



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

“ΜΕΛΕΤΗ & ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΓΑΣΤΡΟΥ ΕΠΙΒΑΤΗΓΟΥ- ΟΧΗΜΑΤΑΓΩΓΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ”

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΩΤΗΡΗΣ ΚΙΟΥΣΟΠΟΥΛΟΣ

ΜΕΛΗ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ:

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΖΑΡΑΦΩΝΙΤΗΣ (ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ, ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ Δ. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ)

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Δ. ΤΖΑΜΠΙΡΑΣ (ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ)

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

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 δίγαστρου επιβατηγού-οχηματαγωγού πλοίου. Αδιαμφισβήτητα, τα δίγαστρα πλοία αποτελούν μια δοκιμασμένη λύση στο χώρο των επιβατηγών-οχηματαγωγών, έχοντας ως πρώτο παράδειγμα την ύπαρξή τους στον ελλαδικό χώρο για την εξυπηρέτηση της ελληνικής ακτοπλοΐας. Το υπό μελέτη πλοίο, όμως, θα έχει μια κύρια διαφορά από τα υπάρχοντα δίγαστρα 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 υφιστάμενο 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. Για τη μελέτη της αντίστασης και κατ' επέκταση του προσδιορισμού της ισχύος πρόωσης έγινε χρήση των αποτελεσμάτων άλλων διπλωματικών εργασιών, αντικείμενο των οποίων ήταν η μελέτη της αντίστασης δίγαστρων πειραματικών προτύπων στη δεξαμενή της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	ix
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ	5
3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ	13
3.1. Κατώτερα Καταστρώματα.....	18
3.2. Καταστρώματα Οχημάτων	24
3.3. Καταστρώματα Επιβατών	31
4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	41
4.1. Υπολογισμός ελασμάτων και δευτερευόντων διαμήκων ενισχυτικών.....	42
4.2. Κύρια Κατασκευαστικά Στοιχεία.....	46
4.3. Συνολικό βάρος	54
5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΚΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ (LS).....	55
5.1. Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής (W_{st}).....	55
5.2. Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης (W_M)	56
5.3. Βάρος Εξοπλισμού (W_{OT})	59
5.4. Βάρος Ενδιαίτησης (W_{acc}).....	64
5.5. Βάρος Κενού Σκάφους (W_{LS})	70
6. ΑΝΑΛΥΣΗ DWT.....	71
7. ΑΛΛΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	79
7.1. Καταμέτρηση.....	79
7.2. Σύνθεση Πληρώματος.....	81
7.3. Δείκτης Εξαρτισμού (Equipment Number)	83
7.4. Γραμμή Φόρτωσης.....	85
8. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ AVEVA.....	91
8.1. AVEVA Lines.....	91
8.2. AVEVA Surface & Compartment	92
8.3. AVEVA Hydrostatics & Hydrodynamics.....	94

9. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ	101
9.1. Μέθοδος Hughes	103
9.2. Επιλογή Κύριας Μηχανής	108
10. ΣΥΓΚΡΙΣΗ	127
11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	133
12. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	135
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	137
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	141
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	143
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	145
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ	147
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε.....	165
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ	171

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Κύρια Χαρακτηριστικά ‘Blue Star Delos’	5
Πίνακας 2.2: Δοκιμές Αριθμού Lanes	6
Πίνακας 2.3: Κύρια Χαρακτηριστικά Προτύπου	8
Πίνακας 2.4: Υδροστατικά Στοιχεία Μοντέλου Δοκιμών	9
Πίνακας 2.5: Τελικές Διαστάσεις υπό Μελέτη Πλοίου	11
Πίνακας 3.1: Κύριες Κατακόρυφες Ζώνες	31
Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα Εφαρμογής Marspeed	45
Πίνακας 4.2: Ελάχιστες Απαιτήσεις Νηογνώμονα.....	48
Πίνακας 4.3: Τελικά Κατασκευαστικά Στοιχεία.....	49
Πίνακας 4.4: Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής.....	54
Πίνακας 5.1: Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής.....	55
Πίνακας 5.2: Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης.....	59
Πίνακας 5.3: Παροχή Αέρα ανά Χώρο και Επίπεδο Άνεσης.....	61
Πίνακας 5.4: Βάρη Υποομάδων Κλιματισμού	62
Πίνακας 5.5: Εμβαδό Καταστρωμάτων	63
Πίνακας 5.6: Βάρη Εξοπλισμού	64
Πίνακας 5.7: Συντελεστές Βαρών Χώρων Ενδιαίτησης	65
Πίνακας 5.8: Συντελεστές Βαρών Κυλιόμενων Κλιμάκων και Ανελκυστήρων.....	65
Πίνακας 5.9: Συντελεστές Βαρών Χώρων Ενδιαίτησης	66
Πίνακας 5.10: Βάρη Ενδιαίτησης 1st Passenger Deck.....	67
Πίνακας 5.11: Βάρη Ενδιαίτησης 2nd Passenger Deck	68
Πίνακας 5.12: Βάρη Ενδιαίτησης 3rd Passenger Deck	69
Πίνακας 5.13: Βάρος κυλιόμενων κλιμάκων και ανελκυστήρων	69
Πίνακας 5.14: Συνολικό Βάρος Ενδιαίτησης	70
Πίνακας 5.15: Συνολικό Βάρος Κενού Σκάφους	70
Πίνακας 6.1: Κατηγορίες Deadweight	71
Πίνακας 6.2: Αποστάσεις και Διάρκεια Δρομολογίου	72
Πίνακας 6.3: Κέντρο Βάρους Οχημάτων	78
Πίνακας 6.4: Βάρη Deadweight	78
Πίνακας 7.1: Συνολικό Πλήρωμα.....	83
Πίνακας 7.2: Δείκτης Εξαρτισμού	85
Πίνακας 7.3: Κανονική Σιμότητα	87
Πίνακας 8.1: Αποτελέσματα Μελέτης Άθικτης Ευστάθειας	97
Πίνακας 8.2: Αποτελέσματα Μελέτης Ευστάθειας Μετά από Βλάβη – Έλεγχος με τα Κριτήρια του HSCC	99
Πίνακας 8.3: Αποτελέσματα Μελέτης Ευστάθειας Μετά από Βλάβη – Έλεγχος με τα Κριτήρια της SOLAS 90.....	100

Πίνακας 9.1: Υδροστατικά Στοιχεία Μοντέλου	101
Πίνακας 9.2: Στοιχεία Υπό Μελέτη Πλοίου	102
Πίνακας 9.3: Αποτελέσματα Δοκιμών – Κατάσταση A_3	102
Πίνακας 9.4: Υπολογισμός Συντελεστή C_W Μοντέλου	104
Πίνακας 9.5: Υπολογισμός Συντελεστή C_T Υπό Μελέτη Πλοίου.....	105
Πίνακας 9.6: Τελική Αντίσταση και Απαιτούμενη Ισχύς Πρόωσης Γυμνής Γάστρας	106
Πίνακας 9.7: Τελική Αντίσταση και Απαιτούμενη Ισχύς Πρόωσης Γυμνής Γάστρας για τη Μία Ημιγάστρα	107
Πίνακας 9.8: Αποτελέσματα GRID για Όλες της Ταχύτητες και Καθαρή Ημιγάστρα	114
Πίνακας 9.9: Αποτελέσματα GRID για Όλες τις Ταχύτητες και Ρυπασμένη Γάστρα & Κακοκαιρία.....	115
Πίνακας 9.10: Τελική Απαίτηση Εγκατεστημένης Ισχύος	116
Πίνακας 9.11: Αποτελέσματα Αντίστασης – Καθαρή Γάστρα.....	120
Πίνακας 9.12: Αποτελέσματα Αντίστασης – Ρυπασμένη Γάστρα και Κυματισμοί ...	121
Πίνακας 9.13: Απαιτούμενη Εγκατεστημένη Ισχύς – Καθαρή Γάστρα	123
Πίνακας 9.14: Απαιτούμενη Εγκατεστημένη Ισχύς – Ρυπασμένη Γάστρα και Κυματισμοί.....	124
Πίνακας 9.15: Μέγιστες Ταχύτητες Πλεύσης.....	125
Πίνακας 10.1: Εμβαδόν Καταστρωμάτων Επιβατών.....	127
Πίνακας 10.2: Θέσεις Επιβατών Καταστρωμάτων	127
Πίνακας 10.3: Επιβάτες Θέρους-Χειμώνα	128
Πίνακας 10.4: Αριθμός Οχημάτων ανά Κατάστρωμα (with Hoistable Car Deck)	129
Πίνακας 10.5: Αριθμός Οχημάτων ανά Κατάστρωμα (without Hoistable Car Deck)	129
Πίνακας 10.6: Βάρος Κενού Σκάφους.....	129
Πίνακας 10.7: Ταχύτητα Υπηρεσίας	130
Πίνακας 10.8: Εγκατεστημένη Ισχύς Πρόωσης	130
Πίνακας 10.9: Χωρητικότητες.....	131
Πίνακας 10.10: Main Particulars.....	132
Πίνακας ΣΤ.1: Υδροστατικά χαρακτηριστικά μοντέλου	173
Πίνακας ΣΤ.2: Αποτελέσματα Δοκιμών – Κατάσταση A_1	173
Πίνακας ΣΤ.3: Αποτελέσματα Δοκιμών – Κατάσταση A_2	174
Πίνακας ΣΤ.4: Αποτελέσματα Δοκιμών – Κατάσταση B_3	174
Πίνακας ΣΤ.5: Αποτελέσματα Δοκιμών – Κατάσταση C_2	175
Πίνακας ΣΤ.6: Υδροστατικά Στοιχεία Υπό Μελέτη πλοίου	176
Πίνακας ΣΤ.7: Υπολογισμός Αντίστασης υπό Μελέτη Πλοίου -Κατάσταση A_1	177
Πίνακας ΣΤ.8: Υπολογισμός Αντίστασης υπό Μελέτη Πλοίου -Κατάσταση A_2	178
Πίνακας ΣΤ.9: Υπολογισμός Αντίστασης υπό Μελέτη Πλοίου -Κατάσταση B_3	179
Πίνακας ΣΤ.10: Υπολογισμός Αντίστασης υπό Μελέτη Πλοίου -Κατάσταση C_2	180

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Πειραματικό Πρότυπο Δοκιμών	8
Σχήμα 2.2: Συντελεστής Υπόλοιπης Αντίστασης Μοντέλου $C_R=f(\text{Froude})$	9
Σχήμα 3.1: Καταστρώματα Επιβατών 'Blue Star Delos'	14
Σχήμα 3.2: Κατώτερα Καταστρώματα και Καταστρώματα Οχημάτων 'Blue Star Delos'	15
Σχήμα 3.3: Προκαταρκτικό Σχέδιο Μέσης Τομής.....	17
Σχήμα 3.4: Προκαταρκτικό Σχέδιο Προφίλ.....	17
Σχήμα 3.5: Double Bottom.....	21
Σχήμα 3.6: Deck 1.....	22
Σχήμα 3.7: Deck 2 (Platform)	23
Σχήμα 3.8: Αρχή Λειτουργίας Hoistable Car Deck.....	26
Σχήμα 3.9: Deck 4 (First Car Deck)	28
Σχήμα 3.10: Deck 5 (Hoistable Car Deck).....	29
Σχήμα 3.11: Deck 6 (Second Car Deck)	30
Σχήμα 3.12: Deck 7 (First Passenger Deck)	37
Σχήμα 3.13: Deck 8 (Second Passenger Deck)	38
Σχήμα 3.14: Deck 9 (Third Passenger Deck)	39
Σχήμα 3.15: Deck 10 (Weather deck)	40
Σχήμα 4.1: Διαμήκες Σύστημα Ενίσχυσης	42
Σχήμα 4.2: Κατανομή Βάρους Ελασμάτων και Δευτερευόντων Διαμήκων Κατασκευαστικών Στοιχείων	45
Σχήμα 4.3: Διάταξη Pillars First Car Deck.....	51
Σχήμα 6.1: Δρομολόγιο υπό Μελέτη Πλοίου	72
Σχήμα 7.1: Plimsoll Mark	89
Σχήμα 8.1: Μορφή Γραμμών μετά τη Μορφοποίηση	92
Σχήμα 8.2: AVEVA Surface - Εισαγωγή Δεξαμενών	93
Σχήμα 8.3: AVEVA Surface - Πλήρης Διαμερισματοποίηση	93
Σχήμα 9.1: Διάγραμμα Απαιτούμενης Ισχύος Πρόωσης Γυμνής Γάστρας ως Συνάρτηση της Ταχύτητας	106
Σχήμα 9.2: Διάγραμμα Απαιτούμενης Ισχύος Πρόωσης Γυμνής Γάστρας της Μιας Ημιγάστρας ως Συνάρτηση της Ταχύτητας	108
Σχήμα 9.3: Διάγραμμα Υπολογισμού η_R	110
Σχήμα 9.4: Διάγραμμα Απαιτούμενης Εγκατεστημένης Ισχύος μίας Κύριας Μηχανής – Ταχύτητας Πλεύσης	117
Σχήμα 9.5: Διάγραμμα Φόρτισης Κύριας Μηχανής	119
Σχήμα 9.6: Καμπύλες Αντίστασης Καθαρής Γάστρας Συναρτήσει της Ταχύτητας για Όλες τις Καταστάσεις Πλεύσης	121

Σχήμα 9.7: Καμπύλες Αντίστασης Ρυπασμένης Γάστρας και Κυματισμών Συναρτήσσει της Ταχύτητας για Όλες τις Καταστάσεις Πλεύσης	122
Σχήμα 9.8: Απαιτούμενη Εγκατεστημένη Ισχύς για Καθαρή Γάστρα Συναρτήσσει της Ταχύτητας για Όλες τις Καταστάσεις Πλεύσης	123
Σχήμα 9.9: Απαιτούμενη Εγκατεστημένη Ισχύς για Ρυπασμένη Γάστρα και Κυματισμούς Συναρτήσσει της Ταχύτητας για Όλες τις Καταστάσεις Πλεύσης.....	124
Σχήμα Δ.1: Stakes thickness $x=3m$	150
Σχήμα Δ.2: Stakes thickness $x=13,6m$	151
Σχήμα Δ.3: Stakes thickness $x=21,6m$	152
Σχήμα Δ.4: Stakes thickness $x=30-60m$	153
Σχήμα Δ.5: Stakes thickness $x=70m$	154
Σχήμα Δ.6: Stakes thickness $x=85m$	155
Σχήμα Δ.7: Stakes thickness $x=91m$	156
Σχήμα Δ.8: Stiffeners Scantling $x=3m$	157
Σχήμα Δ.9: Stiffeners Scantling $x=13,6m$	158
Σχήμα Δ.10: Stiffeners Scantling $x=21,6m$	159
Σχήμα Δ.11: Stiffeners Scantling $x=30-60m$	160
Σχήμα Δ.12: Stiffeners Scantling $x=70m$	161
Σχήμα Δ.13: Stiffeners Scantling $x=85m$	162
Σχήμα Δ.14: Stiffeners Scantling $x=91m$	163

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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 έναντι των ταχυπλόων, κυρίως λόγω της αύξησης της τιμής του πετρελαίου την τελευταία δεκαετία.

