, και το τρίτο την έναρξη και μετάδοση

⁷ Η ενεργητική πυροπροστασία αφορά στα κατασταλτικά μέτρα πυροπροστασίας, δηλ. στον εξοπλισμό (φορητά, μόνιμα μέσα πυροπροστασίας) και τις προγραμματισμένες δραστηριότητες που ενεργοποιούνται με την εμφάνιση ή κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς (<https://www.elinyae.gr/themata-yae/page/energitiki-pyroprostasia>)

της πυρκαγιάς από ένα εμπορευματοκιβώτιο με ξυλάνθρακα σε ένα γειτονικό, το οποίο μεταφέρει καναπέδες. Αντίστοιχα, κατασκευάστηκαν τρία διαφορετικά μοντέλα: το ένα προσομοίωνε ένα μεμονωμένο εμπορευματοκιβώτιο και τα άλλα δύο προσομοίωναν ολόκληρο το χώρο του αμπαριού. Τέλος, ελέγχθηκαν δύο διαφορετικές περιπτώσεις αναφορικά με το υλικό των θυρών των εμπορευματοκιβωτίων, μία με τα εμπορευματοκιβώτια να αποτελούνται εξ ολοκλήρου από χάλυβα και μία με την ύπαρξη λάστιχου στις πόρτες. Τελικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν έδειξαν πως η πυρκαγιά εξαπλώνεται ταχύτερα στο σενάριο με τον ξυλάνθρακα έναντι των καναπέδων, όπως και στην περίπτωση των εμπορευματοκιβωτίων με λάστιχο στις θύρες.

Μία ακόμη σχετική διπλωματική εργασία είναι του Σανέτση (2022). Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας μελετήθηκε η πιθανότητα εξάπλωσης της φλόγας από ένα εμπορευματοκιβώτιο δια μέσου της οροφής του σε ένα δεύτερο τοποθετημένο ακριβώς από πάνω του πρώτου. Η διερεύνηση έγινε μέσω κατασκευής μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων στο πρόγραμμα Pyrosim. Για επικίνδυνο φορτίο επιλέχθηκε ο ξυλάνθρακας, ενώ δοκιμαστήκαν διαφορετικές συνθήκες εξαερισμού. Το αποτέλεσμα που προέκυψε αποκάλυψε πως η φλόγα δεν περνάει μέσω της οροφής του, αλλά αντιθέτως εξαπλώνεται πρώτα στο μονωτικό υλικό των θυρών του κάτω και εν συνεχεία του άνω εμπορευματοκιβωτίου, καταδεικνύοντας έτσι την ανάγκη για καλύτερο σχεδιασμό ή επιλογή μόνωσης των θυρών.

Τέλος, μελετήθηκε και μία τρίτη διπλωματική εργασία, του Σαραχού (2023). Η εργασία αυτή πραγματευόταν την μελέτη των διαφόρων παραμέτρων που συντελούν στην πρόκληση και εξάπλωση φωτιάς σε πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων με χρήση και πάλι του αριθμητικού κώδικα Fire Dynamics Simulation (FDS) στο πρόγραμμα Pyrosim. Κατασκευάστηκαν δύο διαφορετικά μοντέλα, το πρώτο προσομοίωνε ένα μεμονωμένο εμπορευματοκιβώτιο και το δεύτερο ολόκληρο το αμπάρι του πλοίου, ενώ επίσης εξετάστηκαν ένα σύνολο από διαφορετικά σενάρια, με διαφοροποιήσεις στην ουσία πρόκλησης φωτιάς (ξυλάνθρακας ή επτάνιο), στη θέση έναρξής της (κορυφή ή πυθμένα του εμπορευματοκιβωτίου) και στον αριθμό και θέση των σημείων εξαερισμού. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν πως η θέση έναρξης της φωτιάς και ο αριθμός των σημείων εξαερισμού δεν είχαν σημαντικό αντίκτυπο, ενώ αντίθετα η απόσταση μεταξύ των εμπορευματοκιβωτίων συνέβαλε στην έγκαιρη ανίχνευση και καθυστέρηση εξάπλωσης της φλόγας.

1.3. Στόχος και Δομή εργασίας

Μετά από μία διεξοδική περιγραφή του φαινομένου της πρόκλησης πυρκαγιάς στον χώρο φορτίου των πλοίων μεταφοράς ε/κ, υψίστης σημασίας είναι να αναζητηθούν οι παράμετροι που επηρεάζουν άμεσα την λειτουργικότητα των τομέων της πρόληψης, ανίχνευσης και κατάσβεσης. Επομένως, θεμελιώδης σκοπός αυτής της διπλωματικής είναι να αποδώσει τα βασικά προβλήματα που εντοπίζονται, όχι μόνο στη λειτουργία των συστημάτων, αλλά και στην εφαρμογή των απαραίτητων διεργασιών, κατά το πέρασ των προειρημένων τομέων και διαμέσου των συγκεκριμένων προβλημάτων να αναδείξει λύσεις προς περαιτέρω περιορισμό του υπό μελέτη προβλήματος. Επιπρόσθετος στόχος που πρόκειται να επιτευχθεί, ύστερα από τη συλλογή των δεδομένων αυτών είναι η εφαρμογή ποιοτικής

ανάλυσης για τα σφάλματα των χρησιμοποιούμενων συστημάτων της ανίχνευσης και της κατάσβεσης μέσω δέντρων σφαλμάτων.

Πιο αναλυτικά, λοιπόν, η μεθοδολογία που ακολουθείται για το αντικείμενο αυτής της μελέτης χωρίζεται σε δύο κύρια μέρη. Στο πρώτο μέρος, εκτενής εμβάθυνση προκύπτει στα στάδια της πρόληψης, ανίχνευσης και κατάσβεσης, όσον αφορά:

1. το «Κανονιστικό Πλαίσιο» που επιβάλλεται μέχρι στιγμής σε κάθε τομέα, με συλλογή και περιγραφή των κανονισμών του από τους ανάλογους φορείς του IMO,
2. τα «Προβλήματα» που απορρέουν από κενά του προηγούμενου ή των διατάξεων των υπαρχόντων συστημάτων, καθώς και
3. τα ανάλογα «Μέτρα Αντιμετώπισης» που προτείνονται για την εξυγίανση του φαινομένου από τους νηογνώμονες ή άλλες μελέτες και φορείς.

Σημειώνεται πως για τα δύο τελευταία θέματα υποδειγματικοί πίνακες ανάλυσης παραμέτρων πρόκειται να εισαχθούν, που να περιλαμβάνουν υποδειγματικά σφάλματα κάθε διαδικασίας, τις συνέπειες των σφαλμάτων αυτών, καθώς και τους αντίστοιχους τρόπους αντιμετώπισής τους, είτε σαν πρόταση της συγγραφέως, είτε από τους αναφερόμενους φορείς. Αξίζει να ειπωθεί, επίσης, πως σημαντική συμβολή στη συλλογή των σφαλμάτων αυτών καθιστά η αναφορά Cargosafe (EMSA, 2023).

Σε συσχέτιση με την ανάλυση των προηγούμενων πινάκων, συγκέντρωση των προειρημένων δεδομένων προκύπτει, με σκοπό την ποιοτική απεικόνιση των υπεύθυνων σφαλμάτων που συντελούν στην αποτυχία των συστημάτων της ανίχνευσης και της κατάσβεσης μέσω δέντρων σφαλμάτων, αποτελώντας έτσι το δεύτερο μέρος της εργασίας αυτής.

Συνεπώς, τα κεφάλαια διαμορφώνονται σύμφωνα με την παρακάτω δομή.

Στο [Κεφάλαιο 2](#) γίνεται αναφορά σε ατυχήματα πυρκαγιάς σε πλοία μεταφοράς ε/κ με κριτήριο το είδος των επικίνδυνων εμπορευμάτων που μετέφεραν, καθώς και μία συνοπτική ανάλυση των επικίνδυνων εμπορευμάτων που έχουν αποτελέσει λόγο εξάπλωσης φωτιάς στον χώρο του φορτίου.

Στο [Κεφάλαιο 3](#) παρουσιάζεται το στάδιο της Πρόληψης της φωτιάς στον χώρο του φορτίου και περιλαμβάνει τις διαδικασίες ταξινόμησης επικίνδυνων φορτίων, τοποθέτησης τους εντός των εμπορευματοκιβωτίων, τεκμηρίωσης τους και στοιβασίας των εμπορευματοκιβωτίων στο χώρο φορτίου του πλοίου. Για αυτές τις διαδικασίες γίνεται περαιτέρω ανάλυση του κανονιστικού πλαισίου, των προβλημάτων που εντοπίζονται σε αυτές, καθώς και των προτεινόμενων μέτρων αντιμετώπισης από νηογνώμονες και διεθνείς φορείς.

Στο [Κεφάλαιο 4](#) παρουσιάζεται το στάδιο της Ανίχνευσης της φωτιάς στον χώρο του φορτίου και περιλαμβάνει τα συστήματα πυρανίχνευσης που χρησιμοποιούνται και τις διατάξεις που τα εξυπηρετούν, ειδικά εντός του καταστρώματος. Για αυτούς τους μηχανισμούς γίνεται περαιτέρω ανάλυση του κανονιστικού πλαισίου, των προβλημάτων που εντοπίζονται σε αυτούς, καθώς και των προτεινόμενων μέτρων αντιμετώπισης από νηογνώμονες και διεθνείς φορείς.

Στο [Κεφάλαιο 5](#) παρουσιάζεται το στάδιο της Κατάσβεσης της φωτιάς στον χώρο του φορτίου και περιλαμβάνει τα συστήματα πυρόσβεσης που χρησιμοποιούνται και τις διατάξεις που τα εξυπηρετούν, ειδικά εντός του καταστρώματος. Για αυτούς τους μηχανισμούς γίνεται περαιτέρω ανάλυση του κανονιστικού πλαισίου, των προβλημάτων που εντοπίζονται σε

αυτούς, καθώς και των προτεινόμενων μέτρων αντιμετώπισης από νηογνώμονες και διεθνείς φορείς.

Στο [Κεφάλαιο 6](#) γίνεται ποιοτική Ανάλυση με χρήση Δέντρων Σφαλμάτων για το στάδιο της ανίχνευσης και κατάσβεσης της φωτιάς στον χώρο φορτίου των πλοίων μεταφοράς ε/κ μέσω δέντρων σφαλμάτων.

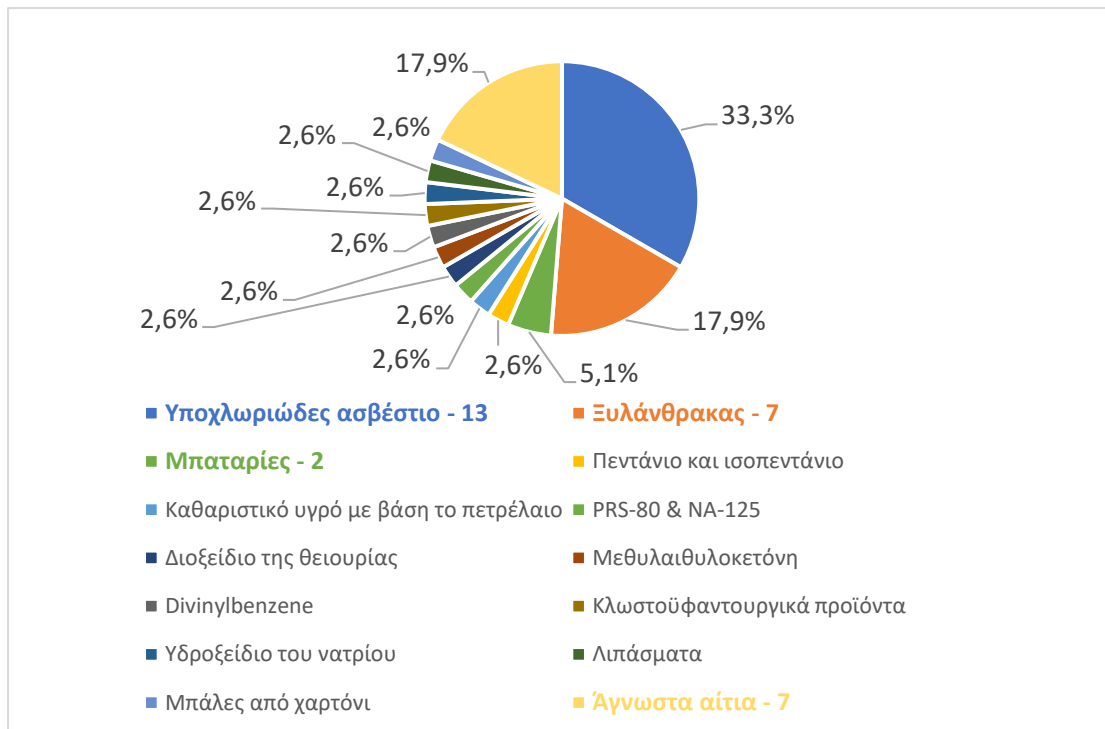
Στο [Κεφάλαιο 7](#) παρατίθενται τα Συμπεράσματα που προκύπτουν ύστερα από την εκπόνηση αυτής της εργασίας, καθώς και δίνονται προτάσεις αξιοποίησής της από μελλοντικές μελέτες.

Κεφάλαιο 2: Ανάλυση Ατυχημάτων

2.1. Εισαγωγή

Τα ατυχήματα που συμβαίνουν λόγω πυρκαγιάς στον χώρο φορτίου των Πλοίων Μεταφοράς ε/κ⁸ αποτελούν σημαντικό ποσοστό των ατυχημάτων φωτιάς στα πλοία, εν πλω. Σύμφωνα με μελέτες, όπως της Allianz (2023), το φαινόμενο αυτό απαριθμείται στο δεύτερο συνηθέστερο στο σύνολο των ναυτιλιακών ατυχημάτων κατά το έτος 2022, μετά από το φαινόμενο της βύθισης/προσάραξης. Συγκεκριμένα στο υπό μελέτη ζήτημα της πυρκαγιάς, περισσότερα από τα αίτια αυτών των περιστατικών εντοπίζονται στο τομέα της πρόληψης που αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο και αφορούν κατά κύριο λόγο το είδος του επικίνδυνων φορτίων που μεταφέρονται, τον τρόπο που αυτά στοιβάζονται (μεταξύ τους) και αν είναι δηλωμένα.

Συνεπώς, εξαιτίας του πρωταγωνιστικού ρόλου του είδους των επικίνδυνων φορτίων, ποσοτική αναπαράσταση προβάλλεται παρακάτω (Εικόνα 1) για τα φορτία που καθίστανται υπεύθυνα για την πρόκληση ατυχήματος πυρκαγιάς στον χώρο φορτίου των πλοίων. Σημειώνεται πως η αναπαράσταση αυτή αφορά καταγραφή 39, στο σύνολο, ατυχημάτων κατά το διάστημα 1996-2017. Έτσι, στο διάγραμμα της «πίτας» φαίνεται το αντιπροσωπευτικό ποσοστό συμβολής κάθε είδους φορτίου στην πρόκληση ατυχήματος, ενώ ακριβές πλήθος ατυχημάτων, σε αριθμό, διατίθεται για τα φορτία που έχουν προξενήσει επανειλημμένα ατυχήματα (Callesen et al,2019).



Εικόνα 1: Ατυχήματα λόγω πυρκαγιάς σε πλοία μεταφοράς ε/κ αναλόγως το είδος των επικίνδυνων φορτίων (βασισμένη στην εργασία των Callesen et al (2019))

⁸ Πλοία Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων

2.2. Περιγραφή Ατυχημάτων

Ύστερα από την απεικόνιση του προηγούμενου διαγράμματος, τρία φαίνονται να είναι τα επίμαχα φορτία που έχουν προκαλέσει κατ' επανάληψη πυρκαγιά στην περιοχή του φορτίου των πλοίων μεταφοράς ε/κ με αυτά να αντιπροσωπεύουν το υποχλωριώδες ασβέστιο, τον ξυλάνθρακα και τις ανακυκλωμένες μπαταρίες λιθίου. Οπότε, για τα συγκεκριμένα φορτία, περιγραφή αντιπροσωπευτικών ατυχημάτων πραγματοποιείται παρακάτω, ανάλογα με το είδος του φορτίου που μεταφέρεται κάθε φορά.

Ένα από τα ατυχήματα με τις μεγαλύτερες απώλειες είναι αυτό του πλοίου DG Harmony (1998) (In Re M/V DG Harmony, 2005), όπου έκρηξη εκδηλώθηκε από εμπορευματοκιβώτιο που μετέφερε υποχλωριώδες ασβέστιο εντός του αμπαριού, με άμεσο ξέσπασμα και διάδοση της φωτιάς σε κοντινά εμπορευματοκιβώτια. Κύρια αιτία του παραπάνω περιστατικού φέρεται να είναι η μη τήρηση του κατώτατου ορίου της θερμοκρασίας των 35°C, θερμοκρασίας πάνω από την οποία ξεκινά η αποσύνθεση του υποχλωριώδους ασβεστίου. Σύμφωνα με τις χημικές ιδιότητες του υλικού, σε περίπτωση αποσύνθεσης (περί των 35°C) επέρχεται διάσπαση του υλικού και απελευθέρωση θερμότητας με άμεσο αποτέλεσμα περισσότερη αυτοθέρμανση του υλικού και τελικά έκρηξης του. Όπως φαίνεται στο συγκεκριμένο συμβάν υπήρξε μια σειρά από διαδοχικές παραλείψεις που οδήγησαν στην αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού εντός του εμπορευματοκιβωτίου. Αυτές ήταν: η ήδη συσκευασία του προϊόντος σε θερμοκρασία 34°C-που πιθανώς μέχρι να μεταφερθεί στο πλοίο θα είχε εκτεθεί σε πιο ζεστή ατμόσφαιρα ή/και ηλιακή ακτινοβολία και να αυξήθηκε περαιτέρω η θερμοκρασία-, η τοποθέτηση του κατά τη στοιβασία πλησίον δεξαμενής καυσίμου, η επερχόμενη αύξηση θερμοκρασίας του στους 40 °C δύο μέρες πριν το περιστατικό και τέλος η παράλειψη διευθέτησης του προειρημένου ζητήματος. Απόρροια των παραπάνω ήταν η ανεξέλεγκτη φωτιά σε όλο το πλοίο για 3 βδομάδες οδηγώντας φορτίο σε ολική καταστροφή και γάστρα για διάλυση.



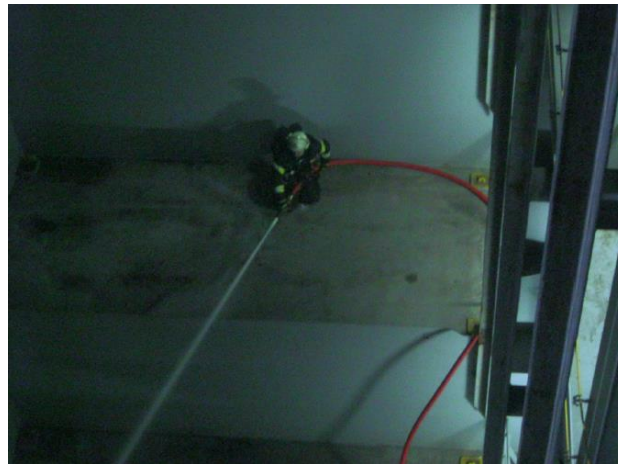
(c) Maik Ebel @ www.bv1800.tk

Εικόνα 2: Εξάπλωση φωτιάς στο DG Harmony ύστερα από την έκρηξη του υποχλωριώδους ασβεστίου⁹

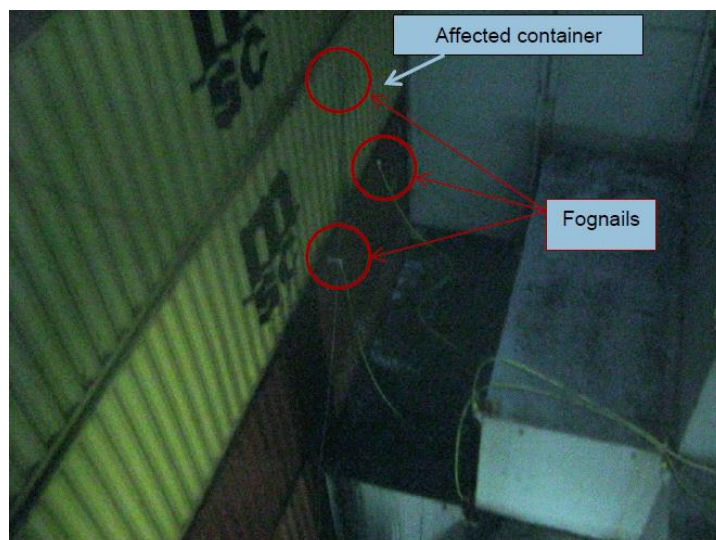
Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας είναι η πυρκαγιά στο MSC Katrina (2015) λόγω μεταφοράς ξυλάνθρακα εντός του δεύτερου αμπαριού του πλοίου (Ulf Kaspera, 2018). Όπως φαίνεται και από την αναφορά του ατυχήματος, δεν υπήρξε κάποιος άλλος παράγοντας υπεύθυνος για την έναρξη της φωτιάς πέραν της συμπεριφοράς του ίδιου του

⁹ MSC 102/INF.3

ξυλάνθρακα, ο οποίος σαν υλικό έχει την ιδιότητα να οξειδώνεται με την πάροδο του χρόνου, παρουσιάζοντας αυτοθερμαινόμενη συμπεριφορά και συνεπώς, να αναφλέγεται χωρίς να απαιτείται έκθεση σε υπερβολική εξωτερική θερμότητα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, το εμπορευματοκιβώτιο που έφερε τον ξυλάνθρακα βρισκόταν εντός του αμπαριού αλλά τόσο ψηλά που ήταν εύκολα προσβάσιμο κατά την κατάσβεση. Αξίζει να σημειωθεί ότι συστήματα ανίχνευσης και πυρόσβεσης λειτουργήσαν άμεσα και αποτελεσματικά, έτσι ώστε ολική απώλεια φορτίου να υπάρξει μόνο στο κιβώτιο που μετέφερε τον ξυλάνθρακα και μερική σε κάποια κοντινά του. Το σύστημα ανίχνευσης ενεργοποιήθηκε επιτόπου και με αυτό τον τρόπο, ο καπετάνιος και το υπόλοιπο πλήρωμα επιλήφθηκαν γρήγορα της κατάστασης με το να καλέσουν εξωτερική βοήθεια από το κοντινότερο λιμάνι και παράλληλα να ξεκινήσουν από μόνοι τους την πυρόσβεση. Τέλος, πιο αξιοσημείωτο είναι ότι το συμβάν του MSC Katrina αποτέλεσε σημείο ορόσημο ώστε ο ξυλάνθρακας να ενταχθεί στα επικίνδυνα φορτία της κλάσης 4.2 του IMDG. Εφαρμογή ορισμένων διαδικασιών πυρόσβεσης κατά τη διάρκεια του ατυχήματος φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 3: Τοπική ψύξη στο μπλοκ των κιβωτίων



Εικόνα 4: Εισαγωγή "fognails¹⁰" στο επηρεαζόμενο από τη φωτιά κιβώτιο και στο υποκείμενό του

¹⁰ Τα fognails θεωρούνται εργαλεία πυρόσβεσης που εισέρχονται σε κλειστό χώρο (πχ εμπορευματοκιβώτιο), μέσω διάτρησης του τοιχώματός του, και εκτοξεύουν σταγονίδια νερού με σκοπό την κατάσβεση του χώρου με τη λιγότερη δυνατή εισαγωγή αέρα, που θα φούντωνε τη φωτιά.

Ένα ακόμη επικίνδυνο φορτίο που έχει προκαλέσει κατ' επανάληψη πυρκαγιά σε δύο διαφορετικά πλοία είναι οι ανακυκλώμενες μπαταρίες λιθίου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η έκρηξη προκλήθηκε λόγω της μεταφοράς του παραπάνω φορτίου στο πλοίο CMA CGM Rossini (2016) (BEAmer, 2017). Ένδειξη ιδιαίζουσας ατμόσφαιρας στο κιβώτιο που μετέφερε τις μπαταρίες παρατηρήθηκε μόνο από το πλήρωμα που εκτελούσε εργασίες δεσίματος των γύρω κιβωτίων. Ωστόσο, η έκρηξη εξελίχθηκε τόσο άμεσα με αποτέλεσμα ούτε το πλήρωμα να προλάβει να ενημερώσει τον αξιωματικό, αλλά και η διαχείριση και αντιμετώπιση της πυρκαγιάς να καταστεί δύσκολη για τις επόμενες μέρες.



Εικόνα 5: Παράδειγμα αποθήκευσης ανακυκλωμένων μπαταριών σε βαρέλια

Κεφάλαιο 3: Πρόληψη Πυρκαγιάς

Ο τομέας της πρόληψης της πυρκαγιάς στα πλοία μεταφοράς ε/κ αφορά πρωταρχικές διαδικασίες που πρέπει να εφαρμοστούν πάνω στα πλοία, προτού η πυρκαγιά ξεσπάσει. Αν και δεν σχετίζεται με διατάξεις συστημάτων ασφαλείας, είναι εξίσου σημαντική με τους τομείς της πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης. Συνεπώς, πραγματοποιείται τις απαραίτητες διεργασίες που διενεργούνται κατά τον χειρισμό και αποθήκευση του φορτίου στη στεριά μέχρι και την φόρτωση και αποθήκευσή του στο πλοίο.

Στη συγκεκριμένη διπλωματική γίνεται λόγος για την ειδική περίπτωση των επικίνδυνων φορτίων, φορτία τα οποία καθίστανται ένας από τους κυριότερους λόγους για την πρόκληση πυρκαγιάς κατά τον πλου των πλοίων μεταφοράς ε/κ. Προτού το επικίνδυνο φορτίο μεταφερθεί δια θαλάσσης, μια σειρά διαδικασιών πρέπει να εκτελεστεί ώστε η μεταφορά του να καθίσταται ασφαλής, τόσο για την ζωή του πληρώματος και την κατασκευή του πλοίου, όσο και για την μη αλλοίωσή του.

Συνεπώς, μερικές από τις βασικές διεργασίες που συμβαίνουν κατά τον χειρισμό των επικίνδυνων φορτίων είναι η ταξινόμησή, η συσκευασία, η σήμανση των συσκευασιών που συγκροτούν την προετοιμασία του επικίνδυνου φορτίου, η φόρτωση σε χερσαία μέσα μεταφοράς και η έκδοση εγγράφων τεκμηρίωσης και δήλωσης του φορτίου για την προσφορά και τελικά κράτηση και αποθήκευση στους χώρους του τερματικού σταθμού, καθώς και τέλος οι επιθεωρήσεις, η φόρτωση στο πλοίο με τον προαπαιτούμενο σχεδιασμό της στοιβασίας και τέλος, η μεταφορά των φορτίων και εκφόρτωσή τους στον επόμενο τερματικό σταθμό.

3.1. Κανονιστικό πλαίσιο

Κύριες πηγές που αντλούνται για την καταγραφή των κανονισμών στον τομέα της πρόληψης είναι οι διατάξεις της *διεθνούς σύμβασης του SOLAS* από τα κεφάλαια *II-2 (Part G, Reg. 19)* και *VII (Part A, D)*, αλλά και του *Κώδικα IMDG (IMO, 2020)*.

Όλοι οι κανονισμοί ομαδοποιούνται στις παρακάτω ενότητες, οι οποίες αποτελούν και κάποιες από τις κυριότερες εφαρμογές προετοιμασίας και διαχείρισης του μεταφερόμενου φορτίου, όπως ειπώθηκε παραπάνω.

3.1.1. Ταξινόμηση επικίνδυνων φορτίων

Η μεταφορά επικίνδυνων φορτίων αποτελεί μείζον θέμα του θαλάσσιου εμπορίου στην σύγχρονη εποχή, οπότε βασικός πυλώνας για την περιγραφή των κανονισμών είναι η κατάταξη και ονοματολογία των επικίνδυνων φορτίων. Για την αναγνώριση, δήλωση αλλά και γνώση των ιδιοτήτων και σύνθεσης τους, υποχρεωτική είναι η σήμανσή τους από ειδικές ετικέτες πάνω στα κιβώτια που τα μεταφέρουν όπως και η τεκμηρίωσή τους από ανάλογα έγγραφα. Για αυτό το σκοπό, τα επικίνδυνα φορτία διαχωρίζονται σε συγκεκριμένες ομάδες, καθεμία από τις οποίες έχει διαφορετική χρησιμότητα (σε ανάλογη ετικέτα ή φυλλάδιο που μπορεί να δηλώνεται), κατά την μεταφορά των φορτίων δια θαλάσσης. Οι ομάδες στις οποίες χωρίζονται είναι: οι «Κλάσεις» (Classes), κάποιες από τις οποίες χωρίζονται και σε «Υποκλάσεις» (SubClasses) και οι «Ομάδες Συσκευασίας» (Packing Groups), ενώ

χαρακτηριστικοί κωδικοί και ονομασίες που ορίζουν ξεχωριστά κάθε επικίνδυνο φορτίο είναι ο «Αριθμός UN» (UN Number) και η «Κατάλληλη Ονομασία Αποστολής» (PSN), αντίστοιχα. [Κώδικας IMDG, §3.2]

Οι δύο πρώτες ομάδες ορίζονται από τον Κώδικα IMDG, ενώ ο «Αριθμός UN» από την «Επιτροπή Εμπειρογνομώνων των Ηνωμένων Εθνών για τη μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων»¹¹. Συνεπώς, παρακάτω αναλύονται οι προειρημένες ομάδες.

Κλάσεις [Κώδικας IMDG, §2.1-2.9]

Οι κλάσεις αφορούν τις 9 κύριες ομάδες στις οποίες διακρίνονται παρακάτω τα επικίνδυνα φορτία και κατά την σήμανση τους δηλώνονται από ένα ψηφίο ή και ένα δεύτερο, σε περίπτωση «υποκλάσης».

Κλάση 1 – Εκρηκτικά

Περιλαμβάνει 6 υποομάδες οι οποίες αποτελούνται από εκρηκτικές ουσίες που ενέχουν υψηλό κίνδυνο έκρηξης και σημαντικής έκτασης της έκρηξής τους σε πιθανή εκपुरσοκρότηση, μέχρι και εκρηκτικές ουσίες που ενέχουν χαμηλότερο κίνδυνο έκρηξης και ανεπαίσθητα αποτελέσματα σε σχέση με αυτά του υψηλού κινδύνου έκρηξης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα της κατηγορίας: πυροτεχνήματα, πυρομαχικά, φυτίλια, αναφλεκτήρες.

Κλάση 2 - Αέρια

Περιλαμβάνει ουσίες που έχουν τάση ατμών μεγαλύτερη/ ίση των 300 kPa στους 50 °C, ή έχουν εντελώς αέρια μορφή σε τυπική ατομική πίεση 101.3 kPa στους 20 °C και χωρίζεται σε υποκλάσεις ανάλογες με την ευφλεξιμότητα και τοξικότητα των αερίων.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα της κατηγορίας: πυροσβεστήρες, φυσικό αέριο, προπάνιο, φυσίγγια αερίου, συμπιεσμένα αέρια.

Κλάση 3 –Εύφλεκτα υγρά

Περιλαμβάνει υγρά, μείγμα υγρών ή υγρά που περιέχουν στερεά σωματίδια με σημείο ανάφλεξης κάτω από ένα ορισμένο όριο (<60÷65°C) και τα οποία μπορούν να αναφλεγούν εύκολα υπό κανονικές συνθήκες. Η κατηγοριοποίηση σε υποκλάσεις γίνεται αναλόγως του σημείου ανάφλεξης κάθε υγρού.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα της κατηγορίας: χρώματα, ακετόνη, βενζίνη, κηροζίνη, καύσιμα ντίζελ, αλκοόλες, κόλλες.

Κλάση 4 – Εύφλεκτα στέρεα

Περιλαμβάνει ουσίες εκτός από εκείνες που ταξινομούνται ως εκρηκτικές, οι οποίες, υπό προϋποθέσεις μεταφοράς, είτε είναι άμεσα εύφλεκτες σε περίπτωση πρόσδοσης τους θερμότητας ή μπορεί να προκαλέσουν ή να οδηγήσουν σε πυρκαγιά. Η κατηγοριοποίηση σε υποκλάσεις γίνεται αναλόγως την ευφλεξιμότητα τους και την αντίδραση τους σε περίπτωση επαφής με το νερό.

¹¹ United Nations Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods

Χαρακτηριστικά παραδείγματα της κατηγορίας: ξυλάνθρακας, μπαταρίες νατρίου, μεταλλικές σκόνες, ενεργός άνθρακα σπύρτα.

Κλάση 5 – Οξειδωτικές ουσίες και οργανικά υπεροξειδία

Χωρίζεται σε δύο υποκλάσεις που περιλαμβάνουν τις «οξειδωτικές ουσίες», ουσίες οι οποίες, ενώ δεν είναι απαραίτητα εύφλεκτες σε περίπτωση που τους προσδοθεί θερμότητα, μπορούν με την παραγωγή οξυγόνου, να προκαλέσουν ή να συμβάλουν στην καύση άλλων υλικών, και τα οργανικά υπεροξειδία, τα οποία είναι θερμικά ασταθείς ουσίες που μπορούν να υποστούν εξώθερμη αυτοεπιταχυνόμενη αποσύνθεση.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα της κατηγορίας: υποχλωριώδες ασβέστιο, νιτρικό νάτριο, λιπάσματα νιτρικού αμμωνίου, νιτρώδη, νιτρικά άλατα, χημικές γεννήτριες, οξυγόνο.

Κλάση 6 - Τοξικές και μολυσματικές ουσίες

Χωρίζεται σε δύο υποκλάσεις που περιλαμβάνουν τις «τοξικές ουσίες», ουσίες που μπορούν να προσβάλλουν την σωματική ακεραιότητα ή να βλάψουν την υγεία του ανθρώπου, σε περίπτωση κατάποσης ή εισπνοής ή επαφής με το δέρμα, και τις μολυσματικές ουσίες, που αφορούν ουσίες που αναμένεται να περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς¹².

Χαρακτηριστικά παραδείγματα της κατηγορίας: παρασιτοκτόνα, αρσενικό, κυανιούχα, χλωροφόρμιο, η νικοτίνη, οξέα, βαφές, δακρυγόνα, βιοϊατρικά απόβλητα και βιολογικά δείγματα.

Κλάση 7 – Ραδιενεργές ουσίες

Ουσίες που αποτελούνται από ραδιονουκλεΐδια και συνεπώς, εκπέμπουν ιονίζουσα ακτινοβολία.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα της κατηγορίας: μετρητές πυκνότητας, απεμπλουτισμένο ουράνιο, ραδιενεργά μεταλλεύματα, ιατρικά ισότοπα.

Κλάση 8 – Διαβρωτικές ουσίες

Ουσίες που λόγω χημικής δράσης, προκαλούν μη αναστρέψιμες βλάβες στο δέρμα ή, σε περίπτωση διαρροής, προκαλούν υλικές ζημιές ή ακόμη και καταστροφή άλλων αγαθών ή του μέσου μεταφοράς.

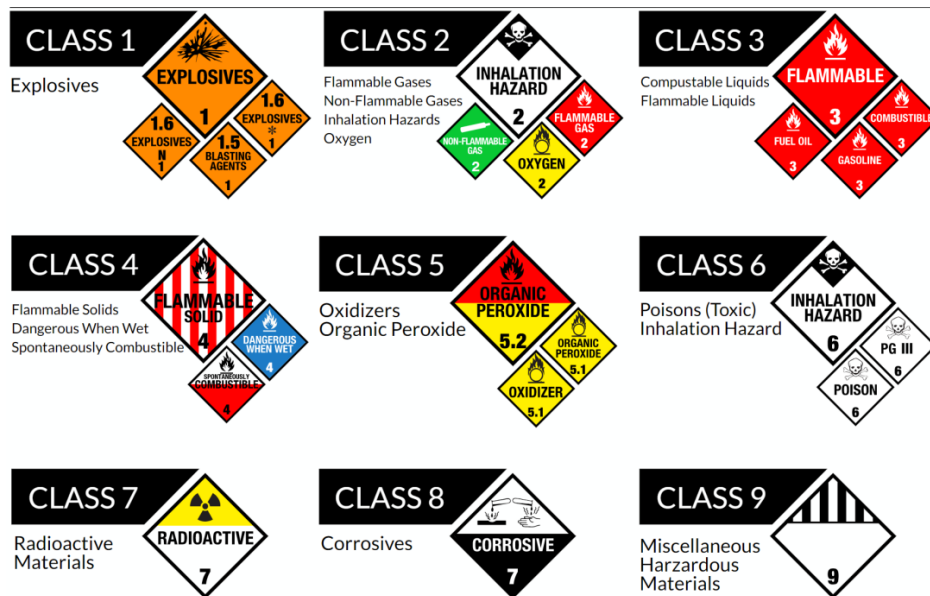
Χαρακτηριστικά παραδείγματα της κατηγορίας: μπαταρίες, χρώματα, βαφές, οξέα.

Κλάση 9 - Διάφορες επικίνδυνες ουσίες και αντικείμενα και περιβαλλοντικά επικίνδυνες ουσίες

Ουσίες και αντικείμενα που παρουσιάζουν κίνδυνο κατά τη μεταφορά αλλά δεν εμπίπτουν στις προηγούμενες οκτώ κλάσεις. Αντιπροσωπευτικές κατηγορίες αυτών είναι τα μαγνητισμένα υλικά, οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί, ουσίες που μεταφέρονται σε υψηλές θερμοκρασίες και επικίνδυνες για το περιβάλλον ουσίες.

¹² Ως παθογόνοι χαρακτηρίζονται οι μικροοργανισμοί (συμπεριλαμβανομένων βακτηρίων, ιών, παρασίτων, μυκήτων) και άλλοι παράγοντες όπως τα πρίονς (prions), που μπορούν να προκαλέσουν ασθένεια σε ανθρώπους ή ζώα

Χαρακτηριστικά παραδείγματα της κατηγορίας: κινητήρες κυβελών καυσίμου, κιτ πρώτων βοηθειών, σωτήριες συσκευές, μπαταρίες ιόντων λιθίου, ξηρός πάγος.



Εικόνα 6: Κλάσεις και ενδεικτικές Υποκλάσεις επικίνδυνων φορτίων¹³

Ομάδες Συσκευασίας [Κώδικας IMDG, §2.0.1.3]

Όσον αφορά τις κλάσεις εκτός των 1, 2, 5.2, 6.2, 7 και των αυτοαντιδρώντων ουσιών της κλάσης 4.1, τα επικίνδυνα φορτία ανάλογα με τον βαθμό επικινδυνότητας τους κατανέμονται σε τρεις ομάδες συσκευασίας, δηλαδή:

- Ομάδα I: Ομάδα υψηλού κινδύνου,
- Ομάδα II: Ομάδα μετρίου κινδύνου και
- Ομάδα III: Ομάδα χαμηλού κινδύνου

Η καθιέρωση αυτών των ομάδων είναι χρήσιμη για την συσκευασία και τον κατάλληλο διαχωρισμό ή τοποθέτηση των επικίνδυνων φορτίων. Δηλώνονται με ένα από τους τρεις παραπάνω λατινικούς αριθμούς.

Αριθμός UN & Κατάλληλη Ονομασία Αποστολής [Κώδικας IMDG, § 3.2]

Σε σχέση με τις κλάσεις ο «Αριθμός UN» δηλώνει συγκεκριμένο είδος επικίνδυνου φορτίου και όχι γενική ομάδα, ενώ ορίζεται από έναν τετραψήφιο αριθμό. Σημαίνεται σε κάθε συσκευασία και κιβώτιο που μεταφέρει επικίνδυνο φορτίο καθώς και στα αντίστοιχα έγγραφα τεκμηρίωσης, ενώ πάντα συνοδεύεται από την «Κατάλληλη Ονομασία Αποστολής» που αναφέρεται στο όνομα του φορτίου.

Στο παρακάτω πίνακα φαίνεται η χρήση και των τεσσάρων προειρημένων ομάδων για την δήλωση των φορτίων στον «Κατάλογο Επικίνδυνων Υλικών» (DGL) του Κώδικα IMDG.

¹³ <https://www.saferack.com/guide-hazmat-placards-un-numbers/>

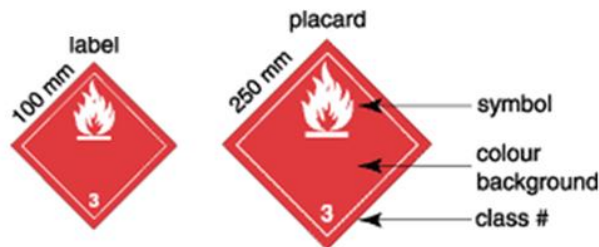
UN No. (1)	Proper shipping name (PSN) (2) 3.1.2	Class or division (3) 2.0	Subsidiary hazard(s) (4) 2.0	Packing group (5) 2.0.1.3
1134	CHLOROBENZENE	3	-	III
1135	ETHYLENE CHLOROHYDRIN	6.1	3	I
1136	COAL TAR DISTILLATES, FLAMMABLE	3	-	II

Εικόνα 7: Ταξινόμηση επικίνδυνων φορτίων σύμφωνα με τον DGL [Κώδικας IMDG, § 3.2]

3.1.2. Τοποθέτηση σημάτων, ετικετών και πινακίδων

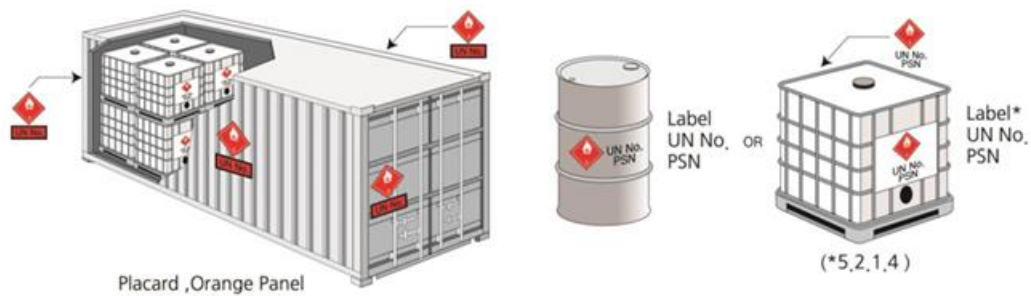
Δύο βασικοί χειρισμοί που επιτυγχάνονται κατά την προετοιμασία του επικίνδυνου φορτίου είναι η συσκευασία του, που αφορά την κατανομή του σε μικρές μονάδες/συσκευασίες (πχ. παλέτες, βαρέλια, πακέτα), και που αυτές με την σειρά τους τοποθετούνται εντός των εμπορευματοκιβωτίων (ε/κ), και σαν διαδικασία συγκροτούν το πακετάρισμα.

