



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ
ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

"ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΡΙΓΑΣΤΡΟΥ Ε/Γ- Ο/Γ ΠΛΟΙΟΥ"

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Αθήνα, Ιούνιος 2016

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Ζαραφωνίτη για την καθοδήγηση του και τις πολύτιμες συμβουλές του, καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τον κύριο Μουρκογιάννη για την βοήθειά του κατά την μελέτη της αντίστασης, την κυρία Αλησαφάκη για τις υποδείξεις της κατά την συγγραφή, καθώς και όλο το προσωπικό του Τομέα Μελέτης Πλοίου και Θαλάσσιων Μεταφορών για την βοήθεια τους. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω όλο το ανθρώπινο δυναμικό της σχολής, για τις γνώσεις και την γενικότερη καθοδήγηση που μου προσέφεραν κατά την διάρκεια της φοίτησης μου. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, τους φίλους μου, τους συμφοιτητές μου και όσους με βοήθησαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου, για την υπομονή και την υποστήριξη τους.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το κείμενο αυτό αποτελεί τη διπλωματική εργασία που εκπονήθηκε στο πλαίσιο της φοίτησης μου στη Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών. Επιβλέπων της διπλωματικής αυτής ήταν ο αναπληρωτής καθηγητής της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Γ. Ζαραφωνίτης. Αντικείμενο της είναι η προκαταρκτική μελέτη και σχεδίαση ενός τρίγαστρου επιβατηγού-οχηματαγωγού πλοίου. Το υπό μελέτη πλοίο, όμως, θα έχει μια κύρια διαφορά από τα υπάρχοντα τρίγαστρα πλοία. Ενώ αυτά είναι ταχύπλοα και κινούνται σε αριθμούς Froude 0,6-0,7, το υπό μελέτη πλοίο θα κινείται σε αριθμούς Froude 0,3-0,4. Το γεγονός αυτό αναμένεται να επιφέρει μείωση στην απαίτηση ισχύος πρόωσης του πλοίου, αλλά και αλλαγές στο υλικό κατασκευής του, καθώς δεν είναι πλέον αναγκαίο να κατασκευαστεί από αλουμίνιο ώστε να είναι ελαφρύ. Έτσι, δύναται να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του εξ' ολοκλήρου απλός ναυπηγικός χάλυβας, οδηγώντας σε μια πιο οικονομική κατασκευή. Κατά την πορεία της μελέτης, αρχικά έγινε ενασχόληση με την κατασκευή του σχεδίου Γενικής Διάταξης και τον προσδιορισμό όλων των απαραίτητων χώρων του πλοίου. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε προκαταρκτική μελέτη αντοχής, απ' όπου προέκυψε το Σχέδιο Μέσης Τομής (Midship Section) και το σχέδιο καταστρωμάτων (Profile&Decks), προκειμένου να γίνει μια πρώτη εκτίμηση του βάρους της μεταλλικής κατασκευής. Επίσης, έγινε και ο προκαταρκτικός υπολογισμός των υπόλοιπων βαρών που συνθέτουν το υπό μελέτη πλοίο. Στη συνέχεια, καταστρώνονται οι καταστάσεις φόρτωσης που αντιστοιχούν στη διαδρομή που επιλέχθηκε να ακολουθεί το πλοίο. Τέλος, γίνεται μια σύγκριση με μονόγαστρο επιβατηγό-οχηματαγωγό πλοίο παρόμοιας μεταφορικής ικανότητας σε επιβάτες και οχήματα, από την οποία εξάγεται ένα πρώτο αποτέλεσμα για τη βιωσιμότητά του στη ναυτιλιακή αγορά.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1. Τρίγαστρα σκάφη (TRIMARAN).....	5
1.2. Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας	9
2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΥΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ	12
3. ΣΧΕΔΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ	15
3.1. Κατώτερα καταστρώματα.....	16
3.2. Καταστρώματα μεταφοράς οχημάτων.....	17
3.3. Καταστρώματα μεταφοράς επιβατών.....	18
4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	22
4.1. Υπολογισμός ελασμάτων και δευτερευόντων διαμήκων ενισχυτικών.....	22
4.2. Εγκάρσια Κατασκευαστικά Στοιχεία.....	25
4.3. Συνολικό βάρος μεταλλικής κατασκευής.....	27
5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΚΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ (LS).....	28
5.1. Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής (W _{st}).....	28
5.2. Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης (W _M).....	28
5.3. Βάρος εξοπλισμού (W _{OT}).....	32
5.4. Βάρος ενδιαίτησης (W _{ACC}).....	36
5.5. Βάρος Κενού Σκάφους (W _{LS}).....	38
6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ DWT.....	39
7. ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ, ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΛΗΡΩΜΑΤΟΣ, ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΞΑΡΤΙΣΜΟΥ, ΓΡΑΜΜΗ ΦΟΡΤΩΣΗΣ.....	45
7.1. Καταμέτρηση.....	45
7.2. Σύνθεση πληρώματος.....	48
7.3. Εφαρμογή κανονισμού γραμμής φόρτωσης σύμφωνα με τη Διεθνή Σύμβαση Γραμμής Φορτώσεως 1996.....	51
7.4. Δείκτης εξαρτισμού.....	54
8. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ AVEVA	56
8.1. AVEVA Lines.....	56
8.2. AVEVA Surface & Compartment.....	57
8.3. AVEVA Hydrostatics & Hydrodynamics.....	58
8.4. Μελέτη άθικτης ευστάθειας (Intact Stability).....	59
9. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ.....	64
9.1. Μέθοδος Hughes.....	66
9.2. Επιλογή Κύριας Μηχανής.....	68
10. ΣΥΓΚΡΙΣΗ.....	83
10.1. Μεταφορική Ικανότητα.....	83
10.2. Ταχύτητα Υπηρεσίας.....	84
10.3. Εγκατεστημένη Ισχύς Πρόωσης.....	84
10.4. Ολική & Καθαρή Χωρητικότητα.....	85
10.5. Γενική Σύγκριση.....	85
11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	86
12. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	87
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	88

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Τρίγαστρα σκάφη (TRIMARAN)

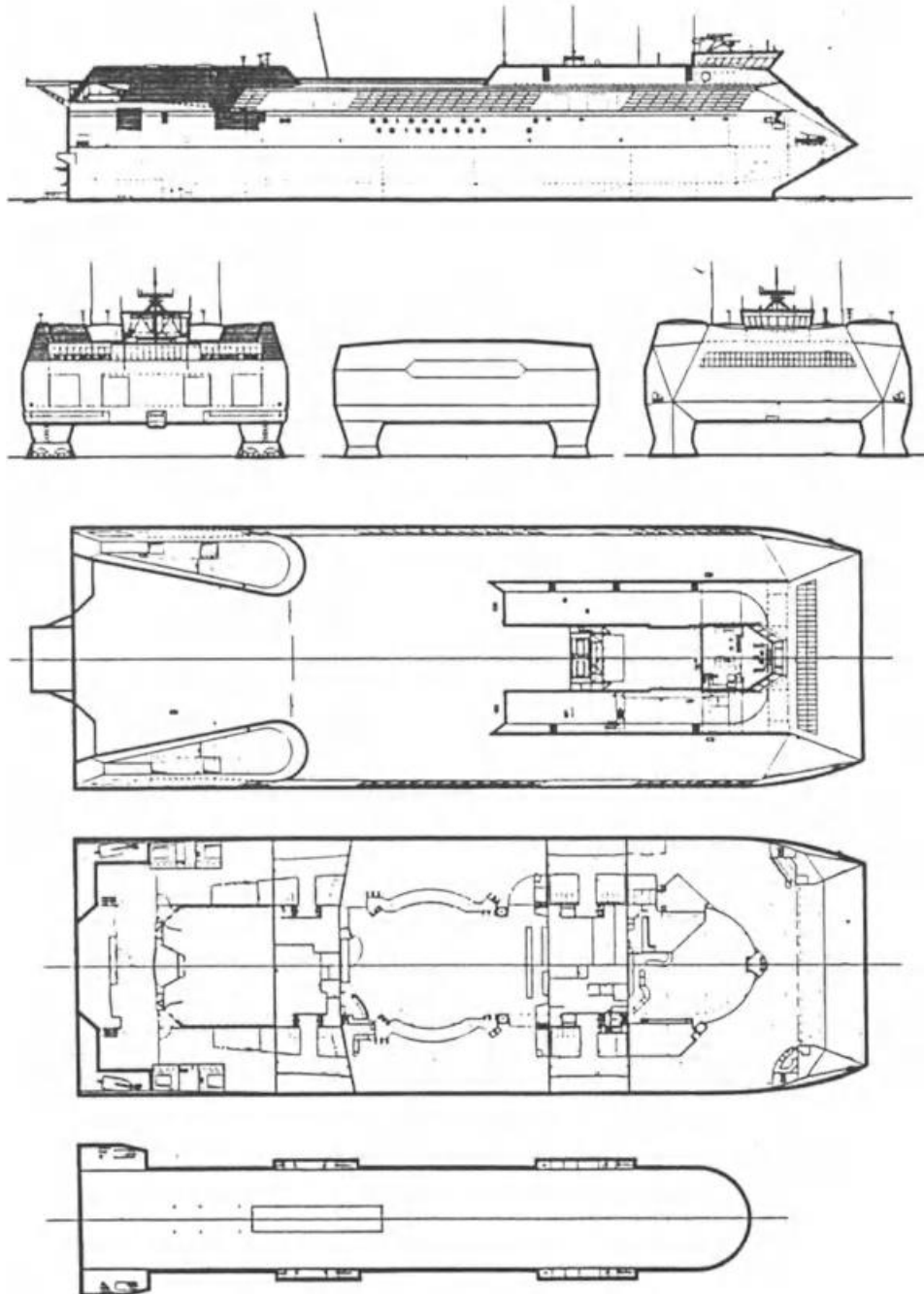
Η σχεδίαση των επιβατηγών πλοίων χωρίζεται σε δύο κύριες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα πλοία συμβατικής σχεδίασης, κύρια χαρακτηριστικά της οποίας είναι πλοία μιας γάστρας (monohull) που κινούνται σε σχετικά μικρούς αριθμούς Froude ($F_n \approx 0.3$), ενώ στη δεύτερη ανήκουν τα πλοία μη συμβατικής σχεδίασης. Τα σκάφη αυτά, μπορεί να έχουν μια ή περισσότερες γάστρες (multihull), και κινούνται, συνήθως, σε αριθμούς Froude > 0.6 .

Τα μη συμβατικής σχεδίασης multihull σκάφη, λόγω της υψηλής ταχύτητας και χαμηλού κόστους κατασκευής και συντήρησης, σε σχέση με άλλους τύπους σκαφών μη συμβατικής σχεδίασης, έχουν γίνει ιδιαίτερα δημοφιλή σε πολλές ναυτιλιακές εταιρίες παγκοσμίως, για την μεταφορά επιβατών για μικρές, σχετικά, αποστάσεις. Ακολουθώντας την αύξηση της δημοτικότητας των επιβατηγών σκαφών, το μέγεθος των multihull σκαφών αυξήθηκε προκειμένου να ικανοποιηθεί και η ανάγκη για μεταφορά οχημάτων Ι.Χ. και φορτηγών. Η εξέλιξη αυτή, έλαβε χώρα, κυρίως στην Αυστραλία, στη δεκαετία του 1980. Οι Σκανδιναβοί κατασκευαστές, με κύριους εκπροσώπους τα ναυπηγεία Westamarin στο Kristiansand της Νορβηγίας, δεν είχαν αρκετά μεγάλες εγκαταστάσεις για να κατασκευαστούν τα σκάφη τέτοιου μεγέθους, έτσι ώστε να ανταγωνιστούν άμεσα αυτά της Αυστραλίας, και έτσι τα αυστραλιανά ναυπηγεία είχαν πλεονέκτημα στο κόστος παραγωγής, ενώ παράλληλα είχαν την ικανότητα να κατασκευάσουν γάστρες από αλουμίνιο, προκειμένου να πέτυχουν την κατάλληλη αναλογία βάρους-εκτοπίσματος (Liang Yun - Alan Bliault, High Performance Marine Vessels, 2012).

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980, η ναυτιλιακή εταιρεία Stena Lines είχε την ευκαιρία να εισάγει γρήγορα multihull σκάφη για την εξυπηρέτηση γραμμών μεταξύ του Ηνωμένου Βασιλείου και της Ευρώπης. Η εταιρία αυτή, συνεργάστηκε με τα ναυπηγεία Finnyards για την ανάπτυξη του HSS (High-Speed Ship), ώστε να αυξήσουν την ταχύτητα και να επεκτείνουν το μέγεθος της γάστρας αυτών των σκαφών σημαντικά. Κυριότερο παράδειγμα αυτής της συνεργασίας είναι το HSS 1500 Stena Explorer, με μήκος 120 m, πλάτος 40 m και ικανό να μεταφέρει 1.500 επιβάτες, 375 αυτοκίνητα, ή 50 φορτηγά και 100 αυτοκίνητα, με υπηρεσιακή ταχύτητα 40 κόμβους, με 4 αεριοστροβίλους τύπου LM1600 και LM 2500 ως κύρια μονάδα παραγωγής ενέργειας, και 4 water jets ως σύστημα πρόωσης. Το σχήμα 1.1 δείχνει τη γενική διάταξη του HSS 1500. Η γραμμή που ακολουθούσε το Stena HSS 1500 από το Hoek van της Ολλανδίας στο Harwich ήταν η πιο αποδοτική οικονομικά γραμμή μεταξύ της Ολλανδίας και του Ηνωμένου Βασιλείου, κατά τη δεκαετία του 1990.

Η ικανότητα μετάβασης στο Ηνωμένο Βασίλειο με ένα αυτοκίνητο μέσα σε 4 ώρες αποτέλεσε μεγάλη καινοτομία, ιδίως όταν το ίδιο το ταξίδι με ένα συμβατικό

μονόγαστρο πλοίο γινόταν περίπου στον διπλάσιο χρόνο. Ο χρόνος ταξιδιού ήταν απλά επαρκής για έναν επιβάτη να γευματίσει, και να παρακολουθήσει μια ταινία σε ένα από τα δύο μικρά σινεμά επί του σκάφους. Δυστυχώς, το κόστος των καυσίμων παρουσίασε αύξηση την προηγούμενη δεκαετία και έτσι η χρήση των αεριοστρόβιλων ως κύρια πηγή παραγωγής ενέργειας στο σκάφος δεν αποτελούσε οικονομική λύση. Το HSS 1500 έχει πλέον μεταφερθεί στη Βενεζουέλα, όπου το κόστος καυσίμων, όντας χαμηλό, δεν αποτελεί τόσο μεγάλο θέμα για την λειτουργία του (Stena report on 18 months of HSS 1500 services, Nov 1997).



Σχημα 1.1. Γενική διαταξη HSS 1500

Η αρχή της διαμόρφωσης και εξέλιξης γρήγορων σκαφών τριπλής γάστρας (trimaran), θα μπορούσε να τοποθετηθεί στη δεκαετία του 1930, λόγω της προσπάθειας κατάρριψης του ρεκόρ ταχύτητας στο νερό. Ένα από τα πρώτα αυτού του είδους ήταν το σκάφος Bluebird K3 / K4, που χτίστηκε το 1939 το οποίο μπορούσε να πιάσει ταχύτητα έως 145 mph (125 κόμβοι). Αρχικά τροφοδοτούταν από έναν παλινδρομικό αεριοστρόβιλο, ενώ μετασκευάστηκε αμέσως μετά την Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο με μια μηχανή De Havilland Goblin για μεγαλύτερη ισχύ πρόωσης. Έτσι, ήταν σε θέση να επιτύχει ταχύτητα περίπου ίση με 170 μίλια/ώρα (147 κόμβοι) σε ήρεμο νερό, προτού βυθιστεί, μετά από πρόσκρουση με ένα βυθισμένο κορμό. Το σκάφος, με το οποίο αντικαταστάθηκε το Bluebird K4, ονομάστηκε Bluebird K7 και ήταν σε θέση να επιτύχει 200 μίλια/ώρα (174 κόμβους), το 1955. Το 1964, μετασκευάστηκε με κινητήρα Orpheus επιτυγχάνοντας υψηλότερη ισχύ πρόωσης και φτάνοντας τα 276 mph (240 κόμβοι) στην Αυστραλία. Το 1967 μια νέα προσπάθεια για ρεκόρ ταχύτητας έγινε στη λίμνη District, στο Ηνωμένο Βασίλειο, αλλά δυστυχώς το σκάφος ανατράπηκε ενώ ταξιδεύετε κοντά στα 300 μίλια/ώρα (260 κόμβοι) (Liang Yun - Alan Bliault, High Performance Marine Vessels, 2012).

Το 2000 η επάνδρωση του πολεμικού πλοίου RV Triton αποτέλεσε σημαντικό σταθμό στην πορεία της εξέλιξης των trimaran. Το σκάφος έχει μήκος 97 m, 22 m πλάτος, 800 τόνους εκτόπισμα και μέγιστη ταχύτητα 20 κόμβους. Το τριμαράν δεν επιλέχθηκε, τελικά, για το πρόγραμμα ανάπτυξης του Βασιλικού Ναυτικού, αλλά παρείχε πολύτιμες γνώσεις για τη λειτουργία και το σχεδιασμό σκαφών τύπου trimaran. Το RV Triton έχει πλέον αγορασθεί από την εταιρία Gardline Marine και από τα τέλη του 2006 λειτουργεί υπό μίσθωση από την αυστραλιανή τελωνειακή υπηρεσία (Triton Trimaran Research Ship, United Kingdom, Αύγουστος 2008).

Κατά την περίοδο που το RV Triton αναπτυσσόταν, η εταιρία Austal επίσης ερευνούσε trimaran για εμπορική εκμετάλλευση. Διαπιστώθηκε ότι η απόδοση σε σχέση με τα ήδη υπάρχοντα καταμαράν βελτιώθηκε, με την τοποθέτηση των πλευρικών γαστρών κοντά στη πρύμνη του σκάφους και όχι στο μέσο του. Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτού του είδους trimaran είναι τα εξής:

- Χαμηλή αντίσταση κυματισμών σε υψηλή ταχύτητα, λόγω της λεπτόγραμμης κύριας γάστρας
- Επαρκής εγκάρσια ευστάθεια λόγω των πλευρικών γαστρών, δίνοντας έτσι καλή απόκριση σε κινήσεις διατοιχισμού.
- Μεγάλος χώρος του καταστρώματος, ιδιαίτερα πρύμνη.

Στο Σχήμα 1.2 φαίνεται το trimaran "*Benchijigua Express*", το οποίο παραδόθηκε από τα ναυπηγεία Austal στην εταιρεία Fred Olsen S.A. για την πραγματοποίηση δρομολογίων στις Καναρίους Νήσους. Είναι ένα από τα μεγαλύτερα επιβατηγά-οχηματαγωγά trimaran εν ενεργεία, ικανό να μεταφέρει 1280 επιβάτες και 340 αυτοκίνητα, σε ταχύτητες μέχρι 40 κόμβους.



Σχήμα 1.1 Benchijigua Express

Το σκάφος τριπλής γάστρας (trimaran) διαθέτει μια κεντρική γάστρα (main hull) και δυο γάστρες (outriggers), συμμετρικές ως προς την κεντρική, εκατέρωθέν της. Οι γάστρες αυτές εξασφαλίζουν την απαιτούμενη άντωση και ευστάθεια και συνδέονται μέσω μιας υπερυψωμένης υπερκατασκευής, η οποία παρέχει το σύνολο του εκμεταλλεύσιμου όγκου. Η απόσταση μεταξύ των πλευρικών γαστρών (outriggers) και της κύριας γάστρας (main hull) είναι ένα μέγεθος που σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά ευστάθειας, μεταφορικής ικανότητας, αντίστασης, κατασκευής και ελιγμών. Όσο η απόσταση αυτή γίνεται μικρότερη, τόσο η αλληλεπίδραση μεταξύ της κύριας γάστρας και των πλευρικών γαστρών μεγαλώνει, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η αντίσταση. Με την επιλογή κατάλληλης απόστασης μεταξύ των γαστρών, είναι δυνατή η σχεδίαση ιδιαίτερα λεπτόγραμμων γαστρών, με στόχο τη μείωση της αντίστασης κυματισμού (Γ.Κ Πολίτης, Αντίσταση Πλοίου, Φεβρουάριος 2011). Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα ενός σκάφους τριπλής γάστρας είναι η μεγάλη επιφάνεια καταστρωμάτων. Το ολικό πλάτος είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό ενός αντίστοιχου μονόγαστρου σκάφους ίδιου μήκους, πράγμα που συμβάλλει άμεσα στην οικονομική του εκμετάλλευση. Τέλος τα σκάφη τύπου trimaran, αν και συνήθως πιο ακριβά στην κατασκευή τους, έχουν μικρότερη εκπομπή ρύπων, λόγω της χαμηλής αντίστασής τους και εμφανίζουν σημαντικό ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας και κατ' επέκταση μείωσης καυσίμων. (T. Lamb ,«Journal of Ship Production and Design», Αύγουστος 2015).

Το υλικό κατασκευής ενός trimaran είναι κυρίως το αλουμίνιο , ενώ τα μικρότερα πλοία κατασκευάζονται από πλαστικό. Ο χάλυβας αποφεύγεται σαν υλικό

κατασκευής, λόγω της τάσης για κατά το δυνατόν μεγαλύτερη μείωση του εκτοπίσματος, που επιβάλλει η ανάγκη επίτευξης μεγάλων ταχυτήτων.

Η πρόκληση τα τελευταία χρόνια είναι η σχεδίαση μιας μορφής γάστρας, η οποία να είναι αρκετά ευσταθής σε μεγάλες ταχύτητες και μπορεί να αξιοποιηθεί για εμπορικούς σκοπούς, ενώ ταυτόχρονα μελετάται και κατά πόσον μπορεί να πλεονεκτεί σε σχέση με άλλους τύπους multihull πλοίων.

1.2. Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και σχεδίαση ενός τρίγαστρου Ε/Γ –Ο/Γ πλοίου χαμηλής ταχύτητας. Κίνητρο της εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η μη ύπαρξη αντίστοιχου πλοίου, καθώς όλα τα ήδη υπάρχοντα πλοία ίδιου τύπου είναι ταχύπλοα. Ειδικότερα, αφού το υπό μελέτη πλοίο θα πλέει σε χαμηλότερες ταχύτητες, ελπίζεται ότι θα είναι οικονομικά πιο βιώσιμο σε σχέση με τα ταχύπλοα, κυρίως λόγω της χαμηλότερης κατανάλωσης πετρελαίου.

Ο ουσιαστικός σκοπός της εν λόγω Διπλωματικής εργασίας είναι να εξεταστεί η εφικτότητα της κατασκευής ενός τρίγαστρου πλοίου, το οποίο κινούμενο σε χαμηλότερες ταχύτητες από αυτές των ταχυπλόων να είναι εμπορικά εκμεταλλεύσιμο.

Εκτιμάται πως μια ταχύτητα της τάξης των 18-22 κόμβων θα ήταν ικανοποιητική για το υπό μελέτη πλοίο και αυτή δύναται να επιτευχθεί με την τοποθέτηση συνήθων μηχανών Diesel και αξονικών συστημάτων, τα οποία θα καταλαμβάνουν σχετικά μικρότερο ποσοστό όγκου και βάρους του πλοίου, ενώ το κόστος αγοράς, συντήρησης και λειτουργίας τους θα είναι σημαντικά χαμηλότερο.

Επιπλέον, λόγω των χαμηλών ταχυτήτων, δεν υφίσταται απαίτηση για υλικό κατασκευής με χαμηλό ειδικό βάρος, όπως το αλουμίνιο, προκειμένου να επιτευχθεί ελαφρύτερη κατασκευή που θα οδηγήσει στην ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων πλεύσης. Συνεπώς, το υπό μελέτη πλοίο κατασκευάζεται με απλό ναυπηγικό χάλυβα, ο οποίος μειώνει επιπρόσθετα το κόστος κτήσης του. Πρέπει τέλος να τονίσουμε ότι κατά την εκπόνηση της εργασίας, κύριος στόχος ήταν η προκαταρκτική μελέτη και η σχεδίαση του πλοίου, χωρίς να δοθεί τόσο μεγάλη βαρύτητα στην υδροδυναμική του βελτιστοποίηση.

Για την εκπόνηση της μελέτης και σχεδίασης του υπό μελέτη πλοίου ακολουθήθηκε η εξής πορεία:

Αρχικά, καθορίστηκαν κάποια βασικά επιχειρησιακά χαρακτηριστικά του πλοίου, ώστε κατά τη σχεδιάσή του να τα προσεγγίσουμε κατά το δυνατόν. Μερικά από αυτά είναι η μεταφορική του ικανότητα όσον αφορά τους επιβάτες και τα οχήματα και η υπηρεσιακή του ταχύτητα. Οι εκτιμήσεις που έγιναν φαίνονται παρακάτω:

Μεταφορική Ικανότητα Επιβατών:

- Θέσεις επιβατών: 1000-1100 επιβάτες
- Καμπίνες επιβατών με κλίνες για 20-30 άτομα

Μεταφορική Ικανότητα Οχημάτων:

- Ικανότητα μεταφοράς 130-150 Ι.Χ. αυτοκινήτων και 30-40 φορτηγών οχημάτων

Ταχύτητα υπηρεσίας:

- Όπως προαναφέρθηκε, επιλέγεται το πλοίο να κινείται σε μια ταχύτητα της τάξης των 18-22 κόμβων.

Επιλέχθηκαν, λοιπόν, τα εξής καταστρώματα:

- 2 κατάστρωμα φόρτωσης φορτηγών οχημάτων ή και Ι.Χ. οχημάτων
- 2 καταστρώματα ενδιαίτησης επιβατών

Για την πρόωση του πλοίου θα χρησιμοποιήσουμε δύο κινητήρες Diesel ως κύριες μηχανές, που θα στρέφουν αντίστοιχα δύο ελικοφόρους άξονες. Με βάση τις ανωτέρω επιλογές πραγματοποιήθηκε η εκπόνηση του σχεδίου Γενικής Διάταξης (General Arrangement). Στη συνέχεια, έγινε ένας προκαταρκτικός υπολογισμός της αντοχής του σκάφους έτσι, ώστε να εκτιμηθεί το βάρος της μεταλλικής κατασκευής W_{st} . Ο υπολογισμός των ελασμάτων της γάστρας και των κυρίων καταστρωμάτων, καθώς και των διαμήκων ενισχυτικών, έγινε με χρήση της εφαρμογής Mars2000 του Bureau Veritas. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός του βάρους μεταλλικής κατασκευής έτσι, ώστε σε συνδυασμό με τον υπολογισμό βαρών εξοπλισμού και ενδιαίτησης, καθώς και υπολογισμό βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης, να εκτιμηθεί το βάρος κενού σκάφους. Σημειώνεται ότι τα βάρη ενδιαίτησης και εξοπλισμού (W_{acc} & W_{ot}) υπολογίστηκαν με τη χρήση τύπων για κάθε επιμέρους βάρος που απαρτίζει την κάθε κατηγορία. Οι τύποι αυτοί λαμβάνονται από τη διδακτορική διατριβή του Σ. Σκούπα (Σκούπας, 2011). Τελικά, προέκυψε το συνολικό βάρος του κενού σκάφους (LS), καθώς και οι αντίστοιχες θέσεις του κέντρου βάρους κατά το διάμηκες (LCG) και κατά το κατακόρυφο (VCG). Στη συνέχεια, με τη χρήση του προγράμματος Lines του Tribon (Marine Lines 2006), σχεδιάστηκαν οι ναυπηγικές γραμμές της γάστρας του πλοίου και με τη χρήση του προγράμματος Surface & Compartment (Marine Surface 2006) πραγματοποιήθηκε μια πλήρης διαμερισματοποίησή του. Επίσης, έγινε ο υπολογισμός των διαφόρων καταστάσεων φόρτωσης μέσω του προγράμματος Hydrostatics & Hydrodynamics (Marine CalcM 2006), με βάση τα αποτελέσματα του οποίου πραγματοποιήθηκε έλεγχος ικανοποίησης των κριτηρίων άθικτης ευστάθειας. Έπειτα, έχοντας ολοκληρώσει μια πρώτη εκτίμηση για το συνολικό βάρος του πλοίου, υπολογίσαμε την αντίστασή του και επιλέξαμε τις κύριες μηχανές του. Τέλος, εκπονήθηκε η μελέτη καταμέτρησης του πλοίου σύμφωνα με τη Διεθνή Σύμβαση Γραμμής Φόρτωσης (International Maritime Organization. International Convention of Tonnage Measurement of Ships 1969) και υπολογίζεται η ολική (GT) και η καθαρή (NT) χωρητικότητα, καθώς και η σύνθεση του πληρώματος.

2.ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΥΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Η σχεδίαση του υπό μελέτη τρίγαστρου επιβατηγού πλοίου γίνεται αντιπαραβάλλοντας το μονόγαστρο 'Blue Star Ithaki' της ελληνικής ναυτιλιακής εταιρίας 'Blue Star Ferries', τα κύρια χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται στον παρακάτω **Πίνακα 2.1**:

NAME OF VESSEL	BLUE STAR ITHAKI
TYPE OF VESSEL	RO-RO PASSENGER
LENGTH OVER ALL (m)	123,8
LENGTH P.P. (m)	111,8
MAX BREADTH (m)	18,9
DEPTH (MAIN DECK) (m)	7,25
MAX SUMMER DRAUGHT (m)	5,1
GROSS TONNAGE (INTERNATIONAL)	10193
TOTAL BREAK HORSE POWER (kW)	16555
DWT (t)	1978
LANE METERS CAPACITY (m) (TRAILERS)	360
CARS CAPACITY	105
NUMBER OF PASSENGERS (SUMMER)	1087
NUMBER OF PASSENGERS (WINTER)	865
PASSENGERS BERTHED	34
SERVICE SPEED (Knots)	24,1

Πίνακας 2.1 Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου 'Blue Star Ithaki'

Πρωταρχικό πρόβλημα της σχεδίασης είναι ο προσδιορισμός των κύριων διαστάσεων του υπό μελέτη πλοίου. Η διάσταση που επιλέγουμε να υπολογίσουμε αρχικά είναι το πλάτος. Το ολικό πλάτος ενός επιβατηγού πλοίου, είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με το συνολικό πλάτος και το πλήθος των φορτηγών οχημάτων που θα μεταφέρονται στο κύριο κατάστρωμα οχημάτων. Τα φορτηγά οχήματα φορτώνονται κατά μήκος του καταστρώματος σε σειρές (lanes), οι οποίες στο υπό μελέτη πλοίο θα έχουν πλάτος 3 m. Το πλάτος αυτό είναι ικανοποιητικό έτσι, ώστε να υπάρχει ικανός χώρος μεταξύ των φορτηγών για την επιβίβαση και αποβίβαση των οδηγών τους. Επίσης, θεωρούμε μια απόσταση μεταξύ των ακριανών σειρών (lanes) των φορτηγών και των τοιχωμάτων του πλοίου, ίση με 1.01 m για την τοποθέτηση των ενισχυτικών, καθώς και για λόγους έγχυσης των φορτηγών οχημάτων. Προκειμένου να προσεγγίσουμε

έναν ικανοποιητικό αριθμό οχημάτων, θεωρήθηκε ότι το υπό μελέτη πλοίο θα μετέφερε 8 σειρές φορτηγών. Έτσι έχουμε:

$$B_{ship} = 8 \cdot 3 + 2 \cdot 1.01 = 26.02 \text{ m}$$

Το μήκος του πλοίου ορίστηκε στα 115 μέτρα έτσι, ώστε το εμβαδόν του κυρίου καταστρώματος να παραμένει παρόμοιο με αυτό του «Blue Star Ithaki» (και ίσο περίπου με 2000 m²).

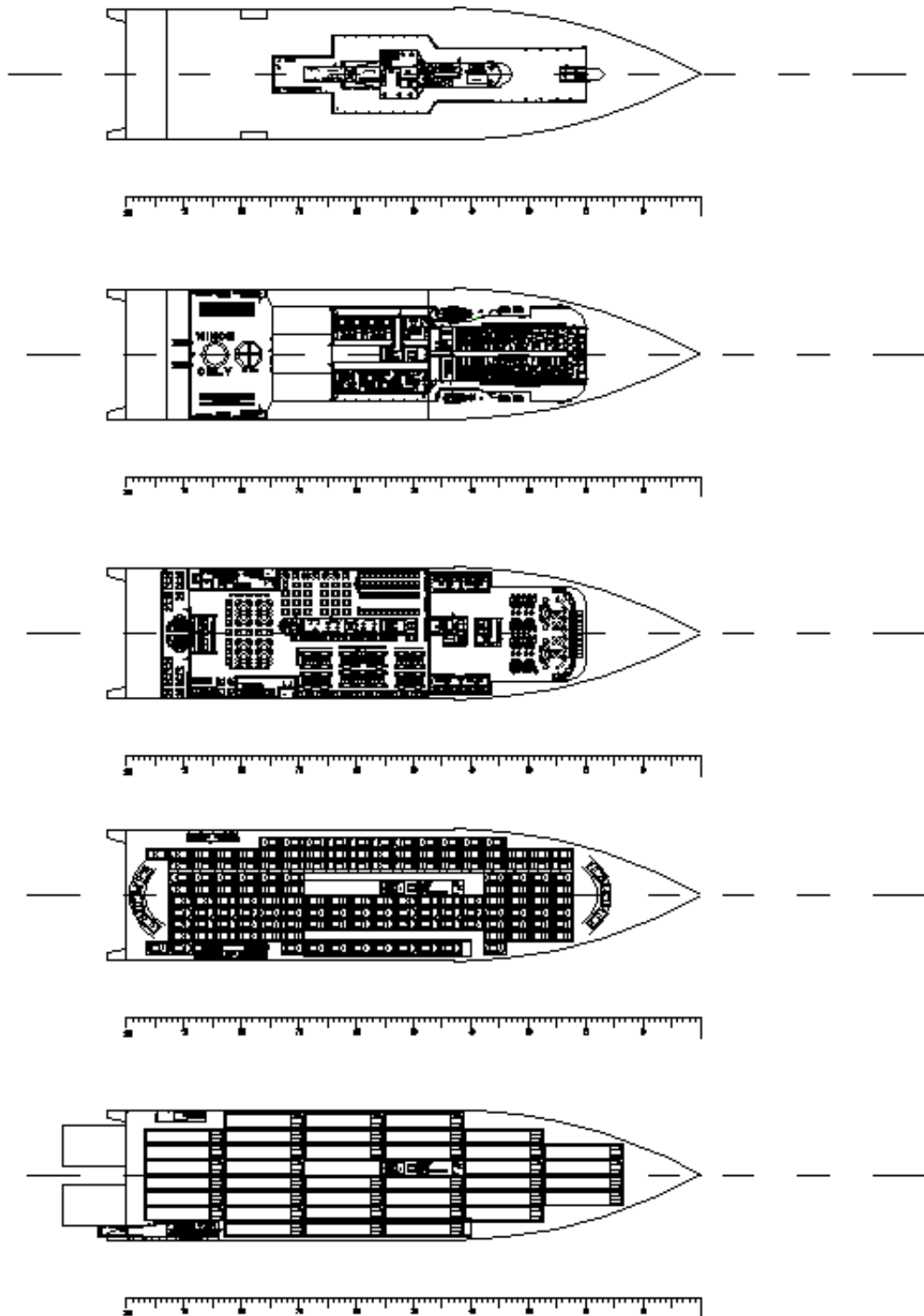
Τέλος, απομένει να γίνει μια πρώτη εκτίμηση για το βύθισμα του υπό μελέτη πλοίου. Αρχικά, επιλέξαμε το πλάτος της κεντρικής γάστρας του πλοίου ίσο με 13 μέτρα (ίσο με το αντίστοιχο πλάτος της κεντρικής γάστρας του 'Benchiijigua Express', βλ. Σχ.1.1). Το βύθισμα ορίστηκε ως 6.2 μέτρα, προκειμένου ο συντελεστής μέσης τομής της κεντρικής γάστρας να είναι αρκετά κοντά με τον συντελεστή μέσης τομής της γάστρας του «Blue Star Ithaki».

Τελικά, επιλέγεται ο παρακάτω Πίνακας 2.2 για τις διαστάσεις του υπό μελέτη πλοίου:

SHIP PARTICULARS		
L_{BP}	115	m
B_{ship}	26.02	m
B_{mainhull}	13	m
B_{outrigger}	2.5	m
T	6.2	m

Πίνακας 2.2 Κύριες διαστάσεις υπό σχεδίαση πλοίου 'LISA'

Το υπό μελέτη πλοίο θα ονομαστεί 'LISA' και μια πρώτη άποψη της γενικής του διάταξης φαίνεται στο επόμενο **Σχήμα 2.2**.