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

Λόγω του ότι το πλοίο που μελετάμε θα κινείται σε ταχύτητες που οδηγούν σε αριθμούς Froude της τάξης του 0,3-0,4 όπως αναφέρθηκε, δεν απαιτείται η εγκατάσταση μηχανών ή συστημάτων πρόωσης αυξημένης ισχύος, οι οποίες παράλληλα αυξάνουν το συνολικό βάρος του Lightship, καταλαμβάνουν μεγάλους χώρους του σκάφους και αυξάνουν δραματικά το κόστος και τον προϋπολογισμό του πλοίου. Εκτιμάται πως μια ταχύτητα της τάξης των 19-23 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.

Επιπροσθέτως, λόγω της μη αναγκαιότητας επίτευξης υψηλών ταχυτήτων, δεν υφίσταται απαίτηση για υλικό κατασκευής με χαμηλό ειδικό βάρος, όπως το αλουμίνιο, (το οποίο συναντάται στα ήδη υπάρχοντα Ε/Γ-Ο/Γ πλοία τύπου Catamaran) προκειμένου να επιτευχθεί μια ελαφριά κατασκευή και να είναι εφικτή η ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων πλεύσης. Συνεπώς, το υπό μελέτη πλοίο δύναται να κατασκευαστεί με απλό ναυπηγικό χάλυβα που εκτιμάται ότι θα μειώσει επιπλέον το κόστος κτίσης του.

Για την εκπόνηση της μελέτης και της σχεδίασης του υπό μελέτη πλοίου ακολουθήθηκε η παρακάτω 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, η υπηρεσιακή του ταχύτητα και η ακτίνα ενέργειας. Οι εκτιμήσεις που έγιναν φαίνονται παρακάτω:

Μεταφορική Ικανότητα Επιβατών:

- Θέσεις επιβατών θερινής περιόδου: 2200-2300 επιβάτες
- Θέσεις επιβατών χειμερινής περιόδου: της τάξης του 70% των επιβατών θέρους, δηλαδή 1540-1610 επιβάτες
- Καμπίνες επιβατών με κλίνες για 80-100 άτομα

Μεταφορική Ικανότητα Οχημάτων:

- Συνολικό μήκος φόρτωσης φορτηγών οχημάτων (lanes) στο πρώτο κατάστρωμα μεταφοράς οχημάτων: 550-600 μέτρα. Ο χώρος αυτός θα μπορεί να καταληφθεί είτε από φορτηγά είτε από Ι.Χ. αυτοκίνητα
- Ικανότητα μεταφοράς 100-130 Ι.Χ. αυτοκινήτων σε ανώτερο κατάστρωμα, το οποίο θα προορίζεται μόνο για Ι.Χ. αυτοκίνητα

Ακτίνα ενέργειας:

- Η αρχική ιδέα είναι το πλοίο να εξυπηρετεί ένα δρομολόγιο μεταξύ κάποιων νησιών των Κυκλάδων και συγκεκριμένα να εκτελεί τη διαδρομή Πειραιάς→Σίφνος→Ίος→Σαντορίνη. Σύμφωνα με τη θέση των νησιών αυτών και συνυπολογίζοντας το ταξίδι της επιστροφής, εκτιμούμε πως η ακτίνα ενέργειας θα πρέπει να είναι περίπου 300-320 s.m.

Ταχύτητα υπηρεσίας:

- Θέλοντας να περιορίσουμε τα κόστη που προκύπτουν από τη λειτουργία του πλοίου, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, θα επιλέξουμε το πλοίο να κινείται σε μια ταχύτητα της τάξης των 19-23 κόμβων.

Έτσι, προέκυψαν εν τέλει τα καταστρώματα τα οποία θα τοποθετηθούν. Άρα, θα έχουμε:

- 1 κατάστρωμα φόρτωσης φορτηγών οχημάτων ή και Ι.Χ. οχημάτων
- 1 ανυψούμενο κατάστρωμα Ι.Χ. οχημάτων
- 1 κατάστρωμα εξ' ολοκλήρου για φόρτωση Ι.Χ. οχημάτων
- 3 καταστρώματα ενδιάμεσης επιβατών

Για την πρόωση του πλοίου θα υπάρχουν δύο μηχανοστάσια, ένα σε κάθε ημιγάστρα. Θα χρησιμοποιηθούν κινητήρες Diesel (έναν σε κάθε μηχανοστάσιο) ως κύριες μηχανές, οι οποίοι θα στρέφουν ελικοφόρους άξονες αναπτύσσοντας ταχύτητα υπηρεσίας 21 κόμβους.

Με βάση τις ανωτέρω επιλογές πραγματοποιήθηκε η εκπόνηση του σχεδίου Γενικής Διάταξης (General Arrangement) σε συνδυασμό με επιπλέον στοιχεία και παρεμβάσεις που έγιναν από τον επιβλέποντα και αφορούσαν τις κύριες διαστάσεις, τη μεταφορική ικανότητα και την αυτονομία. Με βάση, λοιπόν, όλα τα παραπάνω και με γνώμονα τους περιορισμούς που προκύπτουν από αυτά πραγματοποιήθηκε η σχεδίαση του πλοίου.

Ακολούθως, έγινε ένας προκαταρκτικός υπολογισμός της αντοχής του σκάφους, έτσι ώστε να εκτιμηθεί το βάρος της μεταλλικής κατασκευής W_{st} και να γίνει εφικτή η συνέχιση της προμελέτης. Ο υπολογισμός των εγκάρσιων κατασκευαστικών στοιχείων του σκάφους έγινε με βάση τους κανονισμούς του Bureau Veritas (BV 2002). Σε ότι αφορά τον υπολογισμό των ελασμάτων της γάστρας και των κυρίων καταστρωμάτων καθώς και των διαμήκων ενισχυτικών έγινε χρήση της εφαρμογής Marspeed του Bureau Veritas (VeriSTAR 2013), η οποία διατίθεται ελεύθερα από το νηογνώμονα.

Με βάση τα αποτελέσματα της αντοχής του σκάφους πραγματοποιήθηκε υπολογισμός του βάρους μεταλλικής κατασκευής στο οποίο προστίθενται και τα βάρη του εξοπλισμού, της ενδιαίτησης και της μηχανολογικής εγκατάστασης που υπολογίζονται στην πορεία. Να σημειωθεί πως τα βάρη ενδιαίτησης και εξοπλισμού (W_{Acc} & W_{ot}) υπολογίστηκαν με τη χρήση συντελεστών για τα επιμέρους βάρη που τα απαρτίζουν, οι οποίοι λήφθηκαν από τη διδακτορική διατριβή του Σωτήρη Σκούπα (Σκούπας 2011). Επίσης, υπολογίστηκε ο αριθμός εξαρτισμού (EN) με βάση τον οποίο εκτιμήθηκε το βάρος των μέσων πρόσδεσης και αγκυροβολίας, τα οποία αποτελούν επίσης μέρος του συνολικού βάρους εξοπλισμού. 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, αφού αρχικά έγιναν οι κατάλληλες τροποποιήσεις με το πρόγραμμα AVEVA Lines (Marine Lines 2006) στις ναυπηγικές γραμμές της γάστρας του πλοίου - της οποίας το σχέδιο γραμμών είχαμε στην κατοχή μας-, πραγματοποιήθηκε μια πλήρης διαμερισματοποίηση του πλοίου με τη χρήση του προγράμματος AVEVA Surface & Compartment (Marine Surface 2006). Επίσης, έγινε ο υπολογισμός των διαφόρων καταστάσεων φόρτωσης σε διαφορετικά Payloads με τα αντίστοιχα LCG & VCG μέσω του προγράμματος AVEVA Hydrostatics & Hydrodynamics (Marine CalcM 2006). Ακολούθως, με βάση τα αποτελέσματα αυτά πραγματοποιήθηκε έλεγχος ικανοποίησης των κριτηρίων άθικτης ευστάθειας, καθώς και των κριτηρίων της ευστάθειας ύστερα από βλάβη.

Έπειτα, έχοντας ολοκληρώσει μια πρώτη εκτίμηση για το συνολικό βάρος του πλοίου, υπολογίσαμε την αντίστασή του σύμφωνα με την οποία επιλέξαμε τις κύριες μηχανές και αναθεωρήσαμε το συνολικό βάρος του Lightship.

Στη συνέχεια, εκπονήθηκε η μελέτη καταμέτρησης του πλοίου και υπολογίζεται η ολική (GT) και η καθαρή (NT) χωρητικότητα καθώς και η σύνθεση του πληρώματος.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε μια αναλυτική σύγκριση του προκύπτοντος πλοίου με ένα υπαρκτό μονόγαστρο πλοίο αντίστοιχης μεταφορικής ικανότητας, το οποίο χρησιμοποιήθηκε κατά τη σχεδίαση του υπό μελέτη πλοίου. Από τη σύγκριση αυτή αξιολογήθηκε η βιωσιμότητά του υπό μελέτη πλοίου στη ναυτιλιακή αγορά.

2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής, όπως παρουσιάστηκε και στην εισαγωγή, είναι η μελέτη και η σχεδίαση ενός δίγαστρου επιβατηγού πλοίου παρόμοιας χωρητικότητας με το πλοίο 'Blue Star Delos' της ελληνικής ναυτιλιακής εταιρίας 'Blue Star Ferries'. Τα κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου αυτού φαίνονται στον **Πίνακα 2.1**. Ουσιαστικά, θέλουμε το υπό μελέτη πλοίο να έχει εμβαδό καταστρώματος παρόμοιο με αυτό του 'Blue Star Delos', έτσι ώστε να προσεγγίσουμε τη μεταφορική του ικανότητα τόσο στα οχήματα όσο και στους επιβάτες. Με αυτόν τον τρόπο θα είναι δυνατή μια τελική σύγκριση και αξιολόγηση του υπό μελέτη δίγαστρου πλοίου έναντι ενός μονόγαστρου παρόμοιας μεταφορικής ικανότητας.