Ως εκ τούτου, για την ασφαλή διαχείριση και γνώση του είδους του φορτίου που φέρει κάθε εμπορευματοκιβώτιο/μονάδα, απαραίτητη είναι η ένδειξη των μέσων αυτών, σύμφωνα με τον Κώδικα IMDG. Οι ενδείξεις κατηγοριοποιούνται στις: «Σημάνσεις» (Marks), «Ετικέτες» (Labels) και «Πινακίδες» (Placards). Οι Σημάνσεις υποδεικνύουν τον χαρακτηριστικό Αριθμό UN, καθώς και την Κατάλληλη Ονομασία Αποστολής (PSN), οι Ετικέτες φέρουν ρομβοειδές σχήμα μέσα στο οποίο δηλώνεται η Κλάση που την συνοδεύει ανάλογο χρώμα και σύμβολο και τέλος οι Πινακίδες που απεικονίζουν ακριβώς το ίδιο περιεχόμενο με τις Ετικέτες και αποτελούν μια μεγέθυνσή τους. Οι Πινακίδες πρέπει να σημαίνονται στις μεγάλες μονάδες κυρίως, όπως τα εμπορευματοκιβώτια, οι ετικέτες σε μικρότερες μονάδες όπως πακέτα, βαρέλια κλπ., ενώ οι σημάνσεις και στα δύο είδη μέσων φόρτωσης. [Κώδικας IMDG, § 5.2, 5.3]



Εικόνα 8: Σύγκριση Ετικέτας και Πινακίδας¹⁴

¹⁴ https://www.ccohs.ca/oshanswers/legisl/tdq/tdq_safetymarks.html



Εικόνα 9: Σήμανση και «Ετικετοποίηση» σε συσκευασίες και εμπορευματοκιβώτια¹⁵

3.1.3. Στοιβάσια και Διαχωρισμός Επικίνδυνων φορτίων

Η «Στοιβάσια» (Stowage) των εμπορευματοκιβωτίων που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία αναφέρεται στην διαδικασία κατάλληλης τοποθέτησης τους στον χώρο φορτίου του πλοίου, με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρξει παράμετρος που να οδηγήσει σε πρόκληση πυρκαγιάς. Μερικοί από τους βασικούς κανονισμούς που ορίζουν τον τρόπο στοιβάσιας παρατίθενται ακολούθως, κατηγοριοποιημένοι σε επιμέρους ομάδες.

Πηγές ανάφλεξης:

Γενικός όρος του *SOLAS* είναι τα επικίνδυνα εμπορεύματα να διαχωρίζονται επαρκώς από τις πηγές ανάφλεξης [§1.2].

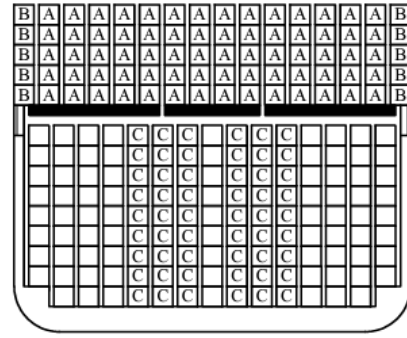
Παράδειγμα αυτού του όρου αποτελεί η περίπτωση εμπορευματοκιβωτίου που φέρει εύφλεκτα υγρά ή αέρια με σημείο ανάφλεξης μικρότερο από 23°C και που μεταφέρεται στο κατάστρωμα να πρέπει να στοιβάζεται τουλάχιστον 2.4 m οριζόντια και να προβάλλεται κατακόρυφα μακριά από κάθε πιθανή πηγή ανάφλεξης. [Κώδικας *IMDG*, §7.4.2.3.2]

Συμβατότητα επικίνδυνων φορτίων:

Τα εμπορευματοκιβώτια που φέρουν επικίνδυνα φορτία δεν μπορούν να τοποθετούνται σε κοντινή απόσταση με εμπορευματοκιβώτια που φέρουν «ασύμβατα» (incompatible) επικίνδυνα φορτία. Ασύμβατα είναι τα εμπορεύματα που δεν μπορούν να τοποθετούνται κοντά μεταξύ, καθώς αλλιώς καθιστούν την ατμόσφαιρα ιδανική για πρόκληση κάποιας έκρηξης ή ανάφλεξης. Με αυτόν τον τρόπο, ο Κώδικας *IMDG* παρέχει οδηγίες για την διάκριση των ασύμβατων φορτίων, καθώς και για τον κατάλληλο «Διαχωρισμό» τους (Segregation) που θα δούμε παρακάτω.[§7.2, 7.4] Επιπρόσθετα, πέραν του να διαχωρίζονται, εμπορευματοκιβώτια που φέρουν ασύμβατα επικίνδυνα αγαθά, όπως εύφλεκτα υγρά ή αέρια πρέπει να τοποθετούνται σε θέσεις που καθορίζονται από τις «sensitive vertical lines».[Κώδικας *IMDG*, §7.4.2.2.2.3, §7.4.2.2.2.4]

¹⁵ CCC1/6/INF.3 Annex, Page 4

Σημειώνεται πως «sensitive vertical lines¹⁶» αφορούν κατακόρυφες γραμμές κάτω από το κατάστρωμα, εντός αμπαριού φορτωμένου με εμπορευματοκιβώτια, οι οποίες ξεκινούν από το ελεύθερο διάκενο που υπάρχει μεταξύ των καλυμμάτων των στομιών και καταλήγουν στον πυθμένα του αμπαριού. Δεξιά και αριστερά από αυτές λοιπόν δεν μπορούν να τοποθετηθούν εμπορευματοκιβώτια που φέρουν τα προαναφερόμενα ασύμβατα επικίνδυνα αγαθά, όπως φαίνεται και στο σχήμα.



Προσβασιμότητα:

Το φορτίο πρέπει να στοιβάζεται έτσι ώστε να επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ή για συνήθεις ελέγχους.

Τέτοια περίπτωση αποτελούν εμπορευματοκιβώτια που απαιτούν παρακολούθηση της θερμοκρασίας είτε σε κανονικές είτε σε επείγοντες συνθήκες. [Κώδικας IMDG, §7.1.4.6.1]

Περιορισμός μεταφοράς άνω του καταστρώματος καιρού:

Εμπορευματοκιβώτια που φέρουν ειδικές κατηγορίες εύφλεκτων υγρών ή αερίων πρέπει να στοιβάζονται άνω του καταστρώματος καιρού. [Κώδικας IMDG, §7.4.2.3.1, §7.4.2.3.3]

Μεγάλο μέρος της στοιβασίας αποτελεί ο «Διαχωρισμός» των εμπορευματοκιβωτίων που φέρουν επικίνδυνα φορτία και που συγκεκριμένα αναφέρεται στον διαχωρισμό δύο ή περισσότερων ουσιών ή αντικειμένων που θεωρούνται ασύμβατα, όταν η συσκευασία ή η αποθήκευσή τους μαζί μπορεί να οδηγήσει σε αδικαιολόγητους κινδύνους σε περίπτωση διαρροής ή οποιουδήποτε άλλου ατυχήματος. Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται με την στοιβασία των δύο ή παραπάνω ασύμβατων φορτίων σε καθορισμένες αποστάσεις ή παρεμβάλλοντας ανάμεσα τους κάποιο έλασμα (πχ. εγκάρσια φρακτή/ενδιάμεσο κατάστρωμα) είτε συνδυασμό και των δύο, τοποθετώντας στον ενδιάμεσο χώρο εμπορεύματα συμβατά των προηγούμενων. [Κώδικας IMDG, 7.2.2.1] Η πληροφορία για τον επ' ακριβώς τρόπο διαχωρισμού των επικίνδυνων φορτίων λαμβάνεται από τον «Κατάλογο Επικίνδυνων Φορτίων» (Dangerous Good List) και τον «Πίνακα Διαχωρισμού» (Segregation Table,), αναλόγως τον Αριθμό UN, το PSN, την κλάση και την ομάδα συσκευασίας των επικίνδυνων υλικών που πρόκειται να φορτωθούν. [Κώδικας IMDG, 7.2.3.1]

Σκοπός του Καταλόγου Επικίνδυνων Φορτίων – DGL είναι να παρέχει πληροφορίες για την φύση των επικίνδυνων φορτίων, τους κινδύνους που μπορεί να προκαλέσουν και συνεπώς τις διαδικασίες αντιμετώπισης τους σε έκτακτη ανάγκη, καθώς και να κατηγοριοποιήσει τους τρόπους στοιβασίας, διαχωρισμού και χειρισμού τέτοιων αγαθών, αναλόγως τον Αριθμό UN, το PSN, την κλάση και την ομάδα συσκευασίας που ορίζει το κάθε εμπόρευμα.

Σκοπός του Πίνακα Διαχωρισμού [Κώδικας IMDG, 7.2.4] είναι να ορίσει την απόσταση που μπορούν να τοποθετηθούν δύο ή παραπάνω επικίνδυνα φορτία, τα οποία αναλόγως την κλάση που ανήκουν μπορούν να:

1. «Είναι μακριά από»

¹⁶ MSC/Circ.1087

2. «Χωρισμένα από»,
 3. «Διαχωρίζονται από ένα πλήρες διαμέρισμα ή αμπάρι από»
 4. «Διαχωρίζονται κατά μήκος από ένα ενδιάμεσο πλήρες διαμέρισμα ή αμπάρι από»
- Αναλυτικές οδηγίες, ειδικά για τα πλοία μεταφοράς ε/κ, δίνονται από τους ανάλογους πίνακες διαχωρισμού της παραγράφου §7.4.3 του Κώδικα IMDG.

3.1.4. Τεκμηρίωση/Έγγραφα

Για την πιστοποίηση και απόδειξη πως όλες οι προειρημένες διαδικασίες προετοιμασίας του φορτίου έχουν γίνει όπως ορίζουν οι κανονισμοί, κάθε πλοίο μεταφοράς ε/κ πρέπει να φέρει συγκεκριμένα έγγραφα. Η τεκμηρίωση πρέπει να είναι επικαιροποιημένη και να αντικατοπτρίζει τυχόν αλλαγές ή ενημερώσεις του φορτίου κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, καθώς και να είναι άμεσα διαθέσιμη από το πλήρωμα ή οποιοδήποτε αρμόδιο πρόσωπο ή τον οργανισμό που ορίζεται από την κρατική αρχή του λιμένα. Τα έγγραφα απαρτίζονται από τα:

Σχέδιο στοιβασίας/ Δηλωτικό επικίνδυνων φορτίων

Κάθε πλοίο που μεταφέρει στερεά επικίνδυνα εμπορεύματα σε συσκευασμένη μορφή πρέπει να διαθέτει ειδικό κατάλογο ή δηλωτικό που να αναφέρει τα επικίνδυνα εμπορεύματα επί του πλοίου και τη θέση τους. Αντί του ειδικού καταλόγου ή του δηλωτικού μπορεί να χρησιμοποιηθεί λεπτομερές σχέδιο στοιβασίας, το οποίο προσδιορίζει ανά κατηγορία και καθορίζει τη θέση όλων των επικίνδυνων εμπορευμάτων επί του πλοίου. Αντίγραφο ενός από αυτά τα έγγραφα πρέπει να διατίθεται πριν από τον απόπλου στο πρόσωπο ή τον οργανισμό που έχει ορίσει η αρχή του κράτους λιμένα. [Κώδικας IMDG, §5.4.3.1]

Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης

Το «Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης» (DOC) παρέχεται από τις κυβερνητικές αρχές ως αποδεικτικό στοιχείο της συμμόρφωσης της κατασκευής και του εξοπλισμού του πλοίου με τις απαιτήσεις του κώδικα ISM. Δεν απαιτείται πιστοποίηση για τα επικίνδυνα φορτία που προσδιορίζονται ως κλάσεις 6.2 και 7 και τα επικίνδυνα φορτία που βρίσκονται σε περιορισμένες ποσότητες και εξαιρούμενες ποσότητες, εκτός από τα στερεά επικίνδυνα εμπορεύματα που μεταφέρονται χύδην. Αντίγραφο του εγγράφου φυλάσσεται επί του σκάφους. [SOLAS, Chapter II-2, Part G, Reg. 19: §2.1]

Φόρμα μεταφοράς επικίνδυνων εμπορευμάτων

Η «Φόρμα μεταφοράς επικίνδυνων εμπορευμάτων» (Multimodal dangerous goods form) αφορά τις διατάξεις που φαίνονται στην εικόνα 10, σύμφωνα με την παράγραφο §5.4.5 του κώδικα IMDG. Ουσιώδη ρόλο παίζει η «Δήλωση του ναυλωτή» (Shippers Declaration), σύμφωνα με την οποία δηλώνει και υπογράφει ότι:

“το περιεχόμενο της παρούσας αποστολής περιγράφεται πλήρως και επακριβώς με την Κατάλληλη Ονομασία Αποστολής (PSN), είναι ταξινομημένο, συσκευασμένο, και «μαρκαρισμένο» και τέλος είναι από κάθε άποψη σε κατάλληλη κατάσταση για μεταφορά σύμφωνα με τις ισχύουσες διεθνείς και εθνικές κυβερνητικές κανονισμούς.”

Η φόρμα αυτή δεν είναι αναγκαίο να υπάρχει, αλλά κάθε ρύθμιση/δήλωση στην οποία αναφέρεται πρέπει να εφαρμόζεται και να προβάλεται πιθανώς σε άλλο έγγραφο, με κύριο σκοπό να μην υπάρχει κίνδυνος μη δήλωσης των επικίνδυνων αγαθών.

Multimodal Dangerous Goods Form

This form may be used as dangerous goods declaration as it meets the requirements of SOLAS 74 , chapter VII, regulation 5 MARPOL 73/78, Annex III, regulation 4 and section 9 of the General Introduction to the IMDG Code.

1 Shipper / Consignor / Sender		2 Transport Document Number BOOKING REFERENCE		
		Page 1 of 1 Pages	4 Shipper's reference	
		5 Freight Forwarder's reference		
6 Consignee		7 Carrier (to be completed by the carrier)		
		SHIPPER'S DECLARATION I hereby declare that the contents of this consignments are fully and accurately described below by the proper shipping name, and are classified, packaged, marked and labeled / placarded and are in all respects in proper condition for transport according to the applicable international and national government regulations		
10 Vessel and Voyage n°	11 Port of Loading	9 Additional handling information <i>EMERGENCY CONTACT INFO:</i>		
12 Port of Discharge	13 Destination			
14 Shipping marks	* Number and kind of packages; description of the goods	Gross mass (kg)	Net mass (kg)	Cube (m3)
	UN Number: Proper Shipping Name: IMDG Class: Packing Group: II FLASHPOINT			
15 Container Identification no	16 Seal number(s)	17 Container size & type	18 Tare mass (kg)	19 Total gross(including tare) (kg)
CONTAINER PACKING CERTIFICATE I hereby declare that the goods described above have been packed/loaded into the container identified above in accordance with applicable provisions MUST BE COMPLETED AND SIGNED FOR ALL CONTAINERS LOADS BY PERSON RESPONSIBLE FOR PACKING/LOADING.		21 RECEIVING ORGANIZATION RECEIPT Received the above number of packages/containers in apparent good order and Condition, unless stated hereon: RECEIVING ORGANISATION REMARKS:		
20. Name of Company		Hauler's name	22 Name of company (OF SHIPPER PREPARING THIS NOTE)	
Name/status of declarant		Vehicle reg. No.	Name/status of declarant	
Place and date		Signature and date	Place and date	
Signature of declarant		DRIVER'S SIGNATURE	Signature of declarant	
			X	

DANGEROUS GOODS:

* You must specify: proper shipping name; hazard class, UN No., packaging group, (where assigned) Marine pollutant and observe the mandatory requirements under applicable national international governmental regulations. For the purposes of the IMDG Code see 5.4.1.4.

**For the purposes of the IMDG Code see 5.4.2.

Εικόνα 10: Φόρμα μεταφοράς επικίνδυνων εμπορευμάτων [Κώδικας IMDG, §5.4.5]

Σε ειδικές περιπτώσεις μεταφοράς φορτίου “Irradiated Nuclear Fuel” (INF), επιπλέον πιστοποιητικά χορηγούνται, ύστερα από απαίτηση της σύμβασης SOLAS, όπως τα:

Διεθνές πιστοποιητικό καταλληλότητας για τη μεταφορά φορτίου INF¹⁷ (International Certificate of Fitness for the Carriage of INF Cargo)

Σύμφωνα με SOLAS 1974, reg. VII/16.

Πιστοποιητικό ασφάλειας πυρηνικού φορτηγού πλοίου (Nuclear Cargo Ship Safety in place of the Cargo Ship Safety Certificate)

Σύμφωνα με SOLAS 1974, regulation VIII/10.

3.2. Προβλήματα

3.2.1. Περιγραφή προβλημάτων

Συνέπειες που καθιστούν την πρόληψη ανεπιτυχής σαν διαδικασία είναι η δημιουργία πυρκαγιάς εντός του χώρου του φορτίου των πλοίων μεταφοράς ε/κ που μπορεί να αποβεί μοιραία είτε με απευθείας έκρηξη των φορτίων, είτε με αυτοθέρμανσή τους και παράλληλη διάδοση της φωτιάς από κιβώτιο σε κιβώτιο. Σφάλματα υπεύθυνα για αυτή την κατάσταση εντοπίζονται τόσο στις χερσαίες και εν πλω διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, όσο και στην προετοιμασία του φορτίου. Η προβληματικότητα αυτών των διαδικασιών πηγάζει από τις παραμέτρους που περιγράφονται παρακάτω και αναλύονται διεξοδικά στην ενότητα §6.2.2.

Φύση των επικίνδυνων φορτίων ως αγαθών μεταφοράς

Κεντρικό ζήτημα στο θαλάσσιο εμπόριο είναι η μεταφορά των επικίνδυνων φορτίων σε πακεταρισμένη μορφή. Τα αγαθά αυτά λόγω των φυσικών/ χημικών τους ιδιοτήτων από μόνα τους επιφυλάσσουν κινδύνους αυτανάφλεξης ή αυτοθέρμανσης και για αυτόν τον λόγο επιπρόσθετες απαιτήσεις πρέπει να πληρούνται για την ασφάλεια της ακεραιότητάς τους. Μερικά από τα πιο επισφαλή επικίνδυνα φορτία, όπως έχει ειπωθεί και στο κεφάλαιο των ατυχημάτων, είναι το υποχλωριώδες ασβέστιο, ο ξυλάνθρακας, οι μπαταρίες λιθίου και το seed cake¹⁸.

Μη δήλωση επικίνδυνων φορτίων/ τεκμηρίωση/ σύστημα κρατήσεων

Σε συνέχεια του προηγούμενου παράγοντα καθοριστικό ρόλο παίζει η λανθασμένη ή ανεπαρκής πληροφόρηση που παρέχεται στο εργατικό δυναμικό για την μεταφορά επικίνδυνων φορτίων. Τρεις παράμετροι που συμβάλλουν σε αυτό το φαινόμενο είναι η ασάφεια του συστήματος των κρατήσεων, η ανεπάρκεια των εγγράφων τεκμηρίωσης μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων πάνω στο πλοίο, καθώς και η κύρια και βασικότερη, μη ή λανθασμένη δήλωση των επικίνδυνων φορτίων. Επακόλουθα που φέρουν τα προηγούμενα είναι να υπάρχει άγνοια από το προσωπικό για το τι πραγματικά μεταφέρεται και άρα

¹⁷ Irradiated Nuclear Fuel

¹⁸ Σύμφωνα με τον Κατάλογο Επικίνδυνων Φορτίων DGL του κώδικα IMDG, το seed cake θεωρείται πυρηνάς σπόρων (ελιάς, καρύδας, κλπ)

χειρισμοί μη συμβατοί με τον κώδικα IMDG να γίνονται τόσο σε προκαταρκτικό στάδιο όσο και κατά την κατάσβεση του φορτίου σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Σχεδιασμός διαδικασιών σύμφωνα με τα πρότυπα

Σφάλματα πολλές φορές εντοπίζονται κατά την τήρηση των διεργασιών διαχείρισης του επικίνδυνου φορτίου. Πρώτα από όλα, οι δοκιμές που υποβάλλεται το φορτίο δεν είναι ικανοποιητικές ώστε να καταταχθεί στην κλάση που υπάγεται πραγματικά και αυτό πιθανώς έχει σαν συνέπεια και την χρήση ακατάλληλης συσκευασίας. Ακόμα, δεν μπορούν να παραληφθούν η ελλιπής σχεδίαση και η τήρηση των κανονισμών για την σωστό πακετάρισμα, αποθήκευση και στοιβασία των προϊόντων, επιβαρύνοντας περαιτέρω τις συνθήκες διατήρησης του φορτίου αναλλοίωτου.

Κατάσταση αποθηκευτικών μέσων φορτίου

Συσχετιζόμενη της προηγούμενης συνιστώσας είναι η κατάσταση των συσκευασιών και των εμπορευματοκιβωτίων στα οποία τοποθετούνται όχι μόνο τα κανονικά αλλά και τα επικίνδυνα φορτία. Ενδεικτικά παραδείγματα αποτελούν η εκτεταμένη χρήση ή ελαττωματικότητα των προηγούμενων στοιχείων, καθώς και κάποια βλάβη που μπορεί να προκύψει στον κατασκευή του εμπορευματοκιβωτίου ή στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό του στην περίπτωση εμπορευματοκιβωτίου ψυγείου.

Συνθήκες μεταφοράς και αποθήκευσης

Σπουδαίο ρόλο παίζουν και οι ατμοσφαιρικές συνθήκες κατά τις οποίες υποβάλλεται το φορτίο. Ειδικά σε περιπτώσεις επικίνδυνου φορτίου, εσωτερικοί και εξωτερικοί παράγοντες όπως η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω εκτεταμένης έκθεσης των εμπορευματοκιβωτίων στον ήλιο, οι πηγές θερμότητας κοντά σε αυτά ή εισροή νερού εντός αυτών, επιταχύνουν την αυτοθέρμανση και αυτανάφλεξη των προϊόντων.

Ανθρώπινος παράγοντας

Τέλος, παράμετρος που επιδρά άμεσα στις προειρημένες παραμέτρους είναι η συνεισφορά του ανθρώπινου στοιχείου σε όλες τις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Πρόβλημα που έγκειται στο συγκεκριμένο ζήτημα και μπορεί να αποτελεί αφορμή για τα επόμενα είναι η ελλιπής και ανεπαρκής κατάρτιση του προσωπικού στο να εκτελέσει κατάλληλα τη δουλειά του τόσο σε κανονικές συνθήκες-συνθήκες χειρισμού όσο και σε συνθήκες έκτακτης ανάγκης όπως το ξέσπασμα πυρκαγιάς. Επίσης, πιο εύκολα προκύπτουν λάθη, όταν δεν υπάρχει κατανόηση του περιεχομένου των εγγράφων τεκμηρίωσης και άρα αντίστοιχη εξοικείωση, καθώς και όταν η επιθεώρηση εντός των κιβωτίων είναι επιφανειακή και όχι διεξοδική.

Αξίζει να σημειωθεί πως πληθώρα των παραγόντων που αναπτύχθηκαν παραπάνω μπορεί να συμβαίνει κυρίως χερσαίως, όμως αποτελούν εύφορο έδαφος για την δημιουργία συνθηκών ικανών να οδηγήσουν σε φωτιά στο χώρο του φορτίου του πλοίου, παρόλο που υπάρχει η περίπτωση οι χειρισμοί φόρτωσης και στοιβασίας στο πλοίο να έχουν εκτελεστεί όπως πρέπει.

Ακολουθούν πίνακες που αναλύουν περαιτέρω τις προαναφερόμενες παραμέτρους, σχετικά με τα σφάλματα που μπορούν να προκύψουν εξαιτίας τους, όπως και τις αντίστοιχες προκαλούμενες συνέπειες, ενώ επιπλέον παρατίθενται μερικά πιθανά μέτρα αντιμετώπισης,

και προτάσεις των φορέων *CINS* και *Cargosafe*¹⁹. Υπάρχει διαχωρισμός των πινάκων, ανάλογα με τις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας.

¹⁹ (CINS, 2019), (CINS, International Group of P&I Clubs, 2018), (CINS, International Group of P&I Clubs, 2021), (CINS, International Group of P&I Clubs, ICHCA International, TT Club, 2023), (EMSA, 2023)

3.2.2. Πίνακες ανάλυσης παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Διεργασίες του Τομέα της Πρόληψης

Διεργασίες Πρόληψης				
Προετοιμασία Φορτίου				
Ανάλυση παραμέτρων που επηρεάζουν την πρόληψη	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από CINS/ Cargosafe
1. Δήλωση/Ταξινόμηση επικίνδυνων φορτίων	1.1 Λανθασμένη δήλωση ή αδήλωτο φορτίο	*Μη ικανοποιητικός χειρισμός/ αποθήκευση του φορτίου, σύμφωνα με τα πρότυπα του κώδικα IMDG *Πιθανή αυτανάφλεξη φορτίου λόγω ακατάλληλων συνθηκών αποθήκευσης του (πχ. Θερμοκρασία, εξαερισμός) *Ανεπαρκής γνώση των πιθανών ειδικών μεθόδων περιορισμού και κατάσβεσης της φωτιάς σε περίπτωση αυτανάφλεξης επικίνδυνου φορτίου	*Η αξιοπιστία της δήλωσης του φορτίου θα πρέπει να ελεγχθεί από αυτόνομο φορέα	*Εργαλείο σάρωσης εμπορευματοκιβωτίου [Cargosafe]
	1.2 Μη δήλωση λόγω της μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων ενός επικίνδυνου φορτίου σε ένα ε/κ, κατακερματισμένο σε μικρότερα πακέτα (πρακτική που εκμεταλλεύεται «παραθυράκια» του κώδικα IMDG ²⁰)	*Πιθανή αυτανάφλεξη φορτίου ή και εξάπλωση φωτιάς, εφόσον το φορτίο είναι αυτοθερμαινόμενο *Μη ασφαλής χειρισμός του φορτίου από το πλήρωμα, εφόσον αυτό δεν δηλώνεται ως επικίνδυνο	*Αναθεώρηση του κώδικα IMDG, σχετικά με τα "special provisions and limited quantities"	
	1.3 Λανθασμένη ταξινόμηση λόγω εκτέλεσης μη αντιπροσωπευτικών δοκιμών σε σχέση με τις συνθήκες μεταφοράς και συνεπώς, εσφαλμένη ερμηνεία της φύσης του φορτίου (πχ. Αυτοθερμαινόμενες ουσίες)	*Μη ικανοποιητικός χειρισμός του φορτίου, σύμφωνα με τα πρότυπα του κώδικα IMDG *Πιθανή απελευθέρωση ή αυτανάφλεξη φορτίου *Ανεπαρκής γνώση των πιθανών ειδικών μεθόδων περιορισμού και κατάσβεσης της φωτιάς σε περίπτωση αυτανάφλεξης επικίνδυνου φορτίου	*Βελτιώσεις στις μεθόδους αναγνώρισης αυτοθερμαινόμενων ουσιών	*Αναβάθμιση μεθόδου ταξινόμησης αυτοθερμαινόμενων ουσιών [Cargosafe]
2. Διαδικασία Συσσκευασίας	2.1 Χρήση λανθασμένης συσκευασίας	*Λανθασμένη επιλογή συσκευασίας, με συνέπεια την πιθανή απελευθέρωση ή απότομη θέρμανση φορτίου *Αυτανάφλεξη φορτίου	*Μέριμνα για καλύτερη εκπαίδευση του προσωπικού, συμπεριλαμβανομένων σεμιναρίων και πιστοποιητικών κατάρτισης *Κατάλληλη φωτογραφική καταγραφή του φορτίου για ανάλυση ρίσκου	
	2.2 Μη συμμόρφωση της συσκευασίας όσον αφορά το προβλεπόμενο διάκενο αέρα ²¹	*Αυτοθέρμανση φορτίου *Πιθανή αυτανάφλεξη φορτίου	*Κατάλληλη φωτογραφική καταγραφή του φορτίου για ανάλυση ρίσκου	

²⁰Κώδικας IMDG: Chapter 3.4, 3.5²¹ η ποσότητα αέρα που απομένει είναι ακατάλληλη για την παρεμπόδιση της αυτοθέρμανσης του φορτίου που οδηγεί σε φλόγα

Διεργασίες Πρόληψης				
Προετοιμασία Φορτίου				
Ανάλυση παραμέτρων που επηρεάζουν την πρόληψη	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από CINS/ Cargosafe
3. Διαδικασία Αποθήκευσης σε εμπορευματοκιβώτιο	3.1 Ακατάλληλη πλήρωση του εμπορευματοκιβωτίου	*Μη ασφάλιση των φορτίων μέσα στο ε/κ, προκαλώντας εσωτερική μετακίνηση *Πιθανή βλάβη της συσκευασίας, με συνέπεια την πιθανή απελευθέρωση ή αυτανάφλεξη επικίνδυνου φορτίου *Αλλοίωση φορτίου	*Μέριμνα για καλύτερη εκπαίδευση του προσωπικού, συμπεριλαμβανομένων σεμιναρίων και πιστοποιητικών κατάρτισης *Κατάλληλη φωτογραφική καταγραφή του φορτίου για ανάλυση ρίσκου	
	3.2 Λανθασμένος διαχωρισμός φορτίου εσωτερικά του εμπορευματοκιβωτίου	*Πιθανή αντίδραση μεταξύ ασύμβατων φορτίων σε περίπτωση διαρροής		
4. Ποιότητα συσκευασιών/ εμπορευματοκιβωτίων	4.1 Ελαττωματική συσκευασία	*Διαρροή επικίνδυνου φορτίου *Εισροή εντός της συσκευασίας εξωτερικών ουσιών (νερό, αέρας κ.α.) *Αλλοίωση φορτίου		*Εργαλείο σάρωσης εμπορευματοκιβωτίου [Cargosafe]
	4.2 Ελαττωματικό ε/κ-ψυγείο ²² επικίνδυνων φορτίων	*Ουσίες που πρέπει να συντηρούνται σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες, μπορεί να οδηγηθούν σε αυτοεπιταχυνόμενη αποσύνθεση, με πιθανή εκρηκτική δραστηριότητα όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει μία ορισμένη τιμή		
5. Ποιότητα Εκπαίδευσης	5.1 Ανεπαρκής γνώση συσκευαστή για τον τρόπο συσκευασίας του φορτίου	*Λανθασμένη επιλογή συσκευασίας, με συνέπεια την πιθανή αυτοθέρμανση του φορτίου *Αυτανάφλεξη φορτίου	*Μέριμνα για καλύτερη εκπαίδευση του προσωπικού, συμπεριλαμβανομένων σεμιναρίων και πιστοποιητικών κατάρτισης	
	5.2 Μη συμμόρφωση με τους κανονισμούς λόγω ελλιπούς εκπαίδευσης	*Λανθασμένη επιλογή υλικού/μεθόδου συσκευασίας, πλήρωση του κιβωτίου ή δήλωση είδους επικίνδυνου φορτίου *Μη ικανοποιητικός χειρισμός του φορτίου, σύμφωνα με τα πρότυπα του κώδικα IMDG *Πιθανή απελευθέρωση ή αυτανάφλεξη φορτίου *Ανεπαρκής γνώση των πιθανών ειδικών μεθόδων περιορισμού και κατάσβεσης της φλόγας σε περίπτωση αυτανάφλεξης επικίνδυνου φορτίου		
6. Σαφήνεια και επάρκεια εγγράφων/ διατάξεων για μεταφερόμενα επικίνδυνα φορτία	6.1 Μη συμμόρφωση με τους κανονισμούς λόγω ελλιπούς κατανόησής τους	*Λανθασμένη επιλογή υλικού/μεθόδου συσκευασίας, πλήρωση του κιβωτίου ή δήλωση είδους επικίνδυνου φορτίου *Μη ικανοποιητικός χειρισμός του φορτίου, σύμφωνα με τα πρότυπα του κώδικα IMDG * Πιθανή απελευθέρωση ή αυτανάφλεξη φορτίου	*Εγγραφα σχετικά με την χειρισμό των επικίνδυνων φορτίων, σε περισσότερες γλώσσες για την πιο άμεση αντιμετώπιση πιθανού φαινομένου πυρκαγιάς από το πλήρωμα	

²² Reefer Container

Διεργασίες Πρόληψης				
Προετοιμασία Φορτίου				
Ανάλυση παραμέτρων που επηρεάζουν την πρόληψη	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από CINS/ Cargosafe
		*Ανεπαρκής γνώση των πιθανών ειδικών μεθόδων περιορισμού και κατάσβεσης της φλόγας σε περίπτωση αυτανάφλεξης επικίνδυνου φορτίου		
	6.2 Ελλιπής/ ανακριβής διαβίβαση πληροφοριών για το επικίνδυνο φορτίο που μεταφέρεται από προηγούμενους τερματικούς σταθμούς	*Μη επαρκείς πληροφορίες επί του πλοίου για την φύση των επικίνδυνων φορτίων που μεταφέρονται καθώς και για τον χειρισμό τους *Μη ικανοποιητικός χειρισμός του φορτίου, σύμφωνα με τα πρότυπα του κώδικα IMDG *Πιθανή απελευθέρωση ή αυτανάφλεξη φορτίου *Ανεπαρκής γνώση των πιθανών ειδικών μεθόδων περιορισμού και κατάσβεσης της φλόγας σε περίπτωση αυτανάφλεξης επικίνδυνου φορτίου	*Υποχρεωτική καθιέρωση της φόρμας δήλωσης επικίνδυνων φορτίων ²³	

Πίνακας 1: Ανάλυση παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Διεργασίες Πρόληψης: Προετοιμασία Φορτίου

²³ Multimodal dangerous goods form

Διεργασίες Πρόληψης				
Επεξεργασία Κράτησης				
Ανάλυση παραμέτρων που επηρεάζουν την πρόληψη	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από CINS/ Cargosafe
1. Αποτυχία λογισμικού συστήματος κρατήσεων	1.1 Απώλεια δεδομένων κατά την διάρκεια της επεξεργασίας	*Μη αναφορά κρίσιμων δεδομένων *Λανθασμένος χειρισμός και στοιβασία των επικίνδυνων φορτίων, που δεν πληρούν τις απαιτήσεις του IMDG *Αυτανάφλεξη λόγω μη επιτρεπόμενων συνθηκών που υποβάλλεται το φορτίο (υψηλή θερμοκρασία, ελλιπής εξαερισμός) *Ανεπαρκής/ μη έγκυρη πληροφορία για τον τρόπο περιορισμού και κατάσβεσης, στην περίπτωση πυρκαγιάς *Πιθανή αποδοχή αδήλωτων ή λανθασμένα δηλωμένων επικίνδυνων φορτίων. *Παραλαβή αδήλωτων ή λάθος δηλωμένων επικίνδυνων φορτίων από συνεργάτρια εταιρεία *Φόρτωση αδήλωτων ή λανθασμένα δηλωμένων επικίνδυνων φορτίων		
	1.2 Ανεπαρκής πληροφορία για ειδικές απαιτήσεις του φορτίου (επιπλέον αυτών του IMDG)			
	1.3 Λάθος πληροφορία λόγω καθυστερημένων αλλαγών στις κρατήσεις			
	1.4 Τεχνική αποτυχία του συστήματος των κρατήσεων			
2. Κατανόηση λογισμικού συστήματος κρατήσεων	2.1 Λάθη λόγω διαφορετικού περιβάλλοντος λογισμικού από εταιρία σε εταιρία για τους σκοπούς των κρατήσεων	*Ομοιο περιβάλλον λογισμικού για την επεξεργασία των κρατήσεων σε όλες τις εταιρείες *Επικοινωνία μεταξύ των συνεργαζόμενων ναυτιλιακών, ούτως ώστε να υπάρχει ενημέρωση για την άρνηση αποδοχής τέτοιου είδους φορτίου από τον ένα μεταφορέα και αποφυγή αποδοχής από τον άλλο συνεργάτη μεταφορέα		*Κοινή βάση δεδομένων για απορριφθέντα φορτία από το εργαλείο σάρωσης [Cargosafe]
	2.2 Απόρριψη από τον ένα και αποδοχή αδήλωτων ή λάθος δηλωμένων επικίνδυνα φορτία. από τον άλλο μεταφορέα			
	2.3 Αποδοχή αδήλωτων ή λάθος δηλωμένων επικίνδυνα φορτία. (πχ λόγω αδυναμίας κατανόησης του συστήματος κρατήσεων)			
3. Αποτυχία screening	3.1 Οι κρατήσεις δεν ελέγχονται με συνέπεια/ αποτυχία συστήματος screening			*Εργαλείο σάρωσης εμπορευματοκιβωτίου [Cargosafe]
	3.2 Παράκαμψη συναγερμού screening χωρίς επαλήθευση			

Πίνακας 2: Ανάλυση παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Διεργασίες Πρόληψης: Επεξεργασία Κράτησης

Διεργασίες Πρόληψης				
Επιθεωρήσεις ε/κ στον Τερματικό Σταθμό				
Ανάλυση παραμέτρων που επηρεάζουν την πρόληψη	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από CINS/ Cargosafe
1. Ελλιπής Επιθεώρηση	1.1 Απαρατήρητα φορτία κατά τη διάρκεια του ελέγχου	*Φόρτωση ε/κ με μη συμμορφούμενων με τους κανονισμούς φορτίων *Πιθανή απελευθέρωση ή αυτανάφλεξη φορτίου		
	1.2 Περιορισμένης έκτασης έλεγχος	*Αυξάνεται η πιθανότητα για μη δήλωση/λανθασμένη δήλωση φορτίου από μεριάς ναυλωτών *Λανθασμένη πληροφόρηση ναυλωτών σχετικά με την επιβολή των κανονισμών * Φόρτωση ε/κ με μη συμμορφούμενων με τους κανονισμούς φορτίων *Πιθανή απελευθέρωση ή αυτανάφλεξη φορτίου		
	1.3 Μη στοχευμένος έλεγχος	*Μη συμμορφούμενα ε/κ δεν ελέγχονται καθόλου ή περνούν επιτυχώς τον έλεγχο *Μη δηλωμένα επικίνδυνα φορτία δεν εντοπίζονται και φορτώνονται χωρίς να ακολουθούν τα πρότυπα του κώδικα IMDG	*Δίαυλος επικοινωνίας μεταξύ των αρμόδιων ομάδων που εκτελούν τον έλεγχο και των ρυθμιστικών ομάδων που τον αξιολογούν *Ανάπτυξη κοινού πρωτοκόλλου όπου έμπειροι ελεγκτές οφείλουν να δίνουν συμβουλές για την βελτίωση της διαδικασίας	
	1.4 Έλεγχος μόνο σε ε/κ με επικίνδυνα φορτία	*Αυξάνεται η πιθανότητα για μη δήλωση/λανθασμένη δήλωση φορτίου από μεριάς ναυλωτών *Ελλιπής ενημέρωση του πληρώματος για το είδος του φορτίου που μεταφέρεται, καθώς και του πιθανού ειδικού χειρισμού που απαιτείται		
	1.5 Μη ολοκληρωμένος έλεγχος	*Πιθανή απελευθέρωση ή αυτανάφλεξη φορτίου *Ανεπαρκής γνώση μεθόδων περιορισμού και κατάσβεσης της φλόγας σε περίπτωση αυτανάφλεξης		
	1.6 Αγνόηση ή μη παρατήρηση μηχανικής βλάβης	*Μηχανική καταπόνηση φορτίων (πχ μπαταρίες) μπορεί να οδηγήσει σε αυτανάφλεξη λόγω διαρροών ή βραχυκυκλωμάτων *Εισροή νερού σε περίπτωση κατασκευαστικής βλάβης ε/κ		
	1.7 Μη τυποποιημένες επιθεωρήσεις από λιμάνι σε λιμάνι	* Αυξάνεται η πιθανότητα από μεριάς ναυλωτών για μεταφορά μη συμμορφούμενων φορτίων σε όλο τον κόσμο, ανάλογα των ρυθμιστικών αρχών σε κάθε λιμάνι	*Ανάπτυξη κοινού πρωτοκόλλου όπου έμπειροι ελεγκτές οφείλουν να δίνουν συμβουλές για την βελτιστοποίηση της διαδικασίας	
2. Καθόλου Επιθεώρηση	2.1 Δυσκολία πρόσβασης στα ε/κ	*Μη έλεγχος των δύσκολα προσβάσιμων ε/κ *Μη συμμορφούμενα ε/κ φορτώνονται χωρίς να ακολουθούν τα πρότυπα του κώδικα IMDG *Πιθανή απελευθέρωση ή αυτανάφλεξη φορτίου		

Διεργασίες Πρόληψης				
Επιθεωρήσεις ε/κ στον Τερματικό Σταθμό				
Ανάλυση παραμέτρων που επηρεάζουν την πρόληψη	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από CINS/ Cargosafe
	2.2 Μη έλεγχος λόγω ρίσκου κατά το άνοιγμα υποκαπνισμένων ε/κ	<ul style="list-style-type: none"> *Πιθανότητα ύπαρξης σε υποκαπνισμένα ε/κ φορτίου μη συμμορφούμενο με τον κώδικα IMDG *Μη συμμορφούμενα ε/κ φορτώνονται χωρίς να ακολουθούν τα πρότυπα του κώδικα IMDG *Πιθανή απελευθέρωση ή αυτανάφλεξη φορτίου 		
	2.3 Καθόλου Έλεγχος	<ul style="list-style-type: none"> *Αυξάνεται η πιθανότητα για μη δήλωση/λανθασμένη δήλωση φορτίου από μεριάς ναυλωτών *Λανθασμένη πληροφόρηση ναυλωτών σχετικά με την επιβολή των κανονισμών *Φόρτωση ε/κ με μη συμμορφούμενων με τους κανονισμούς φορτίων *Πιθανή απελευθέρωση ή αυτανάφλεξη φορτίου 		
3. Φθορές κατά την Επιθεώρηση	3.1 Πρόκληση βλάβης στη συσκευασία κατά τη διάρκεια του ελέγχου	<ul style="list-style-type: none"> *Πιθανή αντίδραση μεταξύ των διαφορετικών φορτίων *Πιθανή απελευθέρωση ή αυτανάφλεξη φορτίου *Εισροή νερού 		

Πίνακας 3: Ανάλυση παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Διεργασίες Πρόληψης: Επιθεωρήσεις ε/κ στον Τερματικό Σταθμό

Διεργασίες Πρόληψης				
Διαδικασία Στοιβασίας Εμπορευματοκιβωτίων				
Ανάλυση παραμέτρων που επηρεάζουν την πρόληψη	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από CINS/ Cargosafe
1. Σχεδιασμός στοιβασίας	1.1 Τεχνικά ή ανθρώπινα λάθη στο πλάνο στοιβασίας	*Πιθανή στοιβασία μη συμμορφούμενη με τον κώδικα IMDG *Πιθανότητα αυτανάφλεξης του φορτίου, εφόσον δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις θερμοκρασίας και αερισμού	*Ο προσχεδιασμός στοιβασίας θα πρέπει να αξιοποιεί κατάλληλα υπολογιστικά προγράμματα σε συνδυασμό με αναλυτική λίστα Επικίνδυνων Αγαθών (DGL) *Ο προσχεδιασμός θα πρέπει να γίνει με βάση το "Risk-Based Stowage of Dangerous Good on Containerships" (CINS) ²⁴	*Οργάνωση στοιβασίας βάσει μεθοδολογιών ανάλυσης κινδύνου [Cargosafe]
2. Τοποθέτηση ε/κ	2.1 Λανθασμένη θέση ε/κ	*Μη συμμορφούμενος με τον κώδικα IMDG διαχωρισμός φορτίου *Πιθανή θέρμανση ή αυτανάφλεξη φορτίου, εφόσον δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις θερμοκρασίας και εξαερισμού *Δυσκολία στην αναγνώριση του περιεχομένου των ε/κ, εφόσον υπάρχει διαφορά με το προσχεδιασμένο πλάνο στοιβασίας *Σε περίπτωση πυρκαγιάς, περιορισμένη προσβασιμότητα κατά την κατάσβεση	*Η στοιβασία θα πρέπει να γίνει με καλύτερη επικοινωνία μεταξύ των χειριστών και των εργατών, και συχνούς ελέγχους, ώστε να εξασφαλιστεί πως ακολουθείται πιστά το προσχεδιασμένο πλάνο.	*Οργάνωση στοιβασίας βάσει μεθοδολογιών ανάλυσης κινδύνου [Cargosafe]
	2.2 Στοιβαξη βαρύτερων ε/κ πάνω από ελαφρύτερα	*Φθορά και πιθανή κατάρρευση του υποκείμενου ε/κ *Ζημιά και πιθανή διαρροή φορτίου *Πιθανή αντίδραση μεταξύ ασύμβατων φορτίων *Εισροή νερού *Πιθανή ανάφλεξη *Εισροή αέρα, καθιστώντας δυσκολότερη την κατάσβεση της φλόγας σε περίπτωση αυτανάφλεξης		
	2.3 Ε/κ που μεταφέρουν επικίνδυνες ουσίες στα πρώτα επίπεδα/tiers ²⁵ , μεταξύ δύο στομών κοιτών	*Μεγαλύτερη ελευθερία κίνησης των ε/κ, προκαλώντας φθορές και πιθανότητα αυτανάφλεξης		
	2.3 Φόρτωση ελαττωματικού ε/κ	*Εισροή νερού *Κίνδυνος διαρροής φορτίου από το ε/κ σε περίπτωση φθαρμένης συσκευασίας *Πιθανή ανάφλεξη *Εισροή αέρα, καθιστώντας δυσκολότερη την κατάσβεση της φλόγας σε περίπτωση αυτανάφλεξης		
3. Μηχανική Βλάβη κατά την διαδικασία της φόρτωσης	3.1 Βλάβη του ε/κ	*Καταπόνηση φορτίου και συσκευασίας * Αλλοίωση και πιθανή διαρροή φορτίου *Εισροή νερού *Πιθανή ανάφλεξη		*Βελτίωση της πρόσδεσης του φορτίου [Cargosafe] *Εργαλείο σάρωσης εμπορευματοκιβωτίου [Cargosafe]

²⁴ Σχετικές προτάσεις δίνονται στην διπλανή στήλη

²⁵ Στο [παράρτημα](#) γίνεται επεξήγηση του ορισμού των θέσεων των εμπορευματοκιβωτίων, δηλαδή tiers, rows, bays, ή για ομάδες αυτών, όπως stacks ή blocks.

