



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική εργασία

**«Σχεδίαση, επιθεώρηση και συντήρηση καλυμμάτων στομίων κυτών σε πλοία
μεταφοράς φορτίων χύδην»**

“Design, inspection and maintenance of hatch covers on bulk carriers”

Συγγραφέας:

Μάριος Φωτόπουλος

A.M.: 51116108

Επιβλέπων: Δρ. Θεοδουλίδης Αλέξανδρος

Δρ. Ναυπηγός Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ

Αιγάλεω, 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική εργασία

Σχεδίαση, επιθεώρηση και συντήρηση καλυμμάτων στομίων κυτών σε πλοία μεταφοράς φορτίων χύδη

Συγγραφέας

Μάριος Φωτόπουλος (Α.Μ.: 51116108)

Επιβλέπων

Ονοματεπώνυμο,

Δρ. Θεοδουλίδης Αλέξανδρος,

Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Ημερομηνία εξέτασης

18/07/2023

Εξεταστική Επιτροπή

Ονοματεπώνυμο,

Θεοδουλίδης Αλέξανδρος,

Επ. Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Ονοματεπώνυμο,

Τίγκας Ιωάννης,

Επ. Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Ονοματεπώνυμο,

Χατζηκωνσταντής Γεώργιος,

Επ. Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φωτόπουλος Μάριος του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 51116108 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Ναυπηγών Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο Δηλών



Μάριος Φωτόπουλος

Στην μητέρα μου Δήμητρα

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί το επιστέγασμα μιας διαρκής και μεγάλης προσωπικής προσπάθειας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Θεοδουλίδη Αλέξανδρο για την εμπιστοσύνη που έδειξε καθώς και για την ευκαιρία που μου προσέφερε, έτσι ώστε να εκπονήσω το συγκεκριμένο θέμα αλλά και για την διαρκή υποστήριξη και καθοδήγηση που παρείχε ως προς την διεκπεραίωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές και το προσωπικό του τμήματος το οποίο με δίδαξε, κατεύθυνε και συνεργάστηκε μαζί μου καθ'όλη την διάρκεια της φοιτητικής μου σταδιοδρομίας στο τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από τα βάθη της καρδιάς μου την μητέρα μου Δήμητρα και τον πατέρα μου Δημήτρη για όλες τις θυσίες που έκαναν έτσι ώστε να μπορέσω να βρίσκομαι εδώ σήμερα. Η παρούσα διπλωματική εργασία καθώς και η επερχόμενη απόκτηση του πτυχίου μου οφείλονται σχεδόν εξολοκλήρου σε αυτούς.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως κύριο θέμα τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου, τα καλύμματα στομίων των κυτών τους καθώς και το κανονιστικό πλαίσιο, που διέπει τον σχεδιασμό, την συντήρηση και την επιθεώρησή τους. Στα πλαίσια των πρώτων τριών κεφαλαίων, πραγματοποιείται η παρουσίαση και η περιγραφή των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου, της ιστορικής αναδρομής αυτών και της κατηγοριοποίησή τους. Επιπλέον εκτενής αναφορά γίνεται και στις κατηγορίες, την ιστορική αναδρομή, τον έλεγχο, την συντήρηση και την επιθεώρηση των καλυμμάτων στομίων κυτών αυτών των πλοίων, στα πλαίσια των πρώτων κεφαλαίων.

Στη συνέχεια, στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στον θεσμό των νηογνομόνων καθώς και στην διεθνή ένωση νηογνομόνων (IACS), περιγράφεται ο λόγος ύπαρξής τους και ο τρόπος δράσης και λειτουργίας τους. Παρουσιάζονται δύο σειρές κανονισμών που αφορούν τον σχεδιασμό των καλυμμάτων στομίων κυτών για τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου. Αυτές είναι οι ενιαίες απαιτήσεις (UR S21) και οι κοινοί δομικοί κανονισμοί (CSR).

Στα πλαίσια των επόμενων κεφαλαίων της εργασίας, παρουσιάζεται ένα υποψήφιο προς μελέτη κάλυμμα στομίου για ένα πλοίο μεταφοράς χύδην της κατασκευάστριας εταιρείας MacGregor. Πραγματοποιείται έλεγχος της διαστασιολόγησης του καλύμματος με βάση τις ενιαίες απαιτήσεις UR S21 και τους κοινούς δομικούς κανονισμούς (CSR).

Τέλος με την βοήθεια του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων Solidworks 2019, εκπονούνται η στατική μελέτη και η μελέτη λυγισμού για το μοντέλο του υπό μελέτη καλύμματος και εξάγονται τα κατάλληλα συμπεράσματα σχετικά με την διαστασιολόγηση του κατασκευαστή σύμφωνα με τις δύο σειρές κανονισμών.

Λέξεις κλειδιά:

- Πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου
- IACS
- UR S21
- CSR
- Κανονισμοί
- Σχεδίαση
- Επιθεώρηση
- Συντήρηση

➤ Κάλυμμα

Abstract

The main subject of this thesis is bulk carriers, their hatch covers and the regulatory framework governing their design, maintenance and inspection. The first three chapters present and describe bulk carriers, their history and their classification.

In addition, in the first chapters, extensive reference is made to the categories, the history, examination, maintenance and the inspection of the hull's hatch covers of these ships.

The fourth chapter refers to the institution of classification societies and the International Association of Classification Societies (IACS), describing the reason for their existence and their mode of action and operation. Two sets of regulations are presented concerning the design of hatch covers for bulk carriers. These are the Uniform Requirements (UR S21) and the Common Structural Rules (CSR).

Within the following chapters of this paper, a hatch cover for a bulk carrier of the manufacturer MacGregor is being studied. A check for the net scantling of the cover based on the UR S21 unified requirements and the Common Structural Rules (CSR) is being carried out.

Finally, with the assistance of Solidworks 2019 finite element program, the structural and buckling simulation for the model of the cover under study are prepared and appropriate conclusions are drawn regarding the manufacturer's proposed net scantling according to the two sets of regulations.

Key words:

- Bulk Carriers
- IACS
- UR S21
- CSR
- Rules
- Design
- Inspection
- Maintenance
- Hatch Cover

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 1: Ορισμός, ιστορία και κατηγοριοποίηση των Bulk Carrier.....	3
1.1 Ορισμός των Bulk Carriers	3
1.2 Ιστορική Αναδρομή.....	4
1.3 Κατηγοριοποίηση των Bulk carrier.....	8
1.3.1 Κατηγορία Μεγέθους.....	8
1.3.2 Κατηγορία Περιφερειακής Δραστηριότητας	15
1.3.3 Κατηγορία Γενικού Τύπου.....	16
1.4 Η αγορά των Bulk Carrier (Dry Bulk Shipping Market)	18
Κεφάλαιο 2: Hatch Covers, ιστορική αναδρομή και είδη καλυμμάτων	20
2.1 Hatch Covers	20
2.2 Ιστορική Αναδρομή.....	20
2.3 Είδη Καλυμμάτων	21
Κεφάλαιο 3: Έλεγχος, επιθεώρηση και συντήρηση των καλυμμάτων στομίων κυτών	33
3.1 Γενικά.....	33
3.2 Προβλήματα διαρροής / στεγανότητας	34
3.3 Έλεγχοι ανίχνευσης διαρροών / Έλεγχοι στεγανότητας	34
3.3.1 Έλεγχος στεγανότητας με χρήση μάνικας υψηλής πίεσης	35
3.3.2 Έλεγχος στεγανότητας με χρήση υπερήχων	36
3.3.3 Έλεγχος στεγανότητας με χρήση κιμωλίας	38
3.4 Επιθεώρηση.....	39
3.5 Συντήρηση των καλυμμάτων	43
3.5.1 Συντήρηση της δομής ενός καλύμματος στομίου.....	45
3.5.2 Συντήρηση των εγκάρσιων συνδέσμων των στομίων	47
3.5.3 Συντήρηση των πτυχών των στομίων (Hatch Coamings).....	48
3.5.4 Συντήρηση των βάσεων προσγείωσης (Landing Pads)	49

3.5.5	Συντήρηση των τροχών καταπακτής και των ραγών (Wheels and trackways)	50
3.5.6	Συντήρηση των ελαστικών παρεμβυσμάτων - επιφανειακές ζημιές – μόνιμη παραμόρφωση (Rubber Packing)	51
3.5.7	Συντήρηση των ράβδων συμπίεσης (Compression Bars)	52
3.5.8	Συντήρηση των gasket channels	54
3.5.9	Συντήρηση του διπλού συστήματος αποστράγγισης	55
3.5.10	Συντήρηση των ανεπίστροφων βαλβίδων αποστράγγισης	55
3.5.11	Συντήρηση των πείρων και των σφηνών καταπακτών	56
3.5.12	Συντήρηση των μηχανισμών τοποθέτησης (Locators)	57
3.5.13	Συντήρηση των μηχανισμών συγκράτησης (Stoppers)	58
3.5.14	Συντήρηση υδραυλικών συστημάτων και εξαρτημάτων	59
3.6	Ανταλλακτικά	60
Κεφάλαιο 4: Κανονισμοί και διατάξεις		61
4.1	Η έννοια του Νηογνώμονα	61
4.2	Η Διεθνής Ένωση Νηογνομόνων (IACS)	62
4.3	Κανονισμοί IACS UR S21	66
4.3.1	Μοντέλο φορτίσεων - S21.2	67
4.3.2	Έλεγχος αντοχής καλύμματος - S21.3	67
4.3.3	Περίβλημα στομίου και τοπικές λεπτομέρειες - S21.4	70
4.3.4	Διατάξεις κλεισίματος S21.5 & Ενίσχυση πάχους ελάσματος λόγω διάβρωσης	
S21.6		70
4.4	Κοινοί Δομικοί Κανονισμοί (CSR)	71
4.4.1	Γενικά	72
4.4.2	Διατάξεις	72
4.4.3	Πλάτος του συνεργαζόμενου ελάσματος	73
4.4.4	Μοντέλο Φόρτισης	73
4.4.5	Έλεγχος Αντοχής	74
4.4.6	Hatch Coamings	75

4.4.7	Στεγανότητα, μηχανισμοί κλεισίματος, ασφάλειας, συγκράτησης και αποστράγγισης.....	75
4.5	Σύγκριση US R21 & CSR.....	75
Κεφάλαιο 5: Παρουσίαση του υπό μελέτη πλοίου και κάλυμμα στομίου		78
5.1	Εισαγωγή.....	78
5.2	Περιγραφή του υπό μελέτη πλοίου μεταφοράς χύδην φορτίου	78
5.3	Περιγραφή του υπό μελέτη καλύμματος στομίου κύτους	80
Κεφάλαιο 6: Διαδικασία σχεδίασης και μελέτης του καλύμματος στομίου.....		90
6.1	Εισαγωγή.....	90
6.2	Διαδικασία Σχεδίασης του μοντέλου καλύμματος στομίου με AutoCAD 3D.....	90
6.3	Μελέτη του καλύμματος σύμφωνα με τους κανονισμούς UR S21.....	95
6.3.1	Υπολογισμός πιέσεων.....	95
6.3.2	Έλεγχος του τοπικού πάχους ελάσματος.....	96
6.3.3	Έλεγχος της ροπής αντίστασης.....	97
6.4	Μελέτη του καλύμματος σύμφωνα με τους κανονισμούς CSR.....	99
6.4.1	Υπολογισμός πιέσεων.....	99
6.4.2	Έλεγχος του πάχους ελάσματος.....	104
6.4.3	Έλεγχος της ροπής αντίστασης.....	106
6.5	Προδιαγεγραμμένη πίεση κατασκευαστή	107
6.6	Δημιουργία μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων του καλύμματος	108
6.7	Εκπόνηση στατικής ανάλυσης	116
6.8	Εκπόνηση Μελέτης Λυγισμού	122
Συμπεράσματα		127
Προτάσεις		129
Βιβλιογραφία		130

Εισαγωγή

Τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην παγκόσμια μεταφορά ξηρών εμπορευμάτων, όπως ο άνθρακας, τα σιτηρά και τα διάφορα μεταλλεύματα. Τα πλοία αυτά είναι ειδικά σχεδιασμένα για την αποτελεσματική μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων φορτίου σε μεγάλες αποστάσεις. Ένα από τα κρίσιμα εξαρτήματα των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου είναι το σύστημα κάλυψης των στομιών των κυτών τους, το οποίο εξασφαλίζει την ασφάλεια και την ακεραιότητα των αμπαριών φορτίου. Τα καλύμματα των στομιών έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν υδατοστεγή και αεροστεγή σφράγιση, προστατεύοντας το φορτίο από την έκθεση σε εξωτερικά στοιχεία, όπως το θαλασσινό νερό, η βροχή και η υγρασία.

Ο σχεδιασμός, η επιθεώρηση και η συντήρηση των καλυμμάτων στομιών είναι υψίστης σημασίας για την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου. Τα σωστά σχεδιασμένα και καλά συντηρημένα καλύμματα στομιών συμβάλλουν σημαντικά στην προστασία του φορτίου, στην πρόληψη της εισόδου νερού και στη συνολική δομική ακεραιότητα του πλοίου. Αντίθετα, ο ανεπαρκής σχεδιασμός των καλυμμάτων, οι κακές πρακτικές συντήρησης ή η έλλειψη έγκαιρων επιθεωρήσεων μπορεί να οδηγήσουν σε πολυάριθμες προκλήσεις λειτουργίας και ασφάλειας.

Οι νηογνώμονες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη ναυτιλιακή βιομηχανία παρέχοντας βασικές οδηγίες, πρότυπα και κανονισμούς για το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη συντήρηση των πλοίων. Αυτοί οι ανεξάρτητοι μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί, που φημίζονται για την τεχνογνωσία και την εμπειρία τους, αξιολογούν και πιστοποιούν τη συμμόρφωση των πλοίων με τα διεθνή πρότυπα ασφάλειας και ποιότητας. Στο πλαίσιο των συστημάτων καλυμμάτων των στομιών σε πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου, οι νηογνώμονες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διασφάλιση ότι οι πρακτικές σχεδιασμού, επιθεώρησης και συντήρησης συμμορφώνονται με τα αναγνωρισμένα πρότυπα του κλάδου. Παρέχουν κατευθυντήριες γραμμές και κανόνες ειδικά για τα καλύμματα αυτά, καλύπτοντας πτυχές όπως η δομική ακεραιότητα, η στεγανότητα, οι λειτουργικές απαιτήσεις και οι διαδικασίες συντήρησης. Τα πρότυπα του νηογνώμονα χρησιμεύουν ως πολύτιμες αναφορές για τους σχεδιαστές πλοίων, τα ναυπηγεία και τους πλοιοκτήτες, διασφαλίζοντας ότι τα συστήματα καλυμμάτων καταπακτών πληρούν αυστηρά κριτήρια ασφάλειας και επιδόσεων.

Στόχος της παρούσας διατριβής είναι να εξετάσει διεξοδικά τις διάφορες πτυχές που σχετίζονται με το σχεδιασμό, την επιθεώρηση και τη συντήρηση των καλυμμάτων στομίων σε πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου. Η μελέτη θα εμβαθύνει στα βασικά ζητήματα σχεδιασμού των καλυμμάτων, συμπεριλαμβανομένης της δομικής ακεραιότητας. Επιπλέον, θα διερευνήσει τις διάφορες τεχνικές επιθεώρησης που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της κατάστασης των και τον εντοπισμό πιθανών προβλημάτων. Θα παρουσιαστούν αποτελεσματικές πρακτικές συντήρησης για τη διασφάλιση της μακροπρόθεσμης λειτουργικότητας και αξιοπιστίας των καλυμμάτων καταπακτών καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργικής ζωής των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου.

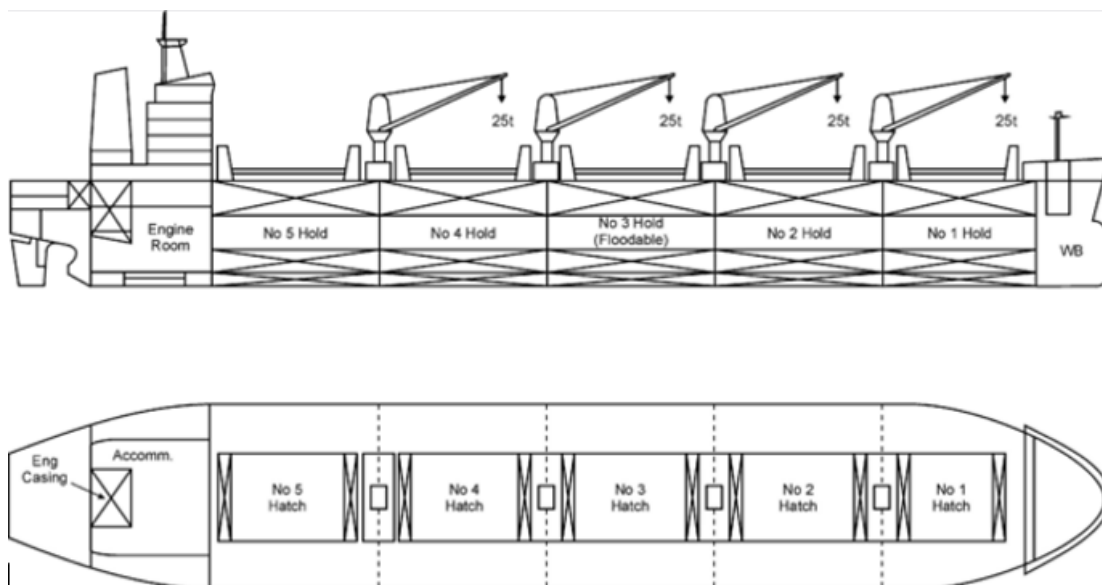
Τα τελευταία χρόνια, η πρόοδος της τεχνολογίας επέτρεψε τη χρήση της ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων (FEA) ως ένα ισχυρό εργαλείο για το σχεδιασμό και την ανάλυση πολύπλοκων κατασκευών. Στο πλαίσιο της σχεδίασης των καλυμμάτων στομίων σε πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου, η FEA προσφέρει πολύτιμες γνώσεις σχετικά με τη δομική τους συμπεριφορά, ιδίως σε σενάρια στατικής φόρτισης και λυγισμού. Οι στατικές προσομοιώσεις βοηθούν στον προσδιορισμό της αντοχής και της σταθερότητας των καλυμμάτων υπό διάφορες φορτίσεις, ενώ οι προσομοιώσεις λυγισμού παρέχουν βαθύτερη κατανόηση της ευαισθησίας τους σε πλευρική αστάθεια. Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην ολοκληρωμένη διερεύνηση του σχεδιασμού των καλυμμάτων καταπακτών σε πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου, με ιδιαίτερη έμφαση στη χρήση της ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων για προσομοιώσεις στατικής φόρτισης και λυγισμού. Επιπλέον, θα διερευνήσει την εφαρμογή των πεπερασμένων στοιχείων για την ανάλυση της στατικής απόδοσης και της συμπεριφοράς λυγισμού των καλυμμάτων, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά αντοχής και σταθερότητάς τους.

Κεφάλαιο 1: Ορισμός, ιστορία και κατηγοριοποίηση των Bulk Carrier

1.1 Ορισμός των Bulk Carriers

Ένα πλοίο χύδην φορτίου, αλλιώς γνωστό ως bulk carrier ή bulker αποτελεί τύπο εμπορικού πλοίου, ειδικά σχεδιασμένου με σκοπό την μεταφορά χύδην φορτίου (όπως σιτηρά, γαϊάνθρακας, διάφορα είδη μεταλλευμάτων, τσιμέντο κλπ), μέσα στα αμπάρια του.

Ο όρος bulk carrier ορίζεται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Από το 1999 σύμφωνα με την διεθνή σύμβαση ασφάλειας της ζωής στην θάλασσα (SOLAS), ως πλοίο χύδην φορτίου (bulk carrier), ορίζεται ένα πλοίο που κατασκευάζεται με ένα μόνο κατάστρωμα, με δεξαμενές στο επάνω μέρος και πλαϊνές δεξαμενές χοάνης σε χώρους φορτίου της γάστρας. Όπως προδίδει και το όνομα τους, τα πλοία αυτού του τύπου, προορίζονται για μεταφορά κυρίως ξηρού χύδην φορτίου.



(Σχήμα 1: Τυπικό Σχέδιο Γενικής Διάταξης ενός Bulk Carrier - https://en.wikipedia.org/wiki/Bulk_carrier)

Ένας αριθμός συντομογραφιών χρησιμοποιείται για την περιγραφή των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου. Το "OBO" (Ore/Bulk/Oil) περιγράφει ένα φορτηγό χύδην που μεταφέρει έναν συνδυασμό μεταλλευμάτων, χύδην φορτίου και πετρελαίου, και το "O/O" (Ore/Oiler) χρησιμοποιείται για πλοία μεταφοράς πετρελαίου και μεταλλευμάτων. Οι όροι "VLOC" (Very

Large Ore Carrier), "VLBC" (Very Large Bulk Carrier), "ULOC" (Ultra Large Ore Carrier) και "ULBC" (Ultra Large Bulk Carrier) για τα πολύ μεγάλα και εξαιρετικά μεγάλα πλοία μεταφοράς μεταλλευμάτων και χύδην φορτίου, υιοθετήθηκαν από τους χαρακτηρισμούς υπερδεξαμενόπλοιων πολύ μεγάλου μεγέθους και εξαιρετικά μεγάλου μεγέθους μεταφοράς αργού πετρελαίου.

Οι περισσότεροι νηογνώμονες χρησιμοποιούν έναν ευρύτερο ορισμό, σύμφωνα με τον οποίο μεταφορέας χύδην φορτίου καλείται κάθε πλοίο που μεταφέρει ξηρά μη συσκευασμένα εμπορεύματα. Ο όρος "φορέας ξηρού χύδην" χρησιμοποιείται για τη διάκριση των μεταφορέων χύδην από τους μεταφορείς υγρών χύδην όπως οι μεταφορείς πετρελαίου (tankers), χημικών ή υγροποιημένου αερίου πετρελαίου και φυσικού αερίου (LPG & LNG carriers).

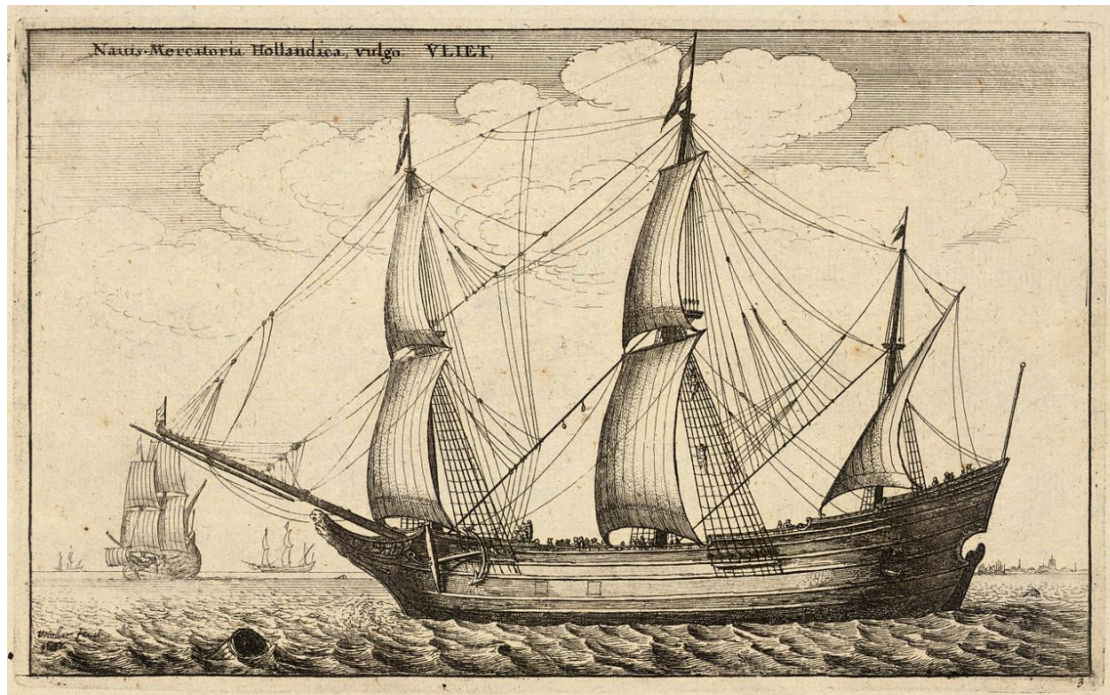
Τα πολύ μικρά πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου σχεδόν δεν διακρίνονται από τα γενικά φορτηγά πλοία και συχνά ταξινομούνται με βάση περισσότερο τη χρήση του πλοίου παρά τον σχεδιασμό του.

1.2 Ιστορική Αναδρομή

Όσον αφορά την εξελικτική πορεία των πλοίων φορτίου χύδην, δεν έχουν καταγραφεί σημαντικές αλλαγές από την αρχική έως και την σημερινή τους μορφή. Πρωταρχικός στόχος της χρήσης των πλοίων αυτού του είδους ήταν η μείωση των μεταφορικών δαπανών, μέσω της μεταφοράς του φορτίου σε χύδην μορφή, γνωστή και ως καραβιές. Ο σκοπός αυτός αποτέλεσε τον ακρογωνιαίο λίθο τόσο της δημιουργίας, όσο και της εξέλιξης των πλοίων χύδην φορτίου. Η στρατηγική αυτή έχει μείνει κατά βάση αναλλοίωτη με την πάροδο των χρόνων.

Μια πρόιμη μορφή των σύγχρονων bulk carrier καταγράφεται στις προχριστιανικές ακόμα εποχές, λόγω των αναγκών για μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων χύδην φορτίου, με ίσως πιο σημαντική ως περίπτωση αυτή της μεταφοράς σιτηρών στην αυτοκρατορία της αρχαίας Ρώμης. Η παροχή σιτηρών στη Ρώμη ήταν ένα σημαντικό ναυτιλιακό και διοικητικό έργο για τους Ρωμαίους. Λόγω του υψηλού κόστους που επέφεραν οι χερσαίες μεταφορές, δεν ήταν εφικτή η κάλυψη των αναγκών της πόλης για σιτηρά. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα επήλθε με τον σχηματισμό ενός εμπορικού στόλου μεταφοράς σιτηρών, ο οποίος μείωσε τις αποστάσεις που έπρεπε να διανυθούν κατά τα ταξίδια, σε σύγκριση με τις χερσαίες, προκαλώντας έτσι σημαντική μείωση του κόστους μεταφοράς, εδραιώνοντας με αυτό τον τρόπο τις θαλάσσιες

μεταφορές στον χώρο της Μεσογείου. Μεταγενέστερα παραδείγματα αποτελούν ο στόλος των ολλανδικών φορητών πλοίων (Fluyt) του 16^{ου} αιώνα καθώς και τα πλοία που μετέφεραν τσάι κατά την διάρκεια του 19^{ου} αιώνα.



(Εικόνα 1.1: Dutch Fluyt / Ολλανδικό Fluyt , 1677 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Fluyt>)

Πριν από την ανάπτυξη εξειδικευμένων πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου, οι φορτωτές είχαν δύο μεθόδους για να μεταφέρουν τα εμπορεύματα υπό μορφή χύδην. Η πρώτη μέθοδος ήταν η φόρτωση του φορτίου μέσα σε σάκους, οι οποίοι στην συνέχεια στοιβάζονταν πάνω σε παλέτες που τοποθετούνταν στα αμπάρια του πλοίου με την βοήθεια γερανών. Η δεύτερη μέθοδος απαιτούσε από τον πλοιοκτήτη να ναυλώσει ένα ολόκληρο πλοίο, ξοδεύοντας τόσο χρόνο όσο και χρήμα και να προβεί σε μετασκευές στον χώρο των αμπαριών, κατασκευάζοντας κάδους από κόντρα πλακέ. Στη συνέχεια για την πραγματοποίηση της φόρτωσης, έπρεπε να κατασκευαστεί ένα ειδικό σύστημα μεταφοράς του χύδην φορτίου το οποίο περιελάμβανε ξύλινες ταϊστρες καθώς και σανίδες μεταφοράς, με σκοπό να οδηγηθεί το φορτίο μέσα από τις μικρές καταπακτές του πλοίου στα αμπάρια. Αυτές οι μέθοδοι ήταν χρονοβόρες και απαιτούσαν μεγάλο εργατικό δυναμικό.

Όπως και με το πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (containership), το πρόβλημα της αποτελεσματικής φόρτωσης και εκφόρτωσης έχει οδηγήσει στην εξέλιξη του πλοίου μεταφοράς χύδην φορτίου.

Τα εξειδικευμένα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου άρχισαν να εμφανίζονται καθώς τα ατμοκίνητα πλοία έγιναν πιο δημοφιλή. Το πρώτο ατμόπλοιο που αναγνωρίστηκε ως πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου ήταν το βρετανικό ανθρακοφόρο πλοίο John Bowes, που ναυπηγήθηκε το 1852. Διέθετε μεταλλικό κύτος, ατμομηχανή με προωστήρια εγκατάσταση έλικας και σύστημα έρματος που χρησιμοποιούσε θαλασσινό νερό αντί για σάκους άμμου. Η μεταφορική ικανότητα του ανερχόταν στους 490 τόνους άνθρακα ανά ταξίδι, σε αντίθεση με τα ξύλινα ιστιοφόρα της εποχής, τα οποία διέθεταν μέγιστη μεταφορική ικανότητα έως 250 τόνους. Λόγω της ανεξαρτησίας του από τα φυσικά μέσα πλεύσης (άνεμος), το John Bowes ήταν αυτόνομο ως προς την πρόωση έχοντας παράλληλα την δυνατότητα πραγματοποίησης μεγαλύτερων ταξιδιών. Αυτά τα χαρακτηριστικά, σε συνδυασμό με τα οικονομικά οφέλη που επέφερε, κατέστησαν το John Bowes ως ένα από το πιο επιτυχημένα πλοία στην ανταγωνιστική βρετανική αγορά άνθρακα. Ενώ παράλληλα κατά την διάρκεια του 19^{ου} αιώνα, τα πλοία γενικού και χύδην φορτίου απέκτησαν κυρίαρχη θέση ανάμεσα στον παγκόσμιο στόλο.



(Εικόνα 1.2: John Bowes Cargo Ship, 1852 - <http://www.tynebuiltships.co.uk/J-Ships/johnbowes1852.html>)

Κατά τα τέλη του 19^{ου} αιώνα υιοθετήθηκε ως νέο κατασκευαστικό χαρακτηριστικό αυτό του διπλού πυθμένα, ενώ από το 1905 και έπειτα οι δεξαμενές έρματος των πλοίων χύδην φορτίου απέκτησαν τριγωνική δομή. Το πρώτο πλοίο με την δυνατότητα αυτόνομης φορτοεκφόρτωσης ήταν το Hennepin, φορτηγό πλοίο λιμνών, το 1902. Το Hennepin κατάφερε να μειώσει σημαντικά τον χρόνο φορτοεκφόρτωσης, με τη χρήση μάντων μεταφοράς. Τα πρώτα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου με πετρελαιοκίνηση άρχισαν να εμφανίζονται το 1911.

Πριν τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, η διεθνής ζήτηση για φορτία τύπου χύδην ήταν χαμηλή, συγκεκριμένα, περιοριζόταν στους 25 εκατομμύρια τόνους σιδηρομεταλλεύματος, με την ζήτηση να είναι ως επί το πλείστον παράκτια. Ωστόσο, στις Μεγάλες Λίμνες τα bulk carrier μετέφεραν μεγάλες ποσότητες σιδηρομεταλλεύματος από τα ορυχεία του βορρά στα χαλυβουργεία.

Το 1929 μεταφέρθηκαν 73 εκατομμύρια τόνοι σιδηρομεταλλεύματος κι άλλοι τόσοι τόνοι άνθρακα, ασβεστόλιθου και άλλων προϊόντων. Μετά το πέρας του Β΄ παγκοσμίου πολέμου, εμφανίστηκε σταδιακή ανάπτυξη του διεθνούς εμπορίου, κυρίως μεταξύ των ανεπτυγμένων χωρών της Ευρώπης, των ΗΠΑ και της Ιαπωνίας. Χάρη στην ραγδαία οικονομική και εμπορική ανάπτυξη της μεταπολεμικής περιόδου, τα πλοία χύδην φορτίου έγιναν μεγαλύτερα σε μέγεθος και πιο εξειδικευμένα, προκειμένου να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις της εποχής, ενώ τα λιμάνια εφοδιάστηκαν και εξοπλισμό φόρτωσης και εκφόρτωσης.



(Εικόνα 1.3: Hennepin – <https://www.michiganshipwrecks.org/shipwrecks-2/shipwreck-categories/shipwrecks-found/hennepin>)

1.3 Κατηγοριοποίηση των Bulk carrier

Η κατηγοριοποίηση των πλοίων χύδην φορτίου αποτελεί μια πολυδιάστατη διαδικασία, καθώς οι κατηγορίες ποικίλουν ανάλογα με τα εκάστοτε κριτήρια ταξινόμησης τους. Οι τρεις μεγαλύτερες και πιο αντιπροσωπευτικές κατηγορίες τους, τα κατατάσσουν με βάση το μέγεθος (deadweight capacity), την περιοχή στην οποία δραστηριοποιούνται και τέλος ως προς τον γενικό τους τύπο.

1.3.1 Κατηγορία Μεγέθους

Στην πρώτη κατηγορία, με κριτήριο δηλαδή την χωρητικότητα και το μέγεθός τους, συναντώνται πέντε υποκατηγορίες: τα μικρά Bulk Carrier, τα Handysize, τα Panamax, τα Capesize και τα μεγάλα Bulk Carrier.

- **Mini Bulk Carriers**

Τα Mini Bulk Carrier, γνωστά και ως Mini Bulkers όπως υποδεικνύει και το όνομά τους αποτελούν μικρά και ευέλικτα φορτηγά πλοία, συνολικής χωρητικότητας περίπου 1500 κόρων και εκτοπίσματος μικρότερου των 10.000 τόνων (dwt), συνήθως έχουν λιγότερα από πέντε αμπάρια διαθέσιμα για την μεταφορά φορτίου και έχουν την δυνατότητα εκτέλεσης ταξιδιών τακτικών γραμμών για τη μεταφορά ομοειδών φορτίων, βαρέων φορτίων μέχρι και εμπορευματοκιβωτίων. Είναι κατάλληλα σχεδιασμένα έτσι ώστε να έχουν την δυνατότητα διέλευσης κάτω από γέφυρες, ενώ επανδρώνονται συνήθως με 3 έως 8 άτομα.



(Εικόνα 1.4: Mini Bulk Carrier - <https://bulkcarrierguide.com/size-range.html>)

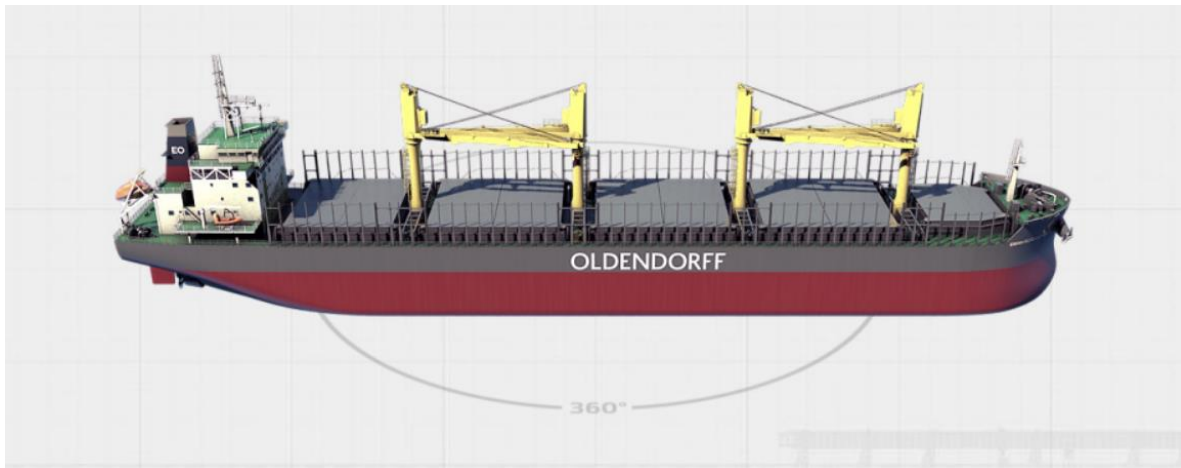
- **Small Bulk Carriers**

Τα Μικρά Bulk Carrier (Small Bulk Carriers), αποτελούν την αμέσως επόμενη κατηγορία μεγέθους μετά τα Mini Bulkers. Διαθέτουν εκτόπισμα από 10.000 έως 25.000 τόνους (dwt). Όπως και τα mini bulkers, έτσι και τα μικρά bulk carrier έχουν πέντε αμπάρια μεταφοράς φορτίου, επανδρώνονται συνήθως με λιγότερα από οκτώ άτομα και χρησιμοποιούνται για την μεταφορά μικρών ποσοτήτων χύδην φορτίου ή μεταλλευμάτων.

- **Handysize Bulk Carriers**

Τα Handysize φορτηγά πλοία, αποτελούν πλοία γενικών χρήσεων και χωρίζονται σε τρεις περαιτέρω υποκατηγορίες, τα Handy, Handymax και Supramax, ανάλογα το μέγεθος τους. Handy ονομάζονται τα φορτηγά πλοία των οποίων το εκτόπισμα κυμαίνεται σε τιμές μεγαλύτερες από αυτές των μικρών φορτηγών πλοίων με την μέγιστη τιμή να αγγίζει τους 40.000 τόνους (dwt). Τα Handymax έχουν τιμές εκτοπίσματος από 40.000 έως 50.000 τόνους (dwt), ενώ στα Supramax ανήκουν τα πλοία με εκτόπισμα από 50.000 έως 60.000 τόνους (dwt). Κατά κανόνα, τα Handymax και τα Supramax φτάνουν τα 150-200 m σε μήκος και διαθέτουν τέσσερις γερανούς ανυψωτικής ικανότητας έως 30 τόνων. Τα Handysize, διαθέτουν πέντε αμπάρια και χρησιμοποιούνται κυρίως για την μεταφορά μικρών ποσοτήτων χύδην φορτίου όπως σιτηρά αλλά και μεταλλεύματα όπως ο βωξίτης, ο γαιάνθρακας, τα μεταλλεύματα φωσφόρου κ.α. Οι παραπάνω τύποι πλοίων χρησιμοποιούνται συνήθως για την μεταφορά διαφορετικών τύπων φορτίου μικρού όγκου σε κάθε αμπάρι. Η κατηγορία αυτή από μόνη της

αποτελεί το 71% όλων των φορτηγών πλοίων χωρητικότητας μεγαλύτερης των 10.000 τόνων (dwt) και παρουσιάζουν την μεγαλύτερη ανάπτυξη, εξαιτίας των ολοένα και αυστηρότερων κανονισμών που επιφέρουν περιορισμούς στην σχεδίαση και κατασκευή μεγάλων πλοίων.



(Εικόνα 1.5: Handysize Bulk Carrier - <https://www.oldendorff.com/pages/fleet/handysize>)

- **Panamax**

Τα φορτηγά πλοία που ανήκουν στην κατηγορία των Panamax είναι πλοία σχετικά μεγάλου εκτοπίσματος από 60.000 έως 100.000 τόνους (dwt), με μέγιστο μήκος τα 289.5 m, μέγιστο πλάτος τα 32.2 m και μέγιστο βύθισμα τα 12.04 m. Το μέγεθος των πλοίων αυτών καθορίστηκε με κύριο γνώμονα την δυνατότητα διέλευσής τους από την διώρυγα του Παναμά. Συνήθως διαθέτουν επτά αμπάρια τα οποία μεταφέρουν παρόμοια φορτία με αυτά των Handysize. Με την ολοκλήρωση της επέκτασης της διώρυγας το 2016, εμφανίστηκε μια νέα κατηγορία των Panamax γνωστή ως Post-Panamax ή Super-Panamax. Τα πλοία αυτά έχουν παραπλήσιο μέγεθος με τα Panamax, καθώς το εκτόπισμά τους κυμαίνεται μεταξύ 80.000 και 120.000 τόνων (dwt). Διαθέτουν μέγιστο μήκος τα 366 m, μέγιστο πλάτος τα 51.25 m και το μέγιστο βύθισμα τους φτάνει έως τα 15.2 m, ενώ συνήθως έχουν εννέα αμπάρια αντί για επτά. Άξια αναφοράς είναι και η κατηγορία των Neopanamax ή New Panamax. Τα πλοία αυτά έχουν εκτόπισμα τουλάχιστον 120.000 τόνων (dwt). Το μήκος τους φτάνει τα 427 m, το πλάτος τους αγγίζει τα 55 m και διαθέτουν βύθισμα έως 18.5 m.



(Εικόνα 1.6: Medi Amalfi Panamax Bulk Carrier - <https://splash247.com/damico-acquires-another-japanese-post-panamax-bulker/>)

- **Capesize**

Τα Capesize φορτηγά πλοία έχουν εκτόπισμα από 100.000 έως 200.000 τόνους (dwt). Συνήθως διαθέτουν εννέα αμπάρια και η χρήση τους είναι ως επί το πλείστον (κατά 93%) εξειδικευμένη πάνω στην μεταφορά άνθρακα και σιδηρομεταλλευμάτων. Τα πλοία αυτά πραγματοποιούν υπερωκεάνια ταξίδια και ταξιδεύουν από την Ασία προς την Ευρώπη. Λόγω του μεγάλου μεγέθους τους δεν μπορούν να διέλθουν μέσω της διώρυγας του Παναμά και για αυτό αναγκάζονται να περάσουν από το ακρωτήριο Χορν. Επιπλέον μετά την εκβάθυνση της διώρυγας του Σουέζ στα 20 m, δόθηκε η δυνατότητα διέλευσης στα περισσότερα Capesize πλοία από αυτό, χωρίς να χρειάζεται πλέον να περνούν από το ακρωτήριο της Καλής Ελπίδας στο νότιο άκρο της Αφρικής.



(Εικόνα 1.7: Vega Dream Capesize Bulk Carrier -

https://www.mol.co.jp/en/iroiro_fune_e/ships/01_bulk.html)

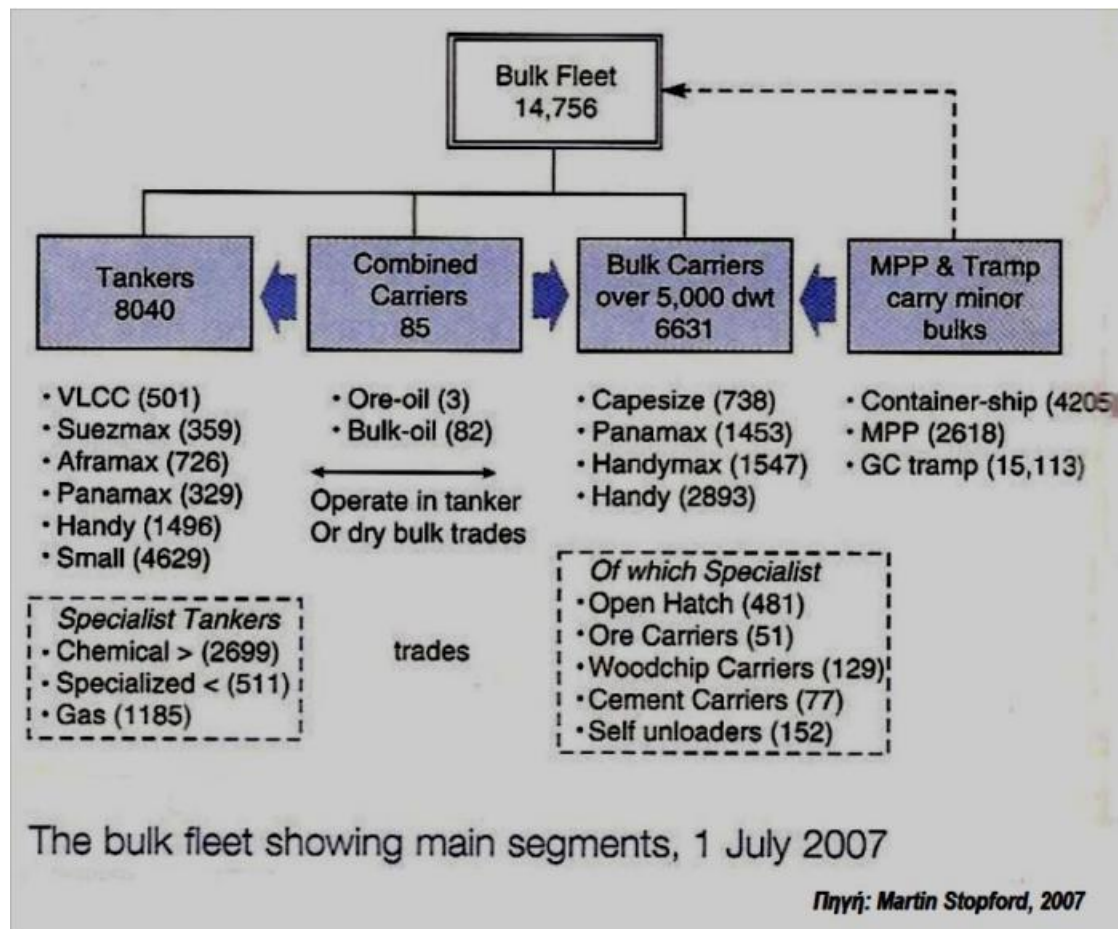
- **Very Large Bulk Carrier (VLBC)**

Τέλος, στην κατηγορία των πολύ μεγάλων φορτηγών πλοίων ή VLBC (Very Large Bulk Carriers) ανήκουν όλα τα πλοία με εκτόπισμα μεγαλύτερο των 180.000 τόνων (dwt). Το σύννηθες μήκος τους αγγίζει τα 270 m και το βύθισμα τους είναι μεγαλύτερο από 20 m. Διαθέτουν εννέα αμπάρια, δεν κατασκευάζονται με ειδικό εξοπλισμό όπως είναι οι ενσωματωμένοι γερανοί και για αυτό τον λόγο βασίζονται πλήρως στις λιμενικές εγκαταστάσεις για την διαδικασία φόρτωσης και εκφόρτωσής τους. Εξειδικεύονται στην μεταφορά σιδηρομεταλλεύματος. Οι μεγάλες διαστάσεις τους καθώς και τα μεγάλα βυθίσματα τους καθιστούν αδύνατη την φιλοξενία τους στα περισσότερα λιμάνια παγκοσμίως. Αρκετοί θεωρούν πως τα πολύ μεγάλα φορτηγά πλοία αποτελούν υποκατηγορία των Capesize.