Πίνακας 2.1: Κύρια Χαρακτηριστικά 'Blue Star Delos'

NAME OF VESSEL	BLUE STAR DELOS
TYPE OF VESSEL	RO-RO PASSENGER
LENGTH OVER ALL (m)	145,9
LENGTH P.P. (m)	133,5
MAX BREADTH (m)	23,2
DEPTH (MAIN DECK) (m)	8,4
MAX SUMMER DRAUGHT (m)	5,9
GROSS TONNAGE (INTERNATIONAL)	18498
TOTAL BREAK HORSE POWER (kW)	32000
DWT (t)	2270
LANE METERS CAPACITY (m) (TRAILERS)	602 + 144 cars
CARS CAPACITY (ALL CAR DECKS LOADED WITH CARS)	430
NUMBER OF PASSENGERS (SUMMER)	2400
NUMBER OF PASSENGERS (WINTER)	1573
PASSENGER BERTH	118
SERVICE SPEED (Knots)	25,5

Πρωταρχικό πρόβλημα της σχεδίασης είναι ο προσδιορισμός των διαστάσεων του υπό μελέτη πλοίου. Αρχικά, έγιναν κάποιες δοκιμές για το συνδυασμό μήκους πλάτους, καθώς και του λόγου L/B, έτσι ώστε να προσεγγιστεί το εμβαδόν του κύριου καταστρώματος. Για να προβούμε σε δοκιμές πρέπει αρχικά να προσδιορίσουμε τη μία διάσταση βασιζόμενοι στον τύπο του πλοίου. Ύστερα, μέσω

του εμβαδού καταστρώματος του 'Blue Star Delos', θα υπολογιστεί η άλλη διάσταση. Η διάσταση που επιλέγουμε να υπολογίσουμε αρχικά είναι το πλάτος. Το ολικό πλάτος ενός επιβατηγού πλοίου είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με το 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 3m όπως και στο 'Blue Star Delos'. Το πλάτος αυτό είναι ικανοποιητικό έτσι ώστε να υπάρχει ικανός χώρος μεταξύ των φορτηγών για την επιβίβαση και αποβίβαση των οδηγών τους. Εκτός του χώρου που καταλαμβάνουν τα φορτηγά, θα πρέπει κατά τον υπολογισμό του πλάτους να ληφθούν υπ' όψιν και κάποιοι χώροι που υπάρχουν στις πλευρές του πλοίου. Οι χώροι αυτοί είναι τα δύο Engine Casings του πλοίου, τα οποία εξυπηρετούν τα δύο μηχανοστάσια στις ημιγιάστρες. Τα πλάτος τους επιλέγεται να είναι 3m όπως και στο 'Blue Star Delos'. Επίσης, θεωρούμε μια απόσταση μεταξύ των ακραίων lanes των φορτηγών και των τοιχώματα των Casings ίση με 0,55m για του ίδιους λόγους που εξηγήθηκαν παραπάνω καθώς και για λόγους έγχυσης των φορτηγών οχημάτων. Τέλος, λαμβάνεται υπ' όψιν και η τοποθέτηση των υποστυλωμάτων (pillars) που θα πρέπει στην πορεία να τοποθετηθούν για λόγους αντοχής και στήριξης των καταστρωμάτων. Αφήνεται, έτσι, κενός χώρος 1,3m, ο οποίος κρίνεται ικανός ώστε να χωρέσουν οι 3 σειρές υποστυλωμάτων που θα τοποθετηθούν. Συνοψίζοντας, καταλήγουμε στο ότι το πλάτος του υπό μελέτη πλοίου μπορεί να υπολογιστεί από τον παρακάτω τύπο:

$$B_{ship} = (\text{Αριθμός σειρών φορτηγών}) * 3 + 2 * 3 + 2 * 0,55 + 1,3 \quad 2.1$$

Το 'Blue Star Delos' έχει 7 σειρές φόρτωσης φορτηγών οχημάτων. Θα κάνουμε κάποιες δοκιμές για το πλάτος του υπό μελέτη πλοίου σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο και στη συνέχεια θα υπολογίσουμε το μήκος L και το λόγο L/B βάσει του εμβαδού E του κυρίου καταστρώματος. Σημειώνεται πως το εμβαδόν που θα χρησιμοποιηθεί είναι του κύριου καταστρώματος του 'Blue Star Delos' και ισούται με 2920 m^2 όπως μετράται από το σχέδιο Γενικής Διάταξής του, το οποίο έχουμε στη διάθεση μας. Οι δοκιμές που έγιναν φαίνονται παρακάτω:

Πίνακας 2.2: Δοκιμές Αριθμού Lanes

Lanes	B (m)	L (m)	L/B
6	26,4	110,61	4,19
7	29,4	99,32	3,38
8	32,4	90,12	2,78
9	35,4	82,49	2,33

Παρατηρούμε πως μια καλή επιλογή είναι οι 8 σειρές φόρτωσης φορτηγών οχημάτων, καθώς με μια μικρή μείωση του πλάτους το πλοίο θα μπορούσε να γίνει τύπου Panamax ($B_{max-Panamax}=32,2m$). Έτσι, επιλέγουμε να μειώσουμε το πλάτος των δύο engine casings σε 2,9 m και να έχουμε τελικά ένα πλάτος $B_{ship} = 32,2m$. Πλέον, το μήκος γίνεται $L=90,68$ και ο λόγος $L/B=2,82$, έτσι ώστε να διατηρήσουμε σταθερό το εμβαδόν καταστρώματος $E=2920 m^2$.

Στο σημείο αυτό, γνωρίζοντας πλέον το μήκος του πλοίου, θα προσδιορίσουμε την υπηρεσιακή ταχύτητα στην οποία θα πλέει το πλοίο. Θεωρούμε μια ικανοποιητική περιοχή ταχυτήτων 19-23 κόμβους, οι οποίες αντιστοιχούν σε αριθμούς Froude 0,327-0,397. Οι ταχύτητες αυτές θεωρούνται κατάλληλες καθώς είναι αρκετά υψηλές ώστε να προσελκύουν τον επιβάτη να ταξιδέψει με το εν λόγω πλοίο. Παράλληλα, δεδομένης της αύξησης της τιμής του πετρελαίου των τελευταίων δεκαετιών καθώς και της ανοδικής πορείας της τιμής του που αναμένεται στο μέλλον, η περιοχή ταχυτήτων που επιλέγουμε καθιστά τη λειτουργία του πλοίου οικονομική, καθώς περιορίζεται η κατανάλωση των καυσίμων. Ως ταχύτητα υπηρεσίας, λοιπόν, θα επιλέξουμε τους 21 κόμβους ($F_n=0,36$) που βρίσκονται στη μέση της περιοχής αυτής.

Τελικά, για το υπό μελέτη πλοίο θα έχουμε:

$$L_{BP} = 90,68m$$

$$B = 32,2m$$

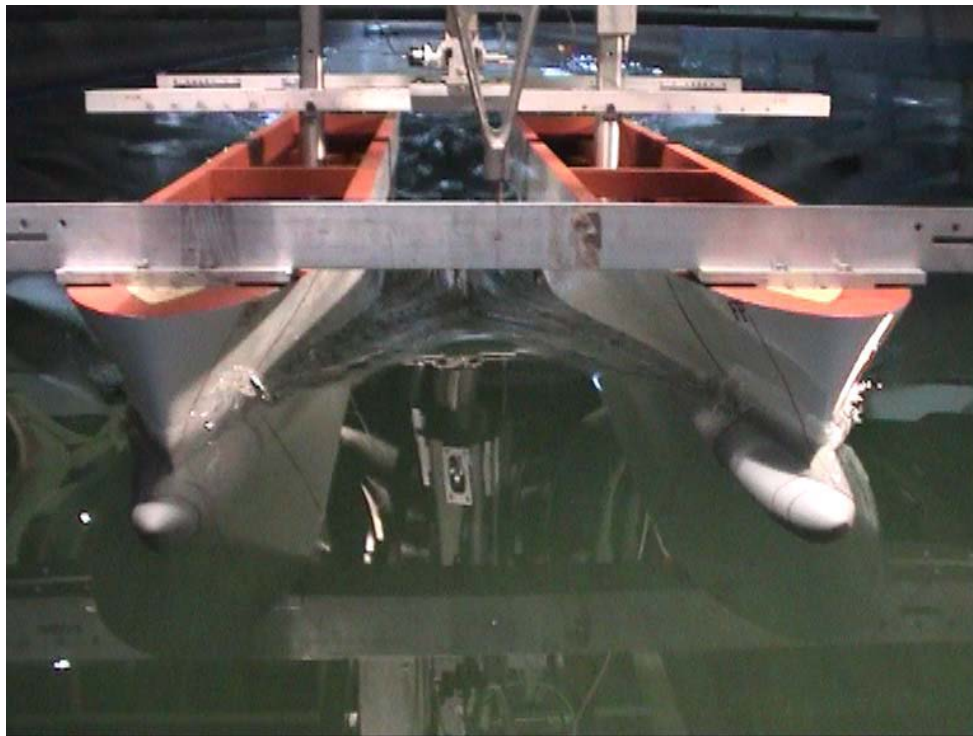
$$L/B = 2,82$$

$$V_s = 21 \text{ knots}$$

$$E = 2920 m^2$$

Πειραματικό πρότυπο

Παράλληλα με την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής πραγματοποιήθηκαν στη δεξαμενή δοκιμών της σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών δοκιμές αντίστασης σε ένα πειραματικό πρότυπο δίγαστρου πλοίου. Το πρότυπο αυτό σχεδιάστηκε στα πλαίσια ενός διεθνούς προγράμματος που είχε ως σκοπό τη μελέτη ενός δίγαστρου containership (CARGOXPRESS 2011). Οι δοκιμές αντίστασης καθώς και τα αποτελέσματά τους είναι το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας του φοιτητή Κωνσταντίνου Νίκα με τίτλο 'Πειραματική και αριθμητική διερεύνηση αντίστασης δίγαστρου πλοίου' (Νίκας 2012). Στα συγκεκριμένα πειράματα θα στηριχθούμε για να υπολογίσουμε την αντίσταση του υπό μελέτη πλοίου και να επιλέξουμε τελικά κινητήρες για την πρόωση του.



Σχήμα 2.1: Πειραματικό Πρότυπο Δοκιμών

Όσον αφορά τα πειράματα του προτύπου, οι δοκιμές που έγιναν είχαν 3 μεταβλητές (ισαπόσταση S των ημιγαστρών από C.L. σε C.L., βύθισμα T , ταχύτητα V). Τα κύρια χαρακτηριστικά του προτύπου δοκιμών φαίνονται στον **Πίνακα 2.3**.

Πίνακας 2.3: Κύρια Χαρακτηριστικά Προτύπου

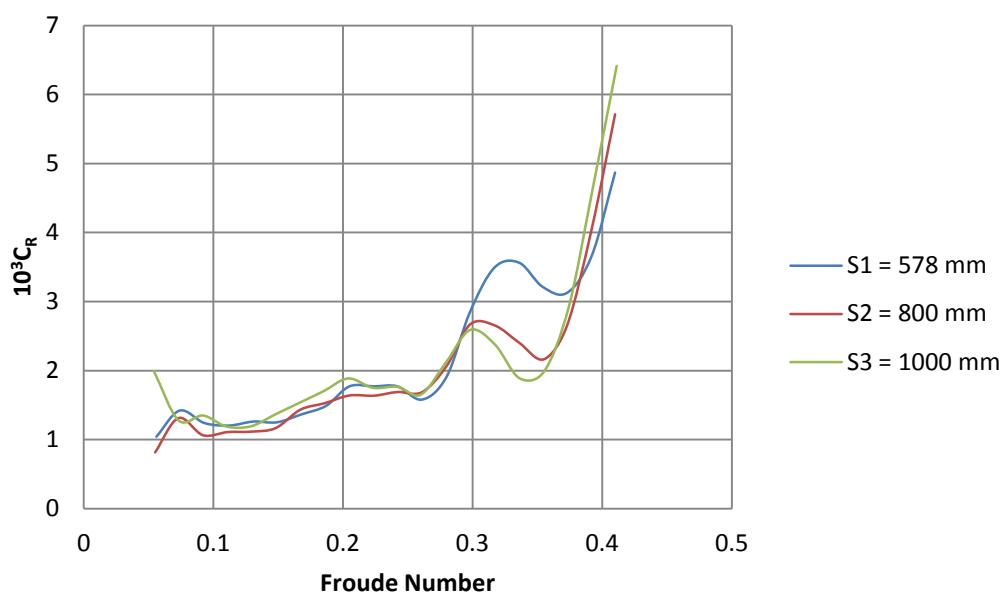
MODEL	
L_{BP}	3,125m
$B_{Demihull}$	0,297m
$L_{BP}/ B_{Demihull}$	10,522
T_{A1}	0,146m
T_{A2}	0,161m
T_{A3}	0,186m
S_1	578mm
S_2	800mm
S_3	1000mm

Τα υδροστατικά στοιχεία που προκύπτουν από τις καταστάσεις φόρτωσης που μελετήθηκαν πειραματικά φαίνονται στον **Πίνακα 2.4**.

Πίνακας 2.4: Υδροστατικά Στοιχεία Μοντέλου Δοκιμών

A/A	Trim	Lwl [m]	T [m]	Disp [t]	Vol [m ³]	WSA [m ²]
A1	0	3,309	0,146	0,143	0,146	3,049
A2	0	3,248	0,161	0,164	0,162	2,719
A3	0	3,233	0,186	0,198	0,197	3,061
B3	-0,5	3,233	0,186	0,198	0,197	3,059
C2	-1	3,329	0,161	0,164	0,162	2,703

Εξετάζοντας την αντίσταση που προέκυψε από τις δοκιμές, προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα για το συντελεστή υπόλοιπης αντίστασης C_R του μοντέλου. Στο διάγραμμα αυτό παρουσιάζονται τρεις καμπύλες για κάθε μια από τις δοκιμαζόμενες ισαποστάσεις ως συνάρτηση της ταχύτητας, η οποία εκφράζεται μέσω του αριθμού Froude. Να σημειωθεί πως το διάγραμμα αφορά το βύθισμα της βαριάς κατάστασης A₃. Παρόλα αυτά, η μορφή των καμπυλών είναι παρόμοια και στα διαγράμματα που αντιστοιχούν στις άλλες δύο ισοβύθιστες καταστάσεις, A1 και A2.



