



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Μελέτη Αντοχής καλύμματος στομίου κύτους (hatch cover)  
πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην**

Διπλωματική Εργασία

**Χρήστος Δ. Μίχος**

A.M.: 13108

Επιβλέπων καθηγητής

**Αλέξανδρος Θεοδουλίδης**

Επίκουρος Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Αιγάλεω, 2023





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## **Μελέτη Αντοχής καλύμματος στομίου κύτους (hatch cover) πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην**

Διπλωματική Εργασία

**Χρήστος Δ. Μίχος**

Επιβλέπων καθηγητής

**Αλέξανδρος Θεοδουλίδης**

Επίκουρος Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 28.04. 2023.

Αλέξανδρος  
Θεοδουλίδης  
Επίκουρος  
Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Κωνσταντίνος  
Πολίτης  
Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Γεώργιος  
Χατζηκωσταντής  
Επίκουρος  
Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Αιγάλεω, 2023



## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Χρήστος Μίχος του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 13108 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

Χρήστος Μίχος



## Ευχαριστίες

Η διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή Δρ. Αλέξανδρου Θεοδουλίδη, τον οποίο εκτιμώ, και θα ήθελα να ευχαριστήσω, για τη δυνατότητα και την ευκαιρία που μου έδωσε να πραγματευτώ το συγκεκριμένο θέμα καθώς και για τη βοήθεια και καθοδήγηση του καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη συνεχή στήριξή τους σε όλη αυτή την διαδρομή αυτή.

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε με στόχο την ανάλυση της σημασίας και του ρόλου των καλυμμάτων των στομίων για την ασφάλεια των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίων (Bulk Carrier).

Επιπλέον, γίνεται αναφορά στις απαιτήσεις των κανονισμών που διέπουν τα καλύμματα στομίων κυτών. Καθώς και στις επιθεωρήσεις και συντηρήσεις των καλυμμάτων στομίων κυτών για τη συνεχή ασφαλή και ορθή λειτουργία τους.

Στη συνέχεια, δίνεται ιδιαίτερη ανάλυση στην κατασκευαστική δομή του καλύμματος στομίου κύτους στη μελέτη αντοχής του και τον υπολογισμό του μέγιστου φορτίου που μπορεί να δεχθεί.





# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	12
1.2 Γενικά.....	12
1.2 Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας.....	13
<b>2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ</b> .....	15
2.1 Γενικά περί μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων (ΜΠΣ) .....	15
2.2 Δομή ενός προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων .....	16
<b>3. ΚΑΛΥΜΜΑΤΑ ΣΤΟΜΙΩΝ ΚΥΤΩΝ</b> .....	19
3.1 Κατασκευαστικές απαιτήσεις και σκοπός των καλυμμάτων κυτών .....	19
3.2 Ξύλινα καλύμματα κυτών .....	21
3.3 Μεταλλικά καλύμματα στομίων κυτών .....	22
3.4 Τύποι μεταλλικών καλυμμάτων κυτών.....	23
3.4.1 Καλύμματα απευθείας έλξης (direct pull covers) .....	23
3.4.2 Πτυσσόμενα καλύμματα (folding covers) .....	24
3.4.3 Καλύμματα κυλιόμενα στην πλευρά (rolling covers).....	25
3.4.4 Καλύμματα ανυψωμένα και κυλιόμενα (piggy-back covers) .....	26
3.4.5 Αρθρωτά καλύμματα .....	26
3.4.6 Καλύμματα ποντόνια (pontoon covers) .....	27
<b>4. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΛΥΜΜΑΤΩΝ</b> .....	28
4.1 Νηογνώμονες .....	29
4.2 Σχεδιασμός και επιθεώρηση. ....	30
4.3 Κατηγορίες επιθεώρησης.....	30
4.4 Επιθεώρηση καλυμμάτων .....	33
4.5 Συντήρηση Καλυμμάτων .....	37
4.5.1 Σημαντικές αρχές συντήρησης.....	38
4.5.2 Λεπτομέρειες συντήρησης καλυμμάτων.....	39
<b>5. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ UR S21</b> .....	41
5.1 Εφαρμογή και ορισμοί.....	41
5.2 Μοντέλο φόρτισης καλυμμάτων στομίου (S21.2).....	42
5.3 Κριτήρια αντοχής καλυμμάτων καταπακτών (S21.3).....	44
5.4 Κάλυμμα στομίου κύτους και τοπικές λεπτομέρειες (S21.4) .....	49
5.5 Παράμετροι (S21.5) .....	53
5.6 Προσθήκη διάβρωσης και αντικατάσταση ελασμάτων (S21.6) .....	55
<b>6. ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΚΑΛΥΜΜΑΤΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΚΥΤΟΥΣ</b> .....	57

6.1 Επιλογή του υπο-μελέτη καλύμματος.....	57
<b>7. Σχεδίαση καλύμματος σε λογισμικό πεπερασμένων στοιχείων .....</b>	<b>63</b>
7.1 Κατασκευή μοντέλου σε πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων .....	63
7.2 Στατική μελέτη.....	67
7.3 Ανάλυση λυγισμού.....	74
<b>8. Εξαγωγή συμπερασμάτων και μελλοντικές προτάσεις για έρευνα .....</b>	<b>77</b>
8.1 Συμπεράσματα .....	77
8.2 Μελλοντικές προτάσεις για διερεύνηση .....	78
<b>9. Βιβλιογραφία .....</b>	<b>79</b>
A. Έντυπη Ελληνόγλωσση .....	79
B. Έντυπη ξενόγλωσση.....	79
Γ. Σημειώσεις.....	80
Δ. Δικτυακή.....	80

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.2 Γενικά

Τα πλοία σαν κατασκευή εμφανίζουν μεγάλες ιδιαιτερότητες στην κατασκευή τους. Ειδικότερα τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίων λόγω των μεγάλων ανοιγμάτων και της ασυνέχειας που φέρουν στην κατασκευή του καταστρώματος τα κάνει περιπλοκότερα στην κατασκευή τους.

Λαμβάνοντας υπόψιν την ασυνέχεια του καταστρώματος εξαιτίας των μεγάλων ανοιγμάτων που φέρει θα πρέπει να γίνεται απαραίτητα η εκτίμηση της μέγιστης αντοχής του καταστρώματος στην περιοχή των ανοιγμάτων. Καθώς και της μέγιστης αντοχής και της υδατοστεγανότητας των καλυμμάτων που κλείνουν τα ανοίγματα του καταστρώματος.

Κατανοώντας την πολυπλοκότητα της δομής ενός πλοίου μεταφοράς χύδην φορτίου και το πόσο πολύπλοκο είναι το θαλάσσιο περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί, αντιλαμβανόμαστε ότι ο προσδιορισμός της μέγιστης αντοχής αντιμετωπίζει δυσκολίες.

Για να εξασφαλίσουμε επαρκή αντοχή της μεταλλικής κατασκευής του καλύμματος θα πρέπει να πραγματοποιήσουμε μελέτη αντοχής, καθώς οι τάσεις που αναπτύσσονται λόγω της φόρτισης είναι κρίσιμες. Υπαίτιες για τις κρίσιμες τάσεις είναι οι τοπικές φορτίσεις, οι οποίες ασκούνται κάθετα στις διάφορες επιφάνειες του καλύμματος. Από τις κυριότερες τοπικές φορτίσεις είναι το βάρος του φορτίου που μεταφέρεται, η υδροστατική πίεση σε περίπτωση ερματισμού με θαλασσινό νερό χώρου φορτίου και λόγω θαλασσοταραχής και το βάρος της μεταλλικής κατασκευής. Για τους παραπάνω λόγους είναι σημαντική η μελέτη της τοπικής αντοχής, με βάση τους κανονισμούς των νηογνωμόνων ελέγχονται

οι διάφορες απαιτήσεις, ολικής και τοπικής αντοχής, όπου επιλέγεται η μέγιστη απαιτούμενη τιμή και τέλος επιλέγονται οι διαστάσεις των στοιχείων τις κατασκευής.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία για την σχεδίαση και υπολογισμό της μέγιστης αντοχή του καλύμματος θα χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα SolidWorks2020.

## 1.2 Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας

Στο κεφάλαιο 2, γίνεται μια σύντομη εισαγωγή στην μέθοδο και την δομή των πεπερασμένων στοιχείων.

Στο κεφάλαιο 3, παρουσιάζονται οι τύποι των καλυμμάτων των πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην, καθώς και οι κατασκευαστικές απαιτήσεις και ο σκοπός αυτών.

Στο κεφάλαιο 4, περιλαμβάνει λεπτομέρειες για την ορθή συντήρηση καθώς και την σημαντικότητα της επιθεώρησης των καλυμμάτων πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην.

Στο κεφάλαιο 5, γίνεται μια σύντομη παρουσίαση του κανονισμού UR S21 του IACS, όπου γίνεται αξιολόγηση της διαστασιολόγηση των καλυμμάτων και των ανοιγμάτων.

Στο κεφάλαιο 6, παρουσιάζονται τα κατασκευαστικά σχέδια του καλύμματος στομίου κύτους, τύπου πτυσσόμενα καλύμματα (folding covers). Καθώς επίσης στην διαστασιολόγηση των στοιχείων που αποτελούν την κατασκευή και την αλλαγή που έχει πραγματοποιηθεί στα ενισχυτικά τύπου βολβολάμας και την επιλογή ανισοσκελούς γωνίας.

Στο κεφάλαιο 7, περιγράφεται η εισαγωγή του καλύμματος στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων της Solid Works όπου οροθετείται το πλέγμα του καλύμματος, οι οριακές συνθήκες (στήριξη του καλύμματος). Στη συνέχεια γίνεται μελέτη αντοχής του καλύμματος με επαναλαμβανόμενη αυξανόμενη φόρτιση του καλύμματος μέχρι το όριο διαρροής του. Καθώς επίσης πραγματοποιείται μελέτη λυγισμού του καλύμματος.

Στο κεφάλαιο 8, γίνεται εξαγωγή συμπερασμάτων των αποτελεσμάτων της στατικής μελέτης και της κατάστασης λυγισμού, καθώς επίσης και μελλοντικές προτάσεις προς διερεύνηση.

## 2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### 2.1 Γενικά περί μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων (ΜΠΣ)

Η εφαρμογή σύγχρονων κανονισμών και οι υψηλότερες απαιτήσεις τους, σε συνδυασμό με την περιπλοκότητα των μελετών καθιστούν σχεδόν αδύνατη την ανάλυση κατασκευών με τις κλασικές μεθόδους ανάλυσης. Ο σύγχρονος σχεδιαστής μελετητής χρησιμοποιεί σχεδόν πάντα για την ανάλυση των κατασκευών, σύνθετων και πιο απλών μελετών, προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών που στηρίζονται στις μητρικές μεθόδους ανάλυσης κατασκευών. Τα προγράμματα σχεδίασης και ανάλυσης βασίζονται στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων που επιλύει με ενιαίο τρόπο προβλήματα σύνθετης ανάλυσης κατασκευής οποιουδήποτε σχήματος.

Ο σχεδιαστής μελετητής έχει την ικανότητα με την εφαρμογή των προγραμμάτων επίλυσης πεπερασμένων στοιχείων, να αναπτύξει ιδέες σχεδιασμού καθώς παράλληλα μπορεί να ελέγχει και να αξιολογεί την κατασκευή πριν την υλοποίησή της. Ο σχεδιαστής κατά τη φάση της σχεδίασης έχει τη δυνατότητα να καθορίσει το σχήμα, τη λειτουργικότητα και την ανθεκτικότητα. Επίσης, υπάρχει η ικανότητα επιλογής του υλικού και των επιμέρους στοιχείων που απαρτίζουν την κατασκευή με τέτοιο τρόπο που να διασφαλίζεται η δομική ακεραιότητα κατά τη λειτουργία του. Σήμερα η εφαρμογή των ηλεκτρονικών υπολογιστών δίνει στον μελετητή ένα ισχυρό εναλλακτικό εργαλείο ανάλυσης σύνθετων κατασκευών.

Η εφαρμογή λογισμικών επίλυσης πεπερασμένων στοιχείων στην ανάλυση κατασκευών μας δίνει την ικανότητα υπολογισμού μηχανικών

τάσεων, μετατοπίσεων, θερμικών αναλύσεων, ακουστικών πιέσεων, αναλύσεων συμπεριφοράς ρευστών, που αναπτύσσονται στο τελικό προϊόν.

Η μέθοδος ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων βασίζεται στην ιδέα τμηματικής προσέγγισης. Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων αρχικά εμφανίζεται κατά το τέλος του Β' Παγκοσμίου πολέμου, ενώ η επιτυχής ανάπτυξη της εφαρμογής θα έρθει με την διάδοση του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Σήμερα η εφαρμογή των πεπερασμένων στοιχείων εφαρμόζεται από πέντε ισοδύναμες μεθόδους που οδηγούν στις ίδιες μητρικές εξισώσεις κίνησης. Αυτές συνοπτικά είναι: 1) η αρχή των δυνατών έργων, 2) η ελαχιστοποίηση της ολικής ενέργειας, 3) η μέθοδος Galerkin, 4) η αρχή Hamilton και 5) οι εξισώσεις Lagrange.

## 2.2 Δομή ενός προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων

Μετά από μία σύντομη αναφορά των πεπερασμένων στοιχείων θα γίνει προσπάθεια να παρουσιάσουμε τη δομή προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων.

Κάθε πακέτο πεπερασμένων στοιχείων συναποτελείται από τρία συνακόλουθα τμήματα ή σπονδύλους οι οποίοι βρίσκονται σε ένα κοινό μενού ενσωματωμένα. Αυτά τα τρία τμήματα αποτελούνται από 1) προ-επεξεργαστή, 2) ανάλυση δεδομένων και 3) μετά-επεξεργαστή. Τα τρία τμήματα αυτά εκτελούνται σε σειριακή διεύθυνση  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ . Με τον τερματισμό της διαδικασίας ο σχεδιαστής προβαίνει στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Στη συνέχεια, ο σχεδιαστής αν κρίνει ότι η αρχική μελέτη ήταν ελλιπής προβαίνει στον επανακαθορισμό του σχεδίου και τροποποιεί τον προ-επεξεργαστή.



Ο σχεδιαστής πριν την εξειδίκευση στις τεχνικές λεπτομέρειες των εμπορικών λογισμικών πεπειραμένων στοιχείων, πρέπει να γνωρίζει τις καθιερωμένες μεθόδους ανάλυσης που παρέχεται από αυτά. Σε γενικές γραμμές τα τμήματα αυτά έχουν ως εξής<sup>1</sup>:

#### Γραμμική Ανάλυση

- Στατική
- Δυναμική

#### Μη-Γραμμική Ανάλυση

- Λόγω υλικού
- Ανάλυση επαφής σωμάτων
- Λυγισμός
- Κρούση-Πτώση

#### Κόπωση

#### Εξειδικευμένες δράσεις

- Βελτιστοποίηση
- Βιβλιοθήκες υλικών
- Κλπ.

#### Προβλήματα πεδίου

- Θερμική ανάλυση
- Ακουστική ανάλυση
- Δινορεύματα

#### Πολλαπλά φυσικά φαινόμενα

---

<sup>1</sup> Σελ.573, Χριστόφορος Γ. Προβατίδης, πεπερασμένα στοιχεία στην ανάλυση κατασκευών, εκδ. Τζιόλα.

- CFD (Υπολογιστική ρευστομηχανικής)
- Ηλεκτρομαγνητισμός
- Θερμό-ελαστική ανάλυση
- Αλληλεπίδραση ρευστού – κατασκευής
- Άλλες αλληλεπιδράσεις

Διασύνδεση με άλλα εμπορικά λογισμικά.

### 3. ΚΑΛΥΜΜΑΤΑ ΣΤΟΜΙΩΝ ΚΥΤΩΝ

#### 3.1 Κατασκευαστικές απαιτήσεις και σκοπός των καλυμμάτων κυτών

Τα πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην για την φόρτωση και εκφόρτωση των φορτίων στα κύτη (αμπάρια) χρησιμοποιούν μεγάλα ανοίγματα στο κατάστρωμα με περιμετρικά παραπέτα (hatch coaming).

Ο τύπος του πλοίου και ο σκοπός για τον οποίο θα χρησιμοποιηθεί το στόμιο κύτους, επηρεάζει και τη φιλοσοφία σχεδιασμού του. Οι βασικές απαιτήσεις για κάθε τύπο πλοίου που διαθέτει στόμια κυτών, π.χ. πλοία μεταφοράς ξηρού φορτίου χύδην, πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων κλπ, όσον αφορά τα στόμια και τα καλύμματα των κυτών είναι:

- i. Η ικανή εξασφάλιση χρόνου κατά τον χειρισμό των φορτίων και
- ii. Το ασφαλές υδατοστεγές κλείσιμο (σφράγιση) των ανοιγμάτων στο κύριο κατάστρωμα.

Για να είναι ικανή η εξασφάλιση χρόνου τα ανοίγματα στο κατάστρωμα κατασκευάζονται όσο το δυνατόν μεγαλύτερα, ώστε να υπάρχει μεγάλη εκτεθειμένη ελεύθερη επιφάνεια. Με αυτόν τον τρόπο τα φορτία μπορούν να μετακινούνται μέσα και έξω από το πλοίο καθώς και να ανυψώνονται από την θέση στοιβαξής τους με τη μικρότερη οριζόντια μετατόπιση.

Τα ανοίγματα των στομίων κυτών μειώνουν σημαντικά την αντοχή του καταστρώματος, γι' αυτόν τον λόγο ενισχύονται οι περιοχές αυτές και το στόμιο περιβάλλεται από περιμετρικά παραπέτα (hatch coaming). Το ύψος του οποίου πρέπει να είναι τουλάχιστον 600mm πάνω από το κατάστρωμα. Εφόσον το κάλυμμα στομίου κύτους είναι μεταλλικό και σύμφωνα με την κρίση του

νηογνώμονα όπου δεν επηρεάζεται η ασφάλεια του πλοίου, το ύψος αυτό μπορεί να μειωθεί.

Για την στήριξη των ζυγών και των διαμηκών ενισχύσεων του καταστρώματος το παραπέτασμα στο άνοιγμα του στομίου κύτους εκτείνεται κάτω από το επίπεδο του καταστρώματος.