Διεργασίες Πρόληψης				
Διαδικασία Στοιβασίας Εμπορευματοκιβωτίων				
Ανάλυση παραμέτρων που επηρεάζουν την πρόληψη	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από CINS/ Cargosafe
		*Εισροή αέρα, καθιστώντας δυσκολότερη την κατάσβεση της φλόγας σε περίπτωση αυτανάφλεξης		
	3.2 Βλάβη του ψυκτικού εξοπλισμού ε/κ-ψυγείων	*Αλλοίωση φορτίου *Πιθανή άνοδος της θερμοκρασίας στο σημείο της αυτανάφλεξης, στην περίπτωση μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων που χρειάζονται ψύξη *Πιθανή ανάπτυξη φωτιάς αναλόγως του τύπου της ζημιάς που έχει προκληθεί		*Εργαλείο σάρωσης εμπορευματοκιβωτίου [Cargosafe]
4. Εξωτερικοί Παράγοντες	4.1 Εισροή νερού	*Αλλοίωση φορτίου *Πιθανή αντίδραση του φορτίου με το νερό		
	4.2 Κεραυνός από καταιγίδα κατά την διάρκεια της φόρτωσης	*Πιθανότητα ανάφλεξης του φορτίου λόγω των ηλεκτρικών εκκενώσεων		
	4.3 Μόλυνση ε/κ λόγω διαρροής υγρού από εξωτερικές πηγές	*Πιθανή αντίδραση μεταξύ του φορτίου και της εξωτερικής ουσίας, εφόσον υπάρχει φθορά στην συσκευασία		

Πίνακας 4: Ανάλυση παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Διεργασίες Πρόληψης: Διαδικασία Στοιβασίας Εμπορευματοκιβωτίων

Διεργασίες Πρόληψης				
Συνθήκες εν πλω				
Ανάλυση παραμέτρων που επηρεάζουν την πρόληψη	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από CINS/ Cargosafe
1. Συνθήκες Περιβάλλοντος	1.1 Εισροή νερού	*Αλλοίωση φορτίου *Πιθανή αντίδραση του φορτίου με το νερό		*Ε/κ με επικίνδυνα φορτία να στοιβάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να: - αποφεύγεται η εισροή νερού/ απευθείας έκθεση στον ήλιο, άρα να βρίσκονται εσωτερικά των υπολοίπων ε/κ - είναι μακριά από πηγές θερμότητας όπως, το μηχανοστάσιο, οι θερμαινόμενες δεξαμενές καυσίμου [CINS]
	1.2 Υψηλές θερμοκρασίες/ επίπεδα υγρασίας	*Αλλοίωση/αποσύνθεση φορτίου *Πιθανότητα αυτανάφλεξης	*Θα πρέπει να γίνεται έλεγχος σε 24ωρη βάση στα ε/κ που περιέχουν φορτία που ανήκουν στην λίστα του IMDG. Το μέλος του πληρώματος που εκτελεί τον έλεγχο θα πρέπει να ελέγχει για τυχόν διαρροές, όπως και να φέρει θερμική κάμερα, ώστε να εντοπίζει πιθανή θέρμανση του ε/κ	
	1.3 Υπέρβαση των αποδεκτών επιπέδων έκθεσης σε θερμότητα από εξωτερικές πηγές(πχ. Εξοπλισμός, αγωγούς εξατμίσεων)	*Έντονη θέρμανση του φορτίου *Αύξηση της θερμοκρασίας σε σημείο αυτανάφλεξης *Πιθανή ανάφλεξη φορτίου λόγω σπινθηρισμών		
2. Βλάβη στα ε/κ	2.1 Αποτυχία ασφάλισης ε/κ	*Σχετική κίνηση των ε/κ, άρα και πιθανή δημιουργία σπινθήρων λόγω έντονης τριβής *Φθορές στο ε/κ, πιθανή διαρροή φορτίου και εισροή αέρα/νερού *Πιθανότητα ανάφλεξης εύφλεκτου φορτίου, εφόσον εισχωρήσουν σπινθήρες εσωτερικά του ε/κ		*Βελτίωση της πρόσδεσης του φορτίου [Cargosafe]
	2.2 Μηχανική ή ηλεκτρική βλάβη στα ε/κ-ψυγεία	*Αλλοίωση/αποσύνθεση φορτίου *Σε περίπτωση ηλεκτρικής βλάβης, πιθανή ανάφλεξη φορτίου λόγω σπινθηρισμών *Πιθανή άνοδος της θερμοκρασίας στο σημείο της αυτανάφλεξης, στην περίπτωση μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων που χρειάζονται ψύξη	*Θα πρέπει να γίνεται έλεγχος σε 24ωρη βάση στα ε/κ που περιέχουν φορτία που ανήκουν στην λίστα του IMDG. Το μέλος του πληρώματος που εκτελεί τον έλεγχο θα πρέπει να ελέγχει για τυχόν διαρροές, όπως και να φέρει θερμική κάμερα, ώστε να εντοπίζει τυχόν βλάβη του ε/κ-ψυγείου	*Εργαλείο σάρωσης εμπορευματοκιβωτίου [Cargosafe]
3. Χρόνος Ταξιδιού	3.1 Παρατεταμένος χρόνος ταξιδιού, άρα και αποθήκευση φορτίου, παραπάνω από το φυσιολογικό	*Υποβάθμιση/αποσύνθεση φορτίου *Αλλαγή των συνθηκών εσωτερικά του ε/κ *Αύξηση υγρασίας/θερμοκρασίας, πιθανότητα αυτανάφλεξης		
4. Περιπολίες/Έλεγχοι	4.1 Μη επαρκείς/τακτικοί έλεγχοι των συνθηκών σε ε/κ με αυτοθερμαινόμενα φορτία	*Δεν εξασφαλίζεται πως οι συνθήκες φύλαξης των ουσιών είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων. Σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων, κίνδυνος αυτοθέρμανσης και αυτανάφλεξή τους		

Πίνακας 5: Ανάλυση παραμέτρων, ασφαμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Διεργασίες Πρόληψης: Συνθήκες εν πλω

Διεργασίες Πρόληψης				
Συνθήκες εν πλω – Στο κατάστρωμα				
Ανάλυση παραμέτρων που επηρεάζουν την πρόληψη	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από CINS/ Cargosafe
1. Καιρικές συνθήκες	1.1 Έντονες συνθήκες θάλασσας προκαλώντας μετατόπιση του φορτίου	*Δημιουργία σπινθήρων λόγω έντονης τριβής *Φθορές στο ε/κ, πιθανή διαρροή φορτίου και εισροή αέρα/νερού *Πιθανότητα ανάφλεξης εύφλεκτου φορτίου, εφόσον εισχωρήσουν με σπινθήρες εσωτερικά του ε/κ		*Εργαλείο σάρωσης εμπορευματοκιβωτίου [Cargosafe]
	1.2 Ηλεκτρικές εκκενώσεις λόγω καταιγίδας	*Πιθανότητα ανάφλεξης του φορτίου		
2. Έκθεση σε Θερμότητα	2.1 Πηγές θερμότητας, όπως κάπνισμα ή μη χρήση κατηγορίας εξοπλισμού "EX equipment" ²⁶ , σε κοντινή απόσταση	*Έντονη θέρμανση του φορτίου *Αύξηση της θερμοκρασίας σε σημείο αυτανάφλεξης *Πιθανή ανάφλεξη φορτίου λόγω σπινθηρισμών		
	2.2 Εκτέλεση θερμών εργασιών χωρίς τις κατάλληλες προφυλάξεις	*Πιθανότητα ανάφλεξης εύφλεκτου φορτίου, εφόσον εισχωρήσουν σπινθήρες από την εργασία εσωτερικά του ε/κ		*Ε/κ με επικίνδυνα φορτία να στοιβάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι μακριά από πηγές θερμότητας όπως χώρους θερμών εργασιών [CINS]

Πίνακας 6: Ανάλυση παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Διεργασίες Πρόληψης: Συνθήκες εν πλω – Στο κατάστρωμα

Διεργασίες Πρόληψης				
Συνθήκες εν πλω – Στο αμπάρι				
Ανάλυση παραμέτρων που επηρεάζουν την πρόληψη	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από CINS/ Cargosafe
1. Μηχανική Αστοχία	1.1 Αποτυχία μηχανισμού εξαερισμού	*Πιθανή αύξηση της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε εύφλεκτα αέρια, με συνέπεια την επακόλουθη ανάφλεξή τους		
	1.2 Αποτυχία ανίχνευσης συνθηκών εντός του αμπαριού	*Πιθανή υπέρβαση αναμενόμενου εύρους συνθηκών (π.χ. Θερμοκρασία) *Πιθανή ανάφλεξη σε περίπτωση παρουσίας αυτοθερμαινόμενων ουσιών	*Θα πρέπει να γίνεται έλεγχος σε 24ωρη βάση στα ε/κ που περιέχουν φορτία που ανήκουν στην λίστα του IMDG. Το μέλος του πληρώματος που εκτελεί τον έλεγχο θα πρέπει να ελέγχει για τυχόν διαρροές, όπως και να φέρει θερμική κάμερα, ώστε να εντοπίζει τυχόν βλάβη του ε/κ-ψυγείου	
2. Έκθεση σε Θερμότητα	2.1 Πηγές θερμότητας σε κοντινή απόσταση, όπως το μηχανοστάσιο	*Έντονη θέρμανση του φορτίου *Αύξηση της θερμοκρασίας σε σημείο αυτανάφλεξης *Πιθανή ανάφλεξη φορτίου λόγω σπινθηρισμών		*Ε/κ με επικίνδυνα φορτία να στοιβάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι μακριά από πηγές θερμότητας όπως, το μηχανοστάσιο, οι θερμαινόμενες δεξαμενές καυσίμου [CINS]

Πίνακας 7: Ανάλυση παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Διεργασίες Πρόληψης: Συνθήκες εν πλω – Στο αμπάρι

²⁶ EX equipment (EXplosion-proof equipment): Αντικρηκτικός εξοπλισμός σχεδιασμένος για εφαρμογές σε επικίνδυνους χώρους

3.3. Μέτρα αντιμετώπισης

Αναγκαία για την αποφυγή και εξάλειψη των παραπάνω προβλημάτων είναι η πρόταση μέτρων που θα μπορούσαν να συνεισφέρουν σε πιο αποδοτικές και ασφαλείς λύσεις κατά την διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας, μέρος των οποίων φαίνονται στους παραπάνω πίνακες. Τα μέτρα αυτά αφορούν τόσο προτάσεις από νηογνώμονες και δημοσιεύσεις σχετικών ναυτιλιακών εταιρειών, που εφαρμόζονται προαιρετικά ή συμπληρωματικά των εκάστοτε κανονισμών του IMO, όσο και τροπολογίες που έχουν ψηφιστεί από τον IMO και πρόκειται να εφαρμοστούν στο άμεσο μέλλον. Παρακάτω διατυπώνεται η μεγάλη επίδραση των δημοσιεύσεων του CINS και η εμφανώς μικρότερη της πρόσφατα ανερχόμενης αναφοράς του Cargosafe (2023) στην βελτίωση των μεθόδων της πρόληψης.

3.3.1. CINS

Τέσσερις δημοσιεύσεις παρακάτω πραγματεύονται τον κατάλληλο τρόπο χειρισμού και στοιβασίας των ε/κ που φέρουν επικίνδυνα φορτία, με κύρια και βασικότερη την πρώτη (CINS, 2019). Οι υπόλοιπες δρουν συμπληρωματικά της πρώτης και παρέχουν πιο εξειδικευμένες οδηγίες για τα επικίνδυνα φορτία: μπαταρίες λιθίου, υποχλωριώδες ασβέστιο και «seed cakes» (πολυτοποιημένοι σπόροι), φορτία υπεύθυνα για την επανειλημμένη πρόκληση ατυχημάτων φωτιάς στα ερευνώμενα πλοία.

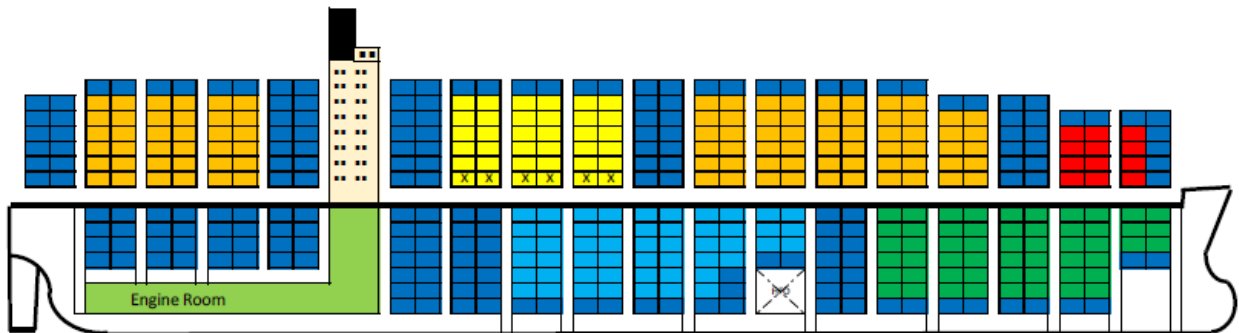
Safety Considerations for Ship Operators Related to Risk-Based Stowage of Dangerous Goods on Containerships (CINS, 2019)

Πρώτα από όλα, η συγκεκριμένη αναφορά του CINS θεμελιώνεται σε έξι γενικές αρχές, που αποσκοπούν στην διασφάλιση, αλλά και ενίσχυση των απαιτήσεων του Κώδικα IMDG και του SOLAS σχετικά με την στοιβασία των επικίνδυνων φορτίων στα πλοία μεταφοράς ε/κ. Αυτές αφορούν τόσο την συμμόρφωση με τους βασικές κανόνες που διέπουν τον Κώδικα IMDG, τον SOLAS, το DOC και τις δηλώσεις και ταξινομήσεις των επικίνδυνων φορτίων, όσο και την μέριμνα και εφαρμογή επιπρόσθετων απαιτήσεων για καθένα πλοίο μεταφοράς ε/κ με τα ανάλογα τεχνικά χαρακτηριστικά του και στην περίπτωση που κάποιο επικίνδυνο αγαθό εγκυμονεί κινδύνους πυρκαγιάς. Στις προειρημένες αρχές δεν μπορεί να παραληφθεί η χρήση μεθοδολογιών που βασίζονται σε σενάρια κινδύνου κατά την στοιβασία επικίνδυνων φορτίων, όπως για παράδειγμα η χρήση του μοντέλου του CINS, που αναλύεται πιο κάτω.

Για την διευθέτηση των παραπάνω αρχών αναγκαία είναι η επίτευξη έξι στόχων, που διαμορφώνονται με κριτήριο την προστασία της ανθρώπινης ζωής, την διατήρηση της κύριας πρόωσης και της δομικής ακεραιότητας του πλοίου και τέλος την διευκόλυνση του ελέγχου των δηλώσεων των επικίνδυνων φορτίων, καθώς και της πρόληψης και αντιμετώπισης σε περίπτωση πυρκαγιάς. Με αυτόν τον τρόπο, οι στόχοι αυτοί υλοποιούνται από τις ανάλογες στρατηγικές στοιβασίας (πιο κάτω), που αποτελούν κατάλογο συγκεκριμένων προτάσεων τοποθέτησης των ε/κ και οι οποίες με την σειρά τους κατηγοριοποιούνται σε έξι διαφορετικές «ζώνες κινδύνου» (Risk Zones) των ε/κ, όσον αφορά το μοντέλο του παραρτήματος Β του οδηγού.

Το μοντέλο που παρουσιάζεται παρακάτω αποτελεί ένα στοιχειώδες παράδειγμα στοιβασίας που καθορίζει την σωστή τοποθέτηση των ε/κ ανάλογα με την ταξινόμηση των επικίνδυνων

φορτίων και την πολυπλοκότητα που ορισμένα από αυτά φέρουν. Η διαφοροποίηση αυτή γίνεται με έξι διαφορετικά χρώματα που αντιστοιχούν στις ζώνες κινδύνου.



Εικόνα 11: Υπόδειγμα στοιβασίας (CINS, 2019)

<p>RZ0 – Γενικό φορτίο που δεν υπόκειται στην κατηγορία των επικίνδυνων φορτίων²⁷.</p>	<p>RZ3 – Αργά αντιδρών επικίνδυνο φορτίο που συνιστάται να σβήνεται αποτελεσματικά με νερό. Λαμβάνοντας υπόψη τα σχεδιαγράμματα σε περίπτωση φωτιάς ή διαρροής για τις κλάσεις 8 και 9. Όπου η ένδειξη «X», υπάρχει απαίτηση για ειδικές διατάξεις σε περίπτωση αυτο-αντιδρώντος φορτίου.</p>
<p>RZ1 – Επικίνδυνο φορτίο που συνιστάται να σβήνεται αποτελεσματικά με χρήση CO₂. Λαμβάνοντας υπόψη τα σχεδιαγράμματα σε περίπτωση φωτιάς ή διαρροής.</p>	<p>RZ4 – Εύφλεκτο, οξειδωτικό και τοξικό φορτίο</p>
<p>RZ2 – Όπως το RZ1, αλλά κλάσης 4.3 στην περίπτωση που ο κώδικας IMDG επιτρέπει αποθήκευση εντός των αμπαριών χωρίς μηχανικό εξαερισμό. Λαμβάνοντας υπόψη τα σχεδιαγράμματα σε περίπτωση φωτιάς ή διαρροής.</p>	<p>RZ5 – Εκρηκτικά</p>

Πίνακας 8: Ζώνες κινδύνου με βάση το υπόδειγμα στοιβασίας (CINS, 2019)

Στρατηγικές στοιβασίας

Δηλωμένα επικίνδυνα φορτία προτείνεται να μην φορτώνονται:

- a) Δίπλα στους χώρους διαμονής
- b) Δίπλα στο μηχανοστάσιο
- c) Σε αμπάρια πάνω από το μηχανοστάσιο/περιοχή του άξονα
- d) Στα κατώτατα tiers/επίπεδα στο αμπάρι
- e) Σε rows/σειρές κάτω από το κατάστρωμα δίπλα σε πλαϊνές ή εσωτερικές δεξαμενές καυσίμου
- f) Στις ακριανές rows/σειρές στο κατάστρωμα

²⁷ Όπου υπάρχει αναφορά σε «επικίνδυνα φορτία» στον Πίνακα 1, τότε αυτά θα υπάγονται στην κατηγορία των φορτίων του Κώδικα IMDG.

- g) Στην πιο μπροστινή bay/στήλη του καταστρώματος
- h) Στην πιο ακριανή bay/στήλη του καταστρώματος
- i) Στο κατάστρωμα χωρίς να είναι προστατευμένα από το άμεση έκθεση σε ήλιο
- j) Πάνω από χώρους εργασίας και διαδρόμους.

Συνιστώμενα μέτρα σχετικά με την στοιβασία δηλωμένων επικίνδυνων φορτίων:

- a) Επικίνδυνα φορτία που δεν κατασβήνονται με CO₂, να στοιβάζονται στο κατάστρωμα
- b) Επικίνδυνα φορτία που δεν κατασβήνονται ούτε με CO₂ ούτε με νερό, να στοιβάζονται στο κατάστρωμα
- c) Επικίνδυνα φορτία επιρρεπή στη φωτιά ή στην έκρηξη να διαχωρίζονται από πηγές θερμότητας
- d) Εκρηκτικές ουσίες να στοιβάζονται πιο μακριά από χώρους διαμονής και τις κύριες σωστικές λέμβους.
- e) Περιορισμένες ποσότητες και εξαιρούμενες ποσότητες φορτίων να στοιβάζονται στην κατάλληλη Ζώνη Κινδύνου σύμφωνα με την κλάση (που ορίζεται από τον IMDG) και τον αριθμό UN ως μη εξαιρούμενα επικίνδυνα εμπορεύματα.
- f) Οι κενές ακαθάριστες συσκευασίες που ενδέχεται να περιέχουν υπολείμματα επικίνδυνων εμπορευμάτων πρέπει να αποθηκεύονται στην ίδια ζώνη κινδύνου με τα ισοδύναμα επικίνδυνα εμπορεύματα.
- g) Τοποθέτηση εμποδίων για μη επικίνδυνα αγαθά μεταξύ γειτονικών ζωνών κινδύνου στην εμπρός και πίσω γραμμή του πλοίου.
- h) Εμπορευματοκιβώτια που φέρουν επικίνδυνα φορτία κλάσης 4.3 κατά IMDG και ομάδας συσκευασίας I να περιορίζονται στο 2^ο με 3^ο επίπεδο/tier και πάνω, ανάλογα του ύψους της γέφυρας πρόσδεσης.
- i) Τα επικίνδυνα εμπορεύματα να μην στοιβάζονται σε μπλοκ/στοίβες, εκτός εάν κάθε φορτίο που φέρει τον αριθμό UN, πέραν της κλάσης IMDG, εξετάζεται προσεκτικά με βάση τις δικές του μοναδικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά.
- j) Φορτία της κλάσης 9 κατά IMDG να ελέγχονται με ιδιαίτερη προσοχή ώστε να υπάρξει κατανόηση των εγγενών κινδύνων που επιφυλάσσουν και εφαρμογή επαρκών προφυλάξεων ασφάλειας και προστασίας κατά το σχεδιασμό της στοιβασίας.
- k) Αυτοαντιδρώντα εμπορεύματα (όπως ο ξυλάνθρακας, ιχθυάλευρο (fish meal), seed cake, το σανό, το βαμβάκι κλπ.) που δεν συμμορφώνονται με τις διατάξεις του κώδικα IMDG μέσω των Ειδικών Διατάξεων που αυτός ορίζει, να στοιβάζονται σε μια προσβάσιμη θέση και όσο το δυνατόν πιο πρακτική.
- l) Όλα τα εμπορεύματα που δεν συμμορφώνονται με τις διατάξεις του κώδικα IMDG μέσω των Ειδικών Διατάξεων που αυτός ορίζει, να στοιβάζονται στην ίδια ζώνη κινδύνου με τα ισοδύναμα επικίνδυνα εμπορεύματα.

Lithium-Ion Batteries in containerships - Guidelines (CINS, International Group of P&I Clubs, ICHCA International, TT Club, 2023)

Τέσσερις παράγοντες που συνιστάται να λαμβάνονται υπόψη κατά την μεταφορά μπαταριών λιθίου με ε/κ είναι οι εξής:

- Θερμοκρασία περιβάλλοντος
Μέρμυρα των ναυλωτών για τις θερμοκρασίες που μπορεί να αναπτυχθούν κατά τη διάρκεια του ταξιδιού ($\leq 30^{\circ}\text{C}$), καθώς η θερμοκρασία εντός του κιβωτίου ενδέχεται να

φτάσει μέχρι και την διπλάσια τιμή της θερμοκρασίας εκτός αυτού. Πιθανή λύση για αυτό το φαινόμενο είναι η τοποθέτηση των μπαταριών λιθίου σε ε/κ-ψυγεία.

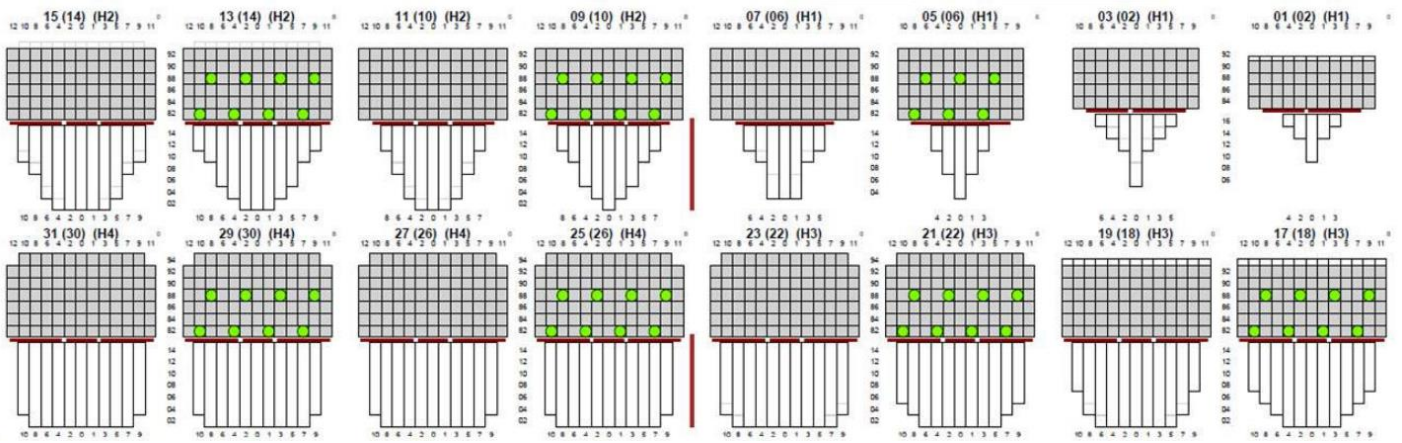
▪ Έλεγχος μπαταριών λιθίου

Κατά τη συσκευασία των μπαταριών συνιστάται να ελέγχεται η κατάσταση τους λειτουργικά (από ειδικές συσκευές)²⁸ και οπτικά και να παρέχεται προστασία από εισροή νερού ή υγρασία.

▪ Τοποθέτηση

Προτείνεται να μην αποθηκεύονται άλλα επικίνδυνα φορτία, κατά την διαδικασία πλήρωσης του εμπορευματοκιβωτίου.

Παρόμοια, γίνεται πρόταση ώστε η στοιβασία των ε/κ που φέρουν τις μπαταρίες να είναι σε καθορισμένες θέσεις, ούτως ώστε να είναι μακριά από πηγές θερμότητας, να διαχωρίζονται κατάλληλα, όπως στην εικόνα 12, και να κατασβήνονται αποδοτικά σε περίπτωση πυρκαγιάς τους, καθιστώντας την πρόσβαση από το πλήρωμα άμεση. Τέλος, συνιστάται να αποφεύγεται η τοποθέτηση κιβωτίων που φέρουν ίδιο ή διαφορετικό επικίνδυνο/ εύφλεκτο φορτίο να είναι σε κοντινή θέση μεταξύ τους.



Εικόνα 12: Στοιβασία "ντόμινο"²⁹ (CINS et al, 2023)

Guidelines for the Carriage of Calcium Hypochlorite in container ships (CINS, International Group of P&I Clubs, 2018)

Οδηγίες που συνιστώνται για την ασφαλή μεταφορά του υποχλωριώδους ασβεστίου αφορούν την -αποκλειστική του από άλλα επικίνδυνα υλικά- αποθήκευση σε συμβατικά ή ψυγεία ε/κ, αναλόγως τις συνθήκες περιβάλλοντος που πρόκειται να υποβληθεί. Στην περίπτωση τοποθέτησης σε ψυγείο ε/κ, η θερμοκρασία ελέγχου να διατηρείται στους 10°C. Τέλος, έλεγχος προτείνεται να υφίσταται για επαρκή αερισμό εντός του κιβωτίου, μετά την πλήρωσή του.

Guidelines for the Carriage of Seed Cake (including Seed Meal) in container ships (CINS, International Group of P&I Clubs, 2021)

²⁸ Τέτοιες συσκευές είναι η BMS (Battery Management Systems) και Safety Venting Device, που καθίστανται απαραίτητες για την ένδειξη της διάρκειας ζωής της μπαταρίας αλλά και για την προστασία της

²⁹ Τα πράσινα κουτάκια υποδεικνύουν τα ε/κ με τις μπαταρίες λιθίου.

Κατά την φύλαξη του φορτίου, συνιστάται να ελέγχεται η θερμοκρασία του ($\leq 55^{\circ}\text{C}$), καθώς και να αποδεικνύεται (πιθανώς με φωτογραφικό υλικό) ότι το Seed Cake εξαερίζεται κατάλληλα και μεταφέρεται με ασφάλεια.

Για την τοποθέτηση των ε/κ που μεταφέρουν Seed Cake γίνεται πρόταση να είναι μακριά από πιθανές πηγές θερμότητας και πάνω στο κατάστρωμα, με σκοπό την άμεση προσβασιμότητα των ε/κ σε περίπτωση πυρόσβεσης (Εικόνα 11: Ζώνες κινδύνου RZ3, RZ4).

Ειδική περίπτωση αποτελεί το φορτίο «Soya Bean Meal» που δεν κατατάσσεται στα επικίνδυνα φορτία του Κώδικα IMDG, εάν πληροί ειδικές απαιτήσεις που προδιαγράφονται σε ανάλογο κεφάλαιο του κώδικα. Για αυτό το λόγο, οι οδηγίες καθιστούν σημαντική τη δήλωση αυτού του φορτίου, ως φορτίο που πληροί τις ειδικές διατάξεις του κώδικα IMDG, ή ακόμα καλύτερα να κατατάσσεται και αυτό στην κατηγορία των επικίνδυνων φορτίων του κώδικα.

3.3.2. Cargosafe

Οι παρακάτω προτάσεις αποτελούν Επιλογές Ελέγχου Κινδύνου (RCOs) που προέκυψαν από μια σειρά Μέτρων Ελέγχου Κινδύνου (RCMs) κατά την διεξαγωγή της μεθόδου ανάλυσης κινδύνου έρευνας του Cargosafe.

Εργαλείο σάρωσης εμπορευματοκιβωτίου (Screening tool)

Χρησιμότητα αυτού του συστήματος είναι να σαρώνει και να απεικονίζει επικίνδυνα φορτία που δεν είναι καταλλήλως δηλωμένα, καθώς και μη εκτενώς συσκευασμένων φορτίων εντός του εμπορευματοκιβωτίου, προτού το εμπορευματοκιβώτιο κατευθυνθεί προς αποθήκευση στον τερματικό σταθμό. Λειτουργία του εργαλείου σάρωσης εμπορευματοκιβωτίου θα είναι μέσω Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και Μηχανικής Μάθησης (ML), ενώ ήδη μικρογραφία αυτού του εργαλείου κυκλοφορεί στην αγορά με χρήση «ακτίνων Χ» στοχεύοντας στην ανίχνευση ναρκωτικών, όπλων κλπ.

Κοινή βάση δεδομένων για απορριφθέντα φορτία από το εργαλείο σάρωσης

Κοινή βάση δεδομένων προτείνεται να υπάρχει κατά το στάδιο των κρατήσεων ή της προετοιμασίας του φορτίου, ώστε σε περίπτωση που το εργαλείο σάρωσης εμπορευματοκιβωτίων βρει κάποια ατέλεια ή κάποιο αδήλωτο προϊόν, η ναυτιλιακή εταιρεία να απορρίψει τελικά το υπό παραγγελίας εμπορευματοκιβώτιο, αλλά και παράλληλα να μπορεί να κοινοποιήσει την ιδιαιτερότητά του και στις υπόλοιπες εταιρείες, προς αποφυγή μεταφοράς του.

Οργάνωση στοιβασίας βάσει μεθοδολογιών ανάλυσης κινδύνου (Risk based stowage planning tool)

Το συγκεκριμένο εργαλείο αποσκοπεί στην κατάλληλη τοποθέτηση των εμπορευματοκιβωτίων στο χώρο των αντίστοιχων πλοίων, με κριτήριο τη μείωση του κινδύνου μέσω μεθοδολογιών ανάλυσης κινδύνου παρόμοιες με αυτές του μοντέλου του CINS.

Βελτίωση της Πρόσδεσης του φορτίου (Improved Control of Lashing)

Συστήνεται να υπάρχει μεθοδικότητα και προσοχή κατά την ασφάλιση του φορτίου από τους εργάτες, καθώς παραμικρή ελευθερία/ ανοχή μπορεί να οδηγήσει κίνηση των κιβωτίων και πιθανώς αυτανάφλεξη επικίνδυνου φορτίου που βρίσκεται εντός αυτού. Για την επίτευξη του

παραπάνω μέτρου χρειάζεται βελτίωση της εκπαίδευσης του προσωπικού, αύξηση του σε αριθμό, αλλά και παροχή περισσότερων δυνατοτήτων που να προάγουν την ευελιξία κατά την εκτέλεση των διαδικασιών του δεσίματος.

Αναβάθμιση μεθόδου ταξινόμησης αυτοθερμαινόμενων ουσιών

Σωστή ταξινόμηση των φορτίων επιτυγχάνεται με τη σωστή εκτέλεση των δοκιμών τους ώστε να αποφανθεί αν πρόκειται για αυτοθερμαινόμενα ή όχι. Πρόταση γίνεται για πιο ρεαλιστικές συνθήκες κατά τα τεστ των ουσιών, περισσότεροι περιορισμοί και δικλείδες σε αυτά, καθώς και ανάπτυξη μεθοδολογιών εφαρμογής των τεστ σε περισσότερες ενδεικτικές ουσίες πέραν από αυτή του ξυλάνθρακα, που με βάση τη συγκεκριμένη μεθοδολογία διεξάγονται οι δοκιμές για όλα τα είδη ουσιών στην παρούσα φάση.

Κεφάλαιο 4: Ανίχνευση Πυρκαγιάς

Ο τομέας της ανίχνευσης αφορά τον εντοπισμό της φωτιάς σε πρώιμο στάδιο στον χώρο του φορτίου των πλοίων μεταφοράς ε/κ. Ο εντοπισμός αυτός γίνεται κυρίως με μόνιμα συστήματα πυρανίχνευσης και με επιθεωρήσεις από το πλήρωμα. Συνεπώς, στόχος του τομέα αυτού είναι να εξασφαλίσει άμεση, έγκυρη και ακριβής, από άποψη θέσης, ανίχνευση ώστε να προληφθεί η διάδοση της πυρκαγιάς, είτε εντός ενός εμπορευματοκιβωτίου, είτε μεταξύ εμπορευματοκιβωτίων, μέσω του κατάλληλου τρόπου κατάσβεσης.

Ωστόσο, στις μέρες μας η πυρανίχνευση αποτελεί ένα ζήτημα που χρειάζεται επανεξέταση, όσον αφορά την πυρασφάλεια στον χώρο φορτίου των πλοίων αυτών, καθώς ελλειπτικές και παρωχημένες διατάξεις χρησιμοποιούνται και μεγάλη επίδραση, όπως και στους άλλους τομείς έχει ο ανθρώπινος παράγοντας. Πιο αναλυτικά, κάτω του καταστρώματος εγκαθίστανται σταθερά συστήματα ανίχνευσης των οποίων η ποικιλία σε μεθόδους ανίχνευσης, όπως ανίχνευση θερμοκρασίας, καπνού, φλόγας, καθίσταται ελλειμματική, καθώς περιορίζονται κυρίως στην ανίχνευση καπνού. Από την άλλη πλευρά, στο κατάστρωμα τυχόν εντοπισμός προϊόντος φωτιάς γίνεται οπτικά ή με φορητά εργαλεία από το πλήρωμα. Συνεπώς, επιτακτική είναι η ανάγκη για αναθεώρηση του σχεδιασμού των παρόντων συστημάτων ή προσθήκη νέων, με σκοπό συνολικής βελτίωσης του τομέα.

4.1. Κανονιστικό πλαίσιο

Κύρια πηγή άντλησης των κανονισμών για τα συστήματα ανίχνευσης φωτιάς στον χώρο φορτίου των υπό μελέτη πλοίων είναι ο Κώδικας Συστημάτων Πυρασφάλειας, ή αλλιώς Κώδικας FSS, που καλύπτει τις γενικές προδιαγραφές που ορίζει η σύμβαση SOLAS.

Βασικά κριτήρια που θέτει η SOLAS για την αποτελεσματική λειτουργία του τομέα αυτού είναι τα συστήματα ανίχνευσης να τοποθετούνται, λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες που επικρατούν στον παρακολουθούμενο χώρο ή που μπορεί να προκληθούν σε περίπτωση φωτιάς, η αποδοτική τοποθέτηση των χειροκίνητων σημείων κλήσης ώστε να εξασφαλίζεται η άμεση προσβασιμότητα προς ειδοποίηση και τέλος, οι περιπολίες έναντι φωτιάς να διεξάγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η ανίχνευση και η ακόλουθη ειδοποίηση στη γέφυρα πλοήγησης και στις αρμόδιες πυροσβεστικές ομάδες (IMO, 2020).

Στη συνέχεια, αναλύονται τα κύρια συστήματα ανίχνευσης που χρησιμοποιούνται στην περιοχή του φορτίου των πλοίων μεταφοράς ε/κ, με κύριο ρόλο αυτό του «συστήματος ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος», καθώς και τα εξαρτήματα και οι διατάξεις που τα απαρτίζουν, σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίζει ο κώδικας FSS για πλοία που έχουν κατασκευαστεί από την 1^η Ιουλίου του 2012 και έπειτα (IMO, 2015).

Σημειώνεται, επίσης, πως η SOLAS ορίζει την εγκατάσταση είτε του πρώτου είτε του δεύτερου συστήματος από τα επόμενα για την μεταφορά επικίνδυνων φορτίων [SOLAS, Chapter II-2, Part G, Reg. 19: §3.3].



Εικόνα 13: Κεντρικός Πίνακας Ελέγχου Πυρανίχνευσης και Αναγγελίας Πυρκαγιάς

4.1.1. Σταθερό Σύστημα Ανίχνευσης και Συναγερμού Πυρκαγιάς – Fixed Fire Detection and Fire Alarm System

Παρακάτω περιγράφονται μερικές από τις απαιτήσεις που θέτει ο κώδικας FSS στο Κεφάλαιο 9, για το σταθερό σύστημα ανίχνευσης και συναγερμού φωτιάς με κριτήριο τις εξής παραμέτρους.

Τεχνικές προδιαγραφές

1. Άμεση λειτουργία

Το σύστημα πρέπει να είναι άμεσα λειτουργικό ανά πάσα στιγμή. Σε περίπτωση αποσυνδεδεμένων ανιχνευτών (λόγω εκτέλεσης κάποια θερμής εργασίας ή συντήρησης του συστήματος), απαιτείται αυτόματη επανασύνδεσή τους μετά από καθορισμένο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, πυροσβεστικές περιπολίες να παρακολουθούν τους χώρους με τους αποσυνδεδεμένους ανιχνευτές.

2. Σχεδιασμός συστήματος

Το σύστημα ανίχνευσης πυρκαγιάς πρέπει να ελέγχει και να παρακολουθεί τα σήματα εισόδου από όλους τους συνδεδεμένους ανιχνευτές και τα χειροκίνητα σημεία κλήσης. Πρέπει να παρέχει σήματα εξόδου για να ειδοποιεί το πλήρωμα στη γέφυρα πλοήγησης ή στον κεντρικό σταθμό ελέγχου για συνθήκες πυρκαγιάς και βλάβης. Μπορεί, επίσης, να παρέχει σήματα εξόδου σε άλλα συστήματα πυρασφάλειας, όπως, συστήματα συναγερμού πυρκαγιάς, διακοπή ανεμιστήρων, συστήματα καταιονισμού κλπ. Τέλος, το σύστημα να είναι κατάλληλα σχεδιασμένο ώστε να παρακολουθεί τις μονάδες τροφοδοσίας και τα κυκλώματα για απώλεια ισχύος και συνθήκες σφάλματος.

3. Ανθεκτικότητα σε συνθήκες περιβάλλοντος του χώρου τοποθέτησης

Το σύστημα και ο εξοπλισμός πρέπει να είναι σχεδιασμένα ώστε να αντέχουν σε διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες που συναντώνται στα πλοία, όπως αλλαγές θερμοκρασίας, διακυμάνσεις τάσεις κραδασμούς, υγρασία, κρούσεις, χτυπήματα και διάβρωση.

4. *Σταθερά συστήματα ανίχνευσης με μεμονωμένη αναγνώριση ανιχνευτών*³⁰

Τα σταθερά συστήματα ανίχνευσης με μεμονωμένη αναγνώριση ανιχνευτών πρέπει να διατηρούν ανοχή σε σφάλματα, να επιτρέπουν την εύκολη αποκατάσταση μετά από βλάβες (π.χ. διακοπές ρεύματος, βραχυκυκλώματα) και να εμποδίζουν έναν συναγερμό πυρκαγιάς να παρεμβαίνει στην ομαλή λειτουργία άλλων ανιχνευτών και συναγερμών. Τα τμήματα που διέρχονται δύο φορές από χώρους πρέπει να ελαχιστοποιούνται ή να εγκαθίσταται όσο το δυνατόν πιο μακριά μεταξύ τους στο χώρο.

Μονάδες Τροφοδοσίας

Βασικοί παράγοντες που διασφαλίζουν την σωστή λειτουργία του συστήματος ανίχνευσης όσον αφορά τις μονάδες τροφοδοσίας είναι:

1. η εγκατάσταση τουλάχιστον μίας μονάδας τροφοδοσίας. Η μονάδα αυτή (συμπεριλαμβανομένης και της εφεδρικής) να συνδέεται με αντίστοιχο αυτόματο διακόπτη εναλλαγής που επιτρέπει σε περίπτωση σφάλματος την αποσύζευξη με την ελαττωματική πηγή και την σύζευξη με την αμέσως επόμενη ώστε να μην υπάρξει επίδραση στο σύστημα.
2. η επάρκεια ισχύος που να μπορεί να τροφοδοτεί μέχρι 100 ενεργοποιημένους ανιχνευτές στο σύνολο.
3. η εφεδρεία ισχύος σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης, που μπορεί να εξασφαλίζεται από τουλάχιστον μία εφεδρική μονάδα ισχύος με κάλυψη λειτουργίας του συστήματος έως και 30 λεπτά μετά την βλάβη.

Απαιτήσεις εξαρτημάτων

1. *Είδη Ανιχνευτών*

Ειδικές απαιτήσεις λειτουργίας καθορίζονται ξεχωριστά για τους ανιχνευτές καπνού, φλόγας, θερμότητας, ή και για άλλα είδη ανιχνευτών, που εγκαθίστανται και ελέγχονται με τα ανάλογα πρότυπα. [FSS, §2.3.1]

Ακόμη περισσότεροι περιορισμοί πρέπει να υποβάλλονται στην περίπτωση εγκατάστασης ανιχνευτών σε περιοχή που φέρει επικίνδυνα φορτία. [SOLAS, Chapter II-2, Part G, Reg. 19: §3.2, Tab.19.3].