(Εικόνα 1.8: Berge Stahl VLBC -

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_longest_ships#/media/File:Berge_stahl_1024.JPG)



(Σχήμα 2: The bulk fleet showing main segments / Η απογραφή του στόλου των Bulk Carrier για το 2007)

Type	Deadweight, ton	Draught, m	LOA, m	Beam, m	Geared (Yes/No)	Number of Holds
Handysize	32,000	10.2	179.9	28.4	Yes	5
Supramax	52,000	12.2	199	32.2	Yes	5
Ultramax	62,000	13	200	32.24	Yes	5
Panamax	75,000	14.1	225	32.26	No	7
Kamsarmax	82,000	14.5	229	32.26	No	7
Post-panamax	98,000	14.6	240	38	No	7
Capesize	172,000	17.95	289	45	No	9
ULOC (Valemax)	400,000	23	362	65	No	9

(Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά της κατηγορίας μεγέθους -

<https://www.linkedin.com/pulse/types-sizes-bulk-carriers-shamim-reza/>)

1.3.2 Κατηγορία Περιφερειακής Δραστηριότητας

Στην κατηγορία της περιοχής δραστηριοποίησης ή του περιφερειακού εμπορίου, εμφανίζονται οι παρακάτω έξι υποκατηγορίες: τα Kamsarmax, τα Newcastlemax, τα Setouchmax, τα Seawaymax, τα Malaccamax και τα Dunkirkmax.

- **Kamsarmax**

Ως Kamsarmax χαρακτηρίζονται πλοία μεγαλύτερα από τα Panamax και κατάλληλα σχεδιασμένα για την πραγματοποίηση εμπορικών δραστηριοτήτων στο λιμάνι του Kamsar (Δημοκρατία της Γουινέας) όπου η κύρια προβλήτα φόρτωσης του βωξίτη περιορίζεται στην εξυπηρέτηση πλοίων μήκους έως 229 m.

- **Newcastlemax**

Τα Newcastlemax έχουν μέγιστο πλάτος τα 5 m, μέγιστο μήκος έως 300 m και χωρητικότητα ίση με 185.000 τόνους (dwt). Τα πλοία αυτά μπορούν να εισέλθουν στο λιμάνι του Newcastle της Αυστραλίας.

- **Setouchmax**

Σαν Setouchmax είναι γνωστά τα πλοία χωρητικότητας περίπου 205.000 τόνων (dwt), τα οποία είναι επίσης τα μεγαλύτερα πλοία σε μέγεθος που μπορούν να ταξιδέψουν στην εσωτερική θάλασσα του Σέτο (Ιαπωνία). Το μέγιστο μήκος τους φτάνει τα 300 m και το μέγιστο βύθισμα τα 16.1 m.

- **Seawaymax**

Ως Seawaymax καλούνται τα πλοία που μπορούν να πλεύσουν μέσα από το κανάλι του St Lawrence Seaway, έχουν μέγιστο μήκος τα 226 m και μέγιστο βύθισμα τα 7.92 m.

- **Malaccamax**

Τα Malaccamax αποτελούν τα μεγαλύτερα πλοία που μπορούν να περάσουν από τον πορθμό της Malacca. Το μέγιστο μήκος τους φτάνει τα 330 m, έχουν μέγιστο πλάτος τα 60 m, μέγιστο βύθισμα τα 20 m και η μέγιστη χωρητικότητά τους αγγίζει τους 300.000 τόνους (dwt).

- **Dunkirkmax**

Ως Dunkirkmax αναφέρονται τα πλοία που μπορούν να πλεύσουν κατά μήκος των κλειδιών του λιμανιού της Δουνκέρκης στη Γαλλία. Το μέγιστο πλάτος τους φτάνει τα 45 m, έχουν μέγιστο μήκος τα 289 m και μέγιστη χωρητικότητά τους 180.000 τόνους (dwt).

1.3.3 Κατηγορία Γενικού Τύπου

Σε αυτή την κατηγορία, συναντώνται οι έξι παρακάτω γενικοί τύποι φορτηγών πλοίων: Bulk Carrier με γερανούς, O.B.O, Bulk Carrier χωρίς γερανούς, Αυτοεκφορτωτές (Self-unloaders), Λέικερς (Lakers), B.I.B.O.

Τα Bulk Carrier με γερανούς, όπως προδίδει και η ονομασία τους, είναι πλοία που διαθέτουν εξοπλισμό γερανών, φορτωτήρων ή συστήματος μεταφοράς που επιτρέπει στο πλοίο να φορτώσει ή να εκφορτώσει χωρίς να γίνεται χρήση του λιμενικού εξοπλισμού. Τα πλοία αυτά χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ευελιξία τόσο ως προς την μεταφορά των φορτίων όσο και ως προς την διαδρομή που ακολουθούν. Τα περισσότερα από αυτά ανήκουν στην κατηγορία των Handsize, αν και ένας μικρός αριθμός αυτών εντάσσεται στα Panamax.

Τα πλοία O.B.O (Ore-Bulk-Oil) αποτελούν έναν σχετικά μοντέρνο τύπο εμπορικού φορτηγού πλοίου ειδικά σχεδιασμένου για την μεταφορά υγρού και ξηρού φορτίου. Η ανάγκη για την ύπαρξη εξαιρετικά ευέλικτων εμπορικών πλοίων, τα οποία θα λειτουργούν κυρίως ως δεξαμενόπλοια αλλά παράλληλα θα διαθέτουν την δυνατότητα μετατροπής αυτών σε φορτηγά πλοία όταν η αγορά το απαιτεί, ώθησαν στον σχεδιασμό και στην ναυπήγηση αυτού του τύπου πλοίων. Τα O.B.O έχοντας την δυνατότητα μεταφοράς υγρού φορτίου κατά το ταξίδι τους σε ένα λιμάνι και ξηρού χύδην φορτίου κατά την επιστροφή τους από αυτό, μείωσαν σημαντικά τις άσκοπες μετακινήσεις με άδεια αμπάρια, αυξάνοντας έτσι την αποδοτικότητα των ταξιδιών και τα κέρδη των πλοιοκτητών. Έγιναν διάσημα κατά την δεκαετία του 1970, αλλά ο αριθμός τους μειώθηκε από το 1990 και μετά, κυρίως λόγω του αυξημένου κόστους συντήρησης, των δαπανών «αλλαγής» του φορτίου αλλά και του χρονικού διαστήματος που απαιτούσε η αλλαγή αυτή. Τα πλοία αυτά διαθέτουν ειδικά συστήματα καθαρισμού, με σκοπό την υποδοχή και ασφαλή μεταφορά διαφορετικού τύπου φορτίου, παρόλα αυτά στις περιπτώσεις που το πλοίο φορτώνεται με πετρέλαιο, απαγορεύεται ή μεταφόρτωση του με χύδην φορτίου καθαρής μορφής όπως σιτηρά.

Στην κατηγορία των Bulk Carrier χωρίς γερανούς, ανήκουν τα πλοία τα οποία δεν είναι εξοπλισμένα με γερανούς ή φορτωτήρες. Τα πλοία αυτού του τύπου εξαρτώνται πλήρως από τις εκάστοτε διαθέσιμες λιμενικές εγκαταστάσεις για την φόρτωση και την εκφόρτωσή τους. Ανήκουν σε όλες τις κατηγορίες μεγεθών και προορίζονται κυρίως για την πραγματοποίηση ταξιδιών ανάμεσα σε δύο μόνο λιμάνια. Η χρήση αυτών των πλοίων βοηθά στην αποφυγή εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης του εξοπλισμού φόρτωσης.

Οι επονομαζόμενοι Αυτοεκφορτωτές (Self-Unloaders), διαθέτουν κατάλληλο εξοπλισμό εκφόρτωσης με σκοπό την ταχύτερη και αποτελεσματικότερη περάτωση της διαδικασίας. Ο εξοπλισμός αυτός αποτελείται συνήθως από ένα σύστημα βραχιόνων και ιμάντων μεταφοράς. Μέσω των περιστρεφόμενων βραχιόνων, μέρος του συστήματος μπορεί να μεταφερθεί και εκτός του χώρου του πλοίου, επιτρέποντας έτσι την άμεση εκφόρτωση του χύδην φορτίου στην ξηρά. Επιπλέον, οι γωνίες των αμπαριών έχουν κατάλληλη κλίση και καταλήγουν σε ειδικές σχάρες, έτσι ώστε το φορτίο να οδηγείται μέσω της βαρύτητας απευθείας σε έναν ιμάντα μεταφοράς. Το σύστημα των ιμάντων στη συνέχεια μεταφέρει το φορτίο στο ύψος του καταστρώματος, όπου από εκεί αποστέλλεται στην ξηρά. Αυτά τα συστήματα επιτυγχάνουν παραπλήσιους χρόνους εκφόρτωσης με αυτούς των χερσαίων εκφορτωτικών εξοπλισμών. Η εγκατάσταση τέτοιου είδους συστημάτων αυτοεκφόρτωσης είναι δαπανηρή ενώ παράλληλα μειώνει τον όγκο ωφέλιμου φορτίου που μπορεί να μεταφέρει έναν πλοίο αυτού του τύπου. Ωστόσο, αυτά τα μειονεκτήματα μπορούν να αντισταθμιστούν σε περιπτώσεις θαλάσσιων μεταφορών μικρών αποστάσεων όπου ο χρόνος παραμονής του πλοίου στα λιμάνια μειώνεται σημαντικά.

Ο πιο γνωστός τύπος φορτηγών πλοίων που συναντώνται στις μεγάλες λίμνες, ονομάζονται Λέικερς (Lakers). Έχουν κατασκευασμένη την γέφυρα στο προωαίο τμήμα του σκάφους καθιστώντας ευκολότερη την πλοήγηση μέσα στα κλειδιά των λιμνών. Λόγω της χρήσης τους σε γλυκά νερά, υπόκεινται σε μικρότερη διάβρωση, αυξάνοντας έτσι την διάρκεια ζωής τους συγκριτικά με τα πλοία που δραστηριοποιούνται σε αλμυρά ύδατα. Στα μέσα του 20ου αιώνα ο αριθμός αυτού του τύπου πλοίων έφτανε τα 300, ωστόσο στις αρχές του 21 αιώνα μειώθηκε σημαντικά. Το 2005 καταγράφηκαν μόλις 98 ενεργά Λέικερς (Lakers) με χωρητικότητα άνω των 10.000 τόνων (dwt).

Τέλος, τα B.I.B.O (Bulk In, Bags Out), αποτελούν φορτηγά πλοία εξοπλισμένα κατάλληλα για την συσκευασία του χύδην φορτίου σε σάκους, κατά την διαδικασία εκφόρτωσής του. Το πιο γνωστό φορτίο μεταφοράς των B.I.B.O είναι η ζάχαρη, το ρύζι και τα σιτηρά.

1.4 Η αγορά των Bulk Carrier (Dry Bulk Shipping Market)

Καθ'όλη την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, η αγορά των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου, γνώρισε μια σειρά διακυμάνσεων που επηρέασαν τις επιδόσεις και την ανάπτυξή της. Παράγοντες, όπως οι αλλαγές στο παγκόσμιο εμπόριο, οι οικονομικές και πολιτικές μεταβολές και οι νομοθετικές αλλαγές έπαιξαν ρόλο στη διαμόρφωση της αγοράς.

Στις αρχές της τελευταίας δεκαετίας, η αγορά των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου χαρακτηριζόταν από υπερπροσφορά πλοίων, γεγονός που οδήγησε σε χαμηλούς ναύλους και σημαντικές ζημιές για τους πλοιοκτήτες. Αυτή η υπερπροσφορά ήταν σε μεγάλο βαθμό αποτέλεσμα της αλματώδους αύξησης των παραγγελιών την προηγούμενη δεκαετία, η οποία είχε οδηγήσει σε αύξηση του παγκόσμιου στόλου. Ταυτόχρονα, η ζήτηση για εμπορεύματα όπως το σιδηρομετάλλευμα και ο άνθρακας ήταν περιορισμένη λόγω της παγκόσμιας οικονομικής ύφεσης, γεγονός που επηρέασε περαιτέρω τους ναύλους.

Με το πέρας των ετών, η αγορά άρχισε να ανακάμπτει, λόγω της αυξημένης ζήτησης για εμπορεύματα από τις αναπτυσσόμενες οικονομίες, ιδίως αυτών στην Ασία. Αυτή η αύξηση της ζήτησης υποστηρίχθηκε περαιτέρω από την οικονομική ανάπτυξη της Κίνας, η οποία είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής εμπορευμάτων, όπως το σιδηρομετάλλευμα και ο άνθρακας. Ως αποτέλεσμα, οι ναύλοι άρχισαν να αυξάνονται και οι πλοιοκτήτες άρχισαν να επωφελούνται από την αυξημένη ζήτηση για τις υπηρεσίες τους.

Παρόλα αυτά η αγορά παρέμεινε ασταθής και η ανάκαμψη δεν ήταν σταθερή σε όλους τους τομείς. Ειδικότερα, ο τομέας του ξηρού χύδην φορτίου συνέχισε να αντιμετωπίζει προκλήσεις, με την υπερπροσφορά να παραμένει ένα σοβαρό ζήτημα και τους ναύλους να παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα. Αυτό οφειλόταν εν μέρει στη συνεχιζόμενη επέκταση του παγκόσμιου στόλου, με τα ναυπηγεία σε χώρες όπως η Κίνα να συνεχίζουν να παράγουν νέα πλοία παρά την χαμηλή ζήτηση.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρέασε την αγορά των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου κατά την τελευταία δεκαετία ήταν οι θεσμικές αλλαγές με στόχο τη βελτίωση της ασφάλειας και τη μείωση των εκπομπών. Οι αλλαγές αυτές περιελάμβαναν την εισαγωγή της Σύμβασης του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) για τη διαχείριση του έρματος, η οποία απαιτούσε από τα πλοία να εγκαθιστούν εξοπλισμό για τη διαχείριση του έρματος, και την επιβολή αυστηρότερων προτύπων εκπομπών από ρυθμιστικές αρχές όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Αυτές οι κανονιστικές αλλαγές είχαν σημαντικό αντίκτυπο στην αγορά, καθώς οι πλοιοκτήτες αναγκάστηκαν να επενδύσουν σε νέα τεχνολογία και εξοπλισμό για να συμμορφωθούν με τα νέα πρότυπα. Αυτό αύξησε το κόστος λειτουργίας και συντήρησης και ενδέχεται να συνέβαλε στη μείωση της προσφοράς πλοίων.

Όσον αφορά το μέλλον, η αγορά των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου είναι πιθανό να συνεχίσει να αντιμετωπίζει προκλήσεις, ιδίως στον τομέα των πλοίων μεταφοράς ξηρού φορτίου. Η επέκταση του παγκόσμιου στόλου αναμένεται να συνεχιστεί και η ζήτηση για εμπορεύματα ενδέχεται να μην είναι επαρκής για να απορροφήσει αυτή τη νέα προσφορά. Ταυτόχρονα, είναι πιθανό να αυξηθούν οι νομοθετικές αλλαγές, καθώς η ναυτιλιακή βιομηχανία αντιμετωπίζει πιέσεις για τη μείωση των εκπομπών και τη βελτίωση της ασφάλειας.

Εν κατακλείδι, η αγορά των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου έχει βιώσει μια σειρά διακυμάνσεων κατά την τελευταία δεκαετία, λόγω παραγόντων όπως οι αλλαγές στο παγκόσμιο εμπόριο, οι οικονομικές και πολιτικές μεταβολές καθώς και οι αλλαγές των κανονισμών. Ενώ η αγορά έχει ανακάμψει από την υπερπροσφορά και τους χαμηλούς ναύλους των αρχών της δεκαετίας, παραμένει ασταθής, με συνεχιζόμενες προκλήσεις για τον τομέα του ξηρού χύδην φορτίου.

Κεφάλαιο 2: Hatch Covers, ιστορική αναδρομή και είδη καλυμμάτων

2.1 Hatch Covers

Οι χώροι αποθήκευσης και μεταφοράς φορτίου κάθε πλοίου πρέπει να είναι αρκετά προστατευμένοι, προκειμένου να διαφυλάσσεται η ποιότητα του φορτίου και να αποφεύγεται η αλλοίωση του. Κάθε χώρος φορτίου πρέπει να είναι αεροστεγής και υδατοστεγής με σκοπό την διατήρηση της ποιότητας του φορτίου για το μέγιστο χρονικό διάστημα. Εάν το φορτίο που μεταφέρεται περιέχει ευπαθή τρόφιμα, τότε καθίσταται εξαιρετικά σημαντική η προστασία του από την υγρασία και τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες, ιδίως τη βροχή. Η αδυναμία κατάλληλης διατήρησης τέτοιων φορτίων μπορεί εκτός από την προαναφερθείσα αλλοίωση, να οδηγήσει και στην εξάπλωση ασθενιών.

Τα καλύμματα στομίων κυτών χρησιμοποιούνται για την κάλυψη και την προστασία του φορτίου στους χώρους φόρτωσης. Σχεδιάζονται με κύριους γνώμονες την λειτουργική αποτελεσματικότητα αλλά και την οικονομική αποδοτικότητα τους. Ο κύριος στόχος των καλυμμάτων είναι η αποτροπή της εισόδου θαλάσσιων σωμάτων στους χώρους μεταφοράς φορτίου καθώς και η προστασία των εμπορευμάτων από υγρασία και ζημίες. Επιπλέον δρουν ως προστατευτικά φράγματα για την εσωτερική δομή του πλοίου, καθώς υπόκεινται σε φορτία εξαιτίας υδάτινων σωμάτων λόγω κυματισμών (green water loads) σε ακραίες καιρικές συνθήκες, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στην μεταλλική δομή του πλοίου σε βάθος χρόνου, μέσω του φαινομένου της διάβρωσης.

2.2 Ιστορική Αναδρομή

Την εποχή των ξύλινων πλοίων, τα καλύμματα των στομίων, κατασκευάζονταν από ξύλινες σανίδες, δοκάρια και καδρόνια, ενώ καλύπτονταν με μουσαμάδες. Τα ξύλινα στόμια των κυτών είχαν πολλά μειονεκτήματα. Συνήθιζαν κυρίως να αλλοιώνονται λόγω της συνεχούς έκθεσης στους γεμάτους με υγρασία θαλάσσιους ανέμους. Η βροχή και το θαλασσινό νερό

επίσης είχαν δυσμενείς επιπτώσεις στα ξύλινα καλύμματα των στομιών. Με την έλευση του χάλυβα, τα ξύλινα καλύμματα άρχισαν να εξαφανίζονται.

Σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως χαλύβδινα καλύμματα στομιών. Τα πρώτα χαλύβδινα καλύμματα έκαναν την εμφάνιση τους το 1929 και αποτέλεσαν έργο των αδερφών Ρόμπερτ και Τζόσεφ Μακγκρέγκορ (Robert & Joseph MacGregor), οι οποίοι κατοχύρωσαν το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για αυτά μέσα στο ίδιο έτος. Το 1941 το πρωτότυπο καλυμμάτων μονής έλξης (single pull) διατέθηκε στην αγορά και σύντομα γνώρισε σημαντική εξέλιξη ως προς την διαμόρφωση του. Αποτελούνταν από πέντε αρθρωτά πάνελ τα οποία, στοιβάζονταν με ευταξία το ένα πάνω στο άλλο. Από τότε, τα χαλύβδινα καλύμματα στομιών έχουν γίνει ο συνήθης εξοπλισμός για πλοία γενικού φορτίου, πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου και πλοία ψυγεία. Ύστερα από τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, μια άλλη ενδιαφέρουσα εξέλιξη έλαβε χώρα στον τομέα των καλυμμάτων στομιών κυτών, καθώς εκείνη την εποχή, υπήρξε μετάβαση από τους παραδοσιακούς τύπους πλοίων (κυρίως πλοία γενικού φορτίου, δεξαμενόπλοια και επιβατηγά πλοία) σε μια ευρεία ποικιλία ειδικών πλοίων όπως τα bulkers, τα ψυγεία, τα ρο-ρο (ro-ro), τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και τα πλοία πολλαπλών χρήσεων. Κάθε ένας από αυτούς τους τύπους πλοίων απαιτούσε εξατομικευμένο σχεδιασμό του δικού του καλύμματος στομιού, προκειμένου να μπορεί να προσαρμόζεται στα αντίστοιχα φορτία.

Τις τελευταίες δεκαετίες, με τη ραγδαία αύξηση του αριθμού των μεγάλων ποντοπόρων πλοίων, εμφανίστηκε η ανάγκη εύρεσης σχεδιαστικών αλλά και κατασκευαστικών λύσεων με σκοπό την στεγανοποίηση των μεγαλύτερων και βαρύτερων καλυμμάτων στομιών.

Ο πιο συνηθισμένος τύπος καλύμματος που χρησιμοποιείται σήμερα αποτελείται από έναν αριθμό χαλύβδινων πάνελ που συνδέονται μεταξύ τους. Ο σχεδιασμός ενός καλύμματος στομιού αλλάζει ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο του πλοίου, αλλά τα περισσότερα σχέδια γίνονται για να κάνουν το άνοιγμα και το κλείσιμο των καλυμμάτων όσο το δυνατόν πιο γρήγορο, ώστε να διευκολύνεται η ταχύτερη διαδικασία διακίνησης φορτίου.

2.3 Είδη Καλυμμάτων

Όπως είναι γνωστό τα πλοία χύδην φορτίου χωρίζονται σε διαφορετικές κατηγορίες με γνώμονα τα τρία κριτήρια που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Έτσι λοιπόν κάθε πλοίο ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει, φέρει διαφορετικού τύπου εξοπλισμό.

Κατ'έπекταση, δημιουργήθηκε η ανάγκη ανάπτυξης διαφόρων τύπων καλυμμάτων στομίων με σκοπό την κάλυψη των αναγκών όλων των προαναφερθέντων κατηγοριών πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου.

➤ Καλύμματα πτυσσόμενου τύπου (Folding Hatch Covers)



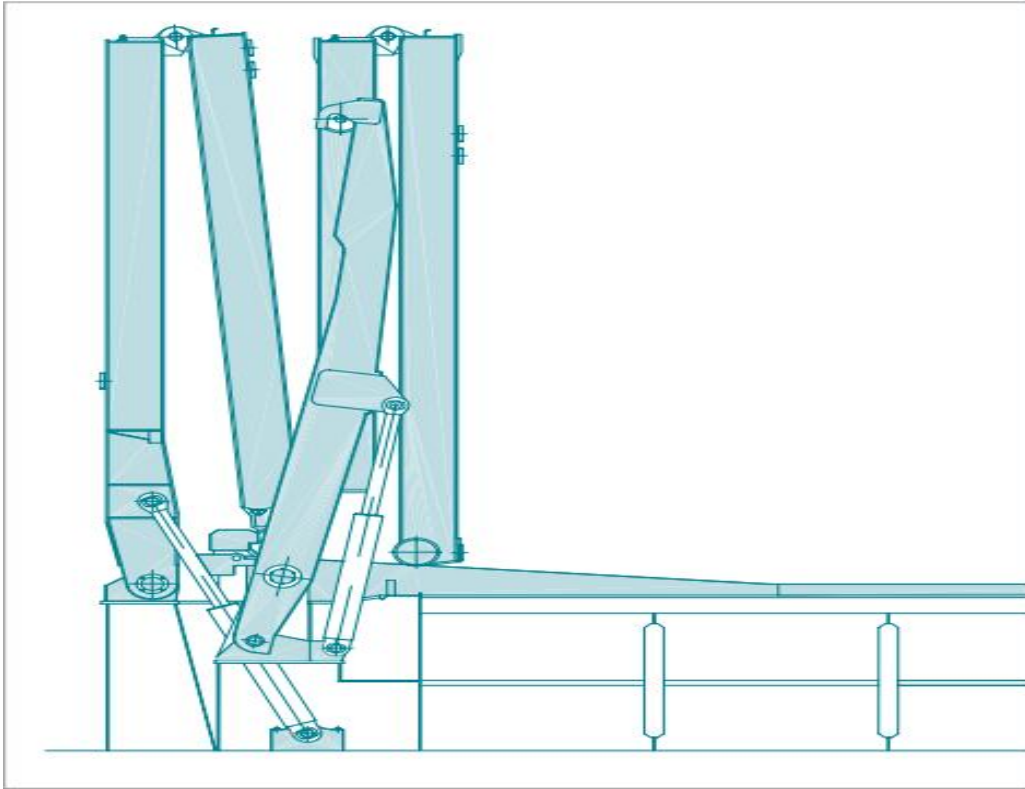
(Εικόνα 2.1: Folding Hatch Cover / Πτυσσόμενο Κάλυμμα Στομίου - <https://www.macgregor.com/>)

Τα καλύμματα αυτά είναι μια από τις συνηθέστερες κατηγορίες καλυμμάτων που συναντώνται στα πλοία χύδην φορτίου. Τα πτυσσόμενα καλύμματα στομίων χρησιμοποιούνται στα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου τύπου Handysize και Handymax, όπου είναι ιδιαίτερα σημαντικό να μεγιστοποιούνται οι διαστάσεις των αμπαριών σε σχέση με το πλάτος του πλοίου. Αποτελούνται από μεγάλα επί μέρους τμήματα, γνωστά και ως πάνελ, τα οποία κατά την διαδικασία φορτοεκφόρτωσης στοιβάζονται με προσοχή το ένα δίπλα στο άλλο. Συνήθως τα επί μέρους αυτά τμήματα, στοιβάζονται είτε στο ένα άκρο του στομίου ή και στα δύο άκρα, ανάλογα με το μέγεθος τόσο του στομίου όσο και του καλύμματος. Τα καλύμματα πτυσσόμενου τύπου μονής έλξης (single pull), διαθέτουν ανεξαρτησία όσον αφορά τον χωρισμό των επί μέρους τμημάτων τους. Τα τμήματα αυτά, χωρίζονται σε κύρια και δευτερεύοντα ζεύγη πάνελ. Τα κύρια ζεύγη λειτουργούν με την βοήθεια υδραυλικών εμβόλων, τα οποία είναι εγκατεστημένα επί του καταστρώματος, ενώ συνδέονται με περιστροφικούς

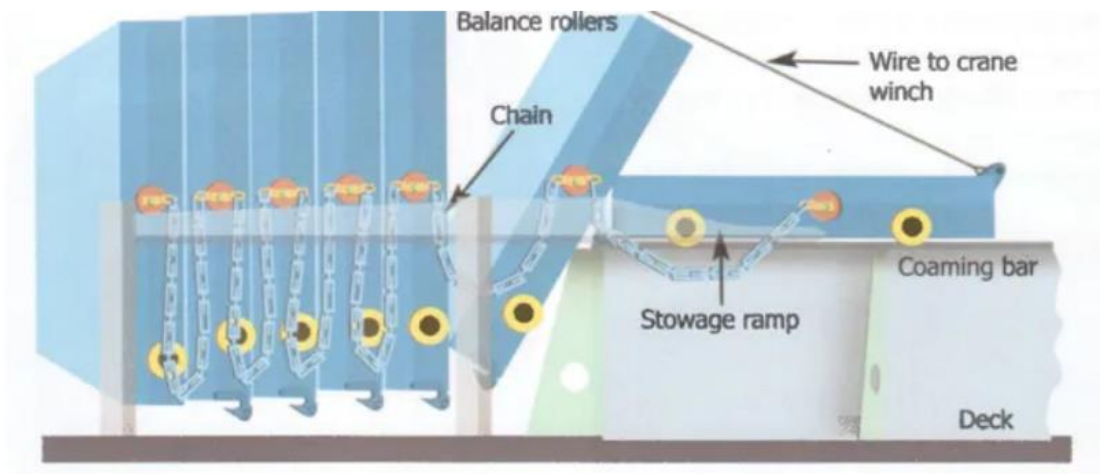
συνδέσμους (μεντεσέδες). Τα δευτερεύοντα ζεύγη λειτουργούν συχνά με υδραυλικούς βραχίονες (μανιβέλες). Σε αρκετές περιπτώσεις, εγκαθίστανται διατάξεις στεγανοποίησης για την διατήρηση του φορτίου αλλά και μαξιλαράκια έδρασης για την μετάδοση των φορτίσεων μεταξύ του καλύμματος και της δομής του κύτους. Τα πάνελ συχνά ασφαλίζονται με την βοήθεια γάντζων οι οποίοι κλειδώνουν πάνω στους τροχούς που βρίσκονται στα άκρα τους και χρησιμοποιούνται για την κύλιση των πάνελ επί των άκρων του στομίου. Ως κριτήριο επιλογής και σχεδίασης του συγκεκριμένου τύπου, λαμβάνονται το μέγεθος του ανοίγματος του στομίου, το ύψος των ελασμάτων του στομίου (coamings) και το μήκος στοιβασίας. Όλα τα καλύμματα κατασκευάζονται ειδικά για ένα πλοίο, με γνώμονα τις απαιτήσεις του πλοιοκτήτη και της κλάσης, οι οποίες πρέπει να εμπίπτουν εντός των απαιτήσεων της γραμμής φόρτωσης.

Τα πιο διαδομένα είδη καλυμμάτων αυτού του τύπου είναι:

- i) Καλύμματα υψηλής στοιβασίας δύο πάνελ (twofold): επιφέρουν οικονομική στοιβασία και ιδανικό άνοιγμα (πλάτος) στομίου.
- ii) Καλύμματα υψηλής στοιβασίας τριών πάνελ/άμεσης έλξης (direct pull): είναι εύκολα ως προς την εγκατάστασή τους, με απλή και οικονομική λειτουργία του υπάρχοντος εξοπλισμού του πλοίου, ενώ χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση.
- iii) Καλύμματα υψηλής στοιβασίας τριών πάνελ/πτυχωτά (foldtite): διαθέτουν μηχανισμούς και εξοπλισμό ενεργοποίησης στο εξωτερικό μέρος των πάνελ του στομίου, έχουν μικρό μήκος στοιβασίας και χρειάζονται και αυτά ελάχιστη συντήρηση.
- iv) Καλύμματα υψηλής στοιβασίας τεσσάρων πάνελ (foldlink): είναι κατάλληλα για πλοία των οποίων τα στόμια έχουν μεγάλο εμβαδόν, πάνω στα άκρα των οποίων συνήθως στοιβάζονται τέσσερα με έξι πάνελ. Διαθέτουν ελάχιστο μήκος στοιβασίας.



(Εικόνα 2.2: Folding Hatch Cover in vertical stowage position / Κάθετα Στοιβαγμένο Πτυσσόμενο Κάλυμμα Στομίου - <https://www.macgregor.com/>)



(Εικόνα 2.3: Arrangement of Direct Pull Hatch Cover / Διάταξη ενός καλύμματος κύτους άμεσης έλξης – <https://www.maritmeculture.com/>)

➤ Καλύμματα τύπου Piggy-Back (Piggy-Back Hatch Covers)

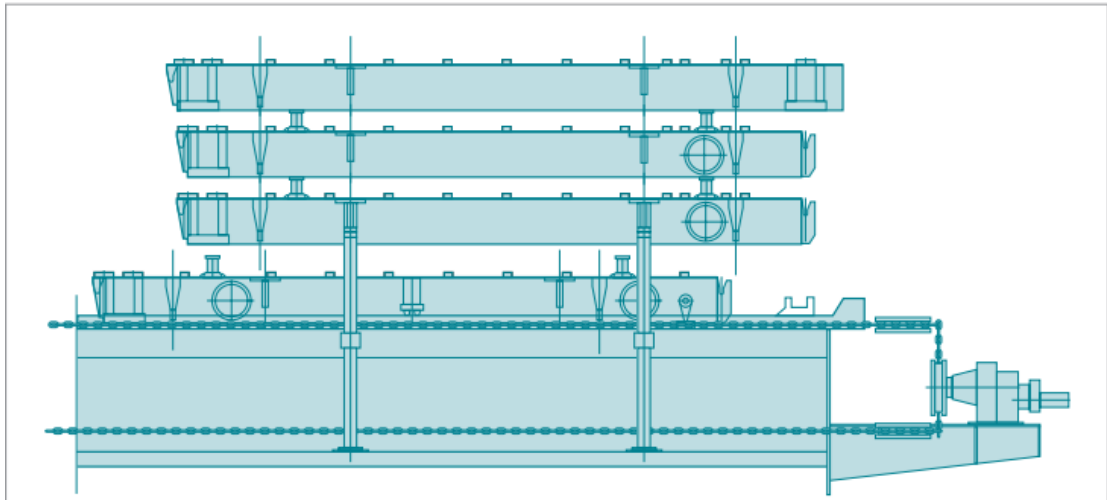


(Εικόνα 2.4: Piggy-Back Hatch Cover / Καλύμματα Στομίου Κύτους Piggy-Back - <https://www.macgregor.com/>)

Τα καλύμματα τύπου piggy-back μπορούν να τοποθετηθούν σε πολλούς διαφορετικούς τύπους πλοίων. Αποτελούν μια ιδανική επιλογή σε περιπτώσεις όπου ο χώρος του καταστρώματος είναι σχετικά περιορισμένος. Προσφέρουν έναν συμπαγή και αποδοτικό σχεδιασμό και χρησιμοποιούνται κυρίως όταν δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση αναδιπλούμενων καλυμμάτων ή καλυμμάτων πλευρικής κύλισης. Το σύστημα των καλυμμάτων piggy-back αποτελείται πάντα από δύο πάνελ, με το ένα πάνελ να ανυψώνεται σε κατάλληλο ύψος με την βοήθεια ανυψωτικών γρύλων (τέσσερις υδραυλικοί κύλινδροι), στη συνέχεια οι ανυψωτικοί γρύλοι αποσύρονται, κατεβάζοντας το πάνελ πάνω στο μηχανοκίνητο δεύτερο πάνελ όπου βρίσκεται από κάτω και τα δύο πάνελ μπορούν στη συνέχεια μαζί, να κυλίσουν προς και πίσω κατά το διάμηκες με την βοήθεια ηλεκτροκινητήρων αλλά και ενός συστήματος με μηχανισμούς αλυσίδα.

Η λειτουργία αυτών των καλυμμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί υπό πλήρως αυτοματοποιημένες συνθήκες. Το σύστημα μπορεί να εφαρμοστεί είτε μεταξύ ενός ζεύγους πάνελ διαφορετικών στομίων του κύτους είτε στα δύο πάνελ ενός μόνο στομίου. Επιπλέον,

μπορούν να στοιβάζονται στα άκρα ή στο πλάι του στομίου και να παραμένουν μερικώς ανοικτά, όταν αυτό είναι αναγκαίο. Εάν ο αριθμός των πάνελ υπερβαίνει τα δύο, το σύστημα ονομάζεται «σύστημα στοιβασίας» (stacking system).



(Εικόνα 2.5: Stacking of hatch covers in the multi-piggy-back style / Απεικόνιση στοιβαγμένων καλυμμάτων τύπου piggy-back - <https://www.macgregor.com/>)

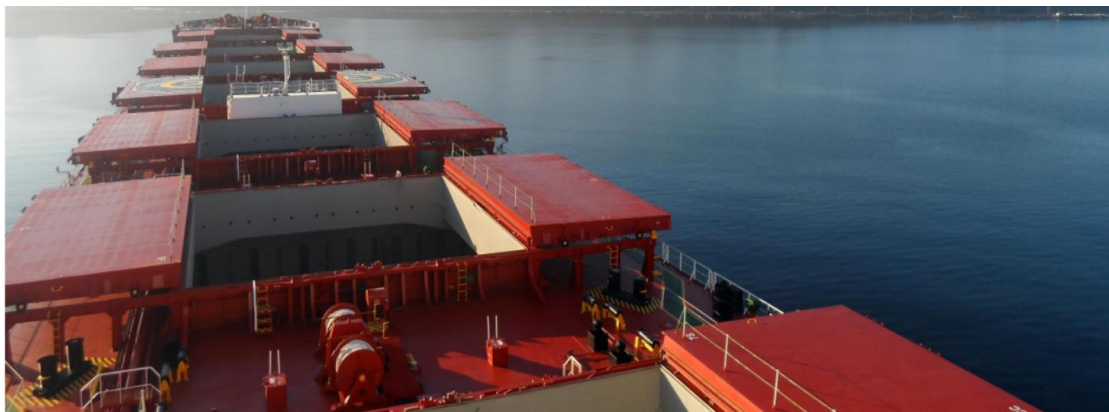
➤ Καλύμματα Στοιβασίας (Stacking Hatch Covers)



(Εικόνα 2.6: Stacking Hatch Covers / Καλύμματα Στοιβασίας - <https://www.macgregor.com/>)

Για σκάφη που απαιτούν σχετικά μικρά και απλά συστήματα κάλυψης στομίων, τα καλύμματα στοιβασίας για καταστρώματα καιρού αποτελούν μια ιδανική επιλογή. Λειτουργούν με υδραυλικά μέσα και τα πάνελ τους, μετακινούνται στις θέσεις στοιβασίας με συγκεκριμένη σειρά. Τα καλύμματα αυτά μπορούν να αποτελούνται από πολλά πάνελ, τα οποία διαθέτουν μηχανισμούς ρυμούλκησης που επιτρέπουν στα πάνελ να μετακινούνται προς και από μια θέση στοίβαξης μέσω ενός μηχανισμού αλυσίδας.

➤ Κυλιόμενα Καλύμματα (Side Rolling Hatch Covers)



(Εικόνα 2.7: Side Rolling Hatch Covers / Καλύμματα Πλευρικής Κύλισης - <http://www.marine-servicesolution.com>)

Τα καλύμματα πλευρικής κύλισης ή κυλιόμενα καλύμματα είναι εξαιρετικά δημοφιλή για χρήση στο κατάστρωμα καιρού των μεγαλύτερων πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου. Πιο συγκεκριμένα, συναντώνται σε τύπους πλοίων όπως τα Panamax και τα Capesize. Συνήθως τα καλύμματα πλευρικής κύλισης αποτελούνται από δύο πάνελ, με κάθε ένα από αυτά να κυλιέται πλευρικά κατά τον εγκάρσιο άξονα του κύτους πάνω σε ένα ζεύγος ραμπών. Αυτός ο τρόπος εναπόθεσης των πάνελ στα άκρα του πλοίου, έχει ως αποτέλεσμα την διευκόλυνση της διαδικασίας φόρτωσης και εκφόρτωσης του αμπαριού, ελαχιστοποιώντας τα εμπόδια που πρέπει να λάβει υπόψη του ο χειριστής ενός γερανού ή οποιασδήποτε άλλης συσκευής που χρησιμοποιείται κατά την παραπάνω διαδικασία. Ωστόσο, σε κάποια πλοία με διαθέσιμη εκμεταλλεύσιμη επιφάνεια καταστρώματος, γίνεται εγκατάσταση καλυμμάτων πλευρικής κύλισης με μόλις ένα πάνελ.

Οι κύριες μεταβλητές που λαμβάνονται υπόψιν κατά τον σχεδιασμό των καλυμμάτων πλευρικής κύλισης είναι το σύστημα κίνησης, το σύστημα ανύψωσης και το σύστημα πρόσδεσης.

Πιο συγκεκριμένα, τα καλύμματα στομίου πλευρικής κύλισης, διαθέτουν ποικιλία διαφορετικών συστημάτων κίνησης. Οι δύο κύριες επιλογές είναι η κίνηση με οδοντωτούς τροχούς ή η κίνηση με αλυσίδα.

Στα συστήματα κίνησης με οδοντωτούς τροχούς και γρανάζια (rack and pinion drive), η αποτελεσματική λειτουργία των καλυμμάτων εξασφαλίζεται από ένα σύστημα οδοντωτών τροχών, με την κίνηση κάθε πάνελ να επιτυγχάνεται μέσω της λειτουργίας ενός υδραυλικού κινητήρα χαμηλής ταχύτητας. Τοποθετημένος στο κέντρο της εγκάρσιας πλευράς του στομίου, ο κινητήρας βρίσκεται με τον άξονα κάθετα στις εγκάρσιες πλευρές του στομίου και συμπλέκεται μέσω ενός γραναζιού με μια οδοντωτή ράβδο, η οποία είναι τοποθετημένη στην κάτω πλευρά του πάνελ. Η καθοδήγηση των πλαισίων γίνεται μέσω διπλών τροχών στο ένα άκρο. Η λειτουργία με οδοντωτό τροχό και γρανάζι είναι εξαιρετικά ευέλικτη, ασφαλής και εύκολη στη συντήρηση, συμβάλλοντας στην αποτελεσματική διαχείριση του φορτίου. Τα πάνελ ελέγχονται ξεχωριστά, μπορούν να ανοίγουν ανεξάρτητα και να σταματούν σε οποιαδήποτε θέση κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Ο υδραυλικός κινητήρας είναι βραδείας ταχύτητας και διαθέτει βαλβίδα ελέγχου φορτίου. για την αποφυγή ακούσιας κύλισης.

Στα συστήματα κίνησης με αλυσίδα (chain drive), χρησιμοποιείται είτε μια αλυσίδα σε ένα πάνελ (μονόπλευρη κίνηση) είτε και στα δύο πάνελ (αμφίπλευρη κίνηση) με σκοπό την μετακίνηση των πάνελ στα άκρα του κύτους. Ο αμφίπλευρος τύπος υποκινείται από έναν υδραυλικό κινητήρα μεσαίας ταχύτητας με πλανητικό γρανάζι και τοποθετείται στο κατάστρωμα του πλοίου σε μία από τις δύο πλευρές και μεταξύ των ραμπών στοιβασίας. Οι αλυσίδες χειρισμού, οι οποίες βρίσκονται κατά μήκος και των δύο εγκάρσιων κουφωμάτων, συνδέονται με τους βραχίονες και των δύο πλαισίων, επιτυγχάνοντας έτσι την ταυτόχρονη λειτουργία τους. Η εγκάρσια σύνδεση των αλυσίδων, προσδίδει ένα ακόμα πλεονέκτημα στο σύστημα κίνησης καθώς τα πάνελ αντισταθμίζουν το ένα το άλλο όταν το πλοίο βρίσκεται υπό εγκάρσια κλίση (heel).



(Εικόνα 2.8: Depiction of panel's transverse ramps / Απεικόνιση των εγκάρσιων ραμπών των πάνελ - <http://www.marine-servicesolution.com/>)

Αναφορικά με τα συστήματα πρόσδεσης των καλυμμάτων πλευρικής κύλισης, τα πιο διαδεδομένα είναι τα Roll-up-Roll. Αποτελούν συστήματα που εγκαθίστανται σε στόμια με κυλιόμενα καλύμματα δύο πάνελ, επιτρέπουν την ταυτόχρονη και πλήρως αυτόματη ανύψωση και σύσφιξη των πάνελ. Εγκατεστημένα μαζί με το σύστημα κίνησης με οδοντωτό τροχό ή αλυσίδα, απλοποιούν και επιταχύνουν σημαντικά τη διαδικασία απόσυρσης των πάνελ. Τα βασικά εξαρτήματα του συστήματος είναι οι υδραυλικά ενεργοποιούμενοι μηχανισμοί Roll-up-Roll, οι οποίοι τοποθετούνται έξω από τις εγκάρσιες πλευρές του στομίου. Η λειτουργία τους είναι να ανυψώνουν τα καλύμματα σε θέση κύλισης και να συγκρατούν τα πάνελ όταν τα κατεβάζουν ξανά. Όταν ανοίγουν τα καλύμματα, οι μηχανισμοί ανασηκώνουν ταυτόχρονα και τα δύο καλύμματα στη θέση κύλισης. Σε αυτή την ακολουθία ανοίγματος, η υδραυλική πίεση που ενεργοποιεί τους υδραυλικούς κυλίνδρους για τους μηχανισμούς Roll-up-Roll προκαλεί την άνοδο των τροχών σε κεκλιμένες τροχιές, ανεβάζοντας έτσι τα πάνελ στη θέση κύλισης.