Η στεγανότητα των ανοιγμάτων κυτών θα πρέπει να ικανοποιείται σε οποιαδήποτε κατάσταση θάλασσας και καιρικών φαινομένων για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ξύλινα ή μεταλλικά καλύμματα για την υδατοστεγή κάλυψη των ανοιγμάτων στομίων κυτών. Η κατασκευή των καλυμμάτων πρέπει να συμμορφώνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των κανονισμών των νηογνομόνων και της Διεθνής Σύμβασης περί Γραμμών Φορτώσεων του 1966.

Κατά τη σχεδίαση και μελέτη αντοχής των καλυμμάτων στομίων κυτών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι δυνάμεις που ασκούνται στα εκτεθειμένα καλύμματα λόγω της ταραγμένης θάλασσας. Καθώς και τα φορτία που μεταφέρονται επάνω σε αυτά (πχ. ξυλεία) ή και τα εμπορευματοκιβώτια που τοποθετούνται επάνω στα καλύμματα των κυτών, πρέπει να υπολογιστούν κατά τη φάση της σχεδίασης τα προσδοκώμενα πραγματικά φορτία (τάσεις), που θα επιβάλλουν απάνω στα καλύμματα.

Σε παλαιότερα τύπου πλοία μεταφοράς υγρών και χύδην φορτίων (OBO) τα καλύμματα κατασκευάζονταν μεγάλα και βαριά για την επίτευξη ελαιοστεγούς κάλυψης. Με τα καλύμματα αυτά εμποδιζόταν η θάλασσα να εισέλθει στο κύτος καθώς επίσης και το φορτίο να εξέλθει από αυτό.

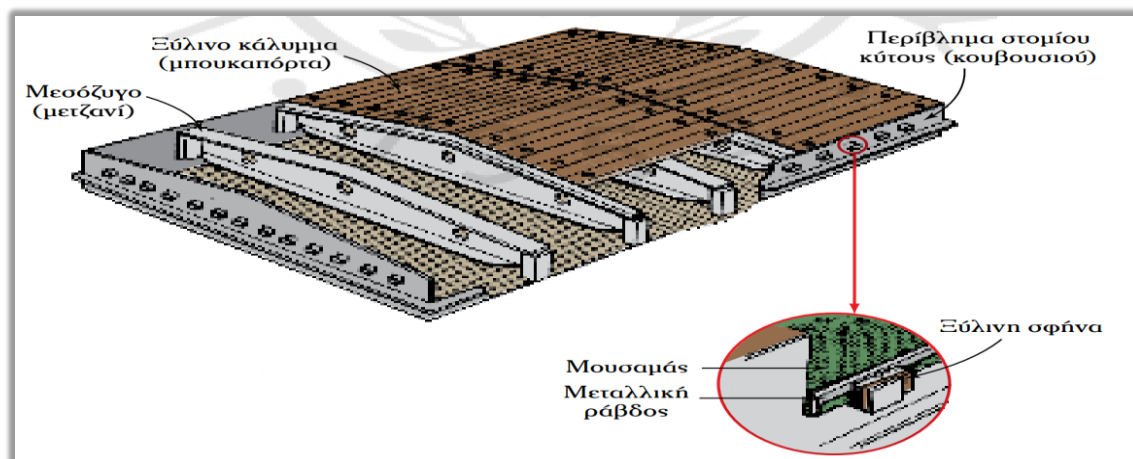
### 3.2 Ξύλινα καλύμματα κυτών

Τα ξύλινα καλύμματα είναι ένας παραδοσιακός τρόπος κλεισίματος των στομίων των κυτών σε παλαιού τύπου φορτηγών πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου. Σήμερα στα σύγχρονα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου δεν εφαρμόζεται η τεχνική αυτή με τα ξύλινα καλύμματα. Αυτά σήμερα τα συναντάμε σε μικρού τύπου πλοία και αυτοκινούμενες μπάριζες, όπου κινούνται σε μικρές αποστάσεις και σε ποτάμιες περιοχές.

Τα σύγχρονα πλοία έχουν εγκαταλείψει την μέθοδο αυτή λόγω των κύριων μειονεκτημάτων τους:

- i. Μειωμένη ασφάλεια όπου οφειλόταν στην ανεπαρκή αντοχή τους
- ii. Μειωμένη ασφάλεια του κύτους και του πλοίου από την ελλιπή εξασφάλιση της υδατοστεγανότητας.
- iii. Απαιτούσε μεγάλη συντήρηση
- iv. Απαιτούνταν αρκετός χρόνος για το άνοιγμα και κλείσιμο των κυτών.

Τα ξύλινα καλύμματα αποτελούνταν από ισχυρή ξυλεία σε κατάλληλο μέγεθος και στηρίζονταν στα μεσόζυγα (μετζανιά), τα οποία τοποθετούνταν και στηρίζονταν σε κατάλληλες υποδοχές στην εσωτερική πλευρά περιβλήματος του στομίου. Επάνω από τα ξύλα τοποθετούσαν ειδικό μουσαμά (οθόνινα καλύμματα) όπου ασφάλιζαν την εξωτερική πλευρά του καλύμματος. Επίσης, για την μεγαλύτερη προστασία και ασφάλεια πάνω από τον μουσαμά τοποθετούσαν ειδικές ράβδους με γρύλους, ή έδεναν σχοινιά, ή τέλος τοποθετούσαν δίχτυ.



Ξύλινο κάλυμμα στομίου κύτους<sup>2</sup>

Σήμερα τα μεταλλικά καλύμματα έχουν αντικαταστήσει τον παλιό τρόπο τον ξύλινων καλυμμάτων λόγω των μεγάλων και σοβαρών μειονεκτημάτων που έχουν.

### 3.3 Μεταλλικά καλύμματα στομίων κυτών

Τα καλύμματα χρησιμοποιούνται για να πετύχουμε υδατοστεγή κάλυψη των ανοιγμάτων των στομίων. Ανάλογα τον τύπο του σκάφους χρησιμοποιούνται ποικίλα σχέδια καλυμμάτων. Το άνοιγμα και το κλείσιμο των ανοιγμάτων των στομίων πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου ή πολλαπλών χρήσεων πλοία πραγματοποιείτε από μια μεγάλη ποικιλία μεταλλικών καλυμμάτων που μπορούν να λειτουργήσουν με βαρούλκο είτε με σύρμα είτε με καδένες, ηλεκτρικά ή και υδραυλικά. Ανάλογα με τον τρόπο ανοίγματος τα καλύμματα χαρακτηρίζονται καλύμματα απευθείας έλξεως, πτυσσόμενα, κυλιόμενα, ανυψωμένα και κυλιόμενα, ολισθαίνοντα είτε ποντόνια. Τα

<sup>2</sup> [https://www.eef.edu.gr/media/2558/nautiki\\_texni\\_pdf\\_site.pdf](https://www.eef.edu.gr/media/2558/nautiki_texni_pdf_site.pdf), Σελ.: 79.

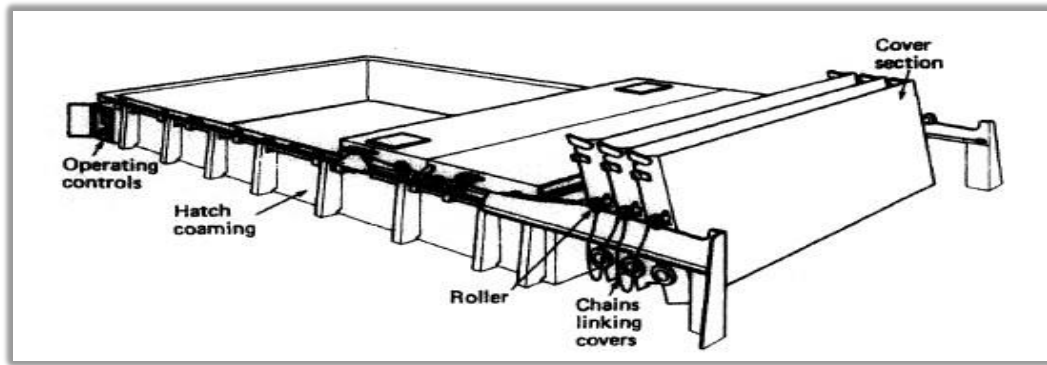
καλύμματα πέρα από τον κύριο τρόπο λειτουργίας τους, τα οποία λειτουργούν μηχανικά με υδραυλική ή ηλεκτρική ισχύ, πρέπει να εξασφαλίζεται και η λειτουργία τους σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης όταν αυτό απαιτηθεί.

Τα μεταλλικά καλύμματα πρέπει να συμμορφώνονται με τους κανονισμούς των νηογνωμόνων και με την Διεθνής Συμβάσης περί Γραμμών Φορτώσεως του 1966, ως προς την κατασκευή, την αντοχή και την υδατοστεγανότητα τους. Τα καλύμματα σχεδιάζονται ώστε να επιτρέπεται η μέγιστη ελεύθερη επιφάνεια ανοίγματος για τον χειρισμό των φορτίων και να αντέχουν σε κατάσταση πλήρους φορτίου καταστρώματος όταν αυτά είναι κλειστά.

### 3.4 Τύποι μεταλλικών καλυμμάτων κυτών

#### 3.4.1 Καλύμματα απευθείας έλξης (direct pull covers)

Τα καλύμματα απευθείας έλξεως τοποθετούνται στο κύριο κατάστρωμα των περισσότερων πλοίων και αυτά αποτελούν τον συνηθέστερο τύπο καλύμματος. Τα απευθείας έλξεως καλύμματα αποτελούνται από έναν αριθμό στενών τμημάτων, που είναι ικανά να καλύψουν το άνοιγμα του στομίου του κύτους, αυτά μπορούν να συνδέονται με συρματόσχοινο, ή με καδένες είτε με ράβδους.



Καλύμματα απευθείας έλξης<sup>3</sup>

### 3.4.2 Πτυσσόμενα καλύμματα (folding covers)

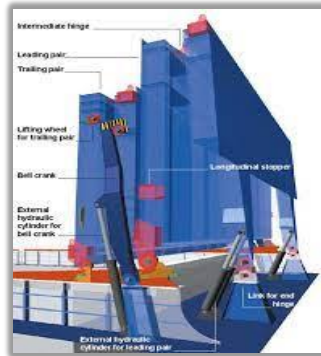
Τα πτυσσόμενα καλύμματα ανοίγουν και κλείνουν είτε με την βοήθεια συρματόσχοινων είτε με χρήση υδραυλικών κυλίνδρων. Η θέση των κυλίνδρων που ανυψώνουν τα καλύμματα διαφοροποιείται. Οι κύλινδροι μπορεί να είναι προσαρτημένοι στο εξωτερικό του καλύμματος είτε να στηρίζονται πίσω ή μπροστά της δοκού συγκράτησης. Ανοίγουν και στοιβάζονται πλώρα ή πρύμα κατά το διάμηκες ή σε συνδυασμό των δύο ανάλογα τις απαιτήσεις, και κυρίως τα συναντάμε σε πλοία γενικού φορτίου, ψυγεία, ro/ro κτλ. Τα πλεονεκτήματα των υδραυλικών πτυσσόμενων καλυμμάτων είναι το ταχύτερο άνοιγμα και κλείσιμο, ευκολότερος έλεγχος χειρισμού, μεγαλύτερη επιφάνεια στομίου. Στα μειονεκτήματα του συγκεκριμένου τύπου καλυμμάτων ανήκει το υψηλό κόστος κατασκευής, το σύστημα της υδραυλικής εγκατάστασης, το ύψος στοιβασίας που το κάνει πιο ευάλωτο σε ζημιές από γερανούς.

Τα υδραυλικά πτυσσόμενα καλύμματα χρειάζονται συστήματα ασφαλείας για την αποφυγή κατάρρευσης σε ανοιχτή κατάσταση. Τέτοια συστήματα ασφαλείας είναι το κουμπί διακοπής λειτουργίας εκτάκτου ανάγκης,

<sup>3</sup> <http://www.generalcargoship.com/hatch-covers.html>



συστήματα όπου εμποδίζει να αδειάσει το υδραυλικό σύστημα σε περίπτωση ρήξης ενός σωλήνα, καθώς και ο γάντζος ασφαλείας όπου εμποδίζει τα καλύμματα να κλείνουν με δύναμη όταν αυτά βρίσκονται σε όρθια θέση.

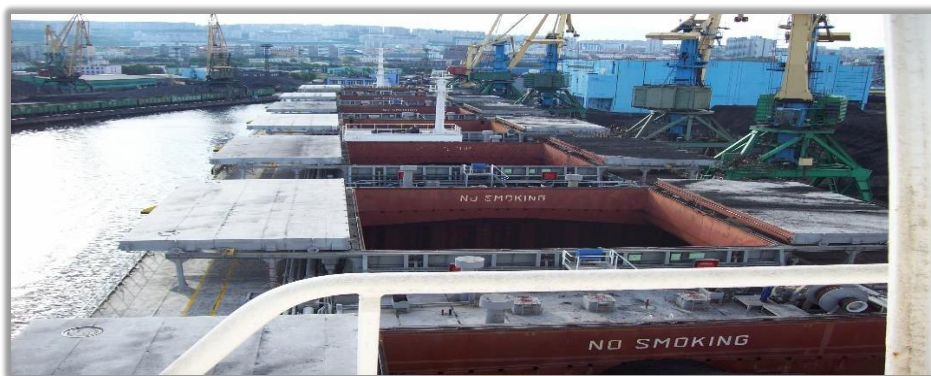


Πτυσσόμενο κάλυμμα<sup>4</sup>

### 3.4.3 Καλύμματα κυλιόμενα στην πλευρά (rolling covers)

Τα κυλιόμενα καλύμματα είναι βαριές κατασκευές καθώς αποτελούνται από δύο μεγάλα τμήματα για κάθε άνοιγμα αμπαριού. Αυτά τοποθετούνται σε φορτηγά πλοία ή σε μικτού φορτίου κτλ. Τα καλύμματα από την θέση σφραγίσεως (κλεισίματος) για να φθάσουν στην θέση κυλίσεως πρέπει να ανυψωθούν με υδραυλική πίεση όπου υπάρχει σύστημα ανύψωσης για κάθε τροχό, καθώς υπάρχουν δυο τροχοί σε κάθε πλευρά. Όταν το κάλυμμα φθάσει στην θέση κυλίσεως με τη βοήθεια οδοντωτού τροχού και ράβδων, με υδραυλική πίεση δίνεται κίνηση στον οδοντωτό τροχό όπου στη συνέχεια μεταδίδει την κίνηση στο κάλυμμα.

<sup>4</sup> <https://www.macgregor.com/Products/products/hatch-covers/folding-hatch-covers/>



*Κυλιόμενα καλύμματα στην πλευρά*

#### 3.4.4 Καλύμματα ανυψωμένα και κυλιόμενα (piggy-back covers)

Ένας ακόμα τρόπος ανοίγματος και κλεισίματος των καλυμμάτων, εξέλιξη των κυλιόμενων καλυμμάτων. Εδώ το σύστημα λειτουργεί με την βοήθεια δύο τμημάτων. Τέσσερις υδραυλικοί κύλινδροι μεγάλης ανυψωτικής ικανότητας, ανυψώνουν το ένα κάλυμμα καθώς το επόμενο κινείται κάτω από αυτό. Στη συνέχεια, το ανυψωμένο κάλυμμα τοποθετείται και ακουμπάει επάνω στο κυλιόμενο και τα δυο μαζί κινούνται πλώρα ή πρύμα ανάλογα τη διάταξη του πλοίου. Η κίνηση μεταδίδεται μέσω ενός οδοντωτού τροχού και μιας ράβδους ή αλυσίδας.

#### 3.4.5 Αρθρωτά καλύμματα

Τα αρθρωτά καλύμματα αποτελούνται από επιμέρους τμήματα που μπορούν να κινηθούν και να τυλίγονται επάνω σε τύμπανο, το οποίο είναι τοποθετημένο στο άκρο του στομίου. Τα τμήματα από τα οποία αποτελείται το

κάλυμμα έχουν μήκος που τους επιτρέπει να τυλίγονται κατά την στοιβασία τους. Τα αρθρωτά καλύμματα έχουν απλό σύστημα λειτουργίας, μεγάλη αξιοπιστία και στεγανότητα.

#### 3.4.6 Καλύμματα ποντόνια (pontoon covers)

Καλύμματα τύπου ποντόνια είναι η απλούστερη μεταλλική κατασκευή καλύμματος. Τοποθετούνται σε όλα τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, γενικού φορτίου, ro/ro, μεγάλης ανυψωτικής ικανότητας (heave lift ship). Τα καλύμματα ποντόνια χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, καλύμματα για το κύριο κατάστρωμα πλοίων αποτελούμενα από ένα μεγάλο τμήμα κυψελοειδούς διαρρύθμισης και καλύμματα πολλών τμημάτων για τα υποφράγματα πλοίων με πολλά καταστρώματα. Τα ποντόνια ανυψώνονται και απομακρύνονται με τη βοήθεια των ανυψωτικών μέσων του πλοίου ή τους γερανούς της ξηράς.



Καλύμματα τύπου ποντόνια<sup>5</sup>

<sup>5</sup> <https://www.macgregor.com/Products/products/hatch-covers/stacking-hatch-covers/>

## 4. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΛΥΜΜΑΤΩΝ

Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι σε πρώτο βαθμό η ανάδειξη εκείνων των στοιχείων που καθιστούν την επιθεώρηση και συντήρηση των καλυμμάτων στομίων κυτών ενός εμπορικού πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην.

Από την τοποθέτηση της τρόπιδας στην ναυπηγική κλίνη και μέχρι την διάλυσή του, το πλοίο θα πρέπει να τηρεί σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα μια σειρά εσωτερικών και εξωτερικών επιθεωρήσεων. Έτσι παρακολουθούμε την ακεραιότητα της κατασκευής στο πέρασμα του χρόνου. Οι επιθεωρήσεις είναι ουσιώδεις και καθιερωμένες κατά τη διάρκεια ζωής του πλοίου.

Σκοπός των επιθεωρήσεων είναι να εντοπίζουν και να προβλέπουν ανησυχητικές καταστάσεις ούτως ώστε να αποτρέπονται τυχόν ατυχήματα και ζημιές. Σημαντικός αριθμός επιθεωρήσεων που πραγματοποιούνται ασχολούνται με την ανάλυση της ποιότητας και τον καθορισμό της κατασκευής. Ενδεικτικά οι επιθεωρητές ασχολούνται με τη μέτρηση πάχους των ελασμάτων, την υδατοστεγανότητα των καλυμμάτων εμπορικών πλοίων κλπ.