2. *Πίνακας ελέγχου και Καλώδια*

Έλεγχος σύμφωνα με ανάλογα πρότυπα συνίσταται να γίνεται για τον πίνακα ελέγχου των σταθερών συστημάτων ανίχνευσης, καθώς και για τα καλώδια που απαρτίζουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Επιπλέον, τα καλώδια να είναι ανασταλτικά στη διάδοση φλόγας.

Απαιτήσεις εγκατάστασης

³⁰ Συστήματα ανίχνευσης με μεμονωμένη αναγνώριση ανιχνευτών ορίζονται τα συστήματα με δυνατότητα αναγνώρισης της ακριβούς θέσης και του τύπου του ανιχνευτή ή του χειροκίνητου σημείου κλήσης που έχει ενεργοποιηθεί. [Κώδικας FSS, §1.2.3]

1. *Θέση των ανιχνευτών*

Η βέλτιστη απόδοση των ανιχνευτών καθορίζεται από το σημείο που τοποθετείται ο ανιχνευτής. Με αυτό τον τρόπο, αποφεύγονται σημεία που είτε παρεμποδίζεται η εισροή δειγματοληψίας (πχ. Δοκάρια), είτε την απομακρύνει ο εισαγόμενος αέρας (πχ. αγωγούς εξαερισμού), καθώς επίσης και σημεία που είναι ενδεχόμενη η πρόκληση ζημιάς στον ανιχνευτή, ενώ συνίσταται να τοποθετούνται σε σημεία υπερυψωμένα με ελάχιστη απόσταση 0.5 m από φρακτές. Η απόσταση μεταξύ των ανιχνευτών ορίζεται στον Πίνακα 9, ενώ μετατροπές μπορούν να υπάρξουν σύμφωνα με την αρμόδια αρχή (Administration).

Είδος Ανιχνευτή	Μέγιστη επιφάνεια σάρωσης ανά ανιχνευτή (m ²)	Μέγιστη απόσταση μεταξύ των κέντρων των συσκευών (m)	Μέγιστη απόσταση από τις φρακτές (m)
Θερμότητας	37	9	4.5
Καπνού	74	11	5.5

Πίνακας 9: Απόσταση ανιχνευτών [Κώδικας FSS, Ch.9: Table 9.1]

2. *Διάταξη των καλωδίων*

Τα καλώδια που συνδέουν εξαρτήματα του συστήματος πρέπει να είναι τοποθετημένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγονται κλειστοί χώροι υψηλού κινδύνου πυρκαγιάς, εκτός εάν είναι απαραίτητο να προβλεφθεί ανίχνευση πυρκαγιάς ή συναγερμός πυρκαγιάς στους χώρους αυτούς ή να συνδεθούν με την κατάλληλη παροχή ενέργειας. Ακόμα, ορίζεται ότι ένα τμήμα με μεμονωμένη αναγνώριση ανιχνευτών πρέπει να είναι διατεταγμένο έτσι ώστε να μην μπορεί να υποστεί βλάβη σε περισσότερα από ένα σημεία λόγω πυρκαγιάς.

Απαιτήσεις συστήματος ελέγχου

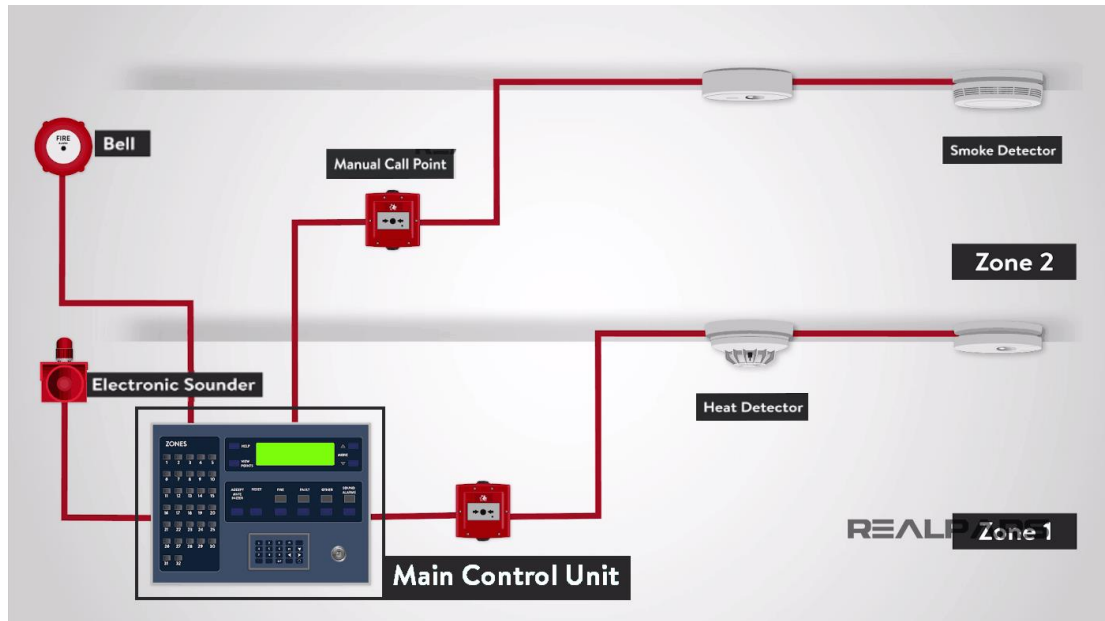
1. *Οπτικά και ηχητικά σήματα πυρκαγιάς*

Σκοπός των συγκεκριμένων συστημάτων είναι να παρέχει οπτική και ηχητική ειδοποίηση ανίχνευσης φωτιάς μέσω του πίνακα ελέγχου και των μονάδων ένδειξης, ύστερα από ενεργοποίηση οποιουδήποτε ανιχνευτή ή χειροκίνητου σημείου κλήσης. Αν τα σήματα δεν έχουν επιβεβαιωθεί εντός 2 λεπτών, ένας ηχητικός συναγερμός πυρκαγιάς θα ενεργοποιηθεί αυτόματα σε όλους τους χώρους διαμονής του πληρώματος και σε άλλους καθορισμένους χώρους που μπορεί να συχνάζει το πλήρωμα.

Άλλοι βασικοί κανόνες που ορίζονται, αφορούν τη σαφή πληροφορία που πρέπει να παρέχεται στις οθόνες ένδειξης, την παρακολούθηση της τροφοδοσίας για τυχόν σφάλματα, τη δυνατότητα για χειροκίνητη ενεργοποίηση συναγερμών, την αυτόματη επαναφορά του συστήματος σε κανονική λειτουργία ύστερα από επιδιορθώσεις ή δοκιμές που μπορεί να είχαν γίνει, τη μη δυνατότητα για απενεργοποίηση τοπικών ηχητικών συναγερμών (πχ σε καμπίνες) και τέλος την ικανοποιητική ένταση ήχου.

2. *Δοκιμή*

Κατάλληλες οδηγίες και ανταλλακτικά εξαρτημάτων πρέπει να παρέχονται για την περίπτωση ελέγχου ή συντήρησης. Ακόμα, οι ανιχνευτές πρέπει να δοκιμάζονται περιοδικά με εξοπλισμό κατάλληλο για τους τύπους πυρκαγιών στους οποίους ο ανιχνευτής είναι σχεδιασμένος να ανταποκρίνεται, ακόμα και σε ειδικές περιπτώσεις ανιχνευτών εντός ψυγείων εμπορευματοκιβωτίων.



Εικόνα 14: Layout συστήματος ανίχνευσης και αναγγελίας πυρκαγιάς³¹

4.1.2. Σύστημα Ανίχνευσης Καπνού μέσω Εξαγωγής Δείγματος - Sample Extraction Smoke Detection Systems

Παρακάτω περιγράφονται μερικές από τις απαιτήσεις που θέτει ο κώδικας FSS στο Κεφάλαιο 10, για το σύστημα ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος, που τοποθετείται αποκλειστικά στους χώρους φορτίου των πλοίων, με κριτήριο τις εξής παραμέτρους.

Τεχνικές προδιαγραφές

1. Περιγραφή Αρχής Λειτουργίας – Διάταξη εξαρτημάτων του συστήματος:

- Συσσωρευτές καπνού
Οι συσσωρευτές καπνού είναι συσκευές που είναι εγκατεστημένοι στα αμπάρια και χρησιμεύουν στη συλλογή δειγματοληψίας αέρα που τον μεταβιβάζουν μέσω των σωλήνων δειγματοληψίας στον πίνακα ελέγχου. Μπορούν, επίσης, να λειτουργήσουν ως ακροφύσια εκτόξευσης για σταθερά συστήματα πυρόσβεσης αερίου³².
- Σωλήνες Δειγματοληψίας
Οι σωλήνες δειγματοληψίας αποτελούν δίκτυο σωληνώσεων που συνδέει τους συσσωρευτές καπνού με τον πίνακα ελέγχου, που χωρίζονται σε πολλαπλούς τομείς διευκολύνοντας τον εντοπισμό της θέσης της φωτιάς.
- Βαλβίδες ελέγχου τριών κατευθύνσεων (Three-way valves)
Οι βαλβίδες ελέγχου τριών κατευθύνσεων χρησιμοποιούνται ως κόμβοι προώθησης του αέρα προς τους σωλήνες δειγματοληψίας και άρα, στον πίνακα ελέγχου, ή ανακατεύθυνσής του προς το σύστημα πυρόσβεσης, όταν ανιχνεύεται καπνός.

³¹ <https://realpars.com/fire-alarm-system/>

³² Όπως θα αναφερθεί και στο κεφάλαιο της πυρόσβεσης, εξαρτήματα του συγκεκριμένου συστήματος ανίχνευσης χρησιμεύουν και στην κατάσβεση μέσω του Μόνιμου Συστήματος Κατάσβεσης CO₂

- Πίνακας ελέγχου
Ο πίνακας ελέγχου αποτελεί το κεντρικό στοιχείο του συστήματος που χρησιμεύει στην παρακολούθηση των προστατευόμενων χώρων, στον εντοπισμό των αμπαριών που προκαλείται φωτιά, καθώς και στην ηχητική ειδοποίηση μέσω συναγερμών. Η παρακολούθηση εξασφαλίζεται με μονάδες ανιχνευτών που ελέγχουν την ποιότητα του αέρα και με πληροφορίες για αυτήν να εμφανίζονται σε ένα θάλαμο προβολής. Σε περίπτωση ανίχνευσης καπνού, ηχητικός συναγερμός ενεργοποιείται σε ανάλογο πίνακα στην γέφυρα ώστε το πλήρωμα να αποφανθεί για την ενεργοποίηση ή όχι της πυρόσβεσης.
- 2. Λειτουργικές απαιτήσεις
Η λειτουργική εξυπηρέτηση του συστήματος κατοχυρώνεται με τη συνεχόμενη λειτουργία του, την πρόληψη έναντι διαρροών, όπως για παράδειγμα «μόλυνση» του συστήματος ή άλλων χώρων με τοξικές και εύφλεκτες ουσίες ή μέσων πυρόσβεσης, την ανθεκτικότητά του στις συνθήκες περιβάλλοντος που μπορεί να υπόκειται στα σημεία που τοποθετούνται τα εξαρτήματά του (πχ αλλαγές θερμοκρασίας, διακυμάνσεις τάσεις κραδασμούς, υγρασία, κρούσεις, χτυπήματα και διάβρωση) και τέλος, την ευελιξία ελεγχιμότητας του συστήματος χωρίς αντικατάσταση εξαρτημάτων.
- 3. Μονάδα τροφοδοσίας
Πρέπει να προβλέπεται ξεχωριστή μονάδα τροφοδοσίας για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό του συστήματος, εξασφαλίζοντας επάρκεια ισχύος σε περίπτωση διακοπής ρεύματος.

Απαιτήσεις εξαρτημάτων

Οι απαιτήσεις αυτές σχετίζονται κυρίως με τον απαραίτητο σχεδιασμό και διαστασιολόγηση των σωλήνων δειγματοληψίας και των ανεμιστήρων που εγκαθίστανται σε αυτούς και κατευθύνουν τον αέρα στον πίνακα ελέγχου, ώστε επαρκής ποσότητα αέρα να διαπερνά το σύστημα και να εξετάζεται. Παραδείγματα αυτών είναι η διάταξη των ανεμιστήρων σε κάθε ανεμιστήρα να είναι διπλή και οι σωλήνες να σχεδιάζονται έτσι ώστε να διανέμουν ισοδύναμη ποσότητα δειγματοληψίας από κάθε συσσωρευτή.

Επίσης, απαιτείται περιοδικός καθαρισμός των σωλήνων για πιο ακριβή αποτελέσματα του συστήματος, αλλά και ανάλογος σχεδιασμός του πίνακα ελέγχου και έλεγχος αυτού για την προβλεπόμενη τήρηση των καθιερωμένων προτύπων.

Απαιτήσεις εγκατάστασης

1. *Συσσωρευτές καπνού*
Στην ενότητα αυτή προσδιορίζεται ο καθορισμός της τοποθεσίας των συσσωρευτών καπνού. Βασικές απαιτήσεις είναι η τοποθέτηση αυτών υπερυψωμένα, σε κλειστό χώρο με κανένα εμπόδιο να εμποδίζει την λειτουργία τους και η αποφυγή σύνδεσης δικτύων δειγματοληψίας από δύο ή παραπάνω κλειστούς χώρους.
Υπόψιν πρέπει να λαμβάνεται η συμμεταφορά κατεψυγμένου φορτίου (όπως στα ψυγεία εμπορευματοκιβώτια) και συμβατικού, όπου απομόνωση των συσσωρευτών πρέπει να γίνεται για τον αποκλειστικό έλεγχο του του συμβατικού φορτίου. Επίσης, σε περίπτωση που ο χώρος εξαιρίζεται μηχανικά ειδικές απαιτήσεις καθορίζονται για την εγκατάσταση συσσωρευτών καπνού, όπως για παράδειγμα επιπλέον τοποθέτηση συσσωρευτή καπνού δίπλα στην έξοδο του αγωγού εξαερισμού και χρήση φίλτρου στον συγκεκριμένο για αποφυγή συσώρευσης και μόλυνσης από σκόνη.
2. *Σωλήνες δειγματοληψίας*

Οι σωλήνες δειγματοληψίας πρέπει να είναι αποστραγγίζονται από μόνοι τους και να προστατεύονται κατάλληλα από χτυπήματα ή ζημιές από την εργασία του φορτίου, ενώ οι διατάξεις τους να είναι τέτοιες ώστε να μπορεί να εντοπιστεί εύκολα η θέση της πυρκαγιάς.

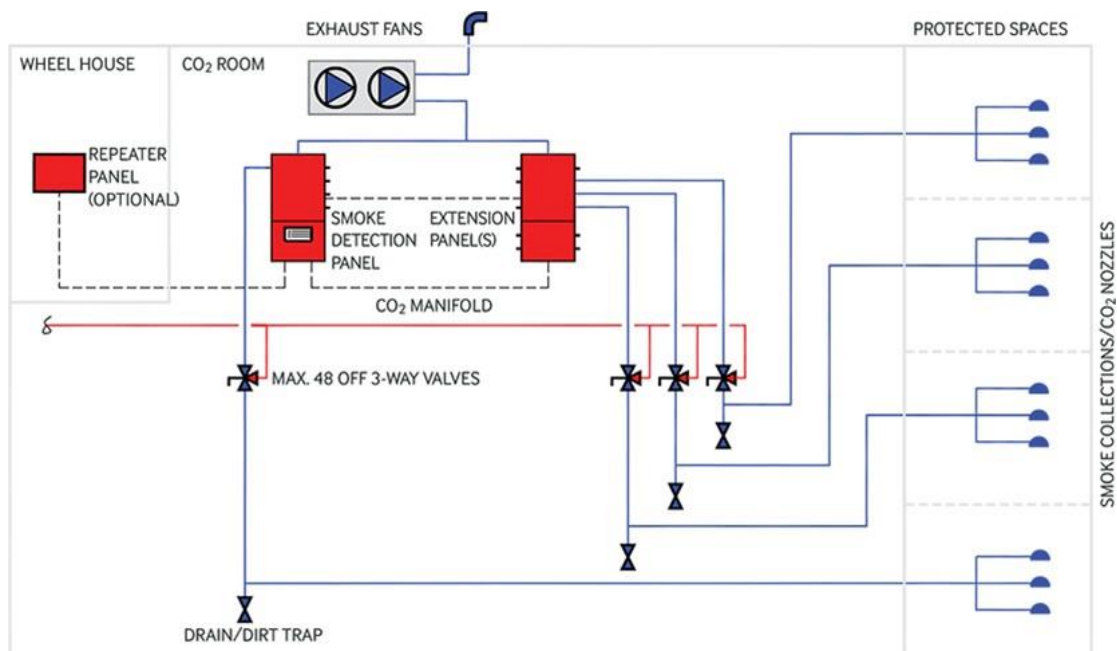
Απαιτήσεις συστήματος ελέγχου

1. Οπτικά και ηχητικά σήματα πυρκαγιάς

Παρόμοιες απαιτήσεις με τα σταθερά συστήματα ανίχνευσης που αναλύθηκαν στο §4.1.2, ισχύουν και για τα οπτικά και ηχητικά σήματα πυρκαγιάς του συστήματος αυτού. Χαρακτηριστικά, οπτική και ηχητική ειδοποίηση ανίχνευσης φωτιάς μέσω του πίνακα ελέγχου και των μονάδων ένδειξης να λαμβάνει μέρος ύστερα από την ανίχνευση καπνού και σαφής πληροφορία που πρέπει να παρέχεται στις οθόνες ενδείξεις. Επιπλέον, άλλοι κανόνες που ορίζονται, αφορούν την παρακολούθηση της τροφοδοσίας για τυχόν σφάλματα, τη δυνατότητα για χειροκίνητη ενεργοποίηση συναγερμών, την αυτόματη επαναφορά του συστήματος σε κανονική λειτουργία έπειτα από επιδιορθώσεις ή δοκιμές που μπορεί να είχαν γίνει και τη μη δυνατότητα για απενεργοποίηση τοπικών ηχητικών συναγερμών (πχ σε καμπίνες).

2. Δοκιμή

Κατάλληλες οδηγίες και ανταλλακτικά εξαρτημάτων πρέπει να παρέχονται για την περίπτωση ελέγχου ή συντήρησης. Ακόμα, το σύστημα ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος πρέπει να δοκιμάζονται περιοδικά με εξοπλισμό ανάλογο, ώστε ένδειξη να ενεργοποιείται στην μονάδα ελέγχου σε χρόνο λιγότερο από 300 sec, όταν καπνός έχει εισαχθεί στο σύστημα.



Εικόνα 15: Layout συστήματος ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος³³

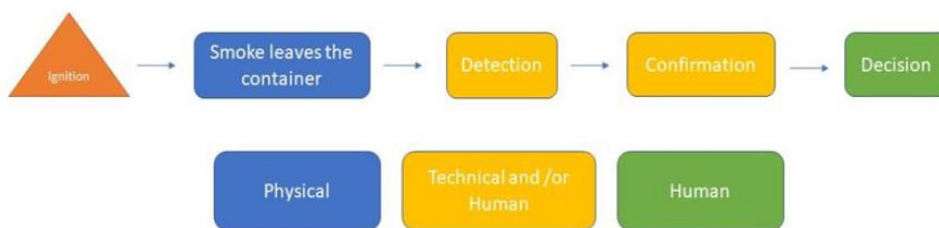
³³ <https://survitecgroup.com/systems/sample-extraction-smoke-detection-system/>

4.2. Προβλήματα

4.2.1. Περιγραφή προβλημάτων

Αποτελεί κοινό τόπο ότι σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση της φωτιάς διαδραματίζει ο έγκυρος και άμεσος εντοπισμός της από τα αρμόδια συστήματα ανίχνευσης, αλλά και από τις περιπολίες του πληρώματος. Έτσι, με βάση το χρονοδιάγραμμα που εξήγαγε το Cargosafe (Εικόνα 16), το ζήτημα της ανίχνευσης μιας πυρκαγιάς ή προϊόντων αυτής χαρακτηρίζεται ως φυσικό, τεχνικό και ανθρώπινο. Όπως διατυπώνεται και στη συνέχεια, σφάλματα υπεύθυνα για την καθυστερημένη, λανθασμένη ή μη ενεργοποιημένη ανίχνευση, εντοπίζονται, κυρίως, στον προβληματικό σχεδιασμό των συστημάτων (ειδικότερα του συστήματος ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος), αλλά και στην ελλιπή ανίχνευση από το πλήρωμα.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον τρόπο λειτουργίας και ανταπόκρισης των προηγούμενων περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω, με κριτήριο τον εκτεταμένο χρόνο που παρέρχεται από την δειγματοληψία του καπνού μέχρι την ενεργοποίηση του συναγερμού (πολλές φορές ξεπερνάει το ανώτερο όριο των 300 sec που ορίζει ο FSS) και την ακρίβεια της διαδικασίας στον σωστό και έγκυρο εντοπισμό της επηρεασμένης περιοχής.



Εικόνα 16: Χρονοδιάγραμμα Ανίχνευσης (EMSA, 2023)

Σύστημα ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος

1. Χαμηλή δειγματοληπτική ποσότητα αέρα/ καπνού

Η ποσότητα του καπνού που εισέρχεται στην συσκευή του συσσωρευτή φέρεται πολλές φορές να μην είναι επαρκής για την ενεργοποίηση του συναγερμού ή να συμβάλει στην καθυστέρηση ενεργοποίησής του λόγω του χαμηλού ρυθμού διάδοσης της μέσω των δειγματοληπτικών σωλήνων. Χαρακτηριστικά σφάλματα-αίτια που συγκροτούν την συγκεκριμένη παράμετρο και συμβάλουν στην εκδίωξη, αραίωση και πάγωμα του καπνού εντοπίζονται στην επίδραση των καιρικών συνθηκών, όπως για παράδειγμα ο εισερχόμενος φυσικός αέρας εντός του αμπαριού λόγω ανοιχτών καλυμμάτων ή μη επαρκούς στεγανότητάς τους και η λανθασμένη εγκατάσταση των συσσωρευτών καπνού σε τοποθεσίες που γειτνιάζουν με συσκευές εξαερισμού.

2. Ελλιπής σχεδίαση του συστήματος

Παρακλάδι του προηγούμενου αποτελεί η εγκατάσταση των συσσωρευτών καπνού σε αραιή κατανομή μεταξύ τους που σχετίζεται με την επιλογή λάθους τοποθεσίας τοποθέτησής τους και εφαρμογή περιορισμένων τεμαχίων, αλλά και παράλληλα η υπερδιαστασιολόγηση των δειγματοληπτικών σωλήνων, που μπορούν να συντελέσουν στην καθυστέρηση σάρωσης από τους ανιχνευτές.

3. Ελλιπής έλεγχος συστήματος ανίχνευσης

Επιπρόσθετοι παράμετροι που συμβάλουν καθοριστικά στην αποτυχία του συστήματος είναι ο ελλιπής έλεγχος και άρα ανεπαρκής συντήρηση των εξαρτημάτων που συγκροτούν το σύστημα. Με αυτό τον τρόπο, σφάλματα όπως ο σχηματισμός στρώσεων πάγου και διάβρωσης, αλλά και διαρροές και βλάβες που μπορεί να προκύψουν στους σωλήνες και τα κομβία δειγματοληψίας, μπορούν να επιβραδύνουν και επιβαρύνουν το σύστημα.

4. *Ελαττωματικός συναγερμός*

Πέρα από το στάδιο της δειγματοληψίας και σάρωσης του καπνού, εξίσου σημαντικό είναι αυτό και της οπτικής και ηχητικής ειδοποίησης μέσω του συναγερμού, η ενεργοποίηση του οποίου δεν είναι εφικτή, ύστερα από σφάλματα ανταπόκρισης του ανιχνευτή σε αυτόν, βλάβη στην διάταξη ένδειξης του ή ακόμα και ελαττωματικής καλωδίωσης του με τα υπόλοιπα μέρη.

5. *Αμέλεια επανεκκίνησης ζωνών ανίχνευσης*

Μη λειτουργία του συστήματος ανίχνευσης και άρα ενεργοποίησης του ανάλογου συναγερμού δεν έγκειται, όταν, έπειτα από επανειλημμένα σφάλματα συναγερμού ή εκτέλεσης κάποιας εργασίας, δεν επανεκκινούνται οι ζώνες ανίχνευσης.

6. *Ανεπαρκή τα είδη ανιχνευτών*

Παράγοντας που προκύπτει από την μη ικανότητα του συστήματος ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος να εντοπίσει όλα τα προϊόντα της φωτιάς είναι η ανεπάρκεια εγκατάστασης άλλων ειδών ανιχνευτών ή συστημάτων ανίχνευσης που μπορούν να εντοπίσουν και να σαρώσουν την φλόγα-φωτιά και την θερμότητα, εκτός από τον καπνό.

Ανθρώπινος Παράγοντας

Αφού το παραπάνω σύστημα ανίχνευσης δεν είναι πάντοτε αποτελεσματικό στο χώρο των αμπαριών και η ανίχνευση σε περίπτωση πυρκαγιάς βασίζεται αποκλειστικά και μόνο στον άνθρωπο στον χώρο του καταστρώματος, το πλήρωμα θα πρέπει να λάβει δράση είτε μέσω των περιπολίων είτε με την έκτακτη αποστολή τους σε επηρεαζόμενη περιοχή. Ωστόσο, δεν είναι λίγες οι φορές που η διαδικασία αυτή παρεμποδίζεται από λόγους πρακτικούς (πχ προσβασιμότητας στα αμπάρια ή στα ανώτερα tiers άνω του καταστρώματος), επικείμενης έκθεσης σε κίνδυνο (έντονος καπνός, εκρήξεις, απελευθέρωση επιβλαβών αερίων) ή και μη εξοικείωσης με τις ενδείξεις του πάνελ ελέγχου και το πρωτόκολλο που θα πρέπει να ακολουθήσει σε περίπτωση ανίχνευσης φωτιάς από το σύστημα.

Όπως και στο κεφάλαιο της πρόληψης, αντίστοιχη διάταξη πινάκων με παραμέτρους, σφάλματα, συνέπειες και τρόπους αντιμετώπισης αυτών παρουσιάζεται στην επόμενη παράγραφο §4.2.2., ενώ σημειώνεται πως η ανάλυση έγινε βάσει του συστήματος ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος στον χώρο των αμπαριών.

4.2.2. Πίνακες ανάλυσης παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στο Σύστημα Ανίχνευσης Καπνού μέσω Εξαγωγής Δείγματος

Σύστημα Ανίχνευσης Καπνού μέσω Εξαγωγής Δείγματος				
Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες λειτουργίας του συστήματος ανίχνευσης	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από Cargosafe/ Additional Notations (DNV, BV, ABS)
1. Χαμηλή δειγματοληπτική ποσότητα αέρα/ καπνού	1.1 Σφάλμα ανιχνευτή καπνού στο σύστημα/ πολύ χαμηλή ποσότητα δειγματοληψίας που εισέρχεται στο σύστημα	*Καθυστέρηση ανίχνευσης και ενεργοποίησης συναγερμού *Μη ενεργοποίηση ανίχνευσης λόγω χαμηλής ποσότητας του δειγματοληπτικού αέρα	*Καλύτερη στεγάνωση αμπαριών *Σημεία Δειγματοληψίας εντός του συστήματος εξαερισμού *Περισσότερα σημεία δειγματοληψίας	*Αύξηση των δειγματοληπτικών σημείων, με καθορισμένη κατανομή και τοποθέτησή τους [Cargosafe] *Αντικατάσταση δειγματοληπτικών σημείων με σημειακούς ανιχνευτές που θα εντοπίζουν επιτόπου κάποιο προϊόν της φωτιάς (πχ. θερμότητας, φλόγας) [Cargosafe] *Αντικατάσταση υπάρχοντος συστήματος με συστήματα [Cargosafe, DNV, BV, ABS] : 1. Γραμμικής ανίχνευσης 2. Ανίχνευσης μέσω οπτικών ινών 3. Ανίχνευσης καπνού με λείζερ *Χρήση Φορητών Θερμικών Καμερών κατά τις περιπολίες [Cargosafe, DNV, ABS]
	1.2 Φωτιά χωρίς παραγωγή καπνού	*Μη ενεργοποίηση του συστήματος ανίχνευσης και του συναγερμού λόγω έλλειψης της αναγκαίας ποσότητας καπνού που απαιτείται για να ενεργοποιηθεί ο συναγερμός * Καθυστέρηση ενεργοποίησης του συστήματος ανίχνευσης λόγω χαμηλής ποσότητας παραγόμενου καπνού, μέχρι η φωτιά να έχει εξαπλωθεί σε γειτονικά σημεία	*Τοποθέτηση άλλου είδους ανιχνευτή (πχ. θερμότητας, φλόγας)	
	1.3 Επίδραση του μηχανικού εξαερισμού στα αμπάρια / αντίκτυπο στην εξάπλωση καπνού(τον διώχνει)	*Καθυστέρηση ανίχνευσης και ενεργοποίησης συναγερμού λόγω ανακατεύθυνσης του καπνού *Καθυστέρηση ανίχνευσης λόγω ανάμειξης καπνού και εισερχόμενου αέρα από τον εξαερισμό *Καμία ανίχνευση λόγω έλλειψης αέρα δείγματος από μειωμένη ή σταματημένη δειγματοληψία αέρα *Λανθασμένη τοποθεσία ανιχνευτή *Ελαττωματικός συναγερμός	*Σημεία Δειγματοληψίας εντός του συστήματος εξαερισμού	
	1.4 Καπνός που έχει κρυώσει και είναι «βαρύς» για να φτάσει στα σημεία δειγματοληψίας	*Καθυστέρηση ανίχνευσης και ενεργοποίησης συναγερμού *Μη ανίχνευση *Λανθασμένη τοποθεσία ανιχνευτή	*Περισσότερα σημεία δειγματοληψίας *Καλύτερη στεγάνωση αμπαριών	
	1.5 Ανεπαρκής στεγάνωση αέρα των αμπαριών και/ή ανοικτά τα στόμια τους	*Καθυστέρηση ανίχνευσης και ενεργοποίησης συναγερμού εξαιτίας του διαφεύγοντος καπνού στην ατμόσφαιρα και όχι κατευθυνόμενου στα δειγματοληπτικά σημεία *Μη ανίχνευση *Λανθασμένη τοποθεσία ανιχνευτή	*Τακτικοί έλεγχοι συντήρησης	
	1.6 Καπνός που εξαερίζεται μακριά από τα σημεία δειγματοληψίας λόγω καιρικών συνθηκών	*Καθυστέρηση ανίχνευσης και ενεργοποίησης συναγερμού *Μη ανίχνευση λόγω του καπνού που δεν εισέρχεται στα δειγματοληπτικά σημεία *Λανθασμένη τοποθεσία ανιχνευτή *Ελαττωματικός συναγερμός	*Καλύτερη στεγάνωση αμπαριών *Περισσότερα σημεία δειγματοληψίας	
	1.7 Σωλήνες δειγματοληψίας πολύ μεγάλοι για την ανίχνευση αραιού καπνού	*Καθυστέρηση ανίχνευσης και ενεργοποίησης συναγερμού *Μη ανίχνευση λόγω υψηλής αραιώσης του δειγματοληπτικού αέρα	*Επανασχεδίαση του συστήματος σωληνώσεων	
	1.8 Ανοιχτά αμπάρια στη φάση ελλιμενισμού	*Καθυστέρηση στην απόκριση *Μη ανίχνευση		
2. Ελλιπής έλεγχος συστήματος ανίχνευσης	2.1 Διαρροή σωλήνα δειγματοληψίας	*Καθυστέρηση ανίχνευσης και ενεργοποίησης συναγερμού *Μη ανίχνευση λόγω υψηλής αραιώσης του δειγματοληπτικού αέρα *Λανθασμένη τοποθεσία ανιχνευτή	*Τακτικοί έλεγχοι συντήρησης	*Αύξηση των δειγματοληπτικών σημείων, με καθορισμένη κατανομή και τοποθέτησή τους [Cargosafe]

Σύστημα Ανίχνευσης Καπνού μέσω Εξαγωγής Δείγματος				
Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες λειτουργίας του συστήματος ανίχνευσης	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από Cargosafe/ Additional Notations (DNV, BV, ABS)
		*Ελαττωματικός συναγερμός		*Αντικατάσταση δειγματοληπτικών σημείων με σημειακούς ανιχνευτές που θα εντοπίζουν επιτόπου κάποιο προϊόν της φωτιάς (πχ. θερμότητας, φλόγας) [Cargosafe] *Αντικατάσταση υπάρχοντος συστήματος με συστήματα [Cargosafe, DNV, BV, ABS] : 1. Γραμμικής ανίχνευσης 2. Ανίχνευσης μέσω οπτικών ινών 3. Ανίχνευσης καπνού με λέιζερ * Χρήση Φορητών Θερμικών Καμερών κατά τις περιπολίες [Cargosafe, DNV, ABS]
	2.2 Η διάβρωση εμποδίζει τον σωστή λειτουργία της δειγματοληψίας	* Καμία ανίχνευση λόγω έλλειψης αέρα δείγματος από μειωμένη ή σταματημένη δειγματοληψία αέρα	*Επιλογή κατάλληλων υλικών για την αποφυγή ή καθυστέρηση διάβρωσης των δοκιμαστικών σωλήνων *Τακτικοί έλεγχοι συντήρησης	
	2.3 Φυσική/μηχανική βλάβη στις σωληνώσεις δειγματοληψίας	*Καθυστέρηση ανίχνευσης και ενεργοποίησης συναγερμού *Μη ανίχνευση λόγω υψηλής αραιώσης του δειγματοληπτικού αέρα λόγω διαρροών στους δειγματοληπτικούς σωλήνες *Λανθασμένη τοποθεσία ανιχνευτή *Ελαττωματικός συναγερμός *Μη ανίχνευση λόγω μπλοκαρισμένων σωλήνων που εμποδίζουν την εισροή αέρα	*Τακτικοί έλεγχοι συντήρησης *Παρακολούθηση σφαλμάτων	
	2.4 Αποτυχία ανιχνευτή λόγω ακατάλληλης συντήρησης	*Αδύνατη η ανίχνευση καπνού με αποτέλεσμα μη ενεργοποίηση το ανιχνευτικού συναγερμού *Καθυστερημένη απόκριση λόγω συγκεντρωμένων ουσιών στο σύστημα ανίχνευσης	*Τακτικοί έλεγχοι συντήρησης	
	2.5 Στρώσεις πάγου (atmospheric icing ³⁴) φράσουν τους ανιχνευτές	*Καθυστέρηση ανίχνευσης και ενεργοποίησης συναγερμού *Μη ανίχνευση λόγω μπλοκαρισμένων δειγματοληπτικών σημείων *Λανθασμένη τοποθεσία ανιχνευτή *Ελαττωματικός συναγερμός	*Συσσωρευτές καπνού σε σημεία που ενδέχεται να επηρεαστούν από τις καιρικές συνθήκες, να αντικαθίστανται από άλλα πιο ανθεκτικά είδη ανιχνευτών *Καλύτερη στεγάνωση αμπαριών	
	2.6 Ανεπαρκής δοκιμή κατά τη διαδικασία θέσης σε λειτουργία ή/και μετά τη συντήρηση (π.χ. το σύστημα δεν έχει σχεδιαστεί επαρκώς)	*Καθυστέρηση απόκρισης κατά το στάδιο της ανίχνευσης *Προβληματικοί συναγερμοί *Μη ανίχνευση *Αδύνατη η χρήση του συστήματος για τον εντοπισμό της προέλευσης της φωτιάς	*Επανασχεδίαση του συστήματος	
	2.7 Φράξιμο σωλήνα δειγματοληψίας	*Καθυστέρηση ανίχνευσης και ενεργοποίησης συναγερμού * Καμία ανίχνευση λόγω έλλειψης αέρα δείγματος από μειωμένη ή σταματημένη δειγματοληψία αέρα *Λανθασμένη τοποθεσία ανιχνευτή *Ελαττωματικός συναγερμός	*Τακτικοί έλεγχοι συντήρησης *Προσθήκη Φίλτρων στις σωληνώσεις	
	3. Ελαττωματικός συναγερμός	3.1 Σφάλμα στο απευθυνόμενο σύστημα συναγερμού	*Λάθος υπόθεση για την τοποθεσία της φωτιάς *Καθυστέρηση στην απόκριση *Η ζωή του πληρώματος σε ρίσκο λόγω της λανθασμένης υπόθεσης για την τοποθεσία της φωτιάς *Εφαρμογή της πυρόσβεσης σε λάθος σημεία	
3.2 Ελαττωματική καλωδίωση στο σύστημα συναγερμού		*Ελαττωματικοί συναγερμοί που οδηγούν στην απενεργοποίηση (από το πλήρωμα)		

³⁴ Το atmospheric icing, προέρχεται από το γλυκό νερό της ατμόσφαιρας και οφείλεται στη δημιουργία στρώσης πάγου από σταγονίδια νερού, υδρατμούς και νιφάδες χιονιού. Παρόλο που αυτό το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως άνω του καταστρώματος, σε ακραίες συνθήκες επηρεάζει και διαμερίσματα κάτω αυτού (<https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA144448.pdf>)

Σύστημα Ανίχνευσης Καπνού μέσω Εξαγωγής Δείγματος				
Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες λειτουργίας του συστήματος ανίχνευσης	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από Cargosafe/ Additional Notations (DNV, BV, ABS)
		*Μη ενεργοποίηση του συναγερμού ανίχνευσης επειδή δεν είναι συνδεδεμένος *Σφάλμα στο σήμα του συναγερμού με αποτέλεσμα την λάθος ανίχνευση τοποθεσίας		
	3.3 Μηχανική βλάβη στον συναγερμό	*Ελαττωματικοί συναγερμοί *Μη ενεργοποίηση του συναγερμού ανίχνευσης		
4. Αμέλεια επανεκκίνησης ζωνών ανίχνευσης	4.1 Επανειλημμένο σφάλμα συναγερμού	*Χειροκίνητη απενεργοποίηση συστήματος συναγερμού, οπότε σε σενάριο πυρκαγιάς: *Ταχεία κλιμάκωση της φωτιάς *Η ζωή του πληρώματος σε κίνδυνο	*Αποκατάσταση των σφαλμάτων και όχι απενεργοποίηση του συστήματος *Επανενεργοποίηση του συστήματος συναγερμού ύστερα από το πέρας κάποιας εργασίας	
	4.2 Εκτέλεση εργασιών που απαιτούν απενεργοποιημένο το σύστημα ανίχνευσης	Σε σενάριο πυρκαγιάς: *Ταχεία κλιμάκωση της φωτιάς *Η ζωή του πληρώματος σε κίνδυνο		
5. Ανεπαρκή τα είδη ανιχνευτών	5.1 Ασυνήθιστο συμβάν φωτιάς-πυρκαγιάς (αποσύνθεση χημικών που απελευθερώνουν θερμότητα, σιγocάψιμο)	*Μη ανίχνευση λόγω ασυνήθιστων αέριων προϊόντων που δεν μπορούν να ανιχνευτούν από το σύστημα ανίχνευσης * Μη ενεργοποίηση του συστήματος ανίχνευσης και του συναγερμού λόγω έλλειψης της αναγκαίας ποσότητας καπνού που απαιτείται για να ενεργοποιηθεί ο συναγερμός * Καθυστέρηση ενεργοποίησης του συστήματος ανίχνευσης λόγω χαμηλής ποσότητας παραγόμενου καπνού, μέχρι η φωτιά να έχει εξαπλωθεί σε γειτονικά σημεία	*Χρήση άλλου είδους ανιχνευτή (πχ. θερμότητας, φλόγας, εκρηκτικών αερίων)	*Αύξηση των δειγματοληπτικών σημείων, με καθορισμένη κατανομή και τοποθέτησή τους [Cargosafe] *Αντικατάσταση δειγματοληπτικών σημείων με σημειακούς ανιχνευτές που θα εντοπίζουν επιτόπου κάποιο προϊόν της φωτιάς (πχ. θερμότητας, φλόγας) [Cargosafe]
	5.2 Συγκέντρωση εκρηκτικών αερίων ή από μόνη της έκρηξη	*Μη ανίχνευση πριν από την έκρηξη *Ανίχνευση που οδηγεί το προσωπικό να επιθεωρήσει την επικίνδυνη εκρηκτική ατμόσφαιρα, νομίζοντας πως είναι φωτιά		*Αντικατάσταση υπάρχοντος συστήματος με συστήματα [Cargosafe, DNV, BV, ABS] : 1. Γραμμικής ανίχνευσης 2. Ανίχνευσης μέσω οπτικών ινών 3. Ανίχνευσης καπνού με λέιζερ
	5.3 Μη διαφυγή καπνού λόγω υψηλά στεγανού ε/κ	*Καθυστέρηση στην ανίχνευση και ενδεχόμενη υψηλότερη προθέρμανση των γύρω ε/κ		
6. Ελλιπής σχεδίαση συστήματος	6.1 Αριθμός και τοποθεσία των σημείων δειγματοληψίας	*Καθυστέρηση ανίχνευσης και ενεργοποίησης συναγερμού *Δυσκολία εύρεσης του σημείου προέλευσης της φωτιάς λόγω ανεπαρκών δειγματοληπτικών σημείων	*Σημεία Δειγματοληψίας εντός του συστήματος εξαερισμού *Περισσότερα σημεία δειγματοληψίας	*Αύξηση των δειγματοληπτικών σημείων, με καθορισμένη κατανομή και τοποθέτησή τους [Cargosafe]
	6.2 Σωλήνες δειγματοληψίας πολύ μεγάλοι για την ανίχνευση αραιού καπνού	*Καθυστέρηση ανίχνευσης και ενεργοποίησης συναγερμού *Μη ανίχνευση λόγω υψηλής αραιώσης του δειγματοληπτικού αέρα	*Επανασχεδίαση του συστήματος σωληνώσεων	*Αντικατάσταση δειγματοληπτικών σημείων με σημειακούς ανιχνευτές που θα εντοπίζουν επιτόπου κάποιο προϊόν της φωτιάς (πχ. θερμότητας, φλόγας) [Cargosafe]
	6.3 Το σύστημα δειγματοληψίας δεν προσδιορίζεται για μεγαλύτερους τύπους πλοίων	*Καθυστέρηση ανίχνευσης και ενεργοποίησης συναγερμού *Καθυστέρηση στον χρόνο απόκρισης	*Αναθεώρηση των υπάρχοντων κανονισμών για μεγαλύτερα πλοία	*Αντικατάσταση υπάρχοντος συστήματος με συστήματα [Cargosafe, DNV, BV, ABS] : 1. Γραμμικής ανίχνευσης 2. Ανίχνευσης μέσω οπτικών ινών

Σύστημα Ανίχνευσης Καπνού μέσω Εξαγωγής Δείγματος				
Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες λειτουργίας του συστήματος ανίχνευσης	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από Cargosafe/ Additional Notations (DNV, BV, ABS)
				3. Ανίχνευσης καπνού με λέιζερ * Χρήση Φορητών Θερμικών Καμερών κατά τις περιπολίες [Cargosafe, DNV, ABS]
7. Ανθρώπινος παράγοντας	7.1 Ανεπαρκής γνώση για την ερμηνεία του μηνύματος συναγερμού	*Καθυστέρηση στον χρόνο ερμηνείας *Καθυστέρηση στον χρόνο απόκρισης *Καθυστέρηση στη λήψη αποφάσεων	*Πιο εκτενής εκπαίδευση πληρώματος *Σκέψεις για πιο οικείο σχεδιασμό του πίνακα ελέγχου	* Μεμονωμένος Σταθμός Ελέγχου Πυρκαγιάς Εμπορευματοκιβωτίων που θα περιέχει τους πίνακες ελέγχου συστημάτων ανίχνευσης και όλα τα μέσα και οδηγίες επιχείρησης σε σενάριο πυρκαγιάς. [DNV, BV, ABS] * Χρήση Φορητών Θερμικών Καμερών κατά τις περιπολίες [Cargosafe, DNV, ABS]
	7.2 Απαιτητικά καθήκοντα / υψηλός φόρτος εργασίας			
	7.3 Συναγερμός που δεν επιβεβαιώθηκε από το πλήρωμα			

Πίνακας 10: Ανάλυση παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στο Σύστημα Ανίχνευσης Καπνού μέσω Εξαγωγής Δείγματος

4.3. Μέτρα αντιμετώπισης

Όπως έχει φανεί και από την προηγούμενη ενότητα, έντονο είναι το πρόβλημα των μέχρι σήμερα συστημάτων ανίχνευσης πυρκαγιάς στον τομέα του ελλειπτικού σχεδιασμού και μη αποδοτικότητας του συστήματος ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος, αλλά και της ανεπαρκούς ανίχνευσης στο επίπεδο του καταστρώματος. Έτσι, οι νηογνώμονες και η μελέτη Cargosafe προτείνουν νέες καινοτομίες σχετικά με την ενίσχυση του ζητήματος, τόσο κάτω του καταστρώματος όσο και άνω αυτού, ώστε τα συστήματα ανίχνευσης να είναι πιο αξιόπιστα και ακριβή, αλλά και η επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα στην παρακολούθηση να μειωθεί. Κύριος λόγος γίνεται για νέα συστήματα γραμμικής ανίχνευσης μέσω θερμικών αισθητήρων, ανίχνευσης μέσω θερμικής απεικόνισης και ανίχνευσης μέσω παρακολούθησης βίντεο, με τον κάθε φορέα να τα εφαρμόζει με μικροδιαφορές στην αρχή λειτουργίας ή διάταξής τους.