Σχήμα 2.2 Προκαταρκτικό Σχέδιο Γενικής Διάταξης του υπό σχεδίαση πλοίου 'LISA'

3. ΣΧΕΔΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναλύσουμε την ανάπτυξη του σχεδίου γενικής διάταξης του υπό μελέτη πλοίου. Το σχέδιο αυτό θα γίνει σύμφωνα με τους εθνικούς και διεθνείς κανονισμούς ασφαλείας και ενδιαιτήσεως, καθώς επίσης και βάσει προσωπικών σχεδιαστικών επιλογών. Το τελικό Σχέδιο Γενικής Διάταξης του υπό μελέτη πλοίου (Παράρτημα "Α") περιλαμβάνει μια διαμήκη τομή, μια εγκάρσια τομή, καθώς και κατόψεις όλων των καταστρωμάτων. Αρχικά, με βάση τις διαστάσεις που ορίσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, σχεδιάστηκε ένα προκαταρκτικό σχέδιο της μέσης τομής (Midship Section) του υπό μελέτη πλοίου έτσι ώστε να υπολογιστεί η θέση του κάθε καταστρώματος. Στην κεντρική γάστρα τοποθετείται διπύθμενο (double bottom) σε ύψος $h_{DB}=1.2\text{m}$, ενώ σε ύψος $h=4.8\text{m}$ τοποθετήθηκε ένα επιπλέον κατάστρωμα. Οι κανονισμοί της SOLAS ορίζουν ελάχιστο ύψος διπύθμενου ίσο με $B/20 \rightarrow 13/20=0.65\text{m}$, οπότε ικανοποιείται αυτή η συνθήκη. Το πρώτο κατάστρωμα αυτοκινήτων (First Car Deck), το οποίο είναι και το κατάστρωμα στεγανών φρακτών βρίσκεται στα 9.00m , σε απόσταση 2.8m από την ίσαλο σχεδίασης, η οποία απόσταση, αν και σχετικά μεγάλη, θεωρείται αποδεκτή για την επιβίβαση- αποβίβαση των οχημάτων μέσω του πρυμναίου καταπέλτη. Για το ύψος και τον αριθμό των υπόλοιπων καταστρωμάτων θα χρησιμοποιηθούν παρόμοιες επιλογές με αυτές που έχουν γίνει κατά την σχεδίαση ενός συμβατικού Ε/Γ-Ο/Γ πλοίου. Έτσι, θα τοποθετηθούν μετά το πρώτο κατάστρωμα αυτοκινήτων ένα ακόμα κατάστρωμα αυτοκινήτων (Second Car Deck), καθώς και δύο καταστρώματα επιβατών (Passenger Decks). Το ύψος των καταστρωμάτων ορίζεται στα 2.8m .

Μετά την δημιουργία του προκαταρκτικού σχεδίου μέσης τομής, σχεδιάζεται η διαμήκης τομή (Profile) του πλοίου. Το πρωραίο σημείο των καταστρωμάτων επιβατών βρίσκεται από την κατακόρυφη προέκταση της φρακτής σύγκρουσης και πρύμνηθεν. Η πρώτη φρακτή που τοποθετήθηκε, ήταν η φρακτή σύγκρουσης σύμφωνα με τους κανονισμούς της SOLAS (SOLAS 2009, Chapter II-1, Regulation 10) σε απόσταση 9.2 μέτρων από την πρωραία κάθετο (frame 145). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον κανονισμό, η φρακτή σύγκρουσης πρέπει να τοποθετηθεί σε απόσταση a από την πρωραία κάθετο (F.P.) όχι μικρότερη από $0,05L$ ή 10m (όποια είναι μικρότερη) και όχι μεγαλύτερη από $0,08L$ ή $0,05L+3\text{m}$ (όποια είναι μεγαλύτερη και όπου το L το μήκος του πλοίου). Όμως, λόγω της ύπαρξης βολβού, η απόσταση αυτή δεν θα μετρηθεί από τη πρωραία κάθετο, αλλά από τη μικρότερη απόσταση από τις παρακάτω:

-Το μέσο της απόστασης της πρωραίας καθέτου και του άκρου του βολβού

- $0,015L$ μπροστά από τη πρωραία κάθετο

- 3m

Επιπλέον, σύμφωνα με τον παραπάνω κανονισμό, η πρωραία φρακτή σύγκρουσης προεκτείνεται από το κατάστρωμα στεγανών φρακτών (Πρώτο Κατάστρωμα

Οχημάτων), μέχρι το αμέσως επόμενο συνεχές κατάστρωμα (Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων).

Τελικά τοποθετούμε τη φρακτή σύγκρουσης στο frame 145.

Η ισαπόσταση των κατασκευαστικών νομέων (frame spacing) επιλέγεται ίση προς 600mm από την πρύμνη έως τον 12^ο νομέα, από τον 12^ο έως τον 139^ο νομέα ίση προς 800mm και από τον 139^ο νομέα έως την πλήρη του πλοίου ίση προς 600mm. Για την τοποθέτηση των web frames επιλέγουμε την ισαπόσταση των 2,4m. Έτσι, μέχρι το frame 12 έχουμε web frames κάθε 4 κατασκευαστικούς νομείς ($4 \cdot 0,6 = 2,4m$), από το frame 12 μέχρι το frame 139 κάθε 3 κατασκευαστικούς νομείς ($3 \cdot 0,8 = 2,4m$) και από το frame 139 και πρώραθεν κάθε 4 κατασκευαστικούς νομείς ($4 \cdot 0,6 = 2,4m$).

Στη συνέχεια γίνεται αναλυτική περιγραφή των καταστρωμάτων και των σχεδιαστικών επιλογών που έγιναν.

3.1. Κατώτερα καταστρώματα

Διπύθμενο

Το διπύθμενο (Double Bottom), εκτείνεται από το frame 0 έως την φρακτή σύγκρουσης (frame 145). Όπως ήδη αναφέραμε, απέχει 1.20 m από την baseline. Στο διπύθμενο, κάτω από τον χώρο του μηχανοστασίου (frame 45 έως frame 66) έχουν τοποθετηθεί οι δεξαμενές Lube Oil.

Deck 1

Το Deck 1 σηματοδοτεί το ανώτερο έλασμα του διπύθμενου και πάνω σε αυτό το κατάστρωμα βρίσκονται οι κύριες μηχανές, καθώς και οι περισσότερες δεξαμενές του πλοίου. Συγκεκριμένα από το frame 19 έως το frame 45 τοποθετούνται οι πρώτες δεξαμενές θαλάσσιου έρματος (water ballast tanks). Από το frame 66 έως το frame 78 τοποθετούνται οι δεξαμενές diesel oil. Από το frame 78 έως το frame 90 σχεδιάζεται η πρώτη δεξαμενή καυσίμου fuel oil και από το frame 90 έως το frame 102 τοποθετούνται δυο ακόμα δεξαμενές καυσίμου fuel oil. Από το frame 102 έως το frame 114 τοποθετούνται οι δεύτερες δεξαμενές θαλάσσιου έρματος. Τέλος, από το frame 114 έως το frame 126, σχεδιάζονται οι δεξαμενές γλυκού νερού. Το μηχανοστάσιο βρίσκεται μεταξύ του frame 45 και του frame 66, ενώ μεταξύ των frames 126 και 145 βρίσκεται ο χώρος του bow thruster. Πρύμνηθεν της πρυμναίας φρακτής μηχανοστασίου έχει αφεθεί κενός χώρος για την τοποθέτηση των αξόνων των ελίκων. Επίσης, σημειώνεται ότι πρώραθεν της πρωραίας φρακτής σύγκρουσης (frame 145) έχει τοποθετηθεί δεξαμενή ζυγοστάθμισης (Forepeak Water Ballast Tank). Τέλος, σχεδιάζονται 2 κλιμακοστάσια, στα frames 47 και 87 αντίστοιχα, και το bow

thruster tunnel σχεδιάζεται στο frame 130 για την είσοδο στα κατώτερα μέρη του bow thruster room (μεταξύ των frames 126-145).

Πλατφόρμα (Deck 2)

Η πλατφόρμα (Platform) βρίσκεται σε ύψος 4.80 m και χρησιμοποιείται για χώρους της μηχανολογικής εγκατάστασης και χώρους εργασίας του πληρώματος. Ξεκινώντας από την πλώρη, έχουν τοποθετηθεί η Fore Peak Tank και το bow thruster room. Στη συνέχεια, υπάρχουν βοηθητικοί χώροι, όπως δωμάτια ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και ανταλλακτικών (frame 66-78), ενώ ακολούθως έχουν τοποθετηθεί τα βοηθητικά μηχανήματα (auxiliary machinery) της κύριας μηχανής. Στο επόμενο διαμέρισμα υπάρχει άνοιγμα έτσι, ώστε να χωρέσει η κύρια μηχανή που έχει τοποθετηθεί στο Deck 1. Προς την πρύμνη του πλοίου έχουν τοποθετηθεί οι 3 ηλεκτρογεννήτριες (μεταξύ των frames 25-34) και το control room (μεταξύ των frames 25-34). Η σύνδεση μεταξύ των διαμερισμάτων που δημιουργούν οι φρακτές γίνεται μέσω υδατοστεγών θυρών (watertight doors). Το κλιμακοστάσιο του προηγούμενου καταστρώματος στο frame 47 δεν συνεχίζει μέχρι το Deck 3, αλλά έχουμε άλλο κλιμακοστάσιο, που συνδέει τα δυο καταστρώματα στο frame 42.

3.2. Καταστρώματα μεταφοράς οχημάτων

Οι χώροι που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά οχημάτων περιλαμβάνουν το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων (First Car Deck) και το Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων (Second Car Deck). Αριστερά από το διάμηκες επίπεδο συμμετρίας (center line) του πλοίου, και συγκεκριμένα από το frame 32 έως το frame 88, έχει τοποθετηθεί Engine Casing, για την εξυπηρέτηση των χωρών της κύριας μηχανής και των ηλεκτρογεννητριών με πλάτος ίσο με 3.00 m. Το Engine Casing περιλαμβάνει καπναγωγούς για τα καυσαέρια της κύριας μηχανής και των ηλεκτρογεννητριών, αεραγωγούς για την παροχή αέρα στους χώρους της κύριας μηχανής και των ηλεκτρογεννητριών, καθώς και χώρους για τη δίοδο σωληνώσεων και καλωδιώσεων. Τέλος, στο Engine Casing περιέχονται τα κλιμακοστάσια που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κατάστρωμα, ένα επιπλέον κλιμακοστάσιο (μεταξύ των frames 70-73) και έναν ανελκυστήρα (μεταξύ των frames 73-76) που χρησιμοποιούνται από επιβάτες και δυο κλιμακοστάσια (μεταξύ των frames 14-25) για την μετακίνηση των επιβατών στα ανώτερα καταστρώματα. Τέλος, στην πρύμνη του πλοίου τοποθετείται η ράμπα για την είσοδο των επιβατών.

Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων (Deck 3)

Το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων (First Car Deck) αποτελεί το κατάστρωμα στεγανών φρακτών (Watertight Bulkhead Deck), βρίσκεται σε απόσταση 9.00 m από τη βασική γραμμή αναφοράς (Base Line) και είναι το κατάστρωμα από το οποίο εισέρχονται στην πρύμνη οι επιβάτες και τα οχήματα.

Σε αυτό φορτώνονται φορτηγά οχήματα και έχει ύψος 5m. Συνολικά, τοποθετήθηκαν 8 λωρίδες φορτηγών πλάτους 3m. Στο κατάστρωμα αυτό, υπάρχουν χώροι εργασίας του πληρώματος ως προέκταση του Engine Casing. Οι χώροι αυτοί περιλαμβάνουν αποθήκες, δωμάτια, υδραυλικές εγκαταστάσεις, τουαλέτες, ανεμιστήρες για τον κλιματισμό και γραφεία διαχείρισης εμπορευμάτων. Για τη διευκόλυνση της διακίνησης των επιβατών και του πληρώματος, υπάρχει ένα σύστημα κλιμακοστασίων, τοποθετημένο στις πλευρές του πλοίου. Τέλος, στην πρύμνη έχει τοποθετηθεί, επιπροσθέτως του κλιμακοστασίου, και σύστημα ηλεκτρικών κυλιόμενων κλιμάκων.

Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων (Deck 4)

Το Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων (Second Car Deck) βρίσκεται σε ύψος 14.00 m από την τρόπιδα και απέχει 5.00 m από το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων. Υπάρχει η δυνατότητα για τη μεταφορά 149 Ι.Χ. επιβατηγών, χωρισμένα σε 10 σειρές (lanes). Τα συστήματα της πλήρης εκτείνονται προς την πρύμνη μέχρι την προέκταση της φρακτής σύγκρουσης, όπου και ξεκινάνε οι κλειστοί χώροι του καταστρώματος αυτού. Το κλειστό κατάστρωμα, εκτός από τους χώρους οχημάτων, περιλαμβάνει χώρους εργασίας του πληρώματος, αποθήκες, μηχανήματα για τον εξαερισμό στην πλήρη και την πρύμνη, καθώς και χώρους για τη συγκέντρωση των αποσκευών των επιβατών. Στο πρυμναίο άκρο έχει τοποθετηθεί η ηλεκτρογεννήτρια εκτάκτου ανάγκης (emergency generator), η οποία σύμφωνα με τους κανονισμούς (SOLAS 2009) πρέπει να βρίσκεται πάνω από το ανώτερο συνεχές κατάστρωμα (First Car Deck). Για την πρόσβαση των επιβατών και του πληρώματος στο Πρώτο Κατάστρωμα οχημάτων και στο Πρώτο Κατάστρωμα επιβατών διατίθενται τα κλιμακοστάσια στην πρύμνη και στην πλήρη, όπως περιγράφηκαν παραπάνω. Η πρόσβαση των οχημάτων στο Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων γίνεται μέσω ράμπας (μεταξύ των frames 47-90). Σημειώνουμε ότι, σε περίπτωση που κριθεί απαραίτητο μπορεί να μεταφέρει και φορτηγά οχήματα.

3.3. Καταστρώματα μεταφοράς επιβατών

Τα υπόλοιπα δύο κλειστά καταστρώματα χρησιμοποιούνται για την ενδιαίτηση των επιβατών και του πληρώματος. Πάνω από αυτά, υπάρχει το ανοιχτό κατάστρωμα καιρού, το οποίο φιλοξενεί μόνο χώρους εργασίας του πληρώματος. Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (Π.Δ.44/ 2011; Ν.1637/ 1986) οι κλειστοί χώροι ενδιαίτησης επιβατών και πληρώματος δεν πρέπει να εκτείνονται πύραθεν της φρακτής σύγκρουσης σε όλο το ύψος του πλοίου. Έτσι, επιλέγουμε στο υπό μελέτη πλοίο το πρυμναίο άκρο των καταστρωμάτων αυτών να βρίσκεται στη φρακτή σύγκρουσης ή πρύμνηθεν.

Σύμφωνα με τον κανονισμό 9 του κεφαλαίου II-2 της SOLAS (SOLAS 2009), αλλά και σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (Π.Δ.20/ 2012), τα πλοία που μεταφέρουν πάνω από 36 επιβάτες πρέπει να φέρουν στις υπερκατασκευές κατάλληλες φρακτές που να χωρίζουν τους χώρους των επιβατών σε Κύριες Κατακόρυφες Ζώνες (Main Vertical Zones). Οι φρακτές αυτές (Main Fire Bulkheads) πρέπει να είναι κλάσης A-60 και σκοπό έχουν τον περιορισμό ενδεχόμενης πυρκαγιάς σε μία μόνο ζώνη. Το πλάτος και το μήκος των ζωνών αυτών δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 48m και το εμβαδόν τους δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 1600m² σε κάθε κατάστρωμα. Επίσης, οι φρακτές, που ορίζουν τις κατακόρυφες ζώνες, πρέπει να αποτελούν προέκταση των υδατοστεγών φρακτών που βρίσκονται κάτω από το κατάστρωμα στεγανών φρακτών. Με αυτά τα δεδομένα τοποθετούμε στο Πρώτο Κατάστρωμα Επιβατών (First Passenger Deck) μια φρακτή στο frame 78, η οποία χωρίζει το κατάστρωμα σε δύο ζώνες και η οποία προεκτείνεται και στο επόμενο κατάστρωμα επιβατών.

Επισημαίνεται ότι, η σχεδίαση των καταστρωμάτων επιβατών είναι σύμφωνη με τους κανονισμούς ενδιαιτήσεως που περιέχονται στην ελληνική νομοθεσία και συγκεκριμένα με το Π.Δ.44/ 2011 για τους χώρους επιβατών και το Ν.1594/ 1986 για τους χώρους πληρώματος, όπως αναλυτικά παρουσιάζεται στα επόμενα:

Κανονισμοί Ενδιαιτήσεως Επιβατών (Π.Δ.44/ 2011)

- Π.Δ.44/ 2011 , άρθρο 4.4 : Το υπό μελέτη πλοίο πρέπει να διαθέτει κλίνες σε ποσοστό τουλάχιστον 2% του αριθμού των επιβατών.
- Π.Δ.44/ 2011 , άρθρο 5.3: Τα ελεύθερα άκρα των εξωτερικών καταστρωμάτων φέρουν κιγκλίδωμα ή δρύφρακτο ύψους ενός (1) τουλάχιστον μέτρου.
- Π.Δ.44/ 2011 , άρθρο 6.1 : Οι κλειστοί χώροι επιβατών βρίσκονται πρύμνηθεν της πρωραίας φρακτής σύγκρουσης καθ' όλο το ύψος του πλοίου.
- Π.Δ.44/ 2011 , άρθρο 6.2: Οι κλειστοί χώροι επιβατών έχουν καθαρό ύψος τουλάχιστον 2m.
- Π.Δ.44/ 2011 , άρθρο 9.(ε) : Οι θύρες των θαλαμίσκων (καμπίνες) να ανοίγουν προς το εσωτερικό του θαλαμίσκου.
- Π.Δ.44/ 2011 , άρθρο 10.1.(β) : Προβλέπονται δύο (2) τουλάχιστον δίκλινοι θαλαμίσκοι με ιδιαίτερο χώρο υγιεινής για επιβάτες με ειδικές ανάγκες.
- Π.Δ.44/ 2011 , άρθρο 10.1.(γ) : Προβλέπεται ένας (1) τουλάχιστον κοινόχρηστος χώρος υγιεινής για άτομα με ειδικές ανάγκες.
- Π.Δ.44/ 2011 , άρθρο 12.1 : Προβλέπεται ειδικά διαμορφωμένος χώρος για την παραμονή κατοικίδιων ζώων.
- Π.Δ.44/ 2011 , άρθρο 18: Στην περίπτωση λειτουργίας SELF SERVICE εστιατορίου, αυτό βρίσκεται διακεκριμένο από τον υπόλοιπο χώρο επιβατών.
- Π.Δ.44/ 2011 , άρθρο 19.2: Ο ελάχιστος αριθμός αποχωρητηρίων είναι 1 ανά 45 επιβάτες που δεν ενδιαιτώνται σε θαλαμίσκους.
- Π.Δ.44/ 2011 , άρθρο 19.3.(β) : Η επιφάνεια κάθε αποχωρητηρίου είναι τουλάχιστον 1,2m².
- Π.Δ.44/ 2011 , άρθρο 19.3.(δ) : Ο μισός αριθμός αποχωρητηρίων διατίθεται για γυναίκες ενώ δεν επιτρέπονται κοινοί προθάλαμοι ανδρών και γυναικών.

- Π.Δ.44/ 2011 , άρθρο 20.1: Για κάθε επιβάτη που αντιστοιχεί στα ανοικτά καταστρώματα, πρέπει να διατίθεται ένα κάθισμα ή τμήμα πάγκου 0,5m , ενώ για κάθε επιβάτη που αντιστοιχεί στα κλειστά καταστρώματα πρέπει να διασφαλίζεται τουλάχιστον χώρος 1m².

Κανονισμοί Ενδιαίτησεως Πληρώματος (Ν.1594/ 1986)

- Ν.1594/ 1986 άρθρο 5.3.(β) : Το εμβαδόν των υπνοδωματίων που προορίζονται για το κατώτερο πλήρωμα δεν πρέπει να είναι κατώτερο από 3,75m² για ατομικά υπνοδωμάτια, 6m² για υπνοδωμάτια δύο ατόμων και 12m² για υπνοδωμάτια 4 ατόμων.
- Ν.1594/ 1986 άρθρο 5.6 : Τα υπνοδωμάτια αξιωματικών που δεν διαθέτουν ιδιαίτερο χώρο υποδοχής πρέπει να έχουν εμβαδόν τουλάχιστον 7,5m².
- Ν.1594/ 1986 άρθρο 5.10 : Οι ελάχιστες εσωτερικές διαστάσεις της κλίνης να είναι 1,98m X 0,8m.
- Ν.1594/ 1986 άρθρο 6.1 : Το εμβαδό στις τραπεζαρίες αξιωματικών και του κατώτερου πληρώματος να μην είναι μικρότερο από 1m² ανά άτομο για το προβλεπόμενο εκ της συνθέσεως πλήρωμα.
- Ν.1594/ 1986 άρθρο 9.1 : Πρέπει να υπάρχει αποχωρητήριο κοντά στη γέφυρα και στο μηχανοστάσιο για το πλήρωμα που εργάζεται εκεί.
- Ν.1594/ 1986 άρθρο 10 : Το ελεύθερο ύψος των χώρων ενδιαίτησεων του πληρώματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 1.98m.

Σε αρκετές περιπτώσεις παρουσιάστηκαν κατά τη σχεδίαση μεγάλες αποκλίσεις προς τα πάνω σε σχέση με τις ελάχιστες απαιτήσεις των κανονισμών. Οι αποκλίσεις αυτές είναι αποτέλεσμα προσωπικών σχεδιαστικών επιλογών με γνώμονα την άνεση των επιβατών και την ευκολία σχεδίασης.

Πρώτο Κατάστρωμα Επιβατών (Deck 5)

Το Πρώτο Κατάστρωμα Επιβατών (First Passenger Deck) βρίσκεται σε ύψος 19.00 m και έχει ύψος 2.80 m. Το κατάστρωμα αυτό αποτελείται κυρίως από κλειστούς χώρους επιβατών. Συγκεκριμένα, ο κλειστός χώρος του εκτείνεται από το frame 19 έως το frame 138, ενώ ο ανοιχτός χώρος από το frame 1 έως το frame 19. Η πρόσβαση σε αυτό και το επόμενο κατάστρωμα γίνεται μέσω του ανελκυστήρα και των κλιμακοστασίων, όπως έχουν ήδη περιγραφεί στα προηγούμενα. Για την πρόσβαση στο επόμενο κατάστρωμα, εκτός από τα εσωτερικά κλιμακοστάσια, έχουν τοποθετηθεί μεταξύ των frames 14 και 19, δύο (2) κλίμακες που συνδέουν τους ανοιχτούς χώρους του Deck 5 με το επόμενο κατάστρωμα επιβατών. Ξεκινώντας από την πλώρη, στο κατάστρωμα Deck 5 έχουν τοποθετηθεί σαλόνι με μπαρ, χώρος υποδοχής, σαλόνι, αεροπορικές θέσεις και έχει προβλεφθεί χώρος με κυλικείο. Οι συνολικές θέσεις των χώρων αυτών είναι ίσες με 980. Στο χώρο υποδοχής έχουν τοποθετηθεί κάποια δωμάτια εργασίας για το πλήρωμα. Στο πρωραίο και στο πρυμναίο τμήμα του πλοίου έχουν τοποθετηθεί τουαλέτες και λουτρά για άνδρες,

γυναίκες και άτομα με ειδικές ανάγκες. Σημειώνεται ότι μεταξύ των frames 41-46 και frames 88-93 έχουμε εξασφαλίσει συστήματα για την εκκένωση του πλοίου σε περίπτωση ανάγκης (M.E.S - Marine Evacuation Systems) .

Δεύτερο Κατάστρωμα Επιβατών (Deck 6)

Το Δεύτερο Κατάστρωμα Επιβατών (Second Passenger Deck) βρίσκεται σε ύψος 21.80 m από την τρόπιδα, έχει ύψος 2.8m και αποτελείται από κλειστούς χώρους πληρώματος (χώροι εργασίας και καμπίνες), καθώς και καμπίνες και ανοιχτούς χώρους επιβατών. Η πρόσβαση στο κατάστρωμα αυτό γίνεται μέσω των συστημάτων που περιγράφηκαν παραπάνω. Στην πλώρη υπάρχει η γέφυρα του πλοίου, η οποία εκτείνεται και πέρα από τις πλευρές του πλοίου έτσι, ώστε να υπάρχει ορατότητα προς την πρύμνη. Στη συνέχεια έχουν τοποθετηθεί οι καμπίνες των αξιωματικών και οι καμπίνες του πληρώματος. Συνολικά, προσμετρώντας τις καμπίνες των αξιωματικών, υπάρχουν 41 διαθέσιμες κλίνες. Στο μέσο του πλοίου τοποθετήθηκαν οι καμπίνες των επιβατών και οι χώροι εστίασης του πληρώματος. Οι καμπίνες των επιβατών διαθέτουν συνολικά 20 κλίνες και είναι τετράκλινες. Έτσι, έχουμε συνολικά 5 καμπίνες επιβατών (εκ των οποίων η μια είναι deluxe). Στους εξωτερικούς χώρους υπάρχει η δυνατότητα για τη φιλοξενία 100 επιβατών. Οι χώροι αυτοί διαθέτουν σκέπαστρο για τον ήλιο. Στο πρωραίο μέρος έχουν τοποθετηθεί οι δύο (μια σε κάθε πλευρά) σωστικές λέμβοι του πλοίου. Οι λέμβοι αυτές, οι οποίες είναι τύπου MPC32 της εταιρείας SCHAT HARDING (SCHAT HARDING 2011), είναι ημί-ανοιχτού τύπου και μπορούν να μεταφέρουν 150 άτομα έκαστη. Τέλος ,το ανοιχτό τμήμα του καταστρώματος βρίσκεται το ελικοδρόμιο και οι θέσεις φύλαξης σωσίβιων.

Κατάστρωμα Καιρού (Deck 7)

Το Κατάστρωμα Καιρού (Weather Deck) βρίσκεται σε ύψος 24.60 m από την τρόπιδα και είναι εκτεθειμένο εξ ολοκλήρου στις καιρικές συνθήκες. Είναι προσβάσιμο μόνο από το πλήρωμα μέσω κλιμάκων που βρίσκονται στο Δεύτερο Κατάστρωμα Επιβατών. Στο εν λόγω κατάστρωμα έχουμε την κατάληξη των αγωγών καυσαερίων σε φουγάρα, το δωμάτιο πλυντηρίου (laundry room) και την κεντρική μονάδα κλιματισμού.

4.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Το κεφάλαιο αυτό έχει ως αντικείμενο την προμελέτη της αντοχής του υπό μελέτη πλοίου με σκοπό να γίνει δυνατή μια όσο το δυνατό πιο αξιόπιστη εκτίμηση για το βάρος της μεταλλικής κατασκευής του σκάφους. Λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν υφίσταται όμοιο πλοίο με το υπό μελέτη, ο μόνος τρόπος να λάβουμε στοιχεία για τη μεταλλική κατασκευή είναι δια του καθορισμού του πάχους των ελασμάτων και των διαστάσεων των διαμήκων και εγκάρσιων κατασκευαστικών στοιχείων, από τα οποία θα προκύψουν οι αντίστοιχες επιμέρους συνιστώσες του βάρους μεταλλικής κατασκευής W_{ST} . Απώτερος σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι η μέγιστη δυνατή μείωση του βάρους μεταλλικής κατασκευής W_{ST} , έχοντας εξασφαλίσει την απαιτούμενη αντοχή έτσι, ώστε να αυξήσουμε το ωφέλιμο φορτίο (Payload) και ταυτόχρονα να μειώσουμε το κόστος κατασκευής. Για την επιλογή των διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων (ενισχυτικών και ελασμάτων) χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή Mars2000 του Γαλλικού Νηογνώμονα, η οποία διατίθεται ελεύθερα από το διαδίκτυο (VeriSTAR 2015). Τέλος, έγινε υπολογισμός για τα κύρια κατασκευαστικά στοιχεία, δηλαδή τα web frames, τις έδρες του διπύθμενου, τα μπρακέτα και για τις στεγανές φρακτές της κύριας γάστρας του πλοίου. Σε όλους τους υπολογισμούς έχει χρησιμοποιηθεί απλός ναυπηγικός χάλυβας με τάση διαρροής (Yield Stress) ίση προς 250 N/mm^2 , μέτρο ελαστικότητας (Young Modulus) ίσο προς 206000 N/mm^2 και ειδικό βάρος ίσο προς 7.8 t/m^3 . Σημειώνεται ότι στο υπό μελέτη πλοίο η ισαπόσταση των ενισχυμένων νομέων (web frames) είναι 2,4m (κάθε τρεις κατασκευαστικούς νομείς). Τα κατασκευαστικά στοιχεία που τελικά επιλέγονται φαίνονται στο Σχέδιο Μέσης Τομής, το οποίο παρατίθεται στο παράρτημα "B".

4.1. Υπολογισμός ελασμάτων και δευτερευόντων διαμήκων ενισχυτικών

Όπως προαναφέρθηκε, με την εφαρμογή Mars2000 (VeriSTAR 2015), έγινε ο υπολογισμός όλων των διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων, εκτός από τις δοκούς girders των καταστρωμάτων του υπό μελέτη πλοίου. Τα διαμήκη κατασκευαστικά στοιχεία τα οποία υπολογίστηκαν με την εφαρμογή αυτή είναι τα ελάσματα των καταστρωμάτων, τα ελάσματα του περιβλήματος της γάστρας και τα διαμήκη ενισχυτικά των καταστρωμάτων και του περιβλήματος, μέχρι το weather deck. Προκειμένου να εξαχθεί ένα αποτέλεσμα, το οποίο να προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο την πραγματική μορφή των ενισχυτικών, εισήχθησαν στην εφαρμογή Mars2000 οχτώ (8) εγκάρσιες τομές κατά μήκος του πλοίου. Το σχέδιο των τομών λαμβάνεται από τις γραμμές του υπό μελέτη πλοίου, οι οποίες έχουν προέλθει από γραμμές συμβατικού επιβατηγού πλοίου. Η επεξεργασία των γραμμών αυτών περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο. Οι τομές έγιναν σε συγκεκριμένες αποστάσεις από την Α.Ρ., όπως φαίνεται παρακάτω:

- I. Εγκάρσια τομή A.E. (-5.637 m from A.P.)
- II. Εγκάρσια τομή Section 0 (0 m from A.P.)
- III. Εγκάρσια τομή Section 17.25 (17.25 m from A.P.)
- IV. Εγκάρσια τομή Section 40.25 (40.25 m from A.P.)
- V. Εγκάρσια τομή Section 57.5 (57.5 m from A.P.) (*Midship Section*)
- VI. Εγκάρσια τομή Section 74.75 (74.75 m from A.P.)
- VII. Εγκάρσια τομή Section 97.75 (97.75 m from A.P.)
- VIII. Εγκάρσια τομή Section 115 (115 m from A.P.)

Παρακάτω, εμφανίζονται τα βασικά δεδομένα που καταχωρήθηκαν στην εφαρμογή. Οι ορισμοί τους δίνονται στο Manual της εφαρμογής (VeriSTAR 2015).

- Μήκος $L=115$ m
- Πλάτος $B=26.02$ m
- Συντελεστής γάστρας $C_B=0.641$
- Ταχύτητα $V=19.5$ kn
- Κοίλο στο ύψος καταστρώματος αντοχής $D_{at\ strength\ deck}=9$ m
- Κοίλο στο ύψος καταστρώματος εξάλων $D_{at\ freeboard\ deck}=9$ m
- Βύθισμα αντοχής $T_{Scantling}=8.034$ m
- Καμπτική Ροπή σε κατάσταση Hogging S.W.B.M. $Hogging=200000$ kN*m
- Καμπτική Ροπή σε κατάσταση Sagging S.W.B.M. $Sagging=200000$ kN*m

Για τις δύο καμπτικές ροπές (Still Water Bending Moments) δεν υπήρχε η δυνατότητα υπολογισμού τους στη παρούσα φάση κι έτσι εισήχθησαν τα παραπάνω νούμερα. Κατά τον υπολογισμό των καταστάσεων φόρτωσης στο πρόγραμμα Avena Calc & Hydro (Marine Calc), ο οποίος έγινε σε μετέπειτα στάδιο της μελέτης, πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός τους. Διαπιστώθηκε πως τα πραγματικά νούμερα είναι μικρότερα από αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή και έτσι δεν χρειάστηκε η επανεκτίμηση των αποτελεσμάτων.

Συγκεκριμένα, η μέγιστη καμπτική ροπή εμφανίζεται στην κατάσταση άφιξης ερματισμού (Ballast Arrival), είναι ίση με: $BM_{MAX}=196629.1$ kN*m και είναι ροπή τύπου Hogging. Ροπή τύπου Sagging δεν εμφανίστηκε σε καμία από της καταστάσεις φόρτωσης. Βλέπουμε, λοιπόν, πως η επιλογή του μεγέθους των ροπών που κάναμε παραπάνω (S.W.B.M. (Hogging) & S.W.B.M. (Sagging)) καλύπτει τις πραγματικές εμφανιζόμενες ροπές στο πλοίο.

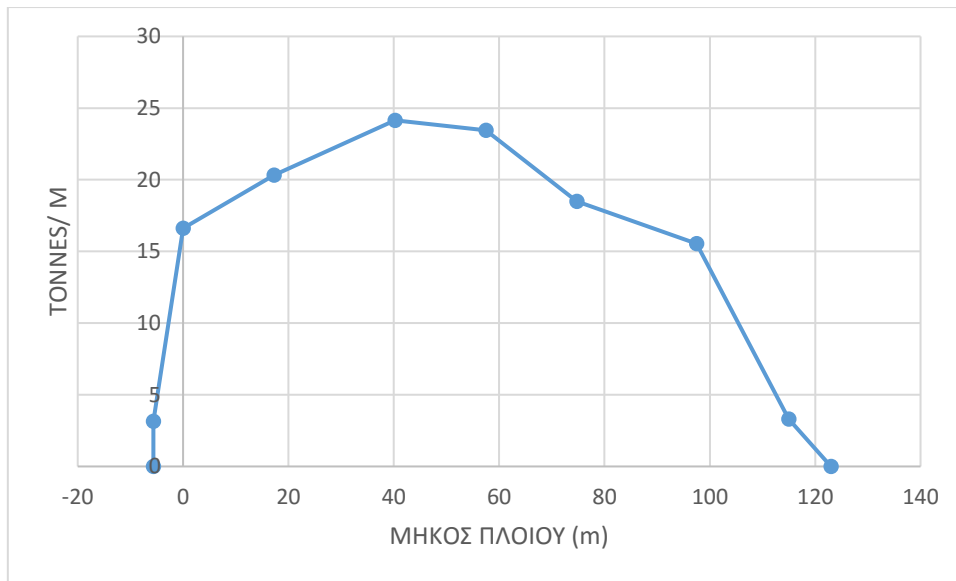
Μετά την εισαγωγή των παραπάνω δεδομένων, ορίσαμε τα εξής χαρακτηριστικά για την κάθε εγκάρσια τομή:

- Τη θέση των ελασμάτων
- Το πάχος των ελασμάτων
- Το μήκος των ελασμάτων
- Την ισαπόσταση των ενισχυτικών
- Τον τύπο και το μέγεθος των ενισχυτικών
- Την ισαπόσταση των Web Frames

Τα Web Frames ορίστηκαν ανά 3 κατασκευαστικούς νομείς (2.4m). Το πάχος των ελασμάτων επιλέγεται ίσο με το ελάχιστο που δίνεται στο πρόγραμμα προσαυξημένο κατά το περιθώριο διάβρωσης. Τα περιθώρια διάβρωσης που λάβαμε από τον νηογνώμονα κυμαίνονται από 0mm έως 2mm για κάθε πλευρά του ελάσματος, ανάλογα με την περιοχή που βρίσκεται το έλασμα. Για τα τμήματα που δεν συμμετέχουν στη διαμήκη αντοχή επιλέγουμε πάχος ελασμάτων ίσο προς 4mm. Για τα διαμήκη ενισχυτικά επιλέγουμε ισαπόσταση ίση προς 600mm, όση είναι και η ισαπόσταση των διαμήκων κατασκευαστικών νομέων. Οι διαστάσεις των ενισχυτικών επιλέγονται από τυποποιημένους πίνακες διαστάσεων ενισχυτικών τύπου Bulb Flat (κατά πρότυπα DIN standards) βάσει τις ελάχιστης Ροπής Αντίστασης (section modulus) που υπολογίζει το πρόγραμμα. Οι εγκάρσιες τομές που προέκυψαν από την εφαρμογή, καθώς και τα ελάσματα και τα ενισχυτικά που επιλέξαμε, παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα "Γ". Στον παρακάτω **Πίνακα 4.1** παρουσιάζονται συνοπτικά σε κάθε τομή το αντίστοιχο βάρος και το κάθε κέντρο βάρους KG που προέκυψε, καθώς το συνολικό κέντρο βάρους όλων των ελασμάτων και ενισχυτικών, που υπολογίστηκε με βάση τη μέθοδο των ροπών. Στο **Σχήμα 4.1** φαίνεται η κατανομή του βάρους των ελασμάτων και των δευτερευόντων διαμήκων ενισχυτικών κατά μήκος του πλοίου σε τόνους ανά μέτρο, όπως αυτή προέκυψε από τα δεδομένα του **Πίνακα 4.1**. Από το σχήμα αυτό και με ολοκλήρωση με τη μέθοδο των τραπεζίων, προκύπτει το ολικό βάρος για τα διαμήκη κατασκευαστικά στοιχεία που υπολογίστηκαν από την εφαρμογή Mars2000 (VeriSTAR 2015). Με θεώρημα ροπών, αφού είναι γνωστή η θέση κάθε τομής, προκύπτει και το LCG του συνολικού βάρους.

DISTANCE	AREA	E	W	KG	Mt
m	m ²	tn/m ³	tn/m	m	tn*m
-5.637	0.40505	7.8	3.15939	7.713	24.36838
0	2.12892	7.8	16.60558	11.216	186.2481
17.25	2.60575	7.8	20.32485	12.161	247.1705
40.25	3.09574	7.8	24.14677	13.81	333.4669
57.5	3.00526	7.8	23.44103	14.153	331.7609
74.75	2.36967	7.8	18.48343	14.651	270.8007
97.5	1.9938	7.8	15.55164	16.1	250.3814
115	0.42237	7.8	3.294486	9.412	31.0077
SUM			125.0072		1675.205
			KG=	13.40	

Πίνακας 4.1 Βάρος και Κατακόρυφη θέση κέντρου βάρους των τομών



Σχημα 4.1 Κατανομή Βάρους Ελασμάτων και Διαμήκων Κατασκευαστικών Στοιχείων

Τελικά έχουμε:

W_{Mars2000} (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
2266.95	50.72	13.40

Πίνακας 4.2 Συνολικό Βάρος και Κατακόρυφη & Οριζόντια θέση κέντρου βάρους

4.2. Εγκάρσια Κατασκευαστικά Στοιχεία

Τα εγκάρσια κατασκευαστικά στοιχεία (transverse supporting members) αποτελούνται από τους ενισχυμένους νομείς (web frames) και τις φρακτές (bulkheads). Οι ενισχυμένοι νομείς (web frames) είναι εγκάρσια ενισχυτικά που τοποθετούνται ανά 2.4m στην πλευρά του πλοίου, καθώς και κάτω από τα καταστρώματα (transverse deck beams). Οι ενισχυμένοι νομείς (web frames) προεκτείνονται και κάτω από το διπύθμενο, όπου σχηματίζουν είτε ανοιχτές έδρες (open floors), είτε στεγανές έδρες (solid floors). Τέλος, οι έδρες που τοποθετούνται στο διπύθμενο, έχουν πάχος ίσο με το αντίστοιχο των ενισχυμένων νομέων (web frames) της πλευράς του πλοίου πάνω από το διπύθμενο.