Οι επιθεωρήσεις των εμπορικών πλοίων ανεξαρτήτως θέματος επιθεώρησης διεξάγονται από μια βασική σειρά 1) προετοιμασία της επιθεώρησης, 2) τη διαδικασία επιθεώρησης και 3) την εξαγωγή του πορίσματος της επιθεώρησης.

## 4.1 Νηογνώμονες

Βασική αρχή της επιθεώρησης είναι η διατήρηση των προτύπων και απαιτήσεων που η κλάση έχει θεσμοθετήσει για την κατασκευή και κατάσταση των πλοίων. Από την επιθεώρηση αποδεικνύεται αν τα πρότυπα και οι απαιτήσεις ικανοποιούνται. Μετά την επιθεώρηση από τον επιθεωρητή / νηογνώμονα εκδίδεται το αντίστοιχο πιστοποιητικό εφόσον τα αποτελέσματα από τη διεξαγωγή της επιθεώρησης είναι ικανοποιητικά. Στην περίπτωση που ο επιθεωρητής / νηογνώμονας διαπιστώσει ελλείψεις προτείνει λύσεις ώστε το πλοίο να καλύψει τα πρότυπα και τις απαιτήσεις, για να του χορηγήσει το πιστοποιητικό μετά από επανέλεγχο.

Ένας από τους παλαιότερους νηογνώμονες είναι ο Lloyds register of shipping, καθώς και άλλοι φημισμένοι και δραστήριοι νηογνώμονες έχουν ιδρυθεί από ναυτιλιακά κράτη, όπως Γερμανικός νηογνώμονας, Νορβηγικός νηογνώμονας, ο Γαλλικός νηογνώμονας, ο Αμερικάνικος νηογνώμονας και ο Ιαπωνικός νηογνώμονας.

Δεν είναι και λίγες οι φορές που ο επιθεωρητής του Νηογνώμονα καλείται σε περίπτωση ζημιάς να ενεργήσει ως διαιτητής και σαν αντικειμενικός πραγματογνώμονας να εκτιμήσει και να συντάξει πόρισμα, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την επίλυση τεχνικών ή οικονομικών διαφορών.

## 4.2 Σχεδιασμός και επιθεώρηση.

Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση μιας επιθεώρησης βασίζεται άμεσα στο θέμα της επιθεώρησης που θα διεξαχθεί. Για τον λόγο αυτό είναι ανάγκη πριν την έναρξη της επιθεώρησης να διασαφηνίζεται πλήρως ο σκοπός της εργασίας. Με τον σωστό σχεδιασμό της επιθεώρησης έχουμε πολλά οφέλη:

- ✓ Οργανώνεται καλύτερα η επιθεώρηση
- ✓ Αποφεύγονται τυχόν εκπλήξεις
- ✓ Ο επιθεωρητής προμηθεύεται με στοιχεία που απλά μπορεί να επαληθεύσει κατά την φάση της επιθεώρησης
- ✓ Έχουμε κοινό σχεδιασμό μεταξύ του επιθεωρητή και του μέλους το οποίο τον καλεί.

Κατά τη φάση της σχεδίασης της επιθεώρησης απαιτείται προσεκτικός και πλήρης προσδιορισμός του εξοπλισμού και των κατασκευαστικών μερών του πλοίου, ώστε να διευκολυνθεί η διεξαγωγή της επιθεώρησης και να διασφαλιστούν ότι τα αποτελέσματα θα είναι αντιπροσωπευτικά.

## 4.3 Κατηγορίες επιθεώρησης

Οι επιθεωρήσεις των εμπορικών πλοίων όπως έχουμε ήδη προαναφέρει εκτείνονται και ποικίλουν σε ένα ευρύ πεδίο θεμάτων. Για να ορίσουμε μια επιθεώρηση δεν είναι αποκλειστικά μόνο το αίτιο που την προκαλεί, αλλά και άλλες πολλές παράμετροι. Αυτοί μπορεί να είναι οι οργανισμοί ή και άλλα μέρη που ενδιαφέρονται άμεσα για τα αποτελέσματα μιας επιθεώρησης (τέτοια μέρη

μπορεί να είναι ναυτασφαλίστες, ναυλωτές κλπ.), ο επιθεωρητής που διεξάγει τον έλεγχο, ο τόπος που πραγματοποιείται η επιθεώρηση (εν πλω ή εν ορμώ), καθώς και το επίπεδο εμπάθυνσης της. Χρήσιμο κρίνεται να αναφερθούν οι φορείς που καλούνται να επιθεωρήσουν το κάλυμμα και γενικότερα το πλοίο: <sup>6</sup>

- ✓ Ο Νηογνώμονας
- ✓ Η Σημαία
- ✓ Λιμενική Αρχή
- ✓ Ναυλωτές
- ✓ Ασφαλιστές
- ✓ Πλοιοκτήτες
- ✓ Διάφοροι άλλοι (π.χ. υποψήφιοι αγοραστές)

Προσπαθώντας να κάνουμε μια βασική ταξινόμηση των επιθεωρήσεων μπορούμε να γράψουμε ότι η πλειονότητα τους δι' έπεται από τους παρακάτω λόγους:

- ✓ Για σκοπούς ασφάλισης, όπου οι επιθεωρήσεις έχουν σκοπό την εξακρίβωση ζημιών της φέρουσας κατασκευής,
- ✓ Επιθεωρήσεις φόρτο-εκφορτωτικών μέσων του πλοίου και του φορτίου,
- ✓ Επιθεωρήσεις υδατοστεγανότητας καλυμμάτων και
- ✓ Κάλυψη νομοθετημένων κανονισμών, από την πλευρά του πλοίου.

Συνοψίζοντας και σε μια προσπάθεια να ταξινομήσουμε τους φορείς και τους κανονισμούς που εφαρμόζονται στο πεδίο των επιθεωρήσεων καταγράφονται στο παρακάτω διάγραμμα:

## 1. Απαιτήσεις κράτους σημαίας

---

<sup>6</sup> Θεοδουλίδης Α. Σημειώσεις, Εφαρμογή Κανονισμών Νηογνώμωνων «Ενότητα 02: Επιθεωρήσεις κλάσης»

- i. Κανόνες ΙΜΟ
  - ii. Κανόνες κράτους
2. Κανονισμοί των νηογνομώνων
    - i. Επιθεώρηση γενικών θεμάτων (δεξαμενισμού, υδατοστεγανότητα καλυμμάτων κλπ.)
    - ii. Επιθεωρήσεις περιοδικές (ετήσια, ενδιάμεση και την κύρια εξειδικευμένη επιθεώρηση)
  3. Ασφαλιστικοί φορείς
  4. Απαίτηση πλοιοκτήτη

Τέλος σημαντικό είναι να αναφερθούν και οι περιοδικές επιθεωρήσεις της κλάσης του πλοίου, όπου αναφέρονται περιγραμματακά παρακάτω:<sup>7</sup>

A. Περιοδικές Επιθεωρήσεις Γάστρας (Διενεργούνται ανά τακτά προκαθορισμένα διαστήματα)

- Ετήσια επιθεώρηση(Annual Survey)
- Ενδιάμεση Επιθεώρηση(Intermediate Survey)
- Επιθεώρηση Δεξαμενισμού(Docking Survey)
- Ειδική Επιθεώρηση (Special Survey)

B. Περιοδικές Επιθεωρήσεις Η/Μ εγκαταστάσεων

C. Περιοδικές Επιθεωρήσεις διαφόρων συστημάτων (π.χ. επιθεώρηση άξονα, λεβήτων κλπ)

---

<sup>7</sup> Θεοδουλίδης Α. Σημειώσεις, Εφαρμογή Κανονισμών Νηογνομώνων «Ενότητα 02: Επιθεωρήσεις κλάσης»



Ο κύκλος των επιθεώσεων της κλάσης είναι πενταετής και χαρακτηρίζεται από μια επετειακή ημερομηνία, την ημερομηνία έκδοσης του πιστοποιητικού κλάσης.

#### 4.4 Επιθεώρηση καλυμμάτων

Η επιθεώρηση των καλυμμάτων που σφραγίζουν τα ανοίγματα στα εμπορικά πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου θα πρέπει να πραγματοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα και να επιθεωρούνται με λεπτομερή έλεγχο. Για τον λόγο αυτό θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε μια λίστα με τα σημεία ελέγχου.

Ο έλεγχος και η επιθεώρηση είναι υψίστης σημασίας καθώς με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να διασφαλίσουμε την καλή λειτουργία των καλυμμάτων καθώς και την επαρκή υδατοστεγανότητα τους. Η καλή λειτουργία και η υδατοστεγανότητα των καλυμμάτων μας εξασφαλίζει την ασφαλή μεταφορά των εμπορευμάτων, σε αντίθετη περίπτωση προβλήματος της καλής λειτουργίας και της υδατοστεγανότητας θα προκαλούνταν καταστροφή μέρους του φορτίου ή ακόμη και ολική καταστροφή του.

Η καλή λειτουργία και η υδατοστεγανότητα των καλυμμάτων που σφραγίζουν τα ανοίγματα στα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου δεν εξασφαλίζει μόνο τη σωστή μεταφορά των φορτίων αλλά πρωτίστως την ασφάλεια του πλοίου και τα μέλη του πληρώματος. Η κακή λειτουργία του συστήματος καθώς και η μη υδατοστεγανότητα του θα οδηγούσε στην κατάκλυση υδάτων στους χώρους φορτίου. Μια τέτοια κατάσταση κατάκλυσης των χώρων φορτίου

επιφέρει πρόσθετο βάρος στην κατασκευή, μετατοπίζει το κέντρο βάρους του πλοίου, καθώς επίσης εμφανίζονται και μεγάλες ελεύθερες επιφάνειες, με συνέπεια την απώλεια της ευστάθειας του πλοίου. Επιπλέον μια τέτοια κατάσταση επιφέρει αύξηση των ενεργών τάσεων στα δομικά στοιχεία της κατασκευής του πλοίου. Ο συνδυασμός των δύο αυτών καταστάσεων αλλά και μεμονωμένα η κάθε μία μπορεί να επιφέρει τόσο την απώλεια του πλοίου όσο και της ανθρώπινης ζωής.

Ως απόρροια των προαναφερθέντων οι έλεγχοι και οι επιθεωρήσεις θα πρέπει όπως έχει ήδη αναφερθεί να πραγματοποιούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα και με λεπτομερή ευλάβεια, ως προς την λειτουργικότητα και την υδατοστεγανότητα των καλυμμάτων.

Για τους παραπάνω λόγους θα πρέπει να υπάρχει μια λίστα ελέγχου και επιθεωρήσεων των καλυμμάτων, η οποία θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει τα παρακάτω:

i. Τη κατάσταση καλυμμάτων και ανοιγμάτων:

Θα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από ρωγμές, διάβρωση, παραμορφώσεις, καθώς να είναι και επαρκώς βαμμένα.

ii. Τη φέρουσα κατασκευή κίνησης των καλυμμάτων:

Η κίνηση θα πρέπει να είναι ομαλή και όχι απότομη και βίαιη. Ελέγχουμε την αρτιμέλεια του συστήματος, καθώς και τη σωστή λίπανση των κινούμενων μερών (όπως τα ρουλεμάν στις ρόδες, των οδοντωτών τροχών κλπ.)

iii. Τα υδραυλικά συστήματα ή τα συρματόσχοινα:

Όταν τα καλύμματα χρησιμοποιούν υδραυλικό σύστημα ανοίγματος και κλεισίματος θα πρέπει να ελέγχεται η στεγανότητα του. Στην περίπτωση των συρματόσχοινων πρέπει να ελέγχεται η αρτιμέλεια τους και τυχόν φθορές των εμβόλων των συρματόσχοινων.

iv. Τους συνδέσμους της κατασκευής:

Πρέπει να πραγματοποιείται έλεγχος για τυχόν φθορές στις αρθρώσεις των συνδετικών συνδέσμων. Η ύπαρξη φθαρμένων συνδέσμων μπορεί να επιφέρει την κατάρρευση της κατασκευής κατά την διαδικασία ανοίγματος και κλεισίματος των καλυμμάτων. Επίσης, δημιουργεί κακή ευθυγράμμιση μεταξύ των καλυμμάτων, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται μικρά ανοίγματα.

v. Τα στηρίγματα:

Ο έλεγχος των στηριγμάτων θα πρέπει να προβλέπει την κατάσταση φθοράς ως προς την διάβρωση. Τα στηρίγματα αποτελούνται από μεταλλικούς τάκους που είναι επενδεδυμένοι με εύκαμπτο ειδικό ανθεκτικό υλικό το οποίο θα πρέπει να επιθεωρείται και να αντικαθίσταται στην περίπτωση φθοράς του ευκάμπτου υλικού, έτσι ώστε να αποφεύγεται η επαφή της μεταλλικής κατασκευής του καλύμματος και του ανοίγματος. Με αυτόν τον τρόπο

επιβραδύνουμε τη φθορά που θα είχαμε εάν έρχονταν σε απευθείας επαφή, λόγω των μικρών μετατοπίσεων από την κίνηση του πλοίου.

vi. Οι σφήνες:

Οι σφήνες με την σειρά τους θα πρέπει να ελέγχονται και αυτές για την κατάσταση φθοράς ως προς την διάβρωση. Καθώς με αυτές επιτυγχάνουμε την επαρκή σύσφιξη των μερών του καλύμματος. Σε περίπτωση φθοράς θα πρέπει να επισκευάζονται αφού η καλή κατάσταση των σφηνών μας εξασφαλίζει την καλή ευθυγράμμιση των μερών του καλύμματος και κατά συνέπεια την υδατοστεγανότητα τους.

vii. Τα λάστιχα σφράγισης:

Τα λάστιχα σφράγισης εφαρμόζονται στο χείλος του καλύμματος και περιμετρικά του, με αυτά εξασφαλίζουμε την επαρκή υδατοστεγανότητα του συστήματος (καλύμματος και ανοίγματος). Όταν κατά τον έλεγχο της επιθεώρησης τους διαπιστωθούν φθορές θα πρέπει να αντικαθίσταται. Μια μορφή ζημιάς είναι η παραμόρφωση που έχει υπερβεί την σχεδιαστική συμπίεση του λάστιχου.

viii. Μεταλλικοί σύνδεσμοι κατακόρυφης σύσφιξης

Αυτού του τύπου οι συσφίξεις, γνωστά ως cleats, μας ασφαλίζουν το κάλυμμα κατά την κατακόρυφη διεύθυνσή του. Η σωστή ρύθμιση τους μας

παρέχει την ορθή πίεση στο λάστιχο περιμετρικά του καλύμματος, καθώς αποτρέπει και την κατακόρυφη μετακίνηση του καλύμματος.

#### ix. Σύνδεσμοι κλειδώματος (stoppers)

Οι σύνδεσμοι κλειδώματος είναι εξαρτήματα όπως γάντζοι ή πείροι, που επιβάλλεται να χρησιμοποιούνται όταν τα καλύμματα είναι στην ανοιχτή θέση στοιβασίας. Αυτά πρέπει να ελέγχονται ως προς την ύπαρξη διάβρωσης και σωστής λειτουργίας, καθώς αυτά μας ασφαλίζουν τα καλύμματα στην ανοιχτή θέση.

#### x. Ανταλλακτικά

Η ύπαρξη ανταλλακτικών επί του πλοίου μας εξασφαλίζουν την άμεση επιδιόρθωση και αντικατάσταση των φθαρμένων σημείων, που διαπιστώνονται μετά από κάθε έλεγχο.

### 4.5 Συντήρηση Καλυμμάτων

Μέσα από την συντήρηση και τον ενδελεχή έλεγχο την εύρυθμης λειτουργίας των καλυμμάτων και των επιμέρους συστημάτων, διασφαλίζεται η ορθή σφράγιση των ανοιγμάτων του κυρίου καταστρώματος του πλοίου. Οι συντηρήσεις αυτές θα πρέπει να αποτελούν πρωταρχικό σκοπό και να εφαρμόζονται στα χρονικά πλαίσια που ορίζει ο κατασκευαστής.

#### 4.5.1 Σημαντικές αρχές συντήρησης

Η σωστή συντήρηση ξεκινάει με τη λεπτομερή επιθεώρηση, όπου κατά την φάση αυτή προσδιορίζεται σε ποια μέρη του συστήματος πρέπει να δοθεί έμφαση μέσω κατάλληλου σχεδιασμού και ανάπτυξης, εξειδικευμένης λίστας ελέγχου της ποιότητας και των απαιτήσεων των καλυμμάτων στομίων. Σε αυτό επίσης βοηθάει και εξειδίκευση και η εκπαίδευση του προσωπικού που ασχολείται με τέτοιου είδους επιθεωρήσεις και συντηρήσεις.

Η τακτική επιθεώρηση των καλυμμάτων καθώς και η καταγραφή σε μία συνεχόμενη βάση δεδομένων, βοηθάει στον εντοπισμό σε πρώιμο στάδιο των πιθανών προβλημάτων της κατασκευής και κατά συνέπεια διευκολύνει την επιδιόρθωση τους με καλύτερες, ευκολότερες και φθηνότερες λύσεις.

Σε αρκετές περιπτώσεις, η φθορά στα λάστιχα φαίνεται να είναι ένας από τους βασικούς λόγους εισροής υδάτων στους χώρους φορτίου. Παρόλα αυτά το φθαρμένο ελαστικό δεν είναι η ρίζα του προβλήματος. Με μία πιο εκτενή και πλήρη επιθεώρηση στο ελαστικό περιμετρικά του καλύμματος μπορεί να οδηγηθούμε στην αρχή του προβλήματος. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε φθαρμένες ή πολύ σφικτά τοποθετημένες σφήνες, σε πρόβλημα με τα cleats, σε φθαρμένους τάκους καθώς επίσης και σε διαβρωμένη επιφάνεια του καλύμματος όπου τοποθετείται το λάστιχο.