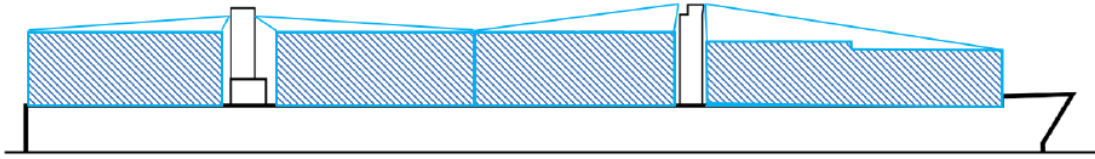
4.3.1. DNV

Οι προτάσεις που προτείνονται από τον Νορβηγικό Νηογνώμονα DNV σχετίζονται με την αναβάθμιση συγκεκριμένων μερών των τωρινών συστημάτων ανίχνευσης ή εγκατάσταση νέων καινοτόμων συστημάτων. Οι νέες προτάσεις αντλούνται από τις πρόσθετες σημειώσεις των κανονισμών «Rules for classification: Ships» του DNV (2022), ενώ μοιράζονται σε δύο υποκατηγορίες-κεφάλαια, με κριτήριο τον σκοπό που εξυπηρετούν.

Enhanced fire detection – FCS(FD)

1. Στα αμπάρια
 - Πρόσθετα κριτήρια αναθεωρούνται για την βελτιστοποίηση της ενεργοποίησης των συναγερμών μέσω του συστήματος της ανίχνευσης, όταν η θερμοκρασία, το ποσοστό αύξησης αυτής ή η πυκνότητα του καπνού υπερβούν ένα συγκεκριμένο όριο. Συγκεκριμένα, το όριο που προδιαγράφεται για την πυκνότητα του καπνού είναι μεταξύ του 2% και του 12.5% συσκότισης ανά μέτρο. Για την περαιτέρω απόδοση της διαδικασίας συστήνονται και άλλα συστήματα ανίχνευσης, όπως συστήματα οπτικής ανίχνευσης, ανίχνευσης καπνού μέσω laser, θερμικής απεικόνισης και ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος με μειωμένο χρόνο απόκρισης που ενεργοποιείται από καπνό ή άλλα προϊόντα καύσης σε σχέση με το συμβατικό σύστημα.
2. Στο κατάστρωμα
 - Παραπάνω συστάσεις γίνονται για την διεξαγωγή των περιπολιών, οι οποίες θα πρέπει να γίνονται συχνά με χρήση φορητών συσκευών θερμικής απεικόνισης και σε σημεία που είναι εκτός του εύρους των αισθητήρων θερμικής απεικόνισης, ενώ η συχνότητα και η διαδρομή τους θα πρέπει να καθορίζεται από οδηγίες του εγχειριδίου εκπαίδευσης (training manual).
 - Πρωτότυπη τεχνολογία για την ανίχνευση φωτιάς στο κατάστρωμα είναι η παρακολούθηση μέσω αισθητήρων θερμικής απεικόνισης. Οι αισθητήρες αυτοί τοποθετούνται στα ψηλότερα σημεία του πλοίου, όπως στη γέφυρα/ες του πλοίου, με σκοπό να σαρώνουν την θερμική ακτινοβολία των σκιασμένων εμπορευματοκιβωτίων (Εικόνα 17) και να στέλνουν σήματα συναγερμού, όταν ξεπεραστεί το καθορισμένο όριο της θερμοκρασίας ή του ποσοστού αύξησης αυτής. Η περιοχή σάρωσης αφορά εμπορευματοκιβώτια που εκτείνονται μέχρι το ανώτερο tier. Σε περίπτωση που κάποια εμπορευματοκιβώτια είναι πολύ χαμηλότερα και επισκιάζονται από τα ψηλότερα πιθανό είναι να μην σαρώνονται από τους

αισθητήρες, οπότε περιπολίες θα πρέπει να διεξάγονται για την παρακολούθησή τους.



Εικόνα 17: Παρακολούθηση ε/κ μέσω αισθητήρων θερμικής απεικόνισης στο κατάρωμα

Enhanced fire detection with container identification – FCS(FD+)

Στη συγκεκριμένη σημείωση γίνεται συζήτηση για την επιπλέον βελτίωση της διαδικασίας μέσω του ακριβούς εντοπισμού της θέσης φωτιάς και σχετίζεται με την εγκατάσταση διάταξης θερμικών αισθητήρων στις εγκάρσιες φρακτές των αμπαριών και στις γέφυρες πρόσδεσης άνω του καταστρώματος. Οι αισθητήρες αυτοί τοποθετούνται ακριβώς απέναντι από τις πόρτες και τα τοιχώματα των εμπορευματοκιβωτίων και σαν καινοτομία μπορεί να θεωρηθεί αντίστοιχη ή ίδια της γραμμικής ανίχνευσης, που θα περιγραφεί πιο κάτω. Με αυτόν τον τρόπο, σε περίπτωση υπέρβασης του καθορισμένου ορίου της θερμοκρασίας ή του ποσοστού αύξησης αυτής σε τουλάχιστον ένα εμπορευματοκιβώτιο, τότε συναγερμός σημαίνει στον μεμονωμένο σταθμό ελέγχου πυρκαγιάς εμπορευματοκιβωτίων με ένδειξη της επακριβούς τοποθεσίας που έχει επηρεαστεί, δηλαδή του αριθμού του αμπαριού και της θέσης του αισθητήρα. Εάν στους αισθητήρες δοθούν συντεταγμένες με βάση τα εμπορευματοκιβώτια που γειτνιάζουν σε αυτούς, τότε η διαδικασία της ανίχνευσης, και επομένως της πυρόσβεσης, διευκολύνεται με την εύρεση του επακριβούς επηρεασμένου εμπορευματοκιβωτίου.

4.3.2. BV

Στην πρόσθετη σημείωση, ECPF3, του «Rules for the Classification of Steel Ships», ο Γαλλικός Νηογνώμονας BV (2022) περιορίζεται στην πρόταση μιας καινοτόμου τεχνολογίας ανίχνευσης που αυτή είναι η «γραμμική ανίχνευση θερμότητας με συνδυασμό ανάλυσης ροής ενέργειας» (linear heat detection coupled with energy flow analysis). Παρόμοια ή ίδια αυτής μπορεί να υποτεθεί πως είναι και η ανίχνευση μέσω θερμικών αισθητήρων που προτείνει ο DNV, όπως είδαμε και παραπάνω, ενώ περαιτέρω απαιτήσεις και τεχνικά χαρακτηριστικά ορίζονται στην πρόσθετη σημείωση ECFP-3 του BV. Όσον αφορά την εγκατάσταση ενός τέτοιου είδους συστήματος κάτω του καταστρώματος, θερμικοί αισθητήρες, ή αλλιώς αισθητήρες θερμότητας, τοποθετούνται σε κάθε εμπορευματοκιβώτιο και μάλιστα στο κέντρο της πόρτας του με μέγιστη απόσταση 20 cm από αυτήν. Πιο ειδικά, οι προειρημένοι αισθητήρες συνδέονται μέσω ενός ενιαίου καλωδίου ανά bay, ενώ επιπρόσθετη διάταξη αισθητήρων θερμοκρασίας εισάγεται στην επιφάνεια της γάστρας/φρακτής με τους αισθητήρες να εκτείνονται ανά tier. Έτσι, αυτές οι δύο διατάξεις αισθητήρων που καλύπτουν ένα bay και το συσχετιζόμενο μέρος της γάστρας/φρακτής οφείλουν να λαμβάνουν ταυτόχρονη δειγματοληψία για την εγκυρότητα του αποτελέσματος, η οποία ανακτάται και αναλύεται από ένα πρόγραμμα ανάλυσης ροής ενέργειας, το λιγότερο κάθε 5 δευτερόλεπτα. Ακόμα, τοποθέτηση τους προβλέπεται και άνω του καταστρώματος με τους προηγούμενους αισθητήρες να αντικαθίστανται με αισθητήρες εξωτερικής θερμοκρασίας. Τέλος, οι αισθητήρες θερμότητας πρέπει να είναι θερμικώς μονωμένοι από την θερμοκρασία της γάστρας/φρακτής, ενώ όλα τα είδη τους πρέπει να

προστατεύονται από το άμεσο ηλιακό φως. Συνεπώς, όπως στα συστήματα που αναφέρθηκαν στον DNV, έτσι και εδώ πιο ειδικά, όταν η θερμοκρασία υπερβεί τους 54°C ή παρατηρηθεί κάποια απότομη αύξηση της σε κατώτερες τιμές των 54°C, ηχητική και οπτική σήμανση ενεργοποιείται που δηλώνει την τοποθεσία του επηρεαζόμενου εμπορευματοκιβωτίου.

Συμπληρωματικά, προτείνονται και άλλοι μοντέρνοι τρόποι ανίχνευσης όπως η ανίχνευση μέσω οπτικών ινών, ανίχνευση θερμότητας, θερμική απεικόνιση, οπτική ανίχνευση για τον χώρο των αμπαριών, ενώ ανίχνευση φλόγας, θερμική απεικόνιση και οπτική ανίχνευση άνω του καταστρώματος. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι δεν αναλύονται διεξοδικά όπως το προηγούμενο σύστημα ανίχνευσης, αλλά πρέπει να σημαίνουν συναγερμό στις αντίστοιχες περιπτώσεις θερμοκρασίας, καθώς και να πληρούν γενικές προδιαγραφές που ορίζονται σε κεφάλαια των κανονισμών του νηογνώμονα.

4.3.3. ABS

Ο Αμερικάνικος Νηογνώμονας ABS (2022) περιορίζεται σε δύο συγκεκριμένου είδους λύσεις που θα μπορούσαν να παρομοιαστούν με κάποιες αναφερόμενες του DNV και παρουσιάζονται στην σημείωση FBC, του οδηγού «Guide for Fire-Fighting Systems for Cargo Areas of Container Carriers». Η μία λύση σχετίζεται με τη χρήση «σταθερού συστήματος παρακολούθησης θερμοκρασίας» (Fixed Temperature Monitoring System), όπου η θερμοκρασία θα ελέγχεται ανά οριζόντιο δοκάρι/ενίσχυση του κάθε αμπαριού. Πιο συγκεκριμένα, αναγνώριση της θερμοκρασίας θα προκύπτει σε τουλάχιστον ένα σημείο ή σε άμεση γειτνίαση με κάθε άλλου δοκαριού με ακρίβεια 1.4°C, όπου η έξοδος των αποτελεσμάτων θα πρέπει να στέλνεται στο μεμονωμένο σταθμό ελέγχου πυρκαγιάς. Σε περίπτωση ανίχνευσης κάποιας θερμικής μεταβολής, συναγερμός σημαίνει όταν η θερμοκρασία, το ποσοστό αύξησης αυτής ή η πυκνότητα του καπνού υπερβούν ένα συγκεκριμένο όριο, υποδεικνύοντας τον αριθμό του αμπαριού και την τοποθεσία του επηρεαζόμενου εμπορευματοκιβωτίου και τα χαρακτηριστικά του.

Στην επόμενη πρόταση προτείνεται η εγκατάσταση συστημάτων ανίχνευσης όπως ανίχνευσης μέσω laser, θερμικής απεικόνισης και οπτικής ανίχνευσης για τον χώρο των αμπαριών, όσον αφορά το «σύστημα παρακολούθησης καπνού και θερμότητας» (Smoke and Heat Detection and Monitoring System). Μερικές από τις βασικές δυνατότητες του συστήματος περιλαμβάνουν την συνεχή παρακολούθηση τόσο του καπνού, όσο και των αυξημένων επίπεδων θερμότητας σε διάφορα σημεία εντός των αμπαριών εμπορευματοκιβωτίων, συμπεριλαμβανομένων των υπερυψωμένων σημείων, των ανοικτών χώρων, των σημείων εισόδου/εξόδου άλλων συστημάτων (πχ. εξαερισμός, ανοίγματα πρόσβασης) και των χώρων με εξοπλισμό εμπορευματοκιβωτίων ψυγείων, καθώς και τον εντοπισμό του συγκεκριμένου αμπαριού και την παροχή πληροφοριών ύστερα από την ενεργοποίηση του συναγερμού. Η ενεργοποίηση του τελευταίου λαμβάνει χώρα όταν η θερμοκρασία, το ποσοστό αύξησης αυτής ή η πυκνότητα του καπνού υπερβούν ένα συγκεκριμένο όριο.

Τέλος, σημειώνεται πως από όλους τους νηογνώμονες προτείνεται η ύπαρξη μεμονωμένου σταθμού ελέγχου πυρκαγιάς εμπορευματοκιβωτίων (Container Fire Control Station) όπου θα παρέχεται ο ανάλογος εξοπλισμός και εργαλεία για χειροκίνητη ανίχνευση και πυρόσβεση, καθώς και οι πίνακες ελέγχου των συστημάτων αυτών.

4.3.4. Cargosafe

Όπως στο κεφάλαιο της πρόληψης έτσι και εδώ πέρα, η μελέτη Cargosafe διεξήγαγε δοκιμές και εργαστήρια, όπου αξιολόγησε τις τωρινές μεθόδους ανίχνευσης στο χώρο του φορτίου και πρότεινε είτε ριζικές λύσεις νέων τεχνολογιών είτε αναβάθμιση των συμβατικών συστημάτων.

Βελτιστοποίηση συστήματος ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος

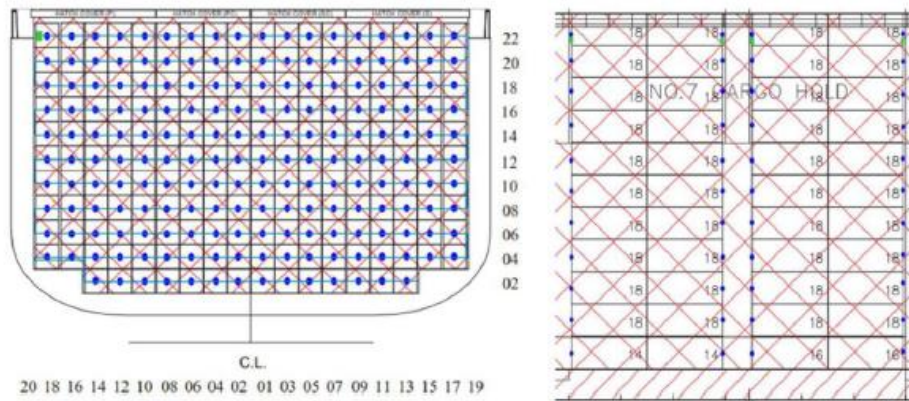
Με στόχο την μείωση του χρόνου ανίχνευσης οι λύσεις που προτείνονται είναι σχεδιαστικές και αφορούν το σύστημα ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος στον χώρο των αμπαριών.

Μέχρι στιγμής, σημεία δειγματοληψίας (συσσωρευτές καπνού) τοποθετούνται στην κορυφή του αμπαριού, που είναι λίγα σε αριθμό, αλλά και ακατάλληλα τοποθετημένα, με αποτέλεσμα καπνός ή ίχνος αυτού από τα κατώτερα στρώματα/ tiers εμπορευματοκιβωτίων να καταφθάνει αργά και τελικά στα σημεία αυτά ο συναγερμός να ενεργοποιείται με καθυστέρηση ή να μην ενεργοποιείται καθόλου λόγω της αραιής ποσότητάς της δειγματοληψίας. Με αυτόν τον τρόπο, και ύστερα από υπολογισμούς CFD, προτείνεται εγκατάσταση περισσότερων δειγματοληπτικών σημείων που να τοποθετούνται με συγκεκριμένο τρόπο σε σχέση με την διάταξη του εξαερισμού κάθε εμπορευματοκιβωτίου, τα οποία θα μπορούν να εκτείνονται και σε κορυφές κατώτερων στοιβών του αμπαριού.

Λύση δίνεται και για τον χρόνο μεταφοράς του καπνού από το δειγματοληπτικό σημείο μέχρι μονάδα ανίχνευσης, που σύμφωνα με τις προδιαγραφές του FSS δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 300 sec, όριο που επί του παρόντος μπορεί να ξεπεραστεί. Οπότε, για νέα πλοία ή μετασκευές σε παλαιότερα, συνιστάται η αντικατάσταση των δειγματοληπτικών σημείων (και άρα του συστήματος ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος) με σημειακούς ανιχνευτές που θα εντοπίζουν αμέσως και χωρίς επιπλέον χρόνο διαδρομής την ύπαρξη καπνού.

Παρακολούθηση της θερμοκρασίας των τοιχωμάτων των ε/κ

Νέα τεχνολογία συστήματος ανίχνευσης, που αποτελεί περαιτέρω ανάλυση αυτών που έχουν συζητηθεί παραπάνω στους νηογνώμονες, είναι η γραμμική ανίχνευση η οποία μέσω διατάξεων καλωδίων μπορεί να διακρίνει θερμική μεταβολή στην κατασκευή του εμπορευματοκιβωτίου. Τα καλώδια φέρουν αισθητήρες που τοποθετούνται στο κέντρο της πόρτας κάθε εμπορευματοκιβωτίου (εικόνα 18) και μέσω ηλεκτρικού σήματος έχουν την ικανότητα να μεταφέρουν άμεσα την έξοδο της δειγματοληψίας της θερμοκρασίας σε ειδικό πάνελ, ανά 5 sec. Εύκολη είναι η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων κάτω του καταστρώματος, αφού οι διατάξεις μπορούν να στερεωθούν στους οδηγούς που διαθέτει το κάθε αμπάρι, ενώ μη εφικτή άνω του καταστρώματος, καθώς οι οδηγοί δεν εκτείνονται καθ' όλο το ύψος των στοιβών από εμπορευματοκιβώτια.



Εικόνα 18: Διάταξη αισθητήρων της Γραμμικής Ανίχνευσης κατά το εγκάρσιο και διάμηκες επίπεδο (EMSA, 2023)



Εικόνα 19: Διάταξη αισθητήρων της Γραμμικής Ανίχνευσης σε 3d μορφή³⁵

Σταθερές θερμικές κάμερες

Ως τρόπος ανίχνευσης στο κατάστρωμα και μείωσης του ρόλου της ανθρώπινης παρακολούθησης, που πολλές φορές δεν αποτελεί αποδοτική και αξιόπιστη μέθοδο, προτείνεται η χρήση σταθερών καμερών θερμικής απεικόνισης, ή αλλιώς θερμικές κάμερες³⁶. Μπορούν να έχουν φάσμα θερμοκρασίας από -20°C έως 200°C και εμβέλεια μέχρι 585 m, ενώ η έξοδος/ πάνελ τους φιλοξενείται στην γέφυρα ή σε κάποια άλλη μεμονωμένη κονσόλα. Για τις ανάγκες ακρίβειας σάρωσης όλου του χώρου φορτίου, προτείνεται εγκατάσταση τουλάχιστον 6 θερμικών καμερών.

Ανίχνευση καπνού μέσω βίντεο CCTV και AI

Υπό συζήτηση είναι και η εγκατάσταση συστήματος ανίχνευσης καπνού μέσω βίντεο στο χώρο φορτίου του καταστρώματος. Κυρίαρχος ρόλος του συστήματος είναι η ανίχνευση του καπνού μέσω κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης CCTV, το λογισμικό του οποίου είναι εκπαιδευμένο μέσω τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence – AI) να εντοπίζει

³⁵ https://www.radicos.com/_applications/twin-shiphold-monitoring.html

³⁶ IR cameras - Infrared cameras

φαινόμενα καπνού ή φλόγας φωτιάς και έπειτα να ενεργοποιεί σήματα συναγερμού. Η προβλεπόμενη χρήση του για τον σκοπό της ανίχνευσης φωτιάς στα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων θα είναι πρωτοποριακή και περαιτέρω δοκιμές και περιορισμοί χρειάζονται για την βέλτιστη απόδοσή του. Ύστερα από πρωταρχικές προσομοιώσεις που εξελίχθηκαν μέσω του εργαστήριου Cargosafe, αποδείχθηκε πως το σύστημα είναι αναξίοπисто σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Ειδικότερα, τέτοιες περιπτώσεις είναι οι ισχυροί άνεμοι και οι έντονες μετατοπίσεις του πλοίου, που συνεπάγονται την αραιώση του καπνού της φωτιάς, και άρα, την μη ικανή σάρωση του από την συσκευή παρακολούθησης.

Φορητές θερμικές κάμερες

Παρόμοια τεχνολογία με αυτή των σταθερών θερμικών καμερών είναι η προτεινόμενη χρήση των αντίστοιχων φορητών από το πλήρωμα κατά τη διάρκεια των περιπολιών. Πέρα από την ευελιξία και φορητότητα που προσφέρουν αυτές οι συσκευές, παρέχουν διαδραστικότητα στον χρήστη, αφού αποτυπώνουν ξεκάθαρα την ακτινοβολία που εκπέμπουν τα φορτία εντός των εμπορευματοκιβωτίων ύστερα από την -εκτός του εμπορευματοκιβωτίου- σάρωσή τους από τη συσκευή. Έτσι, σε περίπτωση αυτοθέρμανσης κάποιου φορτίου ή αύξησης της θερμοκρασίας του, η γεωμετρία του στην συσκευή απεικονίζεται περισσότερο κόκκινη σε σχέση με το υπόλοιπο περιβάλλον και τελικά ο χειριστής να ενημερώσει το υπόλοιπο πλήρωμα για εκκίνηση της διαδικασίας της κατάσβεσης. Ωστόσο, η χρήση των συγκεκριμένων καμερών δεν καθίσταται πάντοτε αποτελεσματική, αφού το πλήρωμα δεν έχει τη δυνατότητα να προσπελάσει όλα τα εμπορευματοκιβώτια είτε λόγω συνθηκών είτε λόγω προσβασιμότητας.



Πίνακας 11: Παράδειγμα Φορητής Θερμικής Κάμερας³⁷

³⁷ <https://www.flir.eu/browse/industrial/handheld-thermal-cameras/>

Κεφάλαιο 5: Κατάσβεση Πυρκαγιάς

Τρίτο και τελευταίο στάδιο της πυρασφάλειας στα πλοία μεταφοράς ε/κ αποτελεί η κατάσβεση της φωτιάς. Σαφέστερα, κύριος στόχος της διαδικασίας είναι πρώτα να περιορίσει και μετριάσει τη περαιτέρω διάδοση της πυρκαγιάς και τελικά να την εξαλείψει ολοκληρωτικά, ύστερα από την ανίχνευσή της στον χώρο του φορτίου. Επομένως, άμεσα μέτρα ενεργητικής προστασίας που πρέπει να ληφθούν περιλαμβάνουν την πυρόσβεση του επηρεαζόμενου σημείου, είτε αυτοματοποιημένα με μόνιμα συστήματα που είναι εγκατεστημένα στην κατασκευή του πλοίου, είτε με ανθρώπινη παρέμβαση μέσω χειρισμού φορητών ή σταθερών συστημάτων από το πλήρωμα.

Εντούτοις, διατρέχοντας στο σύνολο των ατυχημάτων που έχουν συμβεί τελευταία φαίνεται ότι ο στόχος της αποτελεσματικής κατάσβεσης δεν επιτυγχάνεται πάντα. Πολλά ατυχήματα έχουν δείξει πως η πυρκαγιά όχι μόνο δεν περιορίζεται, αλλά και κάποιες φορές φουντώνει, με ακραίες περιπτώσεις μέχρι και ολοκληρωτικής καταστροφής όλο του φορτίου. Για αυτό τον λόγο, διερευνώνται τα αίτια και οι παράμετροι που οδηγούν στην αποτυχία της διαδικασίας μέσα από τα σφάλματα που εντοπίζονται κατά την εκτέλεση της, ώστε να αναζητηθούν οι αρμόδιες λύσεις που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην αντιμετώπιση του φαινομένου.

5.1. Κανονιστικό Πλαίσιο

Σύμφωνα με τη σύμβαση SOLAS, στόχος της κατάσβεσης είναι να περιορίζεται και να καταστέλλεται η πυρκαγιά στο σημείο έναρξής της μέσω μόνιμων εγκατεστημένων συστημάτων, ανθεκτικών σε κλιμακούμενη ανάπτυξη της φωτιάς, και μέσω ανάλογου πυροσβεστικού εξοπλισμού που θα είναι άμεσα διαθέσιμος προς χρήση. Στην ειδική περίπτωση πλοίων μεταφοράς ε/κ που έχουν κατασκευαστεί από τον 01/2016 και ύστερα και πλέουν με ανοιχτά αμπάρια ή με εμπορευματοκιβώτια στοιβαγμένα στην περιοχή του καταστρώματος, ο σκοπός της κατάσβεσης αρκείται στον περιορισμό της πυρκαγιάς στο σημείο έναρξής της και στην αποφυγή μετάδοσής της σε γειτονικούς χώρους ή γύρω εμπορευματοκιβώτια, μέσω περιφερειακής ψύξης. Συνεπώς, για την επίτευξη των ανωτέρω στόχων καταρχάς επιβάλλεται ανεξαιρέτως η εγκατάσταση πυροσβεστικών μανικών, ενώ επιπρόσθετα συστήματα κατάσβεσης που πρέπει να φέρει ένα πλοίο μεταφοράς ε/κ στον χώρο φορτίου κατά περιπτώσεις είναι:

1. για πλοία που μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία,
 - το μόνιμο σύστημα κατάσβεσης CO₂ (fixed CO₂ fire-extinguishing system) ή οποιοδήποτε άλλο συμβατό με τους κανονισμούς της αρμόδιας αρχής, για χωρητικότητα πλοίων πάνω από 2000 GT,
 - επιπρόσθετος αριθμός φορητών πυροσβεστών CO₂ και ειδικότερα,
2. για τα πλοία που έχουν κατασκευαστεί από τον 01/2016 και ύστερα,
 - το μόνιμο σύστημα διαβροχής νερού (fixed water spray system), στην περίπτωση πλοίων σχεδιασμένων να πλέουν με ανοιχτά αμπάρια,
 - μία τουλάχιστον λόγχη υδρονέφωσης (water mist lance)

- δύο ή τέσσερα τουλάχιστον κινητά κανόνια πυρόσβεσης (mobile water monitors) για πλοία με 5 tiers εμπορευματοκιβωτίων και άνω, κάτωθεν και άνωθεν του καταστρώματος, και με πλάτος μικρότερο ή μεγαλύτερο των 30 m, αντίστοιχα.

Συμπεραίνοντας, φαίνονται πως η κατηγοριοποίηση της κατάσβεσης μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, με κριτήριο το μέσο πυρόσβεσης και με κριτήριο την φορητότητα του εξοπλισμού. Τα προαναφερόμενα συστήματα που θα αναλυθούν στη συνέχεια, μπορούν να εφαρμοστούν άνωθεν ή/και κάτωθεν του καταστρώματος για την περιφερειακή (ή εσωτερική) ψύξη εμπορευματοκιβωτίων, ομάδων αυτών ή και ολόκληρου του αμπαριού. Τέλος, σημειώνεται ότι απαραίτητη είναι η άμεση ανθρώπινη παρέμβαση στον χώρο του φορτίου και εκεί που ο χειρισμός του εξοπλισμού είναι φορητός, ενώ η απομακρυσμένη, όταν ενεργοποιούνται τα μόνιμα συστήματα κατάσβεσης.

Σε αντιστοίχιση με το κεφάλαιο της ανίχνευσης, υπενθυμίζεται πως οι κανονισμοί που ορίζονται για τα συστήματα κατάσβεσης λαμβάνονται από τον κώδικα FSS, ο οποίος εφαρμόζει τις βασικές προδιαγραφές της σύμβασης SOLAS στον τομέα της πυρασφάλειας.

5.1.1. Κατάσβεση μέσω CO₂

Μόνιμο Σύστημα Κατάσβεσης CO₂

Το Μόνιμο Σύστημα Κατάσβεσης CO₂ (Fixed CO₂ Fire-Extinguishing System) χρησιμοποιείται για την κατάσβεση φωτιάς, αναπτυσσόμενης στον χώρο των αμπαριών. Ειδικότερα, στα πλοία μεταφοράς ε/κ το συγκεκριμένο σύστημα είναι συνδεδεμένο με το σύστημα ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος, με το οποίο μοιράζονται κοινά εξαρτήματα.

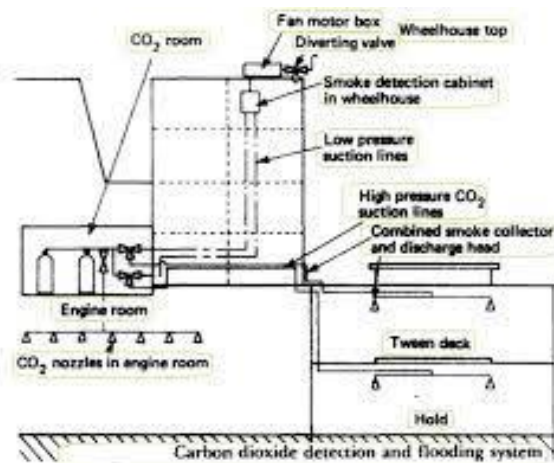
Με μια σύντομη ανασκόπηση στην αρχή λειτουργίας του προειρημένου συστήματος ανίχνευσης, συσσωρευτές καπνού εγκατεστημένοι στο ψηλότερο μέρος του αμπαριού(στο ύψος του καταστρώματος) συλλέγουν το δείγμα (καπνός ή αέρας), το οποίο μέσω των δειγματοληπτικών σωλήνων φτάνει στον χώρο του σταθμού πυρκαγιάς (Fire Station) ή στο χώρο CO₂ (CO₂ Room) και περνάει από τις βαλβίδες τριών κατευθύνσεων. Στη συνέχεια, εισέρχεται στο πάνελ ελέγχου, όπου ανιχνευτές καπνού είναι εγκατεστημένοι για τον έλεγχο του δείγματος. Στην περίπτωση εντοπισμού καπνού στη δειγματοληψία, ενεργοποιείται αυτόματα ο συναγερμός που υποδεικνύει το επηρεαζόμενο αμπάρι. Στο σημείο αυτό ας σημειωθεί πως η δειγματοληψία και ο ανάλογος εξοπλισμός στον οποίο εισέρχεται ο καπνός ή αέρας είναι ξεχωριστός για κάθε αμπάρι.

Ανατρέχοντας τώρα στο υπό μελέτη ζήτημα αυτής της ενότητας, την καταπολέμηση της πυρκαγιάς, οι χειριστές πρέπει να αποφανθούν με ποια μέθοδο θα την αντιμετωπίσουν. Στην περίπτωση επιχείρησης μέσω του μόνιμου συστήματος κατάσβεσης CO₂ η διαδικασία διεκπεραιώνεται όπως περιγράφεται παρακάτω.

Πρώτα από όλα, το πλήρωμα οφείλει να ανοίξει δύο βαλβίδες: την κεντρική βαλβίδα απομόνωσης CO₂, η οποία ενεργοποιεί τον συναγερμό εκκένωσης του προς πυρόσβεση χώρου, αλλά και αυτόματα επιβάλλει κλείσιμο των ανοιγμάτων του προστατευόμενου χώρου³⁸ και έπειτα, την βαλβίδα τριών κατευθύνσεων. Το άνοιγμα των βαλβίδων αυτών επιτρέπει σε πρώτο χρόνο την ελεύθερη ροή του CO₂ από το κεντρικό δίκτυο πυρόσβεσης

³⁸ Ανοίγματα, πόρτες και εξαερισμοί θα πρέπει να κλείνουν την ώρα που πρόκειται να απελευθερωθεί το CO₂ ώστε να μην διαρρεύσει εκτός του αμπαριού ή παγώσει λόγω του εισερχόμενου ατμοσφαιρικού αέρα

(κεντρική βαλβίδα απομόνωσης CO₂) και ύστερα, την κατεύθυνση του στο αμπάρι που εξελίσσεται η φωτιά (βαλβίδα τριών κατευθύνσεων). Τελευταίο βήμα του προσωπικού είναι η χειροκίνητη εκκίνηση των απαιτούμενων -σε αριθμό- φιαλών, ώστε το CO₂ να περάσει από το δίκτυο που μόλις αναφέρθηκε, και εντέλει, διατρέχοντας τους δειγματοληπτικούς σωλήνες, να απελευθερωθεί στο αμπάρι μέσω των συσσωρευτούν καπνού. Με λίγα λόγια, δηλαδή, το δίκτυο πυρόσβεσης και δειγματοληψίας του καπνού είναι το ίδιο και οι συσσωρευτές καπνού έχουν τον ρόλο των ακροφυσίων/εκτοξευτών CO₂ κατά τη διάρκεια της πυρόσβεσης.



Εικόνα 20: Layout Μόνιμου Συστήματος Πυρόσβεσης ...³⁹

Έχοντας κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος κατάσβεσης CO₂, αναλυτική περιγραφή ακολουθεί, στη συνέχεια, για τις απαιτήσεις και κανονισμούς που ορίζει ο κώδικας FSS.

Όσον αφορά τη διάταξη του εξοπλισμού, από το πλήρωμα θα πρέπει να είναι διακριτά τα επόμενα:

- Η ένδειξη στους σωλήνες για τον προστατευόμενο χώρο στον οποίο κατευθύνονται, καθώς και για τα απαραίτητα μέσα ασφαλείας και παρεμπόδισης αθέμιτης απελευθέρωσης CO₂
- Η προειδοποίησή του πως επικείμενη εκκίνηση του πυροσβεστικού μηχανισμού πρόκειται να λάβει μέρος από μέσα οπτικής και ακουστικής σήμανσης σε χώρους που το προσωπικό έχει πρόσβαση
- Τα μέσα ελέγχου κάθε τέτοιου συστήματος να είναι άμεσα διαθέσιμα και ορατά, εύχρηστα στην λειτουργία τους και όσο το δυνατόν ομαδοποιημένα σε θέσεις όπου η φωτιά δεν παρεμποδίζει την λειτουργία τους.

Σχετικά με το μέσο πυρόσβεσης CO₂, προδιαγραφές τεσσάρων διαφορετικών παραμέτρων καθορίζουν την ορθή αποθήκευση του CO₂ και εύρυθμη λειτουργία απελευθέρωσής του κατά την αντιμετώπιση της φωτιάς.

▪ Ποσότητα

Ως ελάχιστη μεταφερόμενη ποσότητα θεωρείται αυτή που θα μπορούσε να καλύψει το 30% του όγκου του μεγαλύτερου χώρου φορτίου (αμπαριού) στο πλοίο. Μερικά, ακόμα, σημαντικά στοιχεία είναι ο ειδικός όγκος του εξερχόμενου CO₂ να είναι 0.56 m³/kg, ενώ

³⁹ <http://generalcargoship.com/fire-protection-system-cargo-holds.html>

η διάταξη των σωληνώσεων του συστήματος να είναι τέτοια, ώστε μέσα σε δέκα λεπτά τα δύο τρίτα του αερίου να έχουν απελευθερωθεί.

▪ Συστήματα Ελέγχου

Για την απελευθέρωση του CO₂, δύο διαφορετικές «δικλείδες» ελέγχουν τη ροή του μέσω του πυροσβεστικού δικτύου. Αυτές αφορούν το άνοιγμα δύο βαλβίδων, με την πρώτη να επιτρέπει το πέρασμα του αερίου στον επηρεαζόμενο χώρο και την δεύτερη την απελευθέρωσή του από τις φιάλες αποθήκευσης. Οι δύο αυτές βαλβίδες πρέπει να τοποθετούνται μαζί σε έναν πίνακα.

▪ Δοκιμές Εγκατάστασης

Έπειτα από την εγκατάσταση, δοκιμή υπό πίεση και επιθεώρηση του συστήματος, δοκιμή της ελεύθερης ροής του αέρα σε όλους τους σωλήνες και τα ακροφύσια και δοκιμή λειτουργίας του εξοπλισμού συναγερμού, πρέπει να διεκπεραιώνονται.

▪ Συστήματα Χαμηλής Πίεσης CO₂

Αρχικά, όλες οι συσκευές ελέγχου του συστήματος και οι ψυκτικές εγκαταστάσεις πρέπει να βρίσκονται στον ίδιο χώρο όπου αποθηκεύονται τα δοχεία πίεσης (φιάλες CO₂). Σχετικά με τις θερμοκρασιακές συνθήκες εντός του χώρου αυτού, διατήρηση της απαιτούμενης θερμοκρασίας επιτυγχάνεται μέσω της ανάλογης ψυκτικής ικανότητας και του αυτόματου ελέγχου κάθε μονάδας, καθώς και της θερμικής μόνωσης που πρέπει να παρέχεται στις φιάλες και στους σωλήνες που εισέρχεται το CO₂. Παράλληλα, η πίεση φύλαξης του CO₂ να κυμαίνεται στα 1.8 N/mm² με 2.2 N/mm², ενώ σε αέρια κατάσταση άνω του 5% της ογκομετρικής χωρητικότητας της φιάλης μπορεί να παραμένει το CO₂. Επίσης, ηχητικός και οπτικός συναγερμός να ενεργοποιείται στον κεντρικό σταθμό ελέγχου σε περίπτωση που η πίεση εντός των φιαλών φθάσει τις οριακές τιμές, οποιαδήποτε από τις ψυκτικές μονάδες αδυνατεί να λειτουργήσει ή η στάθμη του υγρού CO₂ στα δοχεία αποθήκευσης φτάσει στα κατώτατα όρια. Τέλος, μέσα ελέγχου των ποσοτήτων απελευθέρωσης του CO₂, πρέπει να προβλέπονται εάν το σύστημα εξυπηρετεί περισσότερους από έναν χώρους και δυνατότητα για χειροκίνητη ρύθμιση της απελευθέρωσης του CO₂ να υπάρχει, όταν η διάταξη του επιτρέπει την αυτόματη απελευθέρωσή του.

Κατάσβεση μέσω Φορητών Πυροσβεστήρων CO₂

Ας σημειωθεί, ακόμη, πως πυρόσβεση μέσω CO₂ μπορεί να επιτευχθεί μέσω φορητών πυροσβεστήρων στους χώρους του αμπαριού και του καταστρώματος και κυρίως εσωτερικά των εμπορευματοκιβωτίων. Οι φιάλες τους να είναι τοποθετημένες με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι σε άμεση πρόσβαση από το πλήρωμα και στο οπτικό τους πεδίο. Σχετικά με την ποσότητα τους, να απαριθμούνται σε τέτοιο αριθμό, ο οποίος να είναι ικανοποιητικός να παρέχει 23 kg CO₂ στο σύνολο, ενώ ακόμα διευκρινίζεται πως για τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων συμπληρωματικοί πυροσβεστήρες πρέπει να υπάρχουν, με συνολική χωρητικότητα σε CO₂ τουλάχιστον 12 kg. [SOLAS, §3.7], [Κώδικας FSS, §4]



Εικόνα 21: Πυροσβεστήρας τύπου CO₂⁴⁰

5.1.2. Κατάσβεση μέσω νερού

Πυροσβεστικό Δίκτυο

Βασική για την λειτουργία και παροχή νερού στα ακόλουθα συστήματα είναι η διάταξη του πυροσβεστικού δικτύου (Fire Main), που απαρτίζεται από sea inlets, σωληνώσεις αναρρόφησης, πυροσβεστικές αντλίες και το κατανεμημένο σύστημα σωληνώσεων που τροφοδοτεί τους πυροσβεστικούς κρουνοί και τις πυροσβεστικές μάνικες⁴¹. Με αυτό τον τρόπο, κατά την περίπτωση της φωτιάς, θαλασσινό νερό εισέρχεται από τα inlets, διαπερνάει τις σωληνώσεις και καταλήγει στον επιθυμητό σταθμό ρίψης νερού (κρουνός ή μάνικα). Βασικές προδιαγραφές που ορίζονται για την βέλτιστη απόδοσή του, αφορούν τις επόμενες παραμέτρους.

- Παροχή νερού
Άμεση παροχή νερού από το κύριο σύστημα πυρόσβεσης να υπάρχει σε κατάλληλη πίεση, με εκκίνηση μιας από τις κύριες πυροσβεστικές αντλίες είτε από τη γέφυρα και το σταθμό ελέγχου πυρκαγιάς, εάν υπάρχει, είτε από το μηχανοστάσιο με μόνιμη συμπίεση του κύριου συστήματος πυρόσβεσης, με ειδικές εξαιρέσεις για πλοία χωρητικότητας μικρότερης των 1600 GT.
- Συντήρηση πίεσης
Βαλβίδες ανακούφισης να τοποθετούνται σε κατάλληλα σημεία των αντλιών, ώστε να περιορίζουν την υπέρβαση του ανώτατου ορίου πίεσης του νερού στις σωληνώσεις, τους κρουνοί και τις μάνικες.
- Πυροσβεστικοί Κρουνοί
Καταρχάς όσον αφορά την κατανομή των πυροσβεστικών κρουνών (fire hydrants) και των σωληνώσεων τροφοδότησης του δικτύου, να εγκαθίστανται δίπλα στους προστατευόμενους χώρους φορτίου, με σκοπό να είναι άμεσα προσβάσιμοι για την σύνδεση των μανικών, και παράλληλα, για τον χώρο των αμπαριών να τοποθετούνται σε σημεία που δεν μπορεί να προκληθεί ζημιά σε αυτά από το φορτίο.
Επιπρόσθετα, ο αριθμός και η θέση των πυροσβεστικών κρουνών να καθορίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε τουλάχιστον δύο πίδακες νερού, που δεν προέρχονται από τον ίδιο

⁴⁰ <https://surreyfire.co.uk/co2-fire-extinguishers/>

⁴¹ <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/fire-main>

κρουνό, να είναι ικανές να φτάσουν σε οποιοδήποτε σημείο του πλοίου, και η μία από αυτές να εκτοξεύεται/ αντλείται από μία και μόνο μάνικα.