Webs

Το βάρος και τα διαμήκη και κατακόρυφα κέντρα βάρους (LCG, KG) των ενισχυμένων νομέων (webs) υπολογίστηκαν προσεγγιστικά με τη μεθοδολογία που αναλύεται στη συνέχεια. Αρχικά μετρήσαμε το βάρος των κορμών και των φλαντζών τους, στις τομές που θεωρήσαμε για τον υπολογισμό του W_{MARS2000} . Με βάση τα βάρη αυτά και τη θέση τους κατά το διάμηκες του πλοίου, σχεδιάστηκε προσεγγιστικά μια καμπύλη Spline με οριζόντιο άξονα τη θέση και κατακόρυφο άξονα το βάρος. Στη συνέχεια,

καθορίστηκαν τα βάρη πάνω στην καμπύλη Spline στις θέσεις που τοποθετούνται τα webs, εκεί όπου έχουμε ενισχυμένο νομέα, δηλαδή ανά τρεις κατασκευαστικούς νομείς (2.4m). Από την καμπύλη αυτή υπολογίσαμε το διάμηκες κέντρο βάρους LCG, ενώ από το Σχέδιο Μέσης τομής υπολογίστηκε το κατακόρυφο κέντρο βάρους KG. Το βάρος που υπολογίστηκε προσαυξάνεται κατά 10% λόγω της ενίσχυσης των webs. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι:

W_{WEB} (tonnes)	110.206
LCG (m)	53.47
KG (m)	13.40
TOTAL WEB WEIGHT + 10%	121.227

Πίνακας 4.3 Συνολικό Βάρος *Ενισχυμένων Νομέων* και Κατακόρυφη & Οριζόντια θέση κέντρου βάρους

Floors

Οι έδρες (floors) τοποθετούνται στο διπύθμενο ανά τρεις (3) κατασκευαστικούς νομείς (2.4m). Αν βρίσκονται μέσα σε δεξαμενή (open floors) διαθέτουν ανοίγματα έτσι, ώστε να επιτρέπεται η ελεύθερη ροή του υγρού ή η πρόσβαση του πληρώματος, ενώ αν αποτελούν όριο δεξαμενής είναι συμπαγείς έδρες (solid floors). Το πάχος τους έχει επιλεγεί ίσο προς 10 mm όσο και το πάχος των πλευρικών νομέων (side frames) που ξεκινάνε από το ύψος του διπύθμενου. Για να υπολογιστεί το συνολικό τους βάρος μετρήθηκε το εμβαδόν τους από τις αντίστοιχες εγκάρσιες τομές, καθώς και ο αριθμός τους κατά μήκος του πλοίου. Ακολουθώντας, από το Σχέδιο Μέσης τομής υπολογίστηκε το κατακόρυφο κέντρο βάρους KG, ενώ από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης το διάμηκες κέντρο βάρους LCG. Το βάρος που βρέθηκε, προσαυξάνεται κατά 10% λόγω της ενίσχυσης των webs. Συνολικά, λοιπόν, προέκυψε:

W_{FLOOR} (tonnes)	12.617
LCG (m)	53.47
KG (m)	0.65
TOTAL FLOOR WEIGHT + 10%	13.879

Πίνακας 4.4 Συνολικό Βάρος *Εδρών* και Κατακόρυφη & Οριζόντια θέση κέντρου βάρους

Bulkheads

Οι φρακτές (bulkheads) είναι τα μεταλλικά χωρίσματα που βρίσκονται κάτω από το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων (First Car Deck). Οι φρακτές αυτές, είναι εγκάρσιες υδατοστεγείς φρακτές και περιλαμβάνουν την Φρακτή Σύγκρουσης (Collision Bulkhead), τις φρακτές του μηχανοστασίου και άλλες επτά (7) εγκάρσιες φρακτές, οι οποίες χωρίζουν την κύρια γάστρα του πλοίου σε έντεκα (11) διαμερίσματα. Επιλέγεται να έχουν πάχος 10 mm, όσο είναι και το πάχος των πλευρικών νομέων (side frames) και των εδρών που βρίσκονται στο διπύθμενο. Ύστερα από τη μέτρηση

του εμβαδού τους από το Σχέδιο Μέσης Τομής, υπολογίζεται το βάρος τους και με θεώρημα ροπών (βάσει της διαμήκου θέσης του) υπολογίζεται η αντίστοιχη θέση του κέντρου βάρους τους. Τελικώς, έχουμε:

W_{BULKHEADS} (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
186.6713	46.69	4.37

Πίνακας 4.5 Συνολικό Βάρος Φρακτών και Κατακόρυφη & Οριζόντια θέση κέντρου βάρους

4.3. Συνολικό βάρος μεταλλικής κατασκευής

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα κάθε ομάδας βαρών που υπολογίστηκε. Με την μέθοδο των ροπών υπολογίστηκε και η αντίστοιχη θέση του κέντρου βάρους του συνολικού βάρους της μεταλλικής κατασκευής.

	W	LCG	ML	KG	MT
	(tonnes)	(m)	(m*t)	(m)	(m*t)
HULL&SS	2266.9535	50.72	114969.68	13.40	30379.1
WEB	121.227	53.47	6482.3714	13.40	1624.54
FLOORS	13.879	53.47	742.15177	0.65	9.02135
TBHD	141.545	59.42	6662.3004	5.39	689.666
LONG BHD	45.1263	45.49	2052.649	2.78	125.47
TOTAL	2588.731	51.24	132656.89	12.71	32901.9

Πίνακας 4.6 Βάρος επιμέρους συνιστωσών μεταλλικής κατασκευής και αντίστοιχες Κατακόρυφες & Οριζόντιες θέσεις κέντρων βαρών

Στην ανωτέρω τιμή συνολικού βάρους γίνεται μια προσαύξηση της τάξης του 5% έτσι, ώστε να συνυπολογίζεται περιθώριο λάθους, επομένως έχουμε :

	W (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
Wsteel	2718.167	51.24	12.71

Πίνακας 4.7 Τελική Εκτίμηση Συνολικού Βάρους μεταλλικής κατασκευής και Κατακόρυφη & Οριζόντια θέση κέντρου βάρους

5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΚΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ (LS)

Στο παρόν κεφάλαιο συγκεντρώνονται όλα τα βάρη που απαρτίζουν το κενό σκάφος (Lightship). Αυτά αποτελούνται από το βάρος μεταλλικής κατασκευής W_{ST} , το βάρος εξοπλισμού W_{OT} , το βάρος Ενδιαίτησης W_{ACC} και το βάρος μηχανολογικής εγκατάστασης W_M . Τα επιμέρους στοιχεία της μεταλλικής κατασκευής και τα αντίστοιχα βάρη τους έχουν υπολογιστεί στο προηγούμενο κεφάλαιο 4. Για τον υπολογισμό των επιμέρους κατηγοριών που απαρτίζουν τα βάρη W_{OT} , W_{ACC} και W_M , εφαρμόζεται η μεθοδολογία που αναπτύσσεται στη διδακτορική διατριβή του Σωτήρη Σκούπα με τίτλο 'Ανάπτυξη μεθοδολογίας για τη μελέτη και σχεδίαση-βελτιστοποίηση επιβατηγών-οχηματαγωγών πλοίων νέας τεχνολογίας' (Σκούπας 2011). Στη διατριβή αυτή παρουσιάζονται διάφοροι εμπειρικοί τύποι για τον υπολογισμό των βαρών του κενού σκάφους. Να σημειώσουμε πως το διάμηκες κέντρο βάρους LCG και το καθ' ύψος κέντρο βάρους KG κάθε βάρους μετρήθηκε από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης. Παρακάτω, αναλύονται οι τέσσερις κατηγορίες βαρών που συνθέτουν το LS.

5.1. Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής (W_{st})

Παρακάτω παρουσιάζονται το βάρος μεταλλικής κατασκευής (W_{st}), όπως υπολογίστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

	W (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
Wsteel	2718.167	51.24	12.71

Πίνακας 5.1 Τελική Εκτίμηση Συνολικού Βάρους μεταλλικής κατασκευής και Κατακόρυφη & Οριζόντια θέση κέντρου βάρους

5.2. Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης (W_M)

Το βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης του πλοίου (W_M) θεωρούμε ότι περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:

- A) Βάρος κύριας προωστήριας εγκατάστασης (W_{ME})
- B) Βάρος έλικας (W_{PR})
- Γ) Βάρος άξονα (W_{SH})
- Δ) Βάρος ηλεκτρογεννήτριας (W_{EL})
- E) Βάρος ηλεκτρογεννήτριας εκτάκτου ανάγκης (W_{SEL})
- ΣΤ) Βάρος λοιπών βοηθητικών μηχανήματων (W_{AM})
- Z) Βάρος μειωτήρων (W_{RG})

Με βάση τα κέντρα βάρους των παραπάνω στοιχείων, θα υπολογιστούν οι τελικές τιμές των αντίστοιχων LCG, KG της μηχανολογικής εγκατάστασης με τη μέθοδο των ροπών. Στην παρακάτω ανάλυση χρησιμοποιούνται μαθηματικοί τύποι σύμφωνα με τη διδακτορική διατριβή (Σκούπας 2011).

5.2.1.Βάρος κύριας προωστήριας εγκατάστασης (W_{ME})

Κατά την εκπόνηση της μελέτης μας έχουμε επιλέξει δυο κύριες μηχανές τύπου *Wärtsilä 16V38* με ισχύ πρόωσης 10800 KW η καθεμία. Από τον κατασκευαστή λαμβάνουμε την τιμή του βάρους της κάθε μηχανής, το οποίο ισούται με 110 τόνους. Επομένως έχουμε:

	W (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
W_{ME}	220	42.4	3.4

Πίνακας 5.2 Συνολικό Βάρος προωστήριας εγκατάστασης και αντίστοιχη Κατακόρυφη & Οριζόντια θέση κέντρου βάρους

5.2.2.Βάρος έλικας (W_{PR})

Από το Σχέδιο Γραμμών (Lines Plan) του υπό μελέτη πλοίου, μετράμε διάμετρο έλικας ίση με $D_{PR}=3.9$ m. Έτσι, με βάση τους τύπους υπολογίζουμε το βάρος της κάθε έλικας:

$$W_{PR} = 0.127 * D_{PR}^{2.852}$$

όπου W_{PR} σε [tn] και D_{PR} η διάμετρος της έλικας σε [m]. Οπότε υπολογίζουμε:

$$W_{PR} = 0.127 * 3.9^{2.852} = 6.16 \text{ tn}$$

Άρα το βάρος και των δύο ελίκων θα είναι:

$$W_{PR} = 2 * 6.16 = 12.32 \text{ tn}$$

Από την γενική διάταξη μετράμε τις τιμές των LCG και KG, άρα έχουμε:

	W (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
W_{PR}	12.32	2.4	2.1

Πίνακας 5.3 Συνολικό Βάρος Ελίκων και αντίστοιχη Κατακόρυφη & Οριζόντια θέση κέντρου βάρους

5.2.3.Βάρος άξονα (W_{SH})

Από τη γενική διάταξη μετράμε μήκος ελικοφόρου άξονα ίσο με $L_{SH}=34$ m. Έτσι με βάση τους τύπους υπολογίζουμε το βάρος του κάθε άξονα:

$$W_{SH} = L_{SH}(0.0962 * P - 33.793) * 10^{-3}$$

όπου W_{SH} σε tn, L_{SH} το μήκος του άξονα σε [m] και P_{SH} το φορτίο σε [kW]. Οπότε υπολογίζουμε:

$$W_{SH} = L_{SH}(0.0962 * P - 33.793) * 10^{-3} = 36.79 \text{ tn}$$

Οπότε το βάρος και των δύο αξόνων θα είναι:

$$W_{SH} = 2 * 36.79 = 73.58 \text{ tn}$$

Τα αντίστοιχα κέντρα βάρους, LCG και KG, προκύπτουν από τη γενική διάταξη.

Έτσι έχουμε:

	W (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
W_{SH}	73.58	20	2.1

Πίνακας 5.4 Συνολικό Βάρος ελικοφόρου άξονα και αντίστοιχη Κατακόρυφη & Οριζόντια θέση κέντρου βάρους

5.2.4.Βάρος ηλεκτρογεννήτριας (W_{EL})

Για να υπολογίσουμε τα αντίστοιχα βάρη των ηλεκτρογεννητριών, αρχικά πρέπει να υπολογίσουμε την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ του πλοίου. Σύμφωνα με (Σκούπας, 2011) έχουμε :

$$P_{EL} = 0.175 * P_{ME}^{0.831}$$

όπου P_{EL} σε [kW], P_{ME} η συνολική εγκατεστημένη ισχύς σε [kW].

Οπότε υπολογίζουμε:

$$P_{EL} = 0.175 * 21600^{0.831} = 699.8 \text{ kW}$$

Επιλέγουμε δύο (2) ηλεκτρογεννήτριες, η κάθε μια εκ των οποίων είναι ικανή να καλύψει την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ του πλοίου. Η τελική επιλογή συγκλίνει στις γεννήτριες 1200W6L20 της Wärtsilä, οι οποίες σύμφωνα με τον κατασκευαστή έχουν ισχύ 1200 kW και βάρος 20.6 tn η κάθε μία. Λαμβάνοντας υπόψη την θέση που τους έχουμε ορίσει στην γενική διάταξη, τελικά καταλήγουμε στον επόμενο πίνακα:

	W (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
W_{EL}	41.2	20.7	6.5

Πίνακας 5.5 Συνολικό Βάρος Γεννητριών και αντίστοιχη Κατακόρυφη & Οριζόντια θέση κέντρου βάρους

5.2.5.Βάρος ηλεκτρογεννήτριας εκτάκτου ανάγκης (W_{SEL})

Η ισχύς της ηλεκτρογεννήτριας εκτάκτου ανάγκης (Emergency Generator) θεωρείται ίση με τη μισή ισχύ του ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους, όπως υπολογίστηκε παραπάνω. Έτσι λοιπόν προκύπτει:

$$P_{SEL} = 0,5 * 699.8 = 349.9 \text{ kW}$$

Συνεπώς επιλέγουμε μια γεννήτρια 455W5L16 της Wärtsilä με βάρος 9.8 tn και ισχύ 455 kW. Τα αντίστοιχα κέντρα βάρους LCG και KG θεωρούνται ίδια με αυτά των κυρίων ηλεκτρογεννητριών άρα:

	W (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
W_{SEL}	9.8	20.7	6.5

Πίνακας 5.6 Βάρος Γεννήτριας Εκτάκτου Ανάγκης και αντίστοιχη Κατακόρυφη & Οριζόντια θέση κέντρου βάρους

5.2.6.Βάρος λοιπών βοηθητικών μηχανήματων (W_{AM})

Από τους αντίστοιχους τύπους σύμφωνα με (Σκούπα, 2011) έχουμε:

$$W_{AM} = 0.002 (P_{EL} + P_{ME})$$

όπου P_{EL} η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς σε [kW], P_{ME} η συνολική εγκατεστημένη ισχύς της κύριας προωστήριας εγκατάστασης σε [kW].

Οπότε υπολογίζουμε:

$$W_{AM} = 0.002 (699.8 + 21600) \rightarrow W_{AM} = 44.6 \text{ tn}$$

Τα κέντρα βαρών LCG και KG του βάρους λοιπών βοηθητικών μηχανήματων W_{AM} λαμβάνονται ίσα με τα αντίστοιχα της κύριας προωστήριας εγκατάστασης.

	W (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
W_{AM}	44.6	42.4	3.4

Πίνακας 5.7 Βάρος λοιπών βοηθητικών μηχανήματων και αντίστοιχη Κατακόρυφη & Οριζόντια θέση κέντρου βάρους

5.2.7.Βάρος μειωτήρων (W_{RG})

Επιλέγουμε δύο μειωτήρες ZF W83100 NC2, με λόγους μείωσης 2.486-6.364 και τη δυνατότητα να δεχτούν φορτίο έως 11576 hp. Οι μειωτήρες έχουν βάρος 9.3 tn, ο καθένας, συνολικά δηλαδή 18.6 tn και από την γενική διάταξη μετράμε τις τιμές των LCG και KG, οπότε έχουμε:

	W (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
W_{RG}	18.6	36.8	3.4

Πίνακας 5.8 Βάρος Μειωτήρων και αντίστοιχη Κατακόρυφη & Οριζόντια θέση κέντρου βάρους

Επομένως, για το συνολικό βάρος μηχανολογικής εγκατάστασης (W_M) είναι:

	W	LCG	ML	KG	MT
	(tonnes)	(m)	(m*t)	(m)	(m*t)
W_{ME}	220	42.4	9328	3.4	748
W_{PR}	12.32	2.4	29.568	2.1	25.872
W_{SH}	73.58	20	1471.6	2.1	154.518
W_{EL}	41.2	20.7	488.52	6.5	153.4
W_{SEL}	9.8	20.7	202.86	6.5	63.7
W_{AM}	44.6	42.4	1891.04	3.4	151.64
W_{RG}	18.6	36.8	625.6	3.4	57.8
TOTAL	400.9	35.01419	14037.2	3.379721	1354.93

Πίνακας 5.9 Συνολικό Βάρος μηχανολογικής εγκατάστασης

5.3.Βάρος εξοπλισμού (W_{OT})

Το βάρος εξοπλισμού του πλοίου (W_{OT}) θεωρούμε ότι περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:

A) Βάρος εξαρτισμού (W_{EN})

B) Βάρος bow thrusters (W_{BTH})

Γ) Βάρος κύριας μονάδας κλιματισμού (W_{ac})

Θα υπολογίσουμε το βάρος, και τις αντίστοιχες θέσεις κέντρων βαρών LCG και KG κάθε επιμέρους στοιχείου, προκειμένου να βρούμε τα αντίστοιχα συνολικά μεγέθη όλου του εξοπλισμού.

5.3.1.Βάρος εξαρτισμού (W_{EN})

Υπολογίζεται ο δείκτης εξαρτισμού στο κεφάλαιο 7.4, με τιμή $EN=1570$. Επομένως, από την παρακάτω σχέση προκύπτει το βάρος εξαρτισμού.

$$W_{EN} = 6.549 \cdot 10^{-2} EN + 4.101,$$

και αντικαθιστώντας το EN προκύπτει:

$$W_{EN} = 106.281 \text{ tn}$$

Για τα κέντρα βαρών του W_{EN} , θεωρούμε το LCG λίγο πώραθεν από τη μέση τομή λόγω του αυξημένου βάρους των αγκυρών, και το KG στο υψηλότερο κατάστρωμα οχημάτων. Συνεπώς έχουμε:

	W (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
W_{EN}	106.281	60	19

Πίνακας 5.10 Συνολικό Βάρος εξαρτισμού

5.3.2.Βάρος bow thrusters (W_{BTH})

Το πλοίο μας χρησιμοποιεί ένα bow thruster, του οποίου το βάρος δίνεται από τον τύπο:

$$W_{BTH} = 2.200 \cdot 10^{-3} \cdot P_{BTH}$$

Όπου $P_{BTH} = \max\{350, L / 0.2\} \rightarrow P_{BTH} = \max\{350, 115 / 0.2\} \rightarrow P_{BTH} = 575 \text{ kW}$

Τελικά:

$$W_{BTH} = 2.908 \text{ tn}$$

Από το σχέδιο της γενικής διάταξης έχουμε ότι το LCG = 105.54 m , και το KG=2.5 m. Συνεπώς έχουμε:

	W (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
W_{BTH}	2.908	105.54	2.5

Πίνακας 5.11 Συνολικό Βάρος bow thruster

5.3.3.Βάρος κύριας μονάδας κλιματισμού (W_{ac})

Η κεντρική μονάδα κλιματισμού, τοποθετείται συνήθως στο ανώτερο κατάστρωμα και αποτελείται από τρεις ανεξάρτητες υπομονάδες. Αυτές είναι:

1. Η μονάδα κλιματισμού ιδιωτικών χώρων (καμπίνες)-
2. Η μονάδα κλιματισμού κοινόχρηστων χώρων-
3. Χώροι εργασίας πληρώματος

Το βάρος κάθε μίας από τις παραπάνω υπομονάδες υπολογίζεται με βάση τις προδιαγραφές του Νορβηγικού Νηογνώμονα (DNV, Rules for Ships Pt.5 Ch.12 Sec.3, January 2000). Βάσει αυτών, ορίζονται οι εναλλαγές αέρα ανά άτομο σε (*l/s*) για κάθε μία περιοχή ενδιαίτησης και επίπεδο άνεσης. Ο κανονισμός προδιαγράφει τρεις μεγάλες κατηγορίες ενδιαίτησης και τρία επίπεδα άνεσης, όπως φαίνεται παρακάτω:

Περιοχή		Επίπεδο Άνεσης	Παροχή αέρα ανά άτομο (lt/s)
A	Χώροι καμπινών	1	10
		2	10
		3	7
B	Δημόσιοι χώροι	1	12
		2	10
		3	7
C	Χώροι εργασίας πληρώματος	1	12
		2	10
		3	7

Πίνακας 5.12 Παροχή αέρα ανά άτομο, Επίπεδο άνεσης και Περιοχή

Η συνολική παροχή αέρα, που πρέπει να διατεθεί μέσω κάθε υπομονάδας υπολογίζεται ως εξής:

$$F_i = N_i \cdot f_{ij}$$

όπου F_i σε lt/s, N_i ο μέγιστος αριθμός ατόμων που μπορεί να υπάρχουν στην περιοχή $i=A,B,C$ και f_{ij} η παροχή αέρα που αντιστοιχεί στην περιοχή i και σε επίπεδο άνεσης $j=1,2,3$

Έτσι, με γνωστή την τιμή της παροχής αέρα, το βάρος κάθε υπομονάδας μπορεί να εκτιμηθεί από τις παρακάτω εξισώσεις.

$$W_A = 0.000434F_A + 0.946$$

$$W_B = 0.000399F_B + 0.824$$

$$W_C = 0.000208F_C + 0.507$$

$$W_{HVAC} = W_A + W_B + W_C$$

όπου τα βάρη μετρούνται σε [tn].

Υπολογίζουμε, λοιπόν, πόσα άτομα αντιστοιχούν σε κάθε περιοχή. Έτσι έχουμε:

ΠΕΡΙΟΧΗ A: Χώροι καμπινών

Από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης έχουμε καμπίνες μόνο στο DECK 6. Συγκεκριμένα έχουμε καμπίνες για 53 άτομα και συνεπώς $N_A=53$.

ΠΕΡΙΟΧΗ B: Δημόσιοι χώροι

Από το Άρθρο 3 του Φ.Ε.Κ. 110-(2011) συμπεραίνουμε ότι, το πλοίο μας ανήκει στην κατηγορία I, καθώς η ακτίνα ενεργείας R για το υπό μελέτη μας πλοίο ξεπερνά τα 180 ναυτικά μίλια. Για την κατηγορία πλοίων I ισχύει σύμφωνα με το Άρθρο 20 του Φ.Ε.Κ. 110(2011) ότι για επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου δημόσιου χώρου (χώρου επιβατών) αντιστοιχεί ένας επιβάτης. Έτσι, από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης μετράμε

εμβαδό δημόσιων χώρων ίσο με 1200.35 m^2 . Συνεπώς, σύμφωνα το Φ.Ε.Κ. 110(2011) η επιφάνεια αυτή αντιστοιχεί σε 1200 επιβάτες. Έτσι έχουμε $N_B=1200$.

ΠΕΡΙΟΧΗ C: Χώροι εργασίας πληρώματος

Σύμφωνα με την καταμέτρηση που πραγματοποιήθηκε στο επόμενο Κεφάλαιο 7, ο συνολικός αριθμός πληρώματος είναι 40 άτομα. Επομένως $N_C=40$.

Για επίπεδο άνεσης ίσο με 2 έχουμε

- $F_A=530$
- $F_B=12000$
- $F_C=4000$

Συνεπώς, με βάση τους τύπους για την κεντρική μονάδα κλιματισμού κάθε περιοχής έχουμε:

WA	1.17602	tonnes
WB	5.612	tonnes
WC	0.5902	tonnes

Πίνακας 5.13 Βάρος κεντρική μονάδα κλιματισμού ανά Περιοχή

Άρα, το συνολικό βάρος της κύριας μονάδας κλιματισμού είναι ίσο με **$W_{ac}=7.378 \text{ tn}$** , ενώ για το κέντρο βάρους της, όπως φαίνεται από την γενική διάταξη, έχουμε ότι το $LCG = 70 \text{ m}$, και το $KG=26.4 \text{ m}$.

	W (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
W_{ac}	7.378	70	26.4

Πίνακας 5.14 Συνολικό Βάρος κεντρικής μονάδας κλιματισμού

Επομένως, το βάρος εξοπλισμού του πλοίου (W_{OT}) είναι:

	W	LCG	ML	KG	MT
	(tonnes)	(m)	(m*t)	(m)	(m*t)
W_{EN}	106.281	60	6376.86	19	2019.34
W_{BTH}	2.908	105.54	306.91	2.5	7.27
W_{ac}	7.378	70	516.46	26.4	194.779
TOTAL	116.567	61.76903	7200.23	19.05675	2221.39

Πίνακας 5.15 Βάρος εξοπλισμού (W_{OT})

5.4.Βάρος ενδιαίτησης (W_{ACC})

Το βάρος ενδιαίτησης του πλοίου (W_{ACC}) θεωρούμε ότι αποτελείται από τα βάρη του εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται στους χώρους ενδιαίτησης πληρώματος και επιβατών (βλ. Σκούπας, 2011). Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται αναλυτικά οι περιοχές, καθώς και το εύρος των συντελεστών βάρους ανά τετραγωνικό μέτρο για κάθε περιοχή.

Περιοχή που περιλαμβάνει*	Συντελεστής βάρους (tn/m ²)	
	Ελάχιστο	Μέγιστο
Καμπίνες επιβατών τετράκλινες	0.0653	0.0722
Καμπίνες επιβατών δίκλινες	0.0676	0.0747
Καθίσματα αεροπορικού τύπου	0.0686	0.0758
Καμπίνες αξιωματικών	0.0646	0.0714
Καμπίνες κατώτερου πληρώματος	0.0449	0.0496
Κοινόχρηστοι χώροι υγιεινής εσωτερικοί	0.0466	0.0515
Κοινόχρηστοι χώροι υγιεινής εξωτερικοί	0.0315	0.0348
Χώροι αναμονής (σαλόνια)	0.0288	0.0318
Self service	0.0565	0.0624
Χώρος υποδοχής	0.0444	0.0501
Καταστήματα	0.0389	0.043
Άλλα βάρη		
Κυλιόμενες σκάλες (escalator) (κλίση 35°, πλάτος 0.8m)	1.18 tn/m (κατακόρυφης απόστασης)	
Ασανσέρ επιβατών (elevator) (καμπίνα 1.8m*1.3m, βάρος ανύψωσης 680kg), ΠΔ 314/2001	910 kg	
*Νοείται ως ο συνολικός χώρος που φέρει τη συγκεκριμένη ιδιότητα. Για παράδειγμα, η περιοχή καμπινών πληρώματος περιλαμβάνει, εκτός από τις καμπίνες, τους διαδρόμους και την αίθουσα αναψυχής.		

Πίνακας 5.16 Βάρος εξοπλισμού (W_{OT})

Επομένως υπολογίσαμε το βάρος κάθε ομάδας που υπάρχει το πλοίο μας, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

ΒΑΡΟΣ ΕΝΔΙΑΙΤΗΣΕΩΝ					
	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ		ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ		ΒΑΡΟΣ
ΚΑΜΠΙΝΕΣ ΕΠΙΒΑΤΩΝ ΤΕΤΡΑΚΛΙΝΕΣ	0.06875	t/m ²	299.35	m ²	20.58031 tonnes
ΚΑΘΙΣΜΑΤΑ ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ	0.0722	t/m ²	126.72	m ²	9.149184 tonnes
ΚΑΜΠΙΝΕΣ ΑΞΙΩΜΑΤΙΚΩΝ	0.068	t/m ²	157.26	m ²	10.69368 tonnes
ΚΑΜΠΙΝΕΣ ΚΑΤΩΤΕΡΟΥ ΠΛΗΡΩΜΑΤΟΣ	0.04725	t/m ²	110.94	m ²	5.241915 tonnes
ΧΩΡΟΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ (ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ)	0.04905	t/m ²	87.27	m ²	4.280594 tonnes
ΣΑΛΟΝΙΑ	0.0303	t/m ²	858	m ²	25.9974 tonnes
ΧΩΡΟΣ ΥΠΟΔΟΧΗΣ	0.04725	t/m ²	35.54	m ²	1.679265 tonnes
ΚΑΤΑΣΤΗΜΑΤΑ	0.041	t/m ²	78.94	m ²	3.23654 tonnes
			ΑΠΟΣΤΑΣΗ		
ΣΚΑΛΕΣ	1.18	t/m	51	m	60.18 tonnes
			ΠΟΣΟΤΗΤΑ		
ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑΣ	910	kg	1		0.91 tonnes
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ				W_{acc}	141.9489 tonnes

Πίνακας 5.17 Βάρος ενδιαίτησης (W_{ACC})

Θεωρούμε ότι το LCG της ενδιαίτησης είναι ίσο με 57.5 m, ενώ το KG είναι ίσο με 21.8 m, άρα έχουμε:

	W (tonnes)	LCG (m)	KG (m)
W_{acc}	141.95	57.5	21.8

Πίνακας 5.18 Συνολικό Βάρος ενδιαίτησης (W_{ACC})

5.5. Βάρος Κενού Σκάφους (W_{LS})

Στον παρακάτω **Πίνακα 5.19** παρουσιάζονται οι τέσσερις κατηγορίες βαρών, δηλαδή ονομαστικά η μεταλλική κατασκευή (W_{ST}), η μηχανολογική εγκατάσταση (W_M), ο εξοπλισμός (W_{OT}) και η ενδιαίτηση (W_{ACC}), όπως υπολογίστηκαν παραπάνω, καθώς και τα αντίστοιχα κέντρα βάρους τους.

Ομάδα βάρους	Βάρος (tn)	Ποσοστό (%)	LCG (m)	ML (tn*m)	KG (m)	MT (m)
Steel	2718.17	80.48	51.244	139289.75	12.71	34547.9026
Outfit	116.567	3.45	61.769	7200.22702	19.06	2221.76702
Accommodation	141.95	4.20	57.5	8162.125	21.8	3094.51
Machinery	400.9	11.87	35.014	14037.1126	3.38	1355.042
Lightship	3377.584	100	49.94	168689.21	12.203	41219.22

Πίνακας 5.19 Συνολικό Βάρος Κενού Σκάφους

6.ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΣΘΕΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ DWT

Η ανάλυση του DWT είναι η ακόλουθη με τις ομάδες βαρών που φαίνονται στην ακόλουθη σχέση :

$$DWT = W_{PAX} + W_{VEHICLES} + W_F + W_{PR} + W_{FW} + W_{CR}$$

όπου :

W_{PAX} = βάρος επιβατών

$W_{VEHICLES}$ = βάρος οχημάτων

W_F = βάρος καυσίμων και λιπαντικών

W_{PR} = βάρος εφοδίων

W_{FW} = βάρος νερού

W_{CREW} = βάρος πληρώματος και αποσκευών τους

Αναλυτικά το καθένα από αυτά υπολογίζεται ως εξής :

i. Βάρος καυσίμων και λιπαντικών :

Για τον υπολογισμό τους πρέπει να είναι γνωστός ο χρόνος εν πλω. Θεωρούμε ότι το πλοίο θα κάνει ταξίδια εσωτερικού, αλλά κατά βάση θέλουμε ικανοποιητική επάρκεια καυσίμων προκειμένου να μπορεί να έχει αυτονομία 4-5 ημέρες.

Επομένως, η ακτίνα ενεργείας του υπό μελέτη πλοίου δίνεται από τον τύπο :

$$\text{Χρόνος εν πλω} = (\text{ακτίνα ενέργειας}) / (\text{ταχύτητα υπηρεσίας})$$

$$5 \cdot 24 = \text{ακτίνα ενέργειας} / 21$$

Συνεπώς, η ακτίνα ενεργείας είναι 2340 νμ.

Τα απαιτούμενα καύσιμα υπολογίζονται βάσει του τύπου (Παπανικολάου Α., Μελέτη Πλοίου, Τόμος Α: Μεθοδολογία Προμελέτης):

Γενικός τύπος :

$$W_{F1} = \left(\underbrace{P_{B,1} \cdot b_1 \cdot t}_{FO} + \underbrace{P_{B,2} \cdot b_2 \cdot t / \eta_E}_{DO} \right) \cdot C \cdot 10^{-6}$$

όπου :

$P_{B,1}$: Ισχύς λειτουργίας των κυρίων μηχανών diesel	=21600 kW
$P_{B,2}$: ισχύς ηλεκτρογεννητριών	=1470 kW
t : χρόνος εν πλω	=120 hr
t : χρόνος λειτουργίας ηλεκτρογεννητριών	=120 hr
b_1 : ειδική κατανάλωση κυρίας μηχανής	=180 gr/kWh
b_2 : ειδική κατανάλωση ηλεκτρογεννήτριας	=190 gr/kWh
η_E : μέσος βαθμός απόδοσης ηλεκτρογεννήτριας	=0,85
C : (Μελέτη Πλοίου, Τόμος Α : Μεθοδολογία Προμελέτης)	= 1,1

Η ειδική κατανάλωση της κυρίας μηχανής λαμβάνεται από το εγχειρίδιο του κατασκευαστή

Από τον παραπάνω γενικό τύπο υπολογίζουμε ξεχωριστά τα βάρη FO, DO και LO, έτσι έχουμε :

- Το βάρος του FO δίνεται από τον τύπο :

$$FO = P_{B1} * b1 * \frac{t}{10^6} = 21600 * 180 * \frac{120}{10^6} = 501.12 \text{tn}$$

Το παραπάνω αποτέλεσμα πολλαπλασιάζεται επί μια σταθερά C που αφορά την εφεδρεία για υπερκατανάλωση λόγω αλλαγής πορείας , απρόβλεπτης αναμονής , αρωγή σε περίπτωση ανάγκης και τα κατάλοιπα στις δεξαμενές ,όπου είναι :

$$FO = 501.12 * 1.1 = 551.232 \text{ tn}$$

$$\mathbf{FO = 551.232 \text{tn}}$$

Το βάρος του DO δίνεται από τύπο :

$$DO = P_{B1} * b2 * \frac{t}{\eta E} * 10^{-6} = 1470 * 190 * \frac{120}{0.85} * 10^{-6} = 39.43 \text{tn}$$

Επίσης , στην κατανάλωση diesel oil από τις γεννήτριες , θα πρέπει να προσθέσουμε και ένα 10% του καυσίμου fuel oil , το οποίο καταναλώνει η κύρια μηχανή , λόγω εκκίνησης και ελιγμών, καθώς και τα κατάλοιπα στις δεξαμενές, επομένως:

$$DO = 39.43 + 10\% * 39.43 = 43.37 \text{tn}$$

$$\mathbf{DO = 43.37 \text{tn}}$$

Το βάρος των λιπαντικών είναι (βλ. Παπανικολάου, Μελέτη Πλοίου, 2009) το (3÷5%) του βάρους των καυσίμων , δηλαδή :

$$LO = (FO + DO) * \frac{5}{100} = (551.232 + 43.37) * 0.05 = 29.7 \text{tn}$$

Να σημειωθεί ότι , οι δεξαμενές λιπαντικών δεν αδειάζουν στο τέλος του ταξιδιού, καθώς υπάρχει μια κυκλική ροή του υγρού στα διάφορα μηχανήματα. Συνεπώς , οι δεξαμενές λιπαντικών θα έχουν πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα από την απαιτούμενη ποσότητα που βρήκαμε. Τελικά :

$$LO = 70.1 \text{ tn}$$

ii. Βάρος εφοδίων :

Το βάρος των εφοδίων υπολογίζεται με βάση την κατανάλωση 0.35 kg/ανθρωποημέρα κατά τη διάρκεια του ταξιδιού και ισούται με:

$$W_{PR} = 0.35 * c * N * t * 10^{-3}$$

όπου:

W_{PR} : Βάρος εφοδίων σε tn

N : Συνολικός αριθμός επιβατών και είναι ίσος με 1000

c : Συντελεστής εφεδρείας $c=1.1$

$t= 6.4 \text{ h}$ (χρόνος που χρειάζεται το πλοίο για να πραγματοποιήσει μια κυκλική διαδρομή)

Τέλος θεωρούμε πως ο ανεφοδιασμός των εφοδίων γίνεται κάθε 4 ημέρες, οπότε το συνολικό βάρος είναι:

$$W_{PR} = 12.8 \text{ tn}$$

iii. Βάρος νερού :

Από το σχέδιο γενικής διάταξης έχει προκύψει μέγιστος αριθμός επιβατών ίσος με 1100 άτομα, ενώ από το επόμενο κεφάλαιο 7.1 όπου εκπονείται η καταμέτρησης έχει προκύψει ο αριθμός πληρώματος, ο οποίος είναι 40 άτομα. Η ποσότητα του γλυκού νερού που καταναλώνεται καθημερινά από επιβάτες και πλήρωμα κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, υπολογίζεται με βάση τους παρακάτω συντελεστές:

$c1 = 0.65 \text{kg/ανθρωποώρα}$,για πλήρωμα και επιβάτες με καμπίνες

$c2 = 0.35 \text{kg/ανθρωποώρα}$,για επιβάτες χωρίς καμπίνες

Το συνολικό βάρος ισούται με:

$$W_{FW} = c[(N_{P1} + N_{CR}) c1 + c2 N_{P2}] * t * 10^{-3}$$

$$FW = 1.1 * [(40 + 20) * 0.65 + 0.35 * 1080] * \frac{120}{1000} = 55.044 \text{ tn}$$

iv. Βάρος πληρώματος

Θεωρούμε το βάρος κάθε μέλους του πληρώματος συμπεριλαμβανομένου και των αποσκευών του ίσο με 120 kg. Γνωρίζοντας, λοιπόν, τον αριθμό του πληρώματος (40 άτομα), υπολογίζουμε το συνολικό βάρος τους:

$$CR = 120 * \frac{42}{1000} = 5.04 \text{ tn}$$

v. Βάρος επιβατών και αποσκευών :

Τα βάρη επιβατών και αποσκευών είναι :

- αποσκευές : **60kg/επιβάτης**
- το βάρος κάθε επιβάτη λαμβάνεται ίσο προς :**85kg**

Οπότε προκύπτει :

$$PAX = 1100 * \frac{(60+85)}{1000} = 159.5 \text{ tn}$$

vi. Βάρος οχημάτων

Με βάση το σχέδιο τις γενικής διάταξης, έχουμε τοποθετήσει φορτηγά στο Deck 3 και Ι.Χ. Αυτοκίνητα στο Deck 4. Με την μέθοδο των ροπών υπολογίζουμε το LCG και το TCG των οχημάτων σε κάθε κατάστρωμα. Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε οχήματος, καθώς και οι κατανομές τους στα αντίστοιχα καταστρώματα.