Όπως έχουμε αναφερθεί ξανά η επιθεώρηση και η συντήρηση είναι επιτακτική να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα από τα μέλη του πληρώματος και όχι μόνο σε περιπτώσεις που το πλοίο γνωρίζει ότι θα περάσει από υδροστατικό έλεγχο στεγανότητας, για να του εγκριθεί η φόρτωση. Σε περιπτώσεις όπου αυτό κρίνεται απαραίτητό ότι δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί

από το πλήρωμα, λόγω εκτεταμένου ή εξειδικευμένου προβλήματος, θα πρέπει η πλοιοκτήτρια εταιρία να αναθέτει αυτή τη διαδικασία σε εξουσιοδοτημένο πρόσωπο ή φορέα.

Τέλος, η σχεδίαση καλής στρατηγικής επιθεωρήσεων και συντηρήσεων θα πρέπει να περιλαμβάνει και την τήρηση αρχείων. Σε αυτό το αρχείο θα καταγράφονται οι δοκιμές στεγανότητας, το πρόγραμμα εργασιών, οι πραγματοποιηθείσες εργασίες, καθώς και η καταγραφή ανταλλακτικών που υπάρχουν στο πλοίο συμπεριλαμβανομένου και τυχόν μελλοντικών παραγγελιών ανταλλακτικών. Τα αρχεία αυτά, το εγχειρίδιο και τα σχέδια του κατασκευαστή του καλύμματος, τυχόν αναφορές επιθεωρητών, οι λίστες ελέγχου κ.α. πρέπει καταλλήλως να αρχειοθετούνται και να συντηρούνται επί του πλοίου σε περίπτωση που ζητηθούν για να αποδείξουν την εύρυθμη λειτουργία των καλυμμάτων.

#### 4.5.2 Λεπτομέρειες συντήρησης καλυμμάτων

Ελλιπείς έλεγχοι και συντήρηση των καλυμμάτων μπορεί να προκαλέσουν πρόβλημα στην ορθή λειτουργία του συστήματος, καθώς μπορεί να προκληθεί εισροή υδάτων που οδηγεί σε καταστροφή του φορτίου και σε κίνδυνο απώλειας του πλοίου.

Τα καλύμματα είναι μια περίπλοκη κατασκευή και αποτελούνται από διάφορα τμήματα, όπου το κάθε ένα εκτελεί τον δικό του σκοπό. Η σωστή συντήρηση και επισκευή τους παίζει βασικό ρόλο στην καλή λειτουργία των καλυμμάτων.

Για τους παραπάνω λόγους θα γίνει μια καταγραφή των διαφόρων τμημάτων που αποτελούν την κατασκευή των καλυμμάτων. Αυτή περιλαμβάνει τα παρακάτω:

- ✓ Δομή του καλύμματος
- ✓ Περιμετρικά λάστιχα στεγανοποίησης
- ✓ Κανάλια τοποθέτησης του περιμετρικό λάστιχου στεγανότητας
- ✓ Σφήνες συμπίεσης
- ✓ Επιθέματα
- ✓ Τροχοί των καλυμμάτων
- ✓ Ράγες κύλισης των τροχών
- ✓ Οδοντωτοί άξονες και οδοντωτοί ράβδοι
- ✓ Στηρίγματα (Cleats)
- ✓ Υδρορροές αποστράγγισης
- ✓ Ανεπίστροφες βαλβίδες
- ✓ Υδραυλικό σύστημα λειτουργείας

Σε συνδυασμό με τα των παραπάνω πρέπει να προβαίνουμε στο σωστό χρωματισμό με κατάλληλα επιχρίσματα, στην ορθή λίπανση των συνδέσεων και των κυλίσεων.



## 5. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ UR S21

Συμφωνά με τον UR S21 του IACS γίνεται αξιολόγηση της διαστασιολόγηση των καλυμμάτων και των ανοιγμάτων των πλοίων χύδην φορτίων.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια αποτύπωση του κανονισμού UR S21 με τίτλο του πρωτότυπου κειμένου «*Evaluation of Scantlings of Hatch Covers and Hatch Coamings of Cargo Holds of Bulk Carriers, Ore Carriers and Combination Carriers*»

### 5.1 Εφαρμογή και ορισμοί

Οι απαιτήσεις αυτές ισχύουν για όλα τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου, μεταλλεύματος και όπως ορίζονται στον UR Z11, και είναι για όλα τα καλύμματα στομίων.

Ο παρών κανονισμός εφαρμόζεται στα πλοία που έχουν συνάψει σύμβαση για την κατασκευή μετά την 1η Ιανουαρίου 2004. Ο κανονισμός αυτός δεν ισχύει για τα CSR πλοία μεταφοράς χύδην.

Οι απαιτήσεις αντοχής ισχύουν για τα καλύμματα στομίων και τα ανοίγματα των καταπακτών. Τα δευτερεύοντα ενισχυτικά και τα κύρια ενισχυτικά μέρη του στομίου κύτους πρέπει να είναι συνεχή και σε όλο το μήκος των καλυμμάτων, όσο αυτό είναι εφικτό. Όταν αυτό είναι ανέφικτο, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται συνδέσεις τέλους (sniped end connections) και πρέπει να

υιοθετούνται κατάλληλες διατάξεις για την επαρκή ικανότητα μεταφοράς φορτίου.

Η ισαπόσταση των πρωτεύοντων ενισχυτικών μερών παράλληλα με την κατεύθυνση των δευτερευόντων ενισχυτικών να μην υπερβαίνει το 1/3 του ανυποστήρικτου μήκους των κύριων ενισχυτικών.

Οι απαιτήσεις αυτές προστίθενται στις απαιτήσεις του ILLC.

Οι καθαρές ελάχιστες διαστάσεις των καλυμμάτων πρέπει να πληρούν τα κριτήρια αντοχής που αναφέρονται στα ακόλουθα:

- S21.3.3, για τα ελάσματα,
- S21.3.4, για τα δευτερεύοντα ενισχυτικά,
- S21.3.5 για τα πρωτεύοντα ενισχυτικά,

Όπως υιοθετούνται από το μοντέλο που δίνεται στο S21.4.1.

Το καθαρό πάχος,  $t_{net}$ , είναι το πάχος των μερών που είναι απαραίτητο για το ελάχιστο καθαρό πάχος που απαιτούνται από τα S21.3 και S21.4.

Το απαιτούμενο πάχος λαμβάνεται με την προσθήκη του συντελεστή διάβρωσης,  $t_s$ , όπου δίνεται από το S21.6.

Το υλικό για τα καλύμματα στομίων και τα ανοίγματα πρέπει να είναι χάλυβας σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Νηογνώμονα.

## 5.2 Μοντέλο φόρτισης καλυμμάτων στομίου (S21.2)

Η πίεση  $p$ , σε  $\text{kN/m}^2$ , στα ελάσματα των καλυμμάτων των στομίων δίνεται από τις ακόλουθες σχέσεις:

Για πλοία μήκους 100 m και άνω

$$p = 34.3 + \left(\frac{p_{FP}-34.3}{0.25}\right) \left(0.25 - \frac{x}{L}\right) \geq 34.3 \quad \text{για ανοίγματα στο κύριο}$$

κατάστρωμα

Όπου:

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

- $a=0.0726$  για πλοία με εξάλα τύπου B
- $a= 0.356$  για πλοία με μειωμένο ύψος εξάλων
- $L =$  μήκος εξάλων, σε m, όπως ορίζεται στον κανονισμό 3 του παραρτήματος I της Σύμβασης Γραμμής Φόρτωσης του 1966, το οποίο δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 340 m.
- $x =$  απόσταση, σε m, του μέσου μήκους του καλύμματος που μετράται από το μπροστινό άκρο του L

όταν η θέση του ανοίγματος του κύτους αποτελείται από μια υπερκατασκευή υψηλότερα του καταστρώματος του πλοίου, η πίεση  $p$  μπορεί να είναι  $34,3 \text{ kN/m}^2$ .

Για πλοία μήκους μικρότερου των 100 m

$$p = 15.8 + \frac{L}{3} \left(1 - \frac{5}{3} * \frac{x}{L}\right) - \frac{3.6x}{L} \geq 0.195L + 14.9, \quad \text{για ανοίγματα που}$$

βρίσκονται στο κατάστρωμα εξάλων.

Όταν δύο ή περισσότερα πάνελ συνδέονται με αρθρωτές συνδέσεις, κάθε επιμέρους πάνελ πρέπει να εξετάζεται χωριστά.

## 5.3 Κριτήρια αντοχής καλυμμάτων καταπακτών (S21.3)

### 5.3.1 Επιτρεπόμενοι έλεγχοι αντοχής (S21.3.1)

Οι ορθές και διατμητικές τάσεις  $\sigma$  και  $\tau$  του καλύμματος καταπακτής δεν πρέπει να υπερβαίνουν τις επιτρεπόμενες τιμές,  $\sigma_a$  και  $\tau_a$ , σε  $N/mm^2$ , που δίνονται από:

- $\sigma_a = 0.8\sigma_F$  και
- $\tau_a = 0.46\sigma_F$ ,

όπου  $\sigma_F$  είναι η ελάχιστη τάση διαρροής του υλικού, σε  $N/mm^2$ .

Η ορθή θλιπτική τάση στην φλάντζα των κύριων ενισχυτικών μερών δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,8 της κρίσιμης τάσης λυγισμού της κατασκευής σύμφωνα με τον έλεγχο λυγισμού όπως δίνεται στο S21.3.6.

Οι καταπονήσεις στα καλύμματα που έχουν σχεδιαστεί με διαμήκη και εγκάρσια κύρια ενισχυτικά μέρη πρέπει να καθορίζονται με ανάλυση πλέγματος (grillage analysis) ή πεπερασμένα στοιχεία (FE).

Κατά τον υπολογισμό των τάσεων  $\sigma$  και  $\tau$ , πρέπει να χρησιμοποιούνται οι καθαρές διαστάσεις.

### 5.3.2 Αποτελεσματική διατομή των ελασμάτων για τα κύρια ενισχυτικά μέρη (S21.3.2)

Η επιφάνεια  $A_f$ , σε  $\text{cm}^2$ , της φλάντζας του ενισχυτικού, που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για τους ελέγχους έναντι διαρροής και λυγισμού των κύριων ενισχυτικών, όταν υπολογίζεται με θεωρία δοκών ή ανάλυση πλέγματος, λαμβάνεται ως το άθροισμα των συν-αποτελούμενων περιοχών κάθε πλευράς της δοκού, ανάλογα με την περίπτωση:

$$A_F = \sum_{nf} (10b_{ef}t)$$

### 5.3.3 Τοπικό καθαρό πάχος ελασμάτων (S21.3.3)

Το καθαρό τοπικό πάχος του ελάσματος  $t$ , σε  $\text{mm}$ , της άνω επιφάνειας του καλύμματος δεν πρέπει να είναι μικρότερο από:

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

### 5.3.4 Καθαρές διαστάσεις των δευτερευόντων ενισχυτικών (S21.3.4)

Η απαιτούμενη ελάχιστη ροπή αντίστασης  $Z$ , σε  $\text{cm}^3$ , δευτερευόντων ενισχυτικών του καλύμματος στο άνω έλασμα, βασισμένο στο καθαρό πάχος των ενισχυτικών, δίνεται από τη σχέση:

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

Η ροπή αντίστασης των δευτερευόντων ενισχυτικών προσδιορίζεται με βάση το πλάτος του συνεργαζόμενου ελάσματος που θεωρείται ίσο με την ισαπόσταση του ενισχυτικού.

### 5.3.5 Καθαρές διαστάσεις των κύριων ενισχυτικών (S21.3.5)

Η ροπή αντίστασης και το πάχος του κορμού των κύριων ενισχυτικών, πρέπει να είναι τέτοια ώστε η ορθή τάση  $\sigma$  και η διατμητική τάση  $\tau$ , να μην υπερβαίνει τις επιτρεπόμενες τιμές  $\sigma_a$  και  $\tau_a$ , αντίστοιχα, που ορίζονται στο S21.3.1.

Το πλάτος της φλάντζας των κύριων ενισχυτικών δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το 40% του ύψους τους, για τα πλευρικά ανυποστήρικτα μήκη με ανοίγματα μεγαλύτερο από 3,0 m. Τα στηρίγματα που συνδέονται με το έλασμα θεωρούνται ως πλευρικά στηρίγματα για τα κύρια ενισχυτικά.

Οι προεξοχές των φλαντζών δεν πρέπει να υπερβαίνουν το δεκαπενταπλάσιο του πάχους του ελάσματος.

### 5.3.6 Κρίσιμος έλεγχος πίεσης λυγισμό (S21.3.6)

#### 5.3.6.1 Επένδυση καλυμμάτων των ανοιγμάτων (S21.3.6.1)

Η θλιπτική τάση  $\sigma$  στα ελάσματα των καλυμμάτων, που οφείλεται στην κάμψη των κύριων ενισχυτικών παράλληλα με την κατεύθυνση των δευτερέων

ενισχυτικών, δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 0,8 της κρίσιμης τάσης σε λυγισμό  $\sigma_{C1}$ , που πρέπει να υπολογισθεί όπως ορίζεται παρακάτω:

- $\sigma_{C1} = \sigma_{E1}$ , όταν  $\sigma_{E1} \leq \frac{\sigma_F}{2}$
- $\sigma_{C1} = \sigma_F \left[ 1 - \frac{\sigma_F}{4\sigma_{E1}} \right]$ , όταν  $\sigma_{E1} > \frac{\sigma_F}{2}$

Η θλιπτική τάση  $\sigma$  στα ελάσματα των καλυμμάτων, που οφείλεται στην κάμψη των κύριων ενισχυτικών παράλληλα με την κατεύθυνση των δευτερεύων ενισχυτικών, δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 0,8 της κρίσιμης τάσης σε λυγισμό  $\sigma_{C1}$ , που πρέπει να υπολογισθεί όπως ορίζεται παρακάτω:

- $\sigma_{C2} = \sigma_{E2}$ , όταν  $\sigma_{E2} \leq \frac{\sigma_F}{2}$
- $\sigma_{C2} = \sigma_F \left[ 1 - \frac{\sigma_F}{4\sigma_{E2}} \right]$ , όταν  $\sigma_{E2} > \frac{\sigma_F}{2}$

#### 5.3.6.2 Δευτερεύοντα ενισχυτικά καλυμμάτων (S21.3.6.2)

Η θλιπτική τάση  $\sigma$  στην επάνω φλάντζα των δευτερευόντων ενισχυτικών, που προκαλείται από την κάμψη των κύριων ενισχυτικών παράλληλα με την κατεύθυνση των δευτερευόντων ενισχυτικών, δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,8 της κρίσιμης τάση λυγισμού  $\sigma_{CS}$ , που πρέπει να υπολογισθεί όπως ορίζεται παρακάτω:

- $\sigma_{CS} = \sigma_{ES}$ , όταν  $\sigma_{ES} \leq \frac{\sigma_F}{2}$

$$- \sigma_{CS} = \sigma_F \left[ 1 - \frac{\sigma_F}{4\sigma_{ES}} \right], \text{ όταν } \sigma_{ES} > \frac{\sigma_F}{2}$$

### 5.3.6.3 Πλευρικά ελάσματα των κύριων ενισχυτικών μερών του καλύμματος (S21.3.6.3)

Η διατμητική τάση  $\tau$  στα πρωτεύοντα ενισχυτικά μέρη του καλύμματος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,8 της κρίσιμης φόρτιση λυγισμού  $\tau_C$ , η οποία πρέπει να αξιολογηθεί όπως ορίζεται παρακάτω:

$$- \tau_C = \tau_E, \text{ όπου } \tau_E \leq \frac{\tau_F}{2}$$

$$- \tau_C = \tau_F \left[ 1 - \frac{\tau_F}{4\tau_E} \right], \text{ όπου } \tau_E > \frac{\tau_F}{2}$$

Για τα κύρια ενισχυτικά μέρη παράλληλα με την κατεύθυνση των δευτερευόντων ενισχυτικών, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι πραγματικές διαστάσεις των ελασμάτων.

Για τα κύρια ενισχυτικά μέρη κάθετα προς την κατεύθυνση των δευτερευόντων ενισχυτικών ή για καλύμματα ανοιγμάτων που κατασκευάζονται χωρίς δευτερεύοντα ενισχυτικά, πρέπει να λαμβάνεται ένα υποτιθέμενο τετράγωνο διαστάσεων  $d$  για τον προσδιορισμό της πίεσης  $\tau_C$ . Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να εξετάζεται η μέση διατμητική τάση μεταξύ των τιμών που υπολογίζονται στα άκρα του ελάσματος που λαμβάνεται υπόψιν.



### 5.3.7 Όριο βέλους κάμψης και συνδέσεις μεταξύ των ελασμάτων του καλύμματος (S21.3.7)

Οι συνδέσεις μεταξύ των πέλων των καλυμμάτων που φέρουν φορτίο πρέπει να είναι ενισχυμένες με σκοπό τον περιορισμό των σχετικών κατακόρυφων μετατοπίσεων.

Η κατακόρυφη μετατόπιση στα κύρια ενισχυτικά μέρη δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,0056l, όπου το l είναι το μεγαλύτερο ανυποστήρικτο μήκος στα κύρια ενισχυτικά μέρη.

## 5.4 Κάλυμμα στομίου κύτους και τοπικές λεπτομέρειες (S21.4)

### 5.4.1 Πρότυπο φορτίων (S21.4.1)

Η πίεση  $p_{\text{coam}}$ , σε  $\text{kN/m}^2$ , στο Νο 1 κάλυμμα στομίου κύτους δίνεται από:

- $p_{\text{coam}}=220$ , όταν πρόστεγο τοποθετείται σύμφωνα με UR S28
- $p_{\text{coam}}=290$ , άλλες περιπτώσεις

Η πίεση  $p_{\text{coam}}$ , σε  $\text{kN/m}^2$ , στα άλλα καλύμματα στομίου κύτους δίνεται από:

$$p_{\text{coam}}=220$$

### 5.4.2 Τοπικό καθαρό πάχος ελασμάτων (S21.4.2)

Το τοπικό πάχος του καθαρού ελάσματος  $t$ , σε mm, του καλύμματος στομίου κύτους δίνεται από:

$$t = 14.9s \sqrt{\frac{\rho_{coam}}{\sigma_{a,coam}} S_{coam}}$$

Το τοπικό πάχος του καθαρού ελάσματος  $t$  πρέπει να είναι τουλάχιστον 9,5 mm.