Τέλος, για ταυτόχρονη λειτουργία δύο αντλιών, η ελάχιστη ενδεικνύμενη πίεση από τους κρουνούς να είναι 0.27 N/mm^2 για πλοία χωρητικότητας 6000 GT και άνω ή 0.25 N/mm^2 για μικρότερα, ενώ η μέγιστή πίεση από αυτούς να μην υπερβαίνει την πίεση σχεδίασης μέχρι την οποία μπορούν να δρουν αποδοτικά οι μάνικες.



Εικόνα 22: Πυροσβεστικός Κρουός

▪ Πυροσβεστικές Αντλίες

Οι πυροσβεστικές αντλίες (fire pumps) πρέπει να απαριθμούνται σε τουλάχιστον δύο, οι οποίες να είναι ηλεκτροκίνητες στην περίπτωση που το πλοίο έχει χωρητικότητα λιγότερο από 1000 GT. Επίσης, αν το πλοίο κάνει χρήση και άλλων αντλιών, τουλάχιστον μία από αυτές να μπορεί να εξυπηρετήσει το πυροσβεστικό δίκτυο, με την προϋπόθεση ότι έχει την καθορισμένη πίεση και χωρητικότητα που προδιαγράφεται.

Σχετικά με τη συνολική χωρητικότητα των αντλιών, οι εγκατεστημένες πυροσβεστικές αντλίες να έχουν την ικανότητα να απορρίπτουν ποσότητα νερού τουλάχιστον τα τέσσερα τρίτα της ποσότητας που δίνουν οι αντλίες bilge σε επιβατηγό πλοίο των ίδιων διαστάσεων, υπό την προϋπόθεση ότι η συνολική απαιτούμενη χωρητικότητα των αντλιών δεν χρειάζεται να υπερβαίνει τα $180 \text{ m}^3/\text{hr}$ στα υπό μελέτη πλοία. Μεμονωμένα, κάθε κύρια πυροσβεστική αντλία πρέπει να έχει χωρητικότητα τουλάχιστον 80% της συνολικής απαιτούμενης χωρητικότητας διαιρούμενη με τον ελάχιστο αριθμό απαιτούμενων πυροσβεστικών αντλιών, αλλά όχι μικρότερη από $25 \text{ m}^3/\text{hr}$ με εκτόξευση νερού τουλάχιστον με δύο πίδακες.



Εικόνα 23: Πυροσβεστική Αντλία⁴²

Πυροσβεστικές Μάνικες και Ακροφύσια

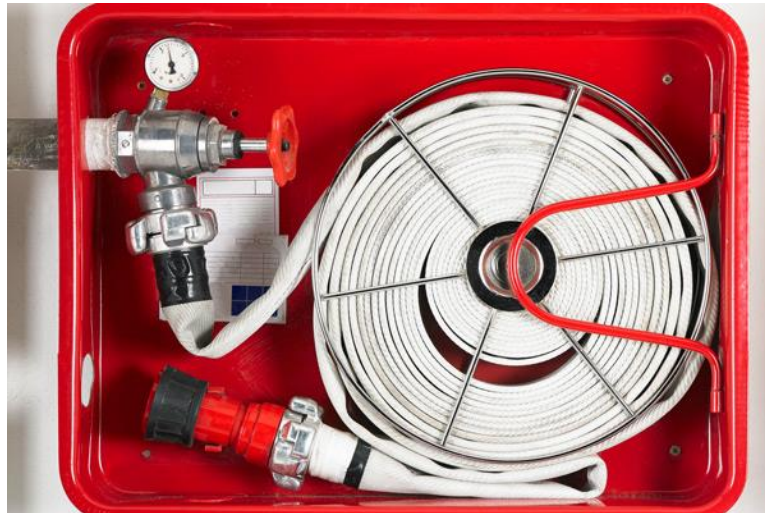
Συμβατικός τρόπος πυρόσβεσης είναι η απελευθέρωση νερού μέσω των πυροσβεστικών μανικών (Fire Hoses). Αυτές μπορούν να συνδέονται στους κρουνοί ή σε «σταθμούς» του πυροσβεστικού δικτύου και να απορρίπτουν νερό άνωθεν και κάτωθεν του καταστρώματος μέσω συνδεδεμένων ακροφυσίων στην άκρη τους, για αυτό και ο ανάλογος εξοπλισμός τους πρέπει να είναι δίπλα σε αυτά. Μερικές από τις απαιτήσεις που ορίζονται για αυτές ακολουθούν στη συνέχεια.

Καταρχάς σχετικά με την εμβέλεια που καλύπτουν, μία μάνικα(και την ανταλλακτική της) να αντιστοιχεί σε κάθε 30 m μήκους του πλοίου, ενώ συγχρόνως να απαριθμούνται πέντε κατ' ελάχιστον μάνικες επί του πλοίου, ώστε τελικά το μέγεθος τους να είναι αρκετό να καλύψει αποδοτικά τον χώρο που εγκαθίστανται. Όταν μεταφέρονται επικίνδυνα φορτία, τρεις επιπλέον μάνικες και ακροφύσια πρέπει να εγκαθίστανται στο πλοίο. Εν αντιθέσει, για πλοία χωρητικότητας κάτω των 1000 GT, η ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα των μανικών να είναι τρεις. Το εύρος του μήκους κάθε μάνικας να κυμαίνεται από 10 m έως 20 m ή 25 m, αναλόγως τους χώρους που χρησιμοποιούνται.

Οι πυροσβεστικές μάνικες, ακόμα, πρέπει να συνοδεύονται με τα ανάλογα ακροφύσια και εξαρτήματα σύνδεσης τους, ενώ στην περίπτωση που μία μάνικα και ένα ακροφύσιο δεν αντιστοιχούν σε κάθε κrunό, εναλλαξιμότητα στα εξαρτήματα σύνδεσης τους πρέπει να υπάρχει.

Αναφορικά με τα ακροφύσια, είναι τα εξαρτήματα που ρυθμίζουν τον τρόπο ρίψης της ροής νερού από την μάνικα, για παράδειγμα σε μορφή ψεκασμού και πίδακα νερού. Κυμαίνονται σε τυποποιημένες διαμέτρους 12, 16 και 19 mm, ενώ η επιλογή αυτών να γίνεται με κριτήριο την μέγιστη απελευθέρωση νερού που μπορεί να επιτευχθεί από δύο πίδακες νερού, οι οποίες αντλούνται από την μικρότερη αντλία στην ενδεικνύμενη πίεση.

⁴² <https://www.shipsspareparts.gr/product/72/ships-fire-pumps>



Εικόνα 24: Αποθήκευση Πυροσβεστικής Μάνικας και Ακροφυσίου⁴³

Φορητά Κανόνια Πυρόσβεσης

Τα Φορητά Κανόνια Πυρόσβεσης (Mobile Water Monitors) είναι συσκευές απελευθέρωσης νερού που χρησιμοποιούνται για την πυρόσβεση των εμπορευματοκιβωτίων επί του καταστρώματος. Αναγκαίοι για την τροφοδότησή τους με νερό είναι ανάλογοι σύνδεσμοι που επιτρέπουν τη σύνδεσή με τους πυροσβεστικούς κρουνοί του πλοίου μέσω των πυροσβεστικών μανικών στην απαραίτητη πίεση σχεδίασης. Ελάχιστες προδιαγραφές που ορίζονται σχετικά με την σχεδίαση τους είναι οι εξής:

- η ελάχιστη χωρητικότητά τους να ανέρχεται στα 60 m³/h,
- η περιστροφή του ακροφυσίου εκροής να επιτρέπει την εκτόξευση του νερού, τόσο στο οριζόντιο, όσο και στο κατακόρυφο επίπεδο, ενώ βρίσκονται σε συνεχή λειτουργία. Πιο συγκεκριμένα, το εύρος της κατακόρυφης περιστροφής τους πρέπει να κυμαίνεται από 0° έως 90°, ενώ η εμβέλεια ρίψης τους σε οριζόντιο επίπεδο να ανέρχεται τουλάχιστον στα 40 m με πίεση εισόδου 0,4 N/mm², όταν με εκροή σε οριζόντια κλίση 30° έως 35°.
- Η συναρμολόγησή τους να μπορεί να επιτευχθεί από ένα άτομο, ενώ κατά την λειτουργία να μην είναι απαραίτητη η επιτήρηση της.
- Όταν τα κανόνια πυρόσβεσης ξεπερνάνε τα 23 kg σε βάρος, να εξοπλίζονται με τροχούς.

⁴³ <https://pyrosvesi-trapkou.gr/more.php?l=el>



Εικόνα 25: Portable Water Monitor σε λειτουργία⁴⁴

Τα κινητά μόνιτορ νερού, οι μάνικες και λοιπά εξαρτήματα σύνδεσης και στερέωσης των πρώτων πρέπει να αποθηκεύονται εξωτερικά του χώρου φορτίου, ώστε να διασφαλίζεται η άμεση χρήση τους και η αποφυγή διακοπή τους σε περίπτωση πυρκαγιάς στους χώρους φορτίου.

Τα κινητά μόνιτορ νερού να μπορούν να τροφοδοτούνται από το πυροσβεστικό δίκτυο, με την προϋπόθεση ότι η χωρητικότητα των πυροσβεστικών αντλιών και η διάμετρος του πυροσβεστικού δικτύου είναι επαρκείς για την ταυτόχρονη λειτουργία των κινητών μόνιτορ νερού και δύο πιδάκων νερού από τις πυροσβεστικές μάνικες στις απαιτούμενες τιμές πίεσης.

Συνεπώς, σε περίπτωση χρήσης κινητών μόνιτορ νερού, οι κρουνοί να κατανέμονται με τέτοιο τρόπο στο χώρο του πλοίου ώστε:

- Η ταυτόχρονη λειτουργία όλων των κινητών μόνιτορ νερού να μπορεί να καλύψει το πίσω και μπροστινό μέρος κάθε bay.
- Η καθορισμένη πίεση να υπάρχει για δύο πίδακες νερού που εκτοξεύονται συγχρόνως, σύμφωνα με την κατανομή των κρουνών που έχει αναφερθεί πιο πάνω.
- Καθένα από τα κινητά μόνιτορ νερού να αντλεί νερό από διαφορετικούς κρουνοί ώστε με την κατάλληλη πίεση να είναι εφικτή η ρίψη στην κορυφή των tiers.

Αρχική επιθεώρηση να διεξάγεται από την αρμόδια αρχή, με σκοπό την λειτουργική απόδοση των κινητών μόνιτορ νερού, διασφαλίζοντας, κατά την διάρκεια της λειτουργίας, την επαρκή στερέωσή τους στο πλοίο και παράλληλα την επίτευξη εκτόξευσης του νερού στο ανώτερο ύψος των εμπορευματοκιβωτίων, με ταυτόχρονη ρίψη όλων των απαιτούμενων μόνιτορ νερού και πιδάκων νερού από τις αντίστοιχες μάνικες.

Σε περίπτωση μεταφοράς επικίνδυνων εμπορευμάτων

Η χωρητικότητα των πυροσβεστικών αντλιών και η διάμετρος του πυροσβεστικού δικτύου πρέπει επίσης να συμμορφώνονται με τον κανονισμό 19.3.1.5 (SOLAS, 2020), εφόσον ισχύει για τους χώρους φορτίου επί του καταστρώματος. Σύμφωνα με αυτόν, η χωρητικότητα συνίσταται να λαμβάνεται για τον μεγαλύτερο καθορισμένο χώρο φορτίου, δεδομένου ότι η ποσότητα του νερού είναι ικανή να τροφοδοτήσει τέσσερα ακροφύσια, οποιουδήποτε μέσου

⁴⁴ <https://www.rosenbauer.com/en/int/rosenbauer-world/products/fire-fighting-systems/nozzles-and-monitors/rb-6>

(πχ. μάνικες, κανόνια), που μπορούν να εξυπηρετήσουν οποιοδήποτε μέρος του χώρου, όταν αυτός είναι άδειος. Τέλος, σε περίπτωση ύπαρξης πυροσβεστικής αντλίας έκτακτης ανάγκης, η συνολική χωρητικότητα των κύριων πυροσβεστικών αντλιών να υπολογίζεται χωρίς αυτήν.

Λόγχη Υδρονέφωσης

Η Λόγχη Υδρονέφωσης (Water Mist Lance) αποτελείται από ένα σωλήνα με μυτερό ακροφύσιο και έχει την ικανότητα να διεισδύει στο τοίχωμα του εμπορευματοκιβωτίου και να παράγει ατμό νερού εντός αυτού, όταν είναι συνδεδεμένο στο πυροσβεστικό δίκτυο. Πέραν της ευελιξίας του, επιπρόσθετο πλεονέκτημα του είναι δεν εισάγεται αέρας μέσα στον χώρο του κιβωτίου που θα μπορούσε να φουντώσει παραπάνω τη φωτιά, σε αντίθεση για παράδειγμα με τους φορητούς πυροσβεστήρες για τους οποίους η απελευθέρωση του CO₂ γίνεται με την εισαγωγή τους εντός του κιβωτίου, και άρα με άνοιγμα των πορτών του. Σημειώνεται, ακόμα, πως η λόγχη υδρονέφωσης συνήθως συνοδεύεται με ειδικό κρουστικό σφυρί, το “Impact (Spike) Hammer”, που μπορεί να διαθέτει και ακίδα στο πίσω μέρος του, διευκολύνοντας τη διάτρηση του εμπορευματοκιβωτίου.



Εικόνα 26: Λόγχη Υδρονέφωσης⁴⁵

Μόνιμο Σύστημα Διαβροχής

Αναγκαία είναι ακόμη η εγκατάσταση του Μόνιμου Συστήματος Διαβροχής (Fixed Water Spray System), όταν τα πλοία είναι σχεδιασμένα να μεταφέρουν επικίνδυνα φορτία ή να πλέουν με ανοιχτά αμπάρια. Το σύστημα αυτό απαρτίζεται από τομείς πολλαπλών ακροφυσίων που εγκαθίστανται σε κάθε αμπάρι. Κύριος σκοπός της διάταξης αυτής είναι να περιορίζει τη φωτιά στο bay προέλευσής της και να εμποδίζει τη διάδοσή της στους γειτονικούς χώρους. Επίτευξη αυτού γίνεται με περιφερειακή διαβροχή των ορίων του κάθε bay και της γύρω περιοχής, από το επίπεδο του καταστρώματος, λαμβάνοντας υπόψη τη μορφή του αμπαριού και την ύψος στοιβασίας των εμπορευματοκιβωτίων.

Όσον αφορά την τροφοδότηση, ο αριθμός των αντλιών να αντιστοιχεί στον αριθμό των αμπαριών και κάθε μια να τοποθετείται εξωτερικά αυτού, ενώ η διαθεσιμότητα της παροχής νερού να είναι στο 50% της συνολικής χωρητικότητας.

Στην περίπτωση των πλοίων μεταφοράς ε/κ με ανοιχτά αμπάρια, το αναφερόμενο σύστημα να υποβοηθάται με παράλληλη εκτόξευση νερού από τις πυροσβεστικές μάνικες. Πιο ειδικά,

⁴⁵ <https://www.tunashipping.com/product/water-mist-lance/?lang=en>

η βέλτιστη ψύξη να επέρχεται με ελάχιστο ρυθμό ρίψης 5 lt/min σε 1 m² οριζόντιας περιοχής του επηρεαζόμενου χώρου φορτίου.

Συνοψίζοντας, παρατηρείται ότι κάποια από τα συστήματα πυρόσβεσης χρησιμοποιούνται για την κατάσβεση της φωτιάς σε συγκεκριμένα μέρη του χώρου φορτίου, όπως εντός και εκτός των εμπορευματοκιβωτίων, σε ολόκληρα bay, άνωθεν ή κάτωθεν του καταστρώματος. Το φαινόμενο αυτό είναι απόρροια της διαφορετικής αποδοτικότητας κάθε μέσου πυρόσβεσης (νερό ή CO₂) στην εν λόγω περιοχή και της φορητότητας ή διάταξης του χρησιμοποιούμενου συστήματος. Συνεπώς, η κατηγοριοποίηση των προβλημάτων στους πίνακες ανάλυσης της επόμενης ενότητας γίνεται με τον ανάλογο τρόπο.

5.2. Προβλήματα

5.2.1. Περιγραφή προβλημάτων

Ο τομέας της κατάσβεσης είναι το τελικό στάδιο επιχείρησης κατά την αντιμετώπιση της πυρκαγιάς, για αυτό και το αποτέλεσμά του είναι καθοριστικό για την τροπή που θα πάρει η πυρκαγιά. Όπως έχει φανεί και από τα ατυχήματα που έχουν συμβεί, λίγες είναι οι περιπτώσεις στις οποίες η φωτιά έχει περιοριστεί επαρκώς από τα μέσα πυρόσβεσης, με κυρίαρχους λόγους επικράτησης του φαινομένου να είναι: η αναποτελεσματικότητα των συστημάτων πυρόσβεσης και η δυσκολία συντονισμού και ανταπόκρισης του πληρώματος. Σύμφωνα με την ανωτέρω περιγραφή του κανονιστικού πλαισίου, οι μέθοδοι κατάσβεσης χωρίζονται στην πυρόσβεση μέσω του εγκατεστημένου συστήματος CO₂ στην περιοχή των αμπαριών, την ψύξη συγκεκριμένων περιοχών του χώρου φορτίου μέσω συστημάτων εκτόξευσης νερού παρουσία του πληρώματος, καθώς και την ενδεχόμενη κατάκλυση κάποιου αμπαριού. Συνεπώς, οι βασικοί παράμετροι που φαίνεται να επηρεάζουν την ορθή λειτουργία του πεδίου περιγράφονται συνοπτικά ακολούθως. Κοινό άξονα στους τρεις προειρημένους τρόπους πυρόσβεσης αποτελούν τα επόμενα θέματα.

Προβλήματα στον εξοπλισμό του συστήματος

Σε αυτά περιλαμβάνονται, κυρίως, η ελλιπής διαστασιολόγηση και τα σφάλματα που μπορεί να εμφανίζουν τα μέρη του συστήματος. Αναφορικά με το μόνιμο σύστημα πυρόσβεσης CO₂, ζήτημα αποτελεί η ελλιπής συντήρηση των σωληνώσεων που έχει σαν αποτέλεσμα τον φραγμό και την διαρροή αυτών, καθώς και ο ακατάλληλος τρόπος σχεδίασης και εγκατάστασης των ακροφυσίων. Ένα επιπρόσθετο πρόβλημα που δεν μπορεί να παραληφθεί είναι η περιορισμένη ποσότητα του CO₂, η οποία δεν είναι αρκετή για την καταστολή φωτιάς και πολλές φορές συμβάλει στην μη ή παράταση ενεργοποίησης του συστήματος από το πλήρωμα.

Σχετικά με την πυρόσβεση μέσω νερού, πρόβλημα είναι η μη ευελιξία στη χρήση λόγω βάρους των κανονιών πυρόσβεσης, ειδικά σε δύσκολους προσιτά χώρους, η περιορισμένη κατανομή πυροσβεστικών κρουστών και παροχή μανικών, κανονιών πυρόσβεσης και λογχών υδρονέφωσης, και τέλος η μηχανική βλάβη που μπορεί να παρουσιάσει λόγω ελλιπούς συντήρησης ή κακής χρήσης ο προειρημένος εξοπλισμός. Αξιόλογης σημασίας είναι επίσης

και η χαμηλή ποιότητα του εξοπλισμού διάτρησης (Impact (Spike) Hammer), καθώς επιδρά στην καθυστέρηση εισχώρησης της λόγχης στο προς διαβροχή εμπορευματοκιβώτιο.

Επέμβαση πληρώματος

Ομοιότητα στις δύο μεθόδους πυρόσβεσης υπάρχει στο θέμα του εντοπισμού του επηρεαζόμενου χώρου από το πλήρωμα για την εφαρμογή της κατάσβεσης που αρκετές φορές είναι ανίκανο να το εντοπίσει εγκαίρως, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της όλης επιχείρησης. Συγχρόνως, δεν μπορεί να λησμονηθεί ο ελλειπής συντονισμός του πληρώματος στην καταμερισμό των διαδικασιών πυρόσβεσης, σύμφωνα με το πρωτόκολλο και τις οδηγίες του χειριστή, με μεγάλη συμβολή στο ζήτημα αυτό τον περιορισμένο αριθμό ανθρώπινου δυναμικού.

Στην περίπτωση του ψύξης περιοχών ή μεμονωμένων εμπορευματοκιβωτίων, καθυστέρηση της πυρόσβεσης εντοπίζεται, όταν αφενός το προσωπικό του πλοίου δυσκολεύεται στην ανάπτυξη του εξοπλισμού ή δεν ακολουθεί όπως πρέπει τις οδηγίες σύμφωνα με τα πρότυπα και αφετέρου τα μέσα ατομικής προστασίας δυσχεραίνουν την επιχείρηση του λόγω περιορισμένου χρόνου παροχής οξυγόνου και μη αποτελεσματική προφύλαξη από επικίνδυνη ατμόσφαιρα. Τέλος, λόγω της επικινδυνότητας της κατάστασης, το πλήρωμα φαίνεται να αποθαρρύνεται να συμβάλει στην πυρόσβεση ή σε χειρισμούς γύρω από το σημείο προέλευσης της φωτιάς (πχ. κλείσιμο των στομιών), που συνεπάγεται την αποτυχία περιορισμού της φωτιάς, και άρα την περαιτέρω εξάπλωσή της.

Στον τομέα της πυρόσβεσης μέσω CO₂ κάτω του καταστρώματος, πρωταρχικό συμβαλλόμενο κομμάτι στην επίδραση της πυρόσβεσης είναι η ελλειπής ενημέρωση για την κατάσταση του εξοπλισμού, με συνέπεια την διαρροή του CO₂ και τελικά την αναποτελεσματικότητά του να καταστείλει την πυρκαγιά. Όσον αφορά την εκπαίδευση του πληρώματος, φαίνεται να είναι ανεπαρκής μιας και κατά τη διάρκεια της εξάπλωσης της φωτιάς, δισταγμός υπάρχει για την ενεργοποίηση του μηχανισμού για τον παρερμηνευμένο λόγο της ρίψης CO₂, όταν πραγματικά έγκειται ανάγκη και παράλληλα την επίδραση της ποσότητας του CO₂ σε αυτή την εξήγηση. Στη συνέχεια του προηγούμενου, σφάλματα εμφανίζονται από τεχνικής απόψεως στην αναγνώριση της διάταξης του συστήματος, αλλά και στην αρχή λειτουργίας του, όπως στην εφαρμογή και παρακολούθηση της ενδεικνύμενης πίεσης του CO₂ λίγο πριν την απελευθέρωσή του.

Είδος του φορτίου εντός των εμπορευματοκιβωτίων

Όπως είναι αναμενόμενο, σημαντικό ρόλο στην τροπή της πυρκαγιάς έχει και το είδος του φορτίου που μεταφέρεται. Στην περίπτωση που αυτό ανήκει στην κατηγορία των επικίνδυνων εμπορευμάτων, και ακόμα χειρότερα στα αδήλωτα, δεν ευνοείται ο μηχανισμός της πυρόσβεσης εξαιτίας παρουσίας αυτοαντιδρώντων ουσιών εντός των εμπορευματοκιβωτίων ή και της χρήση των λάθος μέσων αντιμετώπισης της φωτιάς σε αυτά (νερό ή CO₂). Συνεπώς, αυξάνεται το ενδεχόμενο της επανανάφλεξης του φορτίου και της κλιμακούμενης διάδοσης της πυρκαγιάς.

Στην ειδικότερη περίπτωση δράσης του πληρώματος, είτε κάτωθεν είτε άνωθεν του καταστρώματος, δύο ακόμα παράγοντες επηρεάζουν την λειτουργία του συστήματος.

Συνθήκες πυρόσβεσης

Τόσο στην ευκολία αντιμετώπισης της φωτιάς από το πλήρωμα, όσο και στην τελική εξασθένιση ή φούντωση της, άμεση επίδραση έχουν οι παράγοντες της ατμόσφαιρας της

καιγόμενης περιοχής, των καιρικών φαινομένων, αλλά και της αεροστεγανότητας στον χώρο του κύτους. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυχής κατάσβεση δεν επιδιώκεται, στην περίπτωση απελευθέρωσης τοξικών ουσιών ή εκρηκτικής ατμόσφαιρας, έντονων καιρικών συνθηκών όπως δυνατοί άνεμοι ή πάγος στο κατάστρωμα, αλλά και διαρροή και πάγωμα του CO₂ λόγω ελλειπτικής στεγάνωσης του αμπαριού έναντι στον αέρα και μη κλεισίματος των στομιών και των εξαερισμών του.

Τοποθεσία και προσβασιμότητα καιγόμενου εμπορευματοκιβωτίου

Ακόμα, δεν μπορεί να αγνοηθεί η παράμετρος της δυσκολίας προσβασιμότητας στην τοποθεσία του καιγόμενου εμπορευματοκιβωτίου. Αφενός, όταν αυτό τοποθετείται πολύ χαμηλά εντός του αμπαριού, η ατμόσφαιρα που εξελίσσεται η φωτιά μπορεί να είναι τοξικά επικίνδυνη, και αφετέρου, σε περίπτωση πυρκαγιάς στα ανώτερα tiers του καταστρώματος επιφυλάσσεται ο κίνδυνος πτώσης της επιχειρούμενης ομάδας. Και στις δύο περιπτώσεις επιπλέον ρόλο παίζει και η παράλληλη δυσκολία στην εύρεση του καιγόμενου εμπορευματοκιβωτίου, έχοντας έτσι αρνητική επίπτωση στην κοντινή προσέγγιση του και στον κίνδυνο που τίθεται η ζωή του πληρώματος.

Ζητήματα κατά την κατάκλυση αμπαριού

Τέλος, δεν είναι λίγες οι φορές που η κατάκλυση κάποιου αμπαριού δεν ευνοείται ή δεν πραγματοποιείται λόγω ελλιπούς σχεδίασης του αμπαριού. Πιο συγκεκριμένα, προβλήματα ευστάθειας ή κόπωσης μπορεί να προκύψουν ύστερα από την πλήρωση του αμπαριού με θαλασσινό νερό, με αποτέλεσμα το πλοίο να βρίσκεται αντιμέτωπο σε επιπλέον επικίνδυνη κατάσταση πέραν της πυρκαγιάς. Παράγοντας που φαίνεται να παίζει ρόλο στο προηγούμενο είναι η μη δυνατότητα μέτρησης της στάθμης του νερού που καθιστά μη ελεγχόμενη την ρίψη του νερού.

Σε συσχέτιση με τα δύο προηγούμενα κεφάλαια της πρόληψης και της ανίχνευσης, οι παραπάνω παράμετροι αναλύονται σε πίνακες με τα ειδικότερα σφάλματα που τις απαρτίζουν, καθώς και συνέπειες αυτών και μέτρα αντιμετώπισης τους, ανάλογα με τις μεθόδους κατάσβεσης.

5.2.2. Πίνακες ανάλυσης παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Μεθόδους Κατάσβεσης

Μέθοδοι Κατάσβεσης Πυρκαγιάς				
Κατάσβεση εντός του εμπορευματοκιβωτίου με φορητό εξοπλισμό – Αμπάρι και Κατάστρωμα				
Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες λειτουργίας των συστημάτων πυρόσβεσης	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από Cargosafe/ Additional Notations (DNV, BV, ABS)
1. Τοποθεσία και προσβασιμότητα καιγόμενου ε/κ	1.1 Δυσκολία προσέγγισης του ε/κ στο κατάστρωμα λόγω της πολύ ψηλής τοποθεσίας του ή λόγω Russian Stowage ⁴⁶	*Η φωτιά δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με τον ανάλογο φορητό εξοπλισμό.	*Ανύψωση του εξοπλισμού και μόνο, όχι του πληρώματος	*Πτυσσόμενη Λόγχη Υδρονέφωσης [BV, Cargosafe]
	1.2 Δυσκολία προσέγγισης του ε/κ εντός του αμπαριού	*Η φωτιά δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με τον ανάλογο φορητό εξοπλισμό.		
2. Περιβάλλον γύρω από το ε/κ	2.1 Χαμηλή ορατότητα λόγω συσσωρευμένου καπνού	*Το πλήρωμα δεν βλέπει καλά *Καθυστέρηση ή παρεμπόδιση της πυρόσβεσης *Αυξημένος κίνδυνος για το πλήρωμα *Αύξηση του κινδύνου της φωτιάς	*Πιο επαρκή και ασφαλή ΜΑΠ, που να διευκολύνουν την πρόσβαση	
	2.2 Δυσμενές Περιβάλλον (τοξικός καπνός, υψηλές θερμοκρασίες)	*Αδυναμία προσέγγισης του ε/κ από το πλήρωμα *Συνεχής διάδοση της φωτιάς *Καθυστέρηση ή παρεμπόδιση της πυρόσβεσης *Η φωτιά δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με τον ανάλογο φορητό εξοπλισμό.	*Πιο επαρκή και ασφαλή ΜΑΠ, που να διευκολύνουν την πρόσβαση	
	2.3 Σπινθήρες που οδηγούν στην διάδοση της φωτιάς ή δημιουργία εκρηκτικού περιβάλλοντος	*Καθυστέρηση ή παρεμπόδιση της πυρόσβεσης *Η ζωή του πληρώματος σε κίνδυνο *Αύξηση του κινδύνου της φωτιάς *Έκρηξη	*Αποφυγή χρήσης ηλεκτρικών εργαλείων διάτρησης που μπορεί να επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα, ιδίως σε ε/κ που φέρουν ειδική κατηγορία επικίνδυνων φορτίων	*Εργαλείο Υδροκοπής [Cargosafe]
	2.4 Έκρηξη	*Αυξημένος κίνδυνος για το πλήρωμα *Η φωτιά δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί από τη λόγχη υδρονέφωσης *Καταστροφή του εξοπλισμού *Κλιμάκωση φωτιάς, απελευθέρωση τοξικών αερίων, έκρηξη *Ανικανότητα χρήσης του εξοπλισμού από το πλήρωμα		
3. Περιεχόμενο φορτίο εντός του ε/κ	3.1 Επικίνδυνο περιεχόμενο (συγκεκριμένης κλάσης) ή άγνωστο (αδήλωτο)	*Αυξημένος κίνδυνος για το πλήρωμα *Η φωτιά δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με τον ανάλογο φορητό εξοπλισμό. *Χαμηλή επίδραση του εξοπλισμού *Κλιμάκωση φωτιάς, απελευθέρωση τοξικών αερίων, έκρηξη *Ανικανότητα χρήσης του εξοπλισμού από το πλήρωμα	*Πρωταρχική ενημέρωση για το φερόμενο φορτίο εντός του ε/κ για την ειδική κατάσβεσή του *Αποφυγή χρήσης ηλεκτρικών εργαλείων διάτρησης που μπορεί να επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με παραγωγή σπινθήρων ή αύξηση της θερμοκρασίας	*Εργαλείο Υδροκοπής [Cargosafe]
	3.2 Πυρόσβεση με λάθος μέσα (εργαλεία ή νερό)	*Αδυναμία φορητού εξοπλισμού να εξαλείψει την φωτιά *Κλιμάκωση φωτιάς, απελευθέρωση τοξικών αερίων, έκρηξη		

⁴⁶ Russian Stowage θεωρείται η μέθοδος στοιβασίας κατά την οποία ένα εμπορευματοκιβώτιο μήκους 40 ft τοποθετείται πάνω σε δύο συνεχόμενα εμπορευματοκιβώτια μήκους 20 ft. [<https://www.container-logic.com/single-post/2016/02/17/container-types-part-2>]

Μέθοδοι Κατάσβεσης Πυρκαγιάς				
Κατάσβεση εντός του εμπορευματοκιβωτίου με φορητό εξοπλισμό – Αμπάρι και Κατάστρωμα				
Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες λειτουργίας των συστημάτων πυρόσβεσης	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από Cargosafe/ Additional Notations (DNV, BV, ABS)
		*Επιπρόσθετος κίνδυνος για το πλήρωμα		
	3.3 Η διείσδυση του εξοπλισμού και η διοχέτευση νερού στο ε/κ παρεμποδίζεται από τον όγκο του φορτίου	*Χαμηλή επίδραση του εξοπλισμού *Η φωτιά δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με τον ανάλογο φορητό εξοπλισμό.		
	3.4 Φορτίο που έχει διαρρεύσει από την συσκευασία του και ενδέχεται να διαρρεύσει και εκτός του ε/κ	* Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς *Αυξημένος κίνδυνος για το πλήρωμα *Καθυστέρηση ή παρεμπόδιση της πυρόσβεσης		
4. Προβλήματα στον Εξοπλισμό	4.1 Ο παρεχόμενος εξοπλισμός δεν μπορεί να διεισδύσει εντός του ε/κ	*Η φωτιά δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με τον ανάλογο φορητό εξοπλισμό.	*Συνδυασμός ηλεκτρικών εργαλείων διάτρησης και λόγχης υδρονέφωσης	*Συνδυασμός ηλεκτρικών εργαλείων διάτρησης και Λόγχης Υδρονέφωσης [Cargosafe] *Εργαλείο Υδροκοπής [Cargosafe]
	4.2 Ανεπαρκής εξοπλισμός (π.χ. πυροσβεστικές μάνικες/εξαρτήματα σύζευξης)	*Άχρηστος εξοπλισμός *Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς * Αναποτελεσματική και ανεπαρκής περιφερειακή ψύξη του ε/κ	*Επιθεωρήσεις για επάρκεια και αξιοπιστία εξοπλισμού	
	4.3 Γενικότερη Αποτυχία/Δυσλειτουργία εξοπλισμού (Πχ μη ενεργοποίηση της κύριας αντλίας λόγω σχεδιαστικής αστοχίας)	*Άχρηστος εξοπλισμός * Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς	*Επιθεωρήσεις για επάρκεια και αξιοπιστία εξοπλισμού	
	4.4 Ανεπαρκή μέσα ατομικής προστασίας για το πλήρωμα	*Αυξημένος κίνδυνος για το πλήρωμα *Μη ή αναποτελεσματική πυρόσβεση	*Πιο επαρκή και ασφαλή ΜΑΠ, που να διευκολύνουν την πρόσβαση	
5. Επέμβαση πληρώματος	5.1 Πυρόσβεση με λάθος μέσα (εργαλεία ή νερό)	*Αδυναμία φορητού εξοπλισμού να εξαλείψει την φωτιά *Κλιμάκωση φωτιάς, απελευθέρωση τοξικών αερίων, έκρηξη *Επιπρόσθετος κίνδυνος για το πλήρωμα	*Πρωταρχική ενημέρωση για το φερόμενο φορτίο εντός του ε/κ για την ειδική κατάσβεσή του *Αποφυγή χρήσης ηλεκτρικών εργαλείων διάτρησης που μπορεί να επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με παραγωγή σπινθήρων ή αύξηση της θερμοκρασίας	*Εργαλείο Υδροκοπής [Cargosafe]
	5.2 Καθυστέρηση στην ανάπτυξη του εξοπλισμού και εκκίνηση λειτουργίας	*Χαμηλή επίδραση του εξοπλισμού *Η φωτιά δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με τον ανάλογο φορητό εξοπλισμό. *Ανικανότητα χρήσης του εξοπλισμού από το πλήρωμα	*Εκτενής εκπαίδευση του προσωπικού	
	5.3 Η χρήση φορητών πυροσβεστήρων CO ₂ συνεπάγεται χειροκίνητο άνοιγμα του ε/κ	*Αυξημένος κίνδυνος για το πλήρωμα *Η φωτιά δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί		

Μέθοδοι Κατάσβεσης Πυρκαγιάς				
Κατάσβεση εντός του εμπορευματοκιβωτίου με φορητό εξοπλισμό – Αμπάρι και Κατάστρωμα				
Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες λειτουργίας των συστημάτων πυρόσβεσης	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από Cargosafe/ Additional Notations (DNV, BV, ABS)
		*Χαμηλή επίδραση του εξοπλισμού *Κλιμάκωση φωτιάς, απελευθέρωση τοξικών αερίων, έκρηξη *Ανικανότητα χρήσης του εξοπλισμού από το πλήρωμα		
	5.4 Ανικανότητα εύρεσης της θέσης έναρξης της πυρκαγιάς, ενώ η φωτιά έχει ανιχνευτεί από τα αρμόδια συστήματα	*Η φωτιά δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί *Κλιμάκωση φωτιάς, απελευθέρωση τοξικών αερίων, έκρηξη *Ανικανότητα χρήσης του εξοπλισμού από το πλήρωμα	*Φορητές θερμικές κάμερες	
	5.5 Έλλειψη διαθέσιμου εργατικού δυναμικού	*Καθυστέρηση πυρόσβεσης *Εξάπλωση φωτιάς	*Εύρεση μεθόδων που μπορούν να εφαρμοστούν από ένα και μόνο άτομο.	*Συνδυασμός ηλεκτρικών εργαλείων διάτρησης και Λόγχης Υδρονέφωσης [Cargosafe] *Εργαλείο Υδροκοπής [Cargosafe]
6. Καιρικές Συνθήκες στο Κατάστρωμα	6.1 Δυσκολία προσέγγισης του ε/κ λόγω ανάπτυξης πάγου στο κατάστρωμα ή σφοδρών ανέμων	*Καθυστέρηση ή παρεμπόδιση της πυρόσβεσης *Η ζωή του πληρώματος σε κίνδυνο *Συνεχής Εξάπλωση της φωτιάς		
	6.2 Δυσκολία εντοπισμού ε/κ λόγω έντονων καιρικών φαινομένων (βροχή, ομίχλη, άνεμοι)	*Καθυστέρηση ή παρεμπόδιση της πυρόσβεσης *Η ζωή του πληρώματος σε κίνδυνο *Συνεχής Εξάπλωση της φωτιάς		

Πίνακας 12: Ανάλυση παραμέτρων, ασφαλήτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Μεθόδους Πυρόσβεσης: Πυρόσβεση εντός του εμπορευματοκιβωτίου με φορητό εξοπλισμό – Αμπάρι και Κατάστρωμα

Μέθοδοι Κατάσβεσης Πυρκαγιάς				
Τοπική περιφερειακή ψύξη του εμπορευματοκιβωτίου με εκτόξευση νερού ⁴⁷				
Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες λειτουργίας των συστημάτων πυρόσβεσης	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από Cargosafe/ Additional Notations (DNV, BV, ABS)
1. Τοποθεσία και προσβασιμότητα καιγόμενου ε/κ	1.1 Δυσκολία προσέγγισης όλων των πλευρών με νερό	*Αναποτελεσματική ψύξη περιφερειακά του ε/κ *Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς	*Τοποθέτηση υπερψωμένων μόνιμων συστημάτων εκεί που το πλήρωμα δεν έχει άμεση πρόσβαση	*Μόνιμο Σύστημα Διαβροχής [DNV, BV, ABS]: 1. Στα αμπάρια 2. Στις υπερκατασκευές/υπερστεγάσματα και στις γέφυρες πρόσδεσης *Σταθερά/ φορητά Κανόνια νερού στις υπερκατασκευές/υπερστεγάσματα και στις γέφυρες πρόσδεσης [DNV, BV, ABS, Cargosafe] *Τουρμπίνα Υδρονέφωσης πάνω από τη γέφυρα [Cargosafe]
2. Περιβάλλον γύρω από το ε/κ	2.1 Αφιλόξενο/απρόσιτο περιβάλλον (ατμός, υψηλές θερμοκρασίες, τοξικός καπνός, κλπ)	*Άχρηστος εξοπλισμός * Αναποτελεσματική και ανεπαρκής περιφερειακή ψύξη του ε/κ *Εγκατάλειψη πυρόσβεσης από το πλήρωμα *Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς	*Τοποθέτηση και χρήση μόνιμων συστημάτων με απομακρυσμένη ενεργοποίηση και χειρισμό *Χρήση Drones	*Μόνιμο Σύστημα Διαβροχής [DNV, BV, ABS]: 1. Στα αμπάρια 2. Στις υπερκατασκευές/υπερστεγάσματα και στις γέφυρες πρόσδεσης *Σταθερά Κανόνια νερού στις υπερκατασκευές/υπερστεγάσματα και στις γέφυρες πρόσδεσης [DNV, BV, ABS, Cargosafe] *Τουρμπίνα Υδρονέφωσης πάνω από τη γέφυρα [Cargosafe]
	2.2 Έκρηξη	*Αυξημένος κίνδυνος για το πλήρωμα *Καταστροφή του εξοπλισμού *Κλιμάκωση φωτιάς, απελευθέρωση τοξικών αερίων, έκρηξη		
	2.3 Εκτεταμένη διάδοση φωτιάς	*Αυξημένος κίνδυνος για το πλήρωμα *Κλιμάκωση φωτιάς, απελευθέρωση τοξικών αερίων, έκρηξη * Αναποτελεσματική ψύξη περιφερειακά του ε/κ *Καταστροφή του εξοπλισμού		
3. Προβλήματα στον εξοπλισμό	3.1 Ανεπαρκής εξοπλισμός (π.χ. πυροσβεστικές μάνικες/εξαρτήματα σύζευξης)	*Άχρηστος εξοπλισμός *Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς * Αναποτελεσματική και ανεπαρκής περιφερειακή ψύξη του ε/κ	*Επιθεωρήσεις για επάρκεια και αξιοπιστία εξοπλισμού	
	3.2 Μηχανική Βλάβη στον εξοπλισμό	*Άχρηστος εξοπλισμός *Αναποτελεσματική και ανεπαρκής ψύξη περιφερειακά του ε/κ * Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς	*Επιθεωρήσεις για επάρκεια και αξιοπιστία εξοπλισμού	
	3.3 Αποτυχία/ Δυσλειτουργία εξοπλισμού	*Άχρηστος εξοπλισμός * Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς	*Επιθεωρήσεις για επάρκεια και αξιοπιστία εξοπλισμού	
	3.4 Δυσχρηστία εξοπλισμού (βάρος φορητών κανονιών νερού, πολλαπλές διαδρομές για τις μάνικες νερού)	*Άχρηστος εξοπλισμός * Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς		*Επιλογή ελαφριού υλικού των φορητών κανονιών, όπως αλουμίνιο [Cargosafe]

⁴⁷ Πυροσβεστικές Μάνικες νερού άνωθεν-κάτωθεν καταστρώματος, Φορητά Κανόνια νερού στο κατάστρωμα, Μόνιμο Σύστημα Διαβροχής στο αμπάρι