Ι.Χ. Αυτοκίνητα	
Βάρος (tn)	1.59
Μήκος (m)	4.5
Πλάτος (m)	2
Απόσταση μεταξύ αυτοκινήτων (m)	0.49

Πίνακας 6.1 Κύρια χαρακτηριστικά Ι.Χ. Αυτοκινήτων

Φορτηγά οχήματα	
Βάρος (tn)	40
Μήκος (m)	16
Πλάτος (m)	3
Απόσταση μεταξύ φορτηγών (m)	0.56

Πίνακας 6.2 Κύρια χαρακτηριστικά Φορτηγών Οχημάτων

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΣΤΟ DECK 3							
BAY	QUANTITY	WEIGHT	TOTAL WEIGHT	LCG	TCG	ML	MT
		tn	tn	m	m	m*tn	m*tn
1	6	40	240	10.314	0.000	2475.4	0
2	7	40	320	26.314	0.000	8420.5	0
3	7	40	280	42.314	-0.294	11848	-82.4
4	7	40	280	58.314	-0.300	16328	-84
5	6	40	240	74.314	0.000	17835	0
6	4	40	160	90.314	0.000	14450	0
	37		1520	46.946	-0.097	71357	-74

Πίνακας 6.3 Κατανομή φορτηγών οχημάτων

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ ΣΤΟ DECK 4							
BAY	QUANTITY	WEIGHT	TOTAL WEIGHT	LCG	TCG	ML	MT
		tn	tn	m	m	m*tn	m*tn
1	8	1.59	12.72	3.35	0.000	42.612	0
2	8	1.59	12.72	7.85	0.000	99.852	0
3	8	1.59	12.72	12.35	0.000	157.09	0
4	8	1.59	12.72	16.85	0.000	214.33	0
5	8	1.59	12.72	21.35	0.000	271.57	0
6	6	1.59	9.54	25.85	-0.751	246.61	-7.168
7	7	1.59	11.13	30.35	0.864	337.8	9.6155
8	8	1.59	12.72	34.85	-0.564	443.29	-7.168
9	7	1.59	11.13	39.35	0.517	437.97	5.7582
10	7	1.59	11.13	43.85	0.517	488.05	5.7582
11	7	1.59	11.13	48.35	0.517	538.14	5.7582

12	7	1.59	11.13	52.85	0.517	588.22	5.7582
13	7	1.59	11.13	57.35	0.517	638.31	5.7582
14	7	1.59	11.13	61.85	0.517	688.39	5.7582
15	7	1.59	11.13	66.35	0.517	738.48	5.7582
16	7	1.59	11.13	70.85	0.517	788.56	5.7582
17	8	1.59	12.72	75.35	0.000	958.45	0
18	8	1.59	12.72	79.85	0.000	1015.7	0
19	8	1.59	12.72	84.35	0.000	1072.9	0
20	8	1.59	12.72	88.85	0.000	1130.2	0
	149		236.91	45.994	0.1016	10897	24.071

Πίνακας 6.4 Κατανομή Ι.Χ. αυτοκίνητων

Όλες οι κατακόρυφες αποστάσεις αναφέρονται σαν θετικές από την Base Line.

Όλες οι διαμήκεις μετρήσεις αναφέρονται θετικές από τον νομέα 0 του πλοίου

Τελικά έχουμε:

- Βάρος φορτηγών: 1520 tonnes
- Βάρος αυτοκίνητων: 236.91 tonnes

Οπότε :

$$\mathbf{VEHICLES = 1520 + 231.91 = 1751.91 \text{ tn}}$$

7.ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ, ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΛΗΡΩΜΑΤΟΣ, ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΞΑΡΤΙΣΜΟΥ, ΓΡΑΜΜΗ ΦΟΡΤΩΣΗΣ

7.1.Καταμέτρηση

Καταμέτρηση είναι η εύρεση του όγκου ή της χωρητικότητας των κλειστών χώρων ενός πλοίου.

Σκοπός της καταμέτρησης είναι να δώσει ένα επίσημο μέτρο του μεγέθους ενός πλοίου που χρησιμεύει στην ρύθμιση όλων των οικονομικών σχέσεων του πλοίου.

Πιο συγκεκριμένα η καταμέτρηση επιδρά στα παρακάτω:

- ✓ λιμενικά και φαρικά τέλη
- ✓ τέλη διωρύγων
- ✓ δεξαμενιστικά έξοδα
- ✓ σύνθεση πληρώματος
- ✓ μισθολογική κλίμακα πληρώματος
- ✓ έξοδα ρυμουλκήσεως
- ✓ έξοδα επιθεώρησης

Οι κανονισμοί προβλέπουν δύο χωρητικότητες:

- Η **ολική χωρητικότητα (GT)** περιλαμβάνει ολόκληρο το περιφραγμένο όγκο του πλοίου (όγκος πλοίου υπό το κύριο κατάστρωμα συν όγκος υπερκατασκευών) εξαιρουμένων ορισμένων “εξαιρετέων χώρων” (exempted spaces) και αποτελεί ένα μέτρο του μεγέθους του πλοίου.
- Η **καθαρή χωρητικότητα (NT)** προκύπτει από την ολική μειωμένη κατά τον όγκο ορισμένων “εκπιπτόμενων χώρων” (deducted spaces) που δεν διατίθενται για την μεταφορά φορτίου και επιβατών, και αποτελεί το κυρίως μέτρο της μεταφορικής ικανότητας του πλοίου.

Σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς καταμέτρησης 1969 , η ολική χωρητικότητα GT του πλοίου υπολογίζεται από την σχέση :

$$GT = K_1 \cdot V$$

όπου

V: ο συνολικός όγκος όλων των κλειστών χώρων του πλοίου σε m³

και

$$K_1 = 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10} V .$$

Ως κλειστοί χώροι θεωρούνται εδώ όλοι οι χώροι που περικλείονται από το περίβλημα του πλοίου, κινητά ή μόνιμα διαφράγματα, καταστρώματα ή καλύμματα εκτός των σκιάστρων.

Ο συνολικός όγκος των κλειστών χώρων χωρίζεται στα εξής μέρη :

- Όγκος κάτωθεν του κυρίου καταστρώματος V₁
- Όγκος κλειστών χώρων υπερκατασκευών V₂

✓ Όγκος κάτωθεν του κυρίου καταστρώματος.

Υπολογίστηκε από το πρόγραμμα AVEVA (Calc & Hydro) για T=D = 9 m και είναι ίσος με :

$$V_1 = 11285.27 \text{ m}^3.$$

✓ Όγκος κλειστών χώρων υπερκατασκευών :

Στον επόμενο πίνακα δίνονται οι όγκοι μεταξύ των διαφόρων καταστρωμάτων, όπως προκύπτουν από το σχέδιο γενικής διάταξης.

ITEM	AREA	HEIGHT	VOLUME
DECK 3	2767.891	5	13839.46
DECK 4	2771	5	13855
DECK 5	2203	2.8	6168.4
DECK 6	976	2.8	2732.8
DECK 7	223	2.8	624.4
SUM	8940.891		37220.06

Πίνακας 7.1 Κατανομή όγκων ανά κατάστρωμα

Επομένως ο συνολικός όγκος των υπερκατασκευών είναι :

$$V_2 = 37220.06 \text{ m}^3$$

✓ Συνολικός όγκος κλειστών χώρων:

Ο συνολικός όγκος των κλειστών χώρων του πλοίου είναι το άθροισμα όλων των παραπάνω χωρητικότητων :

Όγκος κάτωθεν του κυρίου καταστρώματος.	V_1	11285.27
Όγκος κλειστών χώρων υπερκατασκευών	V_2	37220.06
ΣΥΝΟΛΟ	V	48505.33

Πίνακας 7.2 Κατανομή συνολικού όγκου κλειστών χώρων του πλοίου

Ο συντελεστής K_1 είναι :

$$K_1 = 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10}(48505.33) = 0.294$$

Η ολική χωρητικότητα δίνεται από τη σχέση:

$$GT = K_1 \cdot V = 0.294 \cdot 48505.33 = 14261 \text{ GT}$$

Η καθαρή χωρητικότητα NT υπολογίζεται από τη σχέση :

$$NT = K_2 V_c \left(\frac{4T}{3D} \right)^2 + K_3 \left(N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$$

$V_c = 27694.46 \text{ m}^3$ ο συνολικός όγκος χώρων φορτίου.

$$K_2 = 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10}(V_c) = 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10}(27694.46) = 0.291$$

$$K_3 = 1.25 \frac{GT + 10000}{10000} = 1.25 \frac{14261 + 10000}{10000} = 3.033$$

$D = 9 \text{ m}$ το πλευρικό ύψος και $T_{\max} = 8.034 \text{ m}$ το μέγιστο βύθισμα

$N_1 = 20$

$N_2 = 1080$

Ακόμη είναι:

$$\left(\frac{4T}{3D} \right)^2 = \left(\frac{4 \cdot 8.034}{3 \cdot 9} \right)^2 = 1.4166 > 1.00$$

Άρα, η παραπάνω ποσότητα ισούται με 1.

$$K_2 V_c \left(\frac{4T}{3D} \right)^2 = 0.291 \cdot 35140 \cdot 1 = 7999.49 \text{ RT} > 0.25 \cdot GT = 3565 \text{ GT}$$

Επομένως, ο παραπάνω όρος λαμβάνεται ως έχει.

Άρα καθαρή χωρητικότητα είναι :

$$NT = K_2 V_c \left(\frac{4T}{3D} \right)^2 + K_3 \left(N_1 + \frac{N_2}{10} \right) = 8387.7 \quad RT > 0.30 \quad GT = 4278.3 \quad GT$$

GT = 14261 GT

NT = 8388 RT

7.2. Σύνθεση πληρώματος

Για τον καθορισμό της σύνθεσης του πληρώματος θα γίνει χρήση της Ελληνικής Νομοθεσίας (Π.Δ.177/1994). Η σύνθεση του πληρώματος θα καθοριστεί με βάση την ολική χωρητικότητα GT, την εγκατεστημένη ιπποδύναμη, τον αριθμό επιβατών σε κλίνες και τον συνολικό αριθμό επιβατών. Με βάση, λοιπόν, το Π.Δ.177/1994 έχουμε:

Προσωπικό Καταστρώματος (15)
Άρθρο 1.
1 Πλοίαρχος Α'
1 Ύπαρχος
1 Πλοίαρχος Β'
1 Πλοίαρχος Γ'
1 Δόκιμος Πλοίαρχος
1 Ναύκληρος
1 Υποναύκληρος
9 Ναύτες

Προσωπικό Μηχανής (10)
Άρθρο 2.
1 Μηχανικός Α'
1 Μηχανικός Β'
2 Μηχανικός Γ'

1 Δόκιμος Μηχανικός
1 Μηχανοδηγός Α'
1 Μηχανοδηγοί Β'
2 Μαθητευόμενος Μηχανοδηγός
2 Ηλεκτρολόγοι

Προσωπικό Ραδιοτηλεγραφίας (1) Άρθρο 3.
1 Ραδιοτηλεγραφετής Α'

Προσωπικό Οικονομικών Υπηρεσιών (2) Άρθρο 4.
1 Οικονομικός Αξιωματικός Α'
1 Οικονομικός Αξιωματικός Β'

Προσωπικό Τροφοδοσίας (0) Άρθρο 5.
(Δεν προβλέπεται)

Προσωπικό Ενδιαιτημάτων (7) Άρθρο 6.
4 Θαλαμηπόλοι

2 Επίκουροι
1 Αρχιθαλαμηπόλος

Προσωπικό Μαγειρείου (4) Άρθρο 7.
1 Μάγειρας Α'
1 Μάγειρας Β'
2 Χυτροκαθαριστές

Πίνακας 7.3 Κατανομή συνολικού αριθμού πληρώματος

Επιπλέον , πρέπει να προσλάβουμε και έναν γιατρό. Επομένως το συνολικό πλήρωμα μας είναι 40 άτομα.

Τέλος, θα πρέπει να γίνει ο καθορισμός του ανώτερου πληρώματος (officers), έτσι ώστε να γίνει ο διαχωρισμός σε χώρους/καμπίνες ανώτερου και κατώτερου πληρώματος στο Σχέδιο Γενικής Διάταξη.

Τελικά, το ανώτερο πλήρωμα θα απαρτίζεται από τους εξής:

Ανώτερο Πλήρωμα: 9

- Πλοίαρχος Α'
- Ύπαρχος
- Πλοίαρχος Β'
- Πλοίαρχος Γ'
- Μηχανικός Α'
- Μηχανικός Β'
- Ηλεκτρολόγος (2)
- Οικονομικός Αξιωματικός Α'

Πίνακας 7.4 Κατανομή συνολικού αριθμού ανώτερου πληρώματος

7.3. Εφαρμογή κανονισμού γραμμής φόρτωσης σύμφωνα με τη Διεθνή Σύμβαση Γραμμής Φορτώσεως 1996

(Σημείωση: Η Εφαρμογή κανονισμού γραμμής φόρτωσης σύμφωνα με τη Διεθνή Σύμβαση Γραμμής Φορτώσεως 1996 εφαρμόζεται σε ένα πρωτότυπο, μη συμβατικό πλοίο, οπότε ενδεχομένως να μην είναι κατάλληλη για την περίπτωση μας. Παρόλα αυτά, την εισάγουμε στην μελέτη για λόγους πληρότητας.)

ΤΥΠΟΣ ΠΛΟΙΟΥ : PASSENGER AND CAR FERRY (Κατηγορία Β)

ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΟΙΟΥ :

- ◆ $L = 115 \text{ m}$
- ◆ $B = 26.02 \text{ m}$
- ◆ $D = 9.00 \text{ m}$
- ◆ $T = 6.2 \text{ m}$
- ◆ $C_B = 0.361$
- ◆ Πάχος ελάσματος υδρορροής $t_y = 100 \text{ mm}$.

$$C_{B0.85D} = 0.3895$$

Πλευρικό ύψος (για υπολογισμούς ύψους εξάλων) :

$$D_F = D + t_y + t_E * \frac{L - S}{L} = 9.0 + 0.1 = 9.1$$

$$D_F = 9.10$$

1. **ΒΑΣΙΚΟ ΥΨΟΣ ΕΞΑΛΛΩΝ (ΠΙΝΑΚΑΣ II) :**

$$B_{YE} = 1587 \text{ mm}$$

ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ:

2. **ΓΙΑ ΠΛΟΙΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ «B-60» (Κανονισμός 27) :**

- 2.1 Βασικό ύψος εξάλων πλοίου κατηγορίας 'B'
- 2.2 Βασικό ύψος εξάλων πλοίου κατηγορίας 'A'
- 2.3 Μείωση ύψους εξάλων :

$$0.0 \text{ mm}$$

3. **ΓΙΑ ΚΑΛΥΜΜΑΤΑ ΣΤΟΜΙΩΝ ΚΥΤΩΝ (Κανονισμός 27) (Πλοία κατηγορίας 'B'):**

4. **ΓΙΑ ΠΛΟΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 'B' ΚΑΤΩ ΤΩΝ 100m (Κανονισμός 29) :**

5. **ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΓΑΣΤΡΑΣ (Κανονισμός 30) :**

❖ Είναι $c_{B,0,85D} = 0.3895 < 0.68$ άρα δεν έχουμε διόρθωση:

$$YE2 = 1587mm$$

6. ΓΙΑ ΤΟ ΠΛΕΥΡΙΚΟ ΥΨΟΣ (Κανονισμός 31) :

❖ Είναι $D_F = 9.1m$ και

❖ $\frac{L}{15} = 7.667$ άρα έχουμε προσαύξηση του ύψους εξάλων κατά :

$$(D_F - L/15) * 250 = (9.1 - 7.667) * 240 = 344mm$$

Όπου:

$$R = L/0.48 \quad \text{για } L < 120m$$

$$YE3 = YE2 + 344 = 1587 + 344 = 4645mm$$

$$YE3 = 1931mm$$

7. ΓΙΑ ΤΙΣ ΥΠΕΡΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ & ΠΥΡΓΩΤΑ ΥΠΕΡΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ (Κανονισμός 37) :

Υπολογίζουμε κατά πόσο απέχει η πλευρά της υπερκατασκευής από την πλευρά του πλοίου

$$\frac{(B - b)/2}{B} = \frac{(26.02 - 26.02)/2}{32.2} = 0 < 0.04$$

Επομένως , φτιάχνουμε τον παρακάτω πίνακα :

Υπερκατασκευές και πυργωτά υπερκατασκευάσματα						
	Πραγμ.μήκος	Πραγμ.ύψος	Καν.ύψος	Πλατ. στο l/2	Πλ.πλ. στο l/2	Δρών μήκος
	l (m)	h (m)	hs (m)	b (m)	Bs (m)	lE (m)
Deck3	115	5	2.2	26.02	26.02	115

Πίνακας 7.5 Υπερκατασκευές και πυργωτά υπερκατασκευάσματα

Ολικό πραγματικό μήκος υπερκατασκευών :

$$S = 115 m$$

Ολικό δρών μήκος υπερκατασκευών :

$$E = 115 m$$

Άρα έχω μείωση του ύψους εξάλων ίση με **1016 mm** ($L_{BP} = 115 m$).

$$YE4 = YE3 - 1016 = 1931 - 1016 = 915mm$$

$$YE4 = 915 mm$$

8. ΓΙΑ ΤΗ ΣΙΜΟΤΗΤΑ (Κανονισμός 38) :

8.1 Μέσο μέτρο κανονικής σιμότητας :

❖ Για όλο το πλοίο :

$$M_N = 12.5063 * \left(\frac{L}{3} + 10\right) = 12.5063 * \left(\frac{115}{3} + 10\right) = 604mm$$

Η διόρθωση για την έλλειψη σιμότητας θα είναι μια προσαύξηση του ύψους εξάλων κατά τη διαφορά $M_N - M_S = 0-604 = -604[mm]$ πολλαπλασιασμένη με τον όρο:

$$\left(0.75 - \frac{S}{2L}\right) = 0.75 - \frac{115}{2 \cdot 115} = 0.25$$

Άρα η διόρθωση είναι : $\delta = 604 \cdot 0.25 \Rightarrow \delta = 151 [mm]$

$$YE5 = YE4 + 151 = 1066 mm$$

$$YE5 = 1066mm$$

9. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΨΟΥΣ ΕΞΑΛΛΩΝ :

Ύψος εξάλων θέρους :

$$F_b = 1066 mm$$

10. ΜΕΓΙΣΤΟ ΕΜΦΟΡΤΟ ΒΥΘΙΣΜΑ :

Το μέγιστο επιτρεπόμενο με βάση τους κανονισμούς βύθισμα πλεύσης του πλοίου προκύπτει :

$$T_{ΓΦ} = D_f - T_{YE} = 9.1 - 1.066 \Rightarrow T_{ΓΦ} = \underline{8.034} [m] \geq T_d (=6.2 [m])$$

$$T_{ΓΦ} = 8.034 m$$

11. ΥΨΟΣ ΠΡΩΡΑΣ (Κανονισμός 39) :

Ελάχιστο απαιτούμενο ύψος πλώρας :

$$F_{b_{FP}} = 56 * L * \left(1 - \frac{L}{500}\right) * \frac{1.36}{C_{0.85D} + 0.68} = 56 * 115 * \left(1 - \frac{115}{500}\right) * \frac{1.36}{0.3895 + 0.68} = 6306mm = 6.306m$$

$$F_{b_{FP}} = 6.306m$$

Παρατηρούμε ότι το πραγματικό ύψος πλώρας είναι $ΥΠ=7.8m > F_b = 6.306 m$

7.4. Δείκτης εξαρτισμού

Τα συστήματα αγκυροβόλησης, πρόσδεσης και ρυμούλκησης του πλοίου καθορίζονται με βάση το δείκτη εξαρτισμού (Equipment Number). Με τον τυποποιημένο δείκτη εξαρτισμού (Equipment Letter) σύμφωνα με το Παράρτημα Ε του βιβλίου "Μελέτη και Εξοπλισμός Πλοίου Ι" Συλλογή Βοηθημάτων, θα καθοριστούν το μέγεθος και το μήκος των αγκυρών του πλοίου, η διάμετρος των καδενών, τα χαρακτηριστικά του σχοινιού ρυμούλκησης, καθώς και ο αριθμός και το μέγεθος των κάβων πρόσδεσης.

Ο δείκτης εξαρτισμού θα βρεθεί από την παρακάτω σχέση:

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 * B * h + 0.1 * A$$

με

$$h = \alpha + \sum h_i$$

όπου:

- Δ: το εκτόπισμα που αντιστοιχεί στο βύθισμα Γραμμής Φόρτωσης $T = 8.034\text{m}$
 $\Delta = 6658.5$
- B: το μέγιστο πλάτος του πλοίου
 $B = 26.02\text{ m}$
- α: ύψος εξάλων
- Σh_i: άθροισμα των υψών των υπερκατασκευών με πλάτος μεγαλύτερο του 0.25B στον κεντρικό διαμήκη άξονα .

Από την γενική διάταξη λαμβάνεται η τιμή h για $T = 8.034\text{m}$. Επομένως , έχουμε $h = \alpha + \sum h_i = 19.166\text{ m}$.

- A: Ολική πλευρική επιφάνεια εξάλων του πλοίου στο Summer Draft
 $A = 2089.1\text{m}^2$

Έτσι, με αριθμητική αντικατάσταση υπολογίζεται ο δείκτης εξαρτισμού EN ίσος προς:

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 * B * h + 0.1 * A \rightarrow EN = \Delta^{2/3} + 2 * 26.02 * 19.166 + 0.1 * 2089.1 = 1560.239$$

Η παραπάνω ποσότητα που βρέθηκε θα τυποποιηθεί από τον πίνακα 28.1 του παραρτήματος του βιβλίου "Μελέτη και Εξοπλισμός Πλοίου Ι, Συλλογή Βοηθημάτων" σε EN=1570 (U30) με τα εξής χαρακτηριστικά:

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΞΑΡΤΙΣΜΟΥ	
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΞΑΡΤΙΣΜΟΥ	1560
ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΞΑΡΤΙΣΜΟΥ	1570 (U30)
ΑΣΤΥΠΟΙ ΑΓΚΥΡΕΣ ΠΛΩΡΗΣ	
ΑΡΙΘΜΟΣ	3
ΒΑΡΟΣ ΑΝΑ ΑΓΚΥΡΑ (kg)	4890
ΚΑΔΕΝΕΣ ΑΠΟ ΑΛΥΣΙΔΑ ΜΕ ΚΡΙΚΟΥΣ ΘΗΤΑ	

ΜΗΚΟΣ (m)	550
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ GRADE 1 (mm)	70
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ GRADE 2 (mm)	62
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ GRADE 3 (mm)	54
ΡΥΜΟΥΛΚΟ ΣΚΟΙΝΙΉ ΣΥΡΜΑ	
ΜΗΚΟΣ (m)	220
ΑΝΤΟΧΗ ΘΡΑΥΣΕΩΣ (kg)	96000
ΚΑΒΟΙ	
ΑΡΙΘΜΟΣ	5
ΜΗΚΟΣ ΕΚΑΣΤΟΥ (m)	190
ΑΝΤΟΧΗ ΘΡΑΥΣΕΩΣ (kg)	34000

Πίνακας 7.6 Δείκτης εξαρτισμού

8.ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ AVEVA

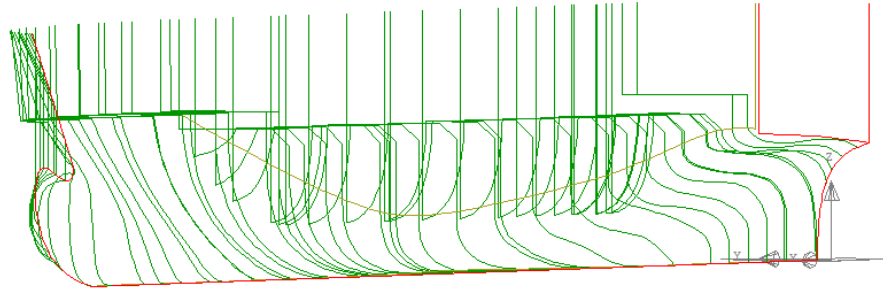
Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια περιγραφή των τριών εφαρμογών που ανήκουν στο σχεδιαστικό πακέτο AVEVA και τις οποίες χρησιμοποιήσαμε για τη σχεδίαση και μελέτη του υπό μελέτη πλοίου. Επίσης, θα γίνει μια αναλυτική περιγραφή και παρουσίαση των καταστάσεων φόρτωσης που καταστρώθηκαν καθώς και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν για άθικτη ευστάθεια.

8.1. AVEVA Lines

Το πρώτο βήμα για την επεξεργασία των γραμμών του υπό μελέτη πλοίου είναι η εισαγωγή τους στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AVEVA Lines. Με τη χρήση του προγράμματος αυτού, μορφοποιούμε τις γραμμές της γάστρας του πλοίου έτσι, ώστε να μπορέσουμε να προχωρήσουμε στη διαμερισματοποίησή του στο πρόγραμμα AVEVA «Surface & Compartment». Οι γραμμές αυτές έχουν προέλθει από γραμμές συμβατικού μονόγαστρου επιβατηγού πλοίου. Παρακάτω, παρουσιάζονται συνοπτικά τα βήματα που πραγματοποιήθηκαν κατά την επεξεργασία των γραμμών στο πρόγραμμα AVEVA Lines (Marine Lines 2006).

- Εισαγωγή των γραμμών της κεντρικής γάστρας (main hull) στο πρόγραμμα (Sections, Profile, FOS, FOB).
- Scale της κεντρικής γάστρας προκειμένου να έχει τις διαστάσεις που ορίσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο 2.
- Σχεδίαση των πλευρικών γαστρών (outriggers) και ένωση τους με την κεντρική γάστρα του πλοίου.

Στο **Σχήμα 8.1** φαίνεται η μορφή των γραμμών μετά το πέρας των μορφοποιήσεων.



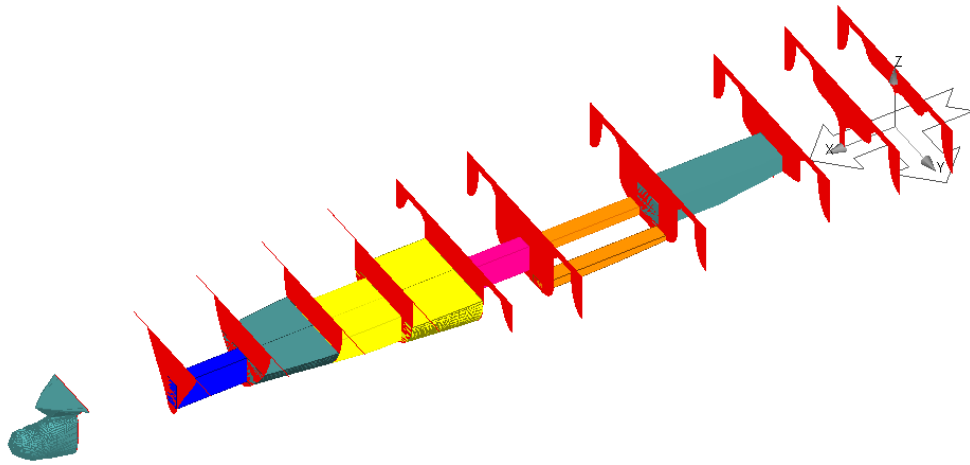
Σχήμα 8.1: Μορφή Γραμμών μετά τη Μορφοποίηση

8.2. AVEVA Surface & Compartment

Ύστερα από τη μορφοποίηση των ναυπηγικών γραμμών του υπό μελέτη πλοίου, τις εισάγουμε στο πρόγραμμα AVEVA «Surface & Compartment». Στο πρόγραμμα αυτό θα πραγματοποιήσουμε τη διαμερισματοποίηση του πλοίου έως και το Second Car Deck. Έτσι, θα μπορέσουμε να καταστρώσουμε τις καταστάσεις φόρτωσης στο πρόγραμμα AVEVA «Hydrostatics & Hydrodynamics», έτσι ώστε να μελετήσουμε την άθικτη ευστάθεια και την ευστάθεια μετά από βλάβη. Παρακάτω, παρουσιάζονται συνοπτικά τα βήματα που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διαμερισματοποίηση του υπό μελέτη πλοίου.

- Εισαγωγή της γάστρας από το πρόγραμμα AVEVA Lines
- Τοποθέτηση φρακτών και καταστρωμάτων
- Ορισμός των διάφορων δεξαμενών στα κατώτερα καταστρώματα. Ο όγκος τους βασίστηκε στους υπολογισμούς που έγιναν στο κεφάλαιο 6 'ΑΝΑΛΥΣΗ DWT'.

Όλοι οι χώροι, τα καταστρώματα και οι φρακτές του υπό μελέτη πλοίου τοποθετήθηκαν βάσει του Σχεδίου Γενικής Διάταξης. Στο **Σχήμα 8.2** παρουσιάζεται η μορφή του πλοίου μετά τον ορισμό των δεξαμενών.



Σχήμα 8.2: AVEVA Surface - Εισαγωγή Δεξαμενών

8.3. AVEVA Hydrostatics & Hydrodynamics

Ύστερα από τη διαμερισματοποίηση των χώρων του πλοίου, εισάγουμε την τελική μορφή του πλοίου στο πρόγραμμα AVEVA Hydrostatics & Hydrodynamics. Στο πρόγραμμα αυτό μπορούν να γίνουν υδροστατικοί υπολογισμοί για τη γάστρα του πλοίου καθώς και να καταστρωθούν οι καταστάσεις φόρτωσης. Τα βήματα που έγιναν περιγράφονται παρακάτω.

- Εισαγωγή της μορφής της γάστρας από το πρόγραμμα AVEVA «Surface & Hydrodynamics».
- Ορισμός για κάθε δεξαμενή και χώρο της διαχωρητότητας σύμφωνα με τους κανονισμούς της SOLAS (SOLAS 2009).
- Ορισμός για κάθε δεξαμενή του φορτίου της και της πυκνότητας του.
- Υπολογισμός των υδροστατικών χαρακτηριστικών της γάστρας.
- Υπολογισμός καταστάσεων φόρτωσης.
- Μελέτη ευστάθειας άθικτης κατάστασης

8.4. Μελέτη άθικτης ευστάθειας (Intact Stability)

Για τη μελέτη της άθικτης ευστάθειας του πλοίου καταστρώθηκε μια σειρά από πιθανές καταστάσεις φόρτωσης, οι οποίες αναφέρονται σε διαφορετικές τιμές ωφέλιμου φορτίου Payload και σε καταστάσεις αναχώρησης και άφιξης. Για κάθε κατάσταση ορίστηκε το φορτίο, το βάρος Κενού Σκάφους, τα σταθερά βάρη και η επί τοις εκατό πληρότητα κάθε δεξαμενής. Κατά τους ορισμούς της πληρότητας των δεξαμενών, φροντίσαμε το τελικό βάρος κάθε κατηγορίας δεξαμενών να ισούται με το αντίστοιχο βάρος που υπολογίστηκε στο κεφάλαιο 6 'ΑΝΑΛΥΣΗ DWT'. Επισημαίνεται ότι, για λόγους βελτίωσης της διαγωγής και της ευστάθειας, σε κάποιες καταστάσεις φόρτωσης προστέθηκε θαλάσσιο έρμα. Οι καταστάσεις φόρτωσης που μελετήθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω:

- Full Load Departure: Στην κατάσταση αυτή, οι δεξαμενές καυσίμων και λιπαντικών είναι κατά 98% γεμάτες, ενώ οι δεξαμενές γλυκού νερού 100%. Περιλαμβάνονται, επίσης, τα 40 μέλη πληρώματος βρισκόμενοι όλοι στη γέφυρα (θεωρούμε ότι αυτή είναι η «χειρότερη» κατάσταση) και η μέγιστη ποσότητα προμηθειών. Το πλοίο φορτώνεται με τον μέγιστο αριθμό επιβατών και το μέγιστο αριθμό οχημάτων. Το βάρος κάθε επιβάτη μαζί με τις αποσκευές του θεωρείται ίσο προς 145kg, του αυτοκινήτου ίσο προς 1.59 tn και του φορτηγού ίσο προς 40 tn. Τέλος, θεωρούμε ότι οι επιβάτες είναι χωρισμένοι σε 4 ομάδες των 275 ατόμων, στις θέσεις που έχουν προβλεφθεί σε περίπτωση εκτάκτου εγκατάλειψης του πλοίου.
- Full Load Arrival: Αντιστοιχεί στις τιμές της παραπάνω κατάστασης με τη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή οι ποσότητες καυσίμων, λιπαντικών, φρέσκου νερού και προμηθειών έχουν μειωθεί στο 10%.
- 100% Passengers & 50% Cars Departure: Στην κατάσταση αυτή φορτώνεται το 50% του μέγιστου αριθμού Ι.Χ. αυτοκινήτων και το 50% του μέγιστου αριθμού φορτηγών. Οι υπόλοιπες ομάδες βαρών παραμένουν ίδιες με την κατάσταση Full Load Departure.
- 100% Passengers & 50% Cars Arrival: Αντιστοιχεί στην προηγούμενη κατάσταση με τη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή οι ποσότητες των αναλωσίμων φτάνουν το 10%.
- 100% Passengers & 30% Cars Departure: Στην κατάσταση αυτή φορτώνεται το 30% του μέγιστου αριθμού Ι.Χ. αυτοκινήτων και το 30% του μέγιστου αριθμού φορτηγών. Οι υπόλοιπες ομάδες βαρών παραμένουν ίδιες με την κατάσταση Full Load Departure.
- 100% Passengers & 30% Cars Arrival: Αντιστοιχεί στην προηγούμενη κατάσταση με τη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή οι ποσότητες των αναλωσίμων φτάνουν το 10%.
- Only Passengers Departure: Η κατάσταση αυτή αντιστοιχεί στην κατάσταση Full Load Departure με τη μόνη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή δεν φορτώνονται οχήματα.

- Only Passengers Arrival: Αντιστοιχεί στην παραπάνω κατάσταση με τη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή οι ποσότητες των αναλωσίμων φτάνουν το 10%.
- Normal Ballast Departure: Η κατάσταση αυτή αντιστοιχεί στην κατάσταση Full Load Departure με τη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή το πλοίο αντί για επιβάτες και οχήματα μεταφέρει θαλάσσιο έρμα.
- Normal Ballast Arrival: Αντιστοιχεί στην προηγούμενη κατάσταση με τη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή οι ποσότητες των αναλωσίμων φτάνουν το 10%.

Σε κάθε κατάσταση φόρτωσης έγινε έλεγχος για την εγκάρσια διαγωγή, τη διαμήκη διαγωγή και την ικανοποίηση επιλεγμένων κανονισμών του IMO.

Παρακάτω, φαίνονται τα αποτελέσματα για όλες τις καταστάσεις φόρτωσης όπως περιγράφονται παραπάνω.