Σχήμα 2.2: Συντελεστής Υπόλοιπης Αντίστασης Μοντέλου $C_R=f(\text{Froude})$

Από το παραπάνω διάγραμμα, φαίνεται πως ο συντελεστής C_R του μοντέλου παρουσιάζει μείωση ανάμεσα στους αριθμούς Froude 0,33 και 0,37 για τις ισαποστάσεις S_2 και S_3 , ενώ για την ισαπόσταση S_1 η μείωση αυτή παρατηρείται για αριθμούς Froude 0,36-0,38. Η μείωση αυτή είναι αρκετά πιο έντονη στις ισαποστάσεις S_1 και S_2 και συγκεκριμένα γύρω από τον αριθμό Froude 0,35. Η ισαπόσταση S_2 , αν και παρουσιάζει μεγαλύτερο συντελεστή υπόλοιπης αντίστασης

από την S_3 , είναι αυτή που τελικά θα επιλεγεί, καθώς οδηγεί σε λόγο $L/B = 2,85$, ο οποίος είναι αρκετά κοντά στον αντίστοιχο λόγο που υπολογίσαμε για το υπό μελέτη πλοίο στην αρχή του κεφαλαίου. Ο λόγος L/B του μοντέλου υπολογίζεται ως εξής:

$$B_{\text{model}} = B_{\text{Demihull}} + S_2 = 0,297 + 0,8 = 1,097 \text{ m} \quad 2.2$$

$$\frac{L_{BP\text{-model}}}{B_{\text{model}}} = \frac{3,125}{1,097} = 2,85 \quad 2.3$$

Στο σημείο αυτό, προκειμένου να χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματα της αντίστασης του προτύπου, επιλέγουμε το υπό μελέτη πλοίο μας να έχει ίδιο λόγο L/B με το πρότυπο, γεγονός που επηρεάζει σε μικρό βαθμό τις αρχικές μας επιλογές, ενώ παράλληλα βοηθάει αρκετά την πορεία της μελέτης. Το πλάτος θα κρατηθεί σταθερό και θα αλλάξει μόνο το μήκος και κατ' επέκταση το εμβαδόν καταστρώματος. Βάσει του καινούργιου λόγου έχουμε $L_{\text{ship}}=91,72\text{m}$ και $E=2953\text{m}^2$.

Για το υπό μελέτη πλοίο έχουμε επιλέξει ως ταχύτητα υπηρεσίας τους 21 κόμβους. Η ταχύτητα αυτή αντιστοιχεί στον αριθμό Froude που φαίνεται παρακάτω:

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g * L}} \Rightarrow Fn = \frac{10,81}{\sqrt{9,81 * 91,72}} \Rightarrow Fn = 0,36 \quad 2.4$$

Παρατηρούμε πως ο αριθμός Froude αυτός αντιστοιχεί σε μια περιοχή μείωσης του συντελεστή υπόλοιπης αντίστασης του μοντέλου C_R , όπως φαίνεται και στο **Σχήμα 2.2**. Έτσι, βλέπουμε πως έχει γίνει μια πολύ καλή επιλογή, από άποψη αντίστασης, της υπηρεσιακής ταχύτητας του πλοίου.

Εφόσον θα χρησιμοποιηθεί το πειραματικό πρότυπο για τη μελέτη της αντίστασης, μπορούμε σύμφωνα με αυτό να κάνουμε μια πρώτη εκτίμηση για το βύθισμα σχεδίασης και το βύθισμα αντοχής του υπό μελέτη πλοίου. Έτσι, επιλέγουμε ως βύθισμα σχεδίασης T_{des} αυτό που αντιστοιχεί στη κατάσταση δοκιμών A_2 και ως βύθισμα αντοχής T_{scant} αυτό που αντιστοιχεί στην κατάσταση A_3 , η οποία έχει και το μεγαλύτερο βύθισμα από τις καταστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές. Κατά την μελέτη των βαρών του πλοίου, θα γίνει προσπάθεια ώστε το εκτόπισμα που προκύπτει μέσω αυτών των βυθισμάτων να είναι επαρκές. Σε αντίθετη περίπτωση, αν οδηγηθούμε σε μεγάλες διαφορές, θα αναθεωρήσουμε. Ο υπολογισμός των βυθισμάτων αυτών για το υπό μελέτη πλοίο θα γίνει βάσει του λόγου ομοιότητας λ μοντέλου-πλοίου, όπως φαίνεται παρακάτω:

$$\lambda = \frac{B_{\text{ship}}}{B_{\text{model}}} = \frac{32,2}{1,097} = 29,35 \quad 2.5$$

$$T_{\text{Design-ship}} = \lambda * T_{A2\text{-model}} = 29,35 * 0,161 = 4,740\text{m} \quad 2.6$$

$$T_{Scantling-ship} = \lambda * T_{A3-model} = 29,35 * 0,186 = 5,469m \quad 2.7$$

Επίσης, μέσω του λόγου ομοιότητας, υπολογίζουμε και το πλάτος της κάθε ημιγάστρας καθώς και την ισαπόσταση των ημιγαστρών (C.L. to C.L.), όπως φαίνεται παρακάτω:

$$B_{Demihull-Ship} = \lambda * B_{Demihull-Model} = 29,35 * 0,297 = 8,72m \quad 2.8$$

$$S_{Ship} = \lambda * S_{Model} = 29,35 * 0,8 = 23,48m \quad 2.9$$

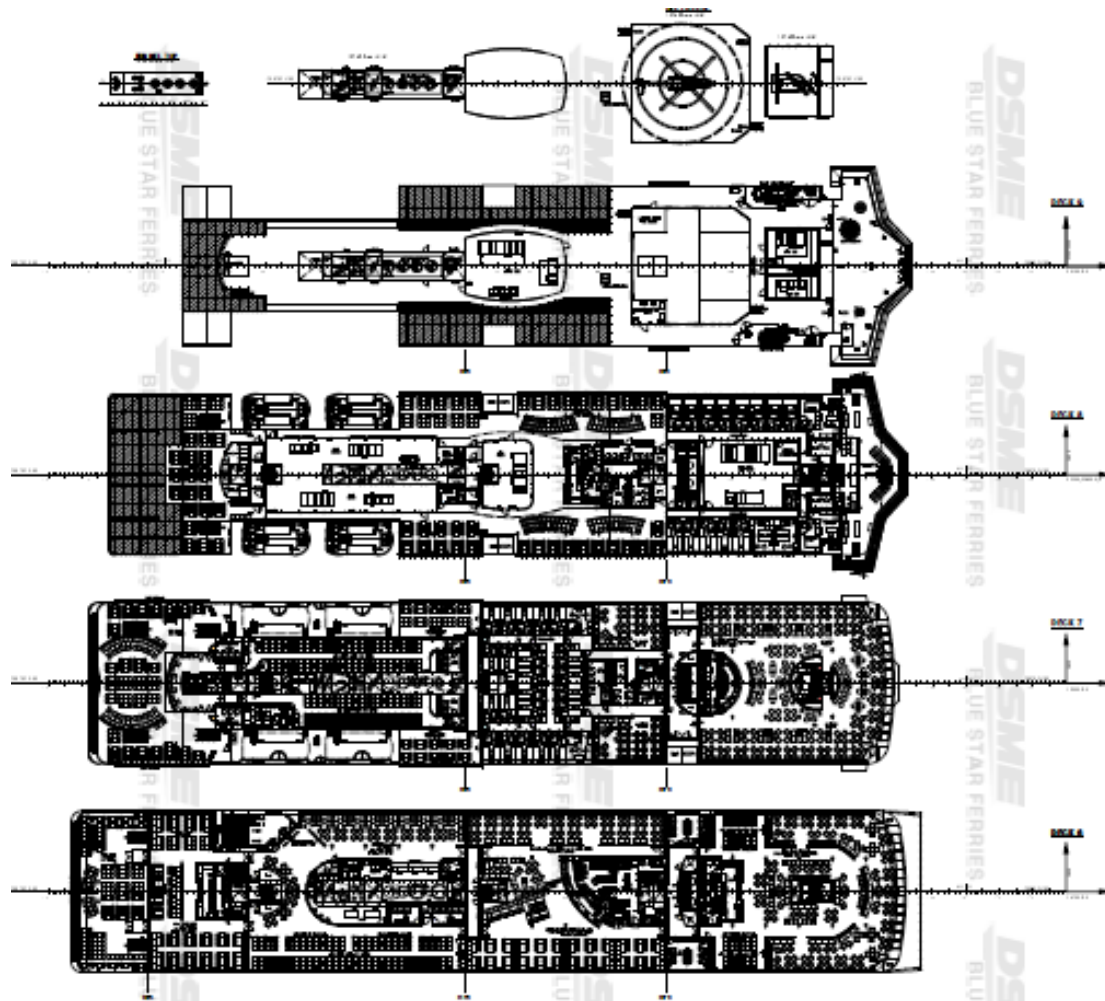
Τελικά, θα έχουμε για τις διαστάσεις του υπό μελέτη πλοίου:

Πίνακας 2.5: Τελικές Διαστάσεις υπό Μελέτη Πλοίου

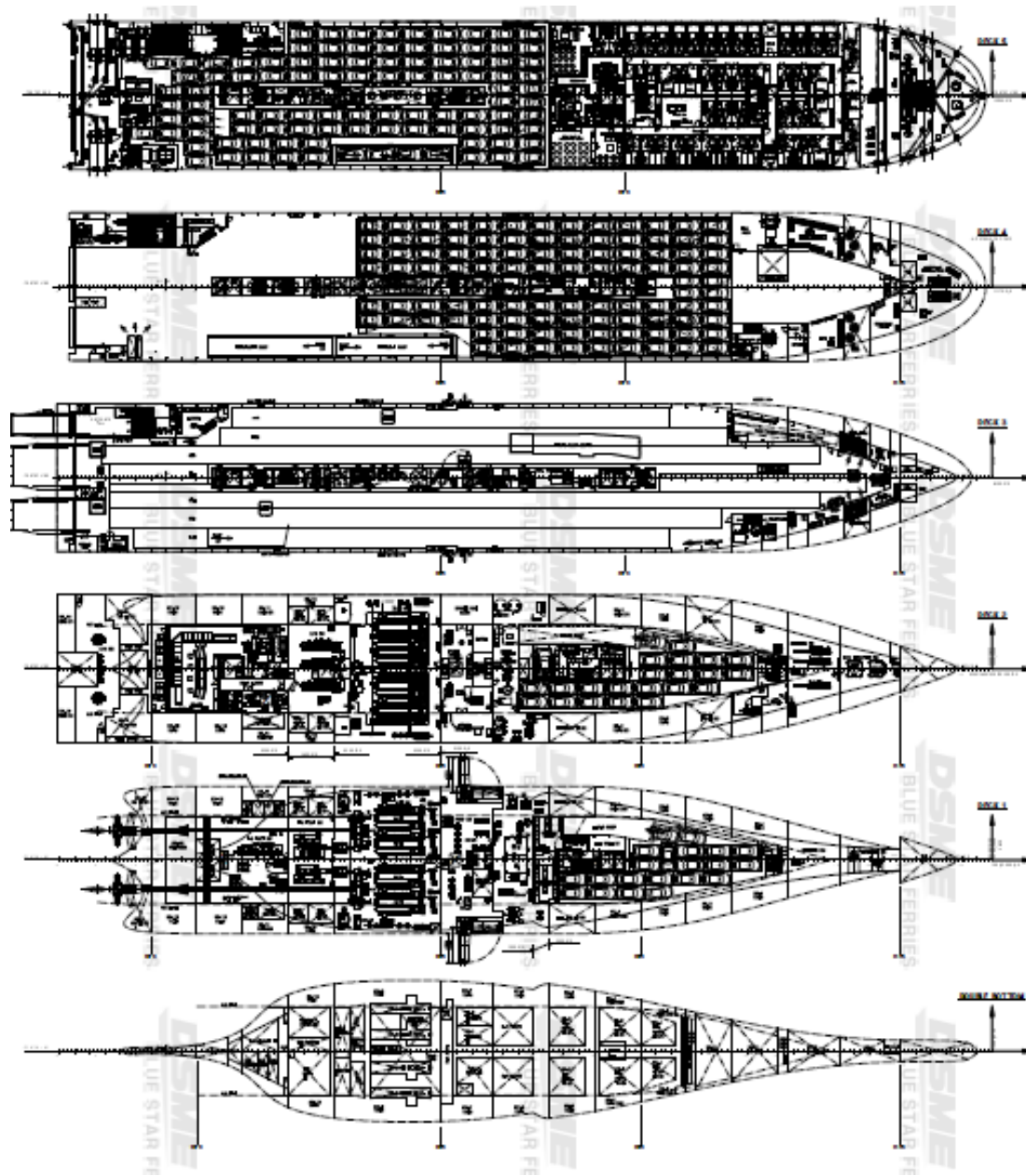
SHIP PARTICULARS		
L_{BP}	91,72	m
B_{ship}	32,20	m
L_{BP}/B_{ship}	2,85	-
B_{demihull}	8,72	m
S	23,48	m
T_{design}	4,740	m
T_{scantling}	5,469	m
V_S	21	knots

3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Μετά την επιλογή των βασικών διαστάσεων του υπό μελέτη πλοίου ακολουθεί η σχεδίαση του Σχεδίου Γενικής Διάταξης. Αυτό θα γίνει βάσει του αντίστοιχου σχεδίου του πλοίου 'Blue Star Delos', των εθνικών και διεθνών κανονισμών ασφαλείας και ενδιαιτήσεως καθώς και βάσει προσωπικών σχεδιαστικών επιλογών. Απώτερος σκοπός είναι να σχεδιαστεί ένα πλοίο παρόμοιας χωρητικότητας με το 'Blue Star Delos' σε επιβάτες/χώρους γκαράζ αλλά και παρόμοιας ποιότητας ενδιάιτησης στους χώρους των καταστρωμάτων επιβατών. Στο **Σχήμα 3.1** παρουσιάζεται το Σχέδιο Γενικής Διάταξης των καταστρωμάτων επιβατών του πλοίου αυτού ενώ στο **Σχήμα 3.2** το σχέδιο των καταστρωμάτων οχημάτων και των κατώτερων καταστρωμάτων. Το τελικό Σχέδιο Γενικής Διάταξης του υπό μελέτη πλοίου, το οποίο παρατίθεται και στο Παράρτημα "Α", περιλαμβάνει μια διαμήκη τομή, μια εγκάρσια τομή καθώς και κατόψεις όλων των καταστρωμάτων.