		*Αναποτελεσματική και ανεπαρκής ψύξη περιφερειακά του ε/κ		*Ειδική διαμόρφωση στερέωσης για τα φορητά κανόνια [Cargosafe]
	3.5 Ανεπιθύμητη συσσώρευση νερού στο κύτος	*Θέματα στην αντοχή και ευστάθεια πλοίου *Μπλοκάρισμα του υδραυλικού συστήματος από συντρίμμια	*Αποβολή ίδιας ποσότητας νερού ταυτόχρονα μέσω συστημάτων αποστράγγισης	
4. Μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) του πληρώματος	4.1 Ανεπαρκή παρεχόμενο οξυγόνο από τα ΜΑΠ για εκτεταμένο χρόνο πυρόσβεσης	*Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς *Αναποτελεσματική και ανεπαρκής ψύξη περιφερειακά του ε/κ	*Πιο επαρκή και ασφαλή ΜΑΠ, που να διευκολύνουν την πρόσβαση	
	4.2 Τα ΜΑΠ δεν είναι επαρκή για την προφύλαξη από ατμό (από την απελευθέρωσή του κατά την περιφερειακή ψύξη)	*Τραυματισμός πληρώματος *Ανικανότητα πληρώματος να αντιμετωπίσει τη φωτιά		
5. Επέμβαση πληρώματος	5.1 Καυστέρηση περιφερειακής ψύξης	*Η φωτιά έχει ήδη εξελιχθεί * Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς	*Αντικατάσταση της επέμβασης του πληρώματος με απομακρυσμένη χρήση των συστημάτων πυρόσβεσης	*Μόνιμο Σύστημα Διαβροχής [DNV, BV, ABS] : 1. Στα αμπάρια 2. Στις υπερκατασκευές/υπερστεγάσματα και στις γέφυρες πρόσδεσης *Σταθερά Κανόνια νερού στις υπερκατασκευές/υπερστεγάσματα και στις γέφυρες πρόσδεσης [DNV, BV, ABS, Cargosafe] *Φορητά Κανόνια νερού σε ειδικές διαμορφώσεις στερέωσης [Cargosafe] *Τουρμπίνα Υδρονέφωσης πάνω από τη γέφυρα [Cargosafe]
	5.2 Ανικανότητα εύρεσης της θέσης έναρξης της πυρκαγιάς από το πλήρωμα	* Αναποτελεσματική ψύξη περιφερειακά του ε/κ * Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς		
	5.3 Έλλειψη διαθέσιμου εργατικού δυναμικού	* Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς *Αναποτελεσματική και ανεπαρκής ψύξη περιφερειακά του ε/κ		
6. Καιρικές Συνθήκες στο Κατάστρωμα	6.1 Το κύτος είναι δύσκολα προσβάσιμο για το πλήρωμα λόγω επικίνδυνων περιβαλλοντικών συνθηκών (βροχή, ομίχλη, άνεμοι, ανάπτυξη πάγου στο κατάστρωμα)	*Αναποτελεσματική και ανεπαρκής ψύξη περιφερειακά του ε/κ *Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς	*Αντικατάσταση της επέμβασης του πληρώματος με απομακρυσμένη χρήση των μόνιμων συστημάτων πυρόσβεσης	*Μόνιμο Σύστημα Διαβροχής στις υπερκατασκευές/υπερστεγάσματα και στις γέφυρες πρόσδεσης [DNV, BV, ABS] *Σταθερά Κανόνια νερού στις υπερκατασκευές/υπερστεγάσματα και στις γέφυρες πρόσδεσης [DNV, BV, ABS, Cargosafe] *Τουρμπίνα Υδρονέφωσης πάνω από τη γέφυρα [Cargosafe]

Πίνακας 13: Ανάλυση παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Μεθόδους Πυρόσβεσης: Τοπική περιφερειακή ψύξη του εμπορευματοκιβωτίου με εκτόξευση νερού

Μέθοδοι Κατάσβεσης Πυρκαγιάς				
Ψύξη αμπαριού ⁴⁸ (Εγκάρσιες φρακτές και καλύμματα στομίων)				
Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες λειτουργίας των συστημάτων πυρόσβεσης	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από Additional Notations (DNV, BV, ABS)
1. Τοποθεσία θέσης έναρξης και προσβασιμότητα	1.1 Ανικανότητα πληρώματος να ψύξει τις σωστές περιοχές λόγω αδυναμίας πρόσβασης	*Αναποτελεσματική περιφερειακή ψύξη του κύτους *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς	*Αντικατάσταση ανθρώπινης παρέμβασης εντός των αμπαριών με μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης *Επιθεωρήσεις για επάρκεια και αξιοπιστία εξοπλισμού *Αποβολή ίδιας ποσότητας νερού ταυτόχρονα μέσω συστημάτων αποστράγγισης	*Μόνιμο Σύστημα Διαβροχής που να παρέχει ομοιόμορφη ψύξη εντός του αμπαριών [DNV, BV, ABS]: 1. στην περιοχή των καλυμμάτων στομίων, ακριβώς πάνω από κάθε bay ε/κ 2. στην εσωτερική περιοχή του καταστρώματος, ακριβώς πάνω από κάθε bay ε/κ 3. στην ενδιάμεση περιοχή μεταξύ bays ε/κ, δηλαδή στον πυθμένα 4. στην ενδιάμεση περιοχή μεταξύ ε/κ και φρακτών πλοίου
	2. Περιβάλλον	2.1 Η φωτιά είναι ήδη εκτεταμένη, καθιστώντας την ψύξη αναποτελεσματική		
2.2 Ανάπτυξη ατμού κατά την ψύξη των φρακτών		*Τραυματισμός πληρώματος *Ενδεχόμενη μείωση της πυρόσβεσης *Χαμηλή ορατότητα		
2.3 Έκρηξη		*Αυξημένος κίνδυνος για το πλήρωμα *Καταστροφή του εξοπλισμού *Κλιμάκωση φωτιάς, απελευθέρωση τοξικών αερίων, έκρηξη		
3. Φορτίο εντός του κύτους	3.1 Το κύτος περιέχει ε/κ με αδήλωτο επικίνδυνο φορτίο	*Αυξημένος κίνδυνος για το πλήρωμα *Κλιμάκωση φωτιάς, απελευθέρωση τοξικών αερίων, έκρηξη *Χαμηλή επίδραση του εξοπλισμού		
4. Προβλήματα εξοπλισμού	4.1 Μηχανική βλάβη στον εξοπλισμό	*Άχρηστος εξοπλισμός *Αναποτελεσματική ψύξη περιφερειακά του ε/κ *Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς		
	4.2 Ελλιπής διαστασιολόγηση του πυροσβεστικού δικτύου για παράλληλη υποστήριξη πυροσβεστικών διεργασιών και περιφερειακής ψύξης	*Μειωμένη Επίδραση εξοπλισμού *Αναποτελεσματική και ανεπαρκής ψύξη περιφερειακά του ε/κ *Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς *Αναποτελεσματική πυρόσβεση		
	4.3 Ανεπαρκής εξοπλισμός (π.χ. πυροσβεστικές μάνικες/εξαρτήματα σύζευξης)	*Άχρηστος εξοπλισμός *Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς *Αναποτελεσματική και ανεπαρκής περιφερειακή ψύξη		
	4.4 Δυσχρηστία εξοπλισμού εξοπλισμού (βάρους φορητών κανονιών νερού, πολλαπλές διαδρομές για τις μάνικες νερού)	*Άχρηστος εξοπλισμός *Συνεχής εξάπλωση της πυρκαγιάς *Αναποτελεσματική και ανεπαρκής περιφερειακή ψύξη		
5. Επέμβαση πληρώματος	5.1 Ανικανότητα πληρώματος να ψύξει τις σωστές περιοχές λόγω έλλειψης πληροφοριών	*Αναποτελεσματική περιφερειακή ψύξη του κύτους *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς		
	5.2 Μη κλείσιμο των στομίων	*Έλλειψη περιφερειακής ψύξης στα στόμια, αλλά η φωτιά δεν μπορεί να διαδοθεί προς τα πάνω (δεν υπάρχουν ε/κ) *Αυξημένος ρυθμός καύσης στο επηρεαζόμενο κύτος (περισσότερο οξυγόνο διαθέσιμο)		

Πίνακας 14: Ανάλυση παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Μεθόδους Πυρόσβεσης: Ψύξη αμπαριού (Εγκάρσιες φρακτές και καλύμματα στομίων)

⁴⁸ Πυροσβεστικές Μάνικες νερού, Μόνιμο Σύστημα Διαβροχής

Μέθοδοι Κατάσβεσης Πυρκαγιάς				
Κατάκλυση αμπαριού				
Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες λειτουργίας των συστημάτων πυρόσβεσης	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από Additional Notations (DNV, BV, ABS)
1. Τοποθεσία θέσης έναρξης και προσβασιμότητα	1.1 Το σημείο έναρξης της φωτιάς πολύ ψηλά στο αμπάρι	*Αναποτελεσματική κατάκλυση *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς		
2. Επίδραση θαλασσινού νερού στο φορτίο	2.1 Πιθανότητα ανάμειξης νερού με το περιεχόμενο του φορτίου των ε/κ	*Αναποτελεσματική κατάκλυση *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς *Δημιουργία άλλων κινδύνων πχ. έκρηξη, απελευθέρωση τοξικών αερίων	*Γνώση/Πληροφόρηση για το φορτίο που μεταφέρεται	
	2.2 Αντίδραση φορτίου με το νερό, και άρα δημιουργία επιπρόσθετων κινδύνων	*Αναποτελεσματική κατάκλυση *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς *Δημιουργία άλλων κινδύνων πχ. έκρηξη, απελευθέρωση τοξικών αερίων	*Γνώση/Πληροφόρηση για το φορτίο που μεταφέρεται	
3. Προβλήματα εξοπλισμού	3.1 Οι βαλβίδες αντεπιστροφής επιβραδύνουν το χρόνο κατάκλυσης του αμπαριού	*Αναποτελεσματική κατάκλυση *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς	*Συχνή επιθεώρηση και συντήρηση	*Καλύτερη σχεδίαση (πυροσβεστικού) δικτύου σωληνώσεων για γρηγορότερη πλήρωση του αμπαριού κατά την κατάκλυση [DNV, BV, ABS]
	3.2 Μη επαρκής συντήρηση των αντλιών	*Αναποτελεσματική κατάκλυση *Καθυστέρηση κατάκλυσης *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς		
	3.3 Ανεπαρκής χωρητικότητα της αντλίας να παρέχει ικανοποιητική ψύξη κατά την διάρκεια της κατάκλυσης	*Αναποτελεσματική κατάκλυση *Καθυστέρηση κατάκλυσης *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς		
4. Ελλιπής πληροφόρηση και εξήγηση από τους νηογνώμονες	4.1 Καμία οδηγία για το ενδεχόμενο της κατάκλυσης σαν μέθοδο κατάσβεσης	*Μη κατάκλυση *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς	*Επαρκής πληροφόρηση για τον τρόπο εκτέλεσης της κατάκλυσης	*Διάθεση οδηγιών επιχείρησης και εκτέλεσης υπολογισμών κατά την διάρκεια της κατάκλυσης, ειδικά μέσω του παρεχόμενου φυλλαδίου “Cargo Hold Flooding Control Booklet” του BV [DNV, BV, ABS]
	4.2 Καθυστέρηση στην λήψη απόφασης, λόγω ελλιπούς πληροφορίας για το περιεχόμενο του φορτίου εντός του αμπαριού	*Αναποτελεσματική κατάκλυση *Μη κατάκλυση *Καθυστέρηση κατάκλυσης *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς *Δημιουργία άλλων κινδύνων πχ. έκρηξη, απελευθέρωση τοξικών αερίων	*Γνώση/Πληροφόρηση για το φορτίο που μεταφέρεται	
	4.3 Μη σαφής πληροφορία για το βάρος του φορτίου, με αποτέλεσμα η αξιολόγηση της καταπόνησης σύμφωνα με τον νηογνώμονα να είναι πιο οριακή από ό,τι έχει υπολογιστεί, σε συνθήκες κατάκλυσης του αμπαριού	*Εκτέλεση κατάκλυσης μέχρι ένα ορισμένο σημείο *Αναποτελεσματική κατάκλυση *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς	*Επαρκής πληροφόρηση για τον βάρος του φορτίου που μεταφέρεται ανά ε/κ ή αμπάρι *Ειδική σχεδίαση αμπαριού για αντοχή σε μεγαλύτερη καταπόνηση	
5. Παρατεταμένο χρονικό διάστημα κατά την εκτέλεση ή όχι της κατάκλυσης αμπαριού	5.1 Χρονοβόρα ανάλυση για την εκτέλεση ή όχι της διαδικασίας	*Καθυστέρηση κατάκλυσης *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς	*Μικρότερη σχεδίαση αμπαριού, ώστε η ανάλυση για προετοιμασία κατάκλυσης του αμπαριού ή και η εκτέλεσή της να είναι πιο γρήγορες	*Καλύτερη σχεδίαση (πυροσβεστικού) δικτύου σωληνώσεων και αμπαριού για γρηγορότερη πλήρωση του αμπαριού κατά την κατάκλυση [DNV, BV, ABS]
	5.2 Καθυστερημένη απόφαση για την εκτέλεση της κατάκλυσης, λόγω θεώρησης της σαν έσχατη επιλογή μεθόδου κατάσβεσης	*Αναποτελεσματική κατάκλυση *Καθυστέρηση κατάκλυσης *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς	*Ειδική σχεδίαση αμπαριού για αντοχή σε μεγαλύτερη καταπόνηση	
	5.3 Χρονοβόρα η διαδικασία της κατάκλυσης του αμπαριού	*Αναποτελεσματική κατάκλυση *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς	*Καλύτερη σχεδίαση δικτύου για γρηγορότερη πλήρωση κατά την κατάκλυση	

Μέθοδοι Κατάσβεσης Πυρκαγιάς				
Κατάκλυση αμπαριού				
Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες λειτουργίας των συστημάτων πυρόσβεσης	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από Additional Notations (DNV, BV, ABS)
6. Ζητήματα ευστάθειας	6.1 Υπάρχοντα ή δημιουργούμενα προβλήματα ευστάθειας πριν και κατά την κατάκλυση	*Εκτέλεση κατάκλυσης μέχρι ένα ορισμένο σημείο *Αναποτελεσματική κατάκλυση *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς	*Ειδική σχεδίαση αμπαριού για αντοχή σε μεγαλύτερη καταπόνηση * Μικρότερη σχεδίαση αμπαριού, ώστε μικρότερη η επίδραση της κατάκλυσης στα θέματα ευστάθειας και αντοχής	*Διάθεση οδηγιών επιχείρησης και εκτέλεσης υπολογισμών κατά την διάρκεια της κατάκλυσης, ειδικά μέσω του παρεχόμενου φυλλαδίου “Cargo Hold Flooding Control Booklet” του BV [DNV, BV, ABS] *Χρήση του οργάνου παρακολούθησης της φορτωτικής κατάστασης του πλοίου “Loading Instrument” [BV]
	6.2 Δεν επιτρέπεται η κατάκλυση λόγω κινδύνων ευστάθειας ή αντοχής	*Μη κατάκλυση *Συνεχής εξάπλωση φωτιάς		

Πίνακας 15: Ανάλυση παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Μεθόδους Πυρόσβεσης: Κατάκλυση αμπαριού

Μέθοδοι Κατάσβεσης Πυρκαγιάς				
Μόνιμο Σύστημα Πυρόσβεσης στο αμπάρι μέσω CO ₂				
Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες λειτουργίας των συστημάτων πυρόσβεσης	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από Cargosafe, Additional Notations (DNV, BV, ABS)
1. Στεγανότητα κύτους	1.1 Μόνωση στομίων αμπαριών δεν παρέχει επαρκή στεγανότητα στον αέρα	* Διαρροή CO ₂ και άρα αναποτελεσματική πυρόσβεση	* Αυτοματοποιημένο ή απομακρυσμένο κλείσιμο των αεραγωγών εξαερισμού	* Εγκατεστημένο σύστημα αισθητήρων σε κάθε αμπάρι για τη μέτρησης συγκέντρωσης του οξυγόνου [ABS]
	1.2 Ανοιχτοί εξαερισμοί	* Διαρροή CO ₂ και άρα αναποτελεσματική πυρόσβεση		
	1.3 Ελλιπής επιβεβαίωση της κατάστασης εξαερισμού	* Καθυστερήση ή μη απελευθέρωση CO ₂ * Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς		
2. Φορτίο εντός του κύτους	2.1 Το φορτίο έχει την ικανότητα να αυτοοξειδώνεται	* Εξασθενημένη επίδραση συστήματος πυρόσβεσης * Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς * Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς * Επανάφλεξη		
3. Σχεδιαστική Αστοχία συστήματος	3.1 Διάταξη ακροφυσίων σε λάθος θέση	* Εξασθενημένη επίδραση συστήματος πυρόσβεσης * Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς * Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς * Επανάφλεξη		* Επιθεωρήσεις για επάρκεια και αξιοπιστία εξοπλισμού [Cargosafe]
	3.2 Λάθος σχεδίαση ακροφυσίων	* Πάγωμα CO ₂ , αν η πίεση γίνει μικρότερη από 5 bars προτού απελευθερωθεί το CO ₂ * Αναποτελεσματική απελευθέρωση * Εξασθενημένη επίδραση συστήματος πυρόσβεσης * Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς * Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς * Επανάφλεξη		
4. Περιορισμοί συστήματος	4.1 Το CO ₂ δεν γίνεται να εισαχθεί εντός των ε/κ	* Εξασθενημένη επίδραση συστήματος πυρόσβεσης * Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς * Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς * Επανάφλεξη		
	4.2 Μείωση ποσότητας CO ₂	* Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς * Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς * Επανάφλεξη		* Αύξηση της ποσότητας του CO ₂ που συνεπάγεται τις περισσότερες φορές ρίψης αυτού και αύξηση της διάρκειας καταστολής [Cargosafe]
	4.3 Η αρμόδια ομάδα διστάζει να ενεργοποιήσει το σύστημα CO ₂ λόγω περιορισμένης ποσότητάς του	* Εξασθενημένη επίδραση συστήματος πυρόσβεσης * Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς * Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς		* Επιθεωρήσεις για επάρκεια και αξιοπιστία εξοπλισμού [Cargosafe]
5. Προβλήματα συστήματος και εξαρτημάτων του	5.1 Διαρροή CO ₂ από τις σωληνώσεις	* Εξασθενημένη επίδραση συστήματος πυρόσβεσης * Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς * Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς * Επανάφλεξη		* Επιθεωρήσεις για επάρκεια και αξιοπιστία εξοπλισμού [Cargosafe]
	5.2 Φραγή στις σωληνώσεις	* Εξασθενημένη επίδραση συστήματος πυρόσβεσης * Καθυστερήση ή μη απελευθέρωση CO ₂ * Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς		

Μέθοδοι Κατάσβεσης Πυρκαγιάς				
Μόνιμο Σύστημα Πυρόσβεσης στο αμπάρι μέσω CO ₂				
Παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες λειτουργίας των συστημάτων πυρόσβεσης	Πιθανά προβλήματα	Συνέπειες Προβλημάτων	Πιθανά Μέτρα Αντιμετώπισης	Προτάσεις από Cargosafe, Additional Notations (DNV, BV, ABS)
		*Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς		
	5.3 Οι βαλβίδες δεν ανοίγουν	*Εξασθενημένη επίδραση συστήματος πυρόσβεσης *Καθυστερήση ή μη απελευθέρωση CO ₂ *Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς *Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς		
	5.4 Αποτυχία κατά την ενεργοποίηση	*Καθυστερήση ή μη απελευθέρωση CO ₂ *Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς *Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς	*Πιο εύχρηστο και κατανοητό πάνελ και διάταξη του συστήματος	
	5.5 Λάθος αναγνώριση του επηρεαζόμενου σημείου προς πυρόσβεση (σε περίπτωση σύνδεσης με το σύστημα ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος)	*Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς *Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς		
	5.6 Ανεπαρκής πίεση πριν την εξαγωγή από ακροφύσια, με αποτέλεσμα την παρουσία υγρής και αέριας φάσης του CO ₂	*Αναποτελεσματική απελευθέρωση *Εξασθενημένη επίδραση συστήματος πυρόσβεσης *Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς *Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς *Επανάφλεξη	*Για την βέλτιστη απόδοση της απελευθέρωσης του CO ₂ , ενδεικνύμενη τιμή πίεσης στα 10 bar με όσο το δυνατόν υπερίσχυση της υγρής φάσης του CO ₂ , προτού εξαχθεί.	
	6. Εκπαίδευση και Εξοικείωση πληρώματος	6.1 Λάθος αναγνώριση του επηρεαζόμενου σημείου προς πυρόσβεση	*Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς *Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς	*Ενισχυμένη εκπαίδευση στο σύστημα. *Πιο εύχρηστο και κατανοητό πάνελ και διάταξη του συστήματος
6.2 Ελλιπής επιβεβαίωση της κατάστασης εξαερισμού		*Καθυστερήση ή μη απελευθέρωση CO ₂ *Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς		
6.3 Ελλιπής επικοινωνία και δυσκολία στον συντονισμό της διαδικασίας		*Εξασθενημένη επίδραση συστήματος πυρόσβεσης *Καθυστερήση ή μη απελευθέρωση CO ₂ *Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς *Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς		
6.4 Αποτυχία κατά την ενεργοποίηση		*Καθυστερήση ή μη απελευθέρωση CO ₂ *Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς *Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς		
6.5 Το πλήρωμα δεν είναι εξοικειωμένο με την ενεργοποίηση του συστήματος		*Καθυστερήση ή μη απελευθέρωση CO ₂ *Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς		
6.6 Ανεπαρκής γνώση για τον τρόπο απελευθέρωσης του CO ₂		*Εξασθενημένη επίδραση συστήματος πυρόσβεσης *Καθυστερήση ή μη απελευθέρωση CO ₂ *Αποτυχία αντιμετώπισης φωτιάς *Συνεχόμενη εξάπλωση φωτιάς		

Πίνακας 16: Ανάλυση παραμέτρων, σφαλμάτων, συνεπειών και μέτρων αντιμετώπισης στις Μεθόδους Πυρόσβεσης: Μόνιμο Σύστημα Κατάσβεσης στο αμπάρι μέσω CO₂

5.3. Μέτρα αντιμετώπισης

Ανακεφαλαιώνοντας από την προηγούμενη ενότητα, παρατηρείται πως η επιχείρηση του πληρώματος κατά της κατάσβεσης της φωτιάς καθίσταται δύσκολη μέχρι και ανέφικτη, ενώ τα μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης δεν είναι αρκετά για να προσφέρουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Κατά συνέπεια είναι επιτακτική η ανάγκη για τον ορισμό συμπληρωματικών συστημάτων πυρόσβεσης ή αναβάθμιση των συμβατικών, που θα μπορούσαν να συνεισφέρουν αθροιστικά και άρα αποδοτικά στην όλη διαδικασία. Σε αντιστοίχιση με το κεφάλαιο της ανίχνευσης, οι πρόσθετες σημειώσεις των κανονισμών των νηογνώμωνων (Additional Notations) και η μελέτη της EMSA, Cargosafe, προτείνουν τα ανάλογα μέτρα για την πανάκεια του ζητήματος, με ομοιότητες να υπάρχουν σε γενικές προδιαγραφές που θέτουν οι νηογνώμονες.

5.3.1. DNV

Ο νορβηγικός νηογνώμονας διαθέτει δύο πρόσθετες σημειώσεις (FCS(FF), FCS(HF)) για τη μείωση των συνεπειών της πυρκαγιάς κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς, που οι λύσεις τους κατηγοριοποιούνται με κριτήριο το σημείο εφαρμογής τους (DNV, 2022).

Αρχικά, στην περιοχή των αμπαριών επιπλέον οδηγίες διατίθενται για την εγκατάσταση και λειτουργία του Μονίμου Συστήματος Διαβροχής μέσω Ακροφυσίων (Water Spray Nozzles System). Πρώτα από όλα, τονίζονται οι περιοχές εντός των αμπαριών που πρέπει να διαβρέχονται ομοιόμορφα, ώστε να επιτυγχάνεται αποδοτική περιφερειακή ψύξη των ορίων των εμπορευματοκιβωτίων, των φρακτών και των καλυμμάτων.

Σε ό,τι αφορά την πυρόσβεση άνω του καταστρώματος, δύο διαφορετικά συστήματα παρουσιάζονται εξασφαλίζοντας την αποτελεσματική ψύξη της ενδιάμεσης περιοχής μεταξύ των bays και της ανώτερης στην κορυφή των κιβωτίων και περιλαμβάνουν το σύστημα διαβροχής, «Water Spray (Curtain) System», και το Μόνιμο Σύστημα Κανονιών Πυρόσβεσης, «Fixed Fire-Fighting Monitor System», αντίστοιχα. Για το πρώτο σύστημα, η εγκατάστασή του προτείνεται να γίνεται εκεί που κάποια σταθερή κατασκευή του πλοίου ανυψώνεται, όπως για παράδειγμα οι γέφυρες πρόσδεσης και τα υπερστεγάσματα του πλοίου.



Εικόνα 27: Παράδειγμα συστήματος Water Spray (Curtain) System σε Σταθμό Ηλεκτροπαραγωγής⁴⁹

Από την άλλη πλευρά, για το μόνιμο σύστημα κανονιών πυρόσβεσης συνιστάται να τοποθετείται με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται η διαβροχή κάθε ανώτερου σημείου

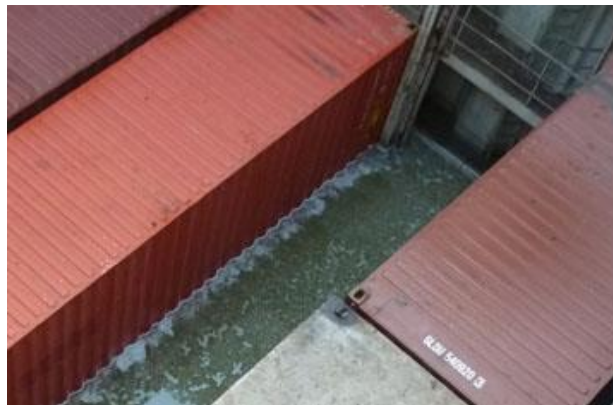
⁴⁹ <https://emacoglobal.com/all-solutions/emaco-water-spray-fixed-system-for-fire-protection/>

στα μπλοκς των εμπορευματοκιβωτίων από δύο τουλάχιστον κανόνια πυρόσβεσης. Ειδικότερα, απαιτείται η απόδοση της ρίψης τους (ρυθμός και μήκος) να μην επηρεάζεται στην περίπτωση της ταυτόχρονης λειτουργίας όλων των κανονιών. Επιπρόσθετα, αν προβλέπεται απομακρυσμένη ενεργοποίηση και χειρισμός του συγκεκριμένου εξοπλισμού, πρόταση γίνεται για προσθήκη κάμερας στην περιοχή αυτή ώστε να ενισχύεται η ορατότητα του χειριστή.



Εικόνα 28: Πυρόσβεση μέσω μονίμων εγκατεστημένων κανονιών⁵⁰

Επίσης, ειδικές συστάσεις παρουσιάζονται για τον τρόπο κατάκλισης των αμπαριών μέσω θαλασσινού νερού. Για αρχή, η μέθοδος να διεξάγεται μέσω παροχής νερού, αφενός από εγκαταστάσεις του πλοίου (πυροσβεστικό δίκτυο, σύστημα διαβροχής, δεξαμενές έρματος), αφετέρου από εξωτερική υποστήριξη (σκάφη διάσωσης, εξοπλισμός πυρόσβεσης στην ξηρά).



Εικόνα 29: Πλημμύρισμα αμπαριού⁵¹

⁵⁰ <https://www.dnv.com/expert-story/maritime-impact/A-step-change-in-fire-safety-on-board-containerships.html>

⁵¹ <https://gcaptain.com/danger-pressing-ballast-tanks/>

5.3.2. BV

Ανάλογες προσθήκες σε μέτρα αντιμετώπισης κάνει και ο γαλλικός νηογνώμονας μέσω των πρόσθετων σημειώσεων ECPF1 και ECPF2, από τους κανονισμούς «Rules for the Classification of Steel Ships» (BV, 2022).

Ως βελτιστοποίηση της πυρόσβεσης μέσω του φορητού εξοπλισμού, προτείνεται παρεμφερές σύστημα κατάσβεσης, το οποίο θα έχει την ίδια αρχή λειτουργίας με τη λόγχη υδρονέφωσης και με το πρόσθετο πλεονέκτημα της ανύψωσης του μηχανισμού του από το κατάστρωμα στο επιθυμητό κιβώτιο. Με λίγα λόγια, δηλαδή, το προσωπικό δεν χρειάζεται να σκαρφαλώσει και έχει τη δυνατότητα χρησιμοποιήσει τη συγκεκριμένη συσκευή μέχρι το 5^ο tier των εμπορευματοκιβωτίων άνω της γέφυρας πρόσδεσης.

Παράλληλα, για την κατάσβεση στην περιοχή του φορτίου του καταστρώματος προτείνεται η μόνιμη εγκατάσταση των κανονιών πυρόσβεσης. Το συγκεκριμένο σύστημα παρουσιάζει ομοιότητες με εκείνο του DNV με μόνη εξαίρεση ότι η απαίτηση της αποτελεσματικότητας της ρίψης νερού είναι πιο αυστηρή, δηλαδή το μήκος και ύψος του πίδακα νερού από ένα και μόνο κανόνι να μπορεί να καλύψει οποιοδήποτε ανώτερο σημείο των εμπορευματοκιβωτίων.

Επόμενη κοινή πρόταση συστήματος με τον DNV είναι οι επιπρόσθετες απαιτήσεις που τίθενται για το μόνιμο σύστημα διαβροχής μέσω ακροφυσίων (Water Spray Nozzles System). Το σύστημα αυτό, όπως έχει αναφερθεί, τοποθετείται εσωτερικά των αμπαριών, ενώ στη συγκεκριμένη περίπτωση επιπλέον τροφοδότησή του δύναται να υπάρξει, ύστερα από εξωτερική σύνδεσή του με την ξηρά.

Σε συσχέτιση με το προηγούμενο σύστημα, τοποθέτηση ίδιου με αυτού ή παρεμφερούς με του DNV (Water Spray (Curtain) System) προτείνεται να υπάρχει στην περιοχή των υπερστεγασμάτων για την προστασία των εσωτερικών τους χώρων, των σωσίβιων λέμβων, αλλά και του μόνιμου εξοπλισμού κανονιών.

Στο ζήτημα της κατάκλυσης των αμπαριών, και ιδίως στα θέματα ευστάθειας και καταπόνησης του πλοίου, επικουρική θα είναι η συνεισφορά του εξειδικευμένου φυλλαδίου οδηγιών (Cargo Hold Flooding Control Booklet) και του οργάνου παρακολούθησης της φορτωτικής κατάστασης του πλοίου (Loading Instrument), κατά την επιχείρηση πλημμυρίσματος.

5.3.3. ABS

Προτάσεις συστημάτων ή ενίσχυσης των συμβατικών εισάγει ο αμερικάνικος νηογνώμονας με βάση τις ακόλουθες σημειώσεις (ABS, 2022).

Εναλλακτική αντικατάσταση της αντιμετώπισης μέσω των πυροσβεστικών μανικών και των φορητών κανονιών, συνιστά η σημείωση FOC, άνω του καταστρώματος, από το μόνιμο σύστημα διαβροχής (Water Spray (Curtain) System) και τα μονίμως εγκατεστημένα κανόνια πυρόσβεσης. Η εγκατάσταση του πρώτου στοχεύει στην προστασία υπερστεγασμάτων, “engine casing”⁵² και bays εμπορευματοκιβωτίων, ενώ του δεύτερου στην αποφυγή μετάδοσης της φωτιάς από bay σε bay ή στα υπερστεγμάσματα και στο engine casing. Πιο αναλυτικά, συνιστάται να τοποθετούνται σε υπερυψωμένα σημεία και να κατανέμονται με

⁵² Ως Engine Casing καλείται η κατασκευή που καλύπτει τα ανώτερα μέρη του μηχανοστασίου, τα οποία εκτείνονται στην άνωθεν περιοχή του καταστρώματος.

τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται η διαβροχή κάθε ανώτερου σημείου στα μπλοκ των εμπορευματοκιβωτίων από δύο τουλάχιστον κανόνια.

Συνέχεια της προηγούμενης σημείωσης αποτελεί η FOC+ που αναφέρεται σε πλοία που φέρουν τα συστήματα πυρόσβεσης της FOC και επιπλέον το μόνιμο σύστημα διαβροχής (Water Spray System) για την προστασία των καλυμμάτων στομίων. Τα ακροφύσια διατάσσονται έτσι, ώστε να διασφαλίζουν την απελευθέρωση νερού στην κορυφή των καλυμμάτων, ενώ ομαδοποιούνται σε τομείς που να καλύπτουν περιοχές του καλύμματος αντιστοιχιζόμενες στο κάθε bay από εμπορευματοκιβώτια.

Για την διασφάλιση της ανθρώπινης ζωής από την πρόσθετη σημείωση CCH, προτείνεται η εγκατάσταση μονίμων συστημάτων διαβροχής (Water Spray Systems) στα εξωτερικά περιθώρια των υπερκατασκευών και των υπερστεγασμάτων και στις περιοχές όπου εκτίθενται οι σωσίβιες λέμβοι και οι σταθμοί συγκέντρωσης (muster stations) του προσωπικού, που γειτνιάζουν με bays από εμπορευματοκιβώτια.

Συγχρόνως, για την περιοχή των αμπαριών παρουσιάζονται οι ακόλουθες λύσεις από την FBC. Αρχικά, όσον αφορά την έμμεση συνεισφορά στη βελτίωση του μόνιμου συστήματος κατάσβεσης μέσω CO₂, προτείνεται προσθήκη συστήματος παρακολούθησης της συγκέντρωσης του οξυγόνου στα αμπάρια. Έτσι, θα διαμορφώνονται ιδανικές συνθήκες (αδρανής ατμόσφαιρα) για την αποτελεσματικότητα του CO₂. Αυτό θα επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση ενός τουλάχιστον σένσορα μέτρησης της συγκέντρωσης του οξυγόνου στο ανώτερο μέρος κάθε αμπαριού. Συνιστάται, ακόμη, η έξοδος των αποτελεσμάτων να απεικονίζεται στο πάνελ ελέγχου του μεμονωμένου σταθμού ελέγχου πυρκαγιάς (Container Fire Control Station) ή σε άλλα σημεία όπου ενεργοποιείται το σύστημα CO₂. Συμπληρώνοντας, όσο για την πυρόσβεση μέσω νερού, η εγκατάσταση του μόνιμου συστήματος διαβροχής επαναπροτείνεται για την κάλυψη κάθε bay και πιο συγκεκριμένα ομοιόμορφη διαβροχή στο εσωτερικό μέρος του καταστρώματος και του καλύμματος στομίου και στην κορυφή κάθε στοίβας από κιβώτια.

Τελευταίος εναπομένον τρόπος πυρόσβεσης είναι αυτός του πλημμυρίσματος των αμπαριών, που οδηγίες του αντλούνται από την σημείωση CHF. Διευκρινίζεται πως ανά σενάριο πυρκαγιάς, ένα αμπάρι μπορεί να κατακλύζεται, είτε μέσω του πυροσβεστικού δικτύου, είτε από άντληση νερού από τις δεξαμενές έρματος.

5.3.4. Κοινές πτυχές των μέτρων στους DNV, BV, ABS

Συμπληρωματικά όλων των προειρημένων μέτρων και των τριών νηογνωμόνων, ομοιότητες παρουσιάζονται σε κάποιες βασικές απαιτήσεις των νηογνωμόνων.

Πρώτα και κυριότερα, στο ζήτημα της παροχής νερού από το μόνιμο σύστημα ψεκασμού, τα κανόνια πυρόσβεσης, ή τις σωληνώσεις/μάνικες του πυροσβεστικού δικτύου, κριτήρια τίθενται στην ειδική διαμόρφωση και ρύθμιση των ακροφυσίων για την βέλτιστη διαβροχή των επιθυμητών επιφανειών, στην αύξηση της χωρητικότητας των αντλιών, και άρα του ρυθμού απελευθέρωσης του νερού. Στη συνέχεια, προτείνεται κλείσιμο των ανοιγμάτων του καταστρώματος και απενεργοποίηση των ανεμιστήρων εξαερισμού με άμεσα ή απομακρυσμένα μέσα, για την αποδοτικότερη κατάσβεση ή αποφυγή διαβροχής λοιπών εμπορευματοκιβωτίων, στην περίπτωση κατάσβεσης κάτωθεν ή άνωθεν του καταστρώματος, αντίστοιχα. Απομακρυσμένη ενεργοποίηση συνιστάται να υπάρχει, επίσης, και στα σταθερά συστήματα πυρόσβεσης, πέραν της χειροκίνητης, ενώ επαρκείς διατάξεις αποστράγγισης να υφίστανται για αποφεύγονται ζητήματα ευστάθειας λόγω συσσώρευσης

υδάτων στην περιοχή των αμπαριών. Τέλος, συστήνεται τα εκτεθειμένα μέρη του πυροσβεστικού εξοπλισμού, όπως οι διατάξεις των ακροφυσίων ή τα μονίμως εγκατεστημένα κανόνια πυρόσβεσης, να είναι ανθεκτικά και μέριμνα να λαμβάνεται, όσον αφορά φορτία που μπορεί να δεχτούν από τον «βίαιο» πίδακα νερού που εξάγουν (κανόνια) ή ακόμα και από την φορτωτική διαδικασία και τις ακραίες καταστάσεις θάλασσας, ώστε να αποτρέπεται τυχόν βλάβη τους.

Ακόμα, επιπρόσθετες ομάδες προδιαγραφών αφορούν τη μέθοδο κατάσβεσης της κατάκλυσης αμπαριού. Παράμετροι που αποσκοπούν στην επιτυχία της μεθόδου, είναι η ειδική σχεδίαση, τόσο του δικτύου σωληνώσεων, όσο και του ίδιου του αμπαριού, με αποτέλεσμα την γρήγορη πλήρωση του χώρου, καθώς επίσης και η παρακολούθηση της στάθμης του νερού στο κατακλυζόμενο αμπάρι με κατάλληλα μέσα και σένσορες για την ρύθμιση του ρυθμού απελευθέρωσης του νερού. Παράλληλα, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην πρόληψη προβλημάτων ευστάθειας και κόπωσης της κατασκευής του πλοίου, με παροχή επιπλέον οδηγιών για τον τρόπο εκτέλεσης της μεθόδου και φυλλαδίων υπολογισμών παραμέτρων πριν και κατά την εφαρμογή της. Παράγοντας που επιδρά στο προηγούμενο, δηλαδή τη διασφάλιση της ευστάθειας και αντοχής του πλοίου, είναι η λειτουργικότητα του συστήματος αποστράγγισης που να επιτρέπει την άμεσα ρυθμιζόμενη απομάκρυνση του νερού από το αμπάρι.

Τέλος, όπως είχε διατυπωθεί και στον τομέα της ανίχνευσης, υπενθυμίζεται πως προτείνεται η ύπαρξη μεμονωμένου σταθμού ελέγχου πυρκαγιάς εμπορευματοκιβωτίων (Container Fire Control Station) όπου θα παρέχεται ο ανάλογος εξοπλισμός και εργαλεία για χειροκίνητη ανίχνευση και πυρόσβεση, καθώς και οι πίνακες ελέγχου των συστημάτων αυτών.

5.3.5. Cargosafe

Ύστερα από μια σειρά μέτρων ελέγχου κινδύνου (RCMs), η μελέτη Cargosafe κατέληξε σε στις ακόλουθες πέντε επιλογές ελέγχου κινδύνου (RCOs) (EMSA, 2023).

Ενίσχυση αποδοτικότητας του Μονίμου Συστήματος CO₂

Αρχικά, βελτίωση του μόνιμου συστήματος CO₂, που εγκαθίσταται εντός των αμπαριών, προτείνεται με δύο βασικές αναθεωρήσεις. Πρώτη και κυριότερη είναι η αύξηση της ποσότητας του CO₂ που μεταφέρεται, με στόχο την αύξηση του χρόνου πυρόσβεσης και επίτευξης των συνθηκών αδρανούς ατμόσφαιρας. Η αύξηση αυτή επιτυγχάνεται, είτε με προσθήκη περισσότερων φιαλών CO₂ ή με αντικατάστασή όλων των φερόμενων φιαλών CO₂ με ενιαία δεξαμενή CO₂. Παράλληλα, προτείνεται οι διαδικασίες της επιθεώρησης και της συντήρησης να είναι πιο διεξοδικές και συχνές στο ζήτημα της μόνωσης των αμπαριών και της κατάστασης των φιαλών/ δεξαμενής αποθήκευσης CO₂.

Βελτίωση των χειροκίνητων εργαλείων πυρόσβεσης, για μεμονωμένη διάτρηση και πυρόσβεση

Στην περίπτωση χρήσης της λόγχης υδρονέφωσης για την κατάσβεση εντός των εμπορευματοκιβωτίων, πρόταση για διευκόλυνση της διαδικασίας διάτρησης γίνεται μέσω ειδικών εργαλείων. Αυτά απαρτίζονται από ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούν τρυπάνια ή ποτηροτρύπανα για το άνοιγμα της οπής που θα εισαχθεί η λόγχη υδρονέφωσης. Ωστόσο, προσοχή πρέπει να υφίσταται στο είδος του φορτίου που φέρει το εμπορευματοκιβώτιο, καθώς σπινθήρες ή αύξηση της θερμοκρασίας λόγω χρήσης των διατηρητικών εργαλείων μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την κατάσταση της φωτιάς.



Εικόνα 30: Διάτρηση μέσω ηλεκτρικού εργαλείου και ποτηροτρύπανου (EMSA, 2023)

Από την άλλη πλευρά, όταν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα παραπάνω, συνιστάται εφαρμογή ειδικών εργαλείων υδροκοπής που παράλληλα δρουν και ως εργαλεία κατάσβεσης λόγω της μεγάλης πίεσης νερού που χρησιμοποιούν. Κατά το σενάριο πυρκαγιάς ενός εμπορευματοκιβωτίου, υφίσταται σύνδεση του μηχανήματος αυτού με την παροχή νερού που είναι ικανή να το τροφοδοτεί με την κατάλληλη πίεση νερού, ώστε να κοπεί το τοίχωμα του εμπορευματοκιβωτίου. Όταν το σύστημα σταθεροποιηθεί στην κατασκευή, η διαδικασία της κοπής και έπειτα, της υδρονέφωσης διενεργείται αυτόματα με το πλήρωμα να μην χρειάζεται να επέμβει. Παρόλα τα πλεονεκτήματα της συσκευής, περιορισμοί υπάρχουν στον τρόπο στερέωσης της πάνω στο εμπορευματοκιβώτιο, καθώς προς το παρόν εγκαθίσταται σε συγκεκριμένους είδους κιβώτια που φέρουν ειδικές μπάρες ασφάλισης στις πόρτες και καθιστούν εύκολη την τοποθέτησή της.



Εικόνα 31: Εργαλείο Υδροκοπής (EMSA, 2023)

Χειροκίνητα Ανυψώμενα Εργαλεία Πυρόσβεσης

Σε συνέχεια των ειδικών εργαλείων υδροκοπής που προτάθηκαν, προσάρτησή τους σε ειδικό τηλεσκοπικό κοντάρι, καθιστά τη λειτουργία τους ακόμη πιο αποδοτική εξαιτίας της κατάσβεσης και σε ανώτερα επίπεδα των εμπορευματοκιβωτίων πέραν του καταστρώματος (ή του πρώτου επιπέδου από τη γέφυρα πρόσδεσης). Πιο αναλυτικά, αφού το σύστημα έχει συνδεθεί με το δίκτυο νερού, ανυψώνεται μέσω του κονταριού στο επιθυμητό εμπορευματοκιβώτιο και «γαντζώνεται» σε αυτό με ειδικό άγκιστρο. Η αρχή λειτουργίας του συστήματος είναι ίδια με την αναφερόμενη πριν. Εναλλακτικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, μέσω της τεχνολογίας HydroPen Systems.



Εικόνα 32: Πτυσσόμενο Εργαλείο Υδροκοπής και Πυρόσβεσης⁵³

Μέθοδοι μη επανδρωμένης πυρόσβεσης μέσω κανονιών πυρόσβεσης

Επιπρόσθετες οδηγίες διατίθενται για την επιλογή και τοποθέτηση των κινητών κανονιών πυρόσβεσης. Συγκεκριμένα, για λόγους ευχρηστίας κατά την μεταφορά, συνιστάται το υλικό των συσκευών να είναι αλουμίνιο, ενώ για λόγους ευελιξίας, σε μορφή να είναι όπως αυτό της εικόνας 33 που μπορεί να στερεωθεί προσωρινά στα κάγκελα ή στις σκάλες, ενώ συγχρόνως επιτρέπει την περιστροφή του ακροφυσίου από 0° έως 90°. Συμπληρωματικά, ευνοϊκή είναι η διαμόρφωση σε ενδεχόμενα μέρη τοποθέτησης τέτοιων στοιχείων ή πυροσβεστικών μανικών (Εικόνα 34) ώστε να μειώνεται ο χρόνος σταθεροποίησής τους και πιο αποτελεσματική να είναι η ρίψη του νερού.