Πίνακας 8.1. Αποτελέσματα Μελέτης Άθικτης Ευστάθειας

	Full Load Departure	Full Load Arrival	100% Passengers & 50% Cars Departure	100% Passengers & 50% Cars Arrival	100% Passengers & 30% Cars Departure	100% Passengers & 30% Cars Arrival	Only Passengers Departure	Only Passengers Arrival	Normal Ballast Departure	Normal Ballast Arrival
Deadweight (t)	2682	2674.7	1873.2	1775.9	1439.9	1432.6	925.1	917.8	1541.4	832.8
Displacement (t)	6059.6	6052.3	5160.8	5153.4	4817.5	4810.2	4302.7	4295.4	4919	4210.4
Draft at LCF (m)	5.719	5.715	5.137	5.134	4.910	4.905	4.558	4.541	5.057	52.67
Draft at AP (m)	5.838	5.895	5.211	5.274	4.957	5.022	4.561	4.626	5.613	4.57
Draft at FP (m)	5.551	5.460	5.039	4.942	4.846	47.45	4.556	4.456	4.5	4.393
Trim by the stern (m)	0.287	0.435	0.172	0.332	0.111	0.276	0.005	0.17	1.113	0.177
KG (m)	11.129	11.164	10.929	11.066	10.973	11.017	10.88	10.929	9.656	10.748
LCG (m)	51.22	50.94	51.99	51.66	52.35	52.01	53.02	52.63	54.87	52.69
LCB (m)	51.20	50.92	51.97	51.64	52.35	51.99	53.02	52.62	54.81	52.67
LCF (m)	447.792	47.546	48.522	48.363	48.769	48.529	49.333	49.111	50.015	49.178
BMt (m)	9.182	9.208	10.108	10.132	10.518	10.547	11.157	11.204	10.218	11.317
GMt (m)	1.47	1.457	2.153	2.134	2.473	2.455	2.988	2.983	3.543	3.241

		Full Load Departure	Full Load Arrival	100% Passengers & 50% Cars Departure	100% Passengers & 50% Cars Arrival	100% Passengers & 30% Cars Departure	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.534	0.527	0.514	0.506	0.509	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.143	0.141	0.144	0.142	0.145	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.265	0.262	0.271	0.269	0.275	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	Not Appl..	Not Appl..	2.457	2.44	2.681	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.534	0.527	0.514	0.506	0.509	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	55	55	55	55	55	30.000
7	Angle of heel for passenger crowding < 10 degrees	76.221	74.181	82.486	80.477	83.775	10.000
8	Angle of heel for turning < 10 degrees	7.782	7.911	6.028	6.138	5.619	10.000
9	IMO Weather Criterion (Maximum Initial Angle Of Heel)	8.002	8.102	6.899	7.064	6.975	16.000
10	IMO Weather Criterion (Areas)	3.818	3.695	3.108	3.018	2.842	1.000

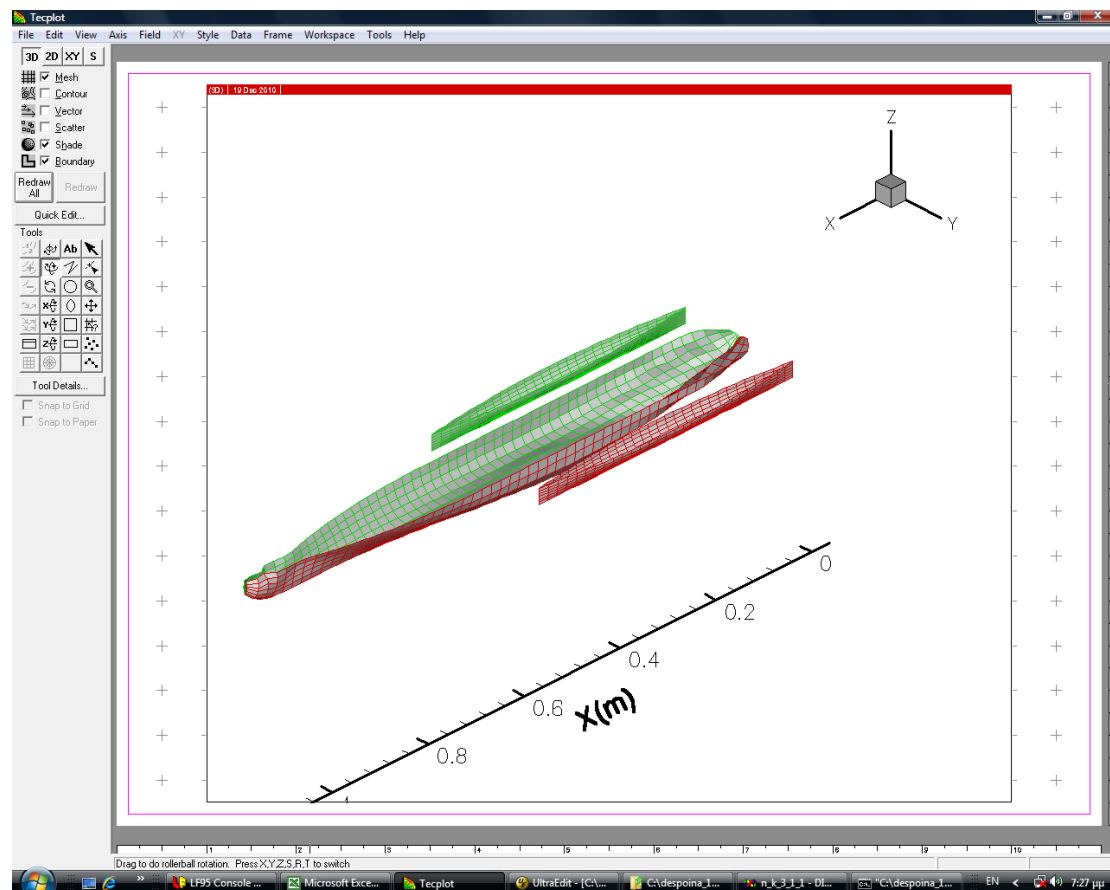
Πίνακας 8.2. Κριτήρια Άθικτης Ευστάθειας

		100% Passengers & 30% Cars Arrival	Only Passengers Departure	Only Passengers Arrival	Normal Ballast Departure	Normal Ballast Arrival	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.501	0.502	0.494	1.114	0.579	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.143	0.146	0.144	0.266	0.161	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.273	0.28	0.278	0.54	0.321	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	2.665	Not Appl..	Not Appl..	3.543	3.241	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.501	0.502	0.494	1.114	0.579	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	55	55	55	55	55	30.000
7	Angle of heel for passenger crowding < 10 degrees	81.857	80.016	78.363	241.269	97.797	10.000
8	Angle of heel for turning < 10 degrees	5.671	5.109	5.151	3.371	4.527	10.000
9	IMO Weather Criterion (Maximum Initial Angle Of Heel)	6.953	7.786	7.576	4.509	6.6	16.000
10	IMO Weather Criterion (Areas)	2.764	2.447	2.381	27.469	3.217	1.000

Πίνακας 8.2. Κριτήρια Άθικτης Ευστάθειας

9.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με τον υπολογισμό της αντίστασης του υπό μελέτη πλοίου, έτσι ώστε να είναι δυνατή η επιλογή των κυρίων μηχανών πρόωσης. Για τον υπολογισμό αυτό θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα του προγράμματος Shipflow. Το βύθισμα, στο οποίο έγιναν οι υπολογισμοί, είναι το $T= 5.8$ m. Ακολούθως, θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Hughes για τον υπολογισμό της αντίστασης του υπό μελέτη πλοίου. Με βάση τις ναυπηγικές γραμμές του υπό μελέτη πλοίου σχεδιάστηκε το μοντέλο του όπως φαίνεται στο **Σχήμα 9.1**.

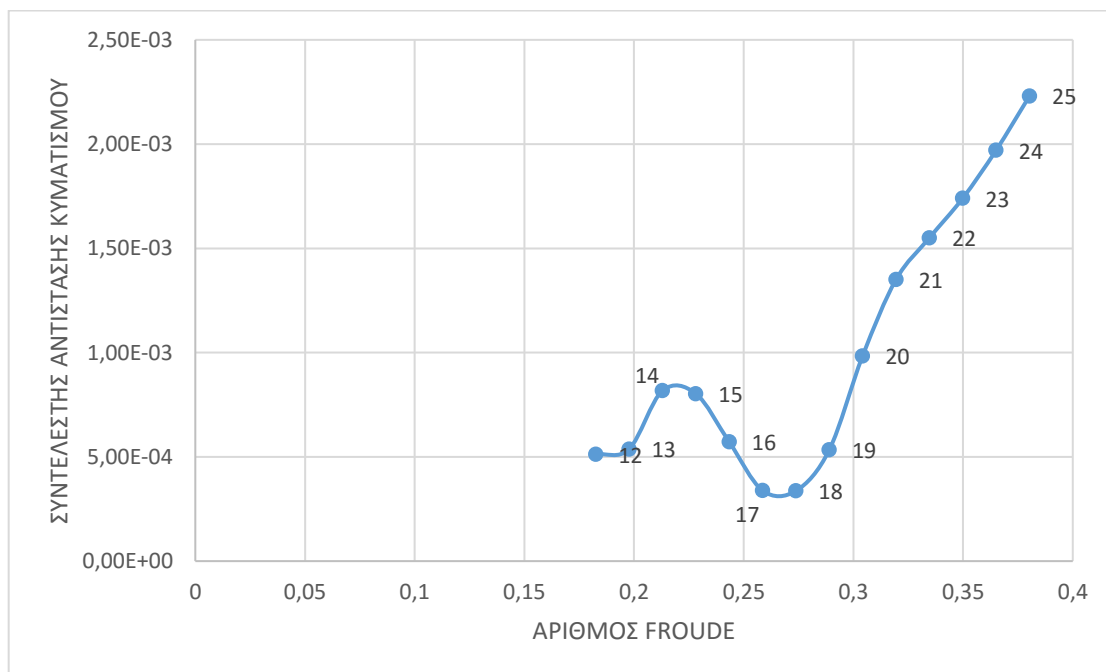


Σχήμα 9.1. Μοντέλο του υπό μελέτη πλοίου στο πρόγραμμα Shipflow

Τα αποτελέσματα του προγράμματος παρουσιάζονται παρακάτω.

V(knots)	Fn	Cw
12	0.182515075	5.12E-04
13	0.197724664	5.37E-04
14	0.212934254	8.17E-04
15	0.228143843	8.03E-04
16	0.243353433	5.72E-04
17	0.258563023	3.39E-04
18	0.273772612	3.37E-04
19	0.288982202	5.33E-04
20	0.304191791	9.84E-04
21	0.319401381	1.35E-03
22	0.33461097	1.55E-03
23	0.34982056	1.74E-03
24	0.365030149	1.97E-03
25	0.380239739	2.23E-03

Πίνακας 9.1. Αποτελέσματα Shipflow



Σχήμα 9.2. Αποτελέσματα Shipflow

Παρατηρούμε ότι η ταχύτητα που επιλέξαμε (21 kn) δεν βρίσκεται στην “κοιλιάδα” του παραπάνω σχήματος, οπότε ενδεχομένως με υδροδυναμική βελτιστοποίηση της

μορφής της γάστρας καθώς και των outriggers η “κοιλιάδα” μπορεί να μετατοπιστεί σε μεγαλύτερες ταχύτητες.

Ακολουθεί ο υπολογισμός της αντίστασης του υπό μελέτη πλοίου σύμφωνα με τη μέθοδο Hughes. Για την κινηματική συνεκτικότητα του θαλασσινού νερού θεωρούμε την τιμή $\nu=1.1883 \times 10^{-6}$ και για την πυκνότητα την τιμή $\rho= 1.025 \text{ t/m}^3$.

9.1. Μέθοδος Hughes

Αρχικά, για να εκτελεστεί η μέθοδος Hughes, θα πρέπει αν αναφερθούν τα βασικά χαρακτηριστικά και οι παραδοχές της. Γενικά, ο συντελεστής ολικής αντίστασης C_T μπορεί να αναλυθεί ως εξής:

$$C_T(Re,Fn)=C_F(Re)+C_R(Re,Fn)$$

Στην παραπάνω σχέση C_R είναι ο συντελεστής υπόλοιπης αντίστασης και C_F ο συντελεστής αντίστασης τριβής. Ο C_R μπορεί να αναλυθεί περαιτέρω ως εξής:

$$C_R(Re,Fn)=C_W(Fn)+C_{FORM}(Re,Fn)$$

Το βασικό χαρακτηριστικό της μεθόδου του Hughes είναι πως ο συντελεστής αντίστασης μορφής C_{FORM} τίθεται προσγγιστικά ίσος με:

$$C_{FORM}=k \cdot C_F(Re)$$

Ο αδιάστατος συντελεστής k θεωρείται σταθερός σε όλο το εύρος των ταχυτήτων για ένα συγκεκριμένο βύθισμα. Για τον υπολογισμό της αντίστασης θεωρούμε τον συντελεστή k ίσο με 1.4 .

Πλέον, χρησιμοποιώντας τις προηγούμενες σχέσεις έχουμε για το συντελεστή ολικής αντίστασης:

$$C_T=C_F+C_R= (C_W+C_{FORM}) + C_F= (1+k) \cdot C_F+C_W$$

Ο συντελεστής C_W του υπό μελέτη πλοίου έχει υπολογιστεί από το Shipflow. Επιπλέον, γνωρίζουμε το συντελεστή k και μπορούμε να υπολογίσουμε το συντελεστή τριβής μέσω της παρακάτω σχέσης (καμπύλη ITTC):

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10}Re-2)^2}, \text{ όπου } Re = \frac{V \cdot L}{\nu}$$

Επίσης υπολογίζουμε τον αριθμό Froude μέσω της σχέσης:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}}$$

Έτσι προκύπτει ο **Πίνακας 9.2** υπολογισμού του συντελεστή C_T του υπό μελέτη πλοίου.

V(m/s)	FN	RE	CF	CW	C _T
6.1728	0.182515075	605877844	0.00163	0.00051	0.003195
6.6872	0.197724664	656367664.3	0.001614	0.00054	0.003196
7.2016	0.212934254	706857484.7	0.001599	0.00082	0.003455
7.716	0.228143843	757347305	0.001585	0.00080	0.003422
8.2304	0.243353433	807837125.3	0.001572	0.00057	0.003173

8.7448	0.258563023	858326945.7	0.00156	0.00034	0.002923
9.2592	0.273772612	908816766	0.001549	0.00034	0.002906
9.7736	0.288982202	959306586.3	0.001539	0.00053	0.003087
10.288	0.304191791	1009796407	0.001529	0.00098	0.003524
10.8024	0.319401381	1060286227	0.00152	0.00135	0.003877
11.3168	0.33461097	1110776047	0.001511	0.00155	0.004065
11.8312	0.34982056	1161265868	0.001503	0.00174	0.004244
12.3456	0.365030149	1211755688	0.001495	0.00197	0.004463
12.86	0.380239739	1262245508	0.001487	0.00223	0.004712

Πίνακας 9.2 Υπολογισμός του συντελεστή C_T

Τέλος, θα πρέπει να υπολογισθεί η απαιτούμενη ισχύς πρόωσης για την κίνηση του πλοίου στην επιθυμητή ταχύτητα V_s . Η ισχύς αυτή υπολογίζεται μέσω της σχέσης:

$$EHP=R_T*V$$

όπου R_T είναι η ολική αντίσταση του πλοίου που υπολογίζεται μέσω της σχέσης:

$$R_T= \frac{1}{2} * C_T * \rho * V^2 * S$$

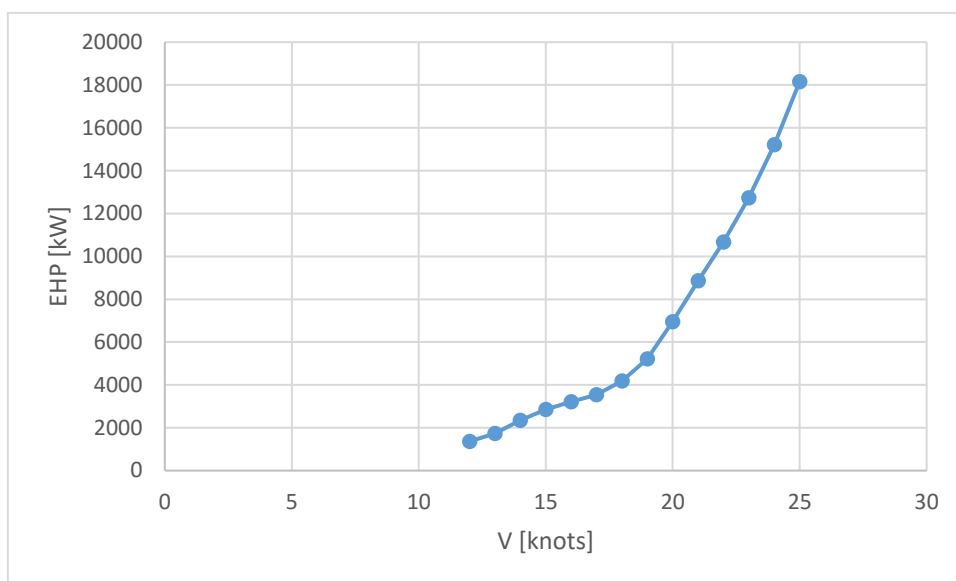
όπου S είναι η βρεχόμενη επιφάνεια του υπό μελέτη πλοίου. Στην τιμή της αντίστασης που υπολογίσαμε, προστέθηκε ένα περιθώριο 15% για πρόσθετη αντίσταση παρελκόμενων.

Ύστερα από την εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων, προκύπτει η απαιτούμενη ισχύς πρόωσης γυμνής γάστρας EHP για την εκάστοτε ταχύτητα κίνησης του πλοίου. Η ολική αντίσταση R_T και η ισχύς πρόωσης EHP παρουσιάζονται στον **Πίνακα 9.3**.

V(kn)	$R_T(N)$	$R_T +15%(N)$	EHP(kw)
12	191732.6	220492.475	1361.056
13	225144.9	258916.662	1731.428
14	282257.9	324596.6406	2337.615
15	320883.3	369015.7817	2847.326
16	338529	389308.3748	3204.164
17	352092.5	404906.4009	3540.825
18	392362.8	451217.2652	4177.911
19	464469.4	534139.8161	5220.469
20	587556.5	675689.9982	6951.499
21	712684.6	819587.2596	8853.509
22	820063.3	943072.7928	10672.57
23	935655.5	1076003.847	12730.42
24	1071370	1232075.707	15210.71
25	1227521	1411649.595	18153.81

Πίνακας 9.3. Αντίσταση και Απαιτούμενη Ισχύς Πρόωσης Γυμνής Γάστρας

Παρακάτω, φαίνεται το διάγραμμα ισχύος ρυμούλκησης γυμνής γάστρας του πλοίου συναρτήσει της ταχύτητας.



Σχήμα 9.3. Διάγραμμα Απαιτούμενης Ισχύος Πρόωσης Γυμνής Γάστρας ως Συνάρτηση της Ταχύτητας

9.2. Επιλογή Κύριας Μηχανής

Στο σημείο αυτό, έχοντας υπολογίσει την ολική αντίσταση ρυμούλκησης του πλοίου, θα επιλέξουμε τις κύριες μηχανές πρόωσης. Για την επιλογή των κυρίων μηχανών θα πρέπει να γνωρίζουμε το συνολικό βαθμό απόδοσης της όλης εγκατάστασης καθώς και τις απαιτήσεις σε ισχύ και στροφές ανά λεπτό των ελίκων του πλοίου. Για το λόγο αυτό, πριν την επιλογή κύριας μηχανής, κάνουμε υπολογισμό των βασικών χαρακτηριστικών των ελίκων που θα χρησιμοποιηθούν, και μέσω του προγράμματος GRID (Grid 2000) προσδιορίζουμε τα σημεία λειτουργίας τους για καθαρή και ρυπασμένη γάστρα. Προφανώς, η αντίσταση, σύμφωνα με την οποία θα υπολογίσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά των ελίκων αλλά και τα σημεία λειτουργίας τους, θα είναι αυτή που αντιστοιχεί στους 21 κόμβους που έχουμε επιλέξει ως υπηρεσιακή ταχύτητα.

Επιλογή ελίκων

Ακολουθεί ο υπολογισμός των βασικών χαρακτηριστικών των ελίκων με τις οποίες θα είναι εξοπλισμένο το πλοίο.

Σύμφωνα με το Σχέδιο Γενικής Διάταξης και τις γραμμές του πλοίου, επιλέγουμε διάμετρο έλικας $D_{ελ}=4.00$ m. Για την επιλογή της βέλτιστης έλικας είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τα παρακάτω στοιχεία και συντελεστές:

Συντελεστής ποσοστού ομόρρου (w)

- **Kruger:**
 $w = 0.81 * C_B - 0.34 = 0.81 * 0.361 - 0.34 = 0.03075$
- **Heckscher:**
 $w = 0.7 * C_p - 0.3 = 0.7 * 0.7083 - 0.3 = 0.19581$

Επιλέγω τον μέσο όρο των παραπάνω τιμών:

- $w = \frac{0.03075 + 0.19581}{3} = 0.0755$

Συντελεστής ποσοστού μείωσης ώσης (t)

- **Danckwardt:**
 $t = 0.52 * C_B - 0.18 = 0.52 * 0.361 - 0.18 = 0.00772$
- **Holtrop-Mennen:**
$$t = 0.325 * C_B - 0.1885 \frac{D_{\text{έλικας}}}{\sqrt{B * T}} = 0.325 * 0.361 - 0.1885 \frac{4}{\sqrt{26.02 * 6.2}}$$
$$= 0.058$$

Επιλέγω τον μέσο όρο των παραπάνω τιμών:

- $t = \frac{0.00772 + 0.058}{3} = 0.0219$

Συντελεστής σχετικής περιστροφής

Με τα στοιχεία $\frac{D_{pr}}{L_{pp}} = \frac{4}{115} = 0.0348$, $C_B = 0.361$, $\frac{D_{pr}}{V^{1/3}} = \frac{4}{18.825} = 0.2125$

από το διάγραμμα της μεθόδου BSRA, έχουμε ότι ο συντελεστής σχετικής περιστροφής είναι: $n_R = 0.98$

Συντελεστής απόδοσης άξονα

Ο συντελεστής απόδοσης άξονα περιλαμβάνει τις απώλειες στα έδρανα και την χοάνη και για πλοία με μηχανοστάσιο πρύμνηθεν παίρνει την τιμή $n_s = 0.98$.

Συντελεστής απόδοσης γάστρας n_H

- $n_H = \frac{1-t}{1-w} = 1.058$

Ταχύτητα προχώρησης

- $V_A = V_S * (1-w) = 21 * (1-0.0755) = 19.4145$

Ώση της μίας έλικας

$$T = \frac{R_T}{2 * (1 - t)} = \frac{819587.26}{2 * (1 - 0.0219)} = 418969 \text{ N}$$

Λόγος Εκτεταμένης Επιφανείας (Τύπος Keller)

$$\frac{Ae}{Ao} = \frac{(1.3+0.3*Z)*T}{(p_o-p_v)*D^2} + k \text{ με:}$$

Z = αριθμός πτερυγίων = 4

T = Ώση Έλικας = 38824 kp

p_o = Η στατική πίεση στο κέντρο της πρύμνης. Το ύψος άξονα από την επιφάνεια της θάλασσας είναι 4.075 m. Άρα η στατική πίεση στο κέντρο της πρύμνης είναι:

$$p_o = p_{atm} + \rho * g * h = 10200 + 104.61 * 9.81 * 4.075 = 14382 \text{ kp/m}^2$$

p_v = Η πίεση ατμοποίησης του νερού = 175.7 kp/m²

k=0.1

Έτσι έχουμε:

$$\frac{Ae}{Ao} = \frac{(1.3 + 0.3 * Z) * T}{(p_o - p_v) * D^2} + k = \frac{(1.3 + 0.3 * 4) * 38824}{(14382 - 175.7) * 4^2} + 0.1 = 0.327$$

Επιλέγω, τελικά, λόγο εκτεταμένης επιφάνειας ίσο με Ae/Ao=0.85

Εκτελώντας το πρόγραμμα, εισάγοντας τα παραπάνω δεδομένα, έχουμε ως αποτέλεσμα την εξής αναφορά για τις ισοβηματικές καμπύλες της έλικας του υπό μελέτη πλοίου:

Diam (m)= 4.000 Ae/A0= 0.850 No of blades= 4

Shaft efficiency= 0.980

no of propellers= 2

fluid density (kp*s²/m⁴)= 104.61

Wagenigen B-series

V (m/s)	R (kp)	w	t	nr	F (kp)
10.803	83574.6	0.0755	0.0219	0.980	0.0

***** iso - P/D *****

P/D= 0.500 number of propellers= 2

rpm V (knots) T (kp) Q (kp*m) DHP (PS) SHP (PS) P.C.

318.9 21.002 45375.0 29059.1 12938.7 13202.7 0.456

P/D= 0.600 number of propellers= 2

rpm V (knots) T (kp) Q (kp*m) DHP (PS) SHP (PS) P.C.

272.0 21.002 45374.7 27002.6 10256.8 10466.1 0.575

P/D=	0.700	number of propellers=	2				
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
239.0	21.002	45374.1	27119.8	9051.7	9236.5	0.652	
P/D=	0.800	number of propellers=	2				
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
214.5	21.002	45373.2	28282.4	8471.7	8644.5	0.696	
P/D=	0.900	number of propellers=	2				
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
195.6	21.002	45374.4	30013.7	8196.7	8364.0	0.720	
P/D=	1.000	number of propellers=	2				
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
180.5	21.002	45376.4	32084.3	8086.6	8251.7	0.730	
P/D=	1.100	number of propellers=	2				
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
168.2	21.002	45372.7	34361.1	8068.9	8233.6	0.731	
P/D=	1.200	number of propellers=	2				
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
157.9	21.002	45375.7	36761.4	8103.7	8269.1	0.728	
P/D=	1.300	number of propellers=	2				
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
149.1	21.002	45373.0	39192.4	8157.4	8323.9	0.723	
P/D=	1.400	number of propellers=	2				
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
141.4	21.002	45377.2	41571.4	8206.2	8373.7	0.719	

***** iso - V (or iso - pull) *****

V (knots)=	21.002	number of propellers=	2				
rpm	P/D	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
318.9	0.50	45375.0	29059.1	12938.7	13202.7	0.456	
272.0	0.60	45374.7	27002.6	10256.8	10466.1	0.575	
239.0	0.70	45374.1	27119.8	9051.7	9236.5	0.652	
214.5	0.80	45373.2	28282.4	8471.7	8644.5	0.696	
195.6	0.90	45374.4	30013.7	8196.7	8364.0	0.720	
180.5	1.00	45376.4	32084.3	8086.6	8251.7	0.730	
168.2	1.10	45372.7	34361.1	8068.9	8233.6	0.731	
157.9	1.20	45375.7	36761.4	8103.7	8269.1	0.728	
149.1	1.30	45373.0	39192.4	8157.4	8323.9	0.723	
141.4	1.40	45377.2	41571.4	8206.2	8373.7	0.719	

Τα αποτελέσματα που παίρνουμε για P/D= 1.1 είναι στις 168.2 rpm, έχουμε P.C.= 0.731, SHP=8233.6 PS = 6055.80 kW.

Για να βρούμε το σημείο λειτουργίας της έλικας για ρυπασμένη γάστρα και κυματισμούς, εκτελούμε το πρόγραμμα GRID (Grid 2000), έχοντας κάνει προσαύξηση

20% στην αντίσταση ρυμούλκησης που χρησιμοποιήσαμε κατά την προηγούμενη εκτέλεση του προγράμματος. Η αναφορά που παίρνουμε από το πρόγραμμα φαίνεται παρακάτω:

Diam (m)= 4.000 AE/A0= 0.850 No of blades= 4
 Shaft efficiency= 0.980
 no of propellers= 2
 fluid density (kp*s²/m⁴)= 104.61
 Wagenigen B-series

V (m/s)	R (kp)	w	t	nr	F (kp)	
10.803	100289.6	0.0755	0.0219	0.980	0.0	

***** iso - P/D *****

P/D= 0.500	number of propellers= 2						
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
332.3	21.002	54446.0	32881.6	15254.8	15566.1	0.464	
P/D= 0.600	number of propellers= 2						
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
284.0	21.002	54446.2	31045.3	12312.3	12563.6	0.575	
P/D= 0.700	number of propellers= 2						
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
250.0	21.002	54447.1	31526.9	11005.6	11230.2	0.643	
P/D= 0.800	number of propellers= 2						
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
224.7	21.002	54450.7	33127.1	10394.2	10606.3	0.681	
P/D= 0.900	number of propellers= 2						
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
205.2	21.002	54451.3	35332.9	10121.7	10328.2	0.699	
P/D= 1.000	number of propellers= 2						
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
189.6	21.002	54449.0	37898.6	10032.3	10237.0	0.706	
P/D= 1.100	number of propellers= 2						
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
176.9	21.002	54452.2	40690.5	10048.4	10253.5	0.705	
P/D= 1.200	number of propellers= 2						
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
166.2	21.002	54448.4	43600.4	10118.9	10325.4	0.700	
P/D= 1.300	number of propellers= 2						
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
157.1	21.002	54451.9	46545.0	10211.4	10419.8	0.693	
P/D= 1.400	number of propellers= 2						
rpm	V (knots)	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
149.2	21.002	54446.8	49407.4	10290.6	10500.6	0.688	

***** iso - V (or iso - pull) *****

V (knots)=	21.002	number of propellers=	2				
rpm	P/D	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.	
332.3	0.50	54446.0	32881.6	15254.8	15566.1	0.464	
284.0	0.60	54446.2	31045.3	12312.3	12563.6	0.575	
250.0	0.70	54447.1	31526.9	11005.6	11230.2	0.643	
224.7	0.80	54450.7	33127.1	10394.2	10606.3	0.681	
205.2	0.90	54451.3	35332.9	10121.7	10328.2	0.699	
189.6	1.00	54452.2	40690.5	10048.4	10253.5	0.705	
176.9	1.10	54449.0	37898.6	10032.3	10237.0	0.706	
166.2	1.20	54448.4	43600.4	10118.9	10325.4	0.700	
157.1	1.30	54451.9	46545.0	10211.4	10419.8	0.693	
149.2	1.40	54446.8	49407.4	10290.6	10500.6	0.688	

Τα αποτελέσματα που παίρνουμε για P/D= 1.1 είναι στις 176.9 rpm, έχουμε P.C.= 0.706, SHP=8233.6 PS = 7529.3 kW.

Να σημειώσουμε πως το πρόγραμμα GRID (GRID 2000) δε λαμβάνει υπ' όψιν του το βαθμό απόδοσης του μειωτήρα. Έτσι, αν θεωρήσουμε πως ο μειωτήρας έχει βαθμό απόδοσης $\eta_G=0,96$, προκύπτουν τα παρακάτω δύο σημεία λειτουργίας της κάθε έλικας.

	Στροφές Έλικας [RPM]	Ισχύς BHP [kW]
Καθαρή Γάστρα	168.2	6308.13
Ρυπασμένη Γάστρα & Κακοκαιρία	176.9	7843.02

Πίνακας 9.4. Σημεία Λειτουργίας Έλικας

Με γνωστό, πλέον, το λόγο $P/D=1.1$, μπορούμε να υπολογίσουμε τα δύο σημεία λειτουργίας και για τις υπόλοιπες ταχύτητες πλεύσης του υπό μελέτη πλοίου. Έτσι, τρέχοντας το πρόγραμμα GRID (GRID 2000), έχουμε τα αποτελέσματα που φαίνονται στους παρακάτω πίνακες. Στους πίνακες αυτούς, η αντίσταση έχει προκύψει από τον **Πίνακα 9.3**, η ισχύς SHP και ο βαθμός απόδοσης P.C. από το πρόγραμμα GRID (GRID 2000), ενώ η τελική ισχύς BHP και ο τελικός βαθμός απόδοσης η_{total} έχοντας συνυπολογίσει το βαθμό απόδοσης μειωτήρα $\eta_G=0,96$

ΚΑΘΑΡΗ ΓΑΣΤΡΑ					
Ταχύτητα πλεύσης του πλοίου	Αντίσταση	Ισχύς στον Άξονα	Βαθμός Απόδοσης	Ισχύς Κινητήρα	Βαθμός Απόδοσης
V (kn)	R (N)	SHP (kW)	P.C.	BHP (kW)	η_{total}
12	220492.5	900.3	0.756	937.8	0.726
13	258916.7	1145.3	0.756	1193.0	0.726
14	324596.6	1566.2	0.746	1631.5	0.716
15	369015.8	1904.3	0.748	1983.6	0.718

16	389308.4	2116.8	0.757	2205.0	0.727
17	404906.4	2310.4	0.766	2406.7	0.735
18	451217.3	2724.2	0.767	2837.7	0.736
19	534139.8	3434.5	0.76	3577.6	0.730
20	675690.0	4673.1	0.744	4867.8	0.714
21	819587.3	6055.6	0.731	6307.9	0.702
22	943072.8	7366.3	0.724	7673.2	0.695
23	1076003.8	8863.0	0.718	9232.3	0.689
24	1232075.7	10699.7	0.711	11145.5	0.683
25	1411649.6	12920.7	0.703	13459.1	0.675

Πίνακας 9.5. Αποτελέσματα GRID για Καθαρή Γάστρα

ΡΥΠΑΣΜΕΝΗ ΓΑΣΤΡΑ & ΚΑΚΟΚΑΙΡΙΑ					
Ταχύτητα πλεύσης του πλοίου	Αντίσταση	Ισχύς στον Άξονα	Βαθμός Απόδοσης	Ισχύς Κινητήρα	Βαθμός Απόδοσης
V (kn)	R (N)	SHP (kW)	P.C.	BHP (kW)	η_{total}
12	264590.9	1114.8	0.733	1161.2	0.704
13	310699.9	1418.5	0.733	1477.6	0.704
14	389515.9	1943.8	0.722	2024.8	0.693
15	442818.9	2363.0	0.723	2461.5	0.694
16	467170.1	2620.9	0.734	2730.1	0.705
17	485887.6	2853.9	0.744	2972.8	0.714
18	541460.7	3363.8	0.745	3504.0	0.715
19	640967.7	4249.1	0.737	4426.2	0.708
20	810827.9	5803.2	0.719	6045.0	0.690
21	983504.7	7540.0	0.705	7854.2	0.677
22	1131687.3	9184.3	0.697	9567.0	0.669
23	1291204.6	11062.3	0.691	11523.3	0.663
24	1478490.8	13372.1	0.683	13929.3	0.656
25	1693979.5	16168.5	0.674	16842.2	0.647

Πίνακας 9.6. Αποτελέσματα GRID για Ρυπασμένη Γάστρα & Κακοκαιρία

Επιλογή Κύριας Μηχανής

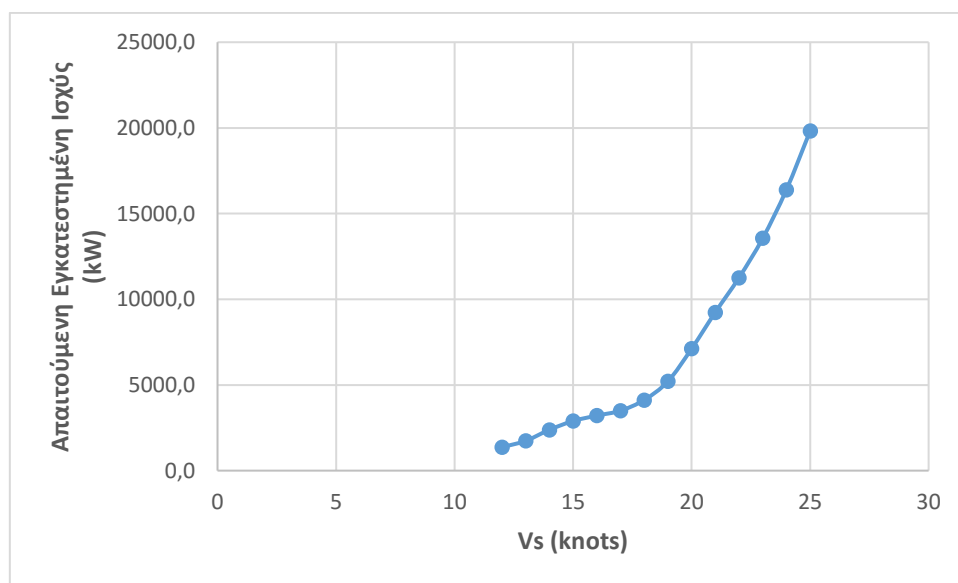
Για την επιλογή της κύριας μηχανής θα θεωρήσουμε ότι οι κύριες μηχανές δουλεύουν στο 85% του MCR τους. Έτσι, προκύπτει ο **Πίνακας 9.7** με την τελική απαίτηση εγκατεστημένης ισχύος της κάθε κύριας μηχανής για κάθε ταχύτητα πλεύσης. Η ισχύς

αυτή έχει προκύψει από την ισχύ *BHP* του Πίνακα 9.6 για ρυπασμένη γάστρα, διαιρεμένη με 0.85.

Ταχύτητα πλεύσης του πλοίου	Απαιτούμενη Εγκατεστημένη Ισχύς
V (kn)	BHP (kW)
12	1366.1
13	1738.4
14	2382.1
15	2895.9
16	3211.9
17	3497.4
18	4122.4
19	5207.3
20	7111.8
21	9240.2
22	11255.3
23	13556.8
24	16387.4
25	19814.4

Πίνακας 9.7. Τελική Απαίτηση Εγκατεστημένης Ισχύος

Παρακάτω, φαίνεται η διαγραμματική αναπαράσταση της τελικής απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος του πλοίου, συναρτήσεως της ταχύτητας πλεύσης. Να σημειώσουμε πως η ισχύς αυτή αφορά τη μία από τις δύο κύριες μηχανές.