Οι ενέργειες της ανύψωσης και της κύλισης εποπτεύονται από το υδραυλικό σύστημα ελέγχου. Η ακολουθία κλεισίματος, καθέλκυσης και σύσφιξης είναι η αντίστροφη της διαδικασίας ανοίγματος. Για τη μονόπλευρη λειτουργία, τα κενά στις σιδηροτροχιές πρέπει να γεφυρωθούν. Αυτό επιτυγχάνεται με χειροκίνητα πετύγια ράγας. Σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα ανύψωσης, ο μειωμένος αριθμός υδραυλικών κυλίνδρων και στοιχείων που απαιτούν συντήρηση για το σύστημα Roll-up-Roll παρέχει σημαντική εξοικονόμηση επί του κόστους συντήρησης. Επιπλέον, το πλήρωμα του πλοίου απαλλάσσεται από την κουραστική εργασία της καθαίρεσης και της απομάκρυνσης των πάνελ.

➤ Αποσπώμενα Καλύμματα (Lift – Away Hatch Covers)



(Εικόνα 2.9: Depiction of a Lift – Away Hatch Cover / Απεικόνιση απομάκρυνσης ενός καλύμματος ανύψωσης - <https://www.londonpandi.com/>)

Τα αποσπώμενα καλύμματα στομίων συναντώνται συνήθως σε φορτηγά πλοία πολλαπλών χρήσεων που μεταφέρουν βαρύ φορτίο αλλά και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Τα καλύμματα αυτού του τύπου μπορούν να διαθέτουν ένα ή παραπάνω πάνελ ανάλογα τις απαιτήσεις του εκάστοτε πλοίου. Τα καλύμματα πολλαπλών πάνελ, χρησιμοποιούνται γενικά

για φορτηγά πλοία πολλαπλών χρήσεων που μεταφέρουν βαρύ φορτίο και έχουν συνήθως εγκάρσιες συνδέσεις.

Άξιος αναφοράς είναι ο τύπος πλοίου γενικού φορτίου Tweendecker. Τα Tweendeckers είναι πλοία γενικού φορτίου με δύο ή μερικές φορές τρία καταστρώματα. Το άνω κατάστρωμα ονομάζεται κύριο κατάστρωμα ή κατάστρωμα καιρού και τα επόμενα καταστρώματα ονομάζονται tweendecks. Τα καλύμματα των αμπαριών αποκαλούνται tweendecks αποσπώμενα καλύμματα στομιών (tweendeck lift-away hatch covers). Τα καλύμματα αυτά σχεδιάζονται για τα αμπάρια φορτίου και λειτουργούν με γερανούς πλοίου ή με τον εξοπλισμό φόρτωσης και εκφόρτωσης των λιμενικών εγκαταστάσεων. Σκοπός τους είναι να μεταφέρουν διάφορα φορτία αλλά και να χωρίζουν τους χώρους φορτίου σε διαμερίσματα προσδίδοντας ευελιξία στις διαδικασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το διαχωρισμό των ειδών φορτίου και η αποτελεσματική χρήση τους μπορεί να αυξήσει την εισροή φορτίου ενός πλοίου. Τα αποσπώμενα καλύμματα καταπακτών Tweendeck υποστηρίζονται από αφαιρούμενες ή αναδιπλούμενες βάσεις και μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να βρίσκονται σε διάφορες θέσεις ύψους ή να λειτουργούν και ως φρακτές. Για το άνοιγμα και το κλείσιμο αυτών των καλυμμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν διατάξεις με γρανάζια και αλλά και μηχανισμοί με αλυσίδες.



(Εικόνα 2.10: Folding Tweendeck Panels / Αναδιπλούμενα Tweendeck Πάνελ (αριστερά) – Lift -Away Tweendeck Panel / Αποσπώμενα Tweendeck Πάνελ (δεξιά) -

<https://www.macgregor.com/>)

Στην περίπτωση των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, τα αποσπώμενα καλύμματα στομίων αποτελούνται από ένα έως πέντε πάνελ. Το βάρος ενός μεμονωμένου πάνελ μπορεί να φτάσει έως και τους 45 τόνους. Τα αποσπώμενα πάνελ, απομακρύνονται με την βοήθεια ενός γερανού του ίδιου του πλοίου ή χρησιμοποιώντας τους γερανούς εμπορευματοκιβωτίων του λιμένα. Τα πάνελ μπορούν να στοιβάζονται μαζί στην αποβάθρα ή και στο κατάστρωμα του πλοίου και η ασφάλιση τους εξασφαλίζεται χειροκίνητα με την χρήση μεταλλικών συνδέσμων.

Κεφάλαιο 3: Έλεγχος, επιθεώρηση και συντήρηση των καλυμμάτων στομίων κυτών

3.1 Γενικά

Αφού εξετάσαμε τους διάφορους τύπους καλυμμάτων στομίων κυτών για καταστρώματα καιρού και για ενδιάμεσα καταστρώματα, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως ο συνδυασμός των πλοιοκτητών που εξασφαλίζουν ότι τα καλύμματα των πλοίων τους συντηρούνται συχνά και σωστά και ταυτόχρονα των πληρωμάτων που έχουν τη γνώση και την εμπειρία να χειρίζονται τα καλύμματα στομίων με ασφάλεια και με τον κατάλληλο τρόπο, οδηγούν σε ένα αποτέλεσμα όπου οι αξιώσεις αποζημίωσης φορτίου και τα ατυχήματα του πληρώματος περιορίζονται στο ελάχιστο.

Είναι γνωστό πως τα πλοία καλούνται να επιτελέσουν το έργο τους ακόμα και με τις πιο δύσκολες καιρικές συνθήκες, ιδίως κατά τους χειμερινούς μήνες. Δυστυχώς, ο ανταγωνισμός με την φύση δεν είναι ένα παιχνίδι που τα καλύμματα στομίων μπορούν να κερδίσουν κάτι το οποίο μεταφράζεται ως αναπόφευκτες ζημιές στο εκάστοτε μεταφερόμενο φορτίο.

Ωστόσο, σε περιπτώσεις όπου δεν τηρούνται τα απαραίτητα μέτρα τόσο από την πλευρά του πλοιοκτήτη όσο και από την πλευρά του πληρώματος και υπάρχει είσοδος θαλασσινού νερού στα αμπάρια μέσω των καλυμμάτων των στομίων, οι αξιώσεις των αποζημιώσεων μπορούν να αυξηθούν κατά πολύ. Πιο συγκεκριμένα, οι αποζημιώσεις για ζημιές φορτίου, το 1965, ανέρχονταν κατά μέσο όρο σε 60 χιλιάδες δολάρια ΗΠΑ. Το 2001, ο μέσος όρος ανήλθε σε 243 χιλιάδες δολάρια.

Κάθε χρόνο, οι ασφαλιστές των πλοίων και των φορτίων τους, πληρώνουν σημαντικά χρηματικά ποσά για αποζημιώσεις βρεγμένου φορτίου. Διαπιστώθηκε πως ο κυριότερος λόγος που το φορτίο υφίσταται ζημιές λόγω υγρασίας οφείλεται στην είσοδο νερού στους χώρους του στομίου μέσω των καλυμμάτων. Κατά συνέπεια, είναι προφανές ότι η διατήρηση των στεγανών καλυμμάτων στομίων είναι ένα από τα μεγαλύτερα μέλημα των πλοιοκτητών, διότι εάν μια έρευνα αποδείξει ότι θαλάσσιο νερό εισήλθε στα αμπάρια φορτίου μέσω κακώς συντηρημένων καλυμμάτων, θα είναι υποχρεωμένοι να πληρώσουν υψηλά πρόστιμα, ενώ παράλληλα τα ετήσια ασφάλιστρά τους θα αυξηθούν. Με αφορμή όλα τα παραπάνω, έχουν

εδραιωθεί κάποιες πρακτικές αλλά και απαιτήσεις επιθεώρησης και συντήρησης για τα καλύμματα στομίων του κύτους.

3.2 Προβλήματα διαρροής / στεγανότητας

Τα περισσότερα προβλήματα διαρροής οφείλονται στην κακή συντήρηση. Αν και ανθεκτικά, τα καλύμματα στομίων θα παρουσιάσουν διαρροή εάν οι επιφάνειες συμπίεσης δεν ευθυγραμμίζονται σωστά, εάν οι φλάντζες (gaskets) έχουν υποστεί ζημιά ή έχουν φθαρεί, εάν υπάρχουν ρωγμές ή τρύπες στα ελάσματα ή εάν έχει προκληθεί μόνιμη παραμόρφωση των καλυμμάτων.

Η ποιότητα των μέσων στεγανοποίησης επηρεάζεται από την έλλειψη ευθυγράμμισης και την κακή συμπίεση της φλάντζας. Όταν τα καλύμματα στομίων ανοίγουν στο τέλος ενός ταξιδιού, πρέπει να γίνεται έλεγχος για τυχόν σημάδια διαρροής, όπως λεκέδες σκουριάς ή σταγόνες νερού. Η τακτική ρύθμιση και επισκευή από το προσωπικό του πλοίου θα επιφέρει μείωση του συνολικού κόστους συντήρησης.

3.3 Έλεγχοι ανίχνευσης διαρροών / Έλεγχοι στεγανότητας

Ο έλεγχος της στεγανότητας του καλύμματος στομίου μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες μεθόδους. Οι δύο πιο συνηθισμένες μορφές ελέγχου ανίχνευσης διαρροών είναι ο έλεγχος με μάνικα υψηλής πίεσης νερού και ο έλεγχος με χρήση υπερήχων. Ο έλεγχος με χρήση υπερήχων είναι η προτιμώμενη μέθοδος, καθώς επιφέρει μεγαλύτερα ακρίβεια ανίχνευσης των περιοχών με ανεπαρκή στεγανοποίηση.

Υπάρχουν και άλλες μέθοδοι, όπως ο έλεγχος με χρήση φωτός, ο έλεγχος με χρήση κιμωλίας, ο έλεγχος με χρήση αέρα και ο έλεγχος με χρήση στόκου ή χύτευσης. Είναι άξιο αναφοράς πως αυτοί οι έλεγχοι δεν μπορούν να παράξουν τόσο αξιόπιστα αποτελέσματα. Ο έλεγχος με φως είναι δυνητικά επικίνδυνος, επειδή το προσωπικό βρίσκεται σε κλειστό, σκοτεινό χώρο και αναζητά διείσδυση φωτός μεταξύ των πάνελ, ενώ ο έλεγχος με χρήση κιμωλίας δίνει μόνο μια ένδειξη κακής συμπίεσης και πιθανών διαρροών. Ο έλεγχος με χρήση κιμωλίας δεν θεωρείται έλεγχος ανίχνευσης υπαρχουσών διαρροών.

3.3.1 Έλεγχος στεγανότητας με χρήση μάνικας υψηλής πίεσης



(Εικόνα 3.1: Water hose leak detection test/inspection - Έλεγχος / Επιθεώρηση στεγανότητας καλύμματος με χρήση μάνικας υψηλής πίεσης – www.standard-club.com)

Οι έλεγχοι με μάνικες νερού υψηλής πίεσης, χρησιμοποιούνται συνήθως για τον εντοπισμό των διαρροών στο κάλυμμα του στομίου. Η γενική διαδικασία για τους ελέγχους με μάνικα είναι η εφαρμογή ενός ισχυρού πίδακα νερού από ένα σωλήνα διαμέτρου 20 - 50 mm με ακροφύσιο διαμέτρου 12 mm που κρατείται σε απόσταση 1 – 1.5 m από την πλευρά του στομίου, κινούμενος κατά μήκος της με ταχύτητα 1 μέτρο κάθε 2 δευτερόλεπτα. Η πίεση στο ακροφύσιο του σωλήνα πρέπει να διατηρείται τουλάχιστον στα 2.0 bar κατά τη διάρκεια του ελέγχου.

Παρά την χρησιμότητα της μεθόδου ελέγχου με χρήση μάνικας υψηλής πίεσης, υπάρχουν κάποια μειονεκτήματα. Αρχικά, ο έλεγχος πρέπει να γίνεται σε άδειο αμπάρι, κάτι το οποίο περιορίζει την χρήση του. Δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί σε καιρικές συνθήκες όπου οι θερμοκρασίες βρίσκονται υπό του μηδενός. Για την πραγματοποίηση του χρειάζονται μεγάλες ποσότητες νερού, κάτι το οποίο συνεπάγεται σπατάλη, ενώ παράλληλα το νερό το οποίο αρχικά πέφτει στην περιοχή του καταστρώματος, καταλήγει εν τέλει στην θάλασσα και αρκετές φορές μπορεί να μεταφέρει ακαθαρσίες και λύματα, προκαλώντας πιθανότατα θαλάσσια ρύπανση. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην αποφυγή υπερβολικής αντίθλιψης του ακροφυσίου. Τέλος, αρκετές φορές δεν εντοπίζονται διαρροές στον εγκάρσιο

ή πλευρικό σύνδεσμο του καλύμματος με επαρκή ακρίβεια, ενώ καθ'όλη την διάρκεια του ελέγχου χρειάζονται τουλάχιστον δύο άτομα για την επίβλεψη του.

3.3.2 Έλεγχος στεγανότητας με χρήση υπερήχων



(Εικόνα 3.2: Ultrasonic leak detection test / Έλεγχος στεγανότητας με χρήση υπερήχων – www.overseasmaritime.com)

Η ανίχνευση διαρροών με υπερήχους θεωρείται ως ο καλύτερος τρόπος ελέγχου στεγανότητας των στομιών. Είναι ο έλεγχος που δίνει τα πιο ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα, ενώ παράλληλα εντοπίζει με ακρίβεια τα πιθανά σημεία διαρροής.

Ο IACS (International Association of Classification Societies) ανέπτυξε και έθεσε σε ισχύ κάποια κριτήρια και πρότυπα στα πλαίσια του IACS UR Z17 "Procedural Requirements for Service Suppliers" (Διαδικαστικές Απαιτήσεις για τους Παρόχους Υπηρεσιών) για τις εταιρίες που πραγματοποιούν αυτούς τους ελέγχους. Αυτό διασφαλίζει ότι τα συνεργεία που προσλαμβάνονται για να υποστηρίξουν το έργο των επιθεωρητών, στον έλεγχο των καλυμμάτων στομιών με σκοπό την έκδοση των απαραίτητων πιστοποιητικών είτε εκ μέρους του νηογνώμονα είτε εκ μέρους της σημαίας, είναι εξοικειωμένοι με τη θεωρία των υπερήχων και έχουν πρακτική εμπειρία σε ελέγχους και βασικές γνώσεις σχετικά με το σχεδιασμό, τη

συντήρηση και τις επισκευές των καλυμμάτων των στομιών. Όλοι οι εξουσιοδοτημένοι εργάτες που πραγματοποιούν τους ελέγχους οφείλουν να προσκομίσουν στην εταιρεία που τους μισθώνει, το πιστοποιητικό έγκρισης αλλά και τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης του εξοπλισμού που χρησιμοποιούν.

Κατά την διάρκεια του ελέγχου, τα καλύμματα των στομιών κλείνουν και τοποθετείται μια ηλεκτρονική γεννήτρια σήματος στο εσωτερικό του αμπαριού. Στη συνέχεια, ένας αισθητήρας περνάει γύρω από το εξωτερικό όλων των αρθρώσεων συμπίεσης. Οι μετρήσεις που λαμβάνονται από τον αισθητήρα υποδεικνύουν σημεία χαμηλής συμπίεσης ή πιθανά σημεία διαρροής. Πριν από την εκκίνηση του ελέγχου, πρέπει να καθοριστεί μια τιμή OHV (Open Hatch Value) για τη λήψη υπερήχων, με τα καλύμματα των στομιών να βρίσκονται σε ανοικτή θέση. Ως αποδεκτό εύρος διαρροής ορίζεται οποιαδήποτε τιμή, μικρότερη από το 10% της OHV. Κατά τη διάρκεια του ελέγχου όπου το κάλυμμα βρίσκεται κλειστό, τυχόν καταγεγραμμένες τιμές, μεγαλύτερες από το 10% της OHV υποδηλώνουν πιθανή διαρροή η οποία πρέπει να εξεταστεί περαιτέρω. Ο έλεγχος στεγανότητας με υπερήχους ξεπερνά τους περισσότερους από τους περιορισμούς που σχετίζονται με τον έλεγχο με χρήση μάνικας υψηλής πίεσης και μπορεί να πραγματοποιηθεί ακόμα και όταν τα αμπάρια είναι φορτωμένα.

Όπως και κάθε άλλη μορφή ελέγχου έτσι και ο έλεγχος με χρήση υπερήχων, επιφέρει κάποια μειονεκτήματα. Αρχικά αποτελεί μια μορφή ελέγχου που απαιτεί την πρόσληψη έμπειρου και εξειδικευμένου συνεργείου εργασίας, τόσο για την περάτωση του ελέγχου όσο και για την ορθή ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται χρειάζεται τακτική βαθμονόμηση και συνήθως δεν αποτελεί μέρος του υπάρχοντος εξοπλισμού του πλοίου.

Έχει διαπιστωθεί ότι συχνά εφαρμόζονται μεγάλες ποσότητες βαζελίνης ή γράσου στα ελαστικά παρεμβύσματα και στις ράβδους συμπίεσης, προκειμένου να περάσουν τους ελέγχους στεγανότητας και να ικανοποιήσουν (στην πραγματικότητα να παραπλανήσουν) τον επιθεωρητή που πραγματοποιεί τους απαραίτητους ελέγχους, ώστε να δοθεί η εντολή για την έναρξη της φόρτωσης χωρίς περαιτέρω καθυστέρηση. Αυτό ενέχει μεγάλο κίνδυνο, καθώς τα καλύμματα στομιών που έχουν υποστεί επεξεργασία και προετοιμασθεί με αυτόν τον τρόπο μπορεί να περάσουν τους ελέγχους στεγανότητας στο λιμάνι, αλλά εν τέλει θα παρουσιάσουν διαρροή κατά την διάρκεια του ταξιδιού. Σε τέτοιες περιπτώσεις, παρόλο που το πλοίο πέρασε τους ελέγχους ενώ βρισκόταν στο λιμάνι, το φορτίο συχνά παραδίδεται στο λιμάνι εκφόρτωσης έχοντας υποστεί ζημιές λόγω διαρροών, από άμεση επαφή με το νερό ή από υγρασία. Κάθε φορά που υποβάλλεται σημαντική αξίωση κατά του πλοίου, δίνεται εντολή σε επιθεωρητές να

παρευρεθούν στο πλοίο και να διεξάγουν έρευνα σχετικά με τα αίτια της ζημίας. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών, συνήθως αποκαλύπτουν ότι στο λιμάνι φόρτωσης πραγματοποιήθηκαν γρήγορες ή ακατάλληλες προσωρινές επισκευές, οι οποίες δεν ήταν επαρκείς για να αντέξουν τις καιρικές συνθήκες ενός ταξιδιού. Επιπλέον, αυτού του είδους οι ακατάλληλες ή γρήγορες επισκευές εγείρουν ένα άλλο σημαντικό ζήτημα, αυτό της δέουσας επιμέλειας. Σύμφωνα με την αρχή της δέουσας επιμέλειας, οι πλοιοκτήτες υποχρεούνται να διενεργούν μια επαρκή επιθεώρηση για να διασφαλίσουν ότι τα καλύμματα των στομίων βρίσκονται σε καλή κατάσταση. Εάν κατά την επιθεώρηση αυτή διαπιστωθούν ελαττώματα, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν επισκευές σύμφωνα με τις ορθές πρακτικές του κλάδου, προκειμένου να αποκατασταθούν οι ζημιές και να εξασφαλιστεί η ασφαλής λειτουργία και η στεγανότητα των καλυμμάτων. Ενώ οι έλεγχοι με χρήση μάνικας δίνουν μια ιδέα για τη φυσική επαφή μεταξύ ενός ελαστικού παρεμβύσματος και της ράβδου συμπίεσης, οι έλεγχοι με χρήση υπέρηχων δίνουν μια ιδέα για τις περιοχές όπου η συμπίεση του συστήματος στεγανοποίησης είναι ελαττωματική. Η επαφή και η συμπίεση είναι δύο διαφορετικά πράγματα και κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα των ελέγχων με χρήση μάνικας και των ελέγχων με χρήση υπέρηχων δεν μπορούν να συγκριθούν στην πράξη.

3.3.3 Έλεγχος στεγανότητας με χρήση κιμωλίας



(Εικόνα 3.3: Chalk test / Έλεγχος με χρήση κιμωλίας – www.standard-club.com)

Κατά την εκτέλεση ελέγχου με κιμωλία, το άνω άκρο κάθε ράβδου συμπίεσης καλύπτεται με κιμωλία. Τα καλύμματα στη συνέχεια κλείνουν πλήρως και ανοίγουν εκ νέου. Τα παρέμβυσματα από καουτσούκ εξετάζονται για σημάδια κιμωλίας, τα οποία πρέπει να διατρέχουν συνεχώς κατά μήκος του κέντρου του παρεμβύσματος. Κενά στο σημάδι κιμωλίας υποδηλώνουν έλλειψη συμπίεσης. Συμπερασματικά, ο έλεγχος με κιμωλία απλώς αποδεικνύει αν τα πλαίσια του στομίου είναι ευθυγραμμισμένα σωστά και αν επιτυγχάνεται συμπίεση. Δεν δείχνει όμως, αν η εφαρμοσμένη συμπίεση είναι επαρκής και ως εκ τούτου, δεν αποτελεί τον καταλληλότερο έλεγχο στεγανότητας των στομίων έναντι των εκάστοτε καιρικών συνθηκών.

3.4 Επιθεώρηση

Τα καλύμματα των στομίων και τα εξαρτήματά τους πρέπει να επιθεωρούνται μετά το πέρας κάθε πλου και όλα τα ευρήματα πρέπει να καταγράφονται. Ύστερα από απόφαση του IMO (MSC.169(79)), ορίστηκε μια λίστα από στοιχεία του συστήματος σφράγισης των στομίων τα οποία πρέπει να επιθεωρούνται μετά το πέρας κάθε ταξιδιού. Ωστόσο, παρότι ορισμένα από τα στοιχεία του συστήματος επιθεωρούνται ενώ τα καλύμματα είναι ανοιχτά, όπως οι διατάξεις σφράγισης και οι υδρορροές αποστράγγισης. Αρκετά στοιχεία μπορούν να επιθεωρηθούν και κατά την διάρκεια του ταξιδιού, ενώ τα στόμια είναι σφραγισμένα, με σκοπό την μείωση του χρόνου παραμονής του πλοίου στον λιμένα και την ταχύτερη περάτωση των απαιτούμενων εργασιών και ελέγχων.

Σημαντική είναι η δημιουργία ενός πλάνου επιθεώρησης και συντήρησης των καλυμμάτων το οποίο θα συμβαδίζει χρονολογικά και με το πλάνο επιθεώρησης και συντήρησης του κύτους. Οι επιθεωρήσεις θα πρέπει να γίνονται εντός εύλογων χρονικών διαστημάτων έτσι ώστε να καθίσταται δυνατή η πραγματοποίηση των απαραίτητων επισκευών. Ο σκοπός των παραπάνω, είναι η εφαρμογή μιας αποτελεσματικής διαδικασίας επιθεώρησης και συντήρησης η οποία θα επιτρέπει την ενδελεχή εξέταση των καλυμμάτων και των μηχανισμών αυτών ενώ παράλληλα θα είναι οικονομικά αποδοτική για τον πλοιοκτήτη.

Η διεθνής ένωση νηογνομόνων έχει θεσπίσει ένα πρόγραμμα επιθεώρησης για πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου. Σκοπός του προγράμματος είναι ο τακτικός έλεγχος της γάστρας και του εξοπλισμού των πλοίων.

Η IACS με την θέσπιση των UR Z10.2 όρισε διατάξεις σχετικά με την συχνότητα και την διαδικασία επιθεώρησης της γάστρας των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου. Συγκεκριμένα η ένωση έχει ορίσει τακτικές επιθεωρήσεις σε ετήσια βάση, ενδιάμεσες και ειδικές επιθεωρήσεις ανά πέντε έτη.

Η ετήσια επιθεώρηση έχει ως σκοπό να διασφαλιστεί, στο μέτρο του δυνατού, ότι η γάστρα, τα καταστρώματα καιρού, τα καλύμματα στομίων, οι πτυχές των αμπαριών και οι σωληνώσεις διατηρούνται σε ικανοποιητική κατάσταση και πρέπει να λαμβάνει υπόψη το ιστορικό χρήσης, την κατάσταση και την έκταση του συστήματος πρόληψης της διάβρωσης των δεξαμενών έρματος. Πρέπει να επιβεβαιωθεί ότι δεν έχουν γίνει μη εγκεκριμένες αλλαγές στα καλύμματα στομίων, στα στόμια και στις διατάξεις ασφάλισης και στεγανοποίησης τους από την τελευταία επιθεώρηση. Μια ενδελεχής επιθεώρηση των καλυμμάτων και των πτυχών των καταπακτών φορτίου είναι δυνατή μόνο με εξέταση σε ανοικτή καθώς και σε κλειστή θέση και πρέπει να περιλαμβάνει επαλήθευση της ορθής λειτουργίας ανοίγματος και κλεισίματος. Το κλείσιμο των καλυμμάτων πρέπει να περιλαμβάνει τη στερέωση όλων των περιφερειακών, και των εγκάρσιων συνδέσμων ή άλλες διατάξεις ασφάλισης. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στην κατάσταση των καλυμμάτων των καταπακτών στο εμπρόσθιο 25% του μήκους του πλοίου, όπου τα θαλάσσια φορτία είναι συνήθως μεγαλύτερα. Εάν υπάρχουν ενδείξεις δυσκολίας στον χειρισμό και την ασφάλιση των καλυμμάτων καταπακτών, τα συστήματα πρέπει να εξεταστούν περεταίρω κατά την κρίση του επιθεωρητή και να δοκιμαστούν σε λειτουργία. Σε περίπτωση που το σύστημα ασφάλισης της θυρίδας φορτίου δεν λειτουργεί σωστά, οι επισκευές πρέπει να γίνονται υπό την επίβλεψη του νηογνώμονα. Όταν τα καλύμματα των στομίων ή οι πτυχές αυτού υποβάλλονται σε σημαντικές επισκευές, η αντοχή των διατάξεων ασφάλισης πρέπει να αναβαθμίζεται, ώστε να συμμορφώνεται με το S21.5 των UR S21.

Για κάθε κάλυμμα στομίου, σε κάθε ετήσια επιθεώρηση, πρέπει να ελέγχονται τα ακόλουθα στοιχεία:

1. Πάνελ καλύμματος, συμπεριλαμβανομένων των πλευρικών πλακών, και των προσαρτημάτων σκληρυντικών που μπορεί να είναι προσβάσιμα σε ανοικτή θέση με πραγματοποίηση ελέγχου από κοντά για διάβρωση, ρωγμές, σπασίματα και παραμόρφωση
2. Διατάξεις στεγανοποίησης των περιμετρικών και εγκάρσιων αρμών (παρεμβύσματα για την κατάσταση λειτουργίας και για μόνιμη παραμόρφωση, χείλη φλάντζας, ράβδοι συμπίεσης, κανάλια αποστράγγισης και βαλβίδες χωρίς επιστροφή)

3. Διατάξεις σύσφιξης, ράβδοι συγκράτησης, σχισμές (για σπατάλη, ρύθμιση και κατάσταση των ελαστικών εξαρτημάτων)
4. Συσκευές εντοπισμού κλειστού καλύμματος (για παραμόρφωση και προσάρτηση)
5. Τροχαλίες αλυσίδας ή σχοινού
6. Οδηγοί
7. Σιδηροτροχιές και τροχοί για σχοινιά
8. Πώματα
9. Σύρματα, αλυσίδες και τεντωτήρες
10. Υδραυλικό σύστημα, ηλεκτρικές διατάξεις ασφαλείας και ασφάλειες
11. Μεντεσέδες, πείρους και σκαμνιά, όπου υπάρχουν.

Σχετικά με τις ενδιάμεσες επιθεωρήσεις, οι απαιτήσεις ορίζουν ότι πρέπει να γίνονται μαζί με την δεύτερη ή τρίτη ετήσια επιθεώρηση. Η ισχύς της επιθεώρησης καθορίζεται από την ηλικία του πλοίου.

Η έμφαση δίνεται στη διενέργεια ερευνών για την αξιολόγηση της κατάστασης διαφόρων περιοχών, συμπεριλαμβανομένων των πλαισίων του στομίου, των επιμεταλλώσεων, των διαφραγμάτων και των προστατευτικών επιστρώσεων. Οι απαιτήσεις περιγράφουν συγκεκριμένα σενάρια και συνθήκες υπό τις οποίες πρέπει να διεξάγονται έλεγχοι και μετρήσεις πάχους.

Για τις δεξαμενές έρματος, συνιστάται μια συνολική έρευνα, συμπεριλαμβανομένων αντιπροσωπευτικών χώρων, όπως οι προραίες και πρυμναίες δεξαμενές κορυφής, με επακόλουθη εξέταση για την επαλήθευση της αποτελεσματικότητας των συστημάτων πρόληψης της διάβρωσης. Εάν διαπιστωθεί κακή κατάσταση της επικάλυψης ή ελαττώματα, η εξέταση θα πρέπει να επεκταθεί και σε άλλες δεξαμενές έρματος του ίδιου τύπου. Η συχνότητα και η έκταση των εξετάσεων εξαρτώνται από τον τύπο της επικάλυψης, την κατάστασή της και την παρουσία διάβρωσης.

Όσον αφορά τα αμπάρια φορτίου, συνιστάται μια συνολική εξέταση όλων των αμπαριών, καθώς και κοντινές εξετάσεις συγκεκριμένων περιοχών, συμπεριλαμβανομένων των πλαισίων του κελύφους, της επένδυσης και των διαφραγμάτων. Η αναγκαιότητα για περαιτέρω κοντινές έρευνες και μετρήσεις πάχους καθορίζεται με βάση τα ευρήματα των συνολικών και κοντινών ερευνών.

Η έκταση των μετρήσεων πάχους θα πρέπει να είναι επαρκής για την αξιολόγηση των γενικών και τοπικών επιπέδων διάβρωσης σε περιοχές που εντοπίστηκαν κατά τη διάρκεια των επιθεωρήσεων. Η ελάχιστη απαίτηση για μετρήσεις πάχους είναι να στοχεύουν σε περιοχές που έχουν προηγουμένως εντοπιστεί ως ύποπτες. Επίσης πρέπει να εξετάζονται οι περιοχές που υπόκεινται σημαντική διάβρωση, οι οποίες μπορεί να απαιτούν πρόσθετη προστατευτική επίστρωση ή ετήσιες μετρήσεις.

Για τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου ηλικίας 10-15 ετών, οι απαιτήσεις για την ενδιάμεση επιθεώρηση ευθυγραμμίζονται με εκείνες της προηγούμενης ειδικής επιθεώρησης. Η εσωτερική εξέταση των δεξαμενών καυσίμων και η δοκιμή πίεσης όλων των δεξαμενών δεν είναι υποχρεωτικές, εκτός εάν κριθεί απαραίτητο από τον επιθεωρητή.

Για τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου ηλικίας άνω των 15 ετών, η ενδιάμεση επιθεώρηση πρέπει να διεξάγεται με την ίδια έκταση όπως η προηγούμενη ειδική επιθεώρηση, συμπεριλαμβανομένης της επιθεώρησης «dry dock survey». Τα κατώτερα τμήματα των αμπαριών φορτίου και των δεξαμενών υδάτινου έρματος πρέπει να υποβάλλονται σε γενικές και κοντινές επιθεωρήσεις και μετρήσεις πάχους, εάν δεν έχουν πραγματοποιηθεί προηγουμένως.

Επιπλέον, η ένωση έχει ορίσει μια επιπλέον μορφή επιθεωρήσεων, επονομαζόμενη ως ειδικές επιθεωρήσεις. Οι ειδικές επιθεωρήσεις πρέπει να διενεργούνται ανά 5ετία για την ανανέωση της πιστοποίησης του πλοίου. Η πρώτη ειδική επιθεώρηση πρέπει να ολοκληρωθεί εντός 5 ετών από την ημερομηνία της αρχικής επιθεώρησης της κλάσης και στη συνέχεια εντός 5 ετών από την ημερομηνία πίστωσης της προηγούμενης ειδικής επιθεώρησης. Ωστόσο, η παράταση της κλάσης κατά 3 μήνες το πολύ πέραν του 5ου έτους μπορεί να χορηγηθεί σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Στην περίπτωση αυτή, η επόμενη περίοδος τάξης θα αρχίσει από την ημερομηνία λήξης της ειδικής έρευνας πριν από τη χορήγηση της παράτασης. Για έρευνες που ολοκληρώνονται σε διάστημα μεγαλύτερο των τριών μηνών πριν από την ημερομηνία λήξης της ειδικής επιθεώρησης, η περίοδος ισχύος θα αρχίσει από την ημερομηνία ολοκλήρωσης του ελέγχου. Στις περιπτώσεις όπου το σκάφος έχει ακινητοποιηθεί ή έχει τεθεί εκτός λειτουργίας για μεγάλο χρονικό διάστημα λόγω σημαντικής επισκευής ή τροποποίησης και ο πλοιοκτήτης επιλέγει να πραγματοποιήσει μόνο τις καθυστερημένες επιθεωρήσεις, η επόμενη περίοδος κλάσης θα αρχίσει από την ημερομηνία λήξης της ειδικής επιθεώρησης. Εάν ο πλοιοκτήτης επιλέξει να πραγματοποιήσει την επόμενη οφειλόμενη ειδική επιθεώρηση, η περίοδος κλάσης θα αρχίσει από την ημερομηνία ολοκλήρωσης της επιθεώρησης.

Η ειδική έρευνα μπορεί να αρχίσει κατά την τέταρτη ετήσια επιθεώρηση και να συνεχιστεί με σκοπό την ολοκλήρωσή της μέχρι και την πέμπτη ετήσια επιθεώρηση. Όταν η ειδική επιθεώρηση είναι αρχίσει πριν από την τέταρτη ετήσια επιθεώρηση, ολόκληρη η επιθεώρηση πρέπει να ολοκληρωθεί εντός 15 μηνών, εάν οι εργασίες αυτές πρόκειται να πιστωθούν στην ειδική επιθεώρηση. Ταυτόχρονη πίστωση τόσο στην Ενδιάμεση Επιθεώρηση (I.S.) όσο και στην Ειδική Επιθεώρηση (S.S.) για ελέγχους και μετρήσεις πάχους χώρων δεν κρίνονται αποδεκτές.

Η ειδική επιθεώρηση πρέπει να περιλαμβάνει, επιπλέον των απαιτήσεων της ετήσιας επιθεώρησης, εξέταση, δοκιμές και ελέγχους επαρκούς έκτασης ώστε να εξασφαλίζεται ότι η γάστρα και οι σχετικές σωληνώσεις, βρίσκονται σε ικανοποιητική κατάσταση και είναι κατάλληλα για τον προορισμό τους για τη νέα περίοδο των 5 ετών που θα οριστεί με την επιφύλαξη της κατάλληλης συντήρησης και λειτουργίας και τη διενέργεια περιοδικών επιθεωρήσεων στις προβλεπόμενες ημερομηνίες.

3.5 Συντήρηση των καλυμμάτων

Όπως αναφέρθηκε λεπτομερώς στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου, η στεγανότητα των καλυμμάτων στομίων αποτελεί επιτακτική ανάγκη για την προστασία του φορτίου και την αποφυγή μεγάλων αξιώσεων όσον αφορά τις αποζημιώσεις φορτίου. Λόγω της συχνής λειτουργίας των καλυμμάτων, κατά τις διαδικασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης στους εκάστοτε λιμένες, απαιτείται συνεχής συντήρηση αλλά και πιθανή αντικατάσταση των διαφόρων κινητών και μη κινητών μελών τους.

Σύμφωνα με τον IMO /MSC/Circ.1071, συνίσταται στους πλοιοκτήτες και στους φορείς διαχείρισης των πλοίων να τηρούν ένα αρχείο συντήρησης και αντικατάστασης εξαρτημάτων, ώστε να διευκολύνονται οι προβλεπόμενες από το νόμο επιθεωρήσεις από την εκάστοτε διοικητική αρχή.

Όλες οι μεγάλες επισκευές θα πρέπει να πραγματοποιούνται μόνο μετά από συνεννόηση με τον κατασκευαστή του καλύμματος στομίου και με την συγκατάθεση της εκάστοτε διοικητικής αρχής. Τα πλάνα συντήρησης των καλυμμάτων των στομίων θα πρέπει να αποτελεί μέρος του συστήματος διαχείρισης της ασφάλειας των πλοίων, όπως αναφέρεται στον κώδικα ISM (International Safety Management).

Παρόλο που το προγραμματισμένο πλάνο συντήρησης PMS (Planned Maintenance System) διαθέτει ένα συνεχές πλάνο τόσο για τις ανανεώσεις των πιστοποιητικών όσο και για το καθεστώς συντήρησης, συνιστάται στα πλοία να τηρούν έναν απλό κατάλογο ελέγχου σύμφωνα με τις οδηγίες των κατασκευαστών, ο οποίος θα τηρείται επί του πλοίου και θα καλύπτει όλα τα στοιχεία που πρέπει να επιθεωρούνται σε κάθε περίπτωση. Οι κατάλογοι αυτοί θα πρέπει να φυλάσσονται και να διατίθενται με σκοπό τον έλεγχο τους, όταν αυτό ζητηθεί.

Η συντήρηση εμπεριέχει διάφορες φάσεις ανάλογα με την κατάσταση του πλοίου και την χρονική περίοδο την οποία διανύει. Πιο συγκεκριμένα, οι συχνότερες διαδικασίες συντήρησης λαμβάνουν χώρα μετά από κάθε φόρτωση και εκφόρτωση του πλοίου. Πριν από την αναχώρηση του πλοίου από το λιμάνι, όλα τα καλύμματα των στομιών του καταστρώματος καιρού θα πρέπει να κλείσουν σωστά και όλες οι διατάξεις ασφάλισης να είναι ενεργοποιημένες πλήρως. Θα πρέπει να διενεργούνται τακτικοί έλεγχοι για την διατήρηση της ασφάλειας των καλυμμάτων κατά τη διάρκεια του ταξιδιού και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου προβλέπεται επιδείνωση των καιρικών συνθηκών, κάτι το οποίο θα καταστήσει τους παραπάνω ελέγχους μη εφικτούς.

Ο χειρισμός των καλυμμάτων θα πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό. Θα πρέπει να είναι καλά καταρτισμένο και να γνωρίζει πλήρως τα πρωτόκολλα του κατασκευαστή σχετικά με την ασφαλή λειτουργία των καλυμμάτων που έχουν τοποθετηθεί στο συγκεκριμένο πλοίο. Χρειάζεται να διενεργείται κατάλληλη εκτίμηση κινδύνου, η οποία πρέπει να επανεξετάζεται τακτικά και το προσωπικό του πλοίου να κρατείται ενήμερο σχετικά με αυτή. Μετά το άνοιγμα τους, τα καλύμματα θα πρέπει να ασφαρίζονται κατάλληλα, χρησιμοποιώντας τα πόματα αλυσίδας, τις σφήνες ή άλλες συσκευές που συνιστώνται από τους κατασκευαστές. Τα ανοίγματα των στομιών πρέπει να φωτίζονται καλά και αν υπάρχουν προστατευτικά κιγκλιδώματα και ορθοστάτες, αυτά πρέπει να στερεώνονται στη θέση τους. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στο άνοιγμα και το κλείσιμο των καλυμμάτων των στομιών όταν το πλοίο έχει υπερβολική εγκάρσια ή διαμήκη κλίση, καθώς υπάρχει πιθανότητα τα καλύμματα να «ξεφύγουν» όταν βρίσκονται σε κίνηση.

Δεν συνιστάται το άνοιγμα των καλυμμάτων κατά τη διάρκεια του πλου για την εκτέλεση εργασιών συντήρησης και επισκευών, παρ' όλα αυτά υπάρχουν φορές όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το άνοιγμα των καλυμμάτων πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά, λαμβάνοντας υπόψη την ασφάλεια του πληρώματος και τις αναμενόμενες

καιρικές και θαλάσσιες συνθήκες. Ενδέχεται να είναι απαραίτητο να ληφθούν πρόσθετα μέτρα για την ασφάλιση των καλυμμάτων σε ανοικτή θέση, ώστε να αποτραπεί η μετακίνησή τους όταν το πλοίο κινείται.

Εκτός από την πραγματοποίηση ελέγχων με σκοπό την συντήρηση των καλυμμάτων μετά την φόρτωση και εκφόρτωση του πλοίου, πρέπει να εκτελούνται έλεγχοι ρουτίνας τρεις φορές μηνιαίως. Κατά την διάρκεια των ελέγχων αυτών, λιπαίνονται οι άξονες των τροχών, των αξόνων των σφηνών, των πείρων των αρθρώσεων και των προστατευτικών περιβλημάτων των υδραυλικών κυλίνδρων. Ελέγχονται οι πείροι των μεντεσέδων για φθορά και επισκευή αυτών αν θεωρηθεί αναγκαίο. Οι φθαρμένοι πείροι μεντεσέδων μπορεί να προκαλέσουν την καθ' ύψος περιστροφή των πάνελ και την εξάρθρωση των σταυρωτών συνδέσμων. Λιπαίνονται τα γρανάζια της αλυσίδας κίνησης των πάνελ, των οδοντωτών ραγών και των σφαιρικών εδράνων των κυλίνδρων. Ελέγχονται και προσαρμόζονται οι μηχανισμοί της αλυσίδας κίνησης και ρυμούλκησης των πάνελ. Ελέγχονται τα ελαστικά παρεμβύσματα ως προς την ελαστικότητα τους, για τυχόν μηχανικές βλάβες ή μόνιμη παραμόρφωση. Εάν το πλοίο πρόκειται να πλεύσει σε περιοχές όπου θα υπάρξουν χαμηλές θερμοκρασίες, κατά την διαδικασία της λίπανσης, προτιμάται η χρήση γράσου με βάση την γλυκερίνη.

Τέλος, υπάρχουν οι ετήσιοι έλεγχοι στα πλαίσια των οποίων, ελέγχεται η ποσότητα και η κατάσταση των ανταλλακτικών που μεταφέρονται επί του σκάφους. Οι ελαστικές συσκευασίες και η κόλλα έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής και ελέγχονται ως προς την ημερομηνία λήξης τους. Ελέγχεται το σύστημα λίπανσης του υδραυλικού συστήματος μέσω κατάλληλης ανάλυσης και οι διατάξεις κλειδώματος ασφαλείας και αποκοπής του υδραυλικού συστήματος.

3.5.1 Συντήρηση της δομής ενός καλύμματος στομίου

Το φαινόμενο της διάβρωσης είναι η κύρια αιτία μείωσης της μηχανικής αντοχής του καλύμματος στομίου. Η μειωμένη αντοχή οδηγεί σε αυξημένες παραμορφώσεις και είναι υπεύθυνη για την απώλεια άμεσης επαφής των χαλύβδινων μελών μεταξύ του καλύμματος και του στομίου. Εάν η διάβρωση βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο, μπορεί να αποδυναμώσει το κάλυμμα, σε σημείο όπου η κανονική φόρτωση μπορεί να προκαλέσει μόνιμη παραμόρφωση και απώλεια επαφής των χαλύβδινων ελασμάτων. Η καλή επαφή αποτελεί βασική προϋπόθεση για την στεγανότητα έναντι των καιρικών συνθηκών. Η επιταχυνόμενη διάβρωση διάτρησης

δημιουργεί οπές στην άνω πλάκα του καλύμματος ενώ παράλληλα, μπορεί να εμφανιστούν ρωγμές, οι οποίες γενικά προχωρούν από τη βάση προσγείωσης (landing pads) προς το περίβλημα του καλύμματος. Η διάβρωση εμφανίζεται κυρίως στα άκρα των πλαισίων κατά μήκος του εγκάρσιου αρμού, αλλά μπορεί επίσης να εμφανιστεί στην εσωτερική πλευρά ενός πάνελ, ιδίως κατά μήκος των εγκάρσιων ενισχυτικών. Στα πλαίσια της συντήρησης, απαιτείται τακτικός έλεγχος και βαφή των επιφανειών.

Μια μέθοδος συντήρησης και προσωρινής επισκευής είναι η χρήση συγκολλημένων ελασμάτων γνωστά ως doublers. Παρά το γεγονός πως τα doublers θα καλύψουν υπάρχουσες ζημιές και θα αποτρέψουν την είσοδο νερού στα στόμια, δεν θα αποκαταστήσουν την απαιτούμενη αντοχή ούτε θα σταματήσουν την διαδικασία της διάβρωσης. Οι εργασίες συγκόλλησης στα καλύμματα πρέπει να εκτελούνται από κατάλληλα καταρτισμένο προσωπικό, καθώς η υπερβολική έκλυση θερμότητας κατά τη διαδικασία της συγκόλλησης μπορεί να προκαλέσει παραμόρφωση της δομής του πάνελ. Αρκετές φορές πριν την πραγματοποίηση επισκευών, η ναυτιλιακή εταιρεία συμβουλευεται τον υπεύθυνο νηογνώμονα για το πλοίο.