Εικόνα 33: Κινητό κανόνι πυρόσβεσης με μηχανισμό στερέωσης

⁵³ <https://www.viking-life.com/industries/commercial-shipping/marine-fire-safety-commercial-shipping/hydropen/>



Εικόνα 34: Ειδική διαμόρφωση στερέωσης πυροσβεστικής μάνικας

Τουρμπίνα υδρονέφωσης

Ως ανάγκη εγκατάστασης ενός σταθερού συστήματος πυρόσβεσης στην περιοχή του καταστρώματος, προτείνεται η χρήση της τεχνολογίας Water Mist Turbine, ή αλλιώς τουρμπίνας υδρονέφωσης. Το συγκεκριμένο μέσο έχει την ικανότητα ρίψης νερού με διάφορους τρόπους, είτε με μορφή ψεκασμού, είτε με μορφή πίδακα νερού. Η τοποθέτησή του προτείνεται να είναι στην κορυφή των υπερστεγασμάτων για την μέγιστη κάλυψη των ανώτερων επιπέδων εμπορευματοκιβωτίων, ενώ η ενεργοποίησή του από σταθερό πίνακα ελέγχου εγκατεστημένο στη γέφυρα ή με ανάλογο χειριστήριο. Ωστόσο, μιας και η τουρμπίνα υδρονέφωσης εισάγεται τώρα στην αγορά, πολλοί περιορισμοί φαίνεται να παρουσιάζονται για την εγκατάστασή της σε ένα πλοίο μεταφοράς ε/κ.



Εικόνα 35: Τουρμπίνα Υδρονέφωσης

Κεφάλαιο 6: Ανάλυση με χρήση Δέντρων Σφαλμάτων

6.1. Εισαγωγή

Εξίσου σημαντικό μέρος αυτής της διπλωματικής είναι η ανάλυση των παραμέτρων που γίνεται για τα συστήματα Ανίχνευσης και Πυρόσβεσης, με σκοπό τον προσδιορισμό των βασικών γεγονότων που οδηγούν αποτυχία των συστημάτων. Η συγκεκριμένη ανάλυση διεξάγεται με χρήση των Δέντρων Σφαλμάτων, μέθοδος κοινή για εμπειρικές μελέτες του κλάδου της ναυτιλίας και όχι μόνο. Στόχος των δέντρων σφαλμάτων είναι να απλοποιήσουν το σενάριο αποτυχίας ενός συστήματος ή γεγονότος, προσδιορίζοντας τις «πιο συχνές» συνιστώσες που αποτέλεσαν αιτίες δημιουργίας αυτού [Ποιοτική Ανάλυση], καθώς και να ποσοτικοποιήσουν τις συνιστώσες αυτές ώστε να συμβάλλουν στη μείωση της συχνότητας της αποτυχίας [Ποσοτική Ανάλυση]. Η ανάλυση που παρουσιάζεται παρακάτω αφορά το ποιοτικό μέρος των δέντρων σφαλμάτων που αντλούν στοιχεία από τους πίνακες [10](#) και [16](#) των κεφαλαίων 4 και 5, αντίστοιχα, ενώ η ποσοτικοποίηση της πιθανότητας αποτυχίας του υπό εξέταση συστήματος, αποτελεί αντικείμενο επόμενης έρευνας, εφόσον τα δέντρα τροφοδοτηθούν με κατάλληλα δεδομένα από αναφορές ατυχημάτων, αλλά και από τις κλάσεις νηογνωμόνων και τους κατασκευαστές κάθε πλοίου, στοιχεία που προς το παρόν είναι ελλιπή.

Όσον αφορά την κατάστροψη των δέντρων σφαλμάτων χρησιμοποιείται το μοντέλο της «από την κορυφή προς τα κάτω ανάλυσης αστοχίας» (Top-Down Analysis), έχοντας για βάση τα αίτια αστοχίας, δηλαδή «σφάλματα», και κορυφή το γεγονός κορυφής, δηλ. η «αποτυχία εκάστοτε συστήματος» (ανίχνευσης ή πυρόσβεσης). Ανάμεσα των δύο προηγούμενων στοιχείων μπορούν να τοποθετηθούν ενδιάμεσα γεγονότα που είναι απόρροια δύο ή περισσότερων σφαλμάτων του συστήματος, δηλ. οι «ομάδες σφαλμάτων» που οδηγούν στις «συνέπειες των σφαλμάτων». Συνδυαστικοί κρίκοι στοιχείων που αποτελούν συνδυασμό δύο ή παραπάνω άλλων στοιχείων (από τα στοιχεία σφαλμάτων ή ομάδων σφαλμάτων), είναι οι πύλες “AND” και “OR”, όπου η έξοδός τους καθορίζεται από την ολική και μερική εμφάνιση των στοιχείων εισόδου που τις απαρτίζουν, αντιστοίχως.

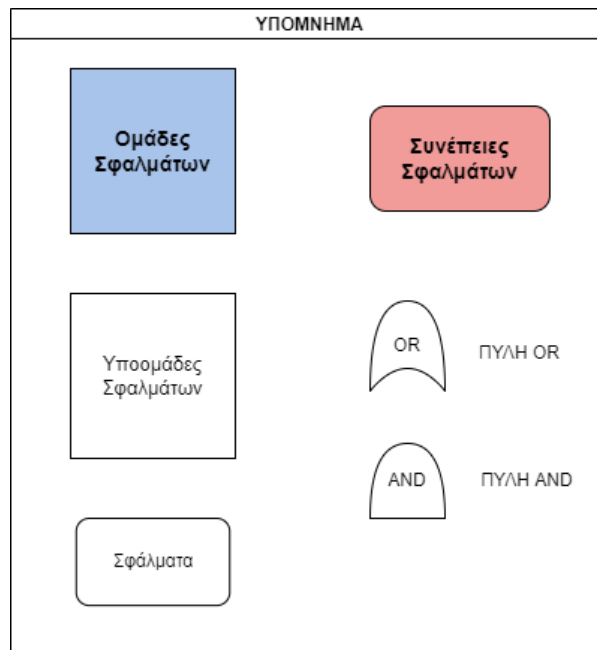
Σε συσχέτιση, λοιπόν, πινάκων και δέντρων σφαλμάτων, αν και με μια πρώτη ματιά η ανάλυσή τους φαίνεται παρεμφερής, στην πραγματικότητα τα δέντρα αποτελούν όχι μόνο απλούστευση των πινάκων, αλλά και συμβάλουν στην πιο εύκολη διάκριση των σφαλμάτων που οδηγούν στην αποτυχία του συστήματος. Συνεπώς, σε αντιστοίχιση με τον πίνακα κάθε τομέα λαμβάνονται τα σημαντικότερα και πιο συχνά σφάλματα και ομαδοποιούνται σε ομάδες σφαλμάτων, παρόμοιες πιθανώς με τις παραμέτρους του πίνακα (πρώτη στήλη εκάστοτε πίνακα). Τελικά, οι ομάδες αυτές καταλήγουν σε συγκεκριμένες συνέπειες προβλημάτων, πάλι σμίκρυνση αυτών από τους πίνακες, και αυτές με την σειρά τους στην ολοκληρωτική αποτυχία του συστήματος. Κατά αυτόν τον τρόπο, επέρχεται άμεσα η κατανόηση των αιτίων αποτυχίας του συστήματος που συνεπάγεται την εύκολη διερεύνηση αυτών, με στόχο την πρόταση μέτρων αντιμετώπισης τους.

Για λόγους συνέχειας και τρόπου ορισμού των δέντρων σφαλμάτων σύμφωνα με την “Top-Down” ανάλυση, κατά την ανάγνωση των αντίστοιχων εικόνων που τα απεικονίζουν η αποτυχία του κάθε συστήματος ξεκινάει πρώτη, καταλήγοντας στα παρακλάδια της, δηλαδή τα σφάλματα. Ωστόσο, ο αναγνώστης ενθαρρύνεται για την καλύτερη κατανόηση του

δέντρου να ξεκινήσει την ανάγνωση αντίστροφα, δηλαδή από τα σφάλματα στις συνέπειες που αυτά προκαλούν και τελικά στην αποτυχία του συστήματος.

Επίσης, σε κάθε δέντρο ενσωματώνεται πίνακας προτάσεων νέων συστημάτων και βελτιστοποίησης των τωρινών, που αντλείται από τις δύο τελευταίες στήλες των πινάκων [10](#) και [16](#), ενώ σημειώνεται πως αριθμοί που αναγράφονται στην αρχή των σφαλμάτων ή των ομάδων σφαλμάτων αποτελούν αυτούσια σφάλματα που προέρχονται από τους αναφερόμενους πίνακες. Περαιτέρω επεξήγηση των αναφερόμενων στοιχείων/κόμβων αναγράφεται στο υπόμνημα της εικόνας 36.

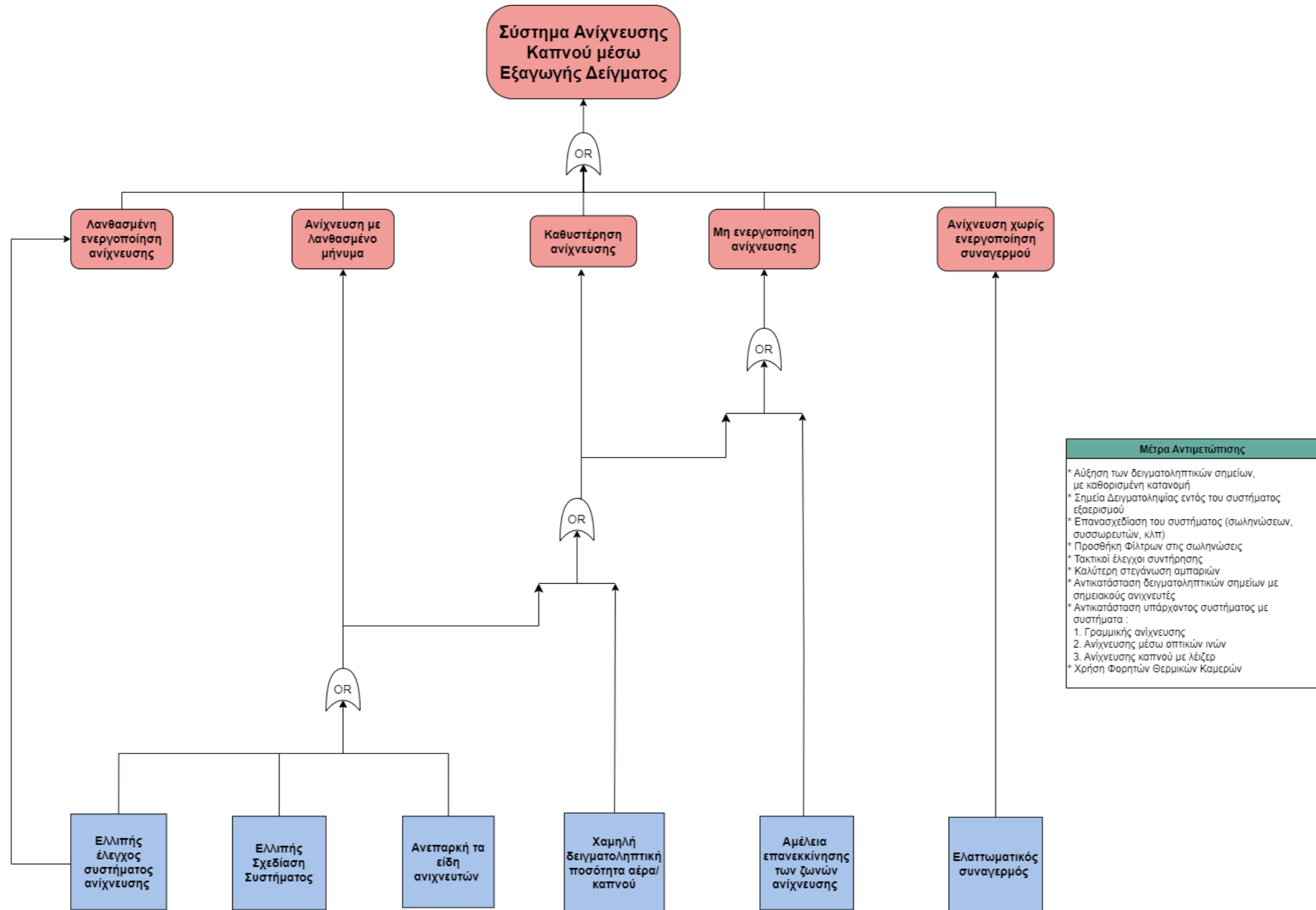
Τα δέντρα σφαλμάτων σχεδιάστηκαν μέσω της εφαρμογής *diagrams.net*.



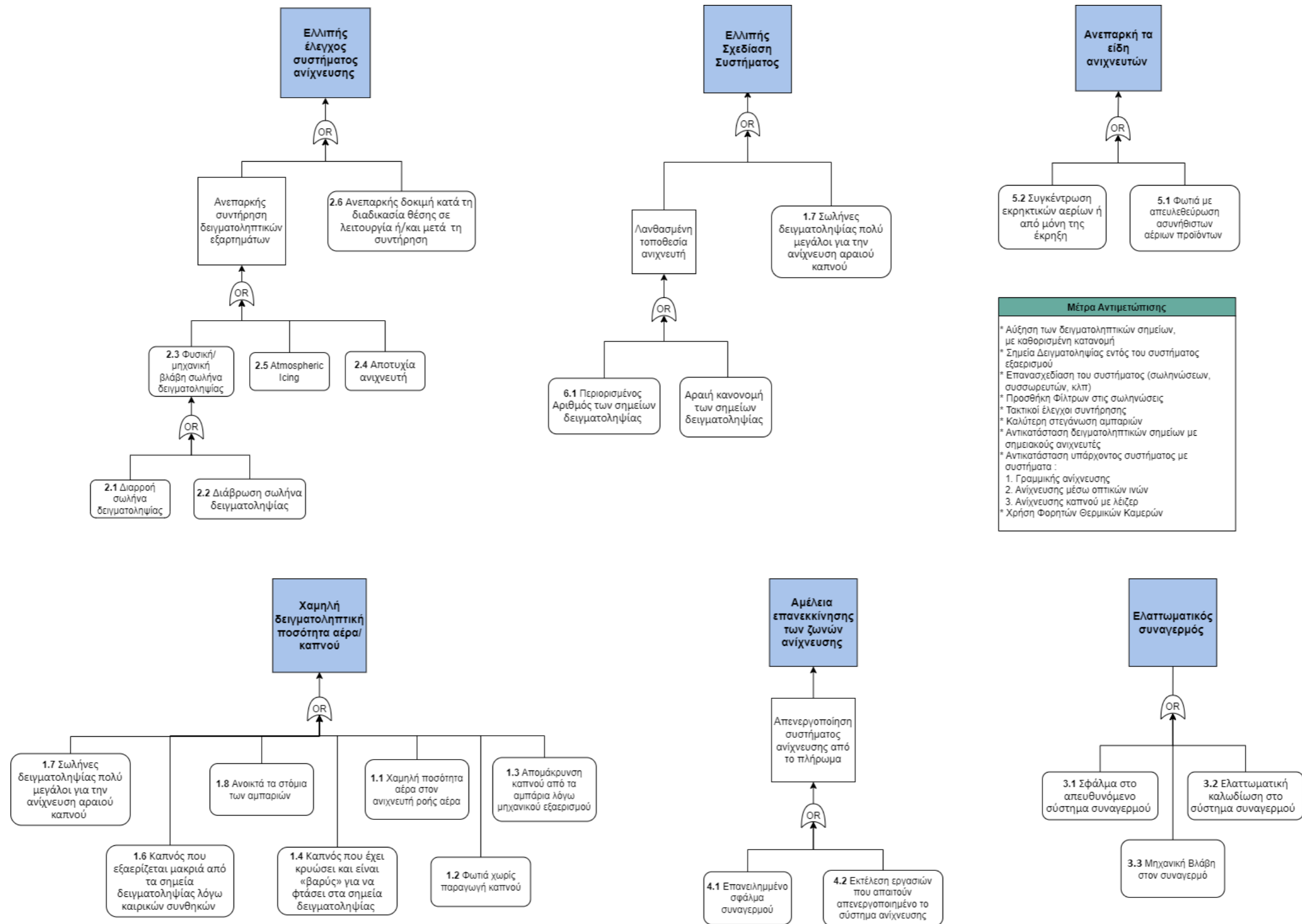
Εικόνα 36: Κοινό Υπόμνημα για τα Δέντρα Σφαλμάτων Ανίχνευσης και Πυρόσβεσης

6.2. Σενάριο Αποτυχίας Συστήματος Ανίχνευσης

Ακόμα και στη σύγχρονη εποχή, ο τομέας της ανίχνευσης αποτελεί πλήγμα στον εντοπισμό της φωτιάς στο χώρο φορτίου των πλοίων μεταφοράς ε/κ, καθώς όπως φάνηκε και στο αντίστοιχο κεφάλαιο, τα υπάρχοντα συστήματα είναι ξεπερασμένα και ανεπαρκή. Για αυτό τον λόγο, η Top-Down ανάλυση γίνεται για το Σύστημα Ανίχνευσης Καπνού μέσω Εξαγωγής Δείγματος, καθώς αυτό έχει πρωτοφανή ρόλο στον εντοπισμό φωτιάς σε πληθώρα των πλοίων μεταφοράς ε/κ που ταξιδεύουν μέχρι και σήμερα. Με την σχεδίαση του παρακάτω δέντρου σφαλμάτων είναι κατανοητό πως ελλιπής σχεδιασμός του συστήματος, ελαττώματα στα εξαρτήματά του, αλλά και αμέλεια συντήρησής και επιθεώρησής του, αποτελούν τους κυριότερους λόγους προς αποτυχία του συστήματος ανίχνευσης.



Εικόνα 37: Δέντρο Σφαλαμάτων στο Σύστημα Ανίχνευσης Καπνού μέσω Εξαγωγής Δείγματος – Part 1



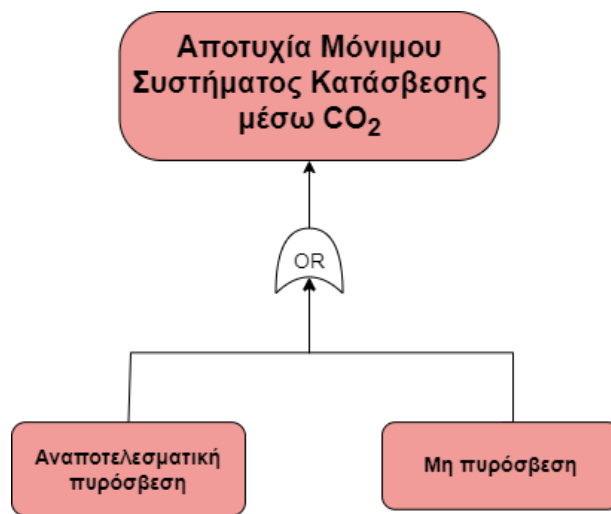
Εικόνα 38: Δέντρο Σφαλμάτων στο Σύστημα Ανίχνευσης Καπνού μέσω Εξαγωγής Δείγματος – Part 2

6.3. Σενάριο Αποτυχίας Συστήματος Πυρόσβεσης

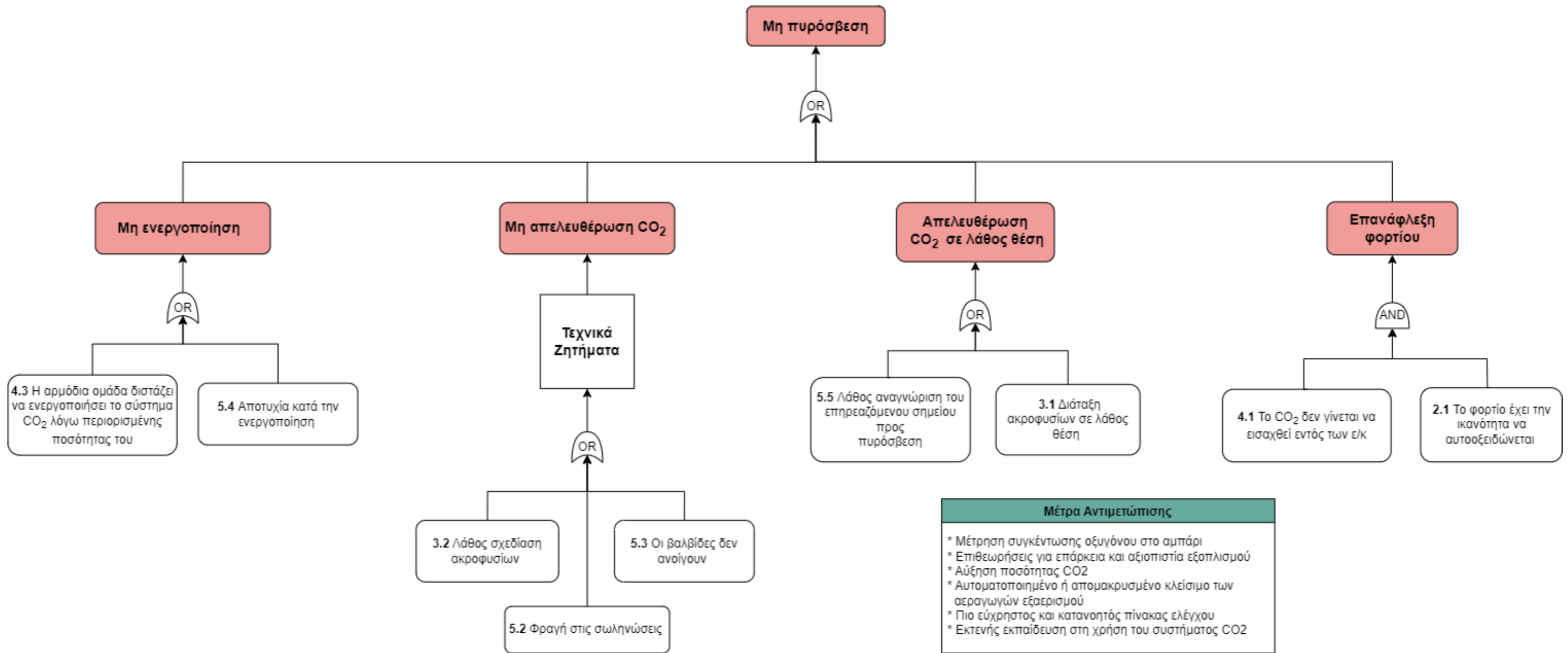
Σε αντιστοίχιση με το σύστημα της ανίχνευσης που παρουσιάστηκε παραπάνω, δέντρο σφαλμάτων έχει σχεδιαστεί, επίσης, για την ανάδειξη των σφαλμάτων του συστήματος πυρόσβεσης μέσω CO₂, όπως φαίνεται στις εικόνες 39, 40, και 41. Η αποτυχία του συστήματος είναι αποτέλεσμα της «Αναποτελεσματικής Πυρόσβεσης» και της «Μη Πυρόσβεσης» (Εικόνα 39), οι οποίες αναλύονται σε επόμενα παρακλάδια συνεπειών και σφαλμάτων.

Στην περίπτωση της Αναποτελεσματικής Πυρόσβεσης, παράμετρος που επιδρά στην κατάληξη αυτής είναι η ελλιπής στεγανότητα που υπάρχει, τόσο στα στόμια και τους εξαερισμούς, όσο και στις σωληνώσεις του δικτύου CO₂ και έχουν ως επίπτωση την αραίωση και το πάγωμα του CO₂. Επιπρόσθετα, προβλήματα που εντοπίζονται στη διάταξη του εξοπλισμού που αφορούν σχεδιαστική αστοχία ή απόρροια ανθρώπινων λαθών, καθυστερούν την όλη διαδικασία της απελευθέρωσης του CO₂.

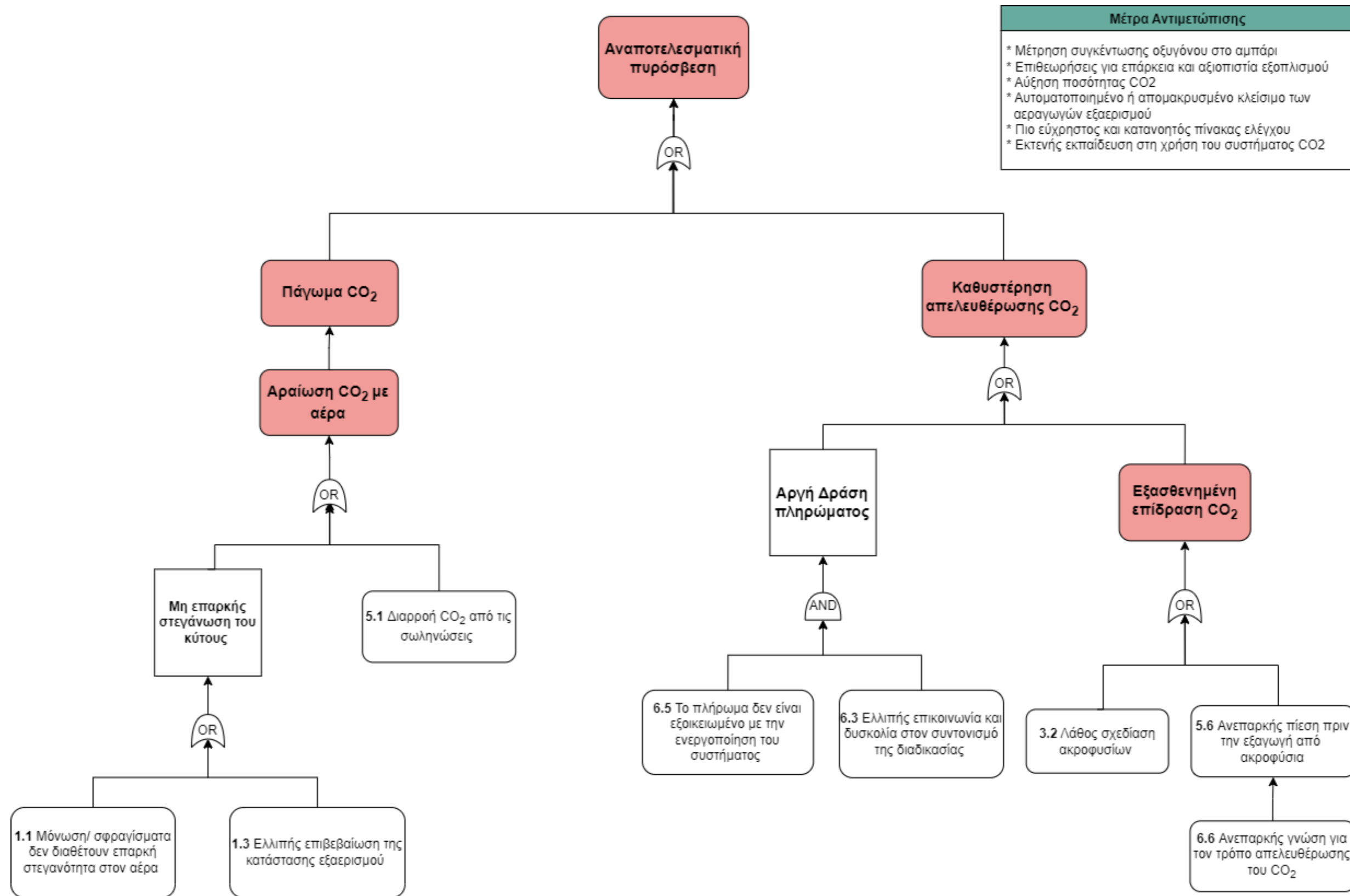
Όσον αφορά την συνέπεια της Μη πυρόσβεσης, παράγοντες όπως βλάβη στα μέρη του συστήματος, λανθασμένος σχεδιασμός της διάταξης ακροφυσίων και είδος του φορτίου που καίγεται, σε συνδυασμό όλων αυτών με τον ανθρώπινο παράγοντα είναι υπεύθυνοι για την μη ενεργοποίηση του συστήματος πυρόσβεσης, την μη απελευθέρωση CO₂, την απελευθέρωση CO₂ σε λάθος θέση και επανάφλεξη του φορτίου αντίστοιχα.



Εικόνα 39: Δέντρο σφαλμάτων Μόνιμου Συστήματος Κατάσβεσης CO₂ – Part 1



Εικόνα 40: Δέντρο σφαλμάτων Μόνιμου Συστήματος Κατάσβεσης CO₂ – Part 2



Εικόνα 41: Δέντρο σφαλμάτων Μόνιμου Συστήματος Κατάσβεσης CO₂ – Part 3

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, στο πλαίσιο αυτής της εργασίας εκπονήθηκε μία διεξοδική ανάλυση στους τομείς της πρόληψης, ανίχνευσης και κατάσβεσης πυρκαγιάς πάνω σε πλοία μεταφοράς ε/κ, μέσω της οποίας αναδείχθηκαν οι σημαντικότεροι επιδρώντες παράγοντες. Επιπλέον, μέσω της εργασίας αυτής, έγινε μια συνοπτική ανασκόπηση και απεικόνιση των σφαλμάτων και μέτρων αντιμετώπισης αυτών, η οποία πραγματοποιήθηκε μέσω των αντίστοιχων πινάκων και των δέντρων σφαλμάτων της ποιοτικής ανάλυσης, με τα βασικότερα συμπεράσματα των οποίων να αναφέρονται παρακάτω.

Πρόληψη Πυρκαγιάς

Στη μελέτη φάνηκε πως δύο είναι οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν κατά κόρον την πρόληψη πυρκαγιάς και εντοπίζονται στη φύση των επικίνδυνων φορτίων ως αγαθών μεταφοράς και στη λανθασμένη ή μη δήλωση τέτοιων φορτίων.

Από τη μία πλευρά, ενδεχόμενη αναθέρμανση ή στιγμιαία έκρηξη επικίνδυνων φορτίων μπορεί να οδηγήσει σε ανεξέλεγκτες καταστάσεις φωτιάς. Έτσι, ειδική μέριμνα πρέπει να τεθεί στα πιο ευάλωτα επικίνδυνα φορτία, από την πρωταρχική τους προετοιμασία και μέχρι και την στοιβασία τους στο χώρο φορτίου των πλοίων. Ειδικότερα, στο ζήτημα της στοιβασίας, η οργάνωσή της μέσω μεθοδολογιών ανάλυσης διακινδύνευσης οφείλει να είναι πιο ευρεία, ώστε να επιτυγχάνεται ο ακριβής καθορισμός του τρόπου και του σημείου τοποθέτησης των εμπορευματοκιβωτίων που φέρουν τα επικίνδυνα εμπορεύματα στην περιοχή του φορτίου. Ο καθορισμός αυτός θα πρέπει να διέπεται από την αποφυγή της άμεσης έκθεσής τους στις καιρικές συνθήκες, την εξασφάλιση του ανάλογου μέσου πυρόσβεσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτά (κατάστρωμα ή αμπάρι) και τον αναγκαίο διαχωρισμό τους από ασύμβατα επικίνδυνα φορτία, αλλά και από περιοχές που συγκεντρώνεται το πλήρωμα και πιθανές πηγές ανάφλεξης.

Από την άλλη πλευρά, το φαινόμενο της λανθασμένης ή μη δήλωσης συντελεί στην εκτέλεση μιας σειράς εσφαλμένων βημάτων λόγω της άγνοιας του πληρώματος για το τι μεταφέρεται. Με αυτόν τον τρόπο, ο περιορισμός αυτών των σφαλμάτων μπορεί να κατοχυρωθεί μέσω της εφαρμογής περισσότερων δικλείδων ελέγχου κατά τις δοκιμές ταξινόμησης των επικίνδυνων ουσιών και της εισαγωγής της τεχνολογίας σάρωσης των εμπορευματοκιβωτίων πριν τον προορισμό τους στον χώρο φορτίου των πλοίων με παράλληλη δημιουργία κοινής βάσης δεδομένων για τα ενδεχόμενα απορριφθέντα φορτία.

Ανίχνευση Πυρκαγιάς

Αναφορικά με τον τομέα της ανίχνευσης, αναδείχθηκε πως διαδεδομένος τρόπος εντοπισμού φωτιάς στα αμπάρια ενός πλοίου είναι το σύστημα ανίχνευσης καπνού μέσω εξαγωγής δείγματος. Έτσι, προβλήματα που προκύπτουν όπως η υπέρβαση του καθορισμένου χρόνου ανίχνευσης ή και η μη ενεργοποίηση του συστήματος, το καθιστούν αναξιόπιστο. Δύο γενικές λύσεις προτάθηκαν ως μέτρα αντιμετώπισης του ζητήματος, με την πρώτη να αφορά κυρίως την ανακατανομή των συσσωρευτών καπνού που το απαρτίζουν και τη δεύτερη την αντικατάστασή του από μία πρωτοποριακή τεχνολογία, το σύστημα της γραμμικής ανίχνευσης που βασίζεται στη διάταξη θερμικών αισθητήρων στο μπροστινό μέρος κάθε bay εμπορευματοκιβωτίων.

Συγχρόνως, η αποκλειστική επίδραση του οπτικού ελέγχου από το πλήρωμα ως τρόπου εντοπισμού ενδεχόμενου προϊόντος φωτιάς στην περιοχή του καταστρώματος οδήγησε στην πρόταση καινούργιων συστημάτων ανίχνευσης. Πέραν της εγκατάστασης του συστήματος της γραμμικής ανίχνευσης με επιπλέον προδιαγραφές για την έκθεση του στο εξωτερικό περιβάλλον, φορητές και μόνιμες θερμικές κάμερες είναι η επόμενη λύση σε αυτό το πρόβλημα και σχετίζεται με τη θερμική απεικόνιση της κατάστασης των εμπορευματοκιβωτίων.

Κατάσβεση Πυρκαγιάς

Μέχρι στιγμής, ανεξαρτήτως της χρήσης των πυροσβεστικών μανικών, ο κυρίαρχος τρόπος πυρόσβεσης στο κατάστρωμα βασίζεται στη χρήση των φορητών μέσων (πχ λόγχη υδρονέφωσης, κανόνια πυρόσβεσης). Επομένως, λόγω της ανάγκης συμπλήρωσης της λειτουργίας αυτών, σύσταση γίνεται για πιο ευέλικτα μέσα στα αφ' υψηλού επίπεδα των εμπορευματοκιβωτίων, όπως το πτυσσόμενο εργαλείο υδροκοπής, καθώς και μόνιμη εγκατάσταση των κανονιών σε υπερυψωμένα σημεία για την άμεση και ολοκληρωμένη διαβροχή των εμπορευματοκιβωτίων.

Σχετικά με την περιοχή των αμπαριών, ο πρωταγωνιστικός ρόλος του μόνιμου συστήματος πυρόσβεσης CO₂ αποφάνθηκε πως δεν είναι αποτελεσματικός σε όλες τις καταστάσεις. Υπάρχουν, όμως, προτάσεις οι οποίες μπορούν να βελτιώσουν τη δράση του συστήματος, όπως για παράδειγμα η αύξηση της ποσότητας του CO₂ ή η παρακολούθηση του O₂ και άρα, περαιτέρω στεγάνωση του εκάστοτε αμπαριού. Επαρκής στεγάνωση, ακόμα, απαιτείται κατά τη λειτουργία του μόνιμου συστήματος διαβροχής, η διάταξη του οποίου οφείλει να υφίσταται με τέτοιο τρόπο, ώστε να προστατεύονται, τόσο περιοχές της κατασκευής του πλοίου, όσο και μέρος των εμπορευματοκιβωτίων. Παράλληλα, για να μην εγκυμονούνται κίνδυνοι ευστάθειας λόγω της συσσώρευσης υδάτων, κατάλληλη σχεδίαση συνιστάται στα αμπάρια, αλλά και στο σύστημα αποστράγγισης.

Ανάλυση με χρήση Δέντρων Σφαλμάτων

Η ποιοτική ανάλυση με χρήση Δέντρων Σφαλμάτων διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην απεικόνιση των συνιστωσών της αποτυχίας των συμβατικών συστημάτων: «Σύστημα Ανίχνευσης Καπνού μέσω Εξαγωγής Δείγματος» και «Μόνιμο Σύστημα Πυρόσβεσης CO₂». Με αυτόν τον τρόπο, μέσω της σχεδίασης των δέντρων σφαλμάτων σύμφωνα με την «Top-Down Ανάλυση», προβλήθηκαν τα πιο σπουδαία σφάλματα που οδηγούν στην αποτυχία των δύο συστημάτων με ενδιάμεσο κόμβο τις συνέπειες αυτών.

Προτάσεις για μελλοντικές εργασίες

Περαιτέρω εμβάθυνση χρειάζεται να γίνει στα ήδη σχεδιαζόμενα δέντρα σφαλμάτων, σχετικά με τη συλλογή δεδομένων από ενδεχόμενες καταγραφές κατασκευαστριών εταιριών ή αναφορές ατυχημάτων, που θα συμβάλλουν, έτσι, στην ποσοτικοποίηση των δέντρων μέσω της ποσοστιαίας επίδρασης κάθε παραμέτρου/σφάλματος στην αποτυχία του συστήματος. Επιπρόσθετα, ανάλογη ποιοτική και ποσοτική ανάλυση θα μπορούσε να γίνει και για τα υπόλοιπα συστήματα και διεργασίες που εκφράζουν τους τομείς της πρόληψης, ανίχνευσης και κατάσβεσης, με σκοπό την ολοκληρωμένη διερεύνηση του φαινομένου της πυρκαγιάς στα πλοία μεταφοράς ε/κ.

Βιβλιογραφία

- ABS. (2022). *Guide for Fire-Fighting Systems for Cargo Areas of Container Carriers*. American Bureau of Shipping.
- Allianz . (2023). *Safety and Shipping Review 2023*. Allianz Global Corporate & Specialty.
- BEAmer. (2017). *Fire of the cargo aboard the container ship CMA CGM*. Le Bureau d'enquêtes sur les événements de mer.
- BV. (2022). *Rules for the Classification of Steel Ships*. Bureau Veritas.
- Callesen, F., Blinkenberg-Thrane, M., Taylor, J., & Kozine, I. (2019). Container ships: fire-related risks. *Journal of Marine Engineering & Technology*.
- CINS. (2019). *Safety Considerations for Ship Operators Related to Risk-Based Stowage of Dangerous Goods on Containerships*. Cargo Incident Notification System.
- CINS, International Group of P&I Clubs. (2018). *Guidelines for the Carriage of Calcium Hypochlorite in Containers vers. 3.0*. Cargo Incident Notification System.
- CINS, International Group of P&I Clubs. (2021). *Guidelines for the Carriage of Seed Cake (including Seed Meal) in Containers vers.3.0*. Cargo Incident Notification System.
- CINS, International Group of P&I Clubs, ICHCA International, TT Club. (2023). *Lithium-Ion Batteries in Containers Guidelines*. Cargo Incident Notification System and Network.
- DBI. (2020). *PILOT PROJECT "CONTAIN" – Exploring the Challenges of Containership Fires*. Denmark: Danish Institute of Fire and Security Technology.
- DNV. (2022). *Rules for classification: Ships*. Det Norske Veritas.
- DNV. (2022). *Rules for classification: Ships*. Det Norske Veritas.
- EMSA. (2023). *Study investigating cost-efficient measures for reducing the risk of cargo*. Lisbon: European Maritime Safety Agency (CARGOSAFE).
- IMO. (2015). *International Code for Fire Safety Systems*. International Maritime Organization.
- IMO. (2020). *International Maritime Dangerous Goods Code*. International Maritime Organization.
- IMO. (2020). *Safety of Life at Sea*. International Maritime Organization.
- In Re M/V DG Harmony, No. 98 Civ. 8394 (United States District Court, S.D. New York. October 18, 2005).
- Likun Wang, J. W. (2021). *Critical risk factors in ship fire accidents*. Maritime Policy & Management.
- Ulf Kaspera. (2018). *Investigation Reports 455/15 and 58/16*. Hamburg: Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation of Germany.
- Vavouras, S., & Rafailidis, F. (2006). *Reliability Analysis with Fault Trees*.

Σανέτσος, Α. (2022). *Μελέτη της εξάπλωσης πυρκαγιάς σε Containership με χρήση αριθμητικού κώδικα προσομοιώσεων*. Αθήνα.

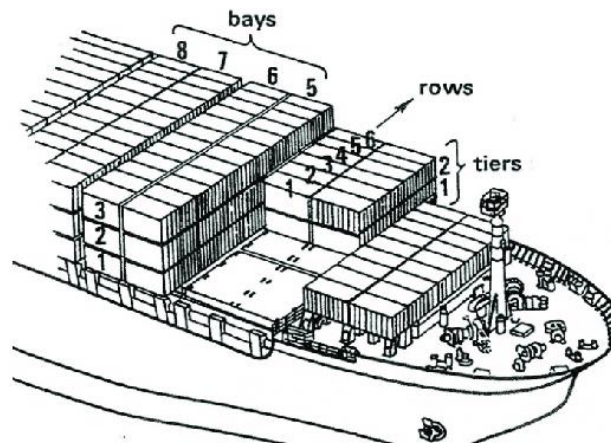
Σαραχός, Θ. (2023). *Fire Safety in containerships*. Αθήνα.

Σολωμού, Κ. (2022). *Μελέτη έναρξης της διάδοσης πυρκαγιάς από εμπορευματοκιβώτιο που περιέχει ξυλάνθρακα μέσα σε αμπάρι πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων*. Αθήνα.

Παράρτημα

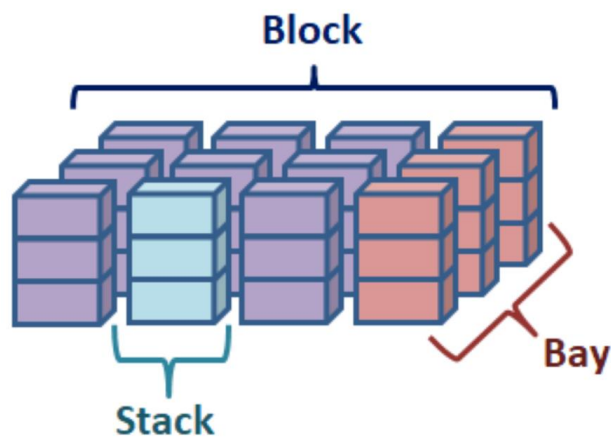
Τρεις συντεταγμένες ορίζονται για την ακριβή θέση ενός εμπορευματοκιβωτίου στο χώρο φορτίου των Πλοίων Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων και είναι οι εξής:

1. **Tier:** Το κατακόρυφο επίπεδο (ύψος) που στοιβάζεται ένα εμπορευματοκιβώτιο.
2. **Bay:** Η διαμήκης θέση ενός εμπορευματοκιβωτίου.
3. **Row:** Η εγκάρσια θέση ενός εμπορευματοκιβωτίου κατά το πλάτος του bay.



Πίνακας 17: Tiers, rows και bays ενός Πλοίου Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων⁵⁴

Ακόμα πιο αναλυτικά, συγκεκριμένες ομάδες εμπορευματοκιβωτίων ορίζονται στην παρακάτω εικόνα, όπως τα **stacks** και **blocks**.



Πίνακας 18: Stacks, blocks και bays ενός Πλοίου Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων⁵⁵

⁵⁴ https://www.researchgate.net/figure/Layout-of-container-vessel-source-3_fig8_342286830

⁵⁵ https://www.researchgate.net/figure/Part-of-the-port-yard-block-bays-and-stacks-Adapted-from-32_fig2_342169277