#### 5.4.3 Καθαρές διαστάσεις των διαμηκών και εγκάρσιων δευτερευόντων ενισχυτικών (S21.4.3)

Η απαιτούμενη ροπή αντίστασης  $Z$ , σε  $\text{cm}^3$ , των διαμηκών ή εγκάρσιων δευτερευόντων ενισχυτικών των καλυμμάτων στομίου κύτους, με βάση το καθαρό πάχος των μερών, δίνεται από:

$$Z = \frac{1000S_{coam}l^2SP_{coam}}{mC_p\sigma_{a,coam}}$$

#### 5.4.4 Καθαρές διαστάσεις των αγκώνων στήριξης (coaming stays) (S21.4.4)

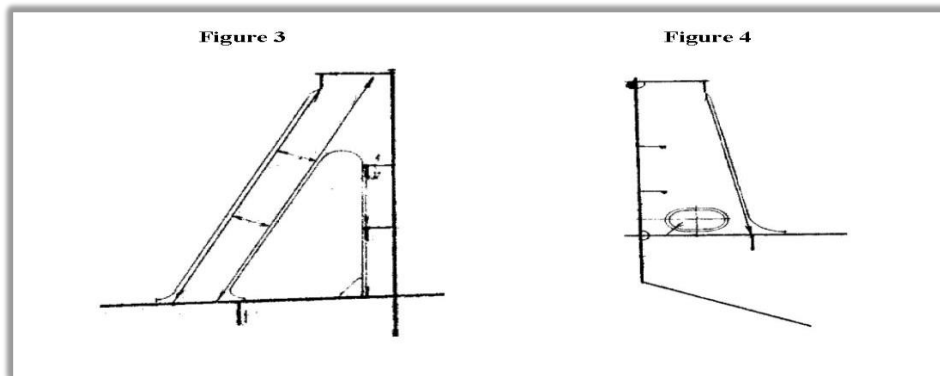
Η απαιτούμενη ροπή αντίστασης,  $Z$ , σε  $\text{cm}^3$ , και το πάχος  $t_w$ , σε mm των αγκώνων στήριξης δίνονται από τις σχέσεις:

$$Z = \frac{1000H_c^2 SP_{coam}}{2\sigma_{a,coam}}$$

$$t_w = \frac{1000H_c SP_{coam}}{h\tau_{a,coam}}$$

Για τον υπολογισμό της ροπής αντίστασης των ενισχυτικών, η περιοχή του ελάσματος πρέπει να ενώνεται μόνο με συγκολλήσεις πλήρους διείδυσης στο κατάστρωμα και με κατάλληλη ενίσχυση κάτω από το κατάστρωμα για να υποστηρίζει τις τάσεις που μεταφέρονται από αυτό.

Για επιπλέον σχέδια αγκώνων, όπως απεικονίζονται στην παρακάτω εικόνα, ισχύουν τα επίπεδα τάσεων του S21.3.1 και πρέπει να ελέγχονται στις περιοχές όπου αναπτύσσονται υψηλότερες τάσεις.



#### 5.4.5 Τοπικές λεπτομέρειες (S21.4.5)

Ο σχεδιασμός των τοπικών λεπτομερειών γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των Διεθνών προτύπων, μεταφέροντας τις πιέσεις από το κάλυμμα στο περιμετρικό παραπέτασμα (κουβούσι ή hatch coaming) και μέσω αυτών, στην δομή του καταστρώματος. Τα περιμετρικά παραπέτα (hatch coaming) και οι δομές στήριξης πρέπει να είναι επαρκώς ενισχυμένες για να φιλοξενήσουν τη

φόρτωση από καλύμματα καταπακτών, σε διαμήκεις, εγκάρσιες και κάθετες κατευθύνσεις.

Η κατασκευή κάτω του καταστρώματος πρέπει να ελέγχεται με το φορτίο που μεταδίδεται από τις φορτίσεις του καλύμματος, υιοθετώντας τις ίδιες επιτρεπόμενες καταπονήσεις που καθορίζονται στο S21.4.4.

Εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά, οι συνδέσεις συγκόλλησης και τα υλικά πρέπει να διαστασιολογούνται και να επιλέγονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των Διεθνών προτύπων.

Για τις συνδέσεις των αγκώνων στήριξης με το κατάστρωμα υιοθετείται διπλό κορδόνι συγκόλλησης και το πλάτος συγκόλλησης πρέπει να είναι τουλάχιστον  $0,44 t_w$ , όπου  $t_w$  είναι το καθαρό πάχος του ενισχυτικού αγκώνα.

Οι ενισχυτικοί αγκώνες πρέπει να συνδέονται με το κατάστρωμα με διπλή συγκόλληση λοξοτομή βαθιάς διείσδυσης που εκτείνονται σε απόσταση τουλάχιστον 15% του πλάτους.

## 5.5 Παράμετροι (S21.5)

### 5.5.1 Μηχανισμοί ασφάλειας (S21.5.1)

Η αντοχή του συστήματος ασφάλισης συμμορφώνεται με τις ακόλουθες απαιτήσεις:

Τα καλύμματα στομίου κύτους πρέπει να ασφαρίζονται με χρήση κατάλληλων εξαρτημάτων (μπουλόνια, σφήνες ή παρόμοια), κατάλληλα κατανεμημένα παράλληλα με τα ανοίγματα και μεταξύ των καλυμμάτων.

Η διάταξη και η απόσταση πρέπει να καθορίζονται με τη δέουσα προσοχή για την αποτελεσματικότητα των καιρικών συνθηκών, ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος του καλύμματος, καθώς και στις ενισχύσεις του καλύμματος μεταξύ των συστημάτων ασφάλισης.

Οι ράβδοι ή τα μπουλόνια πρέπει να έχουν διάμετρο τουλάχιστον 19 mm για ανοίγματα άνω των 5 m<sup>2</sup>.

Μεταξύ του καλύμματος, του ανοίγματος και των αρθρώσεων, πρέπει να διατηρείται από τις διατάξεις ασφάλισης πίεση επαρκής για την επίτευξη στεγανότητας.

Για συνεχή εφαρμογή φορτίων άνω των 5 N/mm, η διατομή στην περιοχή πρέπει να αυξάνεται σε άμεση αναλογία.

Η ενίσχυση του καλύμματος πρέπει να είναι επαρκής ώστε να διατηρείται επαρκής πίεση σφράγισης μεταξύ των συστημάτων ασφάλισης.

Τα συστήματα ασφάλισης πρέπει να είναι αξιόπιστα και να είναι ασφαλώς συνδεδεμένα στα ανοίγματα, στο κατάστρωμα ή στα καλύμματα. Τα επιμέρους συστήματα ασφάλισης σε κάθε κάλυμμα πρέπει να έχουν περίπου τα ίδια χαρακτηριστικά ακαμψίας.

Όταν τοποθετούνται ράβδοι σύσφιξης, πρέπει να χρησιμοποιούνται ανθεκτικές ελαστικές ροδέλες.

### 5.5.2 Διατάξεις σταματήματος (stoppers) (S21.5.2)

Τα καλύμματα στομίων κυτών πρέπει να ασφαρίζονται αποτελεσματικά, με συνδέσμους ασφάλισης, έναντι των εγκάρσιων δυνάμεων που προκύπτουν από πίεση  $175 \text{ kN/m}^2$ .

Με εξαίρεση το νο.1 κάλυμμα στομίου κύτους όπου πρέπει να στερεώνεται αποτελεσματικά, με συνδέσμους κλειδώματος, έναντι των διαμηκών δυνάμεων που δρουν στο μπροστινό άκρο, από πίεση  $230 \text{ kN/m}^2$ .

Η πίεση αυτή μπορεί να μειωθεί σε  $175 \text{ kN/m}^2$  όταν τοποθετείται πρόστεγο σύμφωνα με το UR S28.

### 5.5.3 Υλικά και συγκόλληση (S21.5.3)

Οι σύνδεσμοι κλειδώματος ή τα συστήματα ασφάλισης πρέπει να κατασκευάζονται από υλικά, συμπεριλαμβανομένων και των ηλεκτροδίων συγκόλλησης, που πληρούν τις σχετικές απαιτήσεις του IACS.

### 5.6 Προσθήκη διάβρωσης και αντικατάσταση ελασμάτων (S21.6)

#### 5.6.1 Καλύμματα στομίου κύτους (S21.6.1)

Σε όλη την κατασκευή (ελάσματα και δευτερογενών ενισχύσεων) των καλυμμάτων ενός ανοίγματος του καταστρώματος, η προσθήκη διάβρωσης  $t_s$  πρέπει να είναι 2,0 mm.

Για τα διπλά καλύμματα, η προσθήκη διάβρωσης πρόκειται να είναι:

- 2,0 mm για την επάνω και κάτω επένδυση ελάσματος
- 1,5 mm για τις εσωτερικές δομές.

#### 5.6.2 Ανοίγματα στομίου κύτους (S21.6.2)

Για την κατασκευή των ανοιγμάτων στομίου κύτους και των αγκώνων ενίσχυσης, η προσθήκη για την διάβρωσης  $t_s$  πρέπει να είναι 1,5 mm.

Απαιτείται ανανέωση χάλυβα όταν το μετρημένο πάχος είναι μικρότερο από  $t_{\text{net}} + 0,5 \text{ mm}$ .

Η επίστρωση πρέπει να διατηρείται σε καλή κατάσταση, όπως ορίζεται στο UR Z10.2.1.2.



## 6. ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΚΑΛΥΜΜΑΤΟΣ ΣΤΟΜΙΟΥ ΚΥΤΟΥΣ

### 6.1 Επιλογή του υπο-μελέτη καλύμματος

Όπως έχει ιδεί αναφερθεί και στους στόχους της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ένας από τους βασικούς σκοπούς της είναι η σχεδίαση, η μελέτη και η διεξαγωγή αναλύσεων και συμπερασμάτων υπάρχουσας μεταλλικής κατασκευής καλύμματος στομίου κύτους. Για τον σκοπό αυτό ο επιβλέπων καθηγητής παραχώρησε τα κατασκευαστικά σχέδια καλύμματος στομίου κύτους.

Το υπο μελέτη πλοίο μεταφορικής ικανότητας 51000DWT διαθέτει πέντε κύτη φορτίου και κατά συνέπια πέντε ανοίγματα στο κύριο κατάστρωμα του. Τα καλύμματα είναι σχεδιασμένα από την εταιρία MacGREGOR. Τα εξαρτήματα της MacGREGOR και η κατασκευή συγκεντρώθηκαν και συναρμολογήθηκαν από τα ναυπηγεία BRODOSPLIT. Τα καλύμματα είναι τύπου πτυσσόμενα και συν-αποτελούνται από δύο ζεύγη, συνολικά το κάλυμμα αποτελείται από τέσσερα τμήματα. Το πλοίο διαθέτει πέντε καλύμματα όπου το πρώτο κάλυμμα έχει την μικρότερη διάσταση λόγω της διαμόρφωσης της πλώρης. Τα καλύμματα των στομίων από το δεύτερο κάλυμμα έως και το πέμπτο κάλυμμα έχουν τις ίδιες διαστάσεις. Παρόλο που το κάλυμμα του στομίου τρία έχει ίδιες διαστάσεις με τα υπόλοιπα καλύμματα 2°,4°,5°, ενισχύεται περισσότερο από αυτά διότι θα δέχεται πίεση από την εσωτερική πλευρά, καθώς το νούμερο τρία κύτος ερματίζεται από θαλασσινό νερό.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιλέγεται ένα από τα τρία όμοια καλύμματα Νο 2, Νο,4 και Νο 5. Αυτό γίνεται γιατί το κάλυμμα Νο 3, όπως έχει αναφερθεί είναι περιπλοκότερης κατασκευής εξαιτίας των ενισχύσεων και τον

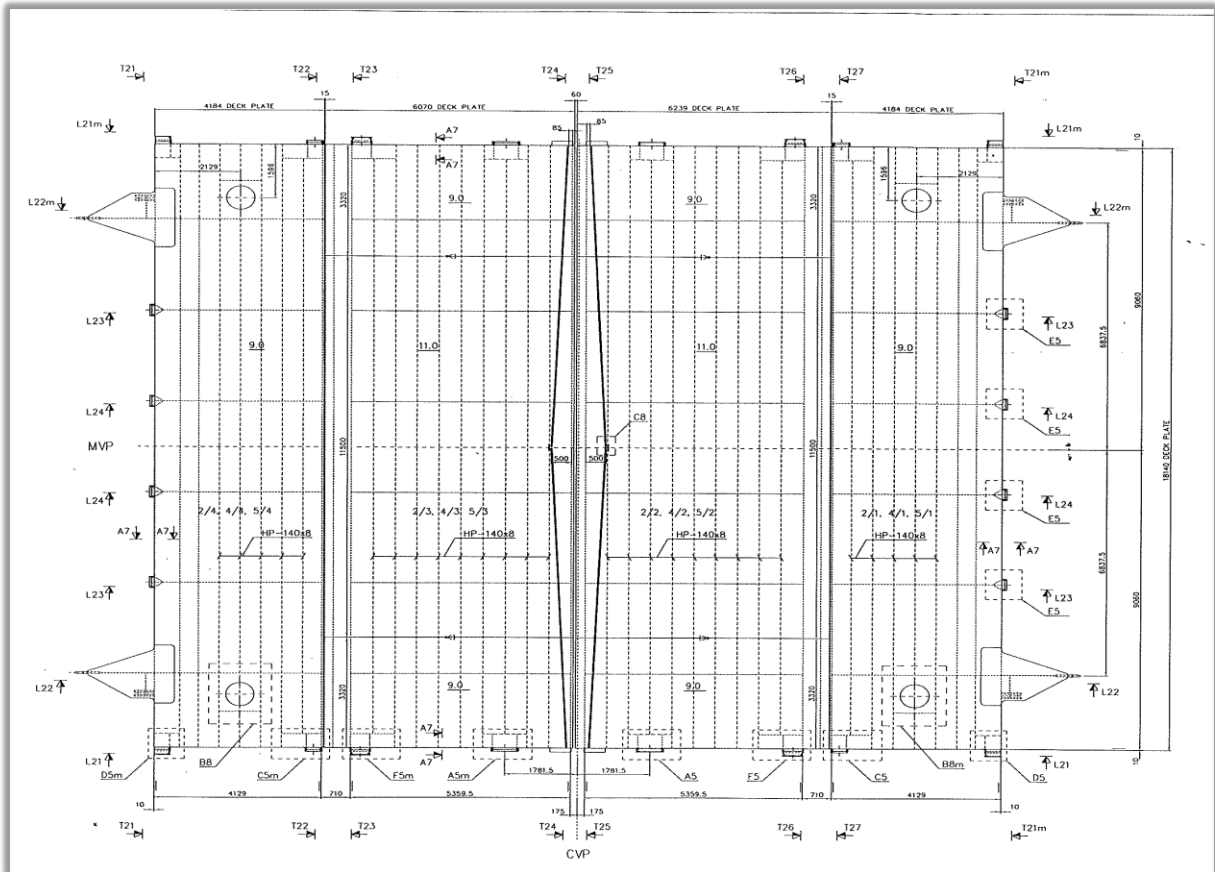
περισσότερων εξαρτημάτων που αποτελείται. Η επιλογή του καλύμματος Νο 1 απορρίπτεται λόγω μικρότερης διάστασης. Τέλος, η επιλογή του δεύτερου καλύμματος, για την μελέτη της παρούσας διπλωματικής εργασίας, βασίζεται στη διαμήκη θέση του και στο γεγονός ότι δέχεται μεγαλύτερες πιέσεις σχεδιασμού από τους κανονισμούς, από ότι το τέταρτο και πέμπτο καλύμματα.

Στον παρακάτω πίνακα 6.1 γίνεται μία ταξινόμηση των κατασκευαστικών στοιχείων της κατασκευής. Το υλικό της μεταλλικής κατασκευής του καλύμματος είναι χάλυβας υψηλής αντοχής (Pain Carbon Steel) με υψηλό όριο διαρροής. Καθώς επίσης στα σχήματα 6.1 με 6.4 που ακολουθούν παρακάτω παρουσιάζονται τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, λεπτομέρειες και υλικά των 2<sup>ο</sup>, 4<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> καλύμματος. Το κάλυμμα από την κάτω πλευρά αποτελείται από διαμήκη και εγκάρσια ενισχυτικά. Οι διαστάσεις του καλύμματος είναι κατά το διάμηκες 20,767μ και κατά το εγκάρσιο 18,14μ.