3.5.2 Συντήρηση των εγκάρσιων συνδέσμων των στομίων



(Εικόνα 3.4: Maintenance of hatch cross joints / Συντήρηση των εγκάρσιων συνδέσμων - www.standard-club.com)

Είναι σημαντικό οι εγκάρσιοι σύνδεσμοι να βρίσκονται σε καλή κατάσταση και να είναι σωστά ευθυγραμμισμένοι. Η συντήρηση και η επισκευή πρέπει να επικεντρωθεί στην εξέταση της δομής του εγκάρσιου συνδέσμου για την ύπαρξη διάβρωσης, τον έλεγχο των μεντεσέδων του συνδέσμου για φθορά των πείρων και τη λίπανση των πείρων όπου αυτό κριθεί αναγκαίο, την ύπαρξη ρωγμών ή αστοχίας συγκόλλησης. Επιπλέον, πρέπει να εξετάζονται για φθορές τα εγκάρσια άκρα των πάνελ τα οποία ακουμπούν μεταξύ τους όταν το κάλυμμα είναι κλειστό και να ελέγχονται τα διάκενα, καθώς σφάλματα στη ρύθμιση των κυλίνδρων ή των τροχών τους μπορούν να οδηγήσουν σε κακή ευθυγράμμιση αυτών.

3.5.3 Συντήρηση των πτυχών των στομιών (Hatch Coamings)



(Εικόνα 3.5: Hatch Coaming - <https://www.shutterstock.com/th/search/hatch-coaming>)

Οι πτυχές των στομιών υπόκεινται ζημία κυρίως εξαιτίας του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για την φόρτωση και εκφόρτωση του φορτίου. Στα πλαίσια της συντήρησης των πτυχών των στομιών πρέπει να γίνεται έλεγχος για ρωγμές στις γωνίες των κουφωμάτων, ιδίως στις δομικές ενώσεις, να αναζητούνται σημάδια τριβής και αυλακώσεων τα οποία συνήθως προκαλούνται από τα συρματόσχοινα των γερανών. Τα ενισχυτικά των πτυχών πρέπει να ελέγχονται για διάβρωση. Ιδιαίτερα στις περιοχές όπου οι πτυχές των στομιών ενώνονται με το κατάστρωμα πρέπει να εξετάζεται η ύπαρξη ρωγμών ή αυλακώσεων. Οι πτυχές πρέπει να παραμένουν καλά βαμμένες.

3.5.4 Συντήρηση των βάσεων προσγείωσης (Landing Pads)

Τα καλύμματα καταπακτών είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε ένα τμήμα τους να έρχεται σε επαφή άμεσα με τις πτυχές του στομίου. Αυτή η επαφή χάλυβα με χάλυβα καθορίζει το μέγεθος της συμπίεσης μεταξύ του παρεμβύσματος της καταπακτής και της ράβδου συμπίεσης. Αρκετές πτυχές στομίων έχουν εγκατεστημένες βάσεις προσγείωσης καλυμμάτων. Οι βάσεις προσγείωσης βρίσκονται συνήθως δίπλα στις σφήνες. Η φθορά της άνω οριζόντιας επιφάνειας της βάσης οδηγεί στην αύξηση της πίεσης των ελαστικών παρεμβυσμάτων του καλύμματος. Εάν η φθορά αυτή είναι μεγαλύτερη από 4 mm, η αυξημένη πίεση στο παρέμβυσμα θα προκαλέσει βλάβη. Σε τέτοιες περιπτώσεις, κρίνεται αναγκαία η επισκευή της βάσης προσγείωσης. Το μέγεθος και οι διαστάσεις μιας βάσης προσγείωσης εξαρτώνται από το μέγεθος και το βάρος του καλύμματος του στομίου. Οι βάσεις τοποθετούνται στο πάνω μέρος των πτυχών του στομίου και στο πλάι του καλύμματος. Μετά από κάθε επισκευή των βάσεων πρέπει να ελέγχεται το ύψος τους και να βρίσκεται πάντα ίσο με το αρχικό ύψος σχεδιασμού. Η σωστή ρύθμισή τους μπορεί να επιτευχθεί μόνο κατά την επισκευή όταν το πλοίο είναι εκτός λειτουργίας. Ορισμένα πλοία είναι εφοδιασμένα με βάσεις προσγείωσης τύπου κασέτας (cassette-type), οι οποίες επιφέρουν εύκολη αντικατάσταση.



(Εικόνα 3.6: Landing Pad / Βάση προσγείωσης – www.standard-club.com)

3.5.5 Συντήρηση των τροχών καταπακτής και των ραγών (Wheels and trackways)



(Εικόνα 3.7: Hatch wheels and trackways / Ράγες και τροχοί καλύμματος – www.standard-club.com)

Οι άξονες των τροχών των στομιών και τα ρουλεμάν αυτών, όπου υπάρχουν, πρέπει να λιπαίνονται τακτικά, συνήθως κάθε μήνα και πάντα με νέο γράσο. Πρέπει να διεξάγεται έλεγχος του άξονα του τροχού για φθορά και του περιβλήματος του για φυσικές ζημιές. Σε περιπτώσεις όπου οι φθορές έχουν οδηγήσει τους τροχούς σε κακή ευθυγράμμιση, οι τροχοί πρέπει να επισκευάζονται. Επιπλέον, οι ράγες πρέπει να ελέγχονται για την ύπαρξη διάβρωσης, καθώς αποδυναμώνονται από την τριβή και τη φθορά. Όταν αποδυναμωθούν, οι ράγες μπορεί να παραμορφωθούν και να σπάσουν, επηρεάζοντας την κίνηση και την ευθυγράμμιση του καλύμματος. Η φθορά είναι ορατή με γυμνό μάτι, επομένως ένας απλός οπτικός έλεγχος επαρκεί. Για την επισκευή τους, αρκεί η αντικατάσταση των φθαρμένων ή κατεστραμμένων μηκών τους με νέα μήκη ελάσματος τα οποία θα αποκαταστήσουν την τοπική αντοχή. Είναι εξαιρετικά σημαντικό τόσο για τις επιφάνειες των τροχών των καλυμμάτων όσο και για αυτές των ραγών να παραμένουν καλά βαμμένες και καθαρές.

3.5.6 Συντήρηση των ελαστικών παρεμβυσμάτων - επιφανειακές ζημιές – μόνιμη παραμόρφωση (Rubber Packing)



(Εικόνα 3.8: Maintenance of rubber packing / Συντήρηση ελαστικών παρεμβυσμάτων – www.standard-club.com)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, μεταξύ των καλυμμάτων και των πτυχών του στομίου, χρησιμοποιούνται διαφορετικοί τύποι ελαστικών παρεμβυσμάτων, γνωστά και ως ελαστικά σφραγίσματα καλυμμάτων στομίων. Ο σκοπός της χρήσης μιας τέτοιας επένδυσης (ελαστικά παρεμβύσματα / τσιμούχες) είναι η επίτευξη στεγανότητας ανάμεσα στα πλευρικά τοιχώματα του στομίου και τα πάνελ των καλυμμάτων, όταν αυτά αναπαύονται επάνω τους. Τα ελαστικά παρεμβύσματα πρέπει να προστατεύονται από χρώματα και χημικά. Οι περιοχές όπου εδράζονται τα παρεμβύσματα πρέπει να είναι απαλλαγμένες από διάβρωση. Το ελαστικό παρέμβυσμα πρέπει να αντικαθίσταται εάν έχει υποστεί ζημιά ή εάν έχει συμπιεστεί σε ποσοστό 80% σε σχέση με το αρχικό μέγεθος. Το παρέμβυσμα δεν μπορεί να επισκευαστεί σε κομμάτια, καθώς στην πορεία θα προκύψουν φαινόμενα ανομοιόμορφης συμπίεσης. Πρέπει να αντικατασταθεί ολόκληρο το μήκος του. Το τμήμα του στομίου ή του πάνελ όπου

τοποθετούνται τα παρεμβύσματα πρέπει να καθαριστεί κατάλληλα και να βαφτεί ξανά πριν από την αντικατάσταση της ελαστικής επένδυσης.

Με παρόμοιο τρόπο, πρέπει να συντηρούνται και τα παρεμβύσματα που βρίσκονται στις θύρες πρόσβασης των αμπαριών, στις καταπακτές πρόσβασης και στους εξαεριστήρες.

Δεν συνιστάται η χρήση πληρωτικών μέσων σιλικόνης, καθώς αποτελεί μια ελαττωματική μέθοδο συντήρησης.



(Εικόνα 3.9: Maintenance of rubber seals on access hatches and ventilators / Συντήρηση ελαστικών παρεμβυσμάτων σε καταπακτές πρόσβασης και εξαεριστήρες – www.standard-club.com)

3.5.7 Συντήρηση των ράβδων συμπίεσης (Compression Bars)

Η αποτελεσματική στεγανοποίηση είναι δυνατή μόνο με μια ίσια, άθικτη και μη διαβρωμένη ράβδο συμπίεσης. Το ελαστικό παρέμβυσμα δεν ολισθαίνει πάνω στη ράβδο συμπίεσης, αλλά επενεργεί στην επιφάνεια της ράβδου συμπίεσης ασκώντας της μεγάλη δύναμη. Ως εκ τούτου, οι ράβδοι συμπίεσης, ιδίως οι συμβατικές υπερυψωμένες ράβδοι συμπίεσης, πρέπει να έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή. Οι ράβδοι συμπίεσης που δεν πληρούν τα παραπάνω θα πρέπει να επισκευάζονται ή να αντικαθίστανται, εξασφαλίζοντας παράλληλα την σωστή ευθυγράμμιση τους. Για να επιτευχθεί στεγανοποίηση του στομίου, τα ελαστικά παρεμβύσματα πρέπει να συμπιεστούν μέχρι τη συμπίεση σχεδιασμού τους και, ως εκ τούτου, πρέπει να δράσουν έναντι μιας επιφάνειας συμπίεσης. Η επιφάνεια στεγανοποίησης της ράβδου πρέπει να είναι λεία,

καθώς μια τραχιά επιφάνεια προκαλεί ταχεία φθορά στα παρεμβύσματα. Στα παλαιότερα πλοία χρησιμοποιούνταν ράβδοι κατασκευασμένες από χάλυβα χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, ενώ τα πιο σύγχρονα σχέδια χρησιμοποιούν ράβδους από ανοξείδωτο χάλυβα. Για να εξασφαλιστεί η σωστή αλληλεπίδραση του ελαστικού παρεμβύσματος με τη ράβδο συμπίεσης ή την επιφάνεια σφράγισης, η επαφή πρέπει να γίνεται στη σωστή θέση και, επομένως, οι ράβδοι συμπίεσης ή οι επιφάνειες σφράγισης πρέπει να είναι σωστά ευθυγραμμισμένες. Παρότι η συμπίεση του σχεδιασμού αποτελεί ζήτημα χιλιοστών (της τάξης των 10 – 12 mm), ακόμη και οι παραμικρές ανομοιομορφίες ή οι πιο ανεπαίσθητοι κυματισμοί αποτελούν ενδείξεις υπερπίεσης ή υποπίεσης. Οι αιχμηρές άκρες μπορούν εύκολα να προκαλέσουν ζημιά στο ελαστικό παρέμβυσμα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η επιφάνεια σφράγισης των ράβδων συμπίεσης είναι στρογγυλεμένη και όχι τετράγωνη. Θα πρέπει να αποφεύγεται η αντικατάσταση κατεστραμμένων τμημάτων ράβδων συμπίεσης με απλές χαλύβδινες επίπεδες ράβδους. Είναι προτιμότερο να συγκολληθεί μια λωρίδα από ανοξείδωτο χάλυβα στην κουπαστή του καλύμματος. Μετά το πέρας των επισκευών πρέπει να γίνεται έλεγχος με κιμωλία για να ελέγχεται η ευθυγράμμιση και η σωστή συμπίεση των παρεμβυμάτων.



(Εικόνα 3.10: Corroded / Wasted Compression Bar / Σκουρισμένη και φθαρμένη μπάρα συμπίεσης - <https://www.gard.no/web/articles?documentId=34116490>)

3.5.8 Συντήρηση των gasket channels



(Εικόνα 3.11: Maintenance of gasket channels / Συντήρηση ενός καναλιού παρεμβύσματος – www.standard-club.com)

Εάν τα κανάλια παρεμβυσμάτων έχουν διαβρωθεί σε μεγάλο βαθμό, με αποτέλεσμα να μην εξασφαλίζεται η στεγανοποίηση, θα πρέπει να αφαιρεθούν και να συγκολληθούν καινούργια. Αυτά με την σειρά τους θα πρέπει να βαφτούν και να στεγνώσουν πριν από την τοποθέτηση νέων ελαστικών παρεμβυσμάτων.

3.5.9 Συντήρηση του διπλού συστήματος αποστράγγισης



(Εικόνα 3.12: Poorly maintained drain channel / Κακοσυντηρημένο κανάλι αποστράγγισης – www.standard-club.com)

Τα στόμια, διαθέτουν συστήματα αποστράγγισης τα οποία απομακρύνουν το νερό που καταφέρνει να περάσει μέσα από τα κανάλια παρεμβυσμάτων ή το νερό που μπαίνει στα εσωτερικά κανάλια των πτυχών του στομίου κατά την διάρκεια όπου το κάλυμμα παραμένει ανοιχτό. Βρίσκονται περιμετρικά των πτυχών του στομίου και μεταξύ της ράβδου συμπίεσης και του εσωτερικού τμήματος της κουπαστής του στομίου. Τα κανάλια αποστράγγισης πρέπει να παραμένουν συνεχώς καθαρά, σε καλή κατάσταση και να διατηρούνται απαλλαγμένα από σκουριά και υπολείμματα φορτίου. Τα κατεστραμμένα κανάλια πρέπει να επισκευάζονται αμέσως. Η βαφή των καναλιών είναι ένα μέτρο καταπολέμησης του φαινομένου της διάβρωσης.

3.5.10 Συντήρηση των ανεπίστροφων βαλβίδων αποστράγγισης

Οι ανεπίστροφες βαλβίδες αποστράγγισης αποτελούν βασικό χαρακτηριστικό του συστήματος αποστράγγισης των στομίων. Συμβάλλουν σημαντικά στην απομάκρυνση του νερού που έχει περάσει από το κάλυμμα. Οι σωλήνες αποστράγγισης έχουν συχνά μικρή

διάμετρο και για αυτό φράζουν εύκολα. Οι βαλβίδες είναι εφοδιασμένες με μια διάταξη που αποτρέπει την επιστροφή της ροής προκειμένου να αποφεύγεται η είσοδος του θαλασσινού νερού στο αμπάρι μέσω των σωληνώσεων. Όπως οι σωληνώσεις, έτσι και οι βαλβίδες μη επιστροφής φράζουν εξίσου εύκολα, γι' αυτό πρέπει να καθαρίζονται συχνά. Το φλοτέρ (floater) και το εσωτερικό λάστιχο στεγανοποίησης με τον καιρό φθείρονται και κατά καιρούς χρειάζονται αντικατάσταση. Οι βιδωτές τάπες ή τα καπάκια των βαλβίδων αποστράγγισης, εάν υπάρχουν, πρέπει να είναι προσδεμένες με αλυσίδα. Οι τάπες πρέπει να μπορούν να αφαιρεθούν εύκολα σε περίπτωση πυρκαγιάς ή να σφραγίζουν σωστά σε περιπτώσεις απολύμανσης. Αυτές οι βιδωτές τάπες ή καπάκια που είναι τοποθετημένες στις απολήξεις των σωληνώσεων βοηθούν στη διατήρηση της ακεραιότητας των αμπαριών φορτίου, δηλαδή σε περίπτωση πυρκαγιάς, εμποδίζουν την είσοδο εξωτερικού αέρα και εξασφαλίζουν ότι το μέσο κατάσβεσης της φωτιάς (CO₂) δεν διαφεύγει από τα αμπάρια φορτίου.



(Εικόνα 3.13: Βαλβίδα αποστράγγισης με μπάλα στο εσωτερικό (αριστερά) & Βαλβίδα αποστράγγισης με σπειροειδές καπάκι (δεξιά) -

https://www.ukpandi.com/media/files/imports/13108/bulletins/27413-uk_risk_focus_-_hatch_covers_web.pdf)

3.5.11 Συντήρηση των πείρων και των σφηνών καταπακτών

Οι πείροι και οι σφήνες συγκρατούν την καταπακτή στη θέση της εφαρμόζοντας επαρκή συμπίεση στις φλάντζες του καλύμματος. Οι σφήνες είναι εφοδιασμένες με έναν ελαστικό δακτύλιο, ο οποίος βοηθά στη συμπίεση. Η συμπίεση του δακτυλίου καθορίζει την τάση των

σφηνών. Ένα παξιμάδι ασφάλισης για τη ρύθμιση της συμπίεσης βρίσκεται στη βάση κάθε σφήνας. Οι δακτύλιοι είναι επιρρεπείς τόσο σε φυσικές φθορές όσο και σε σκλήρυνση λόγω των καιρικών συνθηκών. Όταν καταστραφεί ή «γεράσει», ένας δακτύλιος, χάνει την ελαστικότητά του και πρέπει να αντικατασταθεί. Αρκετές φορές για την προστασία των δακτυλίων και του σπειρώματος των βιδών, χρησιμοποιείται ένα στρώμα γράσου ή ταινία "denso". Είναι σημαντικό οι δακτύλιοι συμπίεσης να ρυθμίζονται σωστά και μετά από κάθε κλείσιμο και ασφάλιση του καλύμματος πρέπει να ελέγχονται οι πλευρικές σφήνες. Επιπλέον, δεν πρέπει ποτέ να ρυθμίζονται μεμονωμένα, αντιθέτως πρέπει να ρυθμίζονται όλες κατά μήκος των πτυχών του στομίου ταυτόχρονα. Τα στηρίγματα των σφηνών και τα άλλα μέρη στα οποία μπορεί να συνδεθούν, θα πρέπει να επιθεωρούνται τακτικά για φθορές. Οι σφήνες με εγκάρσια άρθρωση απαιτούν λιγότερη συντήρηση από τις απλές σφήνες, και εφόσον το ελατήριο της πλευράς της σφήνας είναι στη θέση του, η σφήνα θα λειτουργεί αποτελεσματικά. Ο έλεγχος των ελατηρίων πρέπει να είναι τακτικός και πρέπει να πραγματοποιείται αντικατάσταση αυτών όπου και όταν αυτό κρίνεται αναγκαίο.



(Εικόνα 3.14 Φθαρμένοι πείροι και σφήνες - <https://britanniapandi.com/2013/12/hatch-cover-maintenance/>)

3.5.12 Συντήρηση των μηχανισμών τοποθέτησης (Locators)

Οι μηχανισμοί τοποθέτησης καθοδηγούν το κάλυμμα στη σωστή θέση κλεισίματος και εξασφαλίζουν ότι τα καλύμματα παραμένουν στη θέση τους κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Η σωστή τοποθέτηση είναι σημαντική για την αποφυγή προβλημάτων με τα συστήματα ανοίγματος, τους τροχούς, τους μεντεσέδες, το σύστημα αποστράγγισης, τους μηχανισμούς ασφάλισης κλπ. Ακόμα και μια μικρή φθορά σε ένα σημείο του συστήματος μπορεί να

οδηγήσει σε σημαντική απώλεια συμπίεσης ή σε ακατάλληλη τοποθέτηση σε λάθος σημείο. Επομένως, η φθορά των συστημάτων τοποθέτησης πρέπει επίσης να παρακολουθείται τακτικά. Τα πιο σύγχρονα συστήματα τοποθέτησης διαθέτουν την δυνατότητα αντικατάστασης ολόκληρων επιφανειών που έχουν υποστεί φθορές αλλά επιτρέπουν και τη χρήση πλακών (shim plates) με σκοπό την τοπική ενίσχυση αντοχής, γεγονός που διευκολύνει την εγκατάσταση και επιτρέπει τις κατάλληλες αναπροσαρμογές σε περίπτωση φθοράς.



(Εικόνα 3.15: Μηχανισμός τοποθέτησης σε καλή κατάσταση (αριστερά) & μηχανισμός τοποθέτησης με σημάδια φθοράς (δεξιά) - <https://imcs-training.eu/wp-content/uploads/sites/2/2019/10/Minimanual-Locators-clearance-folding-hatch-covers-v0.1.pdf>)

3.5.13 Συντήρηση των μηχανισμών συγκράτησης (Stoppers)

Ενώ ένα πλοίο βρίσκεται στη θάλασσα, τα καλύμματα των στομιών εκτίθενται σε ισχυρά φορτία και επιταχύνσεις, τα οποία είναι δυνατόν να τα μετατοπίσουν από τη σωστή θέση ασφάλισης τους. Η αποτυχία περιορισμού της κίνησης των καλυμμάτων μπορεί να οδηγήσει στην εφαρμογή μεγάλων φορτίων στα υπόλοιπα μέρη του συστήματος, με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της φθοράς και την δημιουργία βλαβών. Για τον περιορισμό αυτής της κίνησης χρησιμοποιούνται κάποιοι μηχανισμοί συγκράτησης (stoppers). Η φθορά των μηχανισμών αυτών πρέπει να εξετάζεται με λεπτομέρεια. Καθώς κάθε μηχανισμός συγκράτησης έχει διαφορετικά όρια φθοράς, το πλήρωμα πρέπει να συμβουλευτεί το εγχειρίδιο του κατασκευαστή.



(Εικόνα 3.16: Μηχανισμός συγκράτησης τύπου jumping stopper - <http://shipsbusiness.com/hatchcover.html>)

3.5.14 Συντήρηση υδραυλικών συστημάτων και εξαρτημάτων



(Εικόνα 3.17: Maintenance of hydraulic systems and components / Συντήρηση του υδραυλικού συστήματος και των εξαρτημάτων του - www.standard-club.com)

Ανάλογα με το σχεδιασμό του καλύμματος ενός στομίου, χρησιμοποιούνται διαφορετικοί τύποι μηχανισμών ανοίγματος και κλεισίματος. Εκτός από τα καλύμματα τύπου lift-away, τα οποία αποτελούνται από πάνελ που βασίζονται σε εξοπλισμό ξηράς για την ανύψωση και την απομάκρυνση τους, όλα τα άλλα συστήματα λειτουργούν με τον εξοπλισμό του πλοίου ή

διαθέτουν δικό τους σύστημα λειτουργίας. Σε πολλές περιπτώσεις, και λόγω των βαρών των καλυμμάτων, τα υδραυλικά συστήματα είναι τα καταλληλότερα για την κίνηση του συστήματος ανοίγματος και κλεισίματος των καλυμμάτων. Τα περισσότερα από αυτά τα υδραυλικά συστήματα περιλαμβάνουν κυλίνδρους, βαλβίδες ελέγχου, κινητήρες και μονάδες αντλιών, τα οποία πρέπει να επιθεωρούνται και να συντηρούνται κατάλληλα. Τα υδραυλικά συστήματα θα πρέπει να επιθεωρούνται για διαρροές, οι οποίες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ρύπανση καθώς και να προκαλέσουν φαινόμενα ολίσθησης και πτώσης των πάνελ κατά την κίνηση τους.

Η χρήση υδραυλικών συστημάτων, κυρίως λόγω των υψηλών πιέσεων υπό τις οποίες λειτουργούν (έως και 250 bar) αλλά και των μεγάλων βαρών που μετακινούν αποτελεί κίνδυνο για την ασφάλεια των χειριστών και του πληρώματος που βρίσκεται κοντά στα σημεία λειτουργίας τους. Ως εκ τούτου, τόσο οι χειριστές όσο και το πλήρωμα πρέπει να είναι καλά ενημερωμένοι και εξοικειωμένοι με την ασφαλή λειτουργία των υδραυλικών συστημάτων. Πρέπει να ελέγχεται η καθαριότητα και το ιξώδες του υδραυλικού λαδιού. Δείγματα του λαδιού πρέπει να αποστέλλονται για εργαστηριακό έλεγχο. Η δειγματοληψία συνήθως γίνεται στα σημεία εξαέρωσης του συστήματος. Το υδραυλικό λάδι πρέπει να αλλάζεται κάθε πέντε χρόνια ή μετά από σημαντικές επισκευές, όπως αντικατάσταση σωληνώσεων ή κυλίνδρων. Τα φίλτρα υδραυλικού λαδιού πρέπει να αλλάζονται κάθε 12 μήνες. Όλες οι επισκευές πρέπει να γίνονται με τα κατάλληλα εξαρτήματα και από εξειδικευμένους εγκαταστάτες.

3.6 Ανταλλακτικά

Εκτός από την δημιουργία ενός προγράμματος συντήρησης των καλυμμάτων και του εξοπλισμού τους, είναι σημαντική και η ύπαρξη ανταλλακτικών εξαρτημάτων των παραπάνω στο πλοίο για την ταχύτερη επισκευή τους. Είναι σημαντικό να υπάρχουν επαρκή ανταλλακτικά όπως πείροι, σφήνες και διάφορα σχήματα ελαστικών παρεμβυσμάτων (γραμμικά, τεμάχια σχήματος L, επίπεδες γωνίες και κάθετες γωνίες) για την ολοκλήρωση της προγραμματισμένης τακτικής συντήρησης. Τα ελαστικά παρεμβύσματα και οι κόλλες έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής, γι' αυτό πρέπει να γίνεται έλεγχος της ημερομηνίας λήξης τους και σε περίπτωση που έχουν λήξει πρέπει να πετάγονται. Συνήθως συνίσταται η χρήση των

ανταλλακτικών που ορίζει ο κατασκευαστής του καλύμματος, παρ' όλα αυτά δεν υπάρχει κάποια νομοθεσία που να απαγορεύει την χρήση άλλων πιο φθηνών εναλλακτικών.

Κεφάλαιο 4: Κανονισμοί και διατάξεις

4.1 Η έννοια του Νηογνώμονα

Οι νηογνώμονες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη ναυτιλιακή βιομηχανία, διασφαλίζοντας την ασφάλεια των πλοίων, του πληρώματος και του φορτίου. Ο νηογνώμονας αποτελεί έναν ανεξάρτητο και αυτοτελή οργανισμό που είναι υπεύθυνος για την αξιολόγηση και την πιστοποίηση του σχεδιασμού, της κατασκευής και της συντήρησης των πλοίων, ώστε να διασφαλίζεται ότι πληρούν τα διεθνή πρότυπα για την ασφάλεια και την περιβαλλοντική προστασία. Οι νηογνώμονες, συμμετέχουν επίσης στην επιθεώρηση και τον έλεγχο των πλοίων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, συμπεριλαμβανομένης της έκδοσης πιστοποιητικών και εγγράφων που αναγνωρίζονται διεθνώς. Οι νηογνώμονες είναι μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί και λειτουργούν με σύστημα χρεώσεων για τις προσφερόμενες υπηρεσίες τους.

Ο πρωταρχικός σκοπός ενός νηογνώμονα είναι να διασφαλίζει την ασφάλεια των πλοίων και των πληρωμάτων τους, καθώς και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Αυτό το επιτυγχάνουν με τη θέσπιση και την επιβολή τεχνικών προτύπων για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία των πλοίων. Τα πρότυπα αυτά καλύπτουν τομείς όπως η δομική ακεραιότητα του πλοίου, η πυρασφάλεια, η ναυσιπλοΐα και η προστασία του περιβάλλοντος. Οι νηογνώμονες ενεργούν επίσης ως σύμβουλοι των πλοιοκτητών, παρέχοντας καθοδήγηση σχετικά με τη συμμόρφωση με τις κανονιστικές διατάξεις και τις βέλτιστες πρακτικές του κλάδου.

Οι νηογνώμονες είναι ζωτικής σημασίας για τη ναυτιλιακή βιομηχανία, παρέχοντας ανεξάρτητες και αντικειμενικές αξιολογήσεις της συμμόρφωσης των πλοίων με τα διεθνή πρότυπα. Επιτρέπουν στους πλοιοκτήτες να αποδεικνύουν τη δέσμευσή τους για την ασφάλεια και τις περιβαλλοντικές επιδόσεις, ενώ παράλληλα παρέχουν διαβεβαίωση στους ιδιοκτήτες φορτίων και στους ναυλωτές. Επιπλέον, οι νηογνώμονες συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση του κινδύνου ατυχημάτων, τα οποία μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την απώλεια ανθρώπινων ζωών, ζημιές στο περιβάλλον και σημαντικές οικονομικές απώλειες. Οι νηογνώμονες

διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και καινοτομιών που βελτιώνουν την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της ναυτιλιακής βιομηχανίας.

Από την 11^η Ιουνίου και έπειτα 11 νηογνώμονες αποτελούν τα μέλη της Διεθνούς Ένωσης Νηογνώμωνων (IACS), η οποία είναι ο κύριος οργανισμός των νηογνώμωνων παγκοσμίως. Τα μέλη της IACS είναι οι:

- American Bureau of Shipping (ABS)
- Bureau Veritas (BV)
- China Classification Society (CCS)
- Croatian Register of Shipping (CRS)
- Det Norske Veritas (DNV)
- Indian Register of Shipping (IRClass)
- Korean Register (KR)
- Lloyd's Register (LR)
- Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK)
- Polski Rejestr Statkow (PRS)
- Registro Italiano Navale (RINA).

Οι μεγαλύτεροι νηογνώμονες όσον αφορά το μερίδιο της αγοράς είναι οι DNV, LR και ABS. Ο DNV είναι ο μεγαλύτερος νηογνώμονας παγκοσμίως, με μερίδιο αγοράς 21%, ακολουθούμενος από τον Lloyd's Register και τον Αμερικάνικο νηογνώμονα με μερίδια αγοράς 16% και 14%, αντίστοιχα. Το μέγεθος και το μερίδιο αγοράς αυτών των νηογνώμωνων οφείλεται στη μακρόχρονη φήμη τους για την ποιότητα, την τεχνογνωσία και την εμπειρία τους στον κλάδο.

4.2 Η Διεθνής Ένωση Νηογνώμωνων (IACS)

Η Διεθνής Ένωση Νηογνώμωνων (IACS) είναι ένας μη κυβερνητικός οργανισμός που ιδρύθηκε το 1968 στο Αμβούργο της Γερμανίας, με σκοπό την ανάπτυξη και προώθηση τεχνικών προτύπων και κανονισμών για τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Η IACS είναι ένας παγκόσμιος οργανισμός που εκπροσωπεί τους σημαντικότερους νηογνώμονες και τα αντίστοιχα μέλη τους. Η ένωση έλκει την καταγωγή της από τις συστάσεις της Διεθνούς Σύμβασης Γραμμής Φόρτωσης (International Load Line Convention) του 1930. Η σύμβαση συνιστούσε τη συνεργασία μεταξύ των νηογνώμωνων για να εξασφαλιστεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ομοιομορφία στην εφαρμογή των προτύπων αντοχής στα οποία βασίζονται τα έξαλλα (freeboard). Ακολούθως ο ιταλικός νηογνώμονας (RINA) φιλοξένησε την πρώτη

διάσκεψη των μεγάλων νηογνωμόνων το 1939, στην οποία συμμετείχαν οι ABS, BV, DNV, GL, LR και NK, η οποία συμφώνησε για περαιτέρω συνεργασία μεταξύ των νηογνωμόνων. Μια δεύτερη διάσκεψη των μεγάλων νηογνωμόνων, πραγματοποιήθηκε το 1955 και οδήγησε στη δημιουργία συνεταιρικών ομάδων οι οποίες θα επικεντρώνονταν στην επίλυση διαφόρων ζητημάτων που απασχολούσαν την εποχή εκείνη την ναυτιλιακή βιομηχανία.

Ο κύριος σκοπός της IACS είναι να προάγει την ασφάλεια της ζωής, της περιουσίας και του περιβάλλοντος στη θάλασσα, αναπτύσσοντας και διατηρώντας τεχνικά πρότυπα για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη συντήρηση των πλοίων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, η IACS συνεργάζεται στενά με τη ναυτιλιακή βιομηχανία, τις ναυτιλιακές αρχές και άλλους ενδιαφερόμενους φορείς για την ανάπτυξη και προώθηση νέων κανονισμών και προτύπων. Η IACS παρέχει επίσης τεχνική υποστήριξη και συμβουλές στα μέλη της και σε άλλους ενδιαφερόμενους φορείς της ναυτιλιακής βιομηχανίας.

Η IACS όπως αναφέρθηκε, από την 11^η Ιουνίου του 2022 έχει ως μέλη 11 κορυφαίους νηογνώμονες, συμπεριλαμβανομένων των American Bureau of Shipping, Bureau Veritas, China Classification Society, DNV, Indian Register of Shipping, Korean Register of Shipping, Lloyd's Register, Nippon Kaiji Kyokai, Polish Register of Shipping, Registro Italiano Navale, και ClassNK. Μαζί, αυτοί οι νηογνώμονες έχουν υπό την επίβλεψή τους πάνω από το 90% του παγκόσμιου ναυτιλιακού στόλου. Εξαιτίας της εισβολής της Ρωσίας στην Ουκρανία το 2022, η Ένωση αποφάσισε την απόσυρση του Ρωσικού Νηογνώμονα (RMRS) από μέλος της, την 11 Μαρτίου του 2022. Οι νηογνώμονες που πληρούν τις προϋποθέσεις ένταξης μπορούν να υποβάλουν αίτηση ένταξης στην IACS. Επιπλέον, για την διατήρηση της ιδιότητας του μέλους της ένωσης, όλα τα μέλη οφείλουν να αποδεικνύουν τη συνεχή συμμόρφωση με τα πρότυπα ποιότητας, η οποία εξακριβώνεται μέσω περιοδικών ελέγχων.

Η Διεθνής Ένωση Νηογνωμόνων (IACS) διοικείται από ένα συμβούλιο, το οποίο είναι υπεύθυνο για την εποπτεία της στρατηγικής κατεύθυνσης του οργανισμού και τη διασφάλιση της αποτελεσματικότητάς της ένωσης, όσον αφορά την επίτευξη των στόχων της. Η θέση του προέδρου του Συμβουλίου εναλλάσσεται μεταξύ των μελών σε ετήσια βάση. Αποτελούμενο από εκπροσώπους από κάθε έναν από τους οργανισμούς - μέλη, το συμβούλιο συνεδριάζει τουλάχιστον δύο φορές το χρόνο για να συζητήσει θέματα που σχετίζονται με την ταξινόμηση πλοίων και άλλων θαλάσσιων κατασκευών. Οι αρμοδιότητές του συμβουλίου περιλαμβάνουν την ανάπτυξη και τη διατήρηση των διαδικαστικών απαιτήσεων της IACS, όπως οι Ενιαίες Απαιτήσεις (Unified Requirements), οι οποίες καθορίζουν τεχνικά πρότυπα για το σχεδιασμό

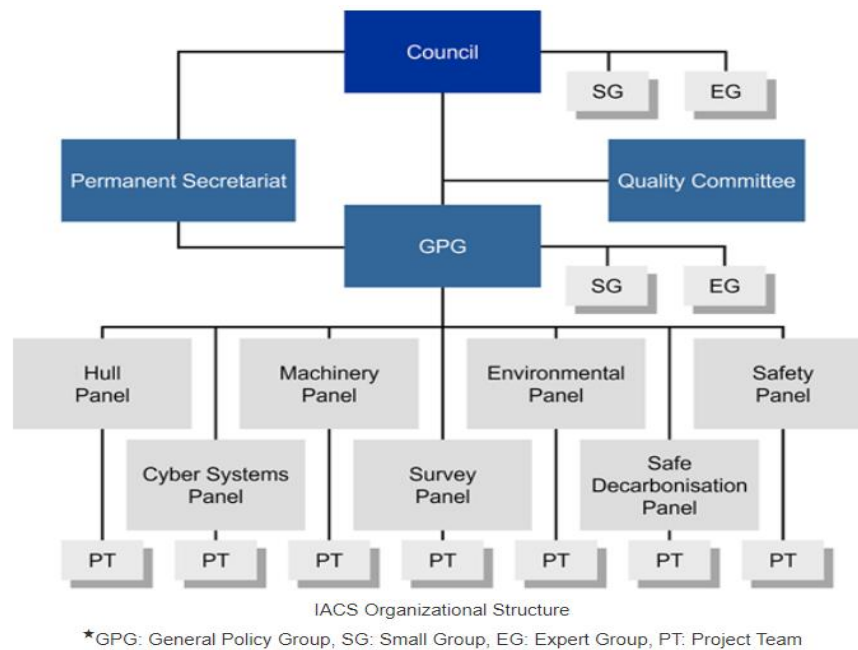
και την κατασκευή πλοίων. Το συμβούλιο εξετάζει και εγκρίνει επίσης το έργο των διαφόρων επιτροπών και ομάδων εργασίας στο πλαίσιο της ένωσης, διασφαλίζοντας ότι οι δραστηριότητές τους ευθυγραμμίζονται με τους στρατηγικούς στόχους του οργανισμού. Επιπλέον, το συμβούλιο συνεργάζεται με εξωτερικούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των ρυθμιστικών φορέων και των ενδιαφερόμενων μελών του κλάδου, για την προώθηση των συμφερόντων της IACS και τη διασφάλιση ότι οι απόψεις της λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάπτυξη των σχετικών κανονισμών και προτύπων. Συνολικά, το συμβούλιο του IACS διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση της κατεύθυνσης και των δραστηριοτήτων του οργανισμού και στην προώθηση της ασφαλούς και βιώσιμης λειτουργίας της παγκόσμιας ναυτιλιακής βιομηχανίας.

Στο συμβούλιο υπάγεται η Ομάδα Γενικής Πολιτικής (GPG), η οποία αποτελείται από έναν εκπρόσωπο της ανώτερης διοίκησης από κάθε νηογνώμονα μέλος. Η Ομάδα Γενικής Πολιτικής (GPG) είναι μια επιτροπή που λειτουργεί ως φόρουμ για τη συζήτηση και την ανάπτυξη πολιτικών που σχετίζονται με τη θαλάσσια ασφάλεια, την προστασία του περιβάλλοντος και άλλα συναφή ζητήματα που επηρεάζουν τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Η GPG είναι υπεύθυνη για τον εντοπισμό των αναδυόμενων τάσεων και ανησυχιών στον κλάδο, τη διεξαγωγή έρευνας και ανάλυσης και τη διατύπωση συστάσεων και στρατηγικών για την αντιμετώπισή τους. Επιπλέον, η ομάδα συνεργάζεται με άλλους ενδιαφερόμενους φορείς του κλάδου, όπως ρυθμιστικούς φορείς και ενώσεις πλοιοκτητών, για την προώθηση της υιοθέτησης βέλτιστων πρακτικών και τη διευκόλυνση της συνεργασίας σε τομείς κοινού ενδιαφέροντος.

Στην Ομάδα Γενικής Πολιτικής της ένωσης υπάγονται διάφορες τεχνικές επιτροπές (panels). Η σύσταση των επιτροπών αυτών αποσκοπεί στην ανάπτυξη και αναθεώρηση τεχνικών θεμάτων που σχετίζονται με την επιθεώρηση. Οι επιτροπές αυτές αποτελούνται από εμπειρογνώμονες των οργανισμών μελών και επικεντρώνονται σε συγκεκριμένους τεχνικούς τομείς, όπως οι δομές του κύτους, τα μηχανολογικά και ηλεκτρονικά συστήματα, τα υλικά, οι συγκολλήσεις, καθώς και η προστασία του περιβάλλοντος. Το κύριο μέλημα των επιτροπών είναι η παροχή τεχνικής καθοδήγησης και εμπειρογνωμοσύνης για την υποστήριξη της ανάπτυξης και διατήρησης των ενοποιημένων απαιτήσεων, διαδικασιών και κατευθυντήριων γραμμών της IACS. Οι επιτροπές συνεργάζονται επίσης με άλλους διεθνείς οργανισμούς, ρυθμιστικούς φορείς και ενδιαφερόμενους φορείς του κλάδου για την προώθηση της εναρμόνισης και της ομοιομορφίας στην ερμηνεία και την εφαρμογή των τεχνικών

απαιτήσεων. Μέσω του έργου τους, οι επιτροπές συμβάλλουν στην ενίσχυση της ασφάλειας, της προστασίας του περιβάλλοντος και της αποτελεσματικότητας στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

Τέλος, η ένωση διαθέτει την μόνιμη γραμματεία (Permanent Secretariat), την επιτροπή ποιότητας (Quality Committee) καθώς και μικρές ομάδες (SG) ή ομάδες ειδικών (EG). Η γραμματεία εδρεύει στο Λονδίνο από το 1992 και χειρίζεται τις γραμματειακές εργασίες, όπως η επικοινωνία με τον IMO και η εξυπηρέτηση του συμβουλίου και της ομάδας γενικής πολιτικής. Η επιτροπή ποιότητας είναι υπεύθυνη για την διαχείριση του συστήματος ποιότητας την ένωσης, ενώ οι μικρές ομάδες και οι ομάδες ειδικών διαθέτουν υποβοηθητικό ρόλο για το συμβούλιο και την ομάδα γενικής πολιτικής.



(Σχήμα 3: Απεικόνιση της διοικητικής δομής της IACS -

https://www.classnk.or.jp/hp/en/info_service/imo_and_iacs/topics_iacs.html)

Η χρησιμότητα της διεθνούς ένωσης νηογνωμόνων για τη ναυτιλιακή βιομηχανία είναι μεγάλη. Η IACS διαδραματίζει βασικό ρόλο στη διασφάλιση ότι τα πλοία σχεδιάζονται, κατασκευάζονται και συντηρούνται σύμφωνα με τα υψηλότερα πρότυπα ασφάλειας και περιβαλλοντικών επιδόσεων. Τα τεχνικά πρότυπα και οι κανονισμοί που αναπτύσσονται από την ένωση αναγνωρίζονται και υιοθετούνται από τις ναυτιλιακές αρχές σε όλο τον κόσμο και η συμμόρφωση με τα πρότυπα αυτά είναι υποχρεωτική για όλα τα πλοία που

δραστηριοποιούνται στα διεθνή και εγχώρια ύδατα. Η IACS παρέχει επίσης ένα φόρουμ για την ανταλλαγή τεχνικών γνώσεων και εμπειρογνωμοσύνης μεταξύ των μελών της και άλλων ενδιαφερομένων στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

Από την ίδρυσή της το 1968, η IACS έχει συμμετάσχει στην ανάπτυξη πολυάριθμων τεχνικών προτύπων και κανονισμών, συμπεριλαμβανομένης της Διεθνούς Σύμβασης για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS), της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα Πλοία (MARPOL) και του Διεθνούς Κώδικα Ασφάλειας Πλοίων και Λιμενικών Εγκαταστάσεων (ISPS). Η IACS έχει επίσης συμμετάσχει στην ανάπτυξη νέων προτύπων και κανονισμών για τις αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως τα αυτόνομα πλοία και η ψηφιοποίηση στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

4.3 Κανονισμοί IACS UR S21

Οι κανονισμοί UR S21 είναι ένα σύνολο απαιτήσεων που αναπτύχθηκε από τη Διεθνή Ένωση Νηογνομόνων (IACS) για την εξασφάλιση της δομικής ακεραιότητας και ασφάλειας των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου. Οι απαιτήσεις εισήχθησαν για πρώτη φορά το 1998 και έκτοτε έχουν υποστεί αρκετές επικαιροποιήσεις, με την τελευταία έκδοση να δημοσιεύεται το 2023.

Σκοπός των UR S21 είναι να διασφαλίσουν ότι τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου σχεδιάζονται, κατασκευάζονται και συντηρούνται με υψηλά πρότυπα ασφάλειας και δομικής ακεραιότητας. Οι απαιτήσεις καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, συμπεριλαμβανομένης της αντοχής και της σταθερότητας του κύτους, του σχεδιασμού και της κατασκευής των καλυμμάτων στομίων και της συντήρησης των αμπαριών φορτίου. Οι UR S21 περιλαμβάνουν επίσης οδηγίες σχετικά με τη χρήση προηγμένων τεχνικών δομικής ανάλυσης και παρέχει ένα πλαίσιο για την εκτίμηση του κινδύνου δομικής αστοχίας σε πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου.

Οι ενιαίες απαιτήσεις UR S21 αποτελούν βασικό εργαλείο για τη ναυτιλιακή βιομηχανία, καθώς συμβάλλουν στη διασφάλιση της ασφάλειας των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου και των πληρωμάτων τους, καθώς και στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Οι απαιτήσεις χρησιμοποιούνται από τα ναυπηγεία, τους νηογνώμονες και τους φορείς εκμετάλλευσης πλοίων για το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα ασφαλείας. Η συμμόρφωση με τα

UR S21 είναι υποχρεωτική για όλα τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου που ανήκουν σε κάποιον από τους νηογνώμονες μέλη του IACS και η μη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις μπορεί να οδηγήσει σε κράτηση ή ακόμη και απαγόρευση λειτουργίας του πλοίου.