Σχήμα 3.1: Καταστρώματα Επιβατών 'Blue Star Delos'



Σχήμα 3.2: Κατώτερα Καταστρώματα και Καταστρώματα Οχημάτων 'Blue Star Delos'

Οι κύριες διαστάσεις που έχουμε επιλέξει από προηγούμενο κεφάλαιο και βάσει των οποίων θα γίνει η σχεδίαση του υπό μελέτη πλοίου είναι οι εξής:

Μήκος μεταξύ καθέτων $L_{BP}=91,72$

Ολικό πλάτος $B=32,20\text{m}$

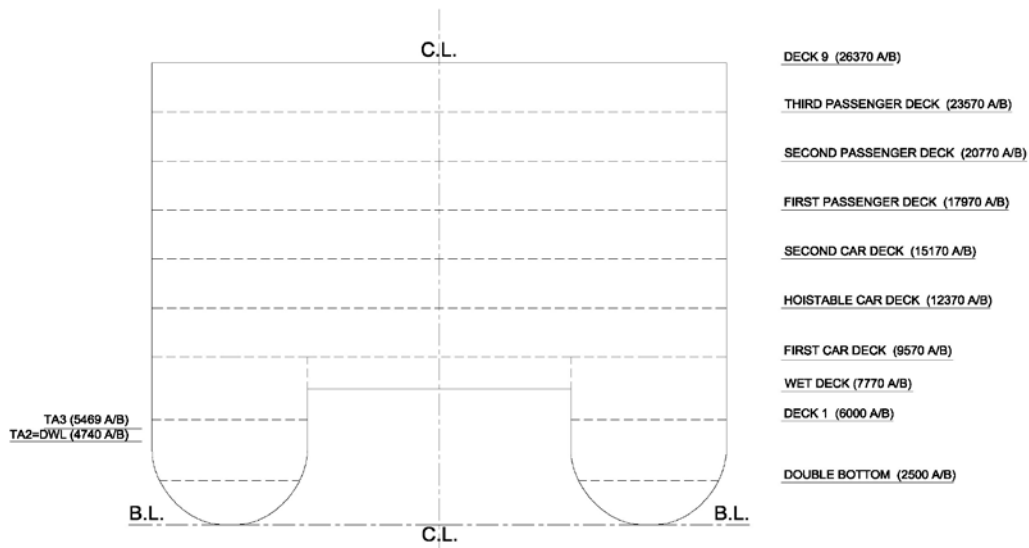
Πλάτος ημιγιάστρας $B_d=8,72\text{m}$

Ισαπόσταση ημιγιάστρων $s=23,48\text{m}$

Βύθισμα σχεδίασης $T_{des}=4,740\text{m}$

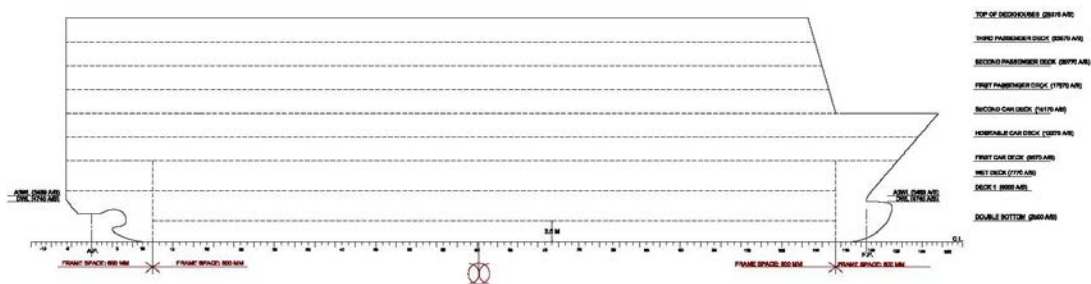
Βύθισμα αντοχής $T_{scant}=5,469\text{m}$

Αρχικά, σχεδιάστηκε ένα προκαταρκτικό σχέδιο της μέσης τομής (Midship Section) του υπό μελέτη πλοίου έτσι ώστε να υπολογιστεί η θέση του κάθε καταστρώματος. Στις δύο ημιγιάστρες τοποθετείται διπύθμενο (double bottom) σε ύψος $h_{DB}=2,5\text{m}$ καθώς και κατάστρωμα σε ύψος $h_{D2}=6\text{m}$. Το Wet Deck τοποθετείται σε ύψος $h_{wd}=7,77\text{m}$, καθώς θα πρέπει να υπάρχει μια απόσταση περίπου 3m από το βύθισμα σχεδίασης μέχρι το Wet Deck για τον περιορισμό της έντασης της σφυρόκρουσης (slamming). Το πρώτο κατάστρωμα αυτοκινήτων (First Car Deck), το οποίο είναι και το κατάστρωμα στεγανών φρακτών, τοποθετείται $1,8\text{m}$ πάνω από το Wet Deck. Έτσι, η απόσταση του First Car Deck από την ίσαλο σχεδίασης είναι $4,83\text{m}$. Η απόσταση αυτή κρίνεται αρκετά μεγάλη και ενδεχομένως να δημιουργηθεί πρόβλημα στην ομαλή επιβίβαση επιβατών και φόρτωση οχημάτων στα λιμάνια μέσω του πρυμναίου καταπέλτη. Μια πιθανή λύση του προβλήματος αυτού είναι η τοποθέτηση στο υπό μελέτη πλοίο ενός σχετικά μεγάλου σε μήκος πρυμναίου καταπέλτη. Για το ύψος και τον αριθμό των υπόλοιπων καταστρωμάτων θα χρησιμοποιηθούν παρόμοιες επιλογές με αυτές που έχουν γίνει κατά την σχεδίαση του πλοίου 'Blue Star Delos'. Έτσι, θα τοποθετηθούν μετά το πρώτο κατάστρωμα αυτοκινήτων ένα ανυψούμενο κατάστρωμα (Hoistable Car Deck), ένα δεύτερο κατάστρωμα αυτοκινήτων (Second Car Deck) καθώς και τρία καταστρώματα επιβατών (Passenger Decks). Το ύψος των καταστρωμάτων ορίζεται στα $2,8\text{m}$ που είναι και το ύψος των αντίστοιχων καταστρωμάτων στο 'Blue Star Delos'. Παρακάτω, φαίνεται το σχέδιο της μέσης τομής στην αρχική φάση σχεδίασης.



Σχήμα 3.3: Προκαταρκτικό Σχέδιο Μέσης Τομής

Ακολούθως, σχεδιάζεται το προφίλ (Profile) του πλοίου όπως αυτό προκύπτει από τις γραμμές της ημιγάστρας του προτύπου που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα αντίστασης (Νίκας 2012). Πλέον, από το προφίλ μπορούμε να μετρήσουμε τα μήκη $L_{wl}(T_{des})=95,154m$ και $L_{wl}(T_{scant})=94,877m$. Το πρωραίο σημείο των τριών καταστρωμάτων επιβατών βρίσκεται στην προέκταση της φρακτής σύγκρουσης ή πρύμνηθεν (ο έλεγχος της θέσης της φρακτής σύγκρουσης θα παρουσιαστεί σε επόμενο κεφάλαιο). Παρακάτω φαίνεται το σχέδιο του προφίλ.



Σχήμα 3.4: Προκαταρκτικό Σχέδιο Προφίλ

Στη συνέχεια γίνεται αναλυτική περιγραφή των καταστρωμάτων και των σχεδιαστικών επιλογών που έγιναν. Η παρουσίαση γίνεται σε τρία υποκεφάλαια που αφορούν τους χώρους κάτω από το κατάστρωμα στεγανών φρακτών, τους χώρους οχημάτων και τους χώρους ενδιαιτήσεως.

3.1. Κατώτερα Καταστρώματα

Ως κατάστρωμα στεγανών φρακτών (bulkhead deck) έχει επιλεχθεί το πρώτο κατάστρωμα οχημάτων που βρίσκεται σε ύψος 9,57m. Οι χώροι κάτω από το κατάστρωμα αυτό (lower hull) χωρίζονται καθ' ύψος από δύο καταστρώματα, το διπύθμενο (double bottom) σε ύψος 2,5m και την πλατφόρμα σε ύψος 6m. Όσον αφορά το double bottom οι κανονισμοί (SOLAS 2009) ορίζουν πως το ελάχιστο ύψος του διπύθμενου είναι $h_{DBmin}=B/20=32,2/20=1,61m$, οπότε καλύπτεται ο κανονισμός.

Για τον ορισμό των εγκάρσιων κατασκευαστικών νομέων (frame spacing) επιλέγουμε ισαπόσταση νομέων 600mm μέχρι το frame 12, ισαπόσταση 800mm από το frame 12 μέχρι το frame 113 (όπου θα τοποθετήσουμε στη συνέχεια τη φρακτή σύγκρουσης) και ισαπόσταση 600mm από το frame 113 και πλώραθεν. 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 113 κάθε 3 κατασκευαστικούς νομείς ($3 \cdot 0,8=2,4m$) και από το frame 113 και πλώραθεν κάθε 4 κατασκευαστικούς νομείς ($4 \cdot 0,6=2,4m$). Για τα διαμήκη δευτερεύοντα ενισχυτικά επιλέχθηκε η ισαπόσταση των 600mm, όπως είναι η συνηθισμένη ισαπόσταση σε άλλα πλοία. Κατά την πορεία σχεδίασης του Σχεδίου Γενικής Διάταξης όλες οι εγκάρσιες και διαμήκεις μεταλλικές φρακτές τοποθετήθηκαν σε εγκάρσιους και διαμήκεις κατασκευαστικούς νομείς αντίστοιχα.

Όσον αφορά τη διαμήκη διαμερισματοποίηση οι χώροι κάτω από το κατάστρωμα στεγανών φρακτών χωρίζονται από 9 στεγανές φρακτές σε 10 διαμερίσματα (σε κάθε ημιγάστρα). Οι φρακτές αυτές είναι υδατοστεγείς και εκτείνονται μέχρι το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων. Για τον υπολογισμό της θέσης της πρωραίας στεγανής φρακτής σύγκρουσης (collision bulkhead) χρησιμοποιήθηκε ο κανονισμός 12 του κεφαλαίου II-1 της SOLAS (SOLAS 2009). Εκεί αναγράφεται πως 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 $0,05L+3m$ (όποια είναι μεγαλύτερη). Με $L=94,086m$, το οποίο είναι το μήκος που ορίζεται στον κανονισμό της γραμμής φόρτωσης (ILLC 1966) και υπολογίζεται λεπτομερώς σε επόμενο κεφάλαιο, βρίσκουμε ελάχιστη απόσταση $a_{min}=4,704m$ και μέγιστη $a_{max}=7,704m$. 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 (1,467)
- 0,015L μπροστά από τη πρωραία κάθετο (1,411m)
- 3m μπροστά από τη πρωραία κάθετο

Έτσι, η απόσταση a θα μετρηθεί από ένα σημείο 1,411m μπροστά από τη F.P. Τελικώς επιλέγουμε να τοποθετηθεί η φρακτική σύγκρουσης στο frame 113 που απέχει $a_{c.b.}=5,029m$ από το παραπάνω σημείο. Βλέπουμε πως $a_{min} \leq a_{c.b.} \leq a_{max}$. Σύμφωνα με τον παραπάνω κανονισμό (SOLAS 2009) η φρακτική σύγκρουσης προεκτείνεται μέχρι το αμέσως επόμενο συνεχές κατάστρωμα (Second Car Deck) μετά το κατάστρωμα στεγανών φρακτών (First Car Deck). Χώροι εργασίας του πληρώματος ανάμεσα στα δύο αυτά καταστρώματα μπορούν να τοποθετηθούν μπροστά από τη φρακτική με την προϋπόθεση η πρόσβαση σε αυτούς να γίνεται από υδατοστεγείς θύρες.

Ακολουθεί η περιγραφή των χώρων κάτω από το κατάστρωμα στεγανών φρακτών. Η κάτοψη των καταστρωμάτων αυτών φαίνεται στα **Σχήματα 3.5-3.7**.

Διπύθμενο

Τα δύο διπύθμενα (Double Bottom), ένα σε κάθε ημιγιάστρα, εκτείνονται από το frame 12 έως τη φρακτική σύγκρουσης. Στο χώρο του μηχανοστασίου (frame 42 έως frame 59) το ύψος του διπύθμενου γίνεται 1,5m έτσι ώστε να διευκολυνθεί η τοποθέτηση των κύριων μηχανών, του μειωτήρα και του αξονικού συστήματος. Κάτω από το διπύθμενο έχουν τοποθετηθεί οι ίδιες δεξαμενές σε κάθε ημιγιάστρα, συμμετρικά ως προς το διαμήκη άξονα συμμετρίας του πλοίου. Στην πλώρη υπάρχει η πρωραία δεξαμενή ζυγοστάθμισης (Fore Peak Tank) καθώς και το σύστημα των bow thrusters. Πρύμνηθεν του συστήματος αυτού βρίσκονται 2 δεξαμενές θαλασσίου έρματος (Water Ballast Tanks). Από τη φρακτική που βρίσκεται στο frame 42 (πρυμναία φρακτική μηχανοστασίου) μέχρι τη φρακτική του frame 75 έχουν τοποθετηθεί διάφορες δεξαμενές που σχετίζονται με τη μηχανολογική εγκατάσταση του υπό μελέτη πλοίου όπως δεξαμενές λιπαντικών και καυσίμων. Πρύμνηθεν της πρυμναίας φρακτικής μηχανοστασίου υπάρχει κενός χώρος για την τοποθέτηση του αξονικού συστήματος.