Σχήμα 9.4. Διάγραμμα Απαιτούμενης Εγκατεστημένης Ισχύος μίας Κύριας Μηχανής – Ταχύτητας Πλεύσης

Για την ταχύτητα των 21 κόμβων έχουμε ως απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύ 9240.2 kW. Για τις παραπάνω απαιτήσεις επιλέγουμε μηχανή **Wärtsilä 16V38**, η οποία έχει τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά:

WARTSILA 16V38	
FFP	10800 kW
Cylinder Bore	380 mm
Piston Stroke	475 mm
Piston displacement	53.9 l/cyl
Speed	600 rpm
Piston speed	9.5 m/sec
Length	9018 mm
Breadth	3030 mm
Hight	2855 mm

Πίνακας 9.8. Κύρια Τεχνικά χαρακτηριστικά της μηχανής **Wärtsilä 16V38**

Διάγραμμα Φόρτισης Κύριας Μηχανής

Το Διάγραμμα Φόρτισης (Load Diagram) θα κατασκευαστεί σύμφωνα με τα σημεία λειτουργίας της έλικας που προέκυψαν από τα αποτελέσματα του προγράμματος Grid (Grid 2000). Έτσι, για καθαρή γάστρα και ρυπασμένη γάστρα & κυματισμούς έχουμε τα παρακάτω σημεία λειτουργίας της έλικας:

	Στροφές Έλικας [RPM]	Ισχύς BHP [kW]
Καθαρή Γάστρα	168.2	6308.13
Ρυπασμένη Γάστρα & Κακοκαιρία	176.9	7843.02

Πίνακας 9.4. Σημεία Λειτουργίας Έλικας

Από το σημείο λειτουργίας για καθαρή γάστρα, και σύμφωνα με τον κατασκευαστή της κύριας μηχανής, προκύπτει η χαρακτηριστική της έλικας για καθαρή γάστρα:

$$P = 1.3256 * 10^{-3} * n^3$$

Αντίστοιχα, προκύπτει και η χαρακτηριστική της έλικας για ρυπασμένη γάστρα & κυματισμούς:

$$P = 1.4168 * 10^{-3} * n^3$$

Επιλογή Μειωτήρα

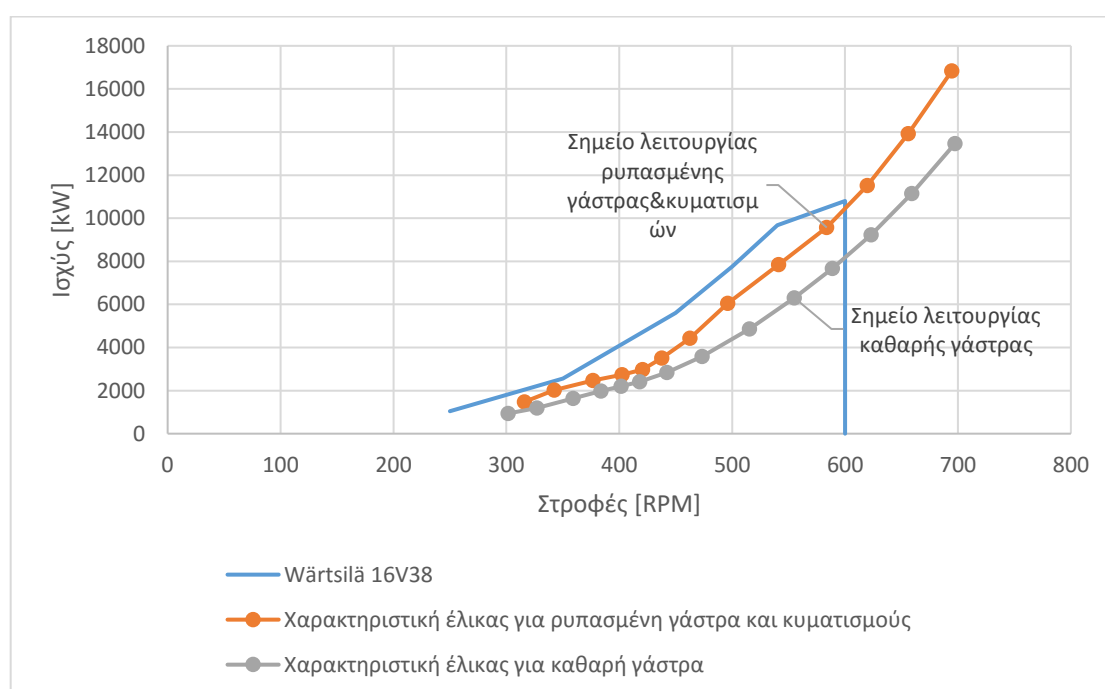
Στο σημείο αυτό, μπορούμε να υπολογίσουμε το λόγο μείωσης που θα πρέπει να έχει ο μειωτήρας. Θα τον υπολογίσουμε, σύμφωνα με τις στροφές της έλικας στην ρυπασμένη κατάσταση.

Έτσι θα έχουμε:

$$\lambda = \frac{600}{176.9} = 3.3917$$

Επιλέγουμε ως μειωτήρα τον ZF W83100 NC2 της MARINE ZF (MARINE ZF 2015), όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο και μπορεί να κατασκευαστεί για λόγους μείωσης 2.486-6.364. Τα κύρια χαρακτηριστικά του μειωτήρα φαίνονται στο Παράρτημα Έ'.

Πλέον, μπορεί να κατασκευαστεί το Διάγραμμα Φόρτισής του κινητήρα. Σημειώνουμε πως, μέσω του λόγου μείωσης, οι χαρακτηριστικές καμπύλες της έλικας έχουν προσαρμοστεί στο διάγραμμα φόρτισης του κινητήρα. Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζεται στο παρακάτω:



Σχήμα 9.5. Διάγραμμα Φόρτισης Κύριας Μηχανής

Γεωμετρία έλικας

Η έλικα που επιλέξαμε είναι η **Wagenigen B4-85** και οι βασικές διαστάσεις είναι οι εξής:

r/R	$[cr/D]*[z/(Ae/Ao)]$	ar/cr	br/cr	Ar	Br	cr	ar	br	$tmax$
0.2	1.6620	0.6170	0.3500	0.0526	0.0040	1.4958	0.9229	0.5235	0.2196
0.3	1.8820	0.6130	0.3500	0.0461	0.0035	1.6938	1.0383	0.5928	0.1926
0.4	2.0500	0.6010	0.3510	0.0402	0.0030	1.8450	1.1088	0.6476	0.1692
0.5	2.1520	0.5860	0.3550	0.0340	0.0025	1.9368	1.1350	0.6876	0.1440
0.6	2.1870	0.5610	0.3890	0.0278	0.0020	1.9683	1.1042	0.7657	0.1188

0.7	2.1440	0.5240	0.4430	0.0216	0.0015	1.9296	1.0111	0.8548	0.0936
0.8	1.9700	0.4630	0.4790	0.0154	0.0010	1.7730	0.8209	0.8493	0.0684
0.9	1.5820	0.3510	0.5000	0.0092	0.0005	1.4238	0.4998	0.7119	0.0432
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0180

Πίνακας 9.9. Βασικές διαστάσεις της έλικας **Wagenigen B4-85**

Εκτεταμένες τομές και περίγραμμα εκτεταμένου πτερυγίου

Το εκτεταμένο μήκος της υδροτομής σε ακτίνα r συμβολίζεται με c_r οι τιμές του οποίου δίνονται¹ υπό την ακόλουθη μορφή:

$$\frac{C_r}{D} \cdot \frac{z}{A_E/A_O}$$

Το χείλος πρόσπτωσης απέχει από την γενέτειρα γραμμή απόσταση ίση με a_r . Η θέση του μέγιστου πάχους καθορίζεται από την τιμή του b_r . Τέλος το μέγιστο πάχος δίνεται υπό την ακόλουθη μορφή:

$$\frac{S_r}{D} = A_r - B_r \cdot z$$

Τώρα μπορούμε να καθορίσουμε και το περίγραμμα της υδροτομής, ορίζοντας μία νέα μεταβλητή p που λαμβάνει την τιμή +1 στο χείλος πρόσπτωσης και την τιμή -1 στο χείλος εκφυγής. Το περίγραμμα της υδροτομής ορίζεται από τις τεταγμένες y_{face} και y_{back} της πρόσοψης και της πίσω όψης, αντίστοιχα:

Για $p > 0$

$$y_{face} = V \cdot (t_{max} - t_{ie})$$

$$y_{back} = (V_1 + V_2) \cdot (t_{max} - t_{i.e.}) + t_{i.e.}$$

Για $p \leq 0$

$$y_{\text{face}} = V_1 \cdot (t_{\text{max}} - t_{\text{t.e.}})$$

$$y_{\text{back}} = (V_1 + V_2) \cdot (t_{\text{max}} - t_{\text{t.e.}}) + t_{\text{t.e.}}$$

όπου:

$t_{\text{t.e.}}$, $t_{\text{i.e.}}$: πάχος υδροτομών στο χείλος εκφυγής και προσπτώσεως αντίστοιχα

V_1 , V_2 : πινακοποιημένες τιμές που εξαρτώνται από το r/R και το ρ .

Περίγραμμα αναπτυγμένου πτερυγίου

Αρχικά βρίσκεται το σημείο F πάνω στον άξονα Z για το οποίο ισχύει:

$$OF = \frac{P}{2 \cdot \pi}$$

Όπου P το βήμα της έλικας στην αντίστοιχη απόσταση r/R . Στη συνέχεια βρίσκουμε το σημείο πάνω στον άξονα Y για το οποίο ισχύει $OB = r$ και φέρνω κάθετη στην ευθεία FB. Το σημείο που η κάθετη τέμνει τον άξονα Y, είναι το σημείο C. Με κέντρο το C και ακτίνα $r_c = CB$. Το τόξο που προκύπτει αναπαριστά την αναπτυγμένη ελικοειδή γραμμή, επάνω στην οποία βρίσκονται τα σημεία D και d. Ο προσδιορισμός των σημείων αυτών γίνεται με τη σχέση:

$$\frac{l}{h} = \frac{1}{h/r} \cdot \sqrt{2 \cdot \left[1 - \cos \left(57.3 \cdot \frac{h}{r} \cdot \cos \varphi \right) \right] + \left(\frac{h}{r} \right)^2 \cdot \sin^2 \varphi}$$

όπου:

h το μήκος της ελικοειδής γραμμής που ορίζεται από τα σημεία της εκτεταμένης επιφάνειας

$$\varphi \text{ η γωνία για την οποία ισχύει } \tan \varphi = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Περίγραμμα προβεβλημένου πτερυγίου

Έχοντας κατασκευάσει το ανεπτυγμένο πτερύγιο με την παραπάνω διαδικασία, είναι εφικτό να κατασκευαστεί και το προβεβλημένο πτερύγιο. Από το κέντρο O φέρνουμε κύκλο με ακτίνα ίση με r και παράλληλες προς την OF , οι οποίες περνούν από τα σημεία d και D . Τα σημεία τομής των ευθειών αυτών με το τόξο ακτίνας r είναι τα σημεία d' και D' του περιγράμματος του προβεβλημένου πτερυγίου.

Προβολή πτερυγίου στο επίπεδο XOY

Η χάραξη της προβολής αυτής του πτερυγίου γίνεται με τη χρήση των εκτεταμένων τομών του. Η προβολή αυτή ορίζεται με δύο συγκεκριμένες αποστάσεις X_F και X_A , οι οποίες ορίζουν το εμπρόσθιο και το οπίσθιο τμήμα του πτερυγίου αντίστοιχα. Αρχικά φέρεται η απόσταση $OS = P/(2 \cdot \pi)$ σε μία ευθεία παράλληλη προς την ελικοειδή γραμμή βήματος και σε απόσταση r από αυτή. Η ευθεία SO' βρίσκεται στο ακτινικό επίπεδο XOY που περνάει από τον άξονα περιστροφής και η διακεκομμένη ευθεία που περνάει από το σημείο O' και είναι κάθετη στην SO' που βρίσκεται στο επίπεδο YOZ που είναι κάθετο στον άξονα περιστροφής. Κατόπιν χαράσσονται δύο ευθείες κάθετες προς την SO' , μία εφαπτόμενη στο κοντά χείλος πρόσπτωσης και η άλλη εφαπτόμενη στο χείλος εκφυγής. Οι αποστάσεις από το σημείο O' προς κάθε μια από τις ευθείες αυτές είναι ίσες προς τις αποστάσεις X_F και X_A .

Λεπτομέρειες πλήμνης

Η πλήμνη των ελίκων Wageningen έχει διάμετρο D_B που δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$D_B = 0.167 \cdot D_p \rightarrow D_B = 0.668 \text{ m}$$

Η διάμετρος του ελικοφόρου άξονα D_S με τη βοήθεια της παρακάτω σχέσης που προτείνεται από το νηογνώμονα.

$$D_s = 100 \cdot K \cdot \sqrt[3]{\frac{H}{R} \cdot \frac{560}{U + 160}}$$

όπου:

$K = 1.20$ (έλικα με σφήνα, λιπαινόμενη με λάδι)

$H = \text{MCR} = 10800 \text{ kW}$

$R = 600 \text{ RPM}$

$U = 650 \text{ N/mm}^2$, η αντοχή θραύσης του υλικού του άξονα (ανθρακούχος κραματωμένος χάλυβας)

Επομένως, προκύπτει: $D_s = 258 \text{ mm} = 0.258 \text{ m}$

10.ΣΥΓΚΡΙΣΗ

10.1.Μεταφορική Ικανότητα

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο θα γίνει μια συνολική παρουσίαση των χώρων του υπό μελέτη πλοίου. Για τα καταστρώματα οχημάτων θα δοθεί ο αριθμός Ι.Χ. αυτοκινήτων και το μήκος των λωρίδων φορτηγών. Για τα καταστρώματα επιβατών θα δοθεί ο αριθμός των επιβατών που δύναται να φιλοξενηθούν σε κάθε κατάστρωμα. Ταυτόχρονα, γίνεται μια σύγκριση με τα αντίστοιχα μεγέθη του πλοίου 'Blue Star Ithaki', όπως αυτά καταγράφηκαν από το αντίστοιχο τα διαθέσιμα στοιχεία της εταιρείας 'Blue Star Ferries'.

Για τους επιβάτες έχουμε ανά κατάστρωμα:

	Υπό μελέτη πλοίο	Blue Star Ithaki
1st Passenger Deck	1025	911
2nd Passenger Deck cabins	25	34
2nd Passenger Deck outdoor	105	208
Σύνολο	1155	1153

Πίνακας 10.1: Επιβάτες Καταστρωμάτων

	Υπό μελέτη πλοίο	Blue Star Ithaki
Total Seats	1155	1153
Summer Passengers	1100	1087
Winter Passengers	975(88%)	865(80%)

Πίνακας 10.2: Επιβάτες Θέρους - Χειμώνα

Ο συνολικός αριθμός θέσεων έχει προκύψει βάσει του **Πίνακα 10.1**. Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (Π.Δ.44/ 2011), τη θερινή περίοδο πρέπει να διατίθενται καθίσματα κλειστών χώρων για τους επιβάτες ανοιχτών χώρων σε περίπτωση κακοκαιρίας. Τα καθίσματα αυτά πρέπει να εξυπηρετούν τουλάχιστον το 30% της διαφοράς του αριθμού επιβατών θέρους-χειμώνα. Έτσι, για τον υπολογισμό των επιβατών θέρους έχει αφαιρεθεί ένας αριθμός από τις συνολικές θέσεις κλειστών χώρων, έτσι ώστε να ικανοποιείται ο παραπάνω κανονισμός. Για τον υπολογισμό των επιβατών χειμώνα έχουν υπολογιστεί όλες οι διαθέσιμες θέσεις κλειστών χώρων. Στους επιβάτες χειμώνα εμφανίζεται σε παρένθεση το ποσοστό τους ως προς τους επιβάτες θέρους.

Παρατηρούμε πως στο υπό μελέτη πλοίο ο αριθμός των επιβατών που μπορούν να μεταφερθούν έχει μια μικρή απόκλιση προς τα κάτω σε σχέση με τον αντίστοιχο αριθμό του 'Blue Star Ithaki', αν και υπάρχει μεγαλύτερος χώρος καταστρωμάτων στο υπό μελέτη πλοίο. Η διαφορά αυτή δικαιολογείται από τη διαφορετική διάταξη των χώρων επιβατών καθώς και από το γεγονός πως η σχεδίαση του 'Blue Star Ithaki' είναι σίγουρα η βέλτιστη, καθώς το πλοίο έχει κατασκευαστεί. Με περαιτέρω μελέτη και

με μια βελτιστοποίηση της διάταξης των χώρων ενδιαίτησης των επιβατών αναμένεται κάποια αύξηση του αριθμού τους.

Όσον αφορά το πλήρωμα του υπό μελέτη πλοίου, έχουμε υπολογίσει σε προηγούμενο κεφάλαιο 42 άτομα. Το πλοίο 'Blue Star Ithaki' έχει πλήρωμα 40 ατόμων. Το πλήρωμα διατηρήθηκε σχεδόν ίδιο, καθώς τα δύο πλοία έχουν παρόμοια μεταφορική ικανότητα σε επιβάτες και θέλαμε να διατηρήσουμε και ίδιο το επίπεδο ενδιαίτησης.

Ακολουθεί η ανάλυση για τη μεταφορική ικανότητα του υπό μελέτη πλοίου σε οχήματα.

	Υπό μελέτη πλοίο	Blue Star Ithaki
1st Car Deck truck lanes (m)	468	365
1st Car Deck cars*	158	105
2nd Car Deck cars	149	94

*Η μέτρηση αυτή, αφορά την περίπτωση που φορτώνεται το First Car Deck μόνο με Ι.Χ. επιβατηγά και παρουσιάζεται μόνο στα πλαίσια της σύγκρισης.

Πίνακας 10.3: Αριθμός Οχημάτων ανά Κατάστρωμα

Γενικά, βλέπουμε πως στο υπό μελέτη πλοίο ο αριθμός των οχημάτων που μπορούν να μεταφερθούν είναι αρκετά μεγάλος σε σχέση με το 'Blue Star Ithaki'. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο μεγαλύτερο πλάτος, και κατ' επέκταση στο μεγαλύτερο εμβαδόν καταστρωμάτων άρα και εκμεταλλεύσιμου χώρου που έχει το υπό μελέτη πλοίο.

10.2. Ταχύτητα Υπηρεσίας

	Υπό μελέτη πλοίο	Blue Star Ithaki
Vs [kn]	21	25

Πίνακας 10.4: Ταχύτητα Υπηρεσίας

Στην ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου βλέπουμε πως υπάρχει μια αρκετά σημαντική μείωση που όμως οφείλεται σε σχεδιαστική επιλογή, καθώς θέλαμε να μειώσουμε όσο το δυνατόν τα κόστη των καυσίμων (λόγω της μειωμένης αντίστασης και της μικρότερης απαιτούμενης ισχύος πρόωσης στην επιλεγθείσα ταχύτητα), των οποίων οι τιμές έχουν ανοδικές τάσεις τις τελευταίες δεκαετίες και αναμένεται να συνεχίσουν αυτή την πορεία στο μέλλον.

10.3. Εγκατεστημένη Ισχύς Πρόωσης

Ακολουθεί η σύγκριση της εγκατεστημένης ισχύος πρόωσης.

	Υπό μελέτη πλοίο	Blue Star Ithaki
P [kW]	21600	16560

Πίνακας 10.5: Εγκατεστημένη Ισχύς Πρόωσης

Παρόλο που έχουμε επιλέξει σαφώς μικρότερη ταχύτητα από του ‘Blue Star Ithaki’, Η αντίσταση που παρουσίασε το υπό μελέτη πλοίο είναι μεγαλύτερη σε σχέση με το ‘Blue Star Ithaki’, λόγω της μεγαλύτερης βρεχόμενης επιφάνειας . Έτσι, η συνολική απαίτηση ισχύος για πρόωση, αυξήθηκε σημαντικά γεγονός που αυξάνει τα έξοδα λειτουργίας του πλοίου.

10.4.Ολική & Καθαρή Χωρητικότητα

	Υπό μελέτη πλοίο	Blue Star Ithaki
Gross (international)	14261	10193

Πίνακας 10.6: Ολική Χωρητικότητα

Η ολική, όπως και η καθαρή χωρητικότητα των δύο πλοίων είναι σχετικά κοντά. Παρουσιάζεται, όμως, μια μικρή αύξηση στο υπό μελέτη πλοίο, το οποίο βασίζεται κυρίως στο μεγάλο εμβαδόν των καταστρωμάτων.

10.5.Γενική Σύγκριση

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά τα διάφορα χαρακτηριστικά του υπό μελέτη πλοίου και του πλοίου που επιλέξαμε.

NAME OF VESSEL	ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ	BLUE STAR ITHAKI
TYPE OF VESSEL	RO-RO PASSENGER	RO-RO PASSENGER
LENGTH OVER ALL (m)	128.5	123.8
LENGTH P.P. (m)	115	111.8
MAX BREADTH (m)	26.02	18.9
DEPTH (MAIN DECK) (m)	13	7.25
MAX SUMMER DRAUGHT (m)	6.2	5.1
GROSS TONNAGE (INTERNATIONAL)	14261	10193
TOTAL BREAK HORSE POWER (kW)	21600	16560
DISPLACEMENT (t)	6059.6	6587
LANE METERS CAPACITY (m) (TRAILERS)	468	360
CARS CAPACITY	149	94
NUMBER OF PASSENGERS	1100	1087
PASSENGERS BERTHED	20	34
SERVICE SPEED (Knots)	21	25

Πίνακας 10.7: Γενική Σύγκριση

11.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κάνοντας μια γενική ανασκόπηση στην όλη πορεία της παρούσας διπλωματικής, γίνεται εμφανές πως η ιδέα της μελέτης, σχεδίασης και κατασκευής ενός επιβατηγού πλοίου τύπου Trimaran που θα κινείται όμως σε ταχύτητες αντίστοιχες των συμβατικών μονόγαστρων πλοίων, είναι ένα θέμα που ίσως απασχολήσει την ακτοπλοΐα στο μέλλον, καθώς φαίνεται πολλά υποσχόμενο.

Ανατρέχοντας στη σύγκριση του υπό μελέτη πλοίου με το 'Blue Star Ithaki', το οποίο είναι ένα πλοίο παρεμφερούς μεταφορικής ικανότητας σε επιβάτες, αλλά σημαντικά μικρότερης σε οχήματα, εξάγουμε το συμπέρασμα πως το ποσοστό εκμεταλλεύσιμων χώρων του αποτελεί το κυριότερο πλεονέκτημά του. Γεγονός είναι πως στο τρίγαστρο πλοίο μπορούμε να έχουμε ένα εμβადόν καταστρωμάτων παρόμοιο με του μονόγαστρου πλοίου, περιορίζοντας, όμως, πολύ το βάρος της μεταλλικής κατασκευής και κατ' επέκταση το βάρος του άφορτου σκάφους. Σε συνδυασμό με τη μεγάλη ευστάθεια, την οποία έχουν τα τρίγαστρα πλοία λόγω της μορφής τους, μπορούμε να έχουμε ένα πολύ ικανοποιητικό αποτέλεσμα όσον αφορά τη μεταφορική ικανότητα του πλοίου, καταφέροντας να ελαχιστοποιήσουμε το βάρος του Lightship. Αυτό σίγουρα θα ενδιέφερε τον εκάστοτε πλοιοκτήτη που θα σκεφτόταν να κάνει μια τέτοια επένδυση.

Ταυτόχρονα, όμως, παρατηρούμε ότι είναι απαραίτητη η υδροδυναμική βελτιστοποίηση του σκάφους, καθώς η ταχύτητα που επιλέξαμε, προκειμένου το πλοίο να παραμένει ανταγωνιστικό δεν είναι η βέλτιστη, σύμφωνα με την μελέτη της αντίστασης που πραγματοποιήθηκε. Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος είναι ότι η επιλεγείσα ισχύς πρόωσης είναι μεγαλύτερη από αυτή του 'Blue Star Ithaki', παρόλο που κινούμαστε σε μικρότερη ταχύτητα. Ενδεχομένως, ύστερα από την υδροδυναμική βελτιστοποίηση, η μείωση της αντίστασης να επιτρέπει, όχι μόνο μικρότερη ισχύ πρόωσης, αλλά και τη δυνατότητα στο πλοίο να κινείται σε υψηλότερες ταχύτητες. Έτσι, έχουμε αφενός ένα χαμηλότερο κόστος λειτουργίας του πλοίου και αφετέρου χαμηλότερο κόστος κτίσης λόγω της φθηνότερης μηχανολογικής εγκατάστασης.

12.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι η προμελέτη – σχεδιασμός ενός τρίγαστρου πλοίου. Φυσικά, εφόσον πρόκειται για προκαταρκτική μελέτη, επιδέχεται περαιτέρω επέκταση. Συγκεκριμένα τα θέματα που προτείνουμε για την επέκταση της εργασίας παρατίθενται παρακάτω :

- Μελέτη συμπεριφοράς σε κυματισμούς
- Υδροδυναμική βελτιστοποίηση του υπό μελέτη πλοίου
- Μελέτη σχεδίου πυρασφάλειας
- Μελέτη και αναλυτικός υπολογισμός της διαμήκουσ αντοχής
- Μελέτη ελκτικών ικανοτήτων του πλοίου
- Μελέτη ευστάθειας μετά από βλάβη
- Αναλυτικότερος υπολογισμός της αντοχής των κατασκευαστικών στοιχείων του πλοίου ακόμα και σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας με χρήση πεπερασμένων στοιχείων
- Βελτιστοποίηση των χώρων του πλοίου με σκοπό αύξηση του ωφέλιμου φορτίου, μέσω της βελτίωσης του Σχεδίου Γενικής Διάταξης και του Σχεδίου Χωρητικότητας.
- Υπολογισμός αντίστασης μέσω μοντέλου στη δεξαμενή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και σύγκριση των αποτελεσμάτων της μεθόδου Froude
- Κατάστρωση και μελέτη σχεδίου εκκένωσης
- Αναλυτική σχεδίαση των χώρων του μηχανοστασίου, καθώς και επιλογή των απαραίτητων για τη λειτουργία του μηχανημάτων και εξαρτημάτων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ζαραφωνίτης Γ., Μελέτη και Σχεδίαση Πλοίων Νέας Τεχνολογίας, Πανεπιστημιακές Μεταπτυχιακές Σημειώσεις, ΕΜΠ, Αθήνα 2012.
- Ζαραφωνίτης Γ., Εισαγωγή στη Ναυπηγική και Θαλάσσια Τεχνολογία, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, ΕΜΠ, Αθήνα 2005.
- Zaraphonitis et. al., Review of Technoeconomic Characteristics of Fast Marine Vehicles, Proceedings High Speed Marine Vehicles Conference HSMV 2002, Naples, 2002.
- Παπανικολάου Α., Μελέτη Πλοίου – Μεθοδολογίες Προμελέτης Πλοίου, Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, Αθήνα, Τεύχος 1 ISBN 978-960-9600-09-01 & Τεύχος 2 ISBN 978-969-9400-11-4, Οκτώβριος 2009.
- Παπανικολάου Α., Αναστασόπουλος Κ., Μελέτη και Εξοπλισμός πλοίου I & II – Συλλογή Βοηθημάτων, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, ΕΜΠ, Αθήνα 2007.
- Liang Yun - Alan Bliault, High Performance Marine Vessels, ISBN 978-1-4614-0868-0, 2012
- Πολίτης Γ., Πρόωση Πλοίου, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, ΕΜΠ, Αθήνα , έτος 2011
- Σαμουηλίδης Μ., Αντοχή Πλοίου, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, ΕΜΠ, Αθήνα, έτος 2011
- Σκούπας Σ., Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για τη Μελέτη και Σχεδίαση - Βελτιστοποίηση Επιβατηγών - Οχηματαγωγών Πλοίων Νέας Τεχνολογίας, Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, 2011.
- Π.Δ.177/ 1974, *Περί οργανικής συνθέσεως των πληρωμάτων των επιβατηγών (ακτοπλοϊκών-μεσογειακών-τουριστικών) πλοίων*, ΦΕΚ Α'64.
- Π.Δ.20/ 2012, *Τροποποίηση διατάξεων του π.δ.103/1999 "Κανόνες και πρότυπα ασφαλείας για τα επιβατηγά πλοία σύμφωνα με την Οδηγία 98/18/ΕΚ του Συμβουλίου της 17ης Μαρτίου 1988"(Α'110)*, ΦΕΚ Α'46.
- Π.Δ.230/ 1984, *Συμπλήρωση του άρθρου 2 του Π.Δ.177/74 "Περί οργανικής συνθέσεως των πληρωμάτων των επιβατηγών (ακτοπλοϊκών-μεσογειακών-τουριστικών) πλοίων"*, ΦΕΚ Α'85.
- Π.Δ.319/ 1996, *Τροποποίηση του Π.Δ.177/74 "Περί οργανικής συνθέσεως των πληρωμάτων των επιβατηγών (ακτοπλοϊκών-μεσογειακών-τουριστικών) πλοίων"*, ΦΕΚ Α'216.
- Π.Δ.44/ 2011, *Κανονισμός Ενδιαιτήσεως και καθορισμού αριθμού επιβατών των επιβατηγών πλοίων*, ΦΕΚ Α'110.
- Journal of Ship Production and Design, Vol. 31, No. 3, August 2015
- SOLAS 1990, International Convention of the Safety Of Life At Sea, IMO
- HSCC 1994, *International Code of Safety for High-Speed Craft*, IMO.
- ICTM 1969, *International Convention on Tonnage Measurement of Ships*, IMO.
- ILLC 1966, *International Convention on Load Lines*, IMO.
- ILO 1949, *International Labour Conference*, IMO.
- Res.A.749(18) 1993, *CODE ON INTACT STABILITY FOR ALL TYPES OF SHIPS COVERED BY IMO INSTRUMENTS*, IMO.

- ResA.757(18) 1993, *Standards for the calculation of the width of stairways forming means of escape on passenger ships*, IMO.
- DNV, Rules for Ships Pt.5 Ch.12 Sec.3, January 2000

Ιστοσελίδες

- <http://www.bureauveritas.com/>
- http://www.zf.com/corporate/en_de/homepage/homepage.html
- <http://www.wartsila.com/>

Προγράμματα Η/Υ

- Autocad for Microsoft Windows 2014, Autodesk Inc., San Rafael, California
- Office Excel for Microsoft Windows 2007, Microsoft Corporation, Redmond, Washington
- Marine Lines for Microsoft Windows 2006, AVEVA Group plc, High Cross, Cambridge
- Marine Surface for Microsoft Windows 2006, AVEVA Group plc, High Cross, Cambridge
- Marine CalcM for Microsoft Windows 2006, AVEVA Group plc, High Cross, Cambridge
- Grid for Microsoft Windows 2000, software, version 2000, Gerasimos Politis



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ
ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

"ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΡΙΓΑΣΤΡΟΥ Ε/Γ- Ο/Γ ΠΛΟΙΟΥ"

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
(ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ)

ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Αθήνα, Ιούνιος 2016

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Σχέδιο Γενικής Διάταξης του πλοίου (General Arrangement)

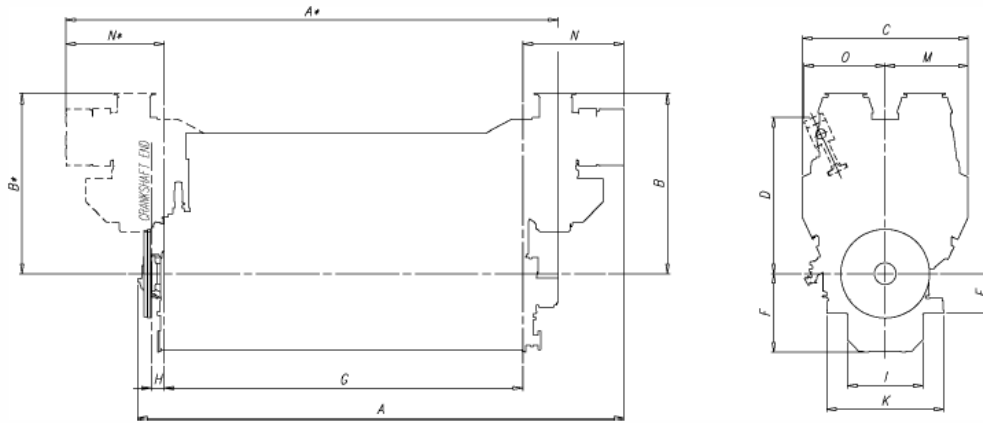
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Σχέδιο Μέσης Τομής του πλοίου (Midship Section)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Βασικά Στοιχεία Κύριων Μηχανών Πρόωσης

Figure 1.2 V-engines (DAAE091211)



Engine	A*	A	B	B*	C	D	E	F	G
12V38	7461	7344	3081	3081	3030	2855	720	1435	5165
16V38	9018	8904	3282	3282	3030	2855	720	1435	6565

Engine	H	I	K	M	N*	N	O	Weight [ton]
12V38	240	1382	2150	1515	1644	1690	1490	88
16V38	240	1382	2150	1515	1804	1846	1490	110

All dimensions in mm. The weights are wet weights of rigidly mounted engines with flywheel and built-on pumps.

* Dimension valid when turbocharger is located at flywheel end

3.2.5 Wärtsilä 16V38

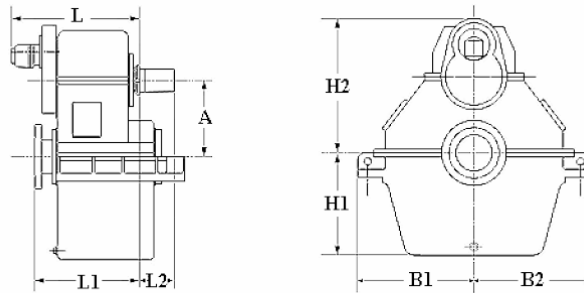
Wärtsilä 16V38		DE IMO Tier 2	ME (CPP) IMO Tier 2	ME (FPP) IMO Tier 2
Cylinder output	kW	726	726	676
Engine speed	rpm	800	800	800
Engine output	kW	11600	11600	10800
Mean effective pressure	MPa	2.69	2.69	2.51
Combustion air system				
Flow at 100% load	kg/s	21.1	20.5	21.2
Temperature at turbocharger intake, max. (TE 600)	°C	45	45	45
Temperature after air cooler, nom. (TE 601)	°C	50	50	50
Exhaust gas system (Note 1)				
Flow at 100% load	kg/s	21.72	21.15	21.72
Flow at 85% load	kg/s	20.32	18.43	19.95
Flow at 75% load	kg/s	18.92	16.88	17.93
Flow at 50% load	kg/s	13.31	14.71	14.45
Temperature after turbo, 100% load (TE 517)	°C	376	335	376
Temperature after turbo, 85% load (TE 517)	°C	312	316	316
Temperature after turbo, 75% load (TE 517)	°C	301	301	313
Temperature after turbo, 50% load (TE 517)	°C	306	256	280
Backpressure, max.	kPa	3	3	3
Calculated pipe diameter for 35 m/s	mm	1202	1148	1202
Heat balance at 100% load (Note 2)				
Jacket water, HT-circuit	kW	1375	1375	1440
Charge air, HT-circuit	kW	2514	2514	2648
Charge air, LT-circuit	kW	1328	1328	1299
Lubricating oil, LT-circuit	kW	1406	1406	1375
Radiation	kW	374	374	351
Fuel system (Note 3)				
Pressure before injection pumps, nom. (PT 101)	kPa	700±50	700±50	700±50
Flow to engine, approx.	m³/h	9.5	9.5	8.8
HFO viscosity before engine	cSt	16...24	16...24	16...24
Max. HFO temperature before engine (TE 101)	°C	140	140	140
MDF viscosity, min.	cSt	2.0	2.0	2.0
Max. MDF temperature before engine (TE 101)	°C	45	45	45
Clean leak fuel quantity, HFO at 100% load	kg/h	4.5	4.5	4.2
Clean leak fuel quantity, MDF at 100% load	kg/h	44.8	44.8	41.9
Fuel consumption at 100% load	g/kWh	185	185	185
Fuel consumption at 85% load	g/kWh	180	179	179
Fuel consumption at 75% load	g/kWh	181	179	179
Fuel consumption at 50% load	g/kWh	185	180	183
Lubricating oil system				
Pressure before bearings, nom. (PT 201)	kPa	450	450	450
Pressure after pump, max.	kPa	600	600	600
Suction ability main pump, including pipe loss, max.	kPa	40	40	40
Priming pressure, nom. (PT 201)	kPa	50	50	50
Temperature before bearings, nom. (TE 201)	°C	63	63	63
Temperature after engine, approx.	°C	81	81	81
Pump capacity (main), engine driven	m³/h	197	221	221
Pump capacity (main), electrically driven	m³/h	169	169	169
Oil flow through engine	m³/h	0	0	0
Priming pump capacity	m³/h	46	46	46
Oil volume in separate system oil tank	m³	13.9	13.9	13.0
Oil consumption at 100% load, approx.	g/kWh	0.7	0.7	0.7
Crankcase ventilation flow rate at full load	l/min	2960	2960	2960
Crankcase ventilation backpressure, max.	kPa	0.2	0.2	0.2
Oil volume in speed governor	l	1.6	1.6	1.6
High temperature cooling water system				
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 401)	kPa	380 + static	380 + static	380 + static
Pressure at engine, after pump, max. (PT 401)	kPa	460	460	460
Temperature before cylinders, approx. (TE 401)	°C	73	73	73
Temperature out from the engine, nom (TE 432)	°C	93	93	93
Capacity of engine driven pump, nom.	m³/h	176	176	176

Wärtsilä 16V38		DE	ME (OPP)	ME (FPP)
		IMO Tier 2	IMO Tier 2	IMO Tier 2
Cylinder output	kW	725	725	675
Engine speed	rpm	600	600	600
Pressure drop over engine, total	kPa	180	180	180
Pressure drop in external system, max.	kPa	200	200	200
Pressure from expansion tank	kPa	70...150	70...150	70...150
Water volume in engine	m ³	0.8	0.8	0.8
Low temperature cooling water system				
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 451)	kPa	340 + static	340 + static	340 + static
Pressure at engine, after pump, max. (PT 451)	kPa	460	460	460
Temperature before engine, max. (TE 451)	°C	38	38	38
Temperature before engine, min. (TE 451)	°C	25	25	25
Capacity of engine driven pump, nom.	m ³ /h	224	224	224
Pressure drop over charge air cooler	kPa	30	30	30
Pressure drop in external system, max.	kPa	310	310	310
Pressure from expansion tank	kPa	70 ... 150	70 ... 150	70 ... 150
Water volume in engine	m ³	0.8	0.8	0.8
Starting air system (10 to 4)				
Pressure, nom. (PT 301)	kPa	3000	3000	3000
Pressure at engine during start, min. (20°C)	kPa	1200	1200	1200
Pressure, max. (PT 301)	kPa	3000	3000	3000
Low pressure limit in air vessels	kPa	1500	1500	1500
Consumption per start at 20°C (successful start)	Nm ³	5.0	5.0	5.0
Consumption per start at 20°C (with slowturn)	Nm ³	2.6	2.6	2.6