Οι απαιτήσεις UR S21 έχουν συμβάλει καθοριστικά στη βελτίωση της ασφάλειας των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου στη ναυτιλία. Μετά από μια σειρά θορυβώδων ατυχημάτων στα τέλη της δεκαετίας του 1990 και στις αρχές της δεκαετίας του 2000, συμπεριλαμβανομένης της βύθισης του MV Derbyshire, η IACS εισήγαγε μια σειρά μέτρων για τη βελτίωση της ασφάλειας των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου. Τα UR S21 ήταν μία από τις βασικές πρωτοβουλίες και από την εισαγωγή του υπήρξε σημαντική μείωση του αριθμού των δομικών αστοχιών και των ατυχημάτων στα οποία εμπλέκονται πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου.

4.3.1 Μοντέλο φορτίσεων - S21.2

Το μοντέλο φόρτισης των καλυμμάτων αναλύεται στην παράγραφο S21.2 των κανονισμών. Υπολογίζει μέσω εξισώσεων, με κύρια μεταβλητή το μήκος του πλοίου, την πίεση που δέχονται τα καλύμματα στομίων του καταστρώματος καιρού. Οι κανονισμοί ορίζουν δύο εξισώσεις υπολογισμού της πίεσης, μια για πλοία κάτω των εκατό μέτρων και μια για πλοία άνω των εκατό μέτρων. Άλλες μεταβλητές πέραν του μήκους του πλοίου, είναι η πίεση στην πωραία κάθετο, το μήκος των εξάλλων και η διαμήκης θέση του καλύμματος επί του καταστρώματος. Ο υπολογισμός αυτός πρέπει να γίνεται για κάθε κάλυμμα ξεχωριστά σε περιπτώσεις διάταξης καλυμμάτων τα οποία συνδέονται με μεντεσέδες.

4.3.2 Έλεγχος αντοχής καλύμματος - S21.3

Στο κεφάλαιο S21.3 αναπτύσσονται τα κριτήρια αντοχής του καλύμματος. Αρχικά παρατίθενται οι εξισώσεις για τους υπολογισμούς των μέγιστων επιτρεπόμενων τιμών για τις ορθές και διατμητικές τάσεις σ_α και τ_α στην παράγραφο S21.3.1. Πιο συγκεκριμένα:

$$\sigma_{\alpha} = 0.8\sigma_F$$

&

$$\tau_{\alpha} = 0.46\sigma_F$$

Όπου:

σ_F είναι η μέγιστη ανώτερη τιμή του ορίου διαρροής του υλικού, σε N/mm².

Επιπλέον, τα φορτία που ασκούνται σε καλύμματα στομιών των οποίων τα πρωτεύοντα και δευτερεύοντα ενισχυτικά στοιχεία είναι σχεδιασμένα ως πλέγμα (grillage), καθορίζονται από ανάλυση grillage ή χρήση πεπερασμένων στοιχείων. Οι κανονισμοί τονίζουν πως για τους παραπάνω υπολογισμούς πρέπει πάντα να χρησιμοποιούνται οι καθαρές διαστασιολογήσεις (net scantlings).

Στη συνέχεια, στην παράγραφο S21.3.2, γίνεται λόγος για την σημασία της επιφάνειας των φλαντζών των συγκολλημένων ελασμάτων στον έλεγχο διαρροής και λυγισμού των πρωτεύοντων ενισχυτικών σε μορφή πλέγματος ή απλών δοκών. Πιο συγκεκριμένα, δίνεται η εξίσωση υπολογισμού της επιφάνειας των φλαντζών η οποία εξαρτάται άμεσα από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της φλάντζας αλλά και την τοποθεσία της. Στην παράγραφο S21.3.3, αναλύεται η διαστασιολόγηση των παχών για τα ελάσματα της κορυφής του καλύμματος. Σύμφωνα με τους κανονισμούς, οι παράγοντες που καθορίζουν το πάχος είναι ο συντελεστής F_p (η επιλογή των τιμών του επεξηγείται στην παρούσα παράγραφο των κανονισμών), η απόσταση των ενισχυτικών του καλύμματος, η ασκούμενη πίεση στο κάλυμμα όπως αυτή ορίστηκε στην παράγραφο S21.2, καθώς και οι τιμές των μέγιστων επιτρεπόμενων ορθών τάσεων και διατμητικών τάσεων όπως έχουν οριστεί στις παραγράφους S21.3.1 και S21.3.5 αντίστοιχα. Οι παράγραφοι S21.3.4 και S21.3.5 αναφέρονται στον υπολογισμό των παχών για τα πρωτεύοντα στοιχεία στήριξης και για τα δευτερεύοντα ενισχυτικά στοιχεία. Όσον αφορά την διαστασιολόγηση των δευτερευόντων ενισχυτικών, αυτή γίνεται με βάση την ελάχιστη ροπή αντίστασης τους. Σύμφωνα με τους κανονισμούς, αυτή ορίζεται ως συνάρτηση της πίεσης (p) σε kN/m² που εφαρμόζεται στο κάλυμμα όπως αυτή ορίστηκε στην παράγραφο S21.2, της απόστασης μεταξύ των ενισχυτικών (s) σε m, της μέγιστης επιτρεπόμενης ορθής τάσης (σ_{α}) όπως ορίστηκε στην παράγραφο S21.3.1 και της έκτασης του ενισχυτικού (l) σε m, όπως ορίζεται στην παρούσα παράγραφο.

$$Z = \frac{1000l^2sp}{12\sigma_a}$$

Για τα πρωτεύοντα στοιχεία στήριξης, οι κανονισμοί ορίζουν πως τα πάχη τους και η ροπή αντίστασης τους πρέπει να είναι τέτοια, έτσι ώστε οι τιμές των ορθών και διατμητικών τάσεων να μην ξεπερνούν τις μέγιστες επιτρεπόμενες όπως αυτές ορίστηκαν στην πρώτη παράγραφο (S21.3.1). Επιπλέον, θέτουν κάποιους περιορισμούς σχετικά με το πλάτος και την προεξοχή της φλάντζας των πρωτεύοντων στοιχείων στήριξης.

Αναφορικά με τις κρίσιμες τάσεις λυγισμού, ορίζονται κάποια ανώτατα όρια, στην παράγραφο S21.3.6.1. Πιο συγκεκριμένα, ορίζονται τα ανώτατα όρια της θλιπτικής τάσης σ , που εφαρμόζεται στα πάνελ και προκαλείται από την κάμψη των πρωτεύοντων μελών στήριξης παράλληλα προς τη διεύθυνση των δευτερευόντων ενισχυτικών η οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει πάνω από 0.8 φορές την κρίσιμη τάση λυγισμού σ_{C1} . Επιπλέον, ορίζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της μέσης θλιπτικής τάσης σ , που προκαλείται από την κάμψη των πρωτεύοντων στοιχείων στήριξης κάθετα προς την διεύθυνση των δευτερευόντων ενισχυτικών, η οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει πάνω από 0.8 φορές την κρίσιμη τάση λυγισμού σ_{C2} . Οι τρόποι υπολογισμού των κρίσιμων τάσεων λυγισμού σ_{C1} & σ_{C2} παρατίθενται αναλυτικά στην παραπάνω παράγραφο των κανονισμών. Ακόμη, στην παράγραφο S21.3.6.2 γίνεται λόγος για τις μέγιστες τιμές θλιπτικές τάσεις στις φλάντζες των δευτερευόντων ενισχυτικών. Πιο συγκεκριμένα, η θλιπτική τάση σ στην άνω φλάντζα των δευτερευουσών ενισχυτικών δοκών, που προκαλείται από την κάμψη των πρωτεουσών δοκών στήριξης παράλληλα προς τη διεύθυνση των δευτερευουσών ενισχυτικών δοκών, δεν πρέπει να υπερβαίνει για πάνω από 0.8 φορές την κρίσιμη τάση λυγισμού σ_{CS} , η οποία ορίζεται αναλυτικά στα πλαίσια της παραγράφου. Παράλληλα, οι κανονισμοί θέτουν ανώτατες επιτρεπόμενες τιμές και για τις διατμητικές τάσεις των πρωτεύοντων στοιχείων στήριξης.

4.3.3 Περίβλημα στομίου και τοπικές λεπτομέρειες - S21.4

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι κανονισμοί περιλαμβάνουν διατάξεις σχετικά με την τοπική ενίσχυση των στομίων. Οι διατάξεις αυτές έχουν παρόμοια δομή με αυτή της ενίσχυσης των καλυμμάτων στομίων. Πιο αναλυτικά, στην παράγραφο S21.4.1, περιγράφεται το μοντέλο φορτίσεων και ο υπολογισμός της πίεσης που ασκείται στις πλευρές του στομίου. Η ακόλουθη παράγραφος S21.4.2 είναι αφιερωμένη στον υπολογισμό του πάχους των ελασμάτων του περιβλήματος του στομίου, ενώ παρατίθεται και το χαμηλότερο επιτρεπόμενο καθαρό πάχος των ελασμάτων αυτών. Το πάχος των ελασμάτων των πτυχών του στομίου εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των δευτερευόντων ενισχυτικών (s) σε m, της πίεσης στην πίεσης p_{coam} μετρούμενη σε kN/m^2 όπως ορίστηκε στην παράγραφο S21.4.1, τον συντελεστή ασφαλείας S_{coam} , την επιτρεπόμενη ορθή τάση $\sigma_{\alpha,coam}$ και δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$t = 14.9s \sqrt{\frac{p_{coam}}{\sigma_{\alpha,coam}} S_{coam}}$$

Επιπλέον στις παραγράφους S21.4.3 και S21.4.4, επεξηγείται η διαδικασία εκλογής των παχών για τα δευτερεύοντα διαμήκη και εγκάρσια ενισχυτικά καθώς και αυτή του περιβλήματος του ίδιου του στομίου. Τέλος εμπεριέχεται ο τρόπος υπολογισμού για την απαιτούμενη ροπή αντίστασης των ενισχυτικών αυτών.

4.3.4 Διατάξεις κλεισίματος S21.5 & Ενίσχυση πάχους ελάσματος λόγω διάβρωσης S21.6

Τέλος, οι κανονισμοί αφιερώνουν δύο κεφάλαια (S21.5 & S21.6) στις διατάξεις κλεισίματος και στην ενίσχυση του πάχους των ελασμάτων ή την ολοκληρωτική αντικατάσταση αυτών λόγω του φαινομένου της διάβρωσης. Όσον αφορά τις διατάξεις κλεισίματος και συγκράτησης των καλυμμάτων, οι κανονισμοί προδιαγράφουν τις απαιτήσεις μηχανικής αντοχής των συσκευών ασφάλισης των πάνελ και τις τιμές πίεσης σφράγισης μεταξύ των διατάξεων ασφάλισης. Τις ανώτατες τιμές των κατανεμημένων πιέσεων των μηχανισμών συγκράτησης των πάνελ, αλλά και την μέθοδο κατασκευής και συγκόλλησης όλων των παραπάνω.

Γνωρίζοντας πως η διάβρωση στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι ένα αναπόφευκτο φαινόμενο, η διεθνής ένωση νηογνομόνων IACS, θεώρησε σωστό να ορίσει κάποιες επιπρόσθετες τιμές στα πάχη των ελασμάτων τόσο των ενισχυτικών του καλύμματος αλλά και του ίδιου του στομίου, εξασφαλίζοντας έτσι την αύξηση του χρονικού διαστήματος πρωτού χρειαστεί οποιαδήποτε παρέμβαση σε αυτά. Ανάλογα με τις τιμές των παχών των ελασμάτων, κρίνεται αν πρέπει να γίνει κάποια τοπική επεξεργασία αυτών, όπως βάψιμο ή αν χρειάζεται να αντικατασταθούν μερικώς ή ολικώς. Τα όρια αντικατάστασης για τα πάχη των ελασμάτων ορίζονται στις παραγράφους S21.6.1 για τα ελάσματα των καλυμμάτων στομίων και S21.6.2 για τα ελάσματα του περιβλήματος των στομίων.

4.4 Κοινοί Δομικοί Κανονισμοί (CSR)

Οι Κοινοί Δομικοί Κανονισμοί (CSR) είναι ένα σύνολο τεχνικών προτύπων που αναπτύχθηκαν από τη Διεθνή Ένωση Νηογνομόνων (IACS) για το σχεδιασμό και την κατασκευή πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου και δεξαμενόπλοιων πετρελαίου. Πρωταρχικός στόχος των CSR είναι να βελτιώσουν την ασφάλεια και τις περιβαλλοντικές επιδόσεις των εν λόγω πλοίων παρέχοντας ένα εναρμονισμένο σύνολο κανόνων για τη ναυπήγηση τους. Οι κανόνες τέθηκαν σε ισχύ για πρώτη φορά την 1^η Απριλίου του 2006 και έκτοτε έχουν επικαιροποιηθεί πολλές φορές ανά τα έτη. Οι CSR έχουν γίνει το πρότυπο για τη ναυπηγική βιομηχανία και τα περισσότερα νέα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου καθώς και τα πετρελαιοφόρα σχεδιάζονται και κατασκευάζονται σύμφωνα με τους CSR.

Σκοπός των CSR είναι να καθιερωθεί ένα σύνολο προτύπων για το σχεδιασμό και την κατασκευή πλοίων που διασφαλίζουν την ασφάλεια και τις περιβαλλοντικές επιδόσεις τους. Οι κανονισμοί αποσκοπούν στην πρόληψη δομικών αστοχιών που μπορεί να προκαλέσουν ατυχήματα και περιβαλλοντική ρύπανση. Οι CSR παρέχουν επίσης ένα πλαίσιο ως προς τους νηογνώμονες για την αξιολόγηση της δομικής αντοχής και ακεραιότητας αυτών των πλοίων.

Οι Κοινοί Δομικοί Κανονισμοί υπήρξαν ιδιαίτερα χρήσιμοι για τη ναυτιλιακή βιομηχανία, καθώς συνέβαλαν στη βελτίωση της ασφάλειας και των περιβαλλοντικών επιδόσεων των πλοίων. Οι CSR έχουν αναπτυχθεί από τους κορυφαίους νηογνώμονες και αντιπροσωπεύουν τις βέλτιστες πρακτικές σχεδιασμού και κατασκευής. Παρέχουν ένα κοινό σύνολο κανόνων

που χρησιμοποιούνται από τα ναυπηγεία, τους σχεδιαστές και τους νηογνώμονες, γεγονός που έχει οδηγήσει σε καλύτερη επικοινωνία και κατανόηση των απαιτήσεων ναυπήγησης των πλοίων. Η εφαρμογή των CSR έχει επίσης οδηγήσει σε μείωση του κόστους σχεδιασμού και κατασκευής νέων πλοίων, καθώς εξαλείφει την ανάγκη εφαρμογής πολλαπλών συνόλων κανόνων σε ένα και μόνο πλοίο.

Η συνεισφορά των κανονισμών αυτών στα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου αποδείχθηκε αρκετά σημαντική από την εισαγωγή τους ακόμη. Τα περισσότερα νέα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου σχεδιάζονται και κατασκευάζονται πλέον σύμφωνα με τους Κοινούς Δομικούς Κανονισμούς. Όπως αναφέρθηκε, οι κανόνες καλύπτουν όλες τις πτυχές του σχεδιασμού και της κατασκευής των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου, συμπεριλαμβανομένης της δομής του κύτους, του χώρου φόρτωσης, των καλυμμάτων στομίων και των μηχανημάτων. Οι CSR περιλαμβάνουν επίσης κατευθυντήριες γραμμές για την επιθεώρηση και τη συντήρηση της δομής του πλοίου καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του. Η εφαρμογή των CSR έχει συμβάλλει σημαντικά στην μείωση του αριθμού των ατυχημάτων και των πετρελαιοκηλίδων.

4.4.1 Γενικά

Η πρώτη παράγραφος έχει εισαγωγικό χαρακτήρα και περιγράφει περιληπτικά όσα πρόκειται να ακολουθήσουν στις επόμενες παραγράφους. Αρχικά, προσδιορίζονται το πεδίο εφαρμογής των κανονισμών [1.1], οι προδιαγραφές των κανονισμών σχετικά με τα υλικά κατασκευής των καλυμμάτων [1.2], η καθαρή διαστασιολόγηση των ενισχυτικών [1.3], τα πρόσθετα πάχη ελασμάτων λόγω διάβρωσης [1.4] και τέλος οι επιτρεπόμενες φορτίσεις [1.5].

4.4.2 Διατάξεις

Στα πλαίσια της δεύτερης παραγράφου, αναλύονται οι διατάξεις των καλυμμάτων αλλά και των στομίων. Πιο συγκεκριμένα, στην υποπαράγραφο [2.1], ορίζονται οι τυπικές διατάξεις των πρωτεύοντων ενισχυτικών στοιχείων για τα καλύμματα στομίων κυτών. Επιπλέον, παρέχονται οι κατώτατες επιτρεπόμενες τιμές όσον αφορά τις επιφάνειες έδρασης των καλυμμάτων, το πλάτος της πρόσοψης των πρωτεύοντων ενισχυτικών και την απόσταση μεταξύ των πρωτεύοντων μελών στήριξης. Πραγματοποιείται αναφορά σχετικά με την αναγκαιότητα των

διατάξεων συγκράτησης των καλυμμάτων, ενώ γίνεται σαφές ότι σε περιπτώσεις όπου οι κανονισμοί γύρω από τις διατάξεις των ενισχυτικών των καλυμμάτων δεν μπορούν να υιοθετηθούν κατά γράμμα, υπάρχει η δυνατότητα υιοθέτησης εξειδικευμένων διατάξεων με την προϋπόθεση επαρκούς μηχανικής αντοχής. Στην υποπαράγραφο [2.2], δίνονται οδηγίες σχετικά με την ενίσχυση των στομιών. Ορίζονται οι κατασκευαστικές και λειτουργικές απαιτήσεις για το περίβλημα των στομιών, των ενισχυτικών στοιχείων και των μπρακέτων. Παράλληλα, δίνονται οδηγίες σχετικά με το πώς πρέπει να κατασκευαστούν τα διαμήκη ελάσματα των στομιών αν αυτά εδράζονται επάνω σε κάποια διαδοκίδα του κύριου καταστρώματος ή όχι. Τέλος, αναφέρεται η αναγκαιότητα ύπαρξης ενισχυτικού πλέγματος (web frame) ή κάποιας παρόμοιας ενισχυτικής υποδομής κάτω από το κατάστρωμα.

4.4.3 Πλάτος του συνεργαζόμενου ελάσματος

Η τρίτη παράγραφος έχει πολλή μικρή έκταση και αναφέρεται στο πλάτος του συνεργαζόμενου ελάσματος των ενισχυτικών. Δίνεται το απαιτούμενο πλάτος ανάλογα με το αν τα συνεργαζόμενα ελάσματα εκτείνονται προς την μία ή αμφότερα και προς τις δύο πλευρές του ενισχυτικού.

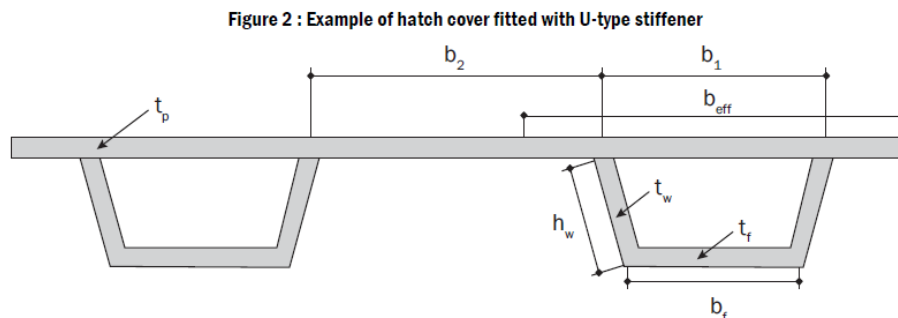
4.4.4 Μοντέλο Φόρτισης

Στην τέταρτη παράγραφο αναλύεται το μοντέλο φορτίσεων. Αναλύεται ο τρόπος υπολογισμού των πλευρικών φορτίσεων και πιέσεων, οι οποίες εφαρμόζονται στα καλύμματα. Οι κύριες πιέσεις που δέχονται τα καλύμματα στομιών όπως αναγράφονται στους κοινούς δομικούς κανονισμούς είναι η πίεση λόγω της θάλασσας, οι εσωτερικές πιέσεις λόγω έρματος, οι πιέσεις λόγω ομοιόμορφα κατανεμημένων φορτίων, οι πιέσεις λόγω ειδικού τύπου φορτίων, οι πιέσεις λόγω μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων πάνω στην επιφάνεια του καλύμματος και η στατική πίεση λόγω του ίδιου του βάρους του καλύμματος. Οι κανονισμοί αναφέρουν πως οι πιέσεις λόγω θάλασσας αφορούν τα καλύμματα που βρίσκονται στο κατάστρωμα καιρού, ενώ όταν ένα κάλυμμα αποτελείται από δύο ή παραπάνω πάνελ τα οποία συνδέονται με μεντεσέδες, ο υπολογισμός της παραπάνω πίεσης αλλά και της πίεσης λόγω μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων πρέπει να γίνεται για κάθε ένα από αυτά ξεχωριστά. Επιπλέον,

προδιαγράφεται ο τρόπος υπολογισμού των πλευρικών πιέσεων λόγω κυματισμών αλλά και οποιουδήποτε άλλου είδους πλευρικών πιέσεων.

4.4.5 Έλεγχος Αντοχής

Η πέμπτη παράγραφος είναι αφιερωμένη στον έλεγχο αντοχής των καλυμμάτων. Ο έλεγχος αντοχής εφαρμόζεται σε ορθογώνια καλύμματα στομίων που υπόκεινται σε πλευρικές πιέσεις ή/και σε συγκεντρωμένα φορτία. Τα καλύμματα είναι σχεδιασμένα με κύρια ενισχυτικά, τα οποία εκτείνονται προς μια κατεύθυνση ή τα πρωτεύοντα διαμήκη και εγκάρσια ενισχυτικά τους σχηματίζουν πλέγμα (grillage). Ο έλεγχος επίσης πραγματοποιείται σε καλύμματα τα οποία διαθέτουν ενισχυτικά τύπου – U. Επιπλέον, όσον αφορά τα ελάσματα των πάνελ, τα πρωτεύοντα και δευτερεύοντα ενισχυτικά, προδιαγράφονται το καθαρό πάχος τους για χαλύβδινα καλύμματα, το ελάχιστο καθαρό πάχος, η αντοχή σε λυγισμό, η ελάχιστη ροπή αντίστασης και η ελάχιστη διατμητική τάση, το όριο διαρροής για κάμψη, ενώ παρατίθενται και κριτήρια πλαστιμότητας. Οι κανονισμοί διαθέτουν ξεχωριστή υποπαράγραφο για τον έλεγχο λυγισμού με χρήση πεπερασμένων στοιχείων, όπου γίνεται εκτίμηση του ορίου διαρροής και εκτίμηση αντοχής σε λυγισμό.



[RCN1 to 01 JAN 2021]

(Σχήμα 4 – Example of hatch cover fitter with U-type stiffener / Παράδειγμα ενισχυτικού καλύμματος τύπου U-type – CSR 5.1.1)

4.4.6 Hatch Coamings

Η έκτη παράγραφος είναι αφιερωμένη στα στόμια του κύτους. Εμπεριέχει την ανάλυση του μοντέλου φορτίσεων για τα στόμια, δηλαδή τον τρόπο υπολογισμού των πλευρικών πιέσεων λόγω κυματισμών, αλλά και των πιέσεων λόγω έρματος. Όσον αφορά την διαστασιολόγηση, παρατίθενται το ελάχιστο πάχος των ελασμάτων του στομίου. Ακόμη, οι κανονισμοί προδιαγράφουν την ελάχιστη τιμή της ροπής αντίστασης των ενισχυτικών του στομίου και τις ορθές και διατμητικές τάσεις των τοπικών ενισχύσεων του στομίου που βρίσκονται υπό του καταστρώματος.

4.4.7 Στεγανότητα, μηχανισμοί κλεισίματος, ασφάλειας, συγκράτησης και αποστράγγισης

Οι τελευταίες δύο παράγραφοι εμπεριέχουν κανονισμούς που σχετίζονται με την στεγανότητα, τους μηχανισμούς σφράγισης και συγκράτησης των καλυμμάτων στομίων καθώς και με το σύστημα αποστράγγισης των στομίων κυτών. Η έβδομη παράγραφος περιέχει πληροφορίες σχετικά με τα υλικά κατασκευής των φλαντζών και των παρεμβυσμάτων. Διαθέτει κανονισμούς σχετικά με τις διατάξεις των μηχανισμών ασφάλισης και συγκράτησης των πάνελ σε κατάλληλη θέση, την κατασκευή και την διαρρύθμισή τους στον χώρο. Την διάμετρο των ράβδων και των κοχλιών, αλλά και πληροφορίες σχετικά με τις σφήνες. Η όγδοη και τελευταία παράγραφος των κανονισμών σχετικά με τα καλύμματα στομίων, αναφέρεται στο σύστημα αποστράγγισης. Οι κανονισμοί ορίζουν την κατάλληλη διαρρύθμιση του συστήματος, ανάλογα με την εκάστοτε περίπτωση καλύμματος.

4.5 Σύγκριση US R21 & CSR

Οι ενοποιημένες απαιτήσεις S21 (UR S21) και οι κοινοί δομικοί κανόνες (CSR) είναι δύο σύνολα κανονισμών που διέπουν τον δομικό σχεδιασμό και την κατασκευή των πλοίων. Και τα δύο σύνολα κανονισμών αποσκοπούν στη διασφάλιση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας των πλοίων σε λειτουργία. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες βασικές διαφορές μεταξύ των UR

S21 και των CSR, ιδίως σε σχέση με τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου και τα καλύμματα στομίων.

Οι απαιτήσεις UR S21 επικεντρώνονται ειδικά στα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου και περιγράφουν τις απαιτήσεις για τον δομικό σχεδιασμό, τα υλικά και την κατασκευή τους. Αναπτύχθηκαν ως απάντηση στον αυξανόμενο αριθμό ατυχημάτων και δομικών αστοχιών σε πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου και στην ανάγκη βελτίωσης της ασφάλειας και της αξιοπιστίας τους. Αντίθετα, οι κανονισμοί CSR είναι ένα ευρύτερο σύνολο κανόνων που ισχύουν για τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου και τα δεξαμενόπλοια. Οι κανονισμοί CSR αναπτύχθηκαν από τη Διεθνή Ένωση Νηογνομόνων (IACS) για να εναρμονίσουν τους κανόνες και τις διατάξεις των διαφόρων νηογνομόνων και να εξασφαλίσουν συνεπή πρότυπα σε ολόκληρο τον κλάδο.

Οι δύο σειρές κανονισμών παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες τόσο ως προς την δομή τους, αλλά και ως προς τον τρόπο υπολογισμού των παχών ελάσματος, του υπολογισμού ροπής αντίστασης και ροπής αδράνειας των ενισχυτικών στοιχείων των καλυμμάτων. Παρόλα αυτά διαφέρουν σε κάποια σημεία μεταξύ τους.

Μία από τις κύριες διαφορές μεταξύ των UR S21 και των CSR είναι το επίπεδο λεπτομέρειας και εξειδίκευσης. Οι UR S21 παρέχουν πιο λεπτομερείς απαιτήσεις για τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου, συμπεριλαμβανομένων ειδικών κατευθυντήριων γραμμών για τα καλύμματα στομίων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα καλύμματα στομίων αποτελούν κρίσιμο στοιχείο των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου και συχνά συνδέονται με δομικές αστοχίες και ατυχήματα.

Μια άλλη βασική διαφορά μεταξύ των UR S21 και των CSR είναι η προσέγγισή τους ως προς τη συμμόρφωση. Οι απαιτήσεις UR S21 είναι πιο αυστηρές και παρέχουν συγκεκριμένα κριτήρια που πρέπει να πληρούνται για να εξασφαλιστεί η συμμόρφωση τους. Οι κοινοί δομικοί κανονισμοί από την άλλη πλευρά, βασίζονται περισσότερο στις επιδόσεις και επιτρέπουν μεγαλύτερη ευελιξία στο σχεδιασμό και την κατασκευή, εφόσον επιτυγχάνεται το απαιτούμενο επίπεδο ασφάλειας.

Επιπλέον, μια εκ των μεγαλύτερων διαφορών μεταξύ των δύο αυτών σειρών είναι το κεφάλαιο σχετικά με τις απαιτήσεις επιθεώρησης των κοινών δομικών κανονισμών. Πιο συγκεκριμένα, οι απαιτήσεις UR S21 δεν πραγματοποιούν καμία αναφορά σχετικά τις απαιτήσεις επιθεώρησης, εν αντιθέσει οι κοινοί δομικοί κανονισμοί στο Pt.1, Ch 13, Sec 1 κάνουν μια παραπομπή στους κανονισμούς UR Z10.2 και Z 10.5 όπου αναλύονται οι

παραπάνω απαιτήσεις συμπεριλαμβανομένων και των απαιτήσεων για τις παχυμετρήσεις, για πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου.

Η διαφορά ανάμεσα στις δύο σειρές κανονισμών γίνεται αισθητή και στο μοντέλο φορτίσεων των καλυμμάτων. Οι UR S21 δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στον δομικό σχεδιασμό του χώρου φόρτωσης και των εξαρτημάτων του, όπως τα καλύμματα στομίων, από ό,τι οι κανονισμοί CSR. Ακόμη, για τους κοινούς δομικούς κανονισμούς η μελέτη των πλευρικών φορτίσεων και των πιέσεων αποτελεί μια πολυδιάστατη διαδικασία. Υπολογίζονται έξι διαφορετικά είδη πιέσεων όπως αυτά αναφέρθηκαν προηγουμένως, ενώ οι ενιαίες απαιτήσεις S21 διαθέτουν δύο εξισώσεις για τον υπολογισμό της πίεσης στα καλύμματα στομίων κυτών ανάλογα με το μήκος του υπό μελέτη πλοίου. Όπως αυτές αναγράφονται στην παράγραφο S21.2. Επιπλέον ο υπολογισμός της πίεσης λόγω θάλασσας, είναι πιο πολύπλοκος από αυτόν των UR S21. Αρχικά προβλέπεται ο υπολογισμός της ελάχιστης δυνατής πίεσης που μπορεί να εφαρμοστεί στο κάλυμμα ενώ στην συνέχεια οι κανονισμοί προδιαγράφουν και τον υπολογισμό της πίεσης για διάφορες καταστάσεις φόρτισης, καθιστώντας έτσι πιο πολυδιάστατη την διαδικασία υπολογισμού αυτής.

Μικρές διαφορές μεταξύ των κανονισμών εντοπίζονται και στον έλεγχο αντοχής των καλυμμάτων και την διαστασιολόγηση των ελασμάτων και των ενισχυτικών. Ενώ και οι δύο σειρές κανονισμών έχουν εφαρμογή σε κοινές διατάξεις ενισχυτικών, οι κοινοί δομικοί κανονισμοί εφαρμόζονται επιπλέον και σε ενισχυτικά τύπου - U. Λόγω των διαφορετικών ειδών πιέσεων που λαμβάνονται υπόψη στο μοντέλο φορτίσεων τους, οι κοινοί δομικοί κανονισμοί περιέχουν επιπλέον διατάξεις σχετικά με την ενίσχυση των καλυμμάτων που φέρουν εμπορευματοκιβώτια ή ειδικού τύπου φορτία. Ακόμη, λόγω της διαφοράς στο μοντέλο φορτίσεων, παρουσιάζουν διαφορετική προσέγγιση όσον αφορά την διαστασιολόγηση των ελασμάτων της κορυφής του καλύμματος. Με τους κοινούς δομικούς κανονισμούς να συμπεριλαμβάνουν τις υδροστατικές δυνάμεις και πιέσεις και τις δυνάμεις και πιέσεις λόγω κυματισμών στην εξίσωση υπολογισμού του πάχους των ελασμάτων της άνω πλάκας του καλύμματος σύμφωνα με το Pt.2, Ch 1, Sec 5.

Συμπερασματικά, ενώ οι ενοποιημένες απαιτήσεις S21 και οι κοινοί δομικοί κανονισμοί έχουν παρόμοιους στόχους για τη βελτίωση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας των πλοίων, διαφέρουν σε διάφορες πτυχές, συμπεριλαμβανομένου του πεδίου εφαρμογής τους, του επιπέδου λεπτομέρειας και της προσέγγισης της συμμόρφωσης. Οι απαιτήσεις UR S21 είναι πιο συγκεκριμένες και επικεντρώνονται στα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου, ενώ οι

κανονισμοί CSR διαθέτουν μεγαλύτερο εύρος εφαρμογής και εφαρμόζονται και σε άλλους τύπους πλοίων. Επιπλέον, οι UR S21 είναι πιο κανονιστικές ως προς τις κατευθυντήριες γραμμές τους και δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στον δομικό σχεδιασμό των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου και των εξαρτημάτων τους, όπως τα καλύμματα στομίων, ενώ οι CSR παρέχουν πιο γενικές οδηγίες και βασίζονται περισσότερο στις επιδόσεις. Οι διαφορές αυτές αντικατοπτρίζουν τις ειδικές ανάγκες και προκλήσεις των διαφόρων τύπων πλοίων και υπογραμμίζουν τη σημασία της ύπαρξης προσαρμοσμένων κατευθυντήριων γραμμών για τις διάφορες κατηγορίες πλοίων.

Κεφάλαιο 5: Παρουσίαση του υπό μελέτη πλοίου και κάλυμμα στομίου

5.1 Εισαγωγή

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, παρουσιάζεται η μελέτη ενός καλύμματος στομίου ενός πλοίου χύδην φορτίου, 64.000 DWT. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα κύρια χαρακτηριστικά του υπό μελέτη πλοίου καθώς και του υπό μελέτη καλύμματος.

5.2 Περιγραφή του υπό μελέτη πλοίου μεταφοράς χύδην φορτίου

Το υπό μελέτη πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου ανήκει στον αγγλικό νηογνώμονα LR και φέρει την σημαία του Παναμά. Είναι κατασκευασμένο στην Κίνα από το ναυπηγείο COSCO (Zhoushan) Shipyards Co. L.

Κύριες Διαστάσεις:

Ολικό Μήκος (Loa) = 199.9 m

Μήκος μεταξύ καθέτων (Lbp) = 194.5 m

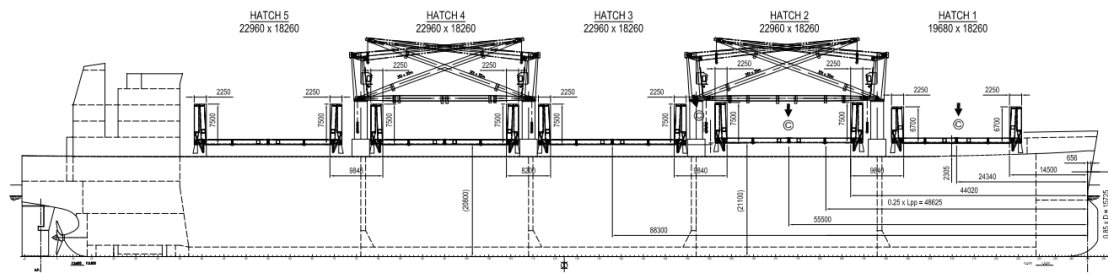
Συνολικό Πλάτος (B) = 32.26 m

Κοίλο (D) = 18.5 m

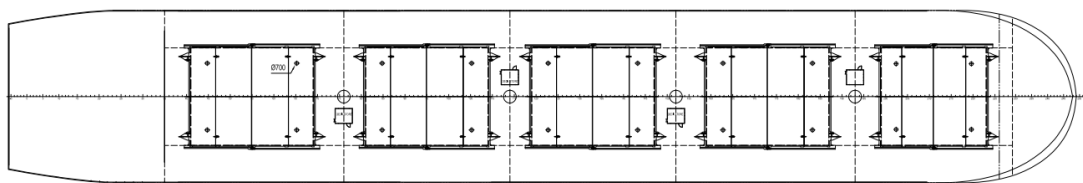
Βύθισμα (T) = 13.3 m

Χωρητικότητα Εκτοπίσματος (DWT) = 64000 t

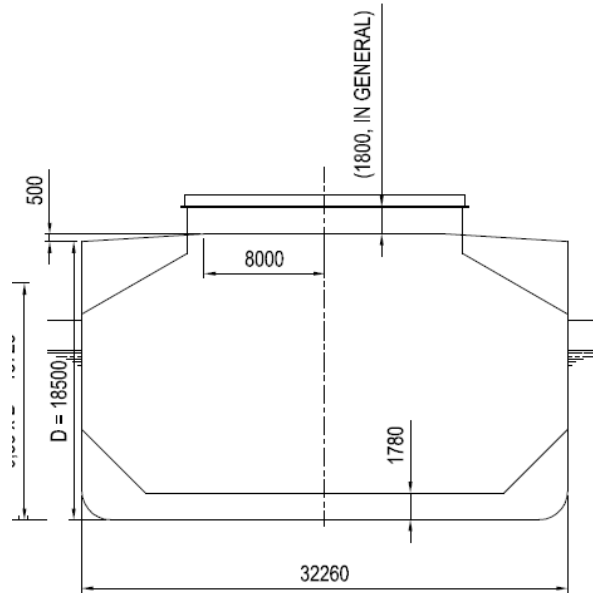
Ολική Χωρητικότητα (GT) = 36353 t



(Εικόνα 5.1: Πλάγια όψη της γενικής διάταξης του πλοίου)



(Εικόνα 5.2: Κάτοψη της γενικής διάταξης του πλοίου)

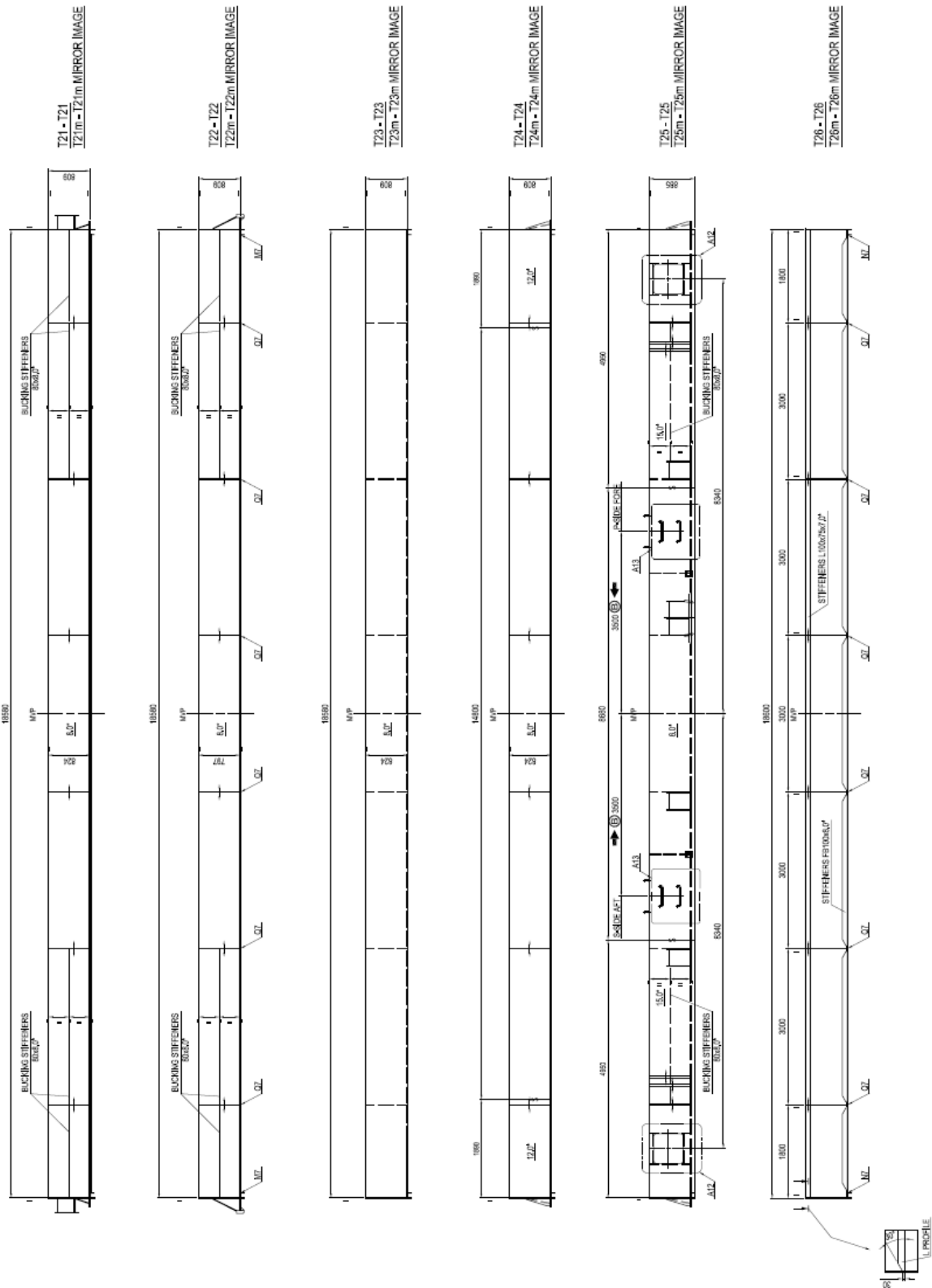


(Εικόνα 5.3: Πρόοψη της γενικής διάταξης του πλοίου)

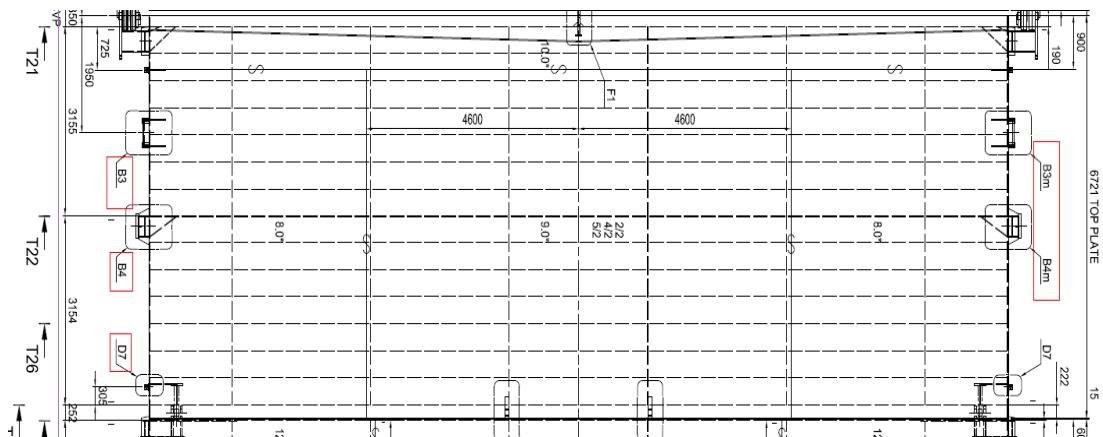
5.3 Περιγραφή του υπό μελέτη καλύμματος στομίου κύτους

Για την μελέτη του καλύμματος, επιλέχθηκε ένα πτυσσόμενο κάλυμμα στομίου της εταιρείας MacGregor. Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη αφορά το κάλυμμα του στομίου Νο.2 του πλοίου. Το κάλυμμα είναι κατασκευασμένο από μαλακό χάλυβα Α και χάλυβα υψηλής αντοχής σε εφελκυσμό ΑΗ32.

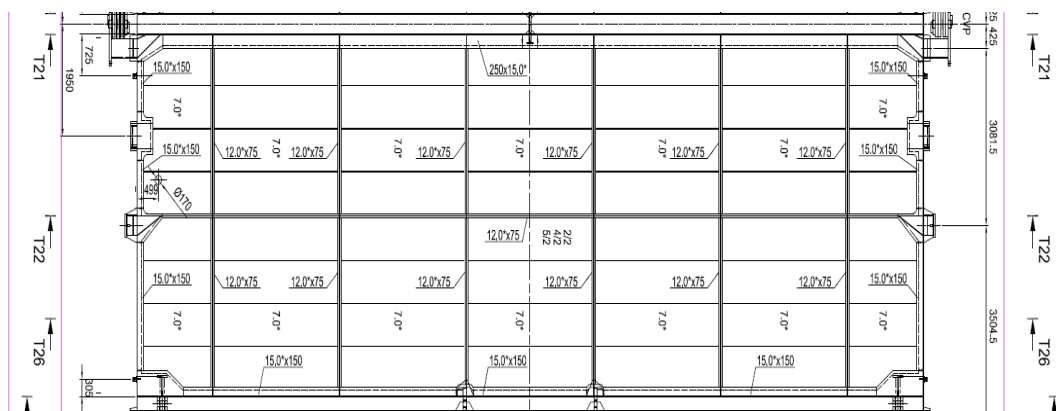
Ο υπό μελέτη τύπος καλύμματος χρησιμοποιείται για τα στόμια Νο.2, Νο.4, Νο.5 του πλοίου. Αποτελείται από τέσσερα πάνελ. Κάθε πάνελ απαρτίζεται από μία άνω και μια κάτω πλάκα, οι οποίες ενισχύονται από επί μέρους διαμήκεις και εγκάρσιες ενισχυτικές δοκούς ενδιάμεσα από τις δύο κύριες πλάκες. Το κάλυμμα διαθέτει επιπλέον δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά όπως μηχανισμούς συγκράτησης των πάνελ, μηχανισμούς σύνδεσης και κίνησης των πάνελ, μηχανισμούς τοποθέτησης, σφήνες, πείρους, τις ράβδους συμπίεσης και τα αντίστοιχα ελαστικά παρεμβύσματα των πάνελ και τους εξαεριστήρες.