Deck 1

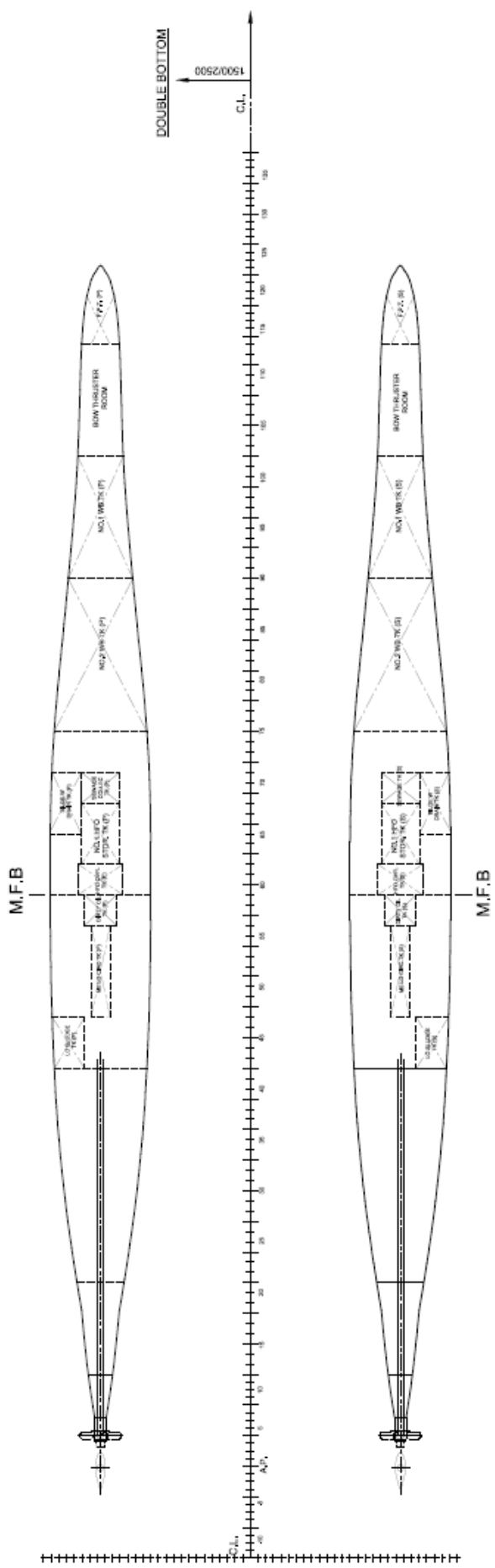
Πάνω από το διπύθμενο (Deck 1) έχουν τοποθετηθεί εκτός από δεξαμενές και χώροι που εξυπηρετούν τη μηχανολογική εγκατάσταση του πλοίου. Στην πλώρη υπάρχει η Fore Peak Tank και ο χώρος του bow thruster, που αποτελούν συνέχεια των αντίστοιχων χώρων που υπάρχουν κάτω από το διπύθμενο. Στα επόμενα δύο διαμερίσματα έχουν τοποθετηθεί τα μηχανήματα επεξεργασίας πόσιμου νερού, οι δεξαμενές πόσιμου νερού καθώς και οι δεξαμενές έρματος για τον έλεγχο της

εγκάρσιας κλίσης (Heeling Tanks). Στη συνέχεια βρίσκεται το αντλιοστάσιο (rump room) του υπό μελέτη πλοίου και οι δεξαμενές καυσίμου της κύριας μηχανής. Από το frame 42 έως το frame 59 έχουν τοποθετηθεί οι κύριες μηχανές (main engines) του υπό μελέτη πλοίου μαζί με τους μειωτήρες. Πρύμνηθεν των κυρίων μηχανών τοποθετούνται τα μηχανήματα επεξεργασίας των λιπαντικών (lubricant oil treatment room) ενώ τα δύο επόμενα διαμερίσματα αφήνονται κενοί χώροι. Να σημειώσουμε πως στο ύψος αυτό του πλοίου δεν έχουν τοποθετηθεί στεγανές θύρες στις φρακτές για την πρόσβαση του πληρώματος από το ένα διαμέρισμα στο άλλο. Η πρόσβαση γίνεται μέσω της ανόδου από το ένα διαμέρισμα στο υπερκείμενο κατάστρωμα (Πλατφόρμα), στο ύψος του οποίου υπάρχουν στεγανές θύρες στις εγκάρσιες φρακτές, και στη συνέχεια καθόδου από το άλλο διαμέρισμα στο Deck 1 μέσω κλιμακοστασίων.

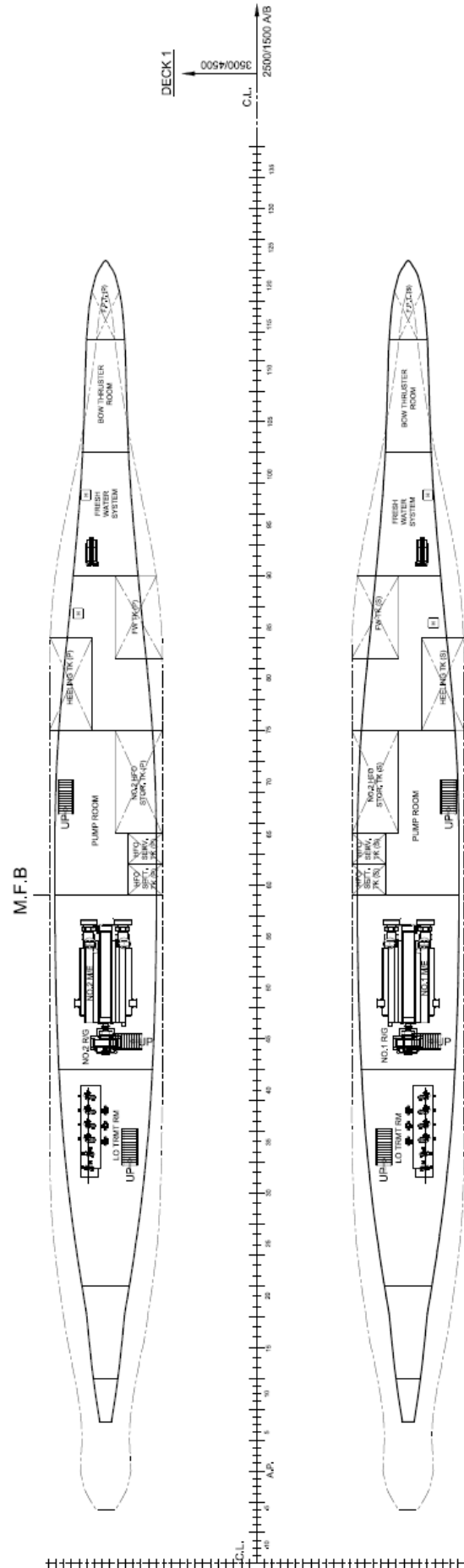
Πλατφόρμα (Deck 2)

Η πλατφόρμα (Platform) βρίσκεται σε ύψος 6m και χρησιμοποιείται για χώρους της μηχανολογικής εγκατάστασης και χώρους εργασίας του πληρώματος. Ξεκινώντας από την πλώρη, έχουν τοποθετηθεί η Fore Peak Tank, το bow thruster room και ο χώρος που χρησιμοποιείται για το σύστημα του air-condition του πλοίου. Στη συνέχεια υπάρχουν βοηθητικοί χώροι, όπως δωμάτια ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και ανταλλακτικών, 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 (2 στη starboard side και 1 στην port side), διάφορες βοηθητικές δεξαμενές καθώς και μία δεξαμενή θαλασσίου έρματος. Στο ύψος αυτό η πρόσβαση από το ένα διαμέρισμα στο άλλο γίνεται μέσω υδατοστεγών θυρών, ενώ υπάρχουν κλιμακοστάσια για την πρόσβαση στους χώρους του Deck 1. Στο διαμέρισμα που βρίσκεται πρώραθεν της κύριας μηχανής υπάρχει το κλιμακοστάσιο για την πρόσβαση στους υπερκείμενους χώρους του First Car deck. Τέλος, έχει τοποθετηθεί στην port side ανελκυστήρας για το πλήρωμα, ο οποίος εξυπηρετεί τα καταστρώματα από την πλατφόρμα μέχρι και το Τρίτο Κατάστρωμα Επιβατών.

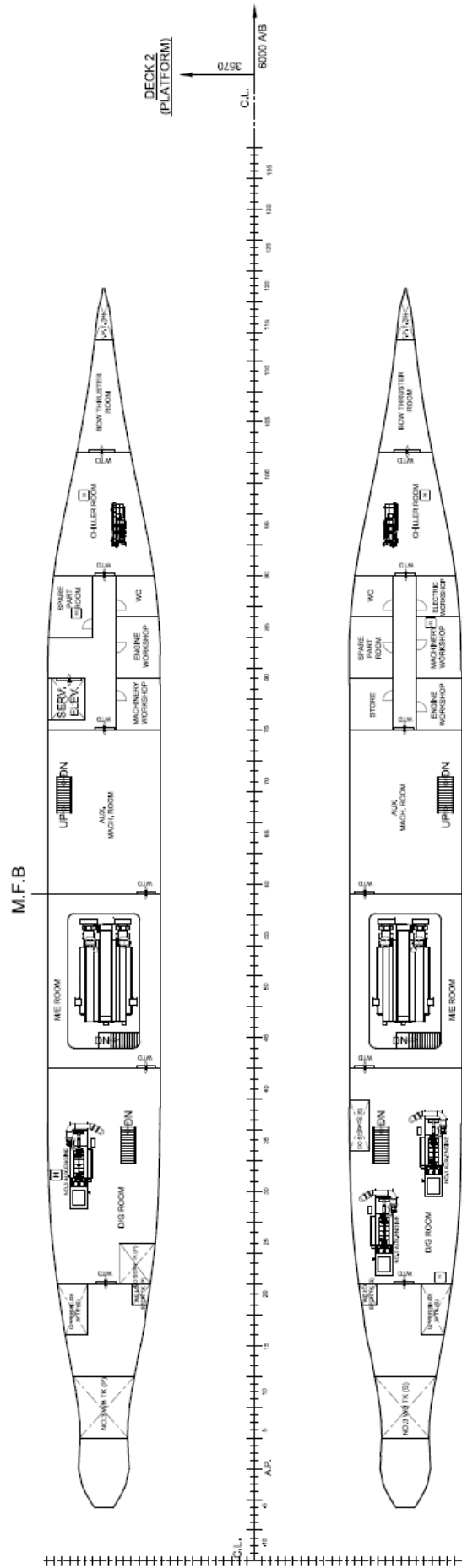
Να σημειώσουμε πως ανάμεσα στις δύο ημιγάστρες έχει τοποθετηθεί κατάστρωμα (Deck 3 - Wet Deck) σε ύψος 7,77m, το οποίο απέχει 1,8m κάτω από το κατάστρωμα στεγανών φρακτών (First Car Deck). Το κατάστρωμα αυτό χωρίζεται από τους χώρους της πλατφόρμας μέσω δύο διαμήκων girders που έχουν τοποθετηθεί στα 5,2m αντιδιαμετρικά του διαμήκη άξονα συμμετρίας. Οι χώροι που περιλαμβάνει το wet deck έχουν αφεθεί κενοί, οπότε δεν υπάρχει αντίστοιχη τομή για το κατάστρωμα αυτό στο Σχέδιο Γενικής Διάταξης.



Σχήμα 3.5: Double Bottom



Σχήμα 3.6: Deck 1



Σχήμα 3.7: Deck 2 (Platform)

3.2. Καταστρώματα Οχημάτων

Οι χώροι που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά οχημάτων περιλαμβάνουν το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων (First Car Deck), το Ανυψούμενο Κατάστρωμα Οχημάτων (Hoistable Car Deck) και το Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων (Second Card Deck). Στις δύο πλευρές του πλοίου και στο μέσο του μήκους του έχουν τοποθετηθεί τα δύο Engine Casings, τα οποία εξυπηρετούν τους χώρους της κύριας μηχανής και των ηλεκτρογεννητριών. Το πλάτος τους έχει επιλεγεί σε προηγούμενο κεφάλαιο ίσο με 2,8m. Παρόλα αυτά, το πλάτος θα πρέπει να αλλάξει στην παρούσα φάση σε 2,9m έτσι ώστε η πλευρά του Casing να συμπίπτει με διαμήκη κατασκευαστικό νομέα. Πλέον, η απόσταση μεταξύ Casing και lane φορτηγών αλλάζει από 0,65m σε 0,55m, απόσταση η οποία κρίνεται ικανοποιητική από πλευράς άνεσης κίνησης επιβατών. Τα Engine Casings περιλαμβάνουν 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. Το μήκος του engine casing στην starboard side είναι 18,4m, ενώ το αντίστοιχο στην port side είναι 17,6m. Η διαφορά αυτή δικαιολογείται από το γεγονός ότι στην port side υπάρχουν δύο ηλεκτρογεννήτριες ενώ στη starboard μόνο μία.

Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων (Deck 4)

Το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων (First Car Deck) αποτελεί το κατάστρωμα στεγανών φρακτών (Watertight Bulkhead Deck), βρίσκεται σε απόσταση 9,57m από τη Base Line και είναι το κατάστρωμα από το οποίο εισέρχονται στην πρύμνη οι επιβάτες και τα οχήματα. Η απόσταση του Πρώτου από το Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων είναι 5,6m. Από την πρύμνη (ράμπες φόρτωσης/εκφόρτωσης) μέχρι το μέσο περίπου του πλοίου, όπου βρίσκεται το ανυψούμενο κατάστρωμα, μπορούν να φορτωθούν είτε φορτηγά οχήματα είτε Ι.Χ. αυτοκίνητα. Στο πρωραίο μέρος μπορούν να τοποθετηθούν είτε φορτηγά αν δε χρησιμοποιείται το Hoistable Car Deck (ελεύθερο ύψος καταστρώματος περίπου 4,5m λόγω του χώρου που καταλαμβάνει το ανυψούμενο κατάστρωμα και ο μηχανισμός του) είτε Ι.Χ. αυτοκίνητα αν αυτό χρησιμοποιείται (ελεύθερο ύψος 2,8m). Συνολικά, τοποθετήθηκαν 8 λωρίδες φορτηγών πλάτους 3m και συνολικού μήκους 568m. Στην περίπτωση χρησιμοποίησης του Hoistable Car Deck έχουν προβλεφθεί για το First Car Deck 240m λωρίδων φορτηγών και 76 θέσεις Ι.Χ. αυτοκινήτων συνολικά.

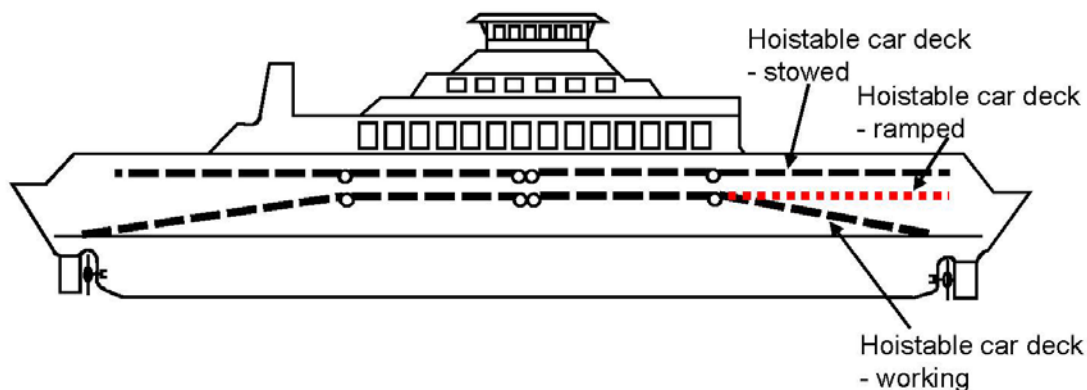
Στο κατάστρωμα αυτό υπάρχουν μόνο χώροι εργασίας του πληρώματος (πέραν των χώρων οχημάτων), οι οποίοι έχουν τοποθετηθεί στην πλώρη από το frame 107 μέχρι την φρακτή σύγκρουσης στο frame 113, καθώς και στις δύο πλευρές του πλοίου ως συνέχεια των δύο engine casings. Οι χώροι αυτοί περιλαμβάνουν δωμάτια αποθήκευσης απορριμμάτων, αποθήκες, δωμάτια ηλεκτρολογικής εγκατάστασης, δωμάτια καθαρισμού νερού, τουαλέτες, χώρους για τη συγκέντρωση των αποσκευών των επιβατών, δωμάτια για αλληλογραφία, ανεμιστήρες για τον κλιματισμό και γραφεία διαχείρισης εμπορευμάτων.

Όσον αφορά τη διακίνηση των επιβατών και του πληρώματος υπάρχει ένα σύστημα κλιμακοστασίων και ανελκυστήρων, τοποθετημένα στις πλευρές του πλοίου. Κλιμακοστάσια για τη πρόσβαση στο Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων και στο Πρώτο Κατάστρωμα επιβατών υπάρχουν στη πλώρη και στην πρύμνη του πλοίου, όπου και βρίσκονται οι ράμπες φόρτωσης/εκφόρτωσης του υπό μελέτη πλοίου. Στην πρύμνη και ειδικά στην port side έχει τοποθετηθεί επιπροσθέτως του κλιμακοστασίου και σύστημα ηλεκτρικών κυλιόμενων κλιμάκων. Στην διάθεση των επιβατών υπάρχουν ακόμη και δύο ανελκυστήρες, ένας στην πρύμνη (port side) και ένας στην πλώρη (starboard side). Για την πρόσβαση του πληρώματος στους χώρους κάτω από το Fist Car Deck καθώς και στους χώρους εργασίας του Hoistable Car Deck διατίθενται κλιμακοστάσια στο μέσο του πλοίου. Τέλος, διατίθεται και ανελκυστήρας για το πλήρωμα, όπως αναφέρθηκε στην περιγραφή του Platform.

Ανυψούμενο Κατάστρωμα Οχημάτων (Deck 5)

Το Ανυψούμενο Κατάστρωμα Οχημάτων (Hoistable Car Deck) είναι ουσιαστικά μια κινητή πλατφόρμα εμβαδού 1100m^2 , η οποία έχει τοποθετηθεί στο πρωραίο μέρος του πλοίου από το frame 50 έως το frame 107. Ο τρόπος λειτουργίας της φαίνεται στο **Σχήμα 3.8**. Όταν χρησιμοποιείται, βρίσκεται σε ύψος 2,8m πάνω από το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά 76 Ι.Χ. αυτοκινήτων. Η πρόσβαση σε αυτό γίνεται μέσω ράμπας που βρίσκεται στο πρυμναίο άκρο του καταστρώματος. Σε περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται ανυψώνεται μέσω κατάλληλου μηχανισμού στην οροφή του Πρώτου Καταστρώματος Οχημάτων (κάτω από το Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων). Στις πλευρές του πλοίου και στο ύψος του Hoistable Car Deck έχουν τοποθετηθεί χώροι εργασίας του πληρώματος, παρόμοιας λειτουργίας με αυτούς που έχουν τοποθετηθεί στο First Car Deck. Η πρόσβαση σε αυτούς γίνεται είτε μέσω κλιμακοστασίων που εξυπηρετούν αποκλειστικά το σκοπό αυτό είτε μέσω των κλιμακοστασίων που προορίζονται για την πρόσβαση των επιβατών και του πληρώματος από το First Car Deck στο Second Car Deck. Επίσης, το Ανυψούμενο Κατάστρωμα Οχημάτων απέχει μικρή απόσταση από τα κλιμακοστάσια επιβατών στην πλώρη και τον ανελκυστήρα στην starboard side, έτσι

ώστε να είναι δυνατή η πρόσβαση των επιβατών στο κατάστρωμα αυτό, όταν χρησιμοποιείται. Στην πλώρη (μπροστά από τη φρακτή σύγκρουσης) έχουν τοποθετηθεί τα μηχανήματα που εξυπηρετούν τα συστήματα πρόσδεσης και αγκυροβολίας της πλώρης, τα οποία βρίσκονται στο υπερκείμενο Second Car Deck. Τέλος, αντίστοιχος χώρος μικρότερου μεγέθους υπάρχει και στην πρύμνη του πλοίου για τα αντίστοιχα συστήματα της πρύμνης.



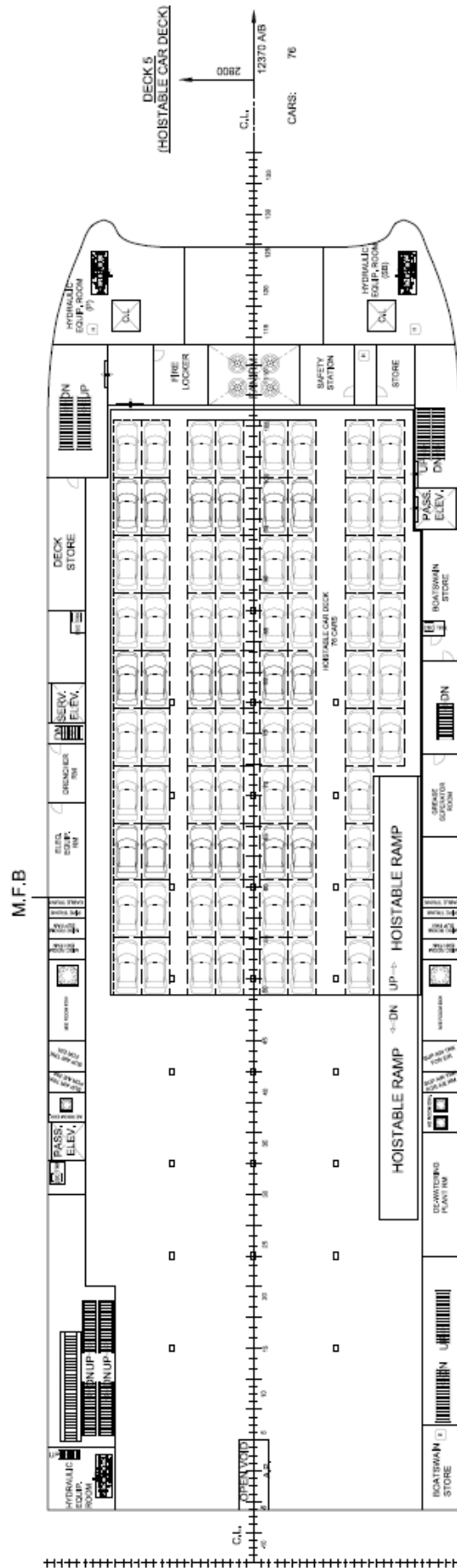
Σχήμα 3.8: Αρχή Λειτουργίας Hoistable Car Deck

Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων (Deck 6)

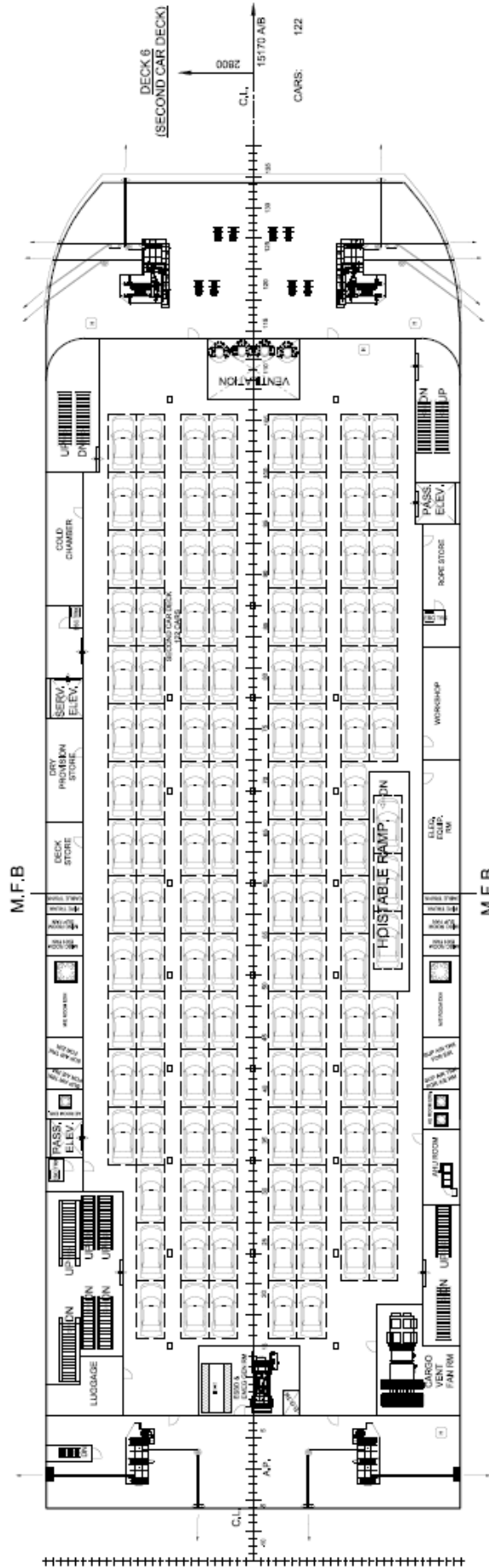
Το Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων (Second Car Deck) βρίσκεται σε ύψος 15,17m και απέχει 5,6m από το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων. Υπάρχει η δυνατότητα για τη μεταφορά 122 Ι.Χ. επιβατηγών, χωρισμένα σε 8 σειρές (lanes), ενώ έχει αφεθεί και ελεύθερος χώρος ανάμεσα στις σειρές για την τοποθέτηση των υποστηλωμάτων (pillars) που στηρίζουν τα υπερκείμενα καταστρώματα. Στο πλοίο 'Blue Star Delos' φιλοξενούνται και χώροι ενδιαίτησης πληρώματος στο κατάστρωμα αυτό. Στο υπό μελέτη πλοίο επιλέχθηκε η τοποθέτηση μόνο χώρων οχημάτων, έτσι ώστε να αναπληρωθεί η απώλεια μεταφορικής ικανότητας Ι.Χ. από τα κατώτερα καταστρώματα (σε αντίθεση με το 'Blue Star Delos', δε μπορούν να τοποθετηθούν εκεί Ι.Χ. λόγω του τύπου του υπό μελέτη πλοίου). Στην πλώρη και στην πρύμνη έχουν τοποθετηθεί σε ανοιχτούς χώρους τα συστήματα πρόσδεσης και αγκυροβολίας του πλοίου. Τα συστήματα της πλώρης 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 πλώρη και την πρύμνη, ψυγεία για τις προμήθειες 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 πλώρη καθώς και οι τρεις ανελκυστήρες που περιγράφηκαν παραπάνω. Η πρόσβαση των οχημάτων στο Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων γίνεται μέσω ράμπας που βρίσκεται στη starboard side. Επίσης, έχουν τοποθετηθεί 3 έξοδοι έκτακτης ανάγκης (emergency exits) για την ασφαλή εκκένωση των χώρων του μηχανοστασίου από το πλήρωμα σε περίπτωση κινδύνου.