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Βασικά Στοιχεία Μειωτήρων

Ratios	Power Factor		Input Power Capacity							
	kW/RPM	hp/RPM	500 RPM		600 RPM		750 RPM		750 RPM (max)	
			kW	hp	kW	hp	kW	hp	kW	hp
Continuous Duty - Diesel ⁵										
2.486	11.5100	15.4352	5755	7718	6906	9261	8633	11576	8633	11576
3.031	10.7600	14.4294	5380	7215	6456	8658	8070	10822	8070	10822
3.300	10.2000	13.6784	5100	6839	6120	8207	7650	10259	7650	10259
3.962	9.6001	12.8739	4800	6437	5760	7724	7200	9655	7200	9655
4.333	8.9651	12.0224	4483	6011	5379	7213	6724	9017	6724	9017
4.609	8.4927	11.3889	4246	5694	5096	6833	6370	8542	6370	8542
4.818	8.1922	10.9859	4096	5493	4915	6592	6144	8239	6144	8239
5.095	7.6629	10.2761	3831	5138	4598	6166	5747	7707	5747	7707
5.450	6.8613	9.2012	3431	4601	4117	5521	5146	6901	5146	6901
5.950	5.7110	7.6586	2856	3829	3427	4595	4283	5744	4283	5744
6.364	5.1711	6.9346	2586	3467	3103	4161	3878	5201	3878	5201



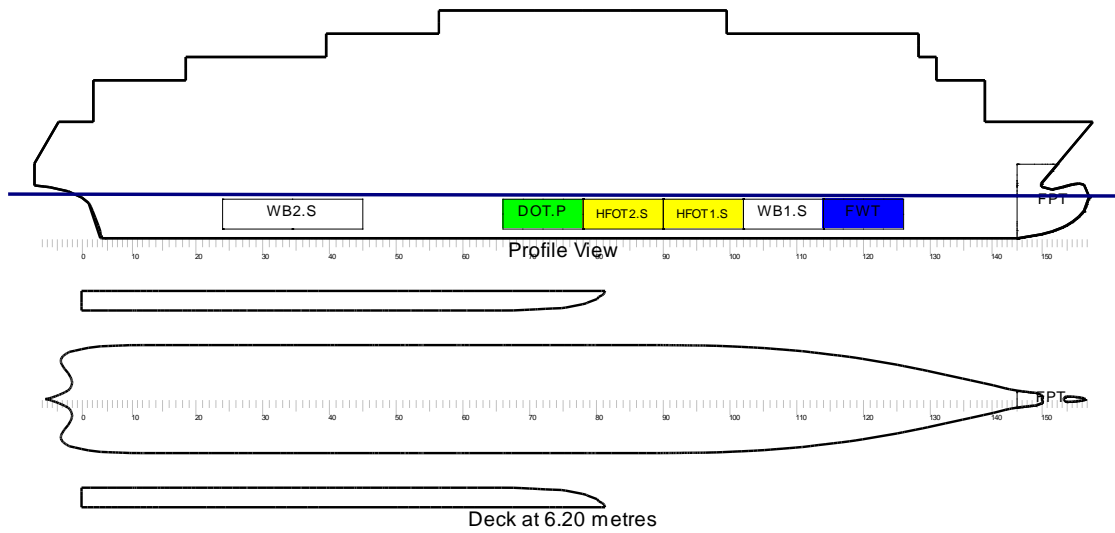
A	B1	B2	H1	H2	L0	L1	L2
Millimeter (mm)							
980.0	1230.0	1230.0	1120.0	1792.0	1225.0	1210.0	360.0

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

Αναλυτικά αποτελέσματα μελέτης άθικτης ευστάθειας

Full Load Departure

LISA Trim & Stability Book



Intact State

Key

Key	Name	Density (t/m ³)
	FW	1.0000
	FO	0.8700
	DO	0.8700
	LO	0.9240

Intact State

Intact State

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
<i>FRESH WATER</i>										
FWT: FRESH WATER	114-126	FW	100.0	1.000	69.1	93.60	0.00	3.00	0.0	
Total FRESH WATER					69.1	93.60	0.00	3.00	0.0	
<i>FUEL OIL</i>										
HFOT1.P: FUEL OIL	90-102	FO	98.0	0.870	117.3	74.38	-1.99	2.97	44.5	
HFOT1.S: FUEL OIL	90-102	FO	98.0	0.870	117.3	74.38	1.99	2.97	44.5	
HFOT2.P: FUEL OIL	78-90	FO	98.0	0.870	178.1	64.73	-3.03	3.03	188.3	
HFOT2.S: FUEL OIL	78-90	FO	98.0	0.870	178.1	64.73	3.03	3.03	188.3	
Total FUEL OIL					590.9	68.57	0.00	3.01	465.6	
<i>DIESEL OIL</i>										
DOT.P: DIESEL OIL	66-78	DO	98.0	0.870	58.9	55.20	0.00	2.96	5.6	
Total DIESEL OIL					58.9	55.20	0.00	2.96	5.6	
<i>LUBE OIL</i>										
LOT.P: LUBE OIL	45-66	LO	98.0	0.924	35.0	42.25	-2.98	0.61	10.3	
LOT.S: LUBE OIL	45-66	LO	98.0	0.924	35.0	42.25	2.98	0.61	10.3	
Total LUBE OIL					70.1	42.25	0.00	0.61	20.7	
<i>VEHICLES</i>										
TRUCKS					1520.0	46.95	-0.10	11.20	0.0	
CARS					236.9	45.99	0.10	15.20	0.0	

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
Total VEHICLES					1756.9	46.82	-0.07	11.74	0.0	
<i>PROVISIONS- CREW</i>										
PROVISIONS					46.2	57.50	0.00	21.80	0.0	
CREW					4.8	96.96	0.00	22.70	0.0	
Total PROVISIONS- CREW					51.0	61.21	0.00	21.88	0.0	
<i>PASSENGERS</i>										
GROUP 1					21.3	31.62	-6.38	19.90	0.0	
GROUP 2					21.3	28.61	7.15	19.90	0.0	
GROUP 3					21.3	69.90	6.20	19.90	0.0	
GROUP 4					21.3	69.90	-6.20	19.90	0.0	
Total PASSENGERS					85.0	50.01	0.19	19.90	0.0	
Lightweight					3377.6	49.60	0.00	12.23	0.0	
Deadweight					2682.0	53.25	-0.04	9.56	491.9	
Total Displacement					6059.6	51.22	-0.02	11.05	491.9	
Buoyancy					6059.6	51.20	-0.11	3.42	55637.3	
Total Buoyancy					6059.6	51.20	-0.11	3.42	55637.3	

Intact State

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	5.719	metres
Draft aft at marks	5.838	metres
Draft fwd at marks	5.551	metres
Draft at AP	5.838	metres
Draft at FP	5.551	metres
Mean draft at midships	5.695	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel to port	0.69	degrees
Trim by the stern	0.287	metres
KG	11.048	metres
FSC	0.081	metres
KGf	11.129	metres
GMt	1.470	metres
BMt	9.182	metres
BMI	222.996	metres
Waterplane area	1548.86	sq.metres
LCF	47.792	metres
TCF	-0.115	metres
TPC	15.876	tonnes/cm
MTC	117.501	tonnes-m/cm
Shell thickness	0.000	mm

Intact State

Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Port (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
0.00	-0.0060	1.9714	-0.200	5.201	3.69[2]	14.3030	0.1705	0.2458	0.3772
5.00	0.1628	1.8343	-0.177	5.167	2.57[3]	14.1944	0.1705	0.2458	0.3772
10.00	0.2940	0.9373	-0.084	5.061	1.50[3]	13.8718	0.1705	0.2458	0.3772
15.00	0.2155	-0.9448	0.233	4.848	0.46[4]	13.3449	0.1705	0.2458	0.3772
20.00	0.1689	1.0420	0.635	4.551	-0.59[4]	12.6299	0.1705	0.2458	0.3772
25.00	0.3014	2.7702	1.082	4.130	-1.55[4]	11.7484	0.1705	0.2458	0.3772
30.00	0.5344	3.4891	1.515	3.607	-2.42[4]	10.7273	0.1705	0.2458	0.3772
35.00	0.8106	3.8515	1.934	3.003	-3.23[4]	9.5975	0.1705	0.2458	0.3772
40.00	1.1498	5.0884	2.296	2.314	-3.94[4]	8.3934	0.1705	0.2458	0.3772
45.00	1.6406	6.4694	2.525	1.523	-4.54[4]	7.1515	0.1705	0.2458	0.3772
50.00	2.2323	7.2386	2.719	0.642	-5.01[4]	5.9097	0.1705	0.2458	0.3772
55.00	2.8929	8.2905	2.937	-0.327	-5.37[4]	4.7056	0.1705	0.2458	0.3772

Wind heeling moment

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.00000	m-radians
Area to windward (Area a)	0.00000	m-radians
Gust angle	0.000	degrees
Rollback angle	90.000	degrees

Property	Value	Units
Steady state angle	0.000	degrees
Max. angle to leeward	0.000	degrees

IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.30512	m-radians
Area to windward (Area a)	0.07991	m-radians
Gust angle	26.717	degrees
Rollback angle	16.193	degrees
Steady state angle	8.002	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees

IMO Turning

Property	Value	Units
Area A	0.56352	m-radians
Total Area A+B	0.24931	m-radians
Steady state angle	7.782	degrees
Max. angle	39.193	degrees

IMO Passenger crowding

Property	Value	Units
Area A	0.60685	m-radians
Total Area A+B	0.26807	m-radians
Steady state angle	5.240	degrees
Max. angle	40.150	degrees

Intact State

IMO 749 Intact stability Criteria Passenger

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.534	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.143	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.265	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	Not Appl..	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.534	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	55.000	30.000
7	Angle of heel for passenger crowding < 10 degrees	76.221	10.000
8	Angle of heel for turning < 10 degrees	7.782	10.000
9	IMO Weather Criterion (Maximum Initial Angle Of Heel)	8.002	16.000
10	IMO Weather Criterion (Areas)	3.818	1.000

Condition complies with the regulations

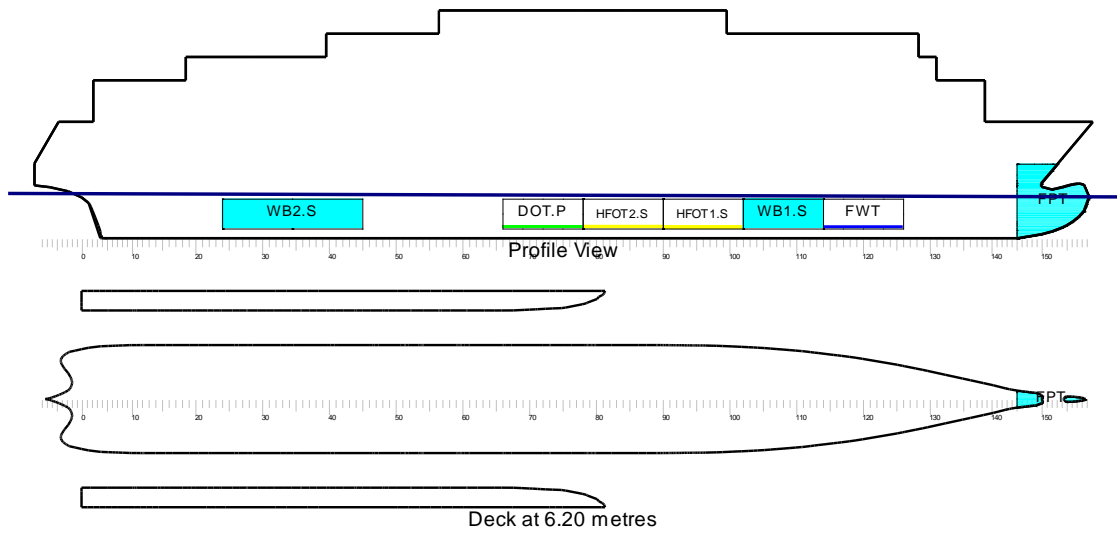
Note

Term	Meaning
Not Appl..	The criterion cannot be applied, because some condition is not met, e.g. the criterion might only apply when the ship is upright, but in the condition, the ship has an angle of heel.

Full Load Arrival

LISA Trim & Stability Book

Intact State



Key

Key	Name	Density (t/m ³)
	WB	1.0250
	FW	1.0000
	FO	0.8700
	DO	0.8700
	LO	0.9240

Intact State

Intact State

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m ³)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
<i>WATER BALLAST</i>										
FPT: WATER BALLAST	145-160	WB	100.0	1.025	122.0	114.97	0.00	4.63	0.0	

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
WB1.P: WATER BALLAST	102-114	WB	100.0	1.025	145.7	83.74	-2.16	3.21	0.0	
WB1.S: WATER BALLAST	102-114	WB	100.0	1.025	145.7	83.74	2.16	3.21	0.0	
WB2.P: WATER BALLAST	24-45	WB	100.0	1.025	144.0	25.40	-1.18	3.05	0.0	
WB2.S: WATER BALLAST	24-45	WB	100.0	1.025	144.0	25.40	1.18	3.05	0.0	
Total WATER BALLAST					701.4	65.22	0.00	3.39	0.0	
<i>FRESH WATER</i>										
FWT: FRESH WATER	114-126	FW	10.0	1.000	6.9	93.60	0.00	1.38	6.4	
Total FRESH WATER					6.9	93.60	0.00	1.38	6.4	
<i>FUEL OIL</i>										
HFOT1.P: FUEL OIL	90-102	FO	10.0	0.870	12.0	74.27	-1.93	1.39	42.7	
HFOT1.S: FUEL OIL	90-102	FO	10.0	0.870	12.0	74.27	1.93	1.39	42.7	
HFOT2.P: FUEL OIL	78-90	FO	10.0	0.870	18.2	64.65	-2.64	1.41	114.2	
HFOT2.S: FUEL OIL	78-90	FO	10.0	0.870	18.2	64.65	2.64	1.41	114.2	
Total FUEL OIL					60.3	68.47	0.00	1.40	313.8	
<i>DIESEL OIL</i>										
DOT.P: DIESEL OIL	66-78	DO	10.0	0.870	6.0	55.20	0.00	1.38	5.6	

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
Total DIESEL OIL					6.0	55.20	0.00	1.38	5.6	
<i>LUBE OIL</i>										
LOT.P: LUBE OIL	45-66	LO	10.0	0.924	3.6	43.71	-2.90	0.08	8.7	
LOT.S: LUBE OIL	45-66	LO	10.0	0.924	3.6	43.71	2.90	0.08	8.7	
Total LUBE OIL					7.2	43.71	0.00	0.08	17.5	
<i>VEHICLES</i>										
TRUCKS					1520.0	46.95	-0.10	11.20	0.0	
CARS					236.9	45.99	0.10	15.20	0.0	
Total VEHICLES					1756.9	46.82	-0.07	11.74	0.0	
<i>PROVISIONS- CREW</i>										
PROVISIONS					46.2	57.50	0.00	21.80	0.0	
CREW					4.8	96.96	0.00	22.70	0.0	
Total PROVISIONS- CREW					51.0	61.21	0.00	21.88	0.0	
<i>PASSENGERS</i>										
GROUP 1					21.3	31.62	-6.38	19.90	0.0	
GROUP 2					21.3	28.61	7.15	19.90	0.0	
GROUP 3					21.3	69.90	6.20	19.90	0.0	
GROUP 4					21.3	69.90	-6.20	19.90	0.0	
Total PASSENGERS					85.0	50.01	0.19	19.90	0.0	
Lightweight					3377.6	49.60	0.00	12.23	0.0	

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m ³)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
Deadweight					2674.7	52.64	-0.04	9.69	343.3	
Total Displacement					6052.3	50.94	-0.02	11.11	343.3	
Buoyancy					6052.3	50.92	-0.11	3.42	55730.0	
Total Buoyancy					6052.3	50.92	-0.11	3.42	55730.0	

Intact State

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	5.715	metres
Draft aft at marks	5.895	metres
Draft fwd at marks	5.460	metres
Draft at AP	5.895	metres
Draft at FP	5.460	metres
Mean draft at midships	5.678	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel to port	0.70	degrees
Trim by the stern	0.435	metres
KG	11.108	metres
FSC	0.057	metres
KGf	11.164	metres

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
GMt	1.457	metres
BMt	9.208	metres
BMI	225.544	metres
Waterplane area	1554.24	sq.metres
LCF	47.546	metres
TCF	-0.121	metres
TPC	15.931	tonnes/cm
MTC	118.701	tonnes-m/cm
Shell thickness	0.000	mm

Intact State

Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Port (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
0.00	-0.0060	1.9526	-0.359	5.184	3.62[2]	14.3417	0.1707	0.2472	0.3781
5.00	0.1613	1.8195	-0.336	5.150	2.50[3]	14.2327	0.1707	0.2472	0.3781
10.00	0.2926	0.9660	-0.243	5.044	1.43[3]	13.9092	0.1707	0.2472	0.3781
15.00	0.2166	-0.9676	0.069	4.832	0.49[4]	13.3810	0.1707	0.2472	0.3781
20.00	0.1688	1.0503	0.482	4.536	-0.56[4]	12.6640	0.1707	0.2472	0.3781
25.00	0.2974	2.7633	0.944	4.117	-1.53[4]	11.7802	0.1707	0.2472	0.3781

Heel to Port (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
30.00	0.5269	3.4811	1.389	3.597	-2.41[4]	10.7563	0.1707	0.2472	0.3781
35.00	0.8000	3.8402	1.817	2.994	-3.21[4]	9.6234	0.1707	0.2472	0.3781
40.00	1.1324	5.0244	2.191	2.308	-3.93[4]	8.4160	0.1707	0.2472	0.3781
45.00	1.6178	6.4339	2.428	1.518	-4.52[4]	7.1708	0.1707	0.2472	0.3781
50.00	2.2081	7.2271	2.624	0.638	-5.00[4]	5.9256	0.1707	0.2472	0.3781
55.00	2.8671	8.2659	2.843	-0.330	-5.36[4]	4.7183	0.1707	0.2472	0.3781

Wind heeling moment

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.00000	m-radians
Area to windward (Area a)	0.00000	m-radians
Gust angle	0.000	degrees
Rollback angle	90.000	degrees
Steady state angle	0.000	degrees
Max. angle to leeward	0.000	degrees

IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.29858	m-radians
Area to windward (Area a)	0.08081	m-radians
Gust angle	26.862	degrees
Rollback angle	16.192	degrees
Steady state angle	8.102	degrees

Property	Value	Units
Max. angle to leeward	50.000	degrees

IMO Turning

Property	Value	Units
Area A	0.55418	m-radians
Total Area A+B	0.24643	m-radians
Steady state angle	7.911	degrees
Max. angle	39.177	degrees

IMO Passenger crowding

Property	Value	Units
Area A	0.59805	m-radians
Total Area A+B	0.26609	m-radians
Steady state angle	5.299	degrees
Max. angle	40.195	degrees

Intact State

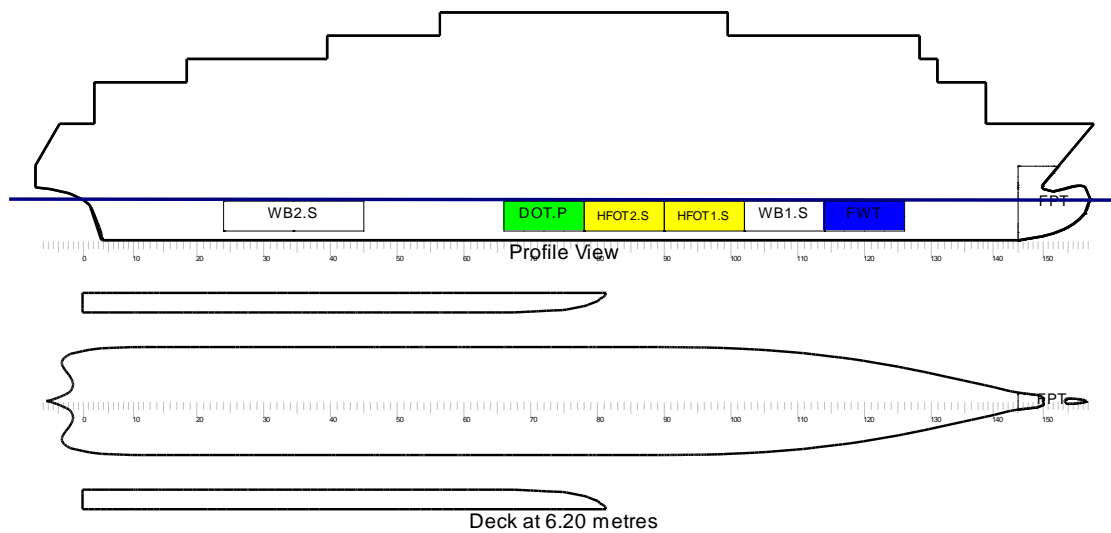
IMO 749 Intact stability Criteria Passenger

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.527	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.141	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.262	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	Not Appl..	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.527	0.200

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	55.000	30.000
7	Angle of heel for passenger crowding < 10 degrees	74.181	10.000
8	Angle of heel for turning < 10 degrees	7.911	10.000
9	IMO Weather Criterion (Maximum Initial Angle Of Heel)	8.102	16.000
10	IMO Weather Criterion (Areas)	3.695	1.000

Condition complies with the regulations

100% Passengers & 50% Cars Departure



Intact State

Key

Key	Name	Density (t/m ³)
	FW	1.0000
	FO	0.8700
	DO	0.8700
	LO	0.9240

Intact State

Intact State

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m ³)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
<i>FRESH WATER</i>										
FWT: FRESH WATER	114-126	FW	100.0	1.000	69.1	93.60	0.00	3.00	0.0	
Total FRESH WATER					69.1	93.60	0.00	3.00	0.0	
<i>FUEL OIL</i>										
HFOT1.P: FUEL OIL	90-102	FO	98.0	0.870	117.3	74.38	-1.99	2.97	44.5	
HFOT1.S: FUEL OIL	90-102	FO	98.0	0.870	117.3	74.38	1.99	2.97	44.5	
HFOT2.P: FUEL OIL	78-90	FO	98.0	0.870	178.1	64.73	-3.03	3.03	188.3	
HFOT2.S: FUEL OIL	78-90	FO	98.0	0.870	178.1	64.73	3.03	3.03	188.3	
Total FUEL OIL					590.9	68.57	0.00	3.01	465.6	
<i>DIESEL OIL</i>										

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
DOT.P: DIESEL OIL	66-78	DO	98.0	0.870	58.9	55.20	0.00	2.96	5.6	
Total DIESEL OIL					58.9	55.20	0.00	2.96	5.6	
<i>LUBE OIL</i>										
LOT.P: LUBE OIL	45-66	LO	98.0	0.924	35.0	42.25	-2.98	0.61	10.3	
LOT.S: LUBE OIL	45-66	LO	98.0	0.924	35.0	42.25	2.98	0.61	10.3	
Total LUBE OIL					70.1	42.25	0.00	0.61	20.7	
<i>PROVISIONS-CREW</i>										
PROVISIONS					46.2	57.50	0.00	21.80	0.0	
CREW					4.8	96.96	0.00	22.70	0.0	
Total PROVISIONS-CREW					51.0	61.21	0.00	21.88	0.0	
<i>PASSENGERS</i>										
GROUP 1					21.3	31.62	-6.38	19.90	0.0	
GROUP 2					21.3	28.61	7.15	19.90	0.0	
GROUP 3					21.3	69.90	6.20	19.90	0.0	
GROUP 4					21.3	69.90	-6.20	19.90	0.0	
Total PASSENGERS					85.0	50.01	0.19	19.90	0.0	
<i>50% VEHICLES</i>										
TRUCKS					740.0	46.95	-0.10	11.20	0.0	

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m ³)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
CARS					118.1	45.99	0.10	15.20	0.0	
Total 50% VEHICLES					858.1	46.81	-0.07	11.75	0.0	
Lightweight					3377.6	49.60	0.00	12.23	0.0	
Deadweight					1783.2	56.50	-0.02	8.46	491.9	
Total Displacement					5160.8	51.99	-0.01	10.93	491.9	
Buoyancy					5160.8	51.97	-0.04	3.07	52164.0	
Total Buoyancy					5160.8	51.97	-0.04	3.07	52164.0	

Intact State

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	5.139	metres
Draft aft at marks	5.211	metres
Draft fwd at marks	5.039	metres
Draft at AP	5.211	metres
Draft at FP	5.039	metres
Mean draft at midships	5.125	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel to port	0.22	degrees

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Trim by the stern	0.172	metres
KG	10.929	metres
FSC	0.095	metres
KGf	11.025	metres
GMt	2.153	metres
BMt	10.108	metres
BMI	241.976	metres
Waterplane area	1480.70	sq.metres
LCF	48.522	metres
TCF	-0.036	metres
TPC	15.177	tonnes/cm
MTC	108.589	tonnes-m/cm
Shell thickness	0.000	mm

Intact State

Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Port (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
0.00	-0.0016	2.4569	-0.110	4.884	4.06[2]	16.1298	0.1879	0.2472	0.4228
5.00	0.2058	2.1987	-0.079	4.849	2.94[3]	16.0072	0.1879	0.2472	0.4228

Heel to Port (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
10.00	0.3324	-0.9185	0.061	4.735	1.87[4]	15.6434	0.1879	0.2472	0.4228
15.00	0.2336	-0.6340	0.435	4.519	0.78[4]	15.0493	0.1879	0.2472	0.4228
20.00	0.1708	0.3314	0.839	4.242	-0.29[4]	14.2429	0.1879	0.2472	0.4228
25.00	0.2712	2.6913	1.278	3.855	-1.29[4]	13.2489	0.1879	0.2472	0.4228
30.00	0.5141	3.7701	1.721	3.352	-2.18[4]	12.0973	0.1879	0.2472	0.4228
35.00	0.8175	4.2408	2.155	2.758	-3.00[4]	10.8232	0.1879	0.2472	0.4228
40.00	1.1744	5.2825	2.549	2.079	-3.73[4]	9.4653	0.1879	0.2472	0.4228
45.00	1.6933	6.8881	2.804	1.296	-4.33[4]	8.0649	0.1879	0.2472	0.4228
50.00	2.3049	7.6483	3.044	0.415	-4.81[4]	6.6644	0.1879	0.2472	0.4228
55.00	3.0033	8.7756	3.288	-0.554	-5.17[4]	5.3065	0.1879	0.2472	0.4228

Wind heeling moment

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.00000	m-radians
Area to windward (Area a)	0.00000	m-radians
Gust angle	0.000	degrees
Rollback angle	90.000	degrees
Steady state angle	0.000	degrees
Max. angle to leeward	0.000	degrees

IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.29576	m-radians
Area to windward (Area a)	0.09516	m-radians
Gust angle	28.396	degrees
Rollback angle	17.732	degrees
Steady state angle	6.899	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees

IMO Turning

Property	Value	Units
Area A	0.57727	m-radians
Total Area A+B	0.20945	m-radians
Steady state angle	6.028	degrees
Max. angle	36.589	degrees

IMO Passenger crowding

Property	Value	Units
Area A	0.60997	m-radians
Total Area A+B	0.22509	m-radians
Steady state angle	4.539	degrees
Max. angle	37.527	degrees

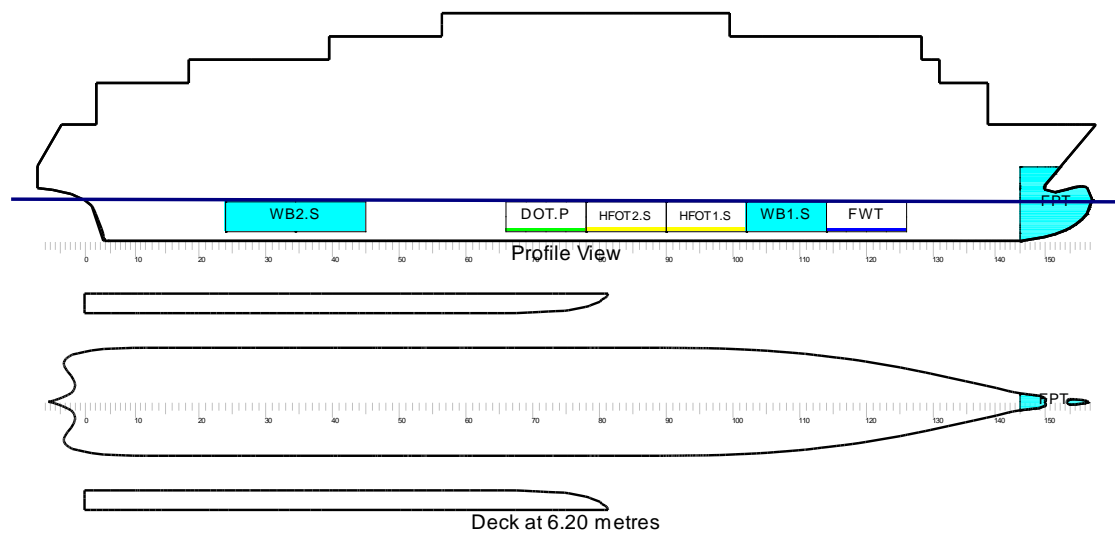
Intact State

IMO 749 Intact stability Criteria Passenger

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.514	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.144	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.271	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	2.457	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.514	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	55.000	30.000
7	Angle of heel for passenger crowding < 10 degrees	82.486	10.000
8	Angle of heel for turning < 10 degrees	6.028	10.000
9	IMO Weather Criterion (Maximum Initial Angle Of Heel)	6.899	16.000
10	IMO Weather Criterion (Areas)	3.108	1.000

Condition complies with the regulations

100% Passengers & 50% Cars Arrival



Intact State

Key

Key	Name	Density (t/m ³)
	WB	1.0250
	FW	1.0000
	FO	0.8700
	DO	0.8700
	LO	0.9240

Intact State

Intact State

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m ³)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
<i>WATER BALLAST</i>										
FPT: WATER BALLAST	145-160	WB	100.0	1.025	122.0	114.97	0.00	4.63	0.0	
WB1.P: WATER BALLAST	102-114	WB	100.0	1.025	145.7	83.74	-2.16	3.21	0.0	
WB1.S: WATER BALLAST	102-114	WB	100.0	1.025	145.7	83.74	2.16	3.21	0.0	
WB2.P: WATER BALLAST	24-45	WB	100.0	1.025	144.0	25.40	-1.18	3.05	0.0	
WB2.S: WATER BALLAST	24-45	WB	100.0	1.025	144.0	25.40	1.18	3.05	0.0	
Total WATER BALLAST					701.4	65.22	0.00	3.39	0.0	
<i>FRESH WATER</i>										

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
FWT: FRESH WATER	114-126	FW	10.0	1.000	6.9	93.60	0.00	1.38	6.4	
Total FRESH WATER					6.9	93.60	0.00	1.38	6.4	
<i>FUEL OIL</i>										
HFOT1.P: FUEL OIL	90-102	FO	10.0	0.870	12.0	74.27	-1.93	1.39	42.7	
HFOT1.S: FUEL OIL	90-102	FO	10.0	0.870	12.0	74.27	1.93	1.39	42.7	
HFOT2.P: FUEL OIL	78-90	FO	10.0	0.870	18.2	64.65	-2.64	1.41	114.2	
HFOT2.S: FUEL OIL	78-90	FO	10.0	0.870	18.2	64.65	2.64	1.41	114.2	
Total FUEL OIL					60.3	68.47	0.00	1.40	313.8	
<i>DIESEL OIL</i>										
DOT.P: DIESEL OIL	66-78	DO	10.0	0.870	6.0	55.20	0.00	1.38	5.6	
Total DIESEL OIL					6.0	55.20	0.00	1.38	5.6	
<i>LUBE OIL</i>										
LOT.P: LUBE OIL	45-66	LO	10.0	0.924	3.6	43.71	-2.90	0.08	8.7	
LOT.S: LUBE OIL	45-66	LO	10.0	0.924	3.6	43.71	2.90	0.08	8.7	
Total LUBE OIL					7.2	43.71	0.00	0.08	17.5	
<i>PROVISIONS-CREW</i>										
PROVISIONS					46.2	57.50	0.00	21.80	0.0	
CREW					4.8	96.96	0.00	22.70	0.0	

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
Total PROVISIONS-CREW					51.0	61.21	0.00	21.88	0.0	
<i>PASSENGERS</i>										
GROUP 1					21.3	31.62	-6.38	19.90	0.0	
GROUP 2					21.3	28.61	7.15	19.90	0.0	
GROUP 3					21.3	69.90	6.20	19.90	0.0	
GROUP 4					21.3	69.90	-6.20	19.90	0.0	
Total PASSENGERS					85.0	50.01	0.19	19.90	0.0	
<i>50% VEHICLES</i>										
TRUCKS					740.0	46.95	-0.10	11.20	0.0	
CARS					118.1	45.99	0.10	15.20	0.0	
Total 50% VEHICLES					858.1	46.81	-0.07	11.75	0.0	
Lightweight					3377.6	49.60	0.00	12.23	0.0	
Deadweight					1775.9	55.58	-0.02	8.66	343.3	
Total Displacement					5153.4	51.66	-0.01	11.00	343.3	
<i>BuoYancy</i>										
BuoYancy					5153.4	51.64	-0.04	3.07	52217.3	

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
Total Buoyancy					5153.4	51.64	-0.04	3.07	52217.3	

Intact State

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	5.134	metres
Draft aft at marks	5.274	metres
Draft fwd at marks	4.942	metres
Draft at AP	5.274	metres
Draft at FP	4.942	metres
Mean draft at midships	5.108	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel to port	0.23	degrees
Trim by the stern	0.332	metres
KG	10.999	metres
FSC	0.067	metres
KGf	11.066	metres
GMt	2.134	metres
BMt	10.132	metres
BMI	242.827	metres
Waterplane area	1481.79	sq.metres

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
LCF	48.363	metres
TCF	-0.037	metres
TPC	15.188	tonnes/cm
MTC	108.817	tonnes-m/cm
Shell thickness	0.000	mm

Intact State

Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Port (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
0.00	-0.0016	2.4399	-0.276	4.866	3.98[2]	16.1755	0.1882	0.2488	0.4239
5.00	0.2047	2.1948	-0.246	4.832	2.86[3]	16.0526	0.1882	0.2488	0.4239
10.00	0.3358	-0.2382	-0.114	4.719	1.82[3]	15.6877	0.1882	0.2488	0.4239
15.00	0.2358	-0.6565	0.260	4.504	0.80[4]	15.0919	0.1882	0.2488	0.4239
20.00	0.1702	0.3291	0.667	4.228	-0.27[4]	14.2833	0.1882	0.2488	0.4239
25.00	0.2675	2.6870	1.124	3.843	-1.26[4]	13.2864	0.1882	0.2488	0.4239
30.00	0.5065	3.7637	1.582	3.342	-2.16[4]	12.1316	0.1882	0.2488	0.4239
35.00	0.8064	4.2316	2.027	2.750	-2.98[4]	10.8539	0.1882	0.2488	0.4239
40.00	1.1568	5.2094	2.434	2.073	-3.71[4]	9.4922	0.1882	0.2488	0.4239
45.00	1.6694	6.8719	2.699	1.291	-4.32[4]	8.0877	0.1882	0.2488	0.4239

Heel to Port (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
50.00	2.2796	7.6301	2.942	0.412	-4.80[4]	6.6833	0.1882	0.2488	0.4239
55.00	2.9757	8.7430	3.188	-0.555	-5.16[4]	5.3216	0.1882	0.2488	0.4239

Wind heeling moment

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.00000	m-radians
Area to windward (Area a)	0.00000	m-radians
Gust angle	0.000	degrees
Rollback angle	90.000	degrees
Steady state angle	0.000	degrees
Max. angle to leeward	0.000	degrees

IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.28915	m-radians
Area to windward (Area a)	0.09581	m-radians
Gust angle	28.551	degrees
Rollback angle	17.740	degrees
Steady state angle	7.064	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees

IMO Turning

Property	Value	Units
Area A	0.56763	m-radians
Total Area A+B	0.20770	m-radians
Steady state angle	6.138	degrees
Max. angle	36.570	degrees

IMO Passenger crowding

Property	Value	Units
Area A	0.60086	m-radians
Total Area A+B	0.22153	m-radians
Steady state angle	4.574	degrees
Max. angle	37.414	degrees

Intact State

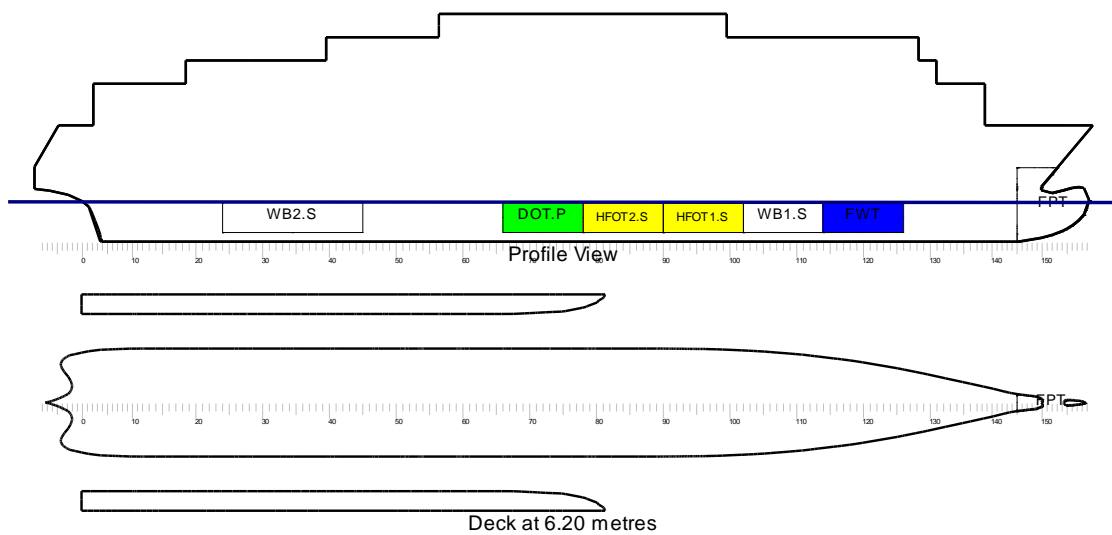
IMO 749 Intact stability Criteria Passenger