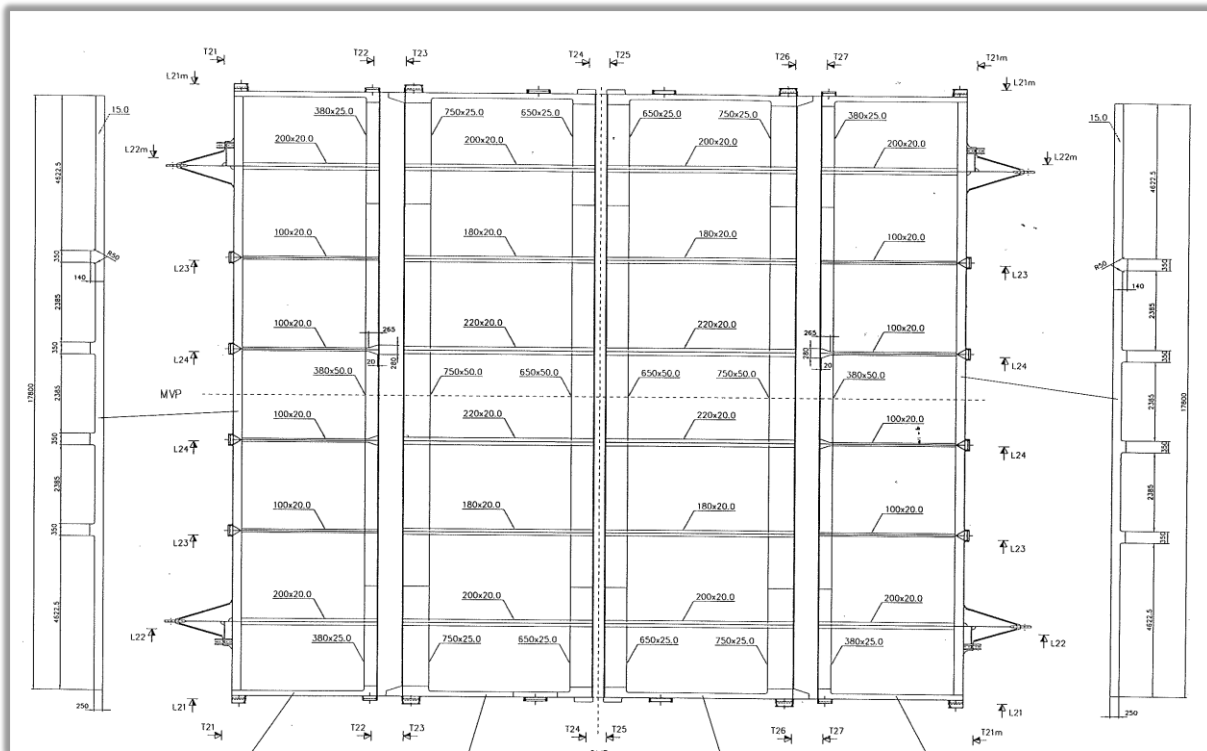
Πίνακας 6.1

Τμήματα	Πάχος (mm)
Έλασμα 1 <sup>ο</sup>	11
Έλασμα 2 <sup>ο</sup>	9
Πλευρικά ελάσματα	10
Βολβολάμα HP140x8	8
1 <sup>ο</sup> εγκάρσιο T22=T27	8
2 <sup>ο</sup> εγκάρσιο T23=T26	8
3 <sup>ο</sup> εγκάρσιο T23=T26	12
4 <sup>ο</sup> εγκάρσιο T24=T25	8
5 <sup>ο</sup> εγκάρσιο T24=T25	15
Διαμήκη L22,23,24	8

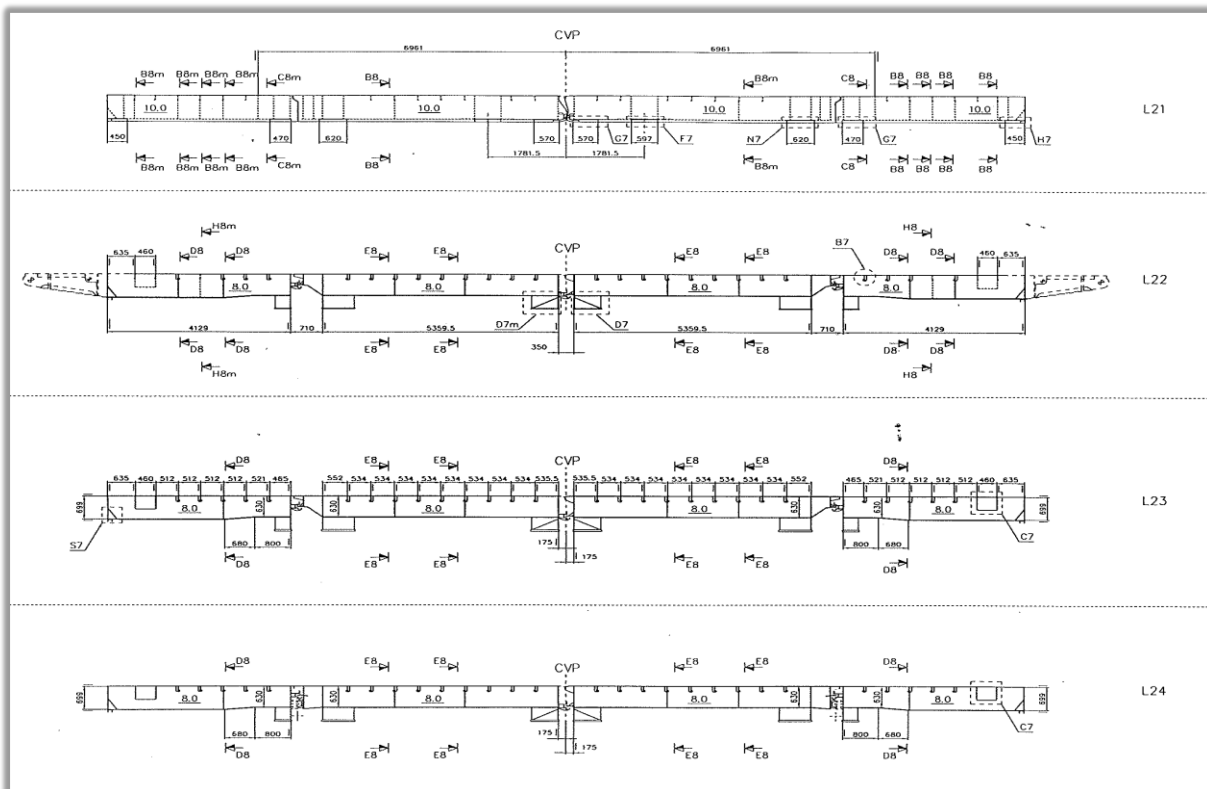
Στο παραπάνω πίνακα 6.1 αναγράφονται μέρος των ελασμάτων και των ενισχυτικών που υπάρχουν στην κατασκευή περισσότερες λεπτομέρειες σχημάτων, διαστάσεων και παχών φαίνονται αναλυτικότερα στα κατασκευαστικά σχέδια 6.1 έως 6.4 που παρατίθενται παρακάτω.



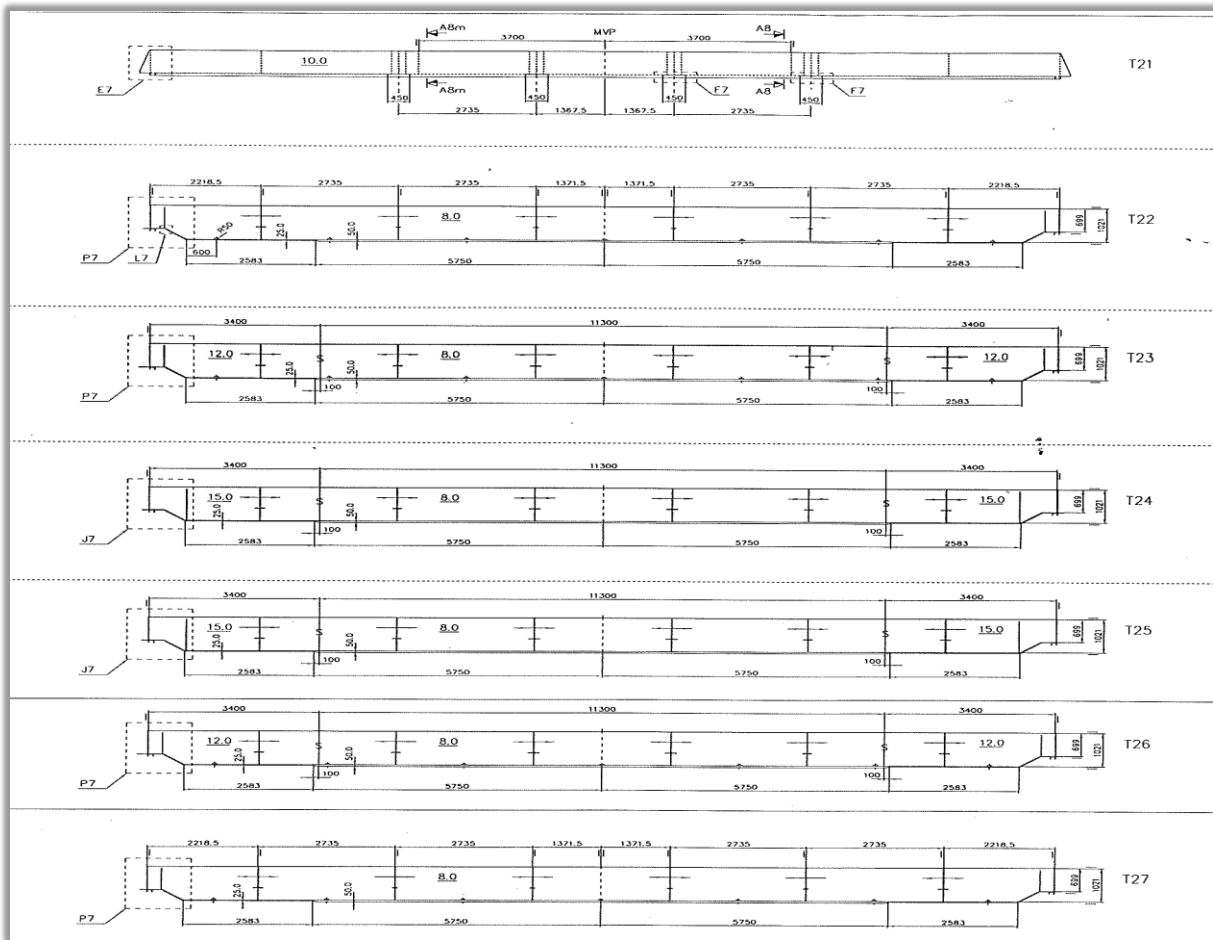
Σχήμα 6.1 - Anw όψη καλύμματος



Σχήμα 6.2 - Κάτω όψη καλύμματος



Σχήμα 6.3 – Τομές στο διάμηκες



Σχήμα 6.3 – Τομές στο εγκάρσιο

Παρατηρώντας τον πίνακα 6.1 καθώς και το σχήμα 6.1 παρατηρούμε ότι κατά την εγκάρσια ενίσχυση του καλύμματος χρησιμοποιείται ενισχυτική βολβολάμα τύπου HP-140x8. Για την κατασκευαστική απλούστευση αποφασίστηκε η αντικατάστασή της με όμοιο ενισχυτικό κατά την ροπή αντίστασης.

Μετά από μία έρευνα στο διαδίκτυο, σε καταλόγους ενισχυτικών από διάφορες εταιρείες χάλυβα, κατέληξα στη χρήση του καταλόγου της εταιρείας

Elastron<sup>8</sup>. Μέσα από αυτόν τον κατάλογο<sup>9</sup>, συνέκρινα και διάλεξα το αντίστοιχο ενισχυτικό με το HP-140x8. Συγκεκριμένα από τον κατάλογο βρήκα δύο όμοια ενισχυτικά, την ισοσκελή γωνία 110x110x11 με βάρος 18,2kg/m και ροπή αντίστασης ίδια και στους δύο άξονες  $32.80cm^3$ , καθώς και την ανισοσκελή γωνία 110x70x12 με βάρος 15,90kg/m, με ροπή αντίστασης ως προς τον άξονα χ ίση  $33,40cm^3$  και ως προς τον άξονα y ίση  $14,50cm^3$ .

Τέλος, σε σύγκριση της βολβολάμας με χαρακτηριστικά HP-140x8 με βάρος 10,85kg/m και ροπή αντίστασης  $32,50cm^3$ . Παρατηρούμε ότι και με τις δύο επιλογές η ροπή αντίστασης ικανοποιείται. Ακόμα βλέπουμε ότι έχουμε μια αρκετά σημαντική αύξηση βάρους του ενισχυτικού. Με κριτήριο τα δύο παραπάνω, κατέληξα στην επιλογή χρήσης της ανισοσκελούς γωνίας 110x70x12 με βάρος 15,90kg/m, και ροπή αντίστασης ως προς τον άξονα χ ίση  $33,40cm^3$ , λόγω του ότι η ανισοσκελή γωνία είναι ελαφρύτερη από τη ισοσκελή γωνία.

---

<sup>8</sup> Η Εταιρία ΕΛΑΣΤΡΟΝ Α.Ε.Β.Ε. Χαλυβουργικά Προϊόντα συστήθηκε το 1958 ως Εταιρία Α. ΚΑΛΠΙΝΗΣ - Ν. ΣΙΜΟΣ. <https://www.elastron.gr/gr/el/company-profile/> (11/02/2022).

<sup>9</sup> [https://www.elastron.gr/media/uploads\\_file/2021/05/27/p1f6mgusss1q9q13291tv11940j66q.pdf](https://www.elastron.gr/media/uploads_file/2021/05/27/p1f6mgusss1q9q13291tv11940j66q.pdf) (27/12/2021).

## 7. Σχεδίαση καλύμματος σε λογισμικό πεπερασμένων στοιχείων

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η ανάλυση και η υλοποίηση με την χρήση προγράμματος SOLIDWORKS 2020 που έχει ως στόχο την κατανόηση σε βάθος του προγράμματος και την εξαγωγή αποτελεσμάτων σχετικά με τη φόρτιση της κατασκευής του καλύμματος στομίου κύτους σε πίεση και λυγισμό.

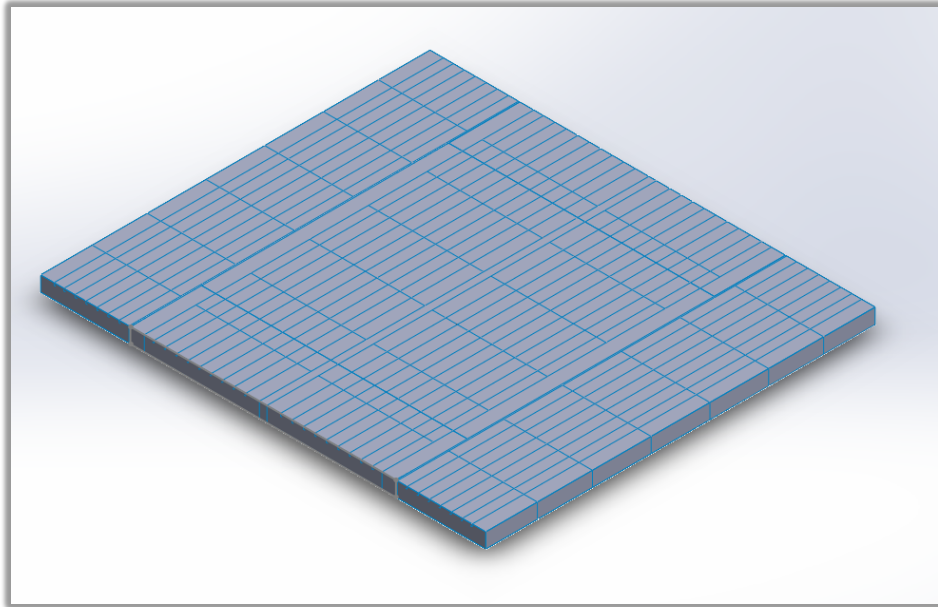
### 7.1 Κατασκευή μοντέλου σε πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων

Όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 6 το κάλυμμα στομίου κύτους που επιλέχθηκε είναι από χάλυβα υψηλής αντοχής και έχει διαστάσεις 18140mm επί 20767mm με τη μεγαλύτερη διάσταση να είναι κατά το διάμηκες του πλοίου. Σύμφωνα με τα κατασκευαστικά σχέδια του υπο μελέτη καλύμματος στομίου, σχεδιάστηκαν τα ελάσματα, τα κύρια και δευτερεύοντα ενισχυτικά. Στο σημείο αυτό να αναφερθεί ξανά ότι η αντικατάσταση της βολβολάμα HP-140x8 κρίθηκε αναγκαία για τη διευκόλυνση της σχεδίασης του μοντέλου με διδιάστατα στοιχεία και επιλέχθηκε ανισοσκελή γωνία 110x70x12 με παρόμοια ροπή αντιστάσεως.

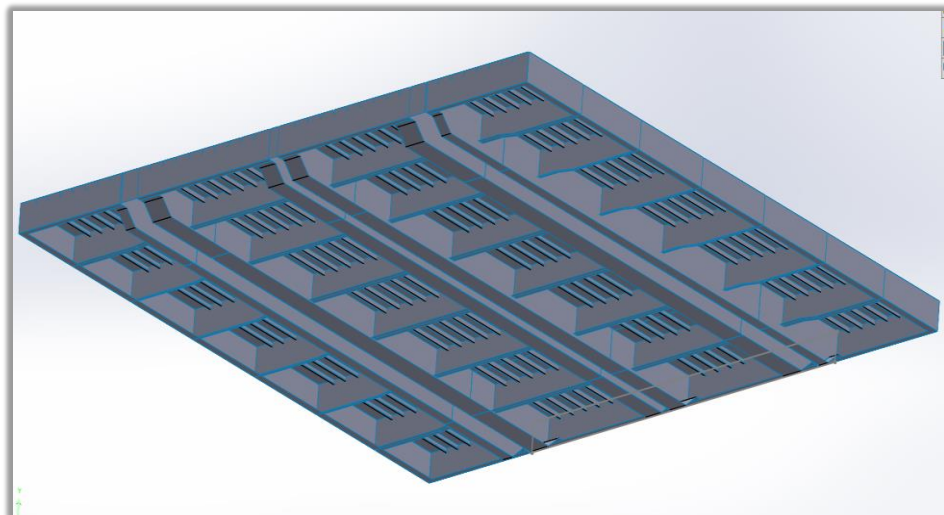
Με την αλλαγή που πραγματοποιήθηκε στη χρήση της βολβολάμας η μορφή ενίσχυσης γίνεται απλούστερη καθώς η κατασκευή συναποτελείται από ένα πλήθος διαμηκών και εγκάρσιων πλακών τοποθετημένων κάθετα στο άνω έλασμα.

Έχοντας δεδομένη τη γεωμετρία του καλύμματος και των ενισχυτικών σχεδιάζεται το μοντέλο στο σχεδιαστικό πρόγραμμα SOLIDWORKS 2020. Στο

σχήμα 7.1 και σχήμα 7.2 παρουσιάζεται η γεωμετρία του μοντέλου που εισήχθη στο SOLIDWORKS.



Σχήμα 7.1

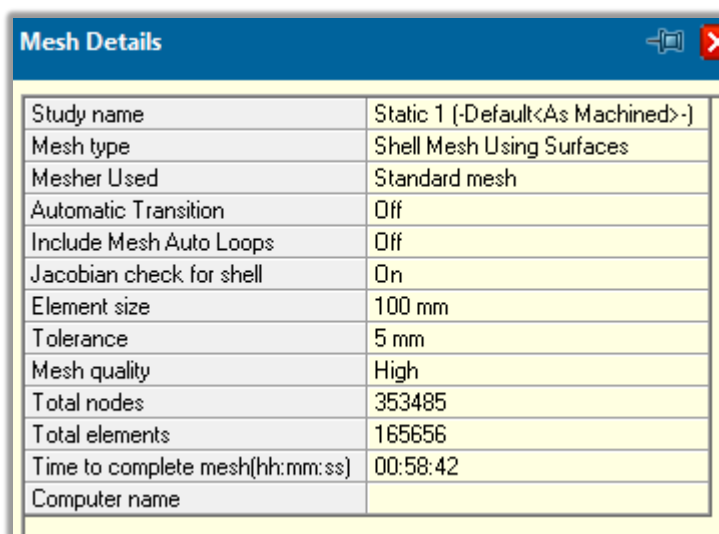


Σχήμα 7.2



Το επόμενο βήμα της σχεδίασης αποτελεί ο προσδιορισμός της γεωμετρίας σε κόμβων (mesh).