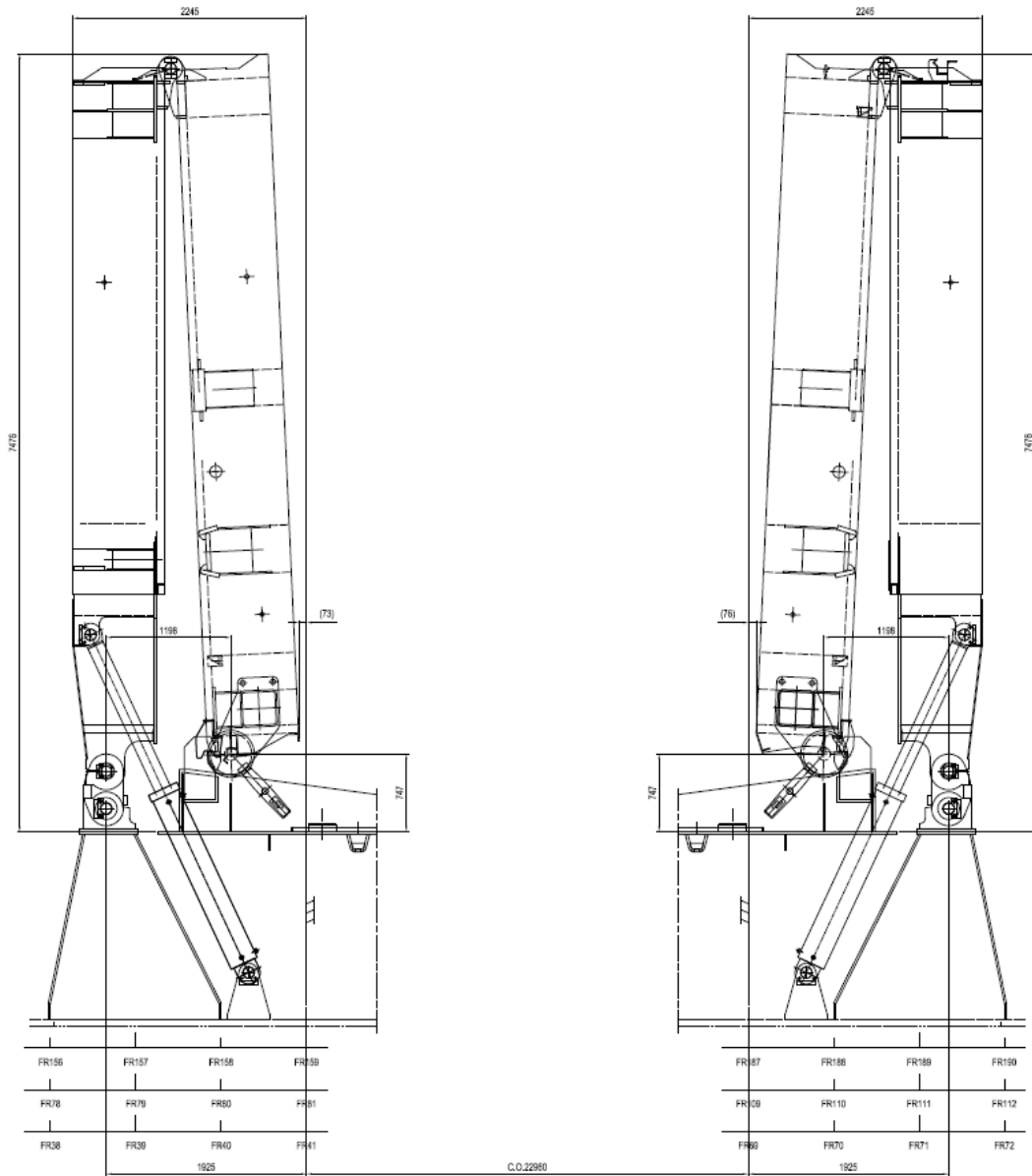
(Εικόνα 5.8: Πλάγια όψη των εγκάρσιων ενισχυτικών δοκών)



(Εικόνα 5.8: Κάτοψη της άνω πλάκας του πάνελ Νο.3 του καλύμματος)



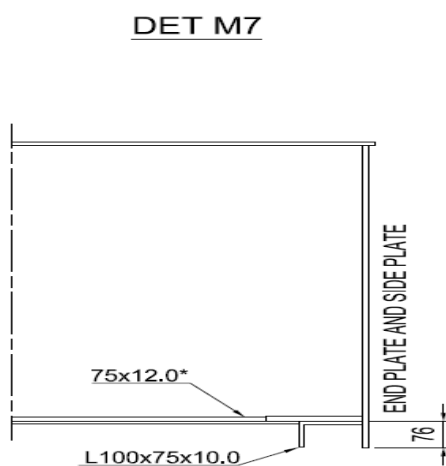
(Εικόνα 5.9: Κάτοψη της κάτω πλάκας του πάνελ Νο.3 του καλύμματος)



(Εικόνα 5.10: Πλάγιες όψεις του καλύμματος στομίου Νο.2 σε ορθή θέση)

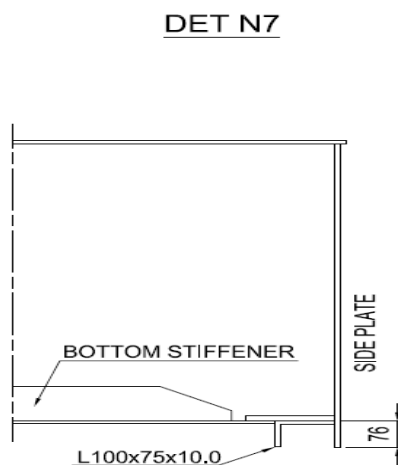
Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως τα δομικά στοιχεία του καλύμματος διαθέτουν αρκετές τοπικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Κατά την διάρκεια της σχεδίασης του καλύμματος κάποια δομικά χαρακτηριστικά διατηρήθηκαν αναλλοίωτα ενώ άλλα απλοποιήθηκαν. Οι δομικές λεπτομέρειες που διατηρήθηκαν είναι οι εξής:

➤ DET M7



(Εικόνα 5.11: Πλάγια όψη της δομικής λεπτομέρειας M7)

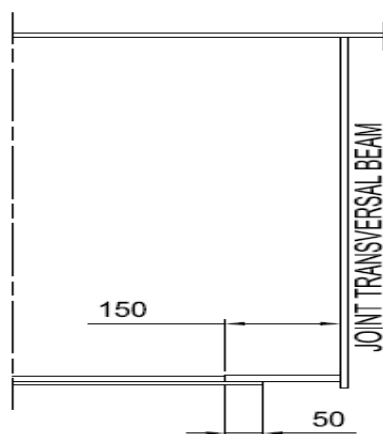
➤ DET N7



(Εικόνα 5.12: Πλάγια όψη της δομικής λεπτομέρειας N7)

➤ DET P7

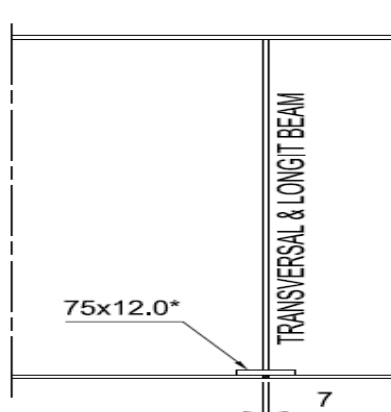
DET P7



(Εικόνα 5.13: Πλάγια όψη της δομικής λεπτομέρειας P7)

➤ DET P7

DET Q7



(Εικόνα 5.14: Πλάγια όψη της δομικής λεπτομέρειας Q7)

Οι παραπάνω δομικές λεπτομέρειες βρίσκονται στις εγκάρσιες ενισχυτικές δοκούς του πάνελ (P7,Q7) καθώς και στις διαμήκεις ενισχυτικές δοκούς αυτού (M7,Q7). Σχεδόν όλες οι λειτουργικές λεπτομέρειες των κύριων πλακών δεν λήφθηκαν υπόψη κατά την σχεδίαση του πάνελ. Στην περίπτωση της κάτω πλάκας η δομή της απλοποιήθηκε και σχεδιάστηκε με πρότυπο την άνω πλάκα του πάνελ όπως παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο.

Κεφάλαιο 6: Διαδικασία σχεδίασης και μελέτης του καλύμματος στομίου

6.1 Εισαγωγή

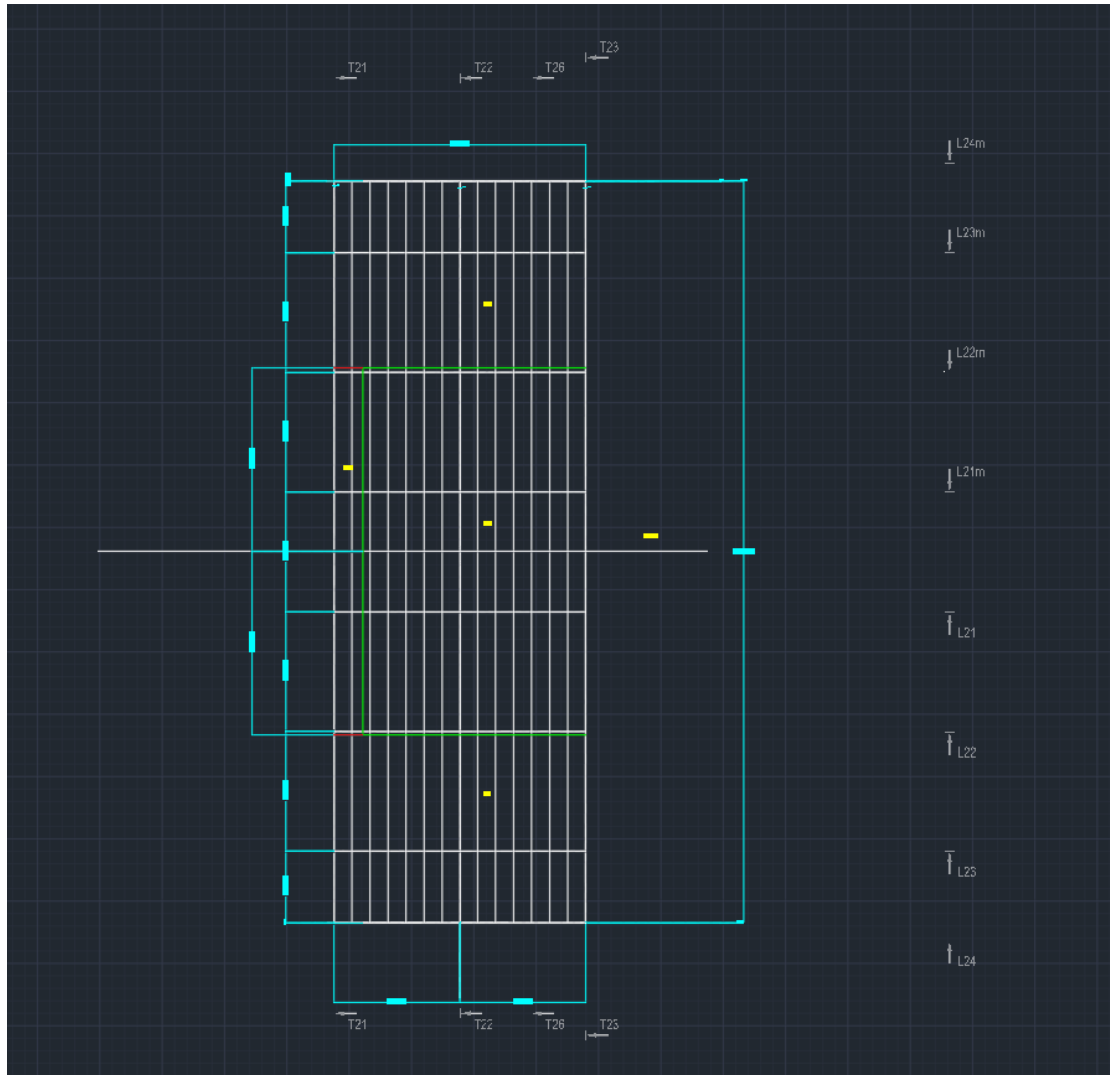
Στα πλαίσια του παρόντος κεφαλαίου, παρουσιάζεται η διαδικασία σχεδίασης του καλύμματος σε τρισδιάστατο πρόγραμμα σχεδίασης. Υπολογίζονται οι πιέσεις που δέχεται το προς μελέτη κάλυμμα στομίου. Οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται με βάση δύο διαφορετικές σειρές κανονισμών. Αρχικά χρησιμοποιούνται οι ενιαίες απαιτήσεις S21 (UR S21), στη συνέχεια οι κοινοί δομικοί κανονισμοί (CSR). Επιπλέον διεξάγεται στατική μελέτη και μελέτη λυγισμού για το σχεδιασμένο μοντέλο καλύμματος, λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω πιέσεις αλλά και την πίεση που έχει προδιαγράψει ο κατασκευαστής του καλύμματος. Για την περάτωση των παραπάνω έγινε χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD 3D και του υπολογιστικού προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων SOLIDWORKS 2019.

6.2 Διαδικασία Σχεδίασης του μοντέλου καλύμματος στομίου με AutoCAD 3D

Αρχικά ακολουθώντας την δομή του καλύμματος στομίου της MacGregor, σχεδιάστηκε η άνω πλάκα, η κάτω πλάκα και τα διαμήκη και εγκάρσια πρωτεύοντα και δευτερεύοντα ενισχυτικά του καλύμματος. Όπως αναφέρθηκε και στο 5^ο Κεφάλαιο, κατά την διάρκεια της σχεδίασης απλοποιήθηκαν κάποιες δομικές λεπτομέρειες του καλύμματος, ενώ οι λειτουργικές λεπτομέρειες του πάνελ δεν λήφθηκαν υπόψη στο σχεδιασμό και τη μελέτη αυτού. Παρόλα αυτά οι διαστάσεις των παραπάνω και οι σημαντικότερες λεπτομέρειες παρέμειναν αναλλοίωτες. Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας μελετάται το κάλυμμα του στομίου No.2 και πιο συγκεκριμένα το τρίτο κατά σειρά πάνελ του καλύμματος.

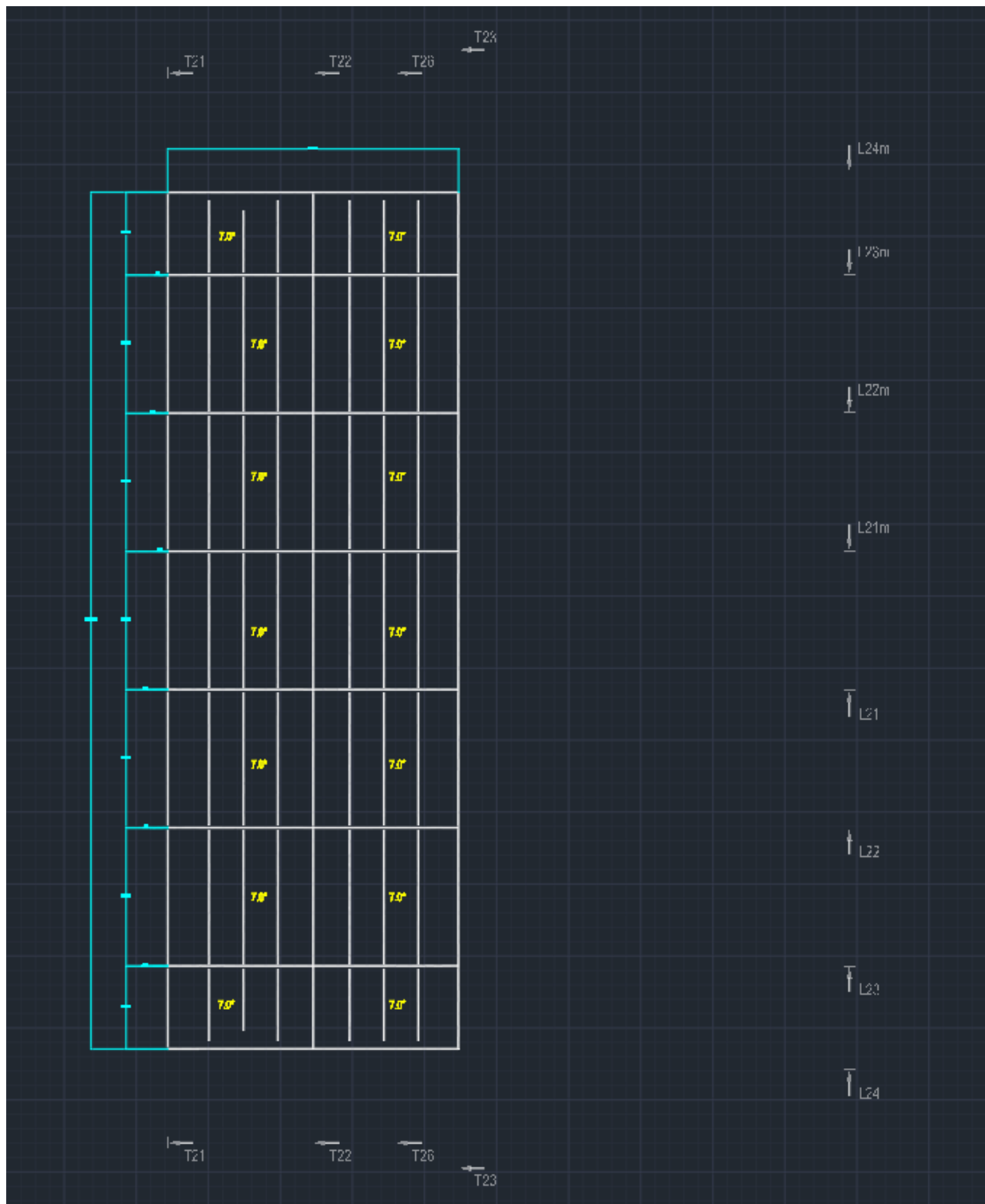
Πρώτα σχεδιάστηκε η άνω πλάκα του πάνελ. Διαθέτει μήκος ίσο με 6309 mm και πλάτος ίσο με 18620 mm. Υποστηρίζεται από τρία διαμήκη (L21, L22, L23) και τέσσερα εγκάρσια (T21, T22, T23, T26) ενισχυτικά στοιχεία. Το πάχος των ελασμάτων της άνω πλάκας ποικίλει από 8

mm έως και 10 mm κατά την επιφάνεια της. Είναι κατασκευασμένη εξολοκλήρου από χάλυβα υψηλής αντοχής AH32.



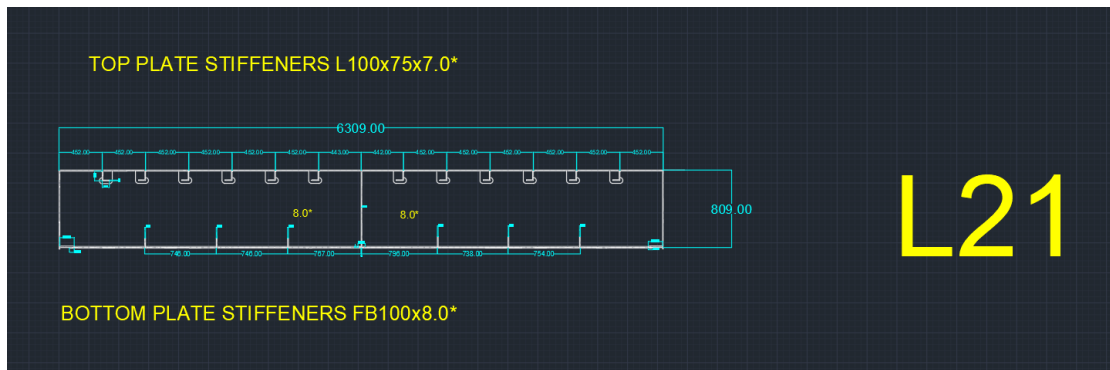
(Εικόνα 6.1: Κάτοψη του Top Plate στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD 3D)

Στη συνέχεια σχεδιάστηκε η κάτω πλάκα του πάνελ. Διαθέτει μήκος ίσο με 6309 mm και πλάτος ίσο με 18600 mm. Ομοίως με την άνω πλάκα του πάνελ, υποστηρίζεται από τρία διαμήκη (L21, L22, L23) και τέσσερα εγκάρσια (T21, T22, T23, T26) ενισχυτικά στοιχεία. Το πάχος των ελασμάτων της κάτω πλάκας είναι ίσο με 7 mm καθ'όλη την επιφάνεια της. Είναι κατασκευασμένη εξολοκλήρου από χάλυβα υψηλής αντοχής AH32.

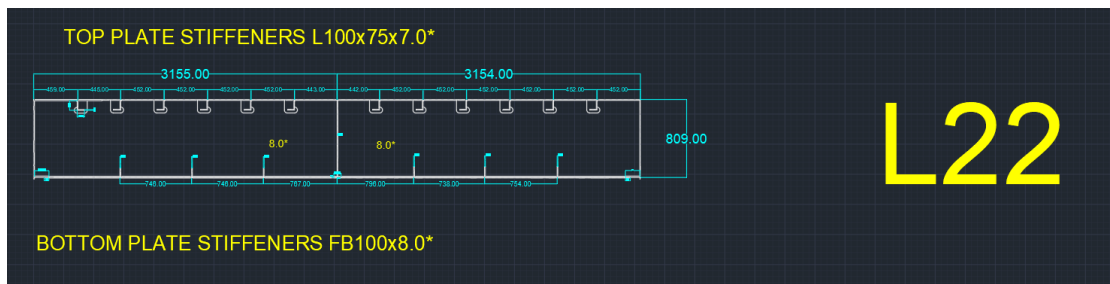


(Εικόνα 6.2: Κάτοψη του Bottom Plate στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD 3D)

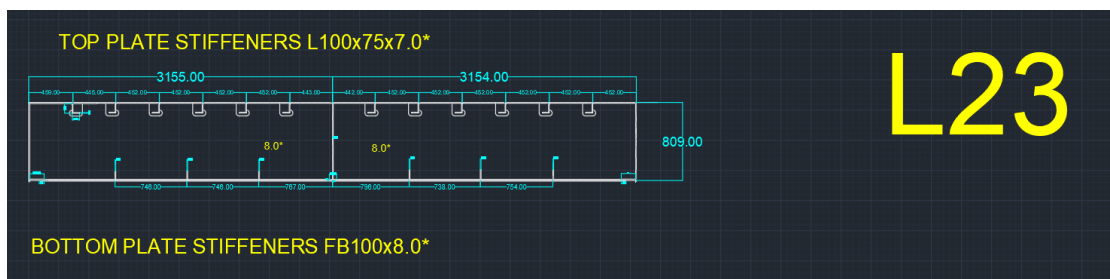
Έπειτα από την σχεδίαση των παραπάνω πλακών, ακολούθησε η σχεδίαση των διαμηκών ενισχυτικών δοκών L21, L22, L23. Τα διαμήκη ενισχυτικά του τρίτου πάνελ διαθέτουν μήκος ίσο με 6309 mm και πλάτος ίσο με 809 mm. Το πάχος τους αγγίζει τα 8 mm και είναι κατασκευασμένα κυρίως από χάλυβα υψηλής αντοχής AH32. Εξαίρεση αποτελούν μερικές τοπικές δομικές λεπτομέρειες των ενισχυτικών, οι οποίες λήφθηκαν υπόψη (P7, Q7) κατά την σχεδίαση και είναι κατασκευασμένες από απλό χάλυβα.



(Εικόνα 6.3: Πλάγια όψη των διαμηκών ενισχυτικών δοκών L21 στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD 3D)



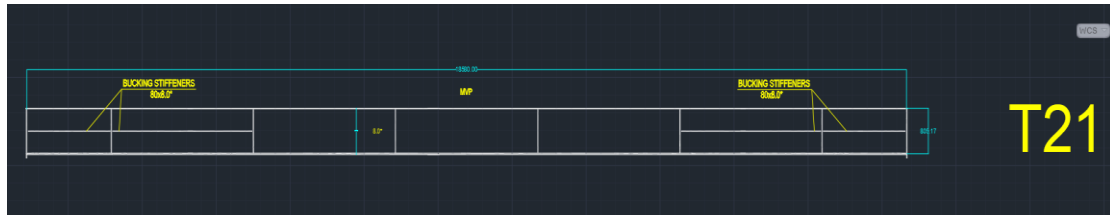
(Εικόνα 6.4: Πλάγια όψη των διαμηκών ενισχυτικών δοκών L22 στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD 3D)



(Εικόνα 6.5: Πλάγια όψη των διαμηκών ενισχυτικών δοκών L23 στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD 3D)

Τέλος, σχεδιάστηκαν οι εγκάρσιες ενισχυτικοί δοκοί T21, T22, T23 και T26. Τα εγκάρσια αυτά ενισχυτικά στοιχεία, διαθέτουν μήκος ίσο με 18580 mm, με εξαίρεση το T26 το μήκος του οποίου είναι ίσο με 18600 mm. Το πλάτος των δοκών αγγίζει τα 809 mm, ενώ το πάχος τους είναι ίσο με 8 mm. Όπως και οι διαμήκεις δοκοί, έτσι και τα εγκάρσιες είναι

κατασκευασμένες από χάλυβα υψηλής αντοχής AH32 με εξαίρεση κάποιες τοπικές δομικές λεπτομέρειες (M7, N7, Q7).



(Εικόνα 6.6: Πλάγια όψη των εγκάρσιων ενισχυτικών δοκών T21 στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD 3D)



(Εικόνα 6.7: Πλάγια όψη των εγκάρσιων ενισχυτικών δοκών T22 στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD 3D)



(Εικόνα 6.8: Πλάγια όψη των εγκάρσιων ενισχυτικών δοκών T23 στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD 3D)



(Εικόνα 6.9: Πλάγια όψη των εγκάρσιων ενισχυτικών δοκών T26 στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD 3D)

6.3 Μελέτη του καλύμματος σύμφωνα με τους κανονισμούς UR S21

6.3.1 Υπολογισμός πιέσεων

Σύμφωνα με τις ενιαίες απαιτήσεις S21 της διεθνούς ένωσης νηογνωμόνων IACS, ο υπολογισμός της πίεσης p που δέχονται τα πάνελ των στομίων κυτών, που βρίσκονται στο κατάστρωμα εξάλλων, αναλύεται στο μοντέλο φόρτισης της υποπαραγράφου S21.2. Πιο αναλυτικά, ως κριτήριο επιλογής της κατάλληλης εξίσωσης υπολογισμού της πίεσης ορίζεται το μήκος εξάλλων (L) του πλοίου. Οι κανονισμοί ορίζουν μια εξίσωση υπολογισμού της πίεσης για πλοία μικρότερα και μεγαλύτερα των εκατό μέτρων. Στην δεδομένη περίπτωση το πλοίο διαθέτει μήκος ίσο με 199.9 m, μεγαλύτερο των εκατό μέτρων, επομένως σύμφωνα με τις διατάξεις, η εξίσωση υπολογισμού της πίεσης είναι η ακόλουθη:

$$p = 34.3 + \frac{p_{FP} - 34.3}{0.25} \left(0.25 - \frac{x}{L} \right) \geq 34.3$$

Όπου:

p_{FP} : η πίεση στην προραία κάθετο, ίση με : $49.1 + (L - 100)a$

a : συντελεστής : 0.0726 για πλοία εξάλλων Τύπου Β

0.356 για πλοία με μειωμένα έξαλλα

L : το μήκος εξάλλων, μετρούμενο σε μέτρα (m), όπως αυτό ορίζεται από τον Κανονισμό 3 του Παραρτήματος Ι της Διεθνούς Σύμβασης Γραμμής Φόρτωσης (Load Line Convention), τροποποιημένης σύμφωνα με το πρωτόκολλο του 1988, το οποίο δεν θα πρέπει να λαμβάνεται μεγαλύτερο των 340 μέτρων.

x : η απόσταση από την μέση του υπό μελέτη καλύμματος στομίου έως το προραίο άκρο του μήκους L .

Το μήκος του πλοίου είναι ίσο με $L = 199.9$ m. Το πλοίο είναι τύπου Β, επομένως $a = 0.0726$.

Αντικαθιστώντας τις παραπάνω τιμές προκύπτει ότι $p_{FP} = 56.35$ kN/m².

Η απόσταση από την μέση του υπό μελέτη καλύμματος στομίου έως το πρωραίο άκρο είναι ίση με $x = 57.87$ m.

Καθώς στα πλαίσια της μελέτης υπήρξε έλλειψη αναλυτικών σχεδίων του πλοίου και επομένως ακριβών διαστάσεων αυτού για τον υπολογισμό του x έγινε αναγωγή των ήδη υπάρχοντων σχεδίων στις κανονικές διαστάσεις του πλοίου μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD 3D, από το οποίο υπολογίστηκε προσεγγιστικά η παραπάνω τιμή της απόστασης x .

Αντικαθιστώντας τις παραπάνω τιμές προκύπτει η τιμή της πίεσης p η οποία είναι ίση με 30.82 kN/m². Εφόσον η τιμή της πίεσης που υπολογίστηκε είναι χαμηλότερη της επιτρεπόμενης, θα λάβουμε την πίεση p ίση με 34.3 kN/m².

6.3.2 Έλεγχος του τοπικού πάχους ελάσματος

Σύμφωνα με τους κανονισμούς UR S21, το τοπικό πάχος του ελάσματος για την άνω πλάκα του καλύμματος στομίου δεν πρέπει να είναι μικρότερο από την τιμή που ορίζει η παρακάτω εξίσωση.

$$t = F_p 15.8s \sqrt{\frac{p}{0.95\sigma_F}}$$

Επιπλέον, το πάχος του ελάσματος δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από το 1% της απόστασης μεταξύ των ενισχυτικών ή τα 6 mm.

Όπου:

F_p : ο συντελεστής που υπολογίζεται με βάση την μέγιστη ορθή τάση και την μέγιστη επιτρεπόμενη ορθή τάση. Η τιμή του συντελεστή λαμβάνεται ίση με 1.50 ή ίση με $1.90\sigma/\sigma_a$ για $\sigma/\sigma_a \geq 0.8$.

s : η απόσταση των ενισχυτικών

p: η πίεση σε kN/m², όπως ορίστηκε στο S21.2

σ: η μέγιστη ορθή τάση, όπως ορίστηκε στο S21.3.5

σ_a: η μέγιστη επιτρεπόμενη ορθή τάση, όπως ορίστηκε στο S21.3.1

Στην περίπτωση της παρούσας μελέτης, η τιμή του συντελεστή F_p λήφθηκε ίση με 1.50. Η απόσταση s των ενισχυτικών είναι ίση με 0.452 m. Η τιμή της πίεσης υπολογίστηκε πιο πάνω και βρέθηκε ίση με 34.3 kN/m². Επομένως, αντικαθιστώντας τα παραπάνω στην εξίσωση, το πάχος του ελάσματος t υπολογίστηκε ίσο με 3.63 mm. Σύμφωνα με τους κανονισμούς όμως το πάχος πρέπει να είναι μεγαλύτερο του 1% της απόστασης των δευτερευόντων ενισχυτικών που στην συγκεκριμένη περίπτωση σημαίνει μεγαλύτερο των 4.52 mm ή των 6 mm. Συμπερασματικά οι προδιαγραφές των κανονισμών τηρούνται, εφόσον το πάχος των ελασμάτων με βάση τα σχέδια του κατασκευαστή ορίζεται παντού μεγαλύτερο των 6 mm.

6.3.3 Έλεγχος της ροπής αντίστασης

Σχετικά με τον υπολογισμό της ελάχιστης ροπής αντίστασης Z, σε cm³, των διαδοκίδων της άνω πλάκας του καλύμματος στομίου, οι κανονισμοί ορίζουν την παρακάτω εξίσωση για τον υπολογισμό της.

$$Z = \frac{1000l^2sp}{12\sigma_a}$$

Όπου:

l: το μήκος των διαδοκίδων σε m, μετρούμενο από την μια άκρη ενός κύριου ενισχυτικού στοιχείου έως την άκρη του επόμενου σε m.

s: η απόσταση μεταξύ των διαδοκίδων

p: η πίεση σε kN/m², όπως αυτή ορίζεται στο S21.2

σ_a: η μέγιστη επιτρεπόμενη ορθή τάση, όπως ορίστηκε στο S21.3.1

Το μήκος l είναι ίσο με 3 m , η απόσταση μεταξύ των ενισχυτικών είναι ίση με 0.452 m , η πίεση όπως βρέθηκε παραπάνω είναι ίση με 34.3 kN/m^2 και η επιτρεπόμενη ορθή τάση είναι ίση με 252 kN/m^2 . Αντικαθιστώντας τα παραπάνω δεδομένα στην παραπάνω εξίσωση, προκύπτει η τιμή της ροπής αντίστασης η οποία είναι ίση με 15.38 cm^3 .

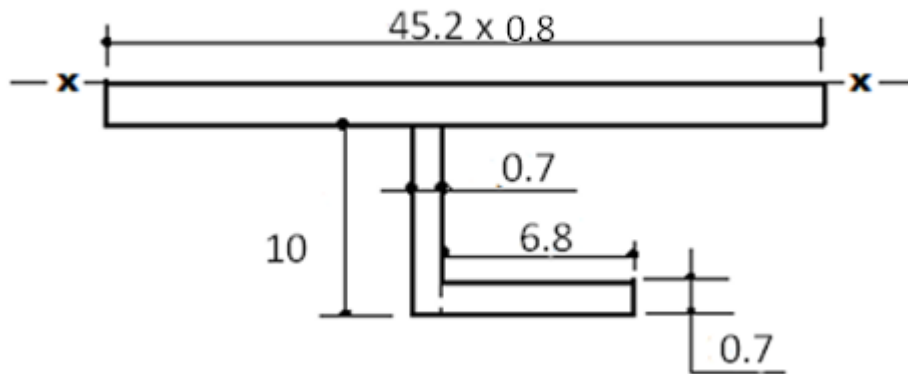
Η ροπή αντίστασης των ενισχυτικών της άνω πλάκας υπολογίστηκε ίση με 68.77 cm^3 για τις διαδοκίδες του καταστρώματος τύπου – L. Καθώς το πάχος των συνεργαζόμενων ελασμάτων της άνω πλάκας του καλύμματος δεν είναι ο ίδιος σε όλη την έκταση της πλάκας επιλέχθηκε η χαμηλότερη τιμή πάχους ίση με 8 mm . Επομένως η ροπή αντίστασης σύμφωνα με τους κανονισμούς UR S21, κρίνεται επαρκής για το κάλυμμα.

(cm x cm)	A (cm ²)	d (cm)	A x d(cm ³)	A x d ² (cm ⁴)	I ₀ (cm ⁴)
45.2 x 0.8	36.16	0.4	14.46	5.79	1.93
10 x 0.7	7	5.8	40.60	235.48	58.33
6.8 x 0.7	4.76	10.45	49.74	519.80	0.19
SUM	47.92		104.81	761.07	60.46

(Πίνακας 2: Πίνακας υπολογισμού ροπής αντίστασης)

Ουδέτερος άξονας	$\gamma =$	2.187104	(cm)
Ροπή αδράνειας ως προς NA	$I_{pl} =$	592.30	(cm ⁴)
Ροπή Αντίστασης ως προς το έλασμα	$Z_{ελ} =$	270.8167	(cm ³)
Ροπή Αντίστασης ως προς την φλάντζα	$Z_{φλ} =$	68.76945	(cm ³)
Ροπή Αντίστασης της διατομής	$Z =$	68.76945	(cm ³)

(Πίνακας 3: Πίνακας υπολογισμού ροπής αντίστασης)



(Εικόνα 6.10: Απεικόνιση διαδοκίδας καταστρώματος τύπου – L, με συνεργαζόμενο έλασμα)

6.4 Μελέτη του καλύμματος σύμφωνα με τους κανονισμούς CSR

6.4.1 Υπολογισμός πιέσεων

Για τον υπολογισμό της πίεσης που δέχεται το κάλυμμα στομίου σύμφωνα με τους κοινούς δομικούς κανονισμούς (CSR), ακολουθήθηκαν οι σχέσεις που δίνονται από το Pt.2, Ch.1, Sec.5 των κανονισμών. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το μοντέλο φόρτισης που βρίσκεται στην τέταρτη παράγραφο των κανονισμών, οι πλευρικές πιέσεις και τα αντίστοιχα φορτία υπολογίζονται με γνώμονα το αν το υπό μελέτη κάλυμμα φέρει επιπλέον φορτία ομοιόμορφης κατανομής επάνω στην επιφάνειά του. Σε περίπτωση που το κάλυμμα φέρει τέτοιου τύπου φορτία, υπολογίζονται οι πιέσεις λόγω θάλασσας. Οι πιέσεις αυτές εμφανίζονται είτε με την μορφή κυμάτων που εφαρμόζουν πλευρικές φορτίσεις στο κάλυμμα είτε με την μορφή μαζών νερού που έχουν απομείνει στην επιφάνεια του. Επιπλέον, συνυπολογίζονται οι εσωτερικές στατικές και δυναμικές πιέσεις λόγω έρματος, σε περίπτωση που υπάρχει έρμα στον χώρο του στομίου, οι στατικές και πλευρικές πιέσεις λόγω εφαρμογής ομοιόμορφα κατανεμημένων φορτίων. Σε περιπτώσεις όπου εφαρμόζονται ειδικού τύπου φορτία, όπως για παράδειγμα σωλήνες, στην επιφάνεια του καλύμματος, οι κανονισμοί ορίζουν τον κατά περίπτωση υπολογισμό των πιέσεων, ανάλογα με τον τύπο του φορτίου, αιτία ύπαρξης πιέσεων μπορεί να

αποτελούν οι εναπομείνουσες μάζες νερού επάνω ή μέσα στα φορτία αυτά. Εάν επάνω στο κάλυμμα δένονται εμπορευματοκιβώτια, οι συγκεντρωμένες πιέσεις στις γωνίες των εμπορευματοκιβωτίων θα πρέπει να υπολογίζονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε νηογνώμονα. Τέλος, θα πρέπει να συνυπολογιστεί το βάρος της δομής του καλύμματος στον υπολογισμό των στατικών φορτίων.

Στην περίπτωση του υπό μελέτη καλύμματος, ο υπολογισμός της πίεσης απλουστεύεται καθώς δεν φέρει κανενός είδους φορτίο, ούτε υπάρχει έρμα στον χώρο του στομίου. Επομένως εφαρμόζονται οι εξισώσεις της υποπαραγράφου [4.1.2]. Αρχικά, οι στατικές πιέσεις λόγω των εναπομείναντων μαζών νερού στις επιφάνειες του καλύμματος συμβολίζονται ως P_S , ενώ οι πιέσεις λόγω κυμάτων συμβολίζονται ως P_W . Σύμφωνα με του κανονισμούς, η στατική πίεση λόγω των μαζών νερού θεωρείται μηδενική. Επομένως:

$$P_S = 0$$

Ωστόσο οι πιέσεις λόγω κυματισμών, υπολογίζονται ως εξής:

$$P_W = P_{HC}$$

Η πίεση P_{HC} , ορίζεται στο Pt.1, Ch. 4, Sec. 5, στην υποπαραγράφο [5.2.1] των κανονισμών ως:

$$P_{HC} = P_{D,min}$$

Όπου το $P_{D,min}$ ορίζεται στον Πίνακα 30, ο οποίος βρίσκεται στο Pt.1, Ch.4, Sec. 5, υποπαραγράφο [2.2.3].

Table 30 : Minimum pressures on exposed decks for HSM, HSA, FSM load cases

Location	Minimum pressure on exposed deck, P_{D-min} , in kN/m ²	
	$L_{LL} \geq 100\text{m}$	$L_{LL} < 100\text{m}$
$x_{LL}/L_{LL} \leq 0.75$	34.3	$14.9 + 0.195 L_{LL}$
$x_{LL}/L_{LL} > 0.75$	$34.3 + (14.8 + a(L_{LL} - 100)) \left(4 \frac{x_{LL}}{L_{LL}} - 3\right)$	$12.2 + \frac{L_{LL}}{9} \left(5 \frac{x_{LL}}{L_{LL}} - 2\right) + 3.6 \frac{x_{LL}}{L_{LL}}$
<p>a : Coefficient taken equal to: $a = 0.356$ for Type A, Type B-60 and Type B-100 freeboard ships $a = 0.0726$ for Type B freeboard ships.</p> <p>x_{LL} : X-coordinate of the load point measured from the aft end of the freeboard length L_{LL}.</p>		

(Πίνακας 4: Πίνακας υπολογισμού της ελάχιστης πίεσης σε εκτεθειμένα καταστρώματα υπό σενάρια φόρτισης)

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα για πλοία με $L_{LL} > 100$ m, δίνεται η εξίσωση υπολογισμού του P_{D-min} . Ως κριτήρια επιλογής της κατάλληλης εξίσωσης δίνονται το πηλίκο της διαμήκης τοποθεσίας εφαρμογής του φορτίου (X_{LL}) μετρούμενο από το πρυμναίο άκρο του μήκους εξάλλων (L_{LL}). Στην περίπτωση της μελέτης, το δεδομένο πλοίο διαθέτει μήκος εξάλλων μεγαλύτερο των εκατό μέτρων και το πηλίκο X_{LL}/L_{LL} είναι μεγαλύτερο από 0.75. Επομένως η εξίσωση υπολογισμού για την ελάχιστη πίεση δίνεται από τον τύπο:

$$P_{D-min} = 34.3 + (14.8 + a(L_{LL} - 100)) \left(4 \frac{x_{LL}}{L_{LL}} - 3\right)$$

Όπου:

a: σταθερά που λαμβάνεται :

a = 0.365 για πλοία με εξάλλα, Τύπου A, Τύπου B-60 και Τύπου B-100

a = 0.0726 για πλοία με εξάλλα, Τύπου B

Το υπό μελέτη πλοίο είναι πλοίο Τύπου B επομένως το a, θα ληφθεί ίσο με 0.0726. Η διαμήκης τοποθεσία εφαρμογής του φορτίου (X_{LL}) είναι ίση με 142.03 m. Το μήκος L_{LL} είναι

ίσο με 199,9 m. Αντικαθιστώντας τις παραπάνω τιμές στην εξίσωση υπολογισμού της πίεσης, προκύπτει ότι η πίεση P_{D-min} είναι ίση με 30.82 kN/m².

Στη συνέχεια υπολογίστηκε η εξωτερική πίεση P_D η οποία ορίζεται σύμφωνα με τους κοινούς δομικούς κανονισμούς από την παρακάτω εξίσωση.

$$P_D = \chi P_W$$

Όπου:

$P_W = P_{W,D}$ η ελάχιστη τιμή του οποίου θα πρέπει να λαμβάνεται μεγαλύτερη της P_{D-min} , σε kN/m²

$P_{W,D}$: η πίεση που εφαρμόζεται στα πλάγια του καλύμματος για περιπτώσεις φόρτισης HSM, HSA και FSM όπως αυτές ορίζονται στο Pt 1, Ch 4, Sec 5, στην υποπαράγραφο [1.3.2], σε kN/m²

χ : συντελεστής ο οποίος ορίζεται στον Πίνακα 31

Table 31 : Coefficient for pressure on exposed decks

Exposed deck location	χ
Freeboard deck	1.00
Superstructure deck including forecastle deck	0.75
1 st tier of deckhouse	0.56
2 nd tier of deckhouse	0.42
3 rd tier of deckhouse	0.32
4 th tier of deckhouse	0.25
5 th tier of deckhouse	0.20
6 th tier of deckhouse	0.15
7 th tier of deckhouse and above	0.10

(Πίνακας 5: Πίνακας υπολογισμού του συντελεστή χ για πίεση σε καλύμματα καταστρώματος)

Οι υδροστατικές πιέσεις λόγω κυματισμών P_W , για περιπτώσεις φορτίσεων τύπου HSM για οποιοδήποτε σημείο εφαρμογής, ορίζονται από τον Πίνακα 2 των κανονισμών.

Table 2 : Hydrodynamic pressures for HSM load cases

Load case	Wave pressure, in kN/m ²		
	$z \leq T_{LC}$	$T_{LC} < z \leq h_w + T_{LC}$	$z > h_w + T_{LC}$
HSM-1	$P_W = \max(-P_{HS}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0.0$
HSM-2	$P_W = \max(P_{HS}, \rho g(z - T_{LC}))$		

(Πίνακας 6: Πίνακας υπολογισμού της πίεσης λόγω κυματισμών για περιπτώσεις φορτίσεων τύπου HSM)

Στα πλαίσια της μελέτης, επιλέχθηκε η περίπτωση φόρτισης HSM-1. Επομένως ως κριτήριο επιλογής της κατάλληλης εξίσωσης αποτελεί η σχέση του κατακόρυφου ύψους z με το βύθισμα T_{LC} και την υδροστατική πίεση μετρούμενη σε ύψος στήλης ύδατος h_w .