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.506	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.142	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.269	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	2.440	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.506	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	55.000	30.000
7	Angle of heel for passenger crowding < 10 degrees	80.477	10.000
8	Angle of heel for turning < 10 degrees	6.138	10.000
9	IMO Weather Criterion (Maximum Initial Angle Of Heel)	7.064	16.000

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
10	IMO Weather Criterion (Areas)	3.018	1.000

Condition complies with the regulations

100% Passengers & 30% Cars Departure



Intact State

Key	Name	Density (t/m3)
	FW	1.0000
	FO	0.8700
	DO	0.8700
	LO	0.9240

Intact State

Intact State

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
<i>FRESH WATER</i>										
FWT: FRESH WATER	114-126	FW	100.0	1.000	69.1	93.60	0.00	3.00	0.0	
Total FRESH WATER					69.1	93.60	0.00	3.00	0.0	
<i>FUEL OIL</i>										
HFOT1.P: FUEL OIL	90-102	FO	98.0	0.870	117.3	74.38	1.99	2.97	44.5	
HFOT1.S: FUEL OIL	90-102	FO	98.0	0.870	117.3	74.38	1.99	2.97	44.5	
HFOT2.P: FUEL OIL	78-90	FO	98.0	0.870	178.1	64.73	3.03	3.03	188.3	
HFOT2.S: FUEL OIL	78-90	FO	98.0	0.870	178.1	64.73	3.03	3.03	188.3	
Total FUEL OIL					590.9	68.57	0.00	3.01	465.6	
<i>DIESEL OIL</i>										
DOT.P: DIESEL OIL	66-78	DO	98.0	0.870	58.9	55.20	0.00	2.96	5.6	
Total DIESEL OIL					58.9	55.20	0.00	2.96	5.6	
<i>LUBE OIL</i>										
LOT.P: LUBE OIL	45-66	LO	98.0	0.924	35.0	42.25	2.98	0.61	10.3	
LOT.S: LUBE OIL	45-66	LO	98.0	0.924	35.0	42.25	2.98	0.61	10.3	
Total LUBE OIL					70.1	42.25	0.00	0.61	20.7	

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
<i>PROVISIONS- CREW</i>										
PROVISIONS					46.2	57.50	0.00	21.80	0.0	
CREW					4.8	96.96	0.00	22.70	0.0	
Total PROVISIONS- CREW					51.0	61.21	0.00	21.88	0.0	
<i>PASSENGERS</i>										
GROUP 1					21.3	31.62	- 6.38	19.90	0.0	
GROUP 2					21.3	28.61	7.15	19.90	0.0	
GROUP 3					21.3	69.90	6.20	19.90	0.0	
GROUP 4					21.3	69.90	- 6.20	19.90	0.0	
Total PASSENGERS					85.0	50.01	0.19	19.90	0.0	
<i>30% VEHICLES</i>										
TRUCKS					444.0	46.95	- 0.10	11.20	0.0	
CARS					70.9	45.99	0.10	15.20	0.0	
Total 30% VEHICLES					514.9	46.81	- 0.07	11.75	0.0	
Lightweight					3377.6	49.60	0.00	12.23	0.0	
Deadweight					1439.9	58.81	- 0.01	7.68	491.9	
Total Displacement					4817.5	52.35	- 0.00	10.87	491.9	

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m ³)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
Buoyancy					4816.9	52.35	-0.02	2.93	50666.0	
Total Buoyancy					4816.9	52.35	-0.02	2.93	50666.0	

Intact State

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	4.910	metres
Draft aft at marks	4.957	metres
Draft fwd at marks	4.846	metres
Draft at AP	4.957	metres
Draft at FP	4.846	metres
Mean draft at midships	4.901	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel to port	0.09	degrees
Trim by the stern	0.111	metres
KG	10.871	metres
FSC	0.102	metres
KGf	10.973	metres
GMt	2.473	metres
BMt	10.518	metres

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
BMI	250.715	metres
Waterplane area	1452.30	sq.metres
LCF	48.769	metres
TCF	-0.015	metres
TPC	14.886	tonnes/cm
MTC	105.015	tonnes-m/cm
Shell thickness	0.000	mm

Intact State

Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Stbd (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
0.00	-0.0004	2.6807	-0.068	4.755	4.21[2]	16.9713	0.1959	0.2477	0.4438
5.00	0.2229	2.3299	-0.032	4.720	3.09[2]	16.8424	0.1959	0.2477	0.4438
10.00	0.3298	-0.8168	0.145	4.600	1.99[1]	16.4596	0.1959	0.2477	0.4438
15.00	0.2418	-0.4933	0.530	4.385	0.90[1]	15.8345	0.1959	0.2477	0.4438
20.00	0.1836	0.1442	0.945	4.112	-0.17[1]	14.9861	0.1959	0.2477	0.4438
25.00	0.2662	2.5825	1.378	3.739	-1.18[1]	13.9402	0.1959	0.2477	0.4438
30.00	0.5086	3.8549	1.824	3.245	-2.08[1]	12.7285	0.1959	0.2477	0.4438
35.00	0.8225	4.3941	2.260	2.656	-2.90[1]	11.3879	0.1959	0.2477	0.4438

Heel to Stbd (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
40.00	1.1879	5.3730	2.664	1.981	-3.64[1]	9.9592	0.1959	0.2477	0.4438
45.00	1.7164	7.0006	2.933	1.201	-4.24[1]	8.4857	0.1959	0.2477	0.4438
50.00	2.3368	7.8444	3.191	0.320	-4.72[1]	7.0122	0.1959	0.2477	0.4438
55.00	3.0529	8.9992	3.445	-0.648	-5.09[1]	5.5834	0.1959	0.2477	0.4438

Wind heeling moment

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.00000	m-radians
Area to windward (Area a)	0.00000	m-radians
Gust angle	0.000	degrees
Rollback angle	90.000	degrees
Steady state angle	0.000	degrees
Max. angle to leeward	0.000	degrees

IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.29251	m-radians
Area to windward (Area a)	0.10294	m-radians
Gust angle	28.933	degrees
Rollback angle	18.334	degrees
Steady state angle	6.975	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees

IMO Turning

Property	Value	Units
Area A	0.58467	m-radians
Total Area A+B	0.20380	m-radians
Steady state angle	5.619	degrees
Max. angle	36.068	degrees

IMO Passenger crowding

Property	Value	Units
Area A	0.61303	m-radians
Total Area A+B	0.21980	m-radians
Steady state angle	4.347	degrees
Max. angle	37.051	degrees

Intact State

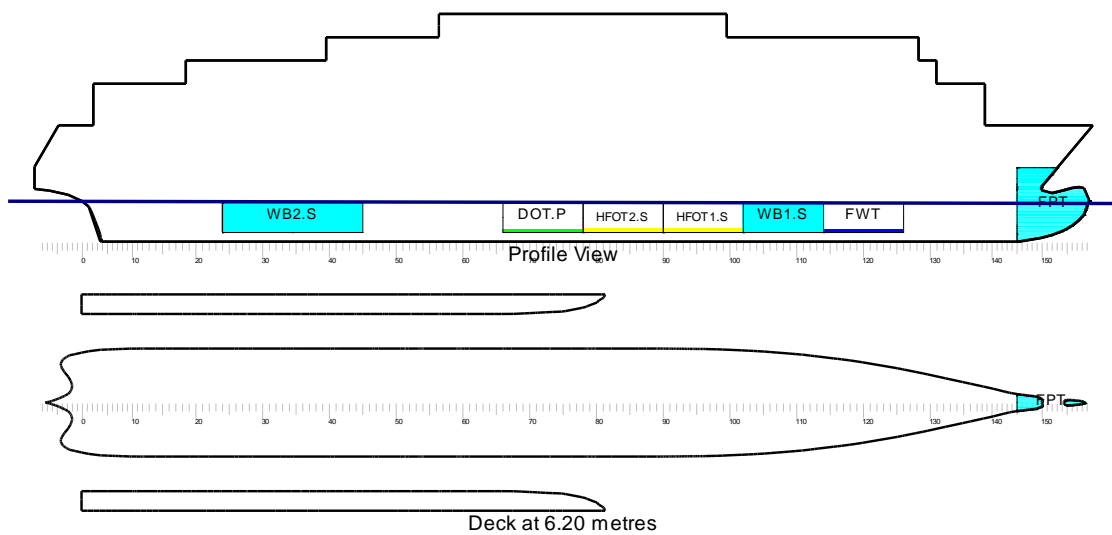
IMO 749 Intact stability Criteria Passenger

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.509	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.145	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.275	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	2.681	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.509	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	55.000	30.000
7	Angle of heel for passenger crowding < 10 degrees	83.775	10.000
8	Angle of heel for turning < 10 degrees	5.619	10.000
9	IMO Weather Criterion (Maximum Initial Angle Of Heel)	6.975	16.000

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
10	IMO Weather Criterion (Areas)	2.842	1.000

Condition complies with the regulations

100% Passengers & 30% Cars Arrival



Intact State

Key

Key	Name	Density (t/m3)
	WB	1.0250
	FW	1.0000
	FO	0.8700

Key	Name	Density (t/m ³)
	DO	0.8700
	LO	0.9240

Intact State

Intact State

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m ³)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
<i>WATER BALLAST</i>										
FPT: WATER BALLAST	145-160	WB	100.0	1.025	122.0	114.97	0.00	4.63	0.0	
WB1.P: WATER BALLAST	102-114	WB	100.0	1.025	145.7	83.74	-2.16	3.21	0.0	
WB1.S: WATER BALLAST	102-114	WB	100.0	1.025	145.7	83.74	2.16	3.21	0.0	
WB2.P: WATER BALLAST	24-45	WB	100.0	1.025	144.0	25.40	-1.18	3.05	0.0	
WB2.S: WATER BALLAST	24-45	WB	100.0	1.025	144.0	25.40	1.18	3.05	0.0	
Total WATER BALLAST					701.4	65.22	0.00	3.39	0.0	
<i>FRESH WATER</i>										
FWT: FRESH WATER	114-126	FW	10.0	1.000	6.9	93.60	0.00	1.38	6.4	
Total FRESH WATER					6.9	93.60	0.00	1.38	6.4	
<i>FUEL OIL</i>										

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
HFOT1.P: FUEL OIL	90-102	FO	10.0	0.870	12.0	74.27	-1.93	1.39	42.7	
HFOT1.S: FUEL OIL	90-102	FO	10.0	0.870	12.0	74.27	1.93	1.39	42.7	
HFOT2.P: FUEL OIL	78-90	FO	10.0	0.870	18.2	64.65	-2.64	1.41	114.2	
HFOT2.S: FUEL OIL	78-90	FO	10.0	0.870	18.2	64.65	2.64	1.41	114.2	
Total FUEL OIL					60.3	68.47	0.00	1.40	313.8	
<i>DIESEL OIL</i>										
DOT.P: DIESEL OIL	66-78	DO	10.0	0.870	6.0	55.20	0.00	1.38	5.6	
Total DIESEL OIL					6.0	55.20	0.00	1.38	5.6	
<i>LUBE OIL</i>										
LOT.P: LUBE OIL	45-66	LO	10.0	0.924	3.6	43.71	-2.90	0.08	8.7	
LOT.S: LUBE OIL	45-66	LO	10.0	0.924	3.6	43.71	2.90	0.08	8.7	
Total LUBE OIL					7.2	43.71	0.00	0.08	17.5	
<i>PROVISIONS-CREW</i>										
PROVISIONS					46.2	57.50	0.00	21.80	0.0	
CREW					4.8	96.96	0.00	22.70	0.0	
Total PROVISIONS-CREW					51.0	61.21	0.00	21.88	0.0	
<i>PASSENGERS</i>										

Title	Frames	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)	S M
GROUP 1					21.3	31.62	-6.38	19.90	0.0	
GROUP 2					21.3	28.61	7.15	19.90	0.0	
GROUP 3					21.3	69.90	6.20	19.90	0.0	
GROUP 4					21.3	69.90	-6.20	19.90	0.0	
Total PASSENGERS					85.0	50.01	0.19	19.90	0.0	
<i>30% VEHICLES</i>										
TRUCKS					444.0	46.95	-0.10	11.20	0.0	
CARS					70.9	45.99	0.10	15.20	0.0	
Total 30% VEHICLES					514.9	46.81	-0.07	11.75	0.0	
Lightweight					3377.6	49.60	0.00	12.23	0.0	
Deadweight					1432.6	57.68	-0.01	7.91	343.3	
Total Displacement					4810.2	52.01	-0.00	10.95	343.3	
Buoyancy					4809.7	51.99	-0.02	2.93	50729.9	
Total Buoyancy					4809.7	51.99	-0.02	2.93	50729.9	

Intact State

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	4.905	metres
Draft aft at marks	5.022	metres
Draft fwd at marks	4.745	metres
Draft at AP	5.022	metres
Draft at FP	4.745	metres
Mean draft at midships	4.884	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel to port	0.10	degrees
Trim by the stern	0.276	metres
KG	10.946	metres
FSC	0.071	metres
KGf	11.017	metres
GMt	2.455	metres
BMt	10.547	metres
BMI	251.609	metres
Waterplane area	1453.52	sq.metres
LCF	48.592	metres
TCF	-0.015	metres
TPC	14.899	tonnes/cm
MTC	105.231	tonnes-m/cm
Shell thickness	0.000	mm

Intact State

Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Stbd (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
0.00	-0.0004	2.6646	-0.237	4.737	4.13[2]	17.0205	0.1962	0.2493	0.4449
5.00	0.2221	2.3288	-0.202	4.703	3.02[2]	16.8912	0.1962	0.2493	0.4449
10.00	0.3349	-0.8456	-0.034	4.584	2.00[2]	16.5073	0.1962	0.2493	0.4449
15.00	0.2445	-0.5201	0.350	4.370	0.93[1]	15.8803	0.1962	0.2493	0.4449
20.00	0.1835	0.1074	0.767	4.098	-0.14[1]	15.0295	0.1962	0.2493	0.4449
25.00	0.2626	2.5869	1.216	3.727	-1.15[1]	13.9805	0.1962	0.2493	0.4449
30.00	0.5009	3.8493	1.678	3.235	-2.06[1]	12.7654	0.1962	0.2493	0.4449
35.00	0.8112	4.3869	2.127	2.648	-2.89[1]	11.4209	0.1962	0.2493	0.4449
40.00	1.1702	5.2994	2.544	1.975	-3.62[1]	9.9880	0.1962	0.2493	0.4449
45.00	1.6922	6.9883	2.824	1.197	-4.23[1]	8.5102	0.1962	0.2493	0.4449
50.00	2.3109	7.8231	3.086	0.318	-4.71[1]	7.0325	0.1962	0.2493	0.4449
55.00	3.0245	8.9614	3.341	-0.650	-5.08[1]	5.5996	0.1962	0.2493	0.4449

Wind heeling moment

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.00000	m-radians
Area to windward (Area a)	0.00000	m-radians

Property	Value	Units
Gust angle	0.000	degrees
Rollback angle	90.000	degrees
Steady state angle	0.000	degrees
Max. angle to leeward	0.000	degrees

IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.28587	m-radians
Area to windward (Area a)	0.10344	m-radians
Gust angle	29.084	degrees
Rollback angle	18.354	degrees
Steady state angle	6.953	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees

IMO Turning

Property	Value	Units
Area A	0.57486	m-radians
Total Area A+B	0.20146	m-radians
Steady state angle	5.671	degrees
Max. angle	35.987	degrees

IMO Passenger crowding

Property	Value	Units
Area A	0.60377	m-radians
Total Area A+B	0.21531	m-radians

Property	Value	Units
Steady state angle	4.372	degrees
Max. angle	36.858	degrees

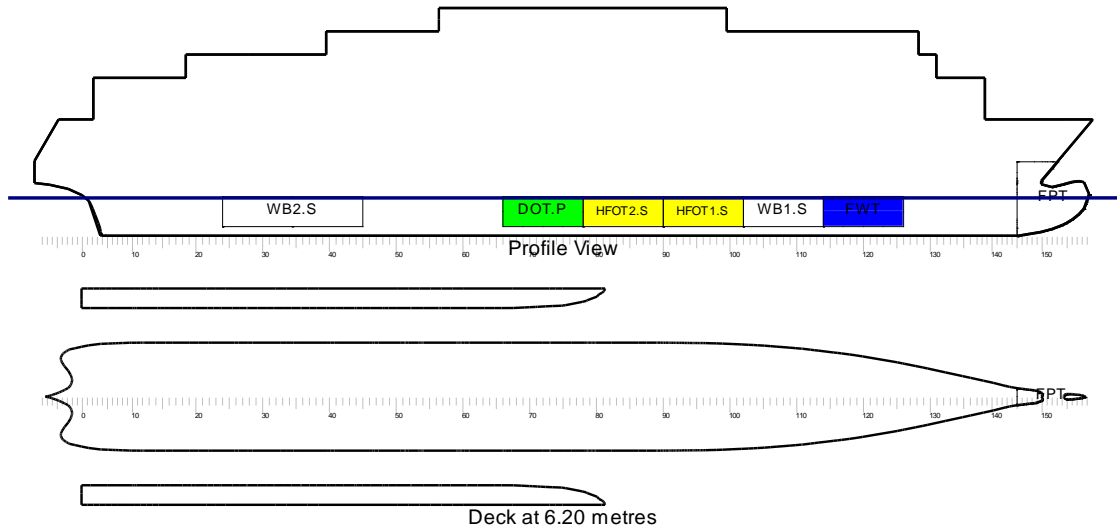
Intact State

IMO 749 Intact stability Criteria Passenger

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.501	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.143	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.273	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	2.665	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.501	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	55.000	30.000
7	Angle of heel for passenger crowding < 10 degrees	81.857	10.000
8	Angle of heel for turning < 10 degrees	5.671	10.000
9	IMO Weather Criterion (Maximum Initial Angle Of Heel)	6.953	16.000
10	IMO Weather Criterion (Areas)	2.764	1.000

Condition complies with the regulations

Only Passengers Departure



Intact State

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	4.558	metres
Draft aft at marks	4.556	metres
Draft fwd at marks	4.561	metres
Draft at AP	4.556	metres
Draft at FP	4.561	metres
Mean draft at midships	4.558	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel to starboard	0.07	degrees
Trim	No trim	
KG	10.766	metres
FSC	0.114	metres
KGf	10.880	metres
GMt	2.988	metres

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
BMt	11.157	metres
BMI	264.046	metres
Waterplane area	1401.95	sq.metres
LCF	49.333	metres
TCF	0.013	metres
TPC	14.370	tonnes/cm
MTC	98.795	tonnes-m/cm
Shell thickness	0.000	mm

Intact State

Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Stbd (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
0.00	-0.0038	2.9876	0.005	4.559	4.44[40]	18.3811	0.2092	0.2481	0.4789
5.00	0.2434	2.5083	0.049	4.523	3.31[1]	18.2414	0.2092	0.2481	0.4789
10.00	0.3205	-0.5665	0.284	4.394	2.19[1]	17.8268	0.2092	0.2481	0.4789
15.00	0.2508	-0.2467	0.687	4.180	1.10[1]	17.1498	0.2092	0.2481	0.4789
20.00	0.2078	0.1676	1.122	3.910	0.02[1]	16.2309	0.2092	0.2481	0.4789
25.00	0.2657	2.2947	1.560	3.555	-1.01[1]	15.0981	0.2092	0.2481	0.4789
30.00	0.5019	3.9324	2.001	3.077	-1.93[1]	13.7858	0.2092	0.2481	0.4789
35.00	0.8302	4.6101	2.438	2.497	-2.76[1]	12.3339	0.2092	0.2481	0.4789

Heel to Stbd (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
40.00	1.2101	5.5425	2.854	1.829	-3.50[1]	10.7865	0.2092	0.2481	0.4789
45.00	1.7488	7.1410	3.150	1.053	-4.11[1]	9.1905	0.2092	0.2481	0.4789
50.00	2.3864	8.1842	3.433	0.172	-4.59[1]	7.5946	0.2092	0.2481	0.4789
55.00	3.1322	9.3769	3.698	-0.795	-4.96[1]	6.0472	0.2092	0.2481	0.4789

Wind heeling moment

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.00000	m-radians
Area to windward (Area a)	0.00000	m-radians
Gust angle	0.000	degrees
Rollback angle	90.000	degrees
Steady state angle	0.000	degrees
Max. angle to leeward	0.000	degrees

IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.28688	m-radians
Area to windward (Area a)	0.11726	m-radians
Gust angle	29.653	degrees
Rollback angle	19.175	degrees
Steady state angle	7.786	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees

IMO Turning

Property	Value	Units
Area A	0.59662	m-radians
Total Area A+B	0.20025	m-radians
Steady state angle	5.109	degrees
Max. angle	35.604	degrees

IMO Passenger crowding

Property	Value	Units
Area A	0.61800	m-radians
Total Area A+B	0.24705	m-radians
Steady state angle	4.239	degrees
Max. angle	38.357	degrees

Intact State

IMO 749 Intact stability Criteria Passenger

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.502	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.146	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.280	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	Not Appl..	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.502	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	55.000	30.000
7	Angle of heel for passenger crowding < 10 degrees	80.016	10.000
8	Angle of heel for turning < 10 degrees	5.109	10.000
9	IMO Weather Criterion (Maximum Initial Angle Of Heel)	7.786	16.000

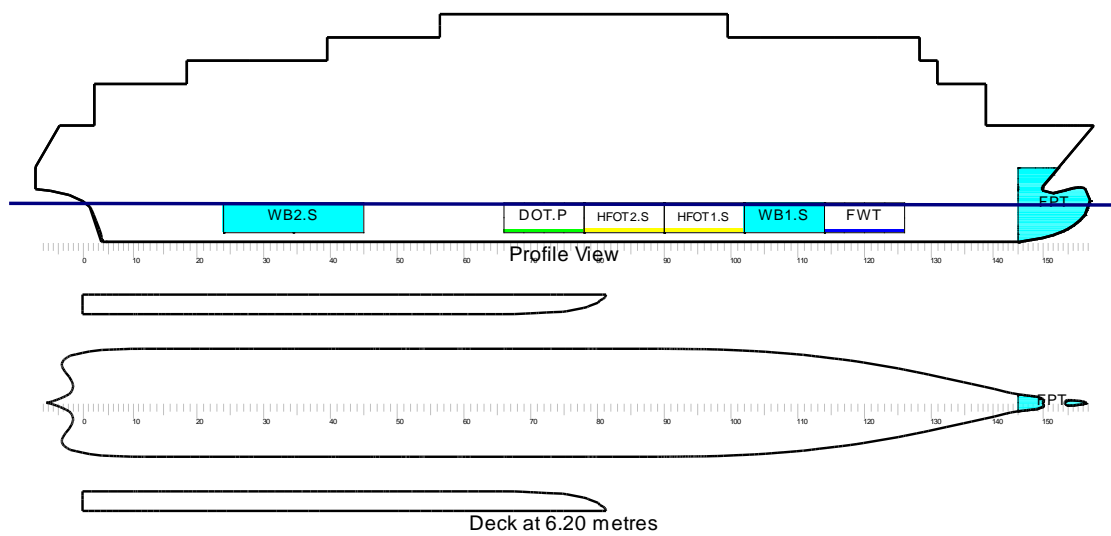
#	Criterion	Actual Value	Critical Value
10	IMO Weather Criterion (Areas)	2.447	1.000

Condition complies with the regulations

Note

Term	Meaning
Not Appl..	The criterion cannot be applied, because some condition is not met, e.g. the criterion might only apply when the ship is upright, but in the condition, the ship has an angle of heel.

Only Passengers Arrival



Intact State

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	4.553	metres
Draft aft at marks	4.626	metres
Draft fwd at marks	4.456	metres
Draft at AP	4.626	metres
Draft at FP	4.456	metres

Draft at LCF	4.553	metres
Mean draft at midships	4.541	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel to starboard	0.07	degrees
Trim by the stern	0.170	metres
KG	10.849	metres
FSC	0.080	metres
KGf	10.929	metres
GMt	2.983	metres
BMt	11.204	metres
BMI	265.385	metres
Waterplane area	1404.20	sq.metres
LCF	49.111	metres
TCF	0.013	metres
TPC	14.393	tonnes/cm
MTC	99.130	tonnes-m/cm
Shell thickness	0.000	mm

Intact State

Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Stbd (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
0.00	-0.0038	2.9834	-0.170	4.541	4.37[2]	18.4362	0.2095	0.2498	0.4802
5.00	0.2433	2.5204	-0.127	4.505	3.26[2]	18.2962	0.2095	0.2498	0.4802
10.00	0.3266	-0.5930	0.098	4.378	2.22[1]	17.8803	0.2095	0.2498	0.4802
15.00	0.2544	-0.2745	0.501	4.166	1.13[1]	17.2012	0.2095	0.2498	0.4802
20.00	0.2087	0.1355	0.937	3.896	0.05[1]	16.2796	0.2095	0.2498	0.4802
25.00	0.2618	2.3191	1.384	3.544	-0.98[1]	15.1434	0.2095	0.2498	0.4802
30.00	0.4939	3.9286	1.846	3.068	-1.91[1]	13.8272	0.2095	0.2498	0.4802
35.00	0.8183	4.6069	2.298	2.489	-2.74[1]	12.3709	0.2095	0.2498	0.4802
40.00	1.1921	5.4680	2.727	1.823	-3.48[1]	10.8188	0.2095	0.2498	0.4802
45.00	1.7245	7.1309	3.034	1.050	-4.10[1]	9.2181	0.2095	0.2498	0.4802
50.00	2.3593	8.1583	3.323	0.170	-4.58[1]	7.6174	0.2095	0.2498	0.4802
55.00	3.1024	9.3346	3.590	-0.796	-4.95[1]	6.0653	0.2095	0.2498	0.4802

Wind heeling moment

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.00000	m-radians
Area to windward (Area a)	0.00000	m-radians
Gust angle	0.000	degrees
Rollback angle	90.000	degrees
Steady state angle	0.000	degrees

Property	Value	Units
Max. angle to leeward	0.000	degrees

IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.28016	m-radians
Area to windward (Area a)	0.11766	m-radians
Gust angle	29.795	degrees
Rollback angle	19.223	degrees
Steady state angle	7.576	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees

IMO Turning

Property	Value	Units
Area A	0.58650	m-radians
Total Area A+B	0.19750	m-radians
Steady state angle	5.151	degrees
Max. angle	35.472	degrees

IMO Passenger crowding

Property	Value	Units
Area A	0.60842	m-radians
Total Area A+B	0.22702	m-radians
Steady state angle	4.253	degrees
Max. angle	37.311	degrees

Intact State

IMO 749 Intact stability Criteria Passenger

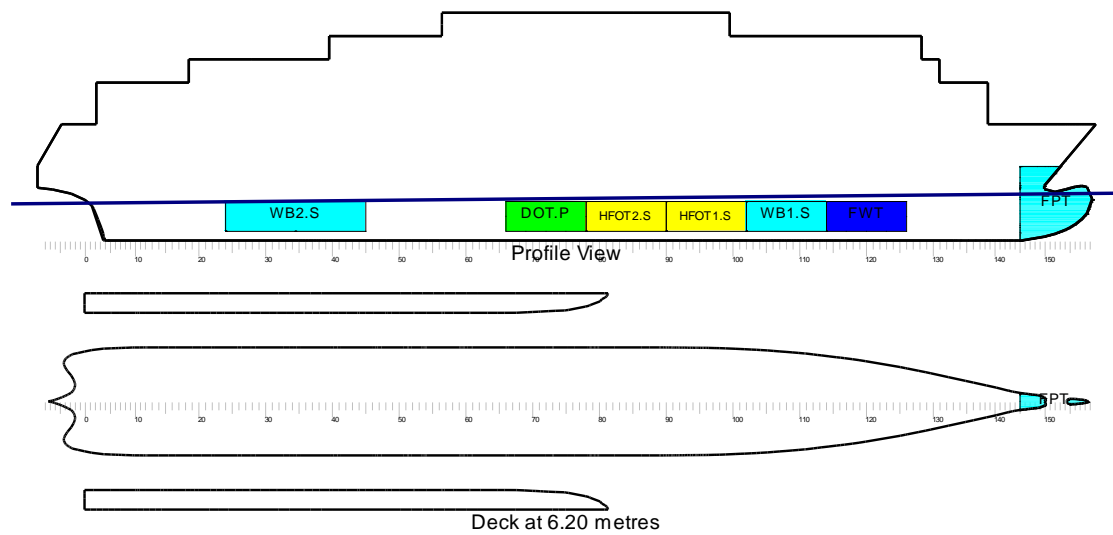
#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.494	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.144	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.278	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	Not Appl..	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.494	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	55.000	30.000
7	Angle of heel for passenger crowding < 10 degrees	78.363	10.000
8	Angle of heel for turning < 10 degrees	5.151	10.000
9	IMO Weather Criterion (Maximum Initial Angle Of Heel)	7.576	16.000
10	IMO Weather Criterion (Areas)	2.381	1.000

Condition complies with the regulations

Note

Term	Meaning
Not Appl..	The criterion cannot be applied, because some condition is not met, e.g. the criterion might only apply when the ship is upright, but in the condition, the ship has an angle of heel.

Normal Ballast Departure



Intact State

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	4.984	metres
Draft aft at marks	4.500	metres
Draft fwd at marks	5.613	metres
Draft at AP	4.500	metres
Draft at FP	5.613	metres
Mean draft at midships	5.057	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel	No heel	
Trim by the bow	1.114	metres

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
KG	9.556	metres
FSC	0.100	metres
KGf	9.656	metres
GMt	3.543	metres
BMt	10.218	metres
BMI	239.308	metres
Waterplane area	1441.29	sq.metres
LCF	50.015	metres
TCF	0.000	metres
TPC	14.773	tonnes/cm
MTC	102.365	tonnes-m/cm
Shell thickness	0.000	mm

Intact State

Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Stbd (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
0.00	-0.0000	3.5425	1.114	5.056	3.37[40]	15.5168	0.1830	0.2057	0.4080
5.00	0.2999	3.2226	1.150	5.020	2.71[68]	15.3989	0.1830	0.2057	0.4080
10.00	0.4855	0.3694	1.342	4.897	1.61[1]	15.0489	0.1830	0.2057	0.4080
15.00	0.4918	0.5237	1.711	4.673	0.53[1]	14.4774	0.1830	0.2057	0.4080

Heel to Stbd (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
20.00	0.5452	1.7671	2.089	4.383	-0.52[1]	13.7017	0.1830	0.2057	0.4080
25.00	0.7684	3.6421	2.398	3.975	-1.49[1]	12.7454	0.1830	0.2057	0.4080
30.00	1.1145	4.6615	2.719	3.456	-2.36[1]	11.6376	0.1830	0.2057	0.4080
35.00	1.5133	5.1365	3.062	2.850	-3.16[1]	10.4119	0.1830	0.2057	0.4080
40.00	1.9921	6.5496	3.346	2.154	-3.86[1]	9.1056	0.1830	0.2057	0.4080
45.00	2.6109	7.6484	3.530	1.357	-4.44[1]	7.7584	0.1830	0.2057	0.4080
50.00	3.2894	8.3610	3.736	0.465	-4.91[1]	6.4112	0.1830	0.2057	0.4080
55.00	4.0477	9.4619	3.969	-0.509	-5.26[1]	5.1049	0.1830	0.2057	0.4080

Wind heeling moment

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.00000	m-radians
Area to windward (Area a)	0.00000	m-radians
Gust angle	0.000	degrees
Rollback angle	90.000	degrees
Steady state angle	0.000	degrees
Max. angle to leeward	0.000	degrees

IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.66573	m-radians
Area to windward (Area a)	0.02424	m-radians
Gust angle	7.122	degrees

Property	Value	Units
Rollback angle	18.626	degrees
Steady state angle	4.509	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees

IMO Turning

Property	Value	Units
Area A	1.12560	m-radians
Total Area A+B	1.31700	m-radians
Steady state angle	3.371	degrees
Max. angle	55.000	degrees

IMO Passenger crowding

Property	Value	Units
Area A	1.14610	m-radians
Total Area A+B	1.31700	m-radians
Steady state angle	2.991	degrees
Max. angle	55.000	degrees

Intact State

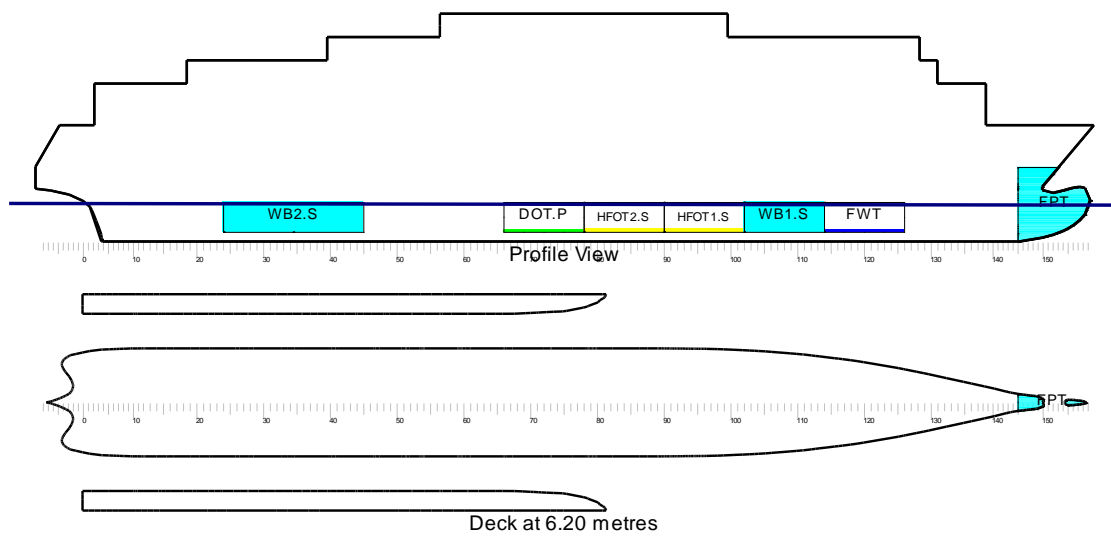
IMO 749 Intact stability Criteria Passenger

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	1.114	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.266	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.540	0.090

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	3.543	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	1.114	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	55.000	30.000
7	Angle of heel for passenger crowding < 10 degrees	241.269	10.000
8	Angle of heel for turning < 10 degrees	3.371	10.000
9	IMO Weather Criterion (Maximum Initial Angle Of Heel)	4.509	16.000
10	IMO Weather Criterion (Areas)	27.469	1.000

Condition complies with the regulations

Normal Ballast Arrival



Intact State

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	4.495	metres
Draft aft at marks	4.570	metres

Draft at LCF	4.495	metres
Draft fwd at marks	4.393	metres
Draft at AP	4.570	metres
Draft at FP	4.393	metres
Mean draft at midships	4.482	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel	No heel	
Trim by the stern	0.177	metres
KG	10.666	metres
FSC	0.082	metres
KGf	10.748	metres
GMt	3.241	metres
BMt	11.317	metres
BMI	267.679	metres
Waterplane area	1395.29	sq.metres
LCF	49.178	metres
TCF	0.000	metres
TPC	14.302	tonnes/cm
MTC	98.029	tonnes-m/cm
Shell thickness	0.000	mm

Intact State

Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Stbd (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)	Crowding (m)	Turning (m)	Wind (m)
0.00	0.0000	3.2412	0.177	4.482	4.42[2]	18.8881	0.2138	0.2454	0.4914
5.00	0.2684	2.7307	0.132	4.445	3.31[2]	18.7446	0.2138	0.2454	0.4914
10.00	0.3584	0.3578	0.108	4.316	2.28[1]	18.3185	0.2138	0.2454	0.4914
15.00	0.3055	0.0436	0.516	4.104	1.19[1]	17.6228	0.2138	0.2454	0.4914
20.00	0.2783	0.3568	0.958	3.835	0.10[1]	16.6786	0.2138	0.2454	0.4914
25.00	0.3380	2.3587	1.410	3.487	-0.93[1]	15.5145	0.2138	0.2454	0.4914
30.00	0.5790	4.0770	1.873	3.017	-1.86[1]	14.1660	0.2138	0.2454	0.4914
35.00	0.9181	4.7975	2.327	2.441	-2.70[1]	12.6741	0.2138	0.2454	0.4914
40.00	1.3066	5.6323	2.761	1.777	-3.44[1]	11.0840	0.2138	0.2454	0.4914
45.00	1.8499	7.2803	3.080	1.006	-4.06[1]	9.4440	0.2138	0.2454	0.4914
50.00	2.4992	8.3619	3.376	0.127	-4.54[1]	7.8041	0.2138	0.2454	0.4914
55.00	3.2593	9.5279	3.647	-0.839	-4.91[1]	6.2140	0.2138	0.2454	0.4914

Wind heeling moment

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.00000	m-radians
Area to windward (Area a)	0.00000	m-radians
Gust angle	0.000	degrees
Rollback angle	90.000	degrees

Property	Value	Units
Steady state angle	0.000	degrees
Max. angle to leeward	0.000	degrees

IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.31668	m-radians
Area to windward (Area a)	0.09845	m-radians
Gust angle	28.571	degrees
Rollback angle	19.697	degrees
Steady state angle	6.600	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees

IMO Turning

Property	Value	Units
Area A	0.67144	m-radians
Total Area A+B	0.89757	m-radians
Steady state angle	4.527	degrees
Max. angle	55.000	degrees

IMO Passenger crowding

Property	Value	Units
Area A	0.69951	m-radians
Total Area A+B	0.89757	m-radians
Steady state angle	3.897	degrees
Max. angle	55.000	degrees

Intact State

IMO 749 Intact stability Criteria Passenger

#	Criterion	Actual Value	Critical Value
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.579	0.055
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.161	0.030
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.321	0.090
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	3.241	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.579	0.200
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	55.000	30.000
7	Angle of heel for passenger crowding < 10 degrees	97.797	10.000
8	Angle of heel for turning < 10 degrees	4.527	10.000
9	IMO Weather Criterion (Maximum Initial Angle Of Heel)	6.600	16.000
10	IMO Weather Criterion (Areas)	3.217	1.000

Condition complies with the regulations