Η διακριτοποίηση της γεωμετρίας σε κόμβους αρχικά για τη στατική μελέτη πραγματοποιείται σε τετράγωνα στοιχεία με μήκος  $100 \pm 5\text{mm}$ . Ο συνολικός αριθμός των στοιχείων που δημιουργήθηκαν είναι 165656 και ο αριθμός των κόμβων 353361. Καθώς επίσης ο σχεδιασμός των κόμβων για λυγισμό πραγματοποιείται σε τετράγωνα στοιχεία με μήκος  $100 \pm 5\text{mm}$ . Στο σχήμα 7.3, σχήμα 7.4 και στο σχήμα 7.5 παρουσιάζεται διακριτοποίηση της γεωμετρίας σε στοιχεία, όπου και καθίσταται εμφανής η μορφή που περιγράφηκε.

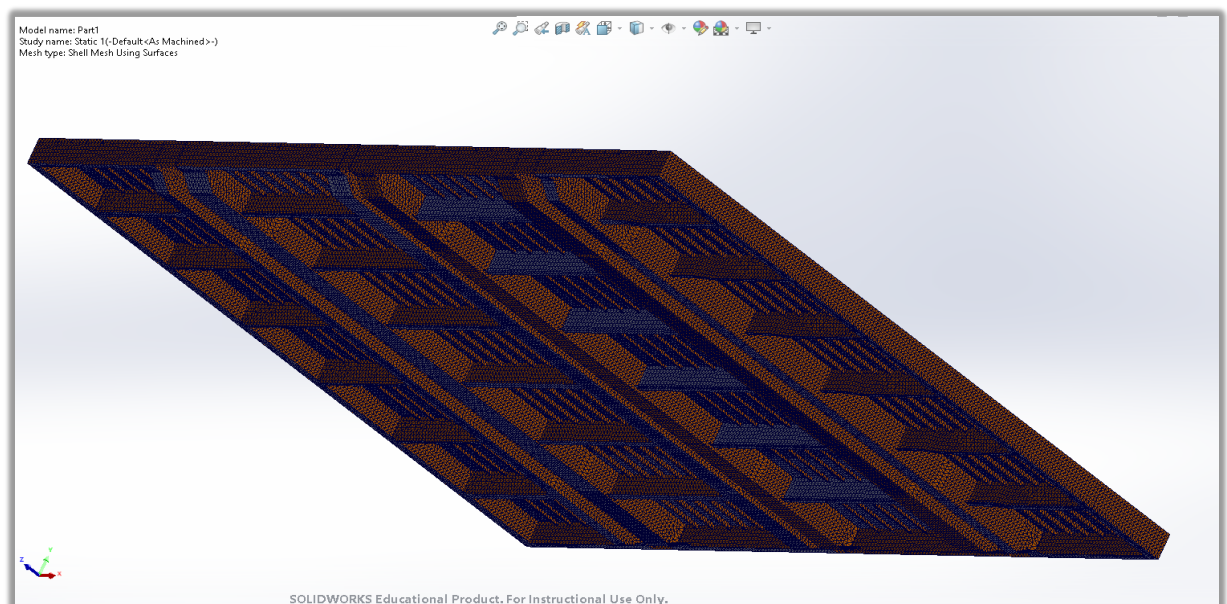


Property	Value
Study name	Static 1 (-Default<As Machined>-)
Mesh type	Shell Mesh Using Surfaces
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian check for shell	On
Element size	100 mm
Tolerance	5 mm
Mesh quality	High
Total nodes	353485
Total elements	165656
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:58:42
Computer name	

Σχήμα 7.3

Mesh Details	
Study name	Buckling 1 (-Default<As Mach
Mesh type	Shell Mesh Using Surfaces
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian check for shell	On
Element size	100 mm
Tolerance	5 mm
Mesh quality	High
Total nodes	353485
Total elements	165656
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:56:56
Computer name	

Σχήμα 7.4



Σχήμα 7.5

Στη συνέχεια, ακολουθεί ο υπολογισμός βάρους της μεταλλικής κατασκευής του καλύμματος στομίου κύτους, ο οποίος είναι σημαντικός για τον

υπολογισμό του βάρους του πλοίου και την κοστολόγηση του καλύμματος. Στον παρακάτω πίνακα 7.1 παρουσιάζεται η συνολική γεωμετρία, βάρος κλπ.

Πίνακα 7.1

Καλύμματα στομίου κύτους	
Μήκος (mm)	20767
Πλάτος (mm)	18140
Ύψος (mm)	699
Μέτρο ελαστικότητας M/m <sup>2</sup>	2.1 10 <sup>11</sup>
Όγκος (m <sup>3</sup> )	10.32
Βάρος (kg)	80529.13

Τέλος, εφαρμόζοντας σταδιακά δυνάμεις παρατηρούμε την κατάσταση αντοχής σε στατική φόρτιση και σε κατάσταση λυγισμού.

## 7.2 Στατική μελέτη

Η σχεδίαση του καλύμματος σχεδιάστηκε σύμφωνα με τον κανονισμό του IACS, Unified Requirements (UR S21). Η φόρτιση που ασκείται υπο μορφή ομοιόμορφης πίεσης που αναγράφει ο κανονισμός υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο.

$$P = 34.3 + \left( \frac{P_{FP} - 34.3}{0.25} \right) \left( 0.25 - \frac{x}{L} \right)$$

Όπου,

$P_{FP}$ : η πίεση στην προραία κάθετο του πλοίου, η οποία ισούται με  $49.1 + (L - 100)a$ ,

$a=0.0726$  για πλοία με υπερκατασκευές τύπου Β,

$x/L$ : ο λόγος της διαμήκουσ απόστασης από το μέσο του καλύμματος στομίου κύτους μέχρι τη προραία κάθετο προς το μήκος του πλοίου.

Στα αποτελέσματα της εργασίας παρουσιάζονται οι τάσεις vonMises και ο έλεγχος έναντι λυγισμού.

Σύμφωνα με το κριτήριο Von Mises<sup>10</sup> η διαρροή επέρχεται όταν η ενέργεια παραμόρφωσης ανά μονάδα όγκου υπερβαίνει την ενέργεια παραμόρφωσης που αντιστοιχεί στην διαρροή, με γενική μορφή:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[ (\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^2 + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \right]} < \sigma_y$$

όπου  $\sigma_y$  η τάση διαροής.

Αρχικά, με σκοπό τον έλεγχο αντοχής του καλύμματος εφαρμόζουμε κατακόρυφη ομοιόμορφη πίεση καθόλη την έκταση του άνω μέρος του ελάσματος του καλύμματος ίση με  $24.5 \text{ kN/m}^2$ , όπου μας δόθηκε από το κατασκευαστικό σχέδιο.

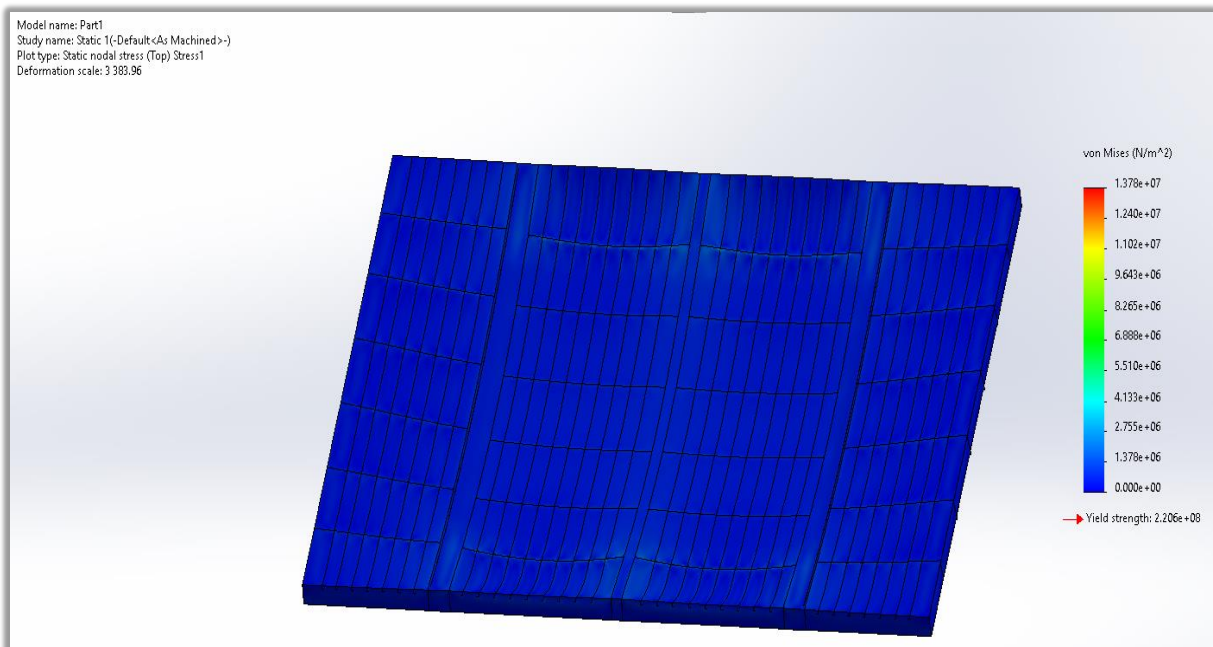
Έπειτα ορίστηκαν οι οριακές συνθήκες που χρησιμοποιήθηκαν με μορφή στήριξης στο κάτω περιμετρικό μέρος των τεσσάρων πλευρών του καλύμματος. Με αρχικό μέγεθος στοιχείων να λαμβάνεται ίσο με μήκος  $100 \pm 5 \text{ mm}$ .

---

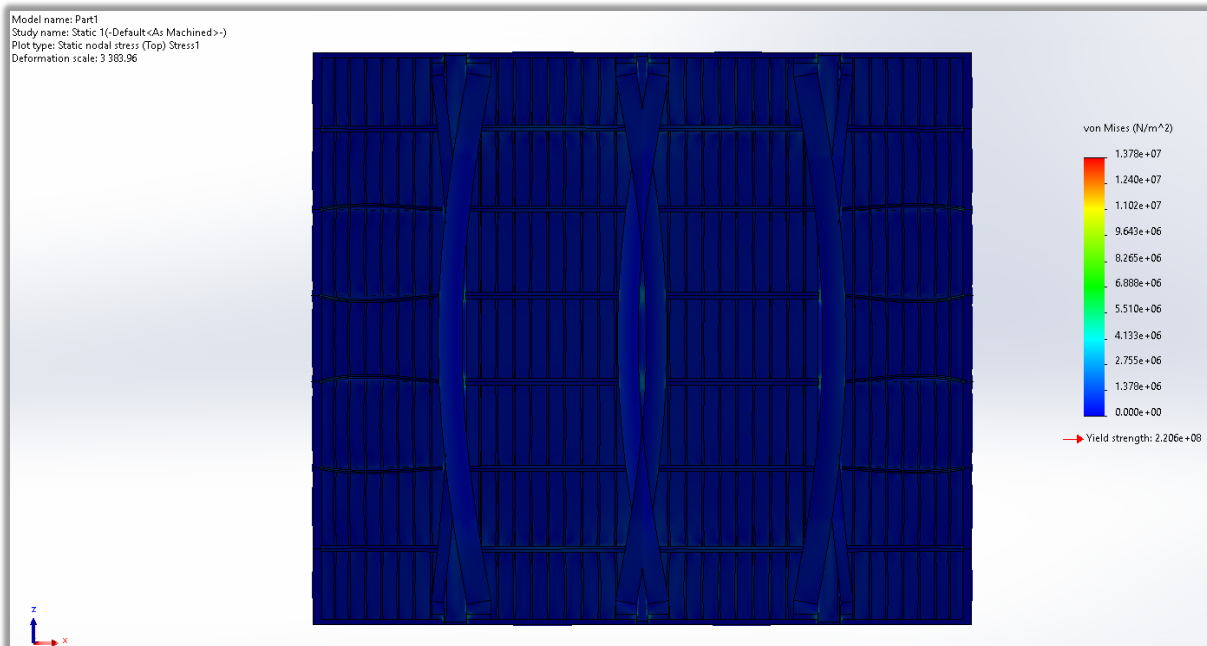
<sup>10</sup> Θεοδουλίδης Α. Σημειώσεις, Στατικής Ανάλυσης Ναυπηγικών κατασκευών «Εισαγωγή στην αντοχή του πλοίου»

Καθώς επίσης, το σύστημα συντεταγμένων με άξονες X, Y και Z επιλέχθηκαν με τέτοιον τρόπο ώστε ο άξονας X να αντιστοιχεί στο μήκος του καλύμματος, ο άξονας Y στο ύψος του καλύμματος και ο άξονας Z να αντιστοιχεί στο πλάτος του καλύμματος. Όπου το μήκος το ύψος και το πλάτος του καλύμματος αντιστοιχούνται με την διαμήκη, κατακόρυφη και εγκάρσια διεύθυνση του πλοίου.

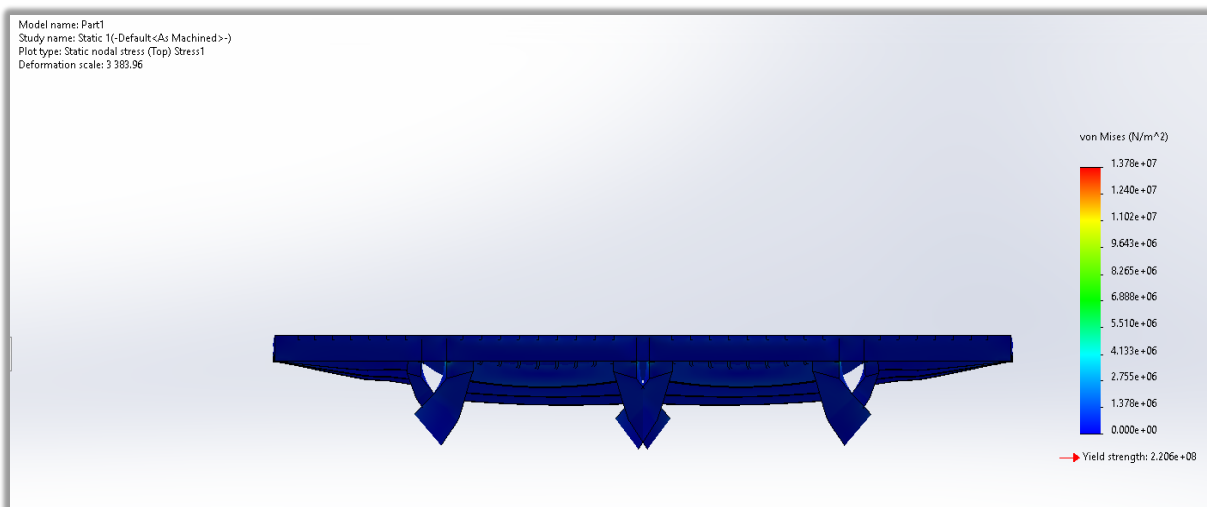
Στα παρακάτω σχήματα 7.6 και 7.7 παρουσιάζονται η κατανομή τάσεων VonMises για κάθε σημείο της γεωμετρίας του υπό μελέτη καλύμματος.