Για τον υπολογισμό του h_w , οι κοινοί δομικοί κανονισμοί ορίζουν την παρακάτω εξίσωση.

$$h_w = \frac{P_{W,WL}}{\rho g}$$

Όπου:

$P_{W,WL}$: η πίεση κυματισμών στην ίσαλο για την εκάστοτε κατάσταση φόρτισης, σε kN/m²

ρ : η πυκνότητα του νερού, ίση με 1.025 t/m³

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας, ίση με 9.81 m/s²

Επομένως για τον υπολογισμό του h_w , πρέπει πρώτα να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός του $P_{W,WL}$. Η εξίσωση υπολογισμού του $P_{W,WL}$ για $y = Bx/2$ και είναι η ακόλουθη.

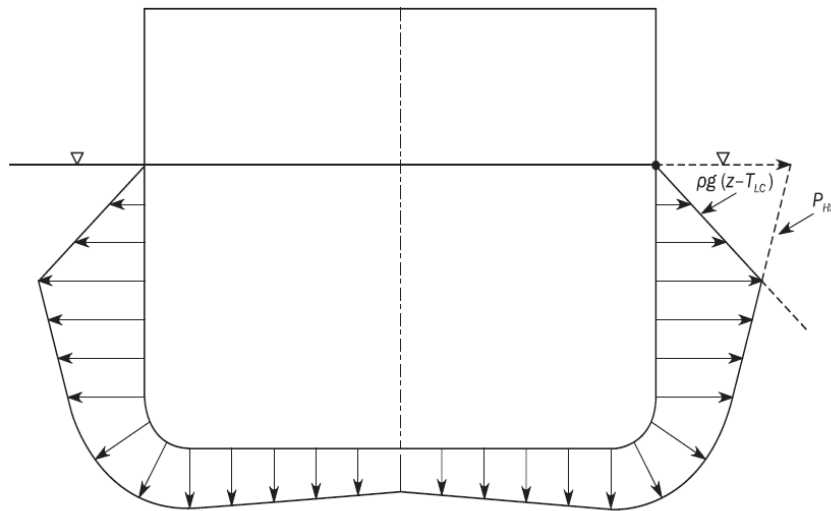
$$P_{W,WL} = P_W$$

Στην περίπτωση της παρούσας μελέτης το ύψος z είναι μεγαλύτερο του αθροίσματος h_w και T_{LC} . Επομένως, με βάση τον πίνακα υπολογισμού της πίεσης λόγω κυματισμών προκύπτει πως

η τιμή του P_w θα είναι ίση με το μηδέν. Άρα ως P_w θα ληφθεί η τιμή του P_{D-min} , δηλαδή 30.82 kN/m^2 .

Επιστρέφοντας στην εξίσωση υπολογισμού της εξωτερικής πίεσης P_D , δεδομένου ότι η τιμή του χ για καταστρώματα εξάλλων είναι ίση με την μονάδα, προκύπτει ότι η τιμή της πίεσης P_D είναι ίση με 30.82 kN/m^2 .

Figure 2 : Transverse distribution amidships of dynamic pressure for HSM-1, HSA-1 and FSM-1 load cases



(Σχήμα 6: Απεικόνιση της εγκάρσιας κατανομής της πίεσης στην μέση τομή του πλοίου για περιπτώσεις φορτίσεων τύπου HSM-1, HAS-1 & FSM-1)

6.4.2 Έλεγχος του πάχους ελάσματος

Για τον έλεγχο του πάχους ελάσματος οι κοινοί δομικοί κανονισμοί ορίζουν κάποιες προϋποθέσεις σχετικά με το πάχος του υποστηριζόμενου ελάσματος. Πιο συγκεκριμένα, το εκάστοτε ενισχυτικό θα πρέπει να εκτείνεται είτε συμμετρικά και προς τις δύο πλευρές του ελάσματος κατά $b_p = s$, είτε κατά προς την μια άκρη του ελάσματος κατά $b_p = 0.5s$. Όπου b_p το πλάτος του υποστηριζόμενου ελάσματος και s η απόσταση των ενισχυτικών. Στην περίπτωση του παρόντος καλύμματος, πληρούνται τα παραπάνω, καθώς η απόσταση των δευτερευόντων ενισχυτικών είναι ίση με 0.452 mm και το πλάτος του ελάσματος εκτείνεται συμμετρικά και ίσα με αυτή.

Για τον υπολογισμό του ελάχιστου πάχους των ελασμάτων του καλύμματος στομίου κύτους, οι κοινοί δομικοί κανονισμοί ορίζουν τον παρακάτω τύπο.

$$t = 0.0158F_p b \sqrt{\frac{F_s P_s + F_w P_w}{0.95R_{eH}}}$$

Όπου:

b: το πλάτος ελάσματος

F_p: ο συντελεστής που υπολογίζεται με βάση την μέγιστη ορθή τάση και την μέγιστη επιτρεπόμενη ορθή τάση. Η τιμή του συντελεστή λαμβάνεται ίση με 1.50 ή ίση με

1.90 σ/σ_a για σ/σ_a ≥ 0.8.

F_s, F_w: συντελεστές που είναι άμεσα συνδεδεμένοι με το είδος της φόρτισης

P_s: πίεση λόγω μαζών νερού, σε kN/m², όπως αυτή ορίζεται στο Pt 1, Ch 1, Sec 4

P_w: πίεση λόγω κυματισμών, σε kN/m², Pt 1, Ch 1, Sec 4

Επιπλέον οι κανονισμοί προδιαγράφουν πως το ελάχιστο πάχος της άνω πλάκας του καλύμματος θα πρέπει πάντοτε να λαμβάνεται μεγαλύτερο του b/100 ή των 6 mm, ανάλογα με το ποια από τις τιμές που προκύπτουν είναι μεγαλύτερη.

Έχοντας ήδη υπολογίσει την πίεση P_D είναι ίση με 30.82 kN/m², το πλάτος ελάσματος ίσο με 452 mm και λαμβάνοντας τον συντελεστή F_p ίσο με 1.50. Αντικαθιστώντας τις παραπάνω τιμές και λαμβάνοντας αυτές των συντελεστών F_w και F_s ίσες με την μονάδα, καθώς δεν υπάρχουν φορτίσεις λόγω ύπαρξης έρματος στα πλαίσια του υπό μελέτη καλύμματος, προκύπτει ότι η τιμή του ελάχιστου πάχους ελάσματος είναι ίση με 3.84 mm. Σύμφωνα με τους κανονισμούς Pt.2, Ch.5, Sec 5 [5.3.2] ως ελάχιστο πάχος ελάσματος για τα δευτερεύοντα ενισχυτικά του καλύμματος ορίζονται τα 4 mm. Σε όλα τα σχέδια του κατασκευαστή όλα τα ενισχυτικά του καλύμματος διαθέτουν πάχος μεγαλύτερο των 7 mm.

Για τα ελάσματα της άνω πλάκας του καλύμματος οι κανονισμοί ορίζουν πως το πάχος τους δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 6 mm, κάτι το οποίο ικανοποιείται σύμφωνα με τα σχέδια του κατασκευαστή καθώς κάθε έλασμα της άνω πλάκας διαθέτει πάχος μεγαλύτερο των 8 mm.

Επιπλέον ορίζεται ένας περιορισμός, όσον αφορά την διαστασιολόγηση τους σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση.

$$\frac{h_w}{t_w} = 15 \sqrt{\frac{235}{R_{eH}}}$$

Όπου:

R_{eH} : το ελάχιστο όριο διαρροής του υλικού κατασκευής του ενισχυτικού

6.4.3 Έλεγχος της ροπής αντίστασης

Για τον έλεγχο ροπής αντίστασης των ενισχυτικών, οι κοινοί δομικοί κανονισμοί ορίζουν την παρακάτω εξίσωση υπολογισμού.

$$Z = \frac{(F_S P_S + F_W P_W) I_S^2}{f_{bc} \sigma_a}$$

Όπου:

I_S : η έκταση των ενισχυτικών σε m, η οποία λαμβάνεται ως η απόσταση μεταξύ δύο πρωτεύοντων ενισχυτικών στοιχείων ή ως η απόσταση μεταξύ ενός πρωτεύοντος ενισχυτικού και της ακραίας στήριξης του καλύμματος

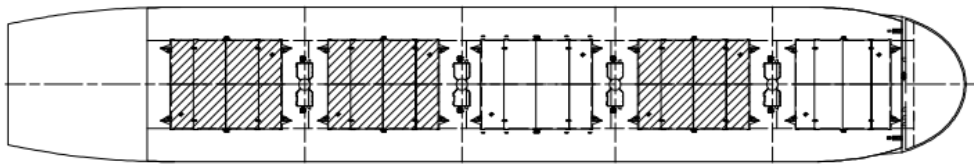
Οι συντελεστές F_S και F_W είναι ίσοι με 1. Η πίεση P_S είναι ίση με μηδέν και η τιμή της πίεσης P_W είναι ίση με 30.82 kN/m². Ο συντελεστής f_{bc} λήφθηκε ίσος με 12 σύμφωνα με τον πίνακα συμβόλων στο Pt.2, Ch1, Sec 5. Η τιμή της μέγιστης επιτρεπόμενης ορθής τάσης σ_a είναι ίση με 252 kN/m². Τέλος, η έκταση των ενισχυτικών I_S είναι ίση με 3 m, ενώ η απόσταση μεταξύ των ενισχυτικών έχει τιμή ίση με 0.452 m. Αντικαθιστώντας τις παραπάνω τιμές στην εξίσωση υπολογισμού της ελάχιστης ροπής αντίστασης, προκύπτει πως η τιμή της είναι ίση με 17.25 cm³.

Όπως αναφέρθηκε και στον υπολογισμό ροπής αντίστασης σύμφωνα με τους κανονισμούς UR S21 (Πίνακας 2 & 3), η υπολογισμένη ροπή αντίστασης για τις διαδοκίδες του

καταστρώματος είναι ίση με 68.77 cm^3 . Επομένως και πάλι η ροπή αντίστασης κρίνεται επαρκής σύμφωνα και με τους κοινούς δομικούς κανονισμούς.

6.5 Προδιαγεγραμμένη πίεση κατασκευαστή

Όπως προαναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 5, η μελέτη γίνεται για το κάλυμμα του στομίου No.2.



(Εικόνα 6.11: Κάτοψη των καλυμμάτων στομίων No.2, No.4 & No.5)

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή του καλύμματος, η πίεση του καλύμματος στομίου No.2 ορίζεται από 34.3 kN/m^2 έως 36.1 kN/m^2 . Επιπλέον, η πίεση των καλυμμάτων για τα στόμια No.4 και No.5 ορίζεται στα 34.3 kN/m^2 .

- LOADING:

- FOR A VERTICAL SEA LOAD OF :

FOR HATCH 1 : 66.0 kN/m^2 TO 50.1 kN/m^2

FOR HATCH 2 : 36.1 kN/m^2 TO 34.3 kN/m^2

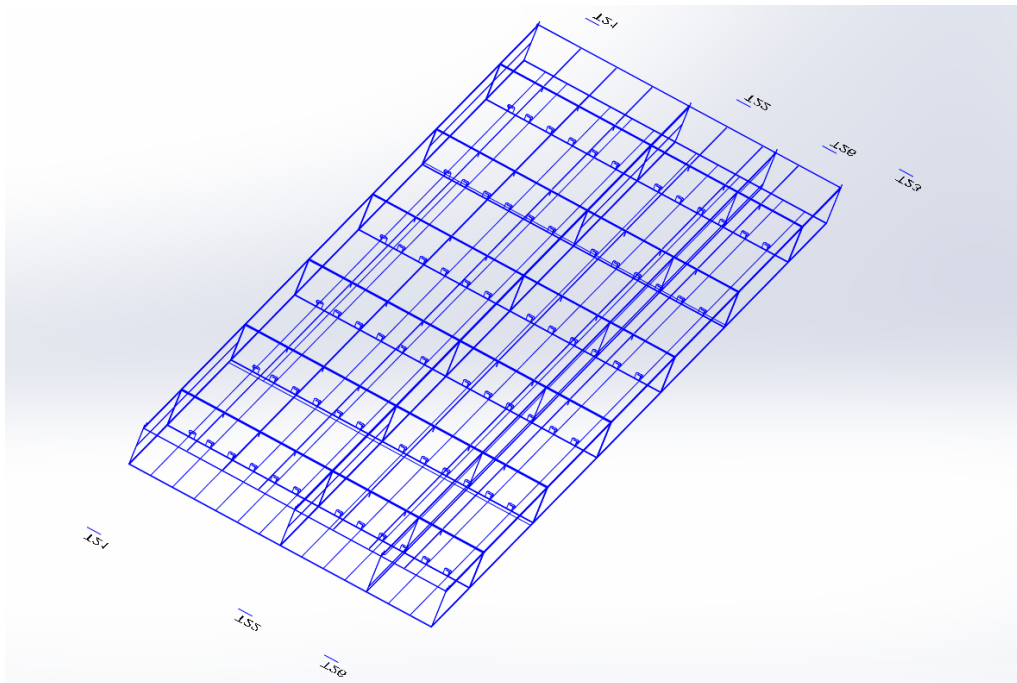
FOR HATCH 3-5 : 34.3 kN/m^2

(Εικόνα 6.12: Απόσπασμα ενδεικτικών φορτίσεων κατασκευαστή)

6.6 Δημιουργία μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων του καλύμματος

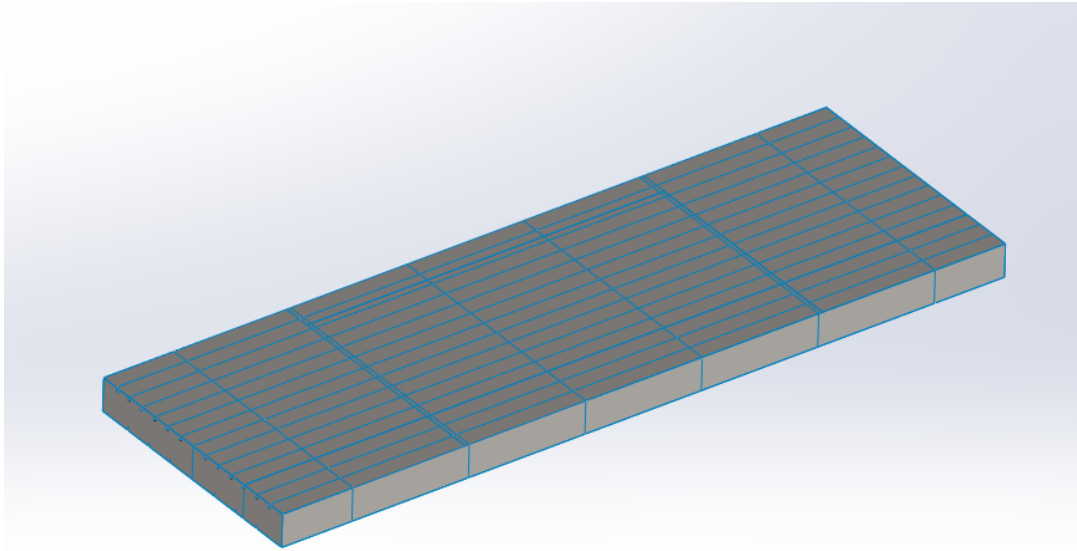
Για την ολοκλήρωση της μελέτης του καλύμματος, πραγματοποιήθηκε χρήση των πεπερασμένων στοιχείων. Πιο συγκεκριμένα έγινε χρήση του λογισμικού SOLIDWORKS 2019. Σκοπός της χρήσης του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων είναι ο έλεγχος της αντοχής του καλύμματος μέσω προσομοιώσεων με βάση τις πιέσεις που υπολογίστηκαν παραπάνω.

Για την δημιουργία του μοντέλου αρχικά εισήχθησαν οι γραμμές του καλύμματος που σχεδιάστηκαν στο πρόγραμμα AutoCAD 3D στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων. Οι άξονες του συστήματος συντεταγμένων που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης έγινε έτσι ώστε ο άξονας – X να αντιστοιχεί στο μήκος του καλύμματος, ο άξονας – Y στο πλάτος του και ο άξονας – Z στο ύψος του. Οι άξονες αυτοί συμβαδίζουν με αυτούς του συστήματος συντεταγμένων του ίδιου του πλοίου.

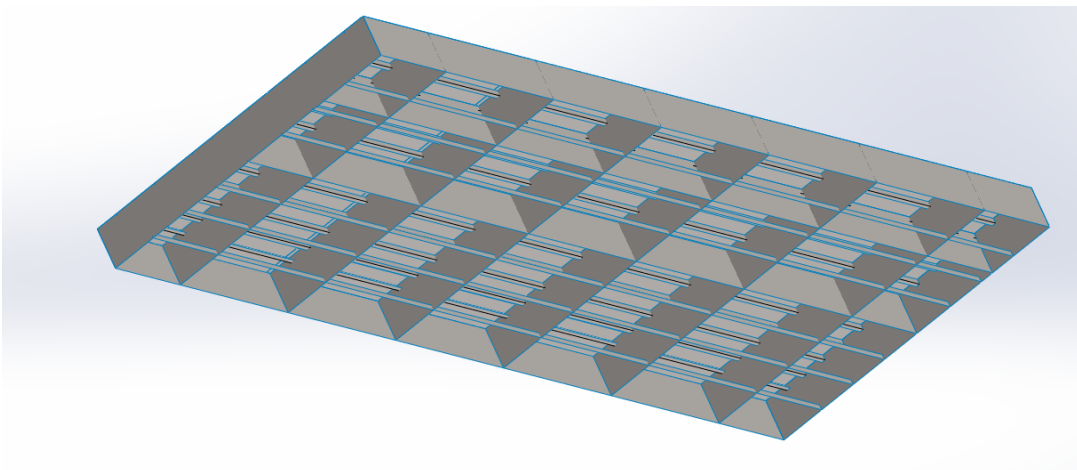


(Εικόνα 6.13: Στιγμιότυπο από τις γραμμές του καλύμματος στο πρόγραμμα SOLIDWORKS 2019)

Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν οι επιφάνειες των ελασμάτων της άνω και κάτω πλάκας του καλύμματος αλλά και των πρωτευόντων και δευτερευόντων ενισχυτικών. Πέραστηκαν τα πάχη των ελασμάτων και τα υλικά κατασκευής σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Όπως αυτά περιγράφηκαν στην Ενότητα 6.1.

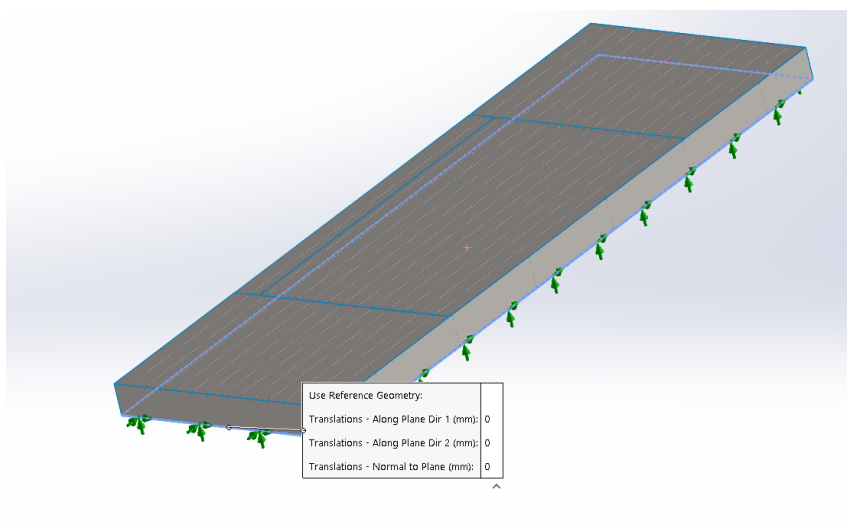


(Εικόνα 6.14: Στιγμιότυπο από την σχεδίαση των επιφανειών του καλύμματος)



(Εικόνα 6.15: Στιγμιότυπο του μοντέλου απουσία της κάτω πλάκας του καλύμματος)

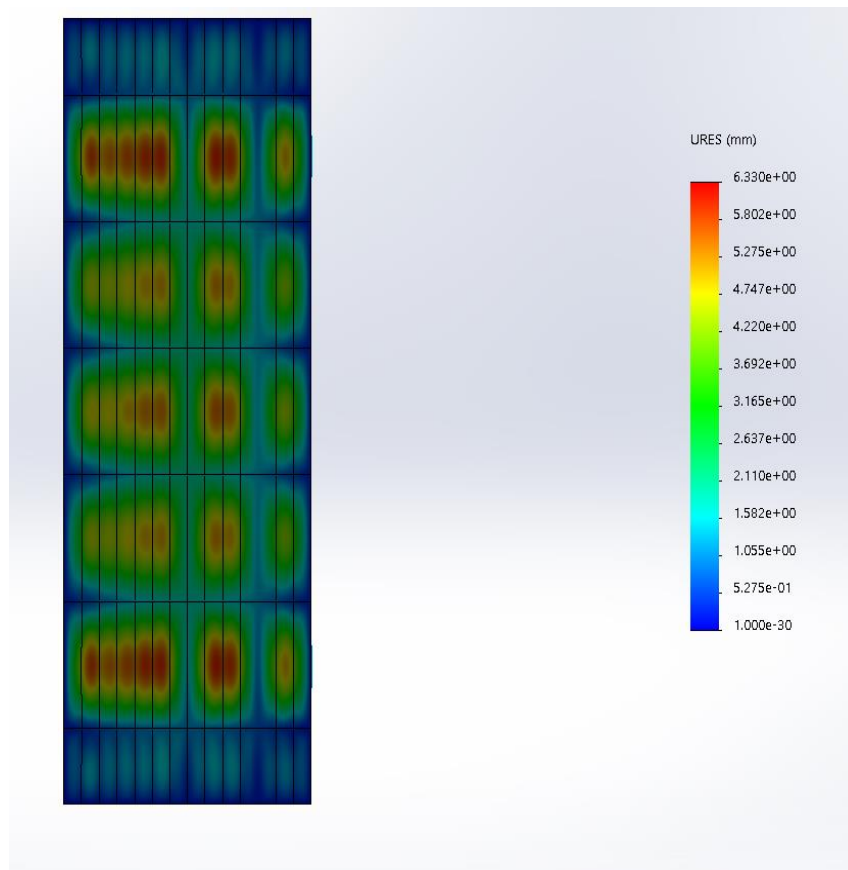
Επιπλέον, ορίστηκαν οι οριακές συνθήκες με την μορφή στηρίξεων καθ'όλη την έκταση των ακμών της βάσης του καλύμματος όπως αυτές απεικονίζονται στην Εικόνα 6.13. Οι οριακές για την στήριξη δεν προδιαγράφονται στους κανονισμούς, ούτε στα σχέδια του κατασκευαστή του καλύμματος. Οι ανωτέρω οριακές συνθήκες αποτελούν μια απλούστευση του προβλήματος, καθ' όσον στις ακμές που έρχονται σε επαφή με τα διπλανά panels θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν ειδικές συνθήκες που προϋποθέτουν και τη λεπτομερή σχεδίαση/μοντελοποίηση των αρθρωτών συνδέσεων, κάτι που ήταν εκτός των στόχων της παρούσας εργασίας.



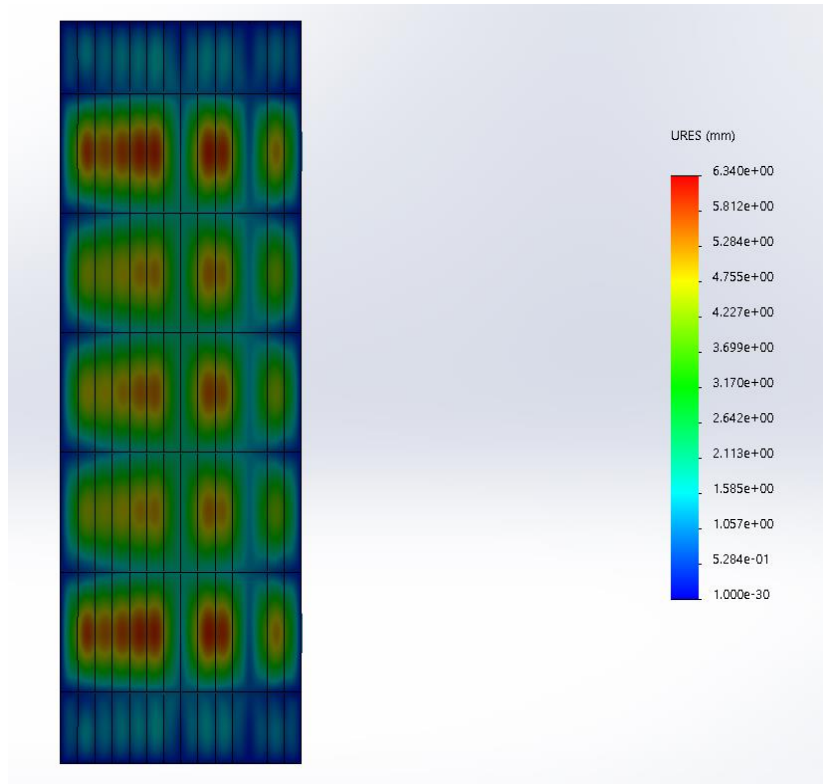
(Εικόνα 6.16: Απεικόνιση των στηρίξεων του μοντέλου πεπερασμένων στοιχείων)

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε η δημιουργία πλέγματος στοιχείων για την γεωμετρία του καλύμματος (meshing). Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε μια διερεύνηση όσον αφορά την καλύτερη επιλογή του πλέγματος. Πιο συγκεκριμένα, το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων χρησιμοποιεί τριγωνικά στοιχεία για την δημιουργία πλέγματος της γεωμετρίας του καλύμματος. Παρότι ο υπολογιστικός χρόνος αυξάνεται όσο μειώνεται το χαρακτηριστικό μήκος των στοιχείων του πλέγματος, επιλέχθηκε ένα σχετικά μικρό μήκος. Επιλέχθηκε ένα εύρος τιμών για τα χαρακτηριστικά μήκη των τριγώνων αυτών και στη συνέχεια με βασικό κριτήριο την μετατόπιση των στοιχείων έγινε μια σύγκλιση των αποτελεσμάτων, έτσι ώστε να επιλεγεί το καταλληλότερο χαρακτηριστικό μήκος, με την μικρότερη δυνατή απόκλιση ως προς την μετατόπιση συγκριτικά με τον μέσο όρο. Στον πίνακα 5 παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετατοπίσεων για τα διάφορα χαρακτηριστικά μήκη των τριγώνων.

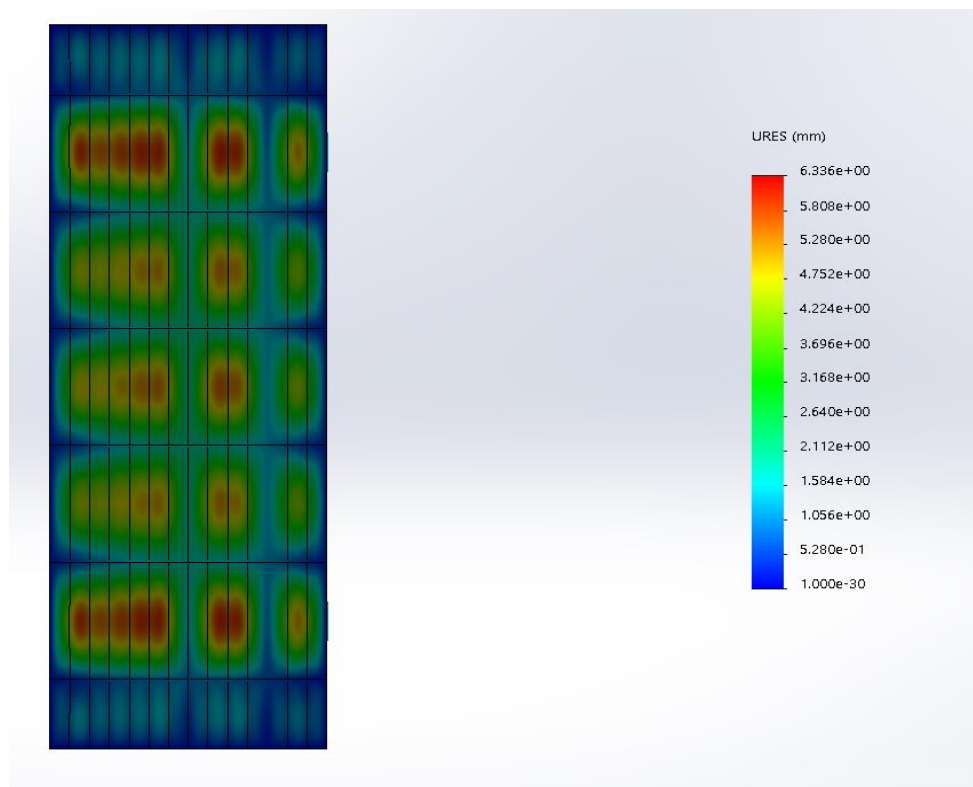
Τέλος, εφαρμόστηκαν υπό ομοιόμορφη κατανομή στην επιφάνεια της άνω πλάκας του καλύμματος, οι πιέσεις που υπολογίστηκαν σύμφωνα με τις ενιαίες απαιτήσεις UR S21, τους κοινούς δομικούς κανονισμούς CSR, καθώς και η πίεση που προδιαγράφεται από τον κατασκευαστή του καλύμματος.



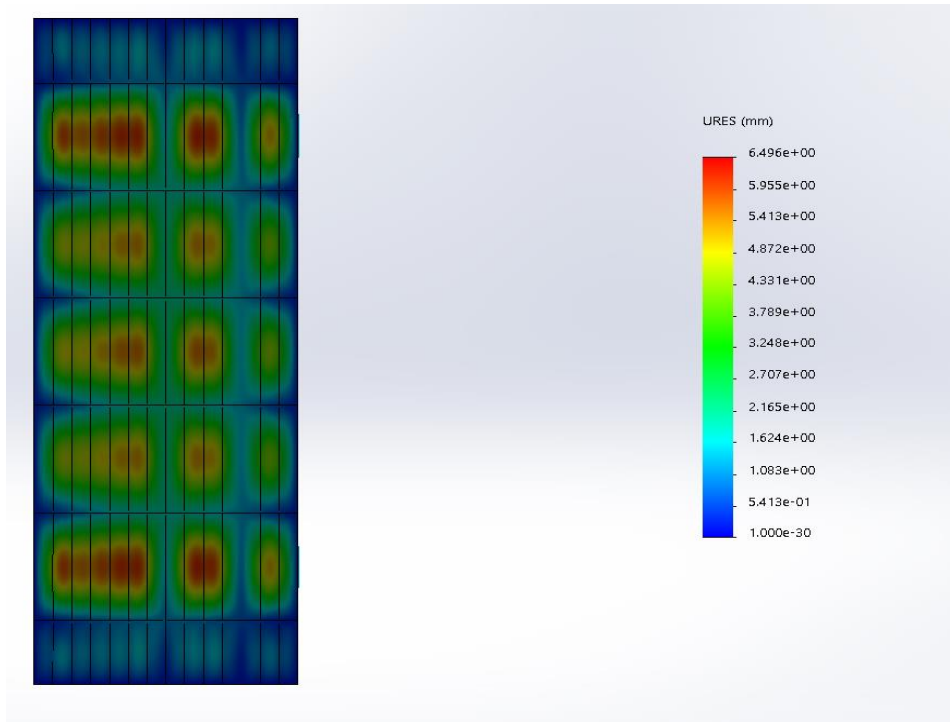
(Εικόνα 6.17: Απεικόνιση της μετατόπισης για μήκος στοιχείων ίσο με 55 mm)



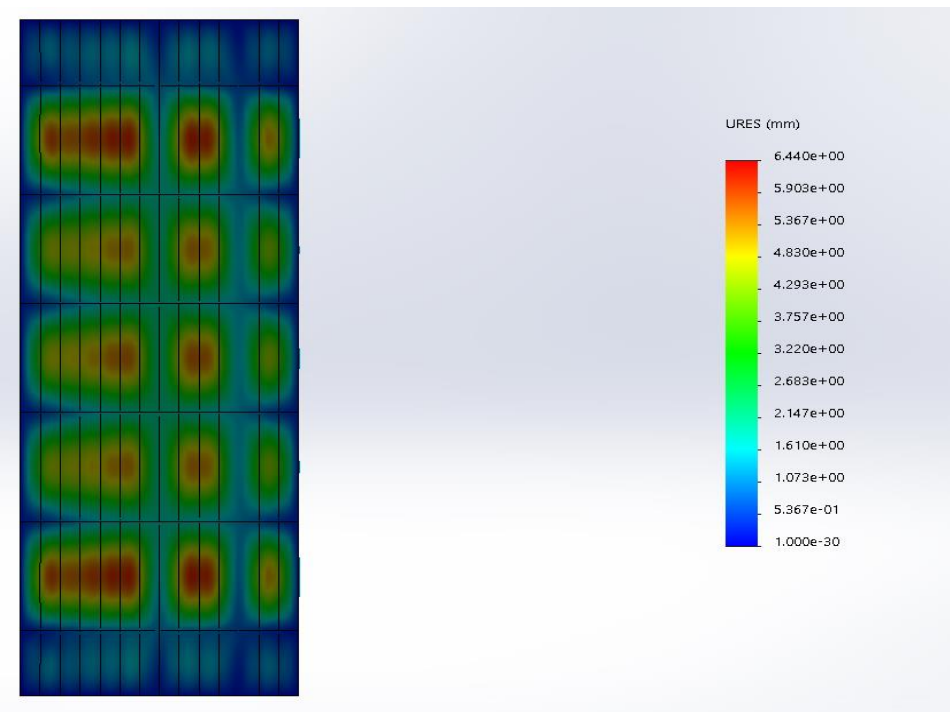
(Εικόνα 6.18: Απεικόνιση της μετατόπισης για μήκος στοιχείων ίσο με 65 mm)



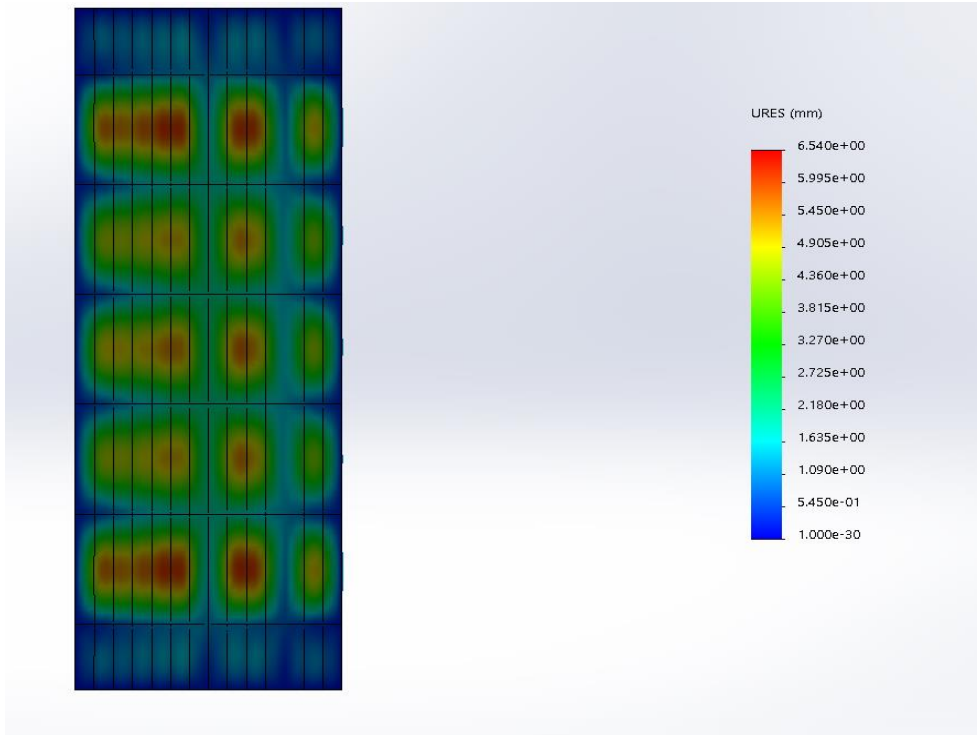
(Εικόνα 6.19: Απεικόνιση της μετατόπισης για μήκος στοιχείων ίσο με 100 mm)



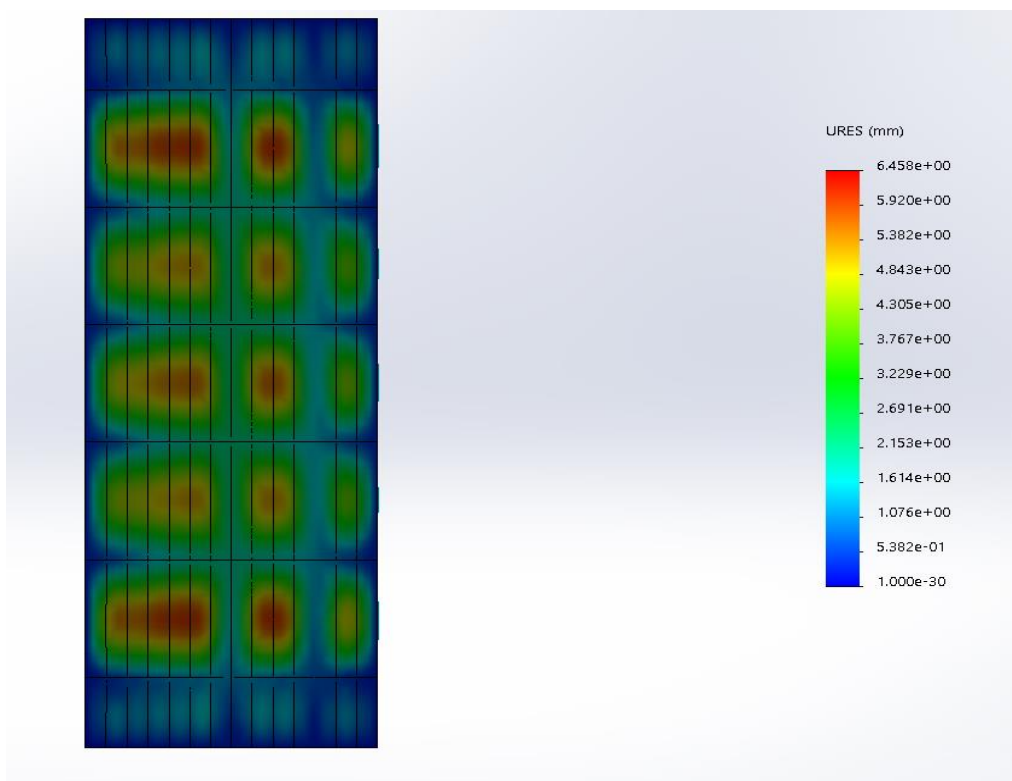
(Εικόνα 6.20: Απεικόνιση της μετατόπισης για μήκος στοιχείων ίσο με 150 mm)



(Εικόνα 6.21: Απεικόνιση της μετατόπισης για μήκος στοιχείων ίσο με 200 mm)



(Εικόνα 6.22: Απεικόνιση της μετατόπισης για μήκος στοιχείων ίσο με 250 mm)

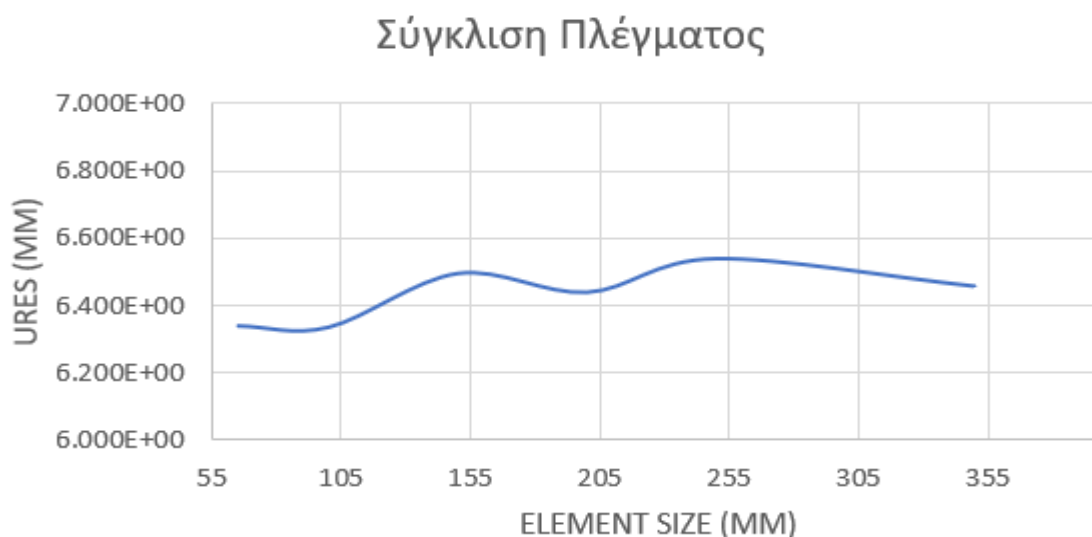


(Εικόνα 6.23: Απεικόνιση της μετατόπισης για μήκος στοιχείων ίσο με 350 mm)

MESH	mm	URES (mm)
1	55	6.330E+00
2	65	6.340E+00
3	100	6.336E+00
4	150	6.496E+00
5	200	6.440E+00
6	250	6.540E+00
7	350	6.458E+00

(Πίνακας 7: Αποτελέσματα των τιμών μετατόπισης των χαρακτηριστικών μηκών στοιχείων)

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε η δημιουργία διαγράμματος για την ορθότερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων.



(Πίνακας 8: Σύγκλιση αποτελεσμάτων)

Παρατηρώντας τον πίνακα 6, φαίνεται πως το διάγραμμα έχει πιο μικρή κλίση για τρία εύρη τιμών. Αρχικά για τις τιμές από 55 mm έως 105 mm, για τις τιμές από 140 mm έως 160 mm και για τις τιμές 240 mm έως 260 mm περίπου, με μικρότερη να διαγράφεται η κλίση του πρώτου εύρους τιμών. Στην περίπτωση της παρούσας μελέτης επιλέχθηκε ως τιμή

χαρακτηριστικού μήκους για τα τριγωνικά στοιχεία του πλέγματος αυτή των 55 ± 2.75 mm. Το χαρακτηριστικό μήκος αυτό επιτρέπει την χαμηλότερη μετατόπιση των στοιχείων του πλέγματος, ενώ παράλληλα προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια αποτελεσμάτων.

Mesh Details	
Study name	Hatch Cover Study
Mesh type	Shell Mesh Using S
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian check for shell	On
Element size	55 mm
Tolerance	2.75 mm
Mesh quality	High
Total nodes	526981
Total elements	256206
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:52:36
Computer name	

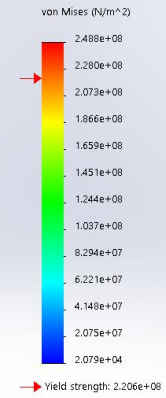
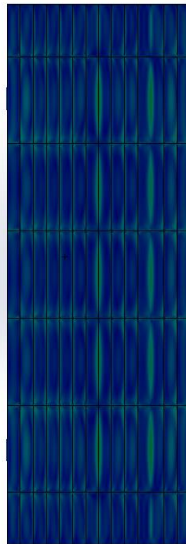
(Πίνακας 9: Πίνακας λεπτομερειών πλέγματος)

6.7 Εκπόνηση στατικής ανάλυσης

Ύστερα από την επιλογή του κατάλληλου πλέγματος εφαρμόστηκαν οι πιέσεις που υπολογίστηκαν με βάση του κανονισμούς UR S21, τους CSR και η πίεση του κατασκευαστή του καλύμματος και πραγματοποιήθηκαν οι προσομοιώσεις.

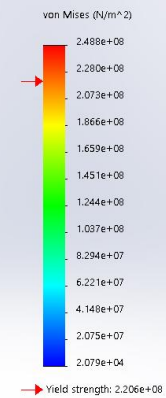
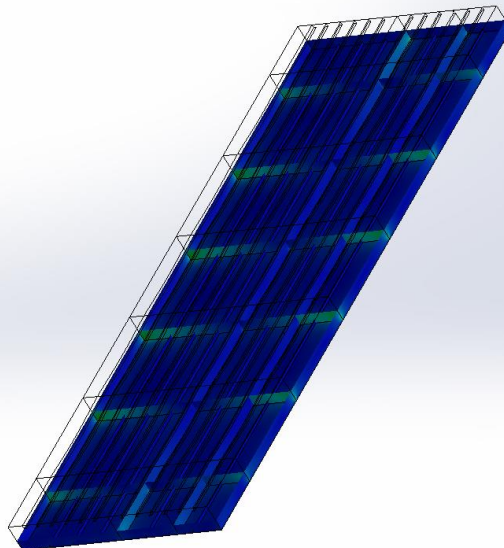
Για την υπολογισμένη τιμή της πίεσης σύμφωνα με τις ενιαίες απαιτήσεις UR S21 η οποία ισούται με 34.3 kN/m^2 προέκυψε η παρακάτω κατανομή τάσεων von Mises για κάθε σημείο της γεωμετρίας του καλύμματος.