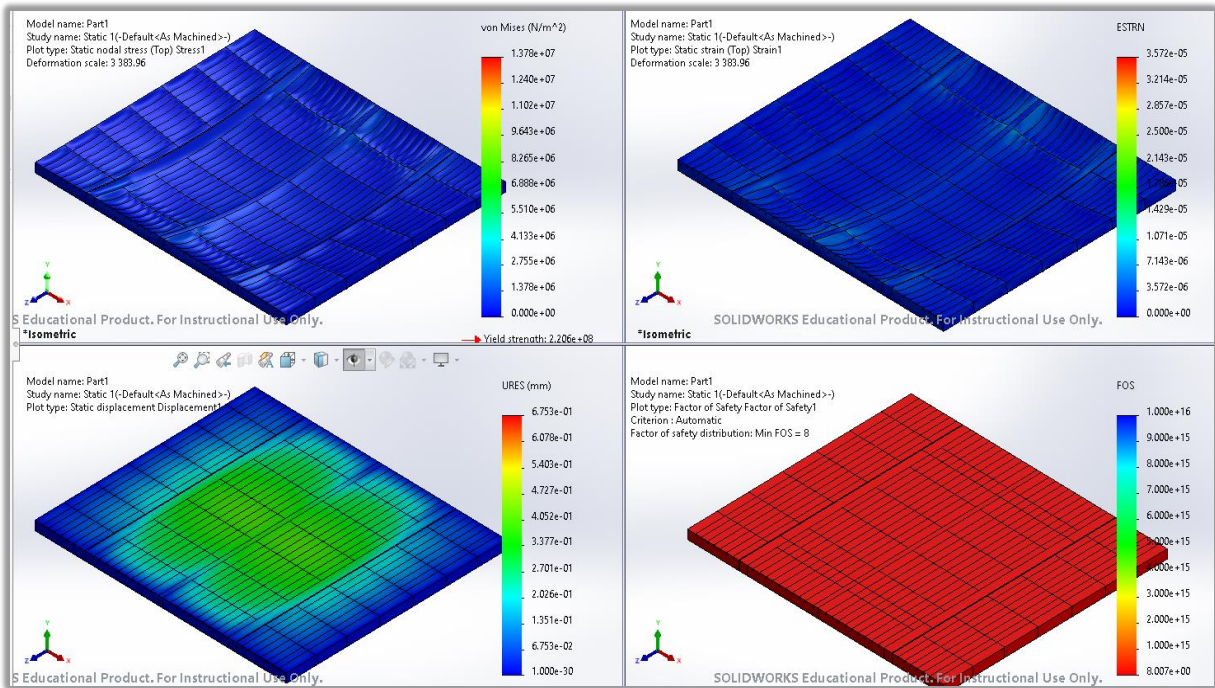
Σχήμα 7.6



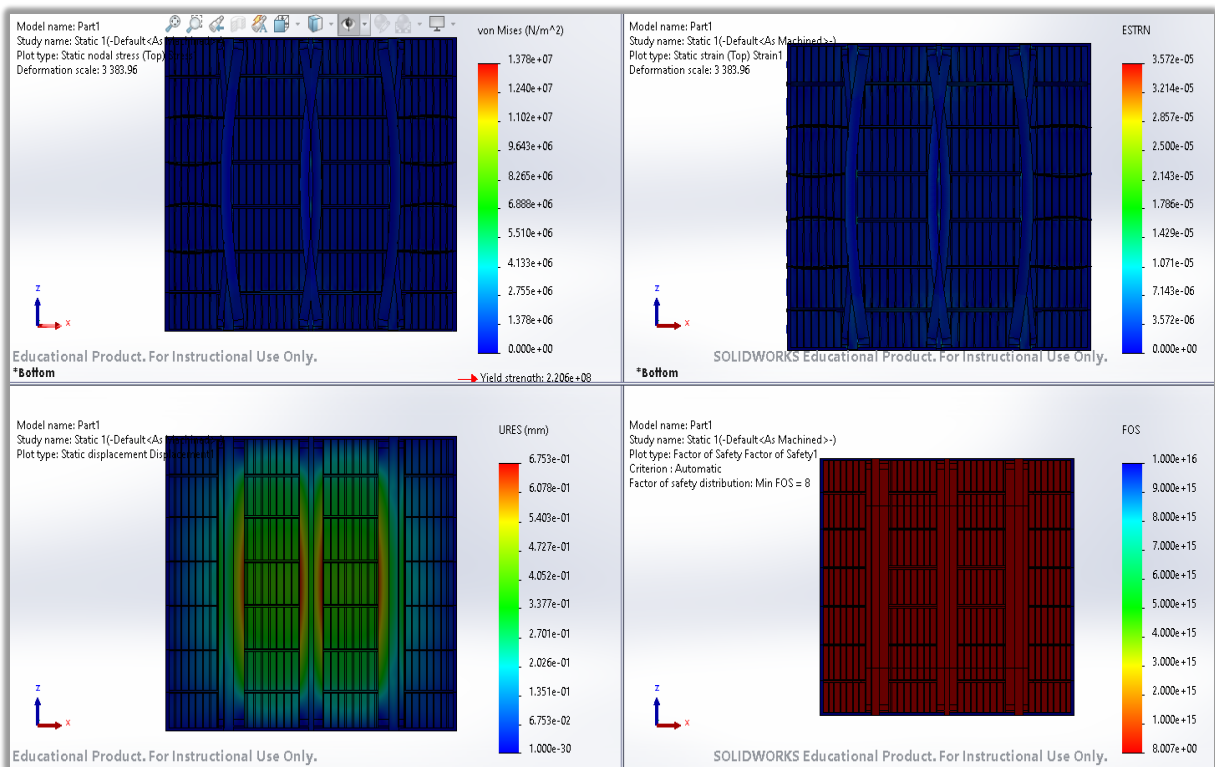
Σχήμα 7.7



Σχήμα 7.8



Σχήμα 7.9

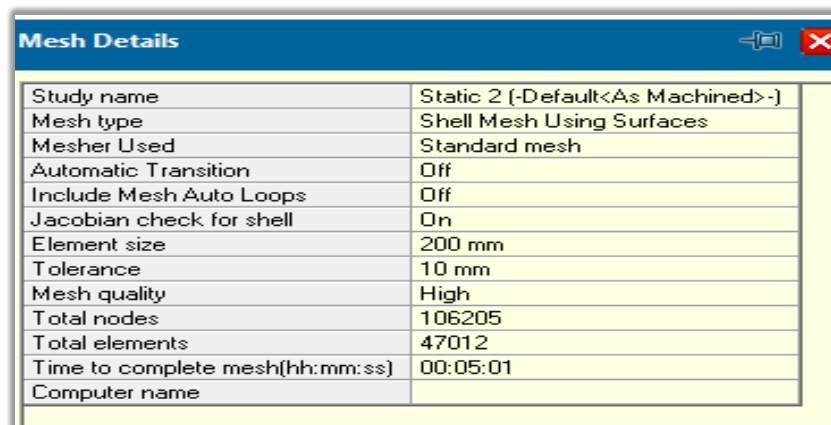


Σχήμα 7.10

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη ομοιόμορφη κατανεμημένη πίεση, ίση με  $24,5 \text{ kN/m}^2$  και καθόλην την επιφάνεια του άνω μέρους του καλύμματος συμπεραίνουμε ότι το όριο διαρροής για την μεταλλική κατασκευή του καλύμματος είναι ίση με  $2,206 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ . Καθώς και η μέγιστη τάση Von Mises που παρουσιάζεται σε αυτή την κατάσταση ομοιόμορφης πίεσης είναι ίση με  $1,378 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ , αρκετά μικρότερη από το όριο διαρροής.

Στην συνέχεια διεξήχθησαν επαναλαμβανόμενες αυξανόμενες φορτίσεις στην κατασκευή του καλύμματος για να βρούμε την μέγιστη φόρτιση όπου η τάση Von Mises θα ξεπεράσει το όριο διαρροής της μεταλλικής κατασκευής του καλύμματος. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα 7.2.

Επιπλέον γίνεται διερεύνηση με διακριτοποίηση τετραγωνικών στοιχείων ίσο με μήκος  $200 \pm 10 \text{ mm}$ , για τις ομοιόμορφες κατανεμημένες πιέσεις  $24,5 \text{ kN/m}^2$ ,  $26,0 \text{ kN/m}^2$ ,  $35,0 \text{ kN/m}^2$ ,  $404,25 \text{ kN/m}^2$  και  $1000 \text{ kN/m}^2$ .



Mesh Details	
Study name	Static 2 [-Default<As Machined>-]
Mesh type	Shell Mesh Using Surfaces
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian check for shell	On
Element size	200 mm
Tolerance	10 mm
Mesh quality	High
Total nodes	106205
Total elements	47012
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:05:01
Computer name	

Σχήμα 7.11



Πίνακας 7.2: Αποτελεσμάτων στατικής ανάλυσης

Δύναμη φόρτισης (N)	Von Mises (N/m <sup>2</sup> ) Mesh 100±5mm	Factor of safety Mesh 100±5mm	Von Mises (N/m <sup>2</sup> ) Mesh 200±10mm
24500	1,378 10 <sup>7</sup>	8,00686	5,569 10 <sup>6</sup>
26000	1,447 10 <sup>7</sup>	-	5,918 10 <sup>6</sup>
35000	1,948 10 <sup>7</sup>	-	7,956 10 <sup>6</sup>
60000	3,339 10 <sup>7</sup>	-	-
196000	1,091 10 <sup>8</sup>	1,0105	-
<b>197819,81</b>	<b>1,103 10<sup>8</sup></b>	<b>1</b>	
392000	2,182 10 <sup>8</sup>	0,504643	-
<b>398125</b>	<b>2,216 10<sup>8</sup></b>	<b>0,49778</b>	-
441000	2,455 10 <sup>8</sup>	-	-
404250	2,25 10 <sup>8</sup>	-	9,189 10 <sup>7</sup>
1000000	-	-	2,273 10 <sup>8</sup>

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα για να φθάσουμε και να περάσουμε το όριο διαρροής που είναι ίσο με  $2,206 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$  σε πλέγμα (Mesh 100±5mm) πρέπει να εφαρμόσουμε δύναμη φόρτισης ίση με **398,1 kN/m<sup>2</sup>** όπου η τάση Von Mises γίνεται ίση με  $2,216 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ .

Επιπλέον, παρατηρούμε ότι για να φθάσουμε και να ξεπεράσουμε το όριο διαρροής χρειαζόμαστε μια δύναμη ίση με 398,1 kN/m<sup>2</sup> και ο συντελεστής

ασφαλείας FoS γίνεται ίσος με την μονάδα όταν έχουμε επιβάλει στο κάλυμμα φορτίο ίσο με 197,82 kN/m<sup>2</sup>.

Τέλος συγκρίνοντας το αποτέλεσμα από το μοντέλο με το αραιότερο πλέγμα (Mesh 200±10mm) παρατηρούμε ότι θέλουμε μεγαλύτερη δύναμη (ίση 1000000N) για να φθάσουμε το όριο διαρροής. Ως απόρροια το πυκνότερο πλέγμα εξάγει ορθότερα αποτελέσματα από το μοντέλο με αραιότερο πλέγμα.

### 7.3 Ανάλυση λυγισμού

Όπως στην στατική μελέτη και εδώ στην ανάλυση λυγισμού, αρχικά θα οριστούν οι οριακές συνθήκες που χρησιμοποιήθηκαν με μορφή στήριξης στο κάτω περιμετρικό μέρος των τεσσάρων πλευρών του καλύμματος. Η αρχική διακριτοποίηση των τετραγωνικών στοιχείων λαμβάνεται ίσο με μήκος 100±5mm.

Έχοντας, σκοπό τον έλεγχο λυγισμού του καλύμματος εφαρμόζουμε κατακόρυφη ομοιόμορφη πίεση καθόλην την έκταση του άνω μέρος του ελάσματος του καλύμματος ίση με 24,5 kN/m<sup>2</sup>, όπου μας δόθηκε από το κατασκευαστικό σχέδιο.

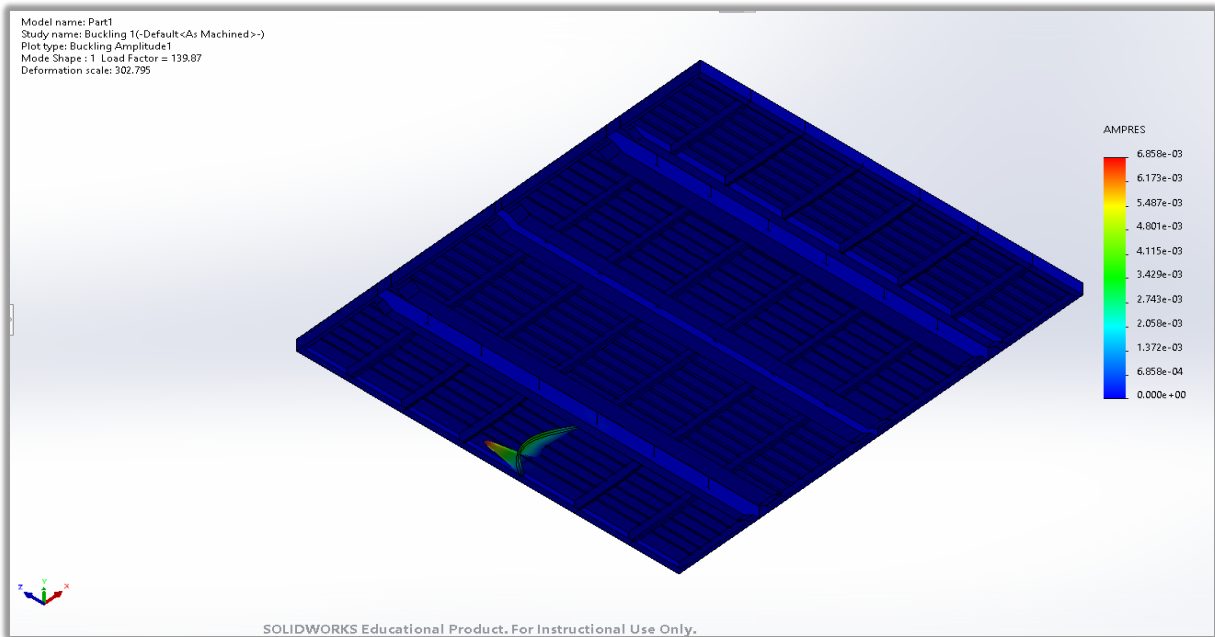
Καθώς και το σύστημα συντεταγμένων με άξονες X, Y και Z επιλέχθηκε με τέτοιων τρόπο ώστε ο άξονας X να αντιστοιχεί στο μήκος του καλύμματος, ο άξονας Y στο ύψος του καλύμματος και ο άξονας Z να αντιστοιχεί στο πλάτος του καλύμματος. Όπου το μήκος το ύψος και το πλάτος του καλύμματος αντιστοιχούνται με τη διαμήκη, κατακόρυφη και εγκάρσια διεύθυνση του πλοίου.

Πίνακας 7.3

<b>Δύναμη φόρτισης (N)</b> <b>Mesh 100±5mm</b>	<b>Buckling load</b> <b>factor</b>
24500	139,87
398125	8,6076
3426900,75	1

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι ο συντελεστής ασφάλειας για την επιβολή ομοιόμορφης πίεσης ίση με 24500N είναι αρκετά μεγαλύτερος της μονάδας και αυτό μας οδηγεί στο ασφαλές συμπέρασμα ότι δεν θα δημιουργηθεί κατάσταση λυγισμού στην κατασκευή μας.

Επιπρόσθετα, παρατηρώντας τους συντελεστές ασφαλείας κατά τον στατικό έλεγχο και κατά την κατάσταση λυγισμού σε επιβολή φόρτισης ίση με 24500N παρατηρούμε ότι ο συντελεστής ασφαλείας φόρτισης (ίσο με 8,00686) είναι μικρότερος του συντελεστή ασφαλείας κατά λυγισμού (ίσος με 139,87). Η παραπάνω παρατήρηση μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το όριο διαρροής θα έρθει πρώτο από το φαινόμενο του λυγισμού κατά την αύξηση επιβολής του ομοιόμορφα κατανεμημένου φορτίου.



Σχήμα 7.12

## 8. Εξαγωγή συμπερασμάτων και μελλοντικές προτάσεις για έρευνα

### 8.1 Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό την μελέτη αντοχής σε διαροή και λυγισμό καλύμματος στομίου κύτους σε πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου.

Με την ολοκλήρωση της μελέτης μπορούμε να προβούμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

- ✓ Η συντήρηση του καλύμματος στομίου αποτελεί μια από τις σημαντικές εργασίες για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος και την ασφάλεια του πλοίου.
  
- ✓ Από την στατική μελέτη συμπεραίνεται ότι η πίεση που εφαρμόστηκε στο κάλυμμα ίση με  $24,5\text{kN/m}^2$  ικανοποιείται. Αυτό συμβαίνει όταν στην στατική φόρτιση και στην κατάσταση λυγισμού έχουμε επαρκή αντοχή της κατασκευής μας με αυξημένους συντελεστές ασφαλείας.

## 8.2 Μελλοντικές προτάσεις για διερεύνηση

Σε αυτήν την ενότητα γίνεται λόγος για μελλοντικές προτάσεις προς διερεύνηση. Όπου δεν είναι εφικτό να συμπεριληφθούν στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είτε λόγω του ότι υπερβαίνει την έκταση της παρούσας μελέτης είτε λόγω ελλείπων στοιχείων.

Μελλοντικές εργασίες:

- ✓ Λεπτομερής έρευνα και μελέτη του κόστους κατασκευής του χαλύβδινου καλύμματος στομίου. Εδώ θα λαμβάνονται υπόψιν τα κέρδη από τη μεταφορά φορτίου απάνω σε αυτό, καθώς και το κόστος του κύκλου ζωής του που περιλαμβάνει τα έξοδα επισκευών και συντήρησης του.
- ✓ Πιθανή αντικατάσταση / μετατροπή του καλύμματος με κάλυμμα ικανότητας μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων επάνω σε αυτό.
- ✓ Μελέτη για την επίτευξη της υδατοστεγανότητας του καλύμματος μεταξύ των διαφόρων πάνελ που συναποτελείται και ο τρόπος σύνδεσης τους.
- ✓ Μελέτη για τον μηχανολογικό εξοπλισμό που απαιτείται για το άνοιγμα ενός τέτοιου καλύμματος και τρόποι ανοίγματος σε περίπτωση βλάβης του κύριου μηχανισμού.

## 9. Βιβλιογραφία

### A. Έντυπη Ελληνόγλωσση

1. Χριστόφορος Γ. Προβατίδης (2016). *Πεπερασμένα στοιχεία στην ανάλυση κατασκευών*. Αθήνα: Τζίολα.
2. Ι. Ε. Κολλινιάτη (2009). *Ναυπηγία*. Αθηνά: Ίδρυμα Ευγενίδου.
3. Γ. Ι. Φαμηλωνίδη (2009). *Ναυτική τέχνη*. Αθηνά: Ίδρυμα Ευγενίδου.
4. Ν. Α. Ζυγομάλα (2011). *Μεταφορά φορτίων*. Αθηνά: Ίδρυμα Ευγενίδου.
5. Γιάννη Θ. Κάππος (2018). *Δημιουργία 3D μοντέλων με το SolidWorks*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.

### B. Έντυπη ξενόγλωσση

6. Dr D. A. Taylor (2000). *Merchant Ship Construction 4<sup>th</sup> ed.* Imarest.
7. Owen F. Hughes & Jeonm Kee Paik (2010). *ship structural analysis and design*. SNAME.
8. Klaas Van Dokkum (2010). *Ship knowledge*. Netherlands: DOKMAR,.

## Γ. Σημειώσεις

9. Θεοδουλίδης Α. Σημειώσεις, Εφαρμογή Κανονισμών Νηογνομόνων «Ενότητα 02: Επιθεωρήσεις κλάσης».
10. Θεοδουλίδης Α. Σημειώσεις, Στατικής Ανάλυσης Ναυπηγικών κατασκευών «Εισαγωγή στην αντοχή του πλοίου».

## Δ. Δικτυακή

11. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.elastron.gr/gr/el/company-profile/> (11/02/2022)
12. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [https://www.elastron.gr/media/uploads\\_file/2021/05/27/p1f6mguss1q9q13291tv11940j66q.pdf](https://www.elastron.gr/media/uploads_file/2021/05/27/p1f6mguss1q9q13291tv11940j66q.pdf) (27/12/2021).
13. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: [https://www.eef.edu.gr/media/2558/nautiki\\_texni\\_pdf\\_site.pdf](https://www.eef.edu.gr/media/2558/nautiki_texni_pdf_site.pdf) (18/06/2022)
14. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.generalcargoship.com/hatch-covers.html> (18/06/2022)
15. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.macgregor.com/Products/products/hatch-covers/folding-hatch-covers/> (18/06/2022)
16. Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <https://www.macgregor.com/Products/products/hatch-covers/stacking-hatch-covers/> (18/06/2022)