Model name:HatchCoverfinal
Study name:Hatch Cover Study No1-(Default)
Plot type: Static nodal stress (Top) Stress1
Deformation scale: 10



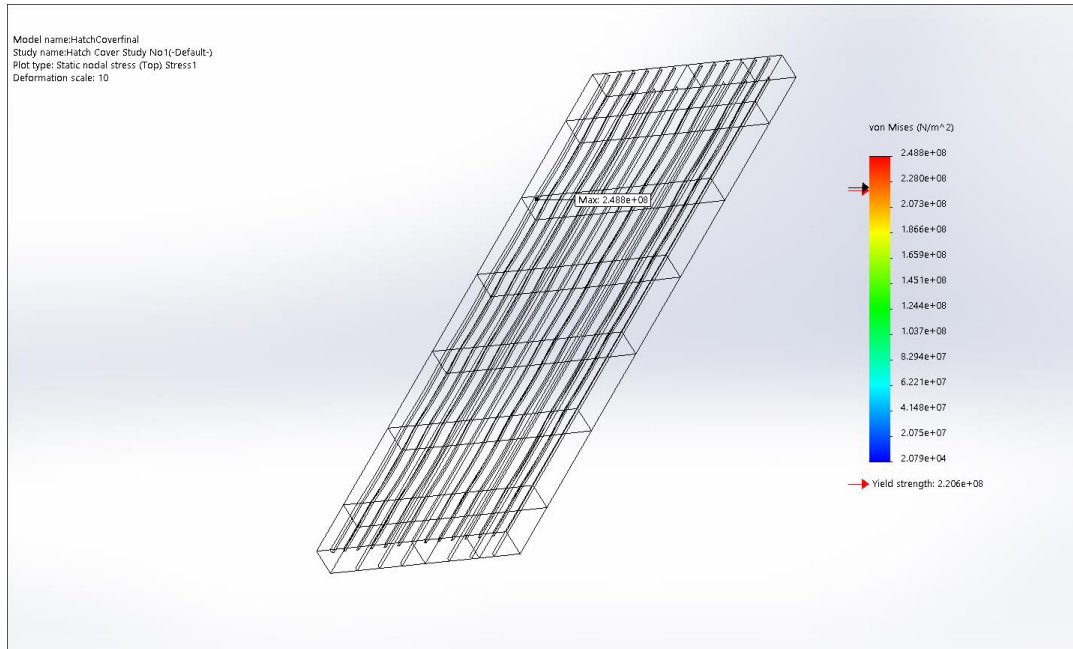
(Εικόνα 6.24: Κάτοψη της κατανομής των τάσεων von Mises στην άνω πλάκα του καλύμματος)

Model name:HatchCoverfinal
Study name:Hatch Cover Study No1-(Default)
Plot type: Static nodal stress (Top) Stress1
Deformation scale: 10



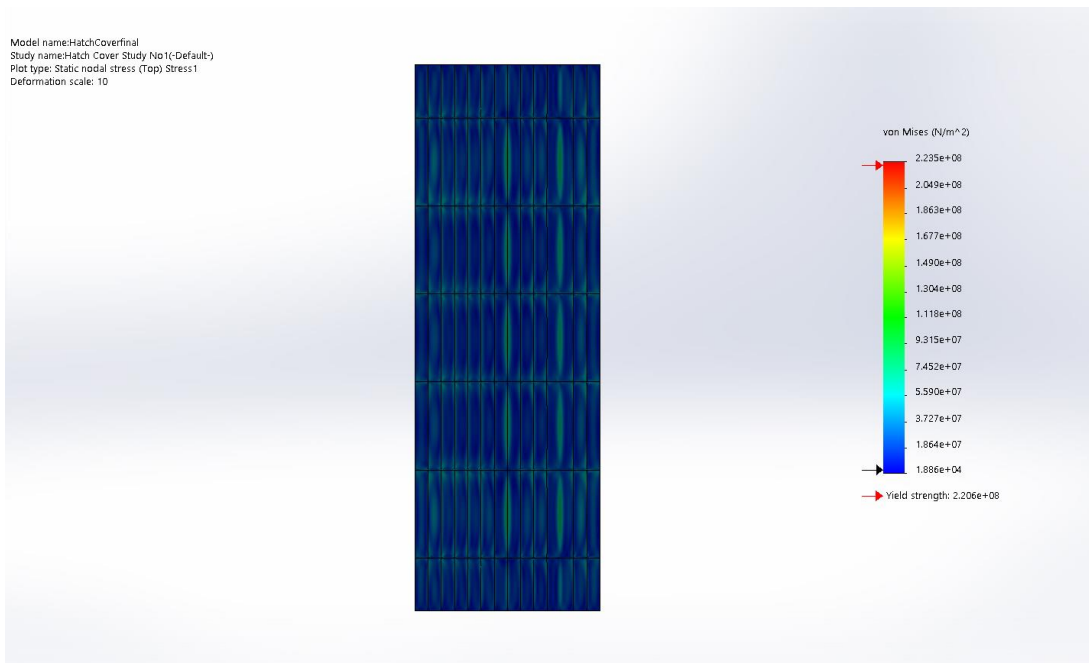
(Εικόνα 6.25: Απεικόνιση της κατανομής των τάσεων von Mises)

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος με την εντολή iso clipping του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων με σκοπό την εξακρίβωση υπέρβασης του ορίου διαρροής για τον χάλυβα AH32 από τον οποίο είναι κατασκευασμένο το κάλυμμα. Δεν βρέθηκε πουθενά υπέρβαση του ορίου όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6.23.

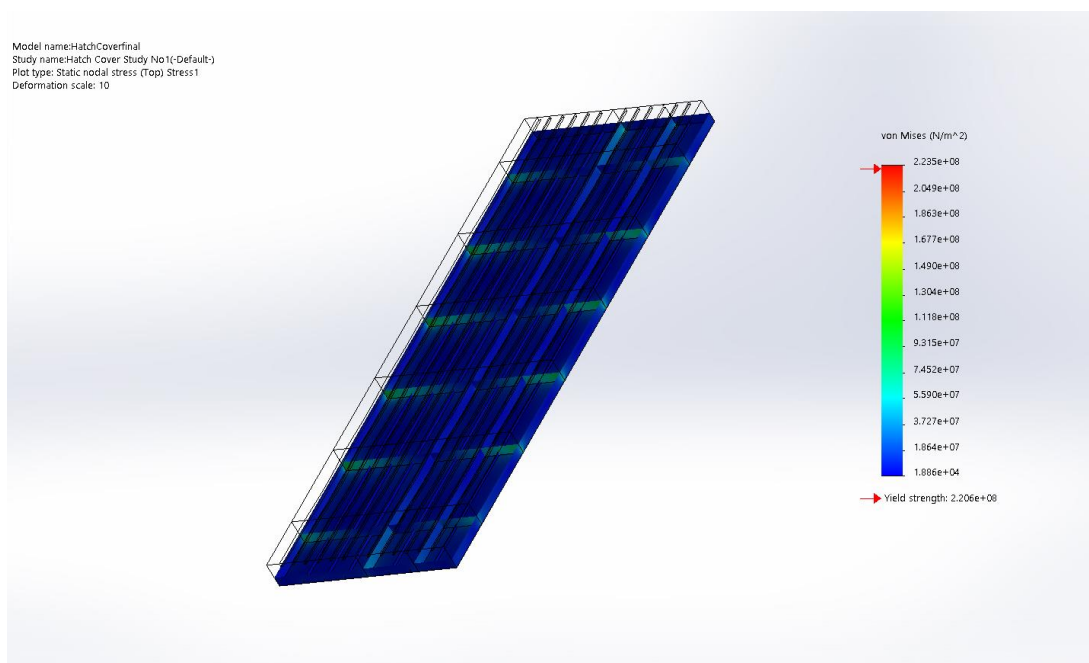


(Εικόνα 6.26: Έλεγχος υπέρβασης του ορίου διαρροής στην περιοχή του καλύμματος)

Για την υπολογισμένη τιμή της πίεσης σύμφωνα με τους κοινούς δομικούς κανονισμούς CSR, η οποία ισούται με 30.82 kN/m^2 προέκυψε η παρακάτω κατανομή τάσεων von Mises για κάθε σημείο της γεωμετρίας του καλύμματος.

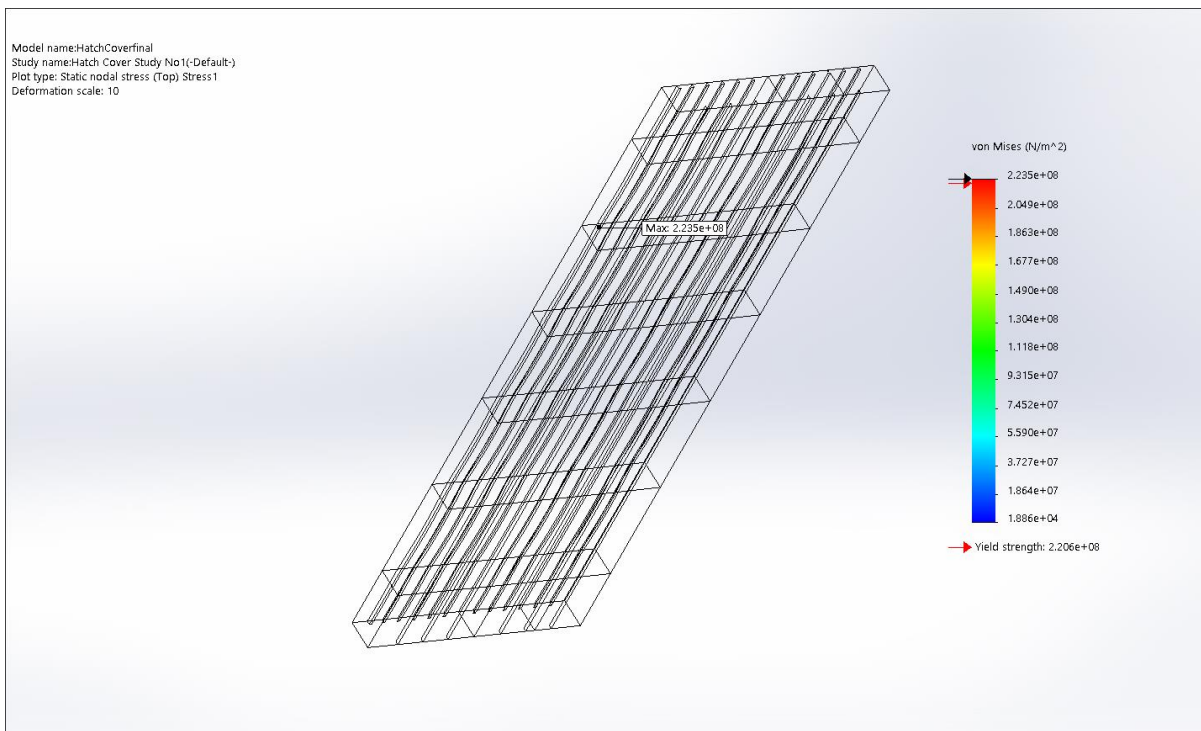


(Εικόνα 6.27: Κάτοψη της κατανομής των τάσεων von Mises στην άνω πλάκα του καλύμματος)



(Εικόνα 6.28: Απεικόνιση της κατανομής των τάσεων von Mises)

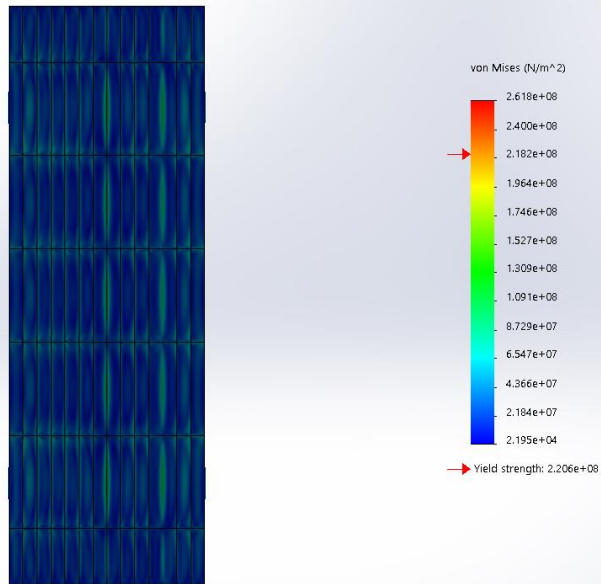
Όπως και προηγουμένως, έτσι και στην περίπτωση των κοινών δομικών κανονισμών CSR έγινε διερεύνηση σχετικά με την υπέρβαση του ορίου διαρροής του χάλυβα AH32. Όπου και πάλι δεν βρέθηκε πουθενά υπέρβαση του ορίου όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.26.



(Εικόνα 6.29: Έλεγχος υπέρβασης του ορίου διαρροής στην περιοχή του καλύμματος)

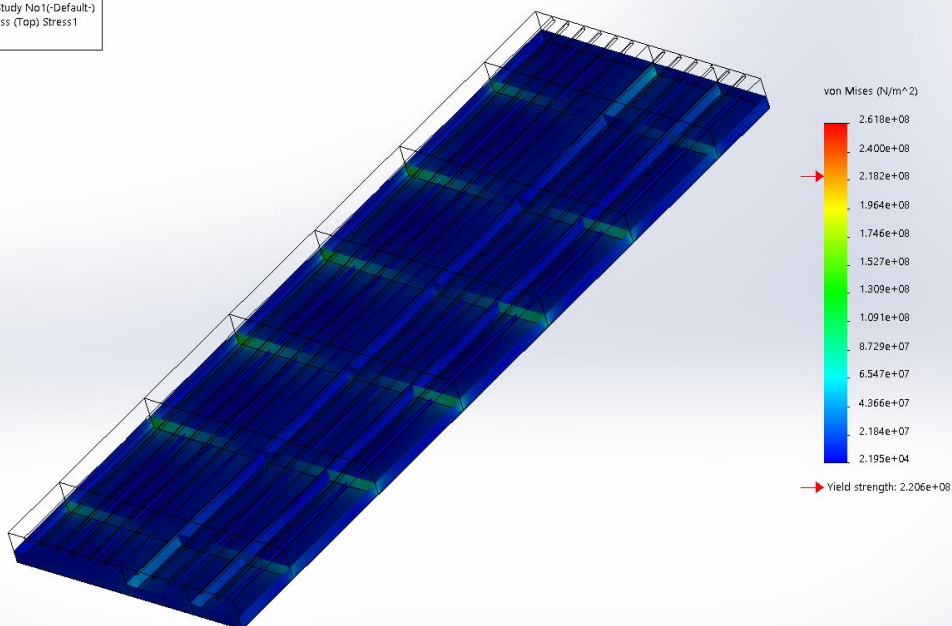
Τέλος για την προδιαγεγραμμένη πίεση της κατασκευάστριας εταιρείας MacGregor η οποία δίνεται από 34.3 kN/m^2 έως 36.1 kN/m^2 , προέκυψε η παρακάτω κατανομή τάσεων von Mises για κάθε σημείο της γεωμετρίας του καλύμματος. Καθώς η χαμηλότερη τιμή της πίεσης είναι ίση με αυτή που υπολογίστηκε σύμφωνα με τα UR S21, επιλέχθηκε η ανώτερη τιμή του δοσμένου εύρους πιέσεων, ίση με 36.1 kN/m^2 .

Model name:HatchCoverfinal
Study name:Hatch Cover Study No1(-Default-)
Plot type: Static nodal stress (Top) Stress1
Deformation scale: 10

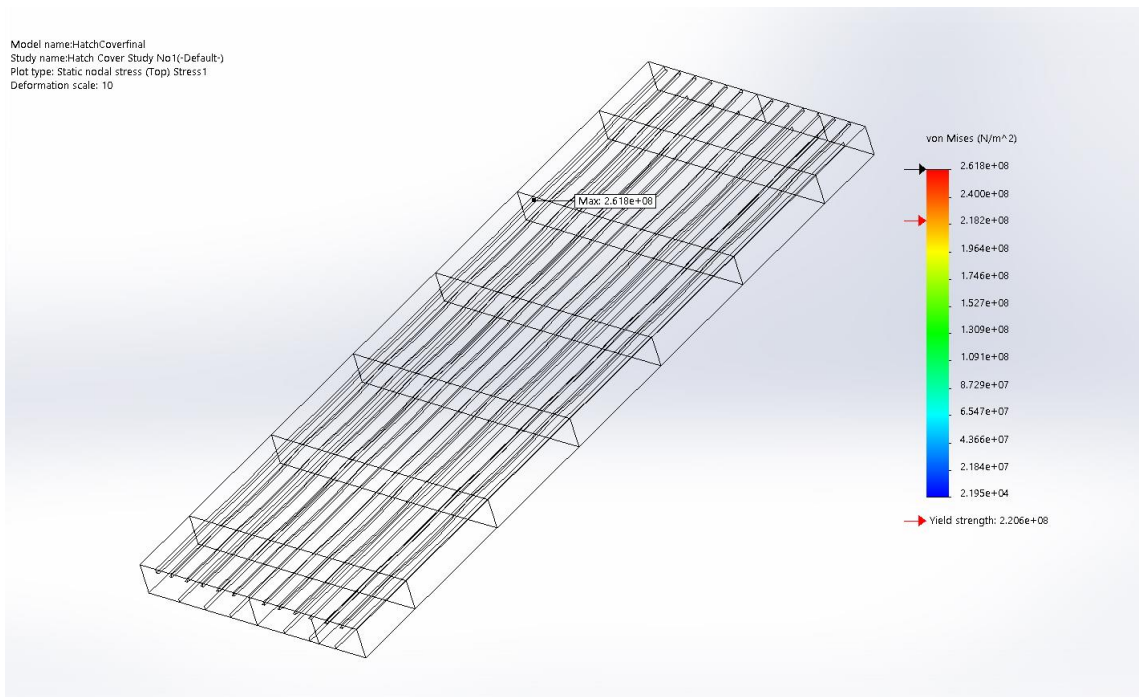


(Εικόνα 6.30: Κάτοψη της κατανομής των τάσεων von Mises στην άνω πλάκα του καλύμματος)

Model name:HatchCoverfinal
Study name:Hatch Cover Study No1(-Default-)
Plot type: Static nodal stress (Top) Stress1
Deformation scale: 10



(Εικόνα 6.31: Απεικόνιση της κατανομής των τάσεων von Mises)



(Εικόνα 6.32: Έλεγχος υπέρβασης του ορίου διαρροής στην περιοχή του καλύμματος)

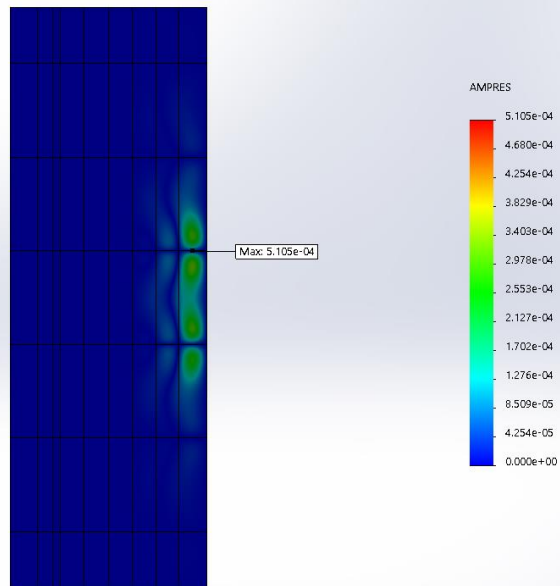
6.8 Εκπόνηση Μελέτης Λυγισμού

Μετά το πέρας της στατικής μελέτης, εξαιρετικά σημαντική κρίνεται και η μελέτη του μοντέλου ως προς λυγισμό. Στα πλαίσια της μελέτης λυγισμού, όλες οι παράμετροι του μοντέλου όπως οι οριακές συνθήκες, το χαρακτηριστικό μήκος των τριγωνικών στοιχείων, ο ορισμός των αξόνων για το σύστημα συντεταγμένων καθώς και άλλα, υιοθετήθηκαν αναλλοίωτα από την προηγούμενη στατική μελέτη.

Όπως και πριν, έτσι και στην μελέτη λυγισμού εφαρμόστηκαν κατά την ίδια σειρά ομοιόμορφα οι πιέσεις στην επιφάνεια της άνω πλάκας του καλύμματος, που υπολογίστηκαν σύμφωνα με τα UR S21, τα CSR και η προτεινόμενη πίεση του κατασκευαστή.

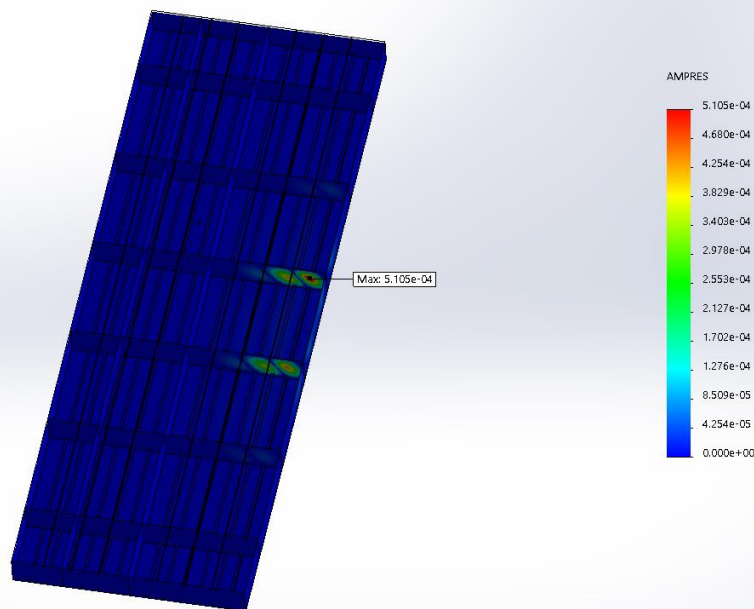
Για την υπολογισμένη πίεση σύμφωνα με τους κανονισμούς UR S21 προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Model name:HatchCoverfinal
Study name:Buckling 1(-Default-)
Plot type: Buckling Amplitude1
Mode Shape : 1 Load Factor = 2.9092

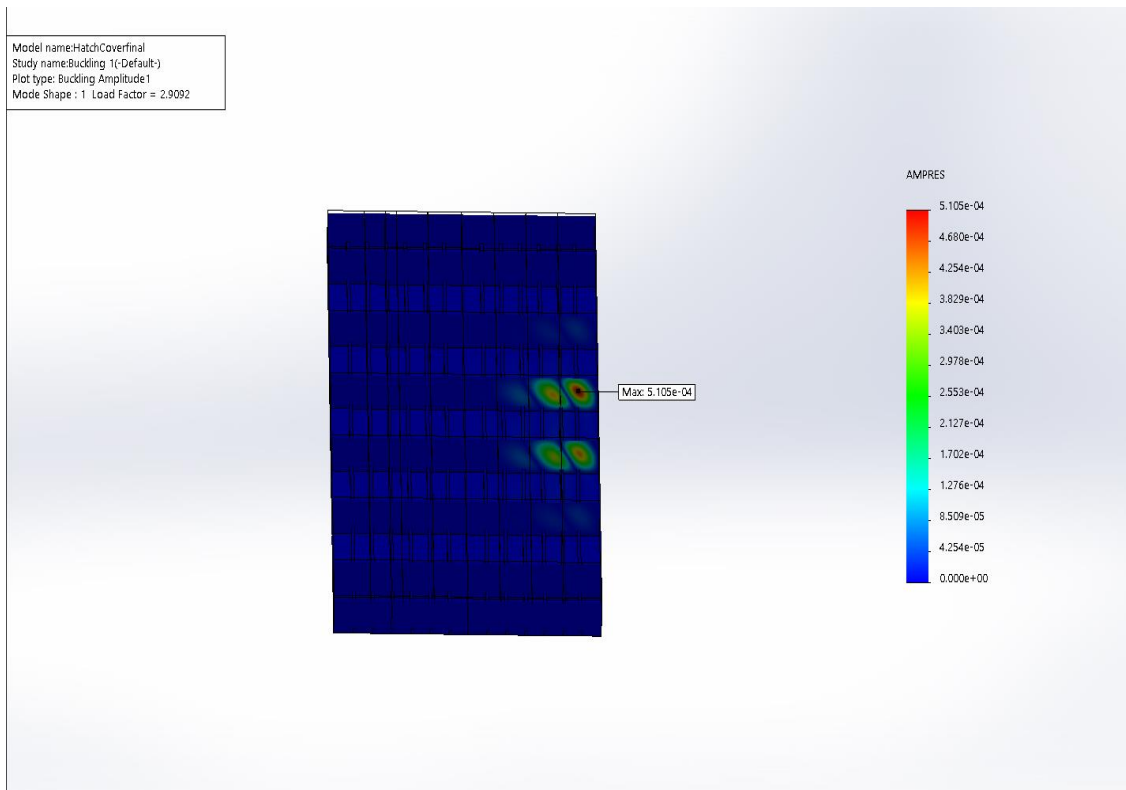


(Εικόνα 6.33: Κάτοψη της κάτω πλάκας του καλύμματος)

Model name:HatchCoverfinal
Study name:Buckling 1(-Default-)
Plot type: Buckling Amplitude1
Mode Shape : 1 Load Factor = 2.9092

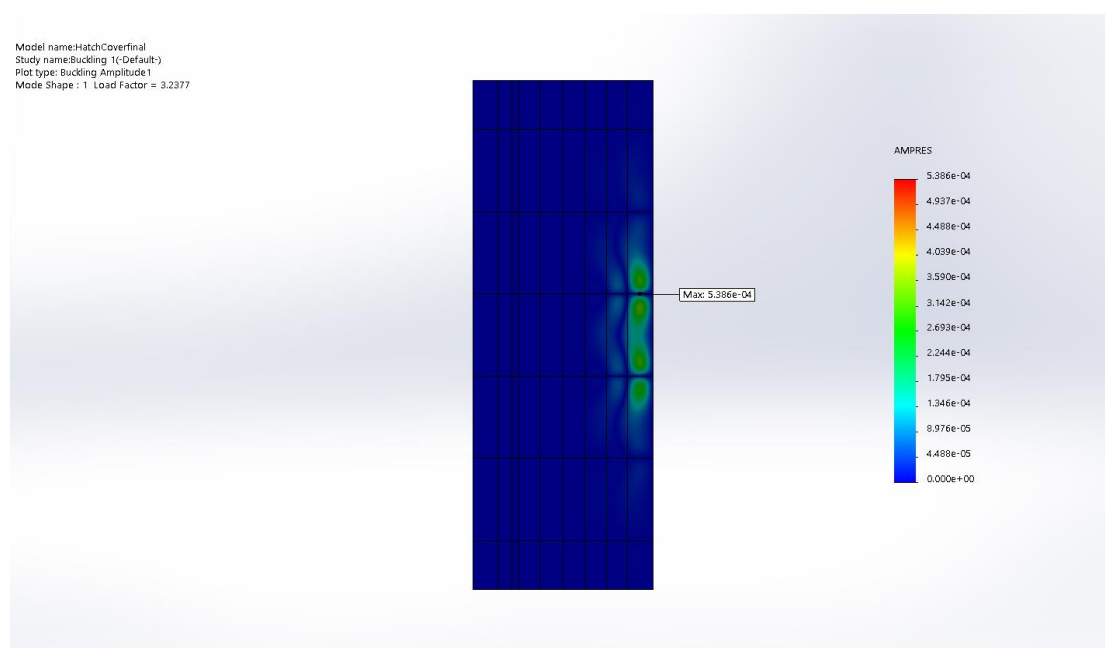


(Εικόνα 6.34: Απεικόνιση των σημείων υψηλής συγκέντρωσης θλιπτικών τάσεων)

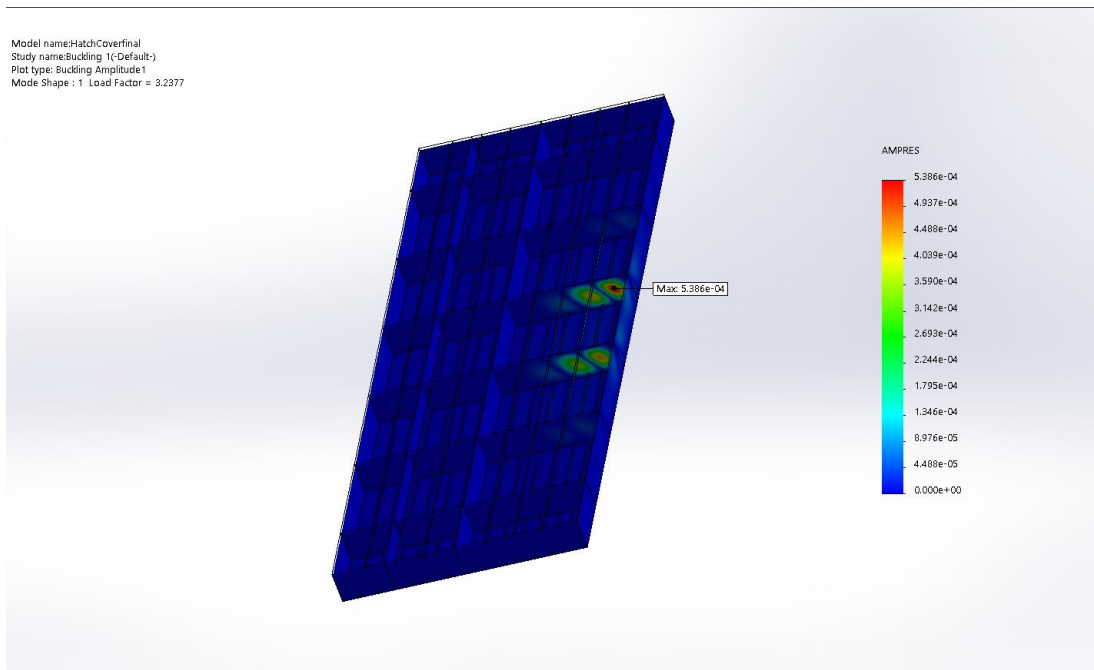


(Εικόνα 6.35: Απεικόνιση των σημείων υψηλής συγκέντρωσης θλιπτικών τάσεων)

Για την υπολογισμένη πίεση σύμφωνα με τους κοινούς δομικούς κανονισμούς, προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα..

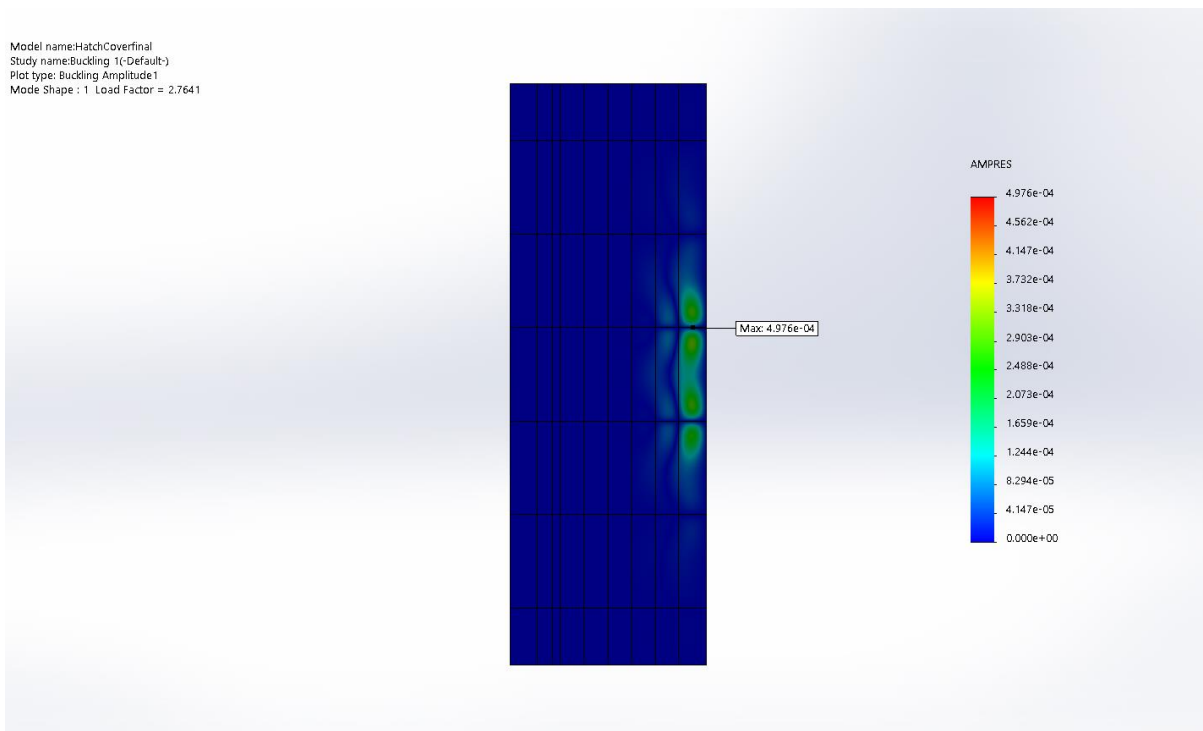


(Εικόνα 6.36: Κάτοψη της κάτω πλάκας του καλύμματος)



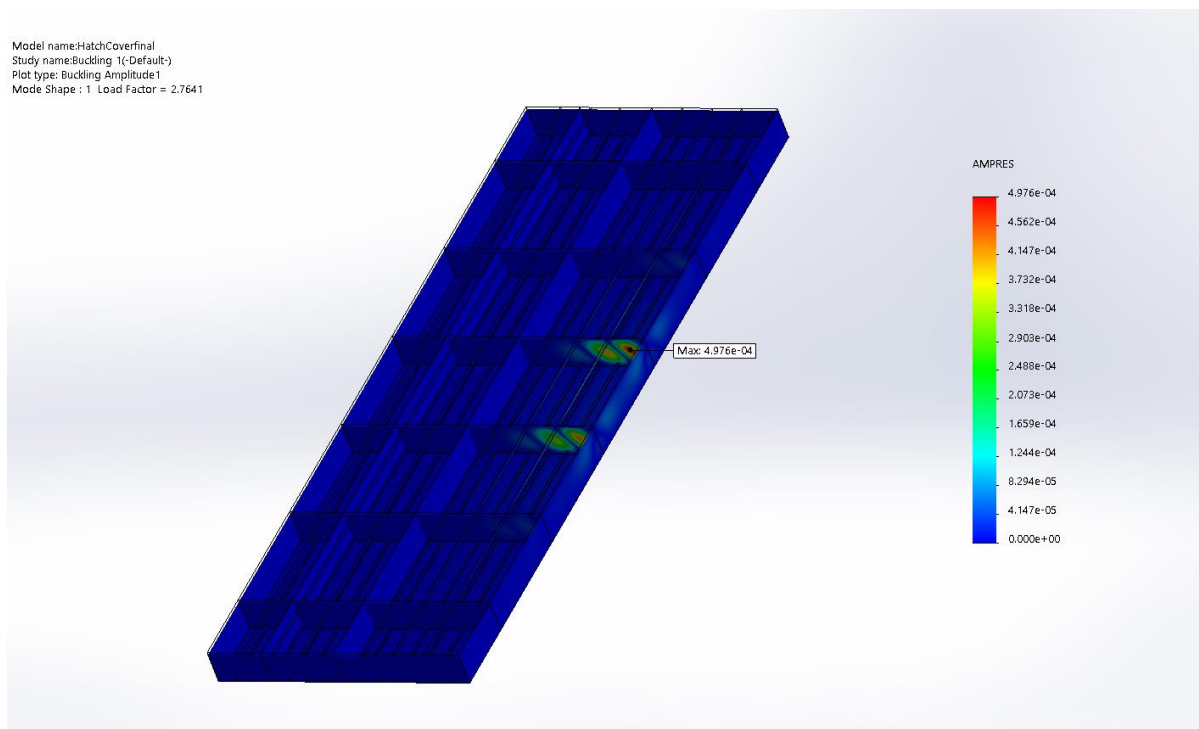
(Εικόνα 6.37: Απεικόνιση των σημείων υψηλής συγκέντρωσης θλιπτικών τάσεων)

Για την πίεση που προδιαγράφεται από τον κατασκευαστή του καλύμματος προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.



(Εικόνα 6.38: Κάτοψη της κάτω πλάκας του καλύμματος)

Model name:HatchCoverfinal
 Study name:Buckling 1(-Default-)
 Plot type: Buckling Amplitude 1
 Mode Shape : 1 Load Factor = 2.7641



(Εικόνα 6.39: Απεικόνιση των σημείων υψηλής συγκέντρωσης θλιπτικών τάσεων)

Από τις παραπάνω προσομοιώσεις υπολογίστηκαν και οι συντελεστές ασφαλείας του καλύμματος έναντι λυγισμού, ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμοζόμενη τιμή πίεσης. Οι τιμές των αποτελεσμάτων παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

Pressure (kN/m ²)	Buckling Safety Factor
30.82	3.2377
34.30	2.9092
36.10	2.7641
99.78	1

(Πίνακας 10: Πίνακας συντελεστών ασφαλείας έναντι λυγισμού)

Παρατηρείται πως το κάλυμμα διαθέτει επαρκή αντοχή σε λυγισμό καθώς θα χρειαστεί η εφαρμογή μεγαλύτερης τιμής πίεσης από αυτή που προδιαγράφει ο κατασκευαστής, έτσι ώστε να αστοχήσει κάποιο τμήμα του καλύμματος. Η οριακή τιμή της πίεσης αυτής είναι ίση με 99.78 kN/m². Οποιαδήποτε ανώτερη τιμή αυτής θα προκαλέσει λυγισμό στα σημεία που υπέδειξαν οι παραπάνω προσομοιώσεις.

Συμπεράσματα

Στην ανωτέρω μελέτη παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν ο έλεγχος της διαστασιολόγησης των ενισχυτικών καθώς και τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων για την στατική ανάλυση και την ανάλυση για λυγισμό του τρισδιάστατου μοντέλου του καλύμματος για διάφορες τιμές πίεσης.

Αρχικά η διαστασιολόγηση του καλύμματος κρίνεται επαρκής καθώς τα κατώτερα όρια που τέθηκαν από τον κατασκευαστή τόσο για το πάχος των ελασμάτων όσο και της ροπής αντίστασης αυτών είναι μεγαλύτερα από τα κατώτερα όρια που προδιαγράφουν οι ενιαίες απαιτήσεις UR S21 και οι κοινοί δομικοί κανονισμοί CSR. Όσον αφορά τα πάχη των ελασμάτων, η σχεδίαση του κατασκευαστή κρίνεται συντηρητική με την τιμή για τα πάχη των ελασμάτων της άνω πλάκας να είναι κατά 29% μεγαλύτερη από τα όρια που θέτουν και οι δύο σειρές κανονισμών. Η τιμή του πάχους ελάσματος για τις διαδοκίδες του καταστρώματος βρέθηκε μεγαλύτερη κατά 75% σε σύγκριση με την κατώτερη τιμή που ορίζουν οι κοινοί δομικοί κανονισμοί και κατά 55% μεγαλύτερη συγκριτικά με την κατώτερη τιμή που ορίζουν οι ενιαίες απαιτήσεις UR S21.

Τιμές πάχους ενισχυτικών (mm)		% ΔΙΑΦΟΡΑ
Κατασκευαστής	7	-
UR S21	4	75%
CSR	4.52	55%

(Πίνακας 11: Υπολογισμοί πάχους ελάσματος ενισχυτικών)

Σχετικά με την ροπή αντίστασης των διαδοκίδων η οποία υπολογίστηκε ίση με 68.77 cm^3 , η σχεδίαση κρίνεται αρκετά καλή καθώς υπερβαίνει κατά πολύ την ελάχιστη απαιτούμενη ροπή αντίστασης που προδιαγράφουν οι κανονισμοί.

Τιμές ροπής αντίστασης (cm ³)	
UR S21	15.38
CSR	17.25

(Πίνακας 12: Υπολογισμοί ροπής αντίστασης ενισχυτικών)

Στα πλαίσια του υπολογισμού των πιέσεων, αποδείχθηκε πως η πίεση που προδιαγράφεται ως ελάχιστη για το κάλυμμα του στομίου Νο.2 είναι ίση με αυτή των UR S21 και μεγαλύτερη από αυτή των CSR, επομένως ικανοποιεί και τις δύο σειρές κανονισμών.

Όσον αφορά την στατική ανάλυση του καλύμματος, δεν βρέθηκε πουθενά υπέρβαση του ορίου διαρροής για τις εφαρμοζόμενες πιέσεις στο μοντέλο του καλύμματος. Επομένως η διαστασιολόγηση του κρίνεται αρκετά επιτυχημένη. Οι πιέσεις που ορίζουν οι δύο σειρές κανονισμών θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως συντηρητικές καθώς το κάλυμμα επιδέχεται επιπλέον φόρτιση χωρίς την ύπαρξη παραμορφώσεων.

Στην περίπτωση της μελέτης λυγισμού, αποδεικνύεται πως και πάλι η διαστασιολόγηση του κατασκευαστή είναι επιτυχημένη, καθώς εφαρμόζοντας τις πιέσεις των κανονισμών οι συντελεστές ασφαλείας που προέκυψαν είναι αρκετά μεγάλοι. Οι κανονισμοί και πάλι κρίνονται ως συντηρητικοί στην περίπτωση του υπό μελέτη καλύμματος καθώς για την μεγαλύτερη τιμή της ελάχιστης πίεσης που ήταν αυτή που ορίστηκε από τους κανονισμούς UR S21, προέκυψε ένας συντελεστής ασφάλειας ίσος με 2.91. Κάτι το οποίο σημαίνει πως υπάρχει περιθώριο επιπλέον φόρτισης του καλύμματος έως και 66% παραπάνω.

Προτάσεις

Όσον αφορά την περαιτέρω εξέλιξη ή την εναλλακτική μελέτη της υπάρχουσας πτυχιακής εργασίας προτείνονται τα ακόλουθα:

- Πραγματοποίηση της μελέτης του καλύμματος με χρήση μη γραμμικής ανάλυσης μέσω υπολογιστικού προγράμματος μη γραμμικών πεπερασμένων στοιχείων
- Έλεγχος μηχανικής αντοχής των μέσων ανοίγματος και κλεισίματος του καλύμματος
- Διερεύνηση του προβλήματος ανοίγματος και κλεισίματος (αναπτυσσόμενα φορτία και δυνάμεις κατά την κίνηση των πάνελ στους ανάλογους μηχανισμούς) και των διατάξεων ασφάλισης του καλύμματος και πρόταση λύσεων
- Μελέτη του υδραυλικού συστήματος κίνησης των πάνελ του καλύμματος
- Διερεύνηση της δυνατότητας μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων πάνω στην επιφάνεια του καλύμματος

Θεοδουλίδης Α. Σημειώσεις, Στατικής Ανάλυσης Ναυπηγικών κατασκευών «Εισαγωγή στην αντοχή του πλοίου».

https://eclass.uniwa.gr/modules/document/file.php/NA205/01_%CE%95%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE.pdf

Χατζηκωνσταντής Γ. Σημειώσεις, Ναυπηγικό Κατασκευαστικό Σχέδιο «Β. ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΤΟΜΕΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ (4) »

<https://eclass.uniwa.gr/modules/document/index.php?course=NA180&openDir=/60301e31rDha/5fbfe6deRAn8>

https://en.wikipedia.org/wiki/Bulk_carrier

<https://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-bulk-carrier-ships/>

<https://www.marineinsight.com/types-of-ships/different-types-of-bulk-carriers/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Tea_Race_of_1866

<https://en.wikipedia.org/wiki/Clipper>

[https://en.wikipedia.org/wiki/John_Bowes_\(steamship\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Bowes_(steamship))

<https://en.wikipedia.org/wiki/Handymax>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Handysize>

https://en.wikipedia.org/wiki/Panama_Canal_expansion_project

<https://en.wikipedia.org/wiki/Panamax>

https://en.wikipedia.org/wiki/Lake_freighter

<https://www.marineinsight.com/naval-architecture/hatch-covers-types-ships/>

<https://britanniapandi.com/2013/12/hatch-cover-maintenance/>

<https://www.marineinsight.com/guidelines/how-to-test-and-maintain-cargo-hatch-cover-of-a-dry-ship/>

https://www.standardclub.com/fileadmin/uploads/standardclub/Documents/Import/publications/SC-MG-Hatch-cover-maintenance-20210505b_FINAL.pdf

<https://overseasmaritime.com/techno/ultrasonic-hatch-cover-tightness-testing.html>

https://www.classnk.or.jp/hp/en/info_service/imo_and_iacs/topics_iacs.html

<https://iacs.org.uk/publications/unified-requirements/ur-s/ur-s21-rev5-cln/>

<https://iacs.org.uk/news/iacs-council-withdraws-russian-register-s-membership-of-iacs/>

<https://iacs.org.uk/>

<https://www.londonpandi.com/Media/2577/london-pi-club-holds-hatch-covers-website-version.pdf>