Ακολουθούν οι κατόψεις των καταστρωμάτων που περιγράφηκαν παραπάνω.



Σχήμα 3.10: Deck 5 (Hoistable Car Deck)



Σχήμα 3.11: Deck 6 (Second Car Deck)

3.3. Καταστρώματα Επιβατών

Τα υπόλοιπα τρία 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 σε καμία περίπτωση να εκτείνονται πλώραθεν της φρακτής σύγκρουσης καθόλο το ύψος του πλοίου. Έτσι, επιλέγουμε στο υπό μελέτη πλοίο το πρωραίο άκρο των καταστρωμάτων αυτών να βρίσκεται στη φρακτή σύγκρουσης ή πρύμνηθεν. Η διάταξη αυτή φαίνεται και στο **Σχήμα 3.4**.

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 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 59, η οποία χωρίζει το κατάστρωμα σε δύο ζώνες και η οποία προεκτείνεται και στα άλλα δύο καταστρώματα επιβατών. Τα μήκη και τα εμβαδά των κατακόρυφων ζωνών στα τρία καταστρώματα επιβατών φαίνονται συνολικά στον παρακάτω πίνακα (Η ζώνη 2 βρίσκεται πρύμνηθεν και η ζώνη 1 πλώραθεν).

Πίνακας 3.1: Κύριες Κατακόρυφες Ζώνες

	Zone 2		Zone 1	
	L (m)	E (m ²)	L (m)	E (m ²)
First Passenger Deck	46,32	1491,5	42,47	1391,0
Second Passenger Deck	32,80	590,4	41,74	1117,2
Third Passenger Deck	32,80	571,2	44,80	1200,0

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθούμε στους κανονισμούς ενδιαίτησης που περιέχονται στην ελληνική νομοθεσία και στους οποίους βασιστήκαμε για τη σχεδίαση των καταστρωμάτων επιβατών. Οι κανονισμοί αυτοί χωρίζονται σε κανονισμούς για τους χώρους επιβατών (Π.Δ.44/ 2011) και σε κανονισμούς για τους χώρους πληρώματος (Ν.1594/ 1986).

Κανονισμοί Ενδιαίτησεως Επιβατών

- 4.4 Το υπό μελέτη πλοίο πρέπει να διαθέτει κλίνες σε ποσοστό τουλάχιστον 2% του αριθμού των επιβατών.
- 5.3 Τα ελεύθερα άκρα των εξωτερικών καταστρωμάτων φέρουν κιγκλίδωμα ή δρύφρακτο ύψους ενός (1) τουλάχιστον μέτρου.
- 6.1 Οι κλειστοί χώροι επιβατών βρίσκονται πρύμνηθεν της πρωραίας φρακτής σύγκρουσης καθόλο το ύψος του πλοίου.
- 6.2 Οι κλειστοί χώροι επιβατών έχουν καθαρό ύψος τουλάχιστον 2m.
- 9.(ε) Οι θύρες των θαλαμίσκων (καμπίνες) να ανοίγουν προς το εσωτερικό του θαλαμίσκου.
- 10.1.(β) Προβλέπονται δύο (2) τουλάχιστον δίκλινοι θαλαμίσκοι με ιδιαίτερο χώρο υγιεινής για επιβάτες με ειδικές ανάγκες.
- 10.1.(γ) Προβλέπεται ένας (1) τουλάχιστον κοινόχρηστος χώρος υγιεινής για άτομα με ειδικές ανάγκες.
- 12.1 Προβλέπεται ειδικά διαμορφωμένος χώρος για την παραμονή κατοικίδιων ζώων.
- 18 Στην περίπτωση λειτουργίας SELF SERVICE εστιατορίου, αυτό βρίσκεται διακεκριμένο από τον υπόλοιπο χώρο επιβατών.
- 19.2 Ο ελάχιστος αριθμός αποχωρητηρίων είναι 1 ανά 45 επιβάτες που δεν ενδιαιτώνται σε θαλαμίσκους.
- 19.3.(β) Η επιφάνεια κάθε αποχωρητηρίου είναι τουλάχιστον $1,2\text{m}^2$.
- 19.3.(δ) Ο μισός αριθμός αποχωρητηρίων διατίθεται για γυναίκες ενώ δεν επιτρέπονται κοινοί προθάλαμοι ανδρών και γυναικών.
- 20.1 Για κάθε επιβάτη που αντιστοιχεί στα ανοικτά καταστρώματα πρέπει να διατίθεται ένα κάθισμα ή τμήμα πάγκου $0,5\text{m}$.
- 20.1 Για κάθε επιβάτη που αντιστοιχεί στα κλειστά καταστρώματα πρέπει να διασφαλίζεται τουλάχιστον χώρος 1m^2 .

Κανονισμοί Ενδιαίτησεως Πληρώματος

- 5.3.(β) Το εμβαδόν των υπνοδωματίων που προορίζονται για το κατώτερο πλήρωμα δεν πρέπει να είναι κατώτερο από $3,75\text{m}^2$ για ατομικά υπνοδωμάτια, 6m^2 για υπνοδωμάτια δύο ατόμων και 12m^2 για υπνοδωμάτια 4 ατόμων.
- 5.6 Τα υπνοδωμάτια αξιωματικών που δεν διαθέτουν ιδιαίτερο χώρο υποδοχής πρέπει να έχουν εμβαδόν τουλάχιστον $7,5\text{m}^2$.
- 5.10 Οι ελάχιστες εσωτερικές διαστάσεις της κλίνης να είναι $1,98\text{m} \times 0,8\text{m}$.

- 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.
- 9.1 Πρέπει να υπάρχει αποχωρητήριο κοντά στη γέφυρα και στο μηχανοστάσιο για το πλήρωμα που εργάζεται εκεί.
- 10 Το ελεύθερο ύψος των χώρων ενδιαιτήσεων 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. Για θέματα σχεδίασης που δεν αναφέρονται στους παραπάνω κανονισμούς ακολουθήθηκε η διάταξη του πλοίου 'Blue Star Delos', του οποίου διαθέτουμε το Σχέδιο Γενικής Διάταξης.

Όσον αφορά τις κλίμακες αυτές είναι διαφόρων τύπων (άλλες είναι ευθείες και άλλες κάνουν αναστροφή 180° στο μέσο μεταξύ δύο καταστρωμάτων) ενώ όλες έχουν κλίση 35°. Για το πλάτος των κλιμάκων υπάρχουν διεθνείς κανονισμοί του IMO (ResA.757(18) 1993). Παρόλα αυτά, για τον υπολογισμό του πλάτους απαιτείται η ύπαρξη σχεδίου και μελέτης εγκατάλειψης του πλοίου, το οποίο δεν πραγματοποιήθηκε για το υπό μελέτη πλοίο. Έτσι, οι κλίμακες σχεδιάστηκαν με πλάτος 0,9m, το οποίο και κρίνεται ικανοποιητικό από άποψης κίνησης επιβατών.

Πρώτο Κατάστρωμα Επιβατών (Deck 7)

Το Πρώτο Κατάστρωμα Επιβατών (First Passenger Deck) βρίσκεται σε ύψος 17,97m, έχει ύψος 2,8m και απέχει 2,8m από το Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων. Το κατάστρωμα αυτό αποτελείται εξολοκλήρου από κλειστούς χώρους επιβατών. Για τη διαρρύθμιση του καταστρώματος αυτού καθώς και των υπόλοιπων καταστρωμάτων επιβατών ακολουθήθηκε κατά το δυνατόν η διάταξη του πλοίου 'Blue Star Delos'. Η πρόσβαση σε αυτό γίνεται μέσω των ανελκυστήρων και των κλιμακοστασίων που έχουν περιγραφεί σε προηγούμενο υποκεφάλαιο. Για την πρόσβαση στα δύο υπερκείμενα καταστρώματα έχουν τοποθετηθεί δύο συστήματα ανελκυστήρων και κλιμακοστασίων στο μέσο του πλάτους του πλοίου, ένα στο πρυμναίο μέρος και ένα στο πρωραίο. Η επιλογή αυτή έγινε έτσι ώστε να υπάρχει περισσότερος ελεύθερος χώρος στις πλευρές του πλοίου και να υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης παραθύρων στα υπόλοιπα δύο καταστρώματα επιβατών. Ο ανελκυστήρας του πληρώματος έχει τοποθετηθεί σε θέση που να διευκολύνεται η μεταφορά προμηθειών από τα καταστρώματα οχημάτων μέχρι τα ψηλότερα καταστρώματα επιβατών. Επίσης, να σημειώσουμε πως το μήκος των δύο engine

casings έχει μειωθεί κατά 1m στο κατάστρωμα αυτό καθώς το πρυμναίο άκρο των engine casings ακολουθεί από το Second Car Deck και καθόλο το ύψος του πλοίου κεκλιμένη πορεία. Αντίστοιχη μείωση θα εμφανιστεί και στα υπόλοιπα καταστρώματα.

Ξεκινώντας από την πλήρη έχουν τοποθετηθεί στο κατάστρωμα αυτό σαλόνι με μπαρ, σαλόνι, εστιατόριο self-service, χώρος υποδοχής, αεροπορικές θέσεις και χώρος με κυλικείο. Οι συνολικές θέσεις των χώρων αυτών είναι 1172. Στο χώρο υποδοχής έχουν τοποθετηθεί κάποια δωμάτια εργασίας για το πλήρωμα καθώς και αποχωρητήρια για τους επιβάτες. Αποχωρητήρια έχουν τοποθετηθεί επίσης και στο πρωραίο και στο πρυμναίο μέρος του πλοίου.

Δεύτερο Κατάστρωμα Επιβατών (Deck 8)

Το Δεύτερο Κατάστρωμα Επιβατών (Second Passenger Deck) βρίσκεται σε ύψος 20,77m και έχει ύψος 2,8m. Η πρόσβαση σε αυτό γίνεται μέσω των κλιμακοστασιών και των ανελκυστήρων που περιγράφηκαν παραπάνω. Στο πρωραίο μέρος υπάρχει κλειστός χώρος που φιλοξενεί σαλόνι με μπαρ. Στο μέσο περίπου του μήκους έχουν τοποθετηθεί οι καμπίνες επιβατών, οι οποίες είναι δύο και τεσσάρων ατόμων. Οι χώροι των καμπινών δεν εκτείνονται μέχρι το πλάτος του πλοίου, αλλά μέχρι τα 9m από το διαμήκη άξονα συμμετρίας. Στη συνέχεια των καμπινών και πρύμνηθεν υπάρχουν αεροπορικές θέσεις. Οι υπόλοιποι χώροι έχουν αφεθεί ανοιχτοί και διαθέσιμοι για τους επιβάτες. Για τους χώρους αυτούς υπάρχει κυλικείο στη πρύμνη του πλοίου. Για τους επιβάτες διατίθενται τρεις χώροι αποχωρητηρίων (ξεχωριστά αντρών και γυναικών), ένας για το σαλόνι, ένας για τους εξωτερικούς χώρους και ένας για τις αεροπορικές θέσεις. Συνολικά, έχουν τοποθετηθεί 407 θέσεις σε κλειστούς χώρους, 424 θέσεις σε ανοιχτούς χώρους και 86 κλίνες επιβατών.

Στο κατάστρωμα αυτό έχουν τοποθετηθεί τα τέσσερα συστήματα εκτάκτου εγκατάλειψης του πλοίου (Marine Evacuation Systems). Αυτά βρίσκονται δύο στο πρωραίο και δύο στο πρυμναίο μέρος (και στις δύο πλευρές του πλοίου). Επιλέγεται να τοποθετηθούν συστήματα dual-chute της εταιρείας VIKING (VIKING 2006a). Μέσω αυτών υπάρχει η δυνατότητα εκκένωσης του σκάφους από 736 άτομα σε 30 λεπτά σε κάθε πλευρά. Τα M.E.S. επιλέχθηκε να τοποθετηθούν σε αυτό το κατάστρωμα και όχι σε κάποιο υπερκείμενο καθώς, σύμφωνα με τον κατασκευαστή, πρέπει να βρίσκονται σε ύψος 10-18m από την επιφάνεια της θάλασσας (το Δεύτερο Κατάστρωμα Επιβατών απέχει 16m από το βύθισμα σχεδίασης).

Από το Δεύτερο Κατάστρωμα Επιβατών και άνωθεν τα δύο engine casings βρίσκονται στους εξωτερικούς χώρους του πλοίου. Το ανώτερο τους σημείο βρίσκεται στ 34m, 7,5m πάνω από το Κατάστρωμα Καιρού.

Τρίτο Κατάστρωμα Επιβατών (Deck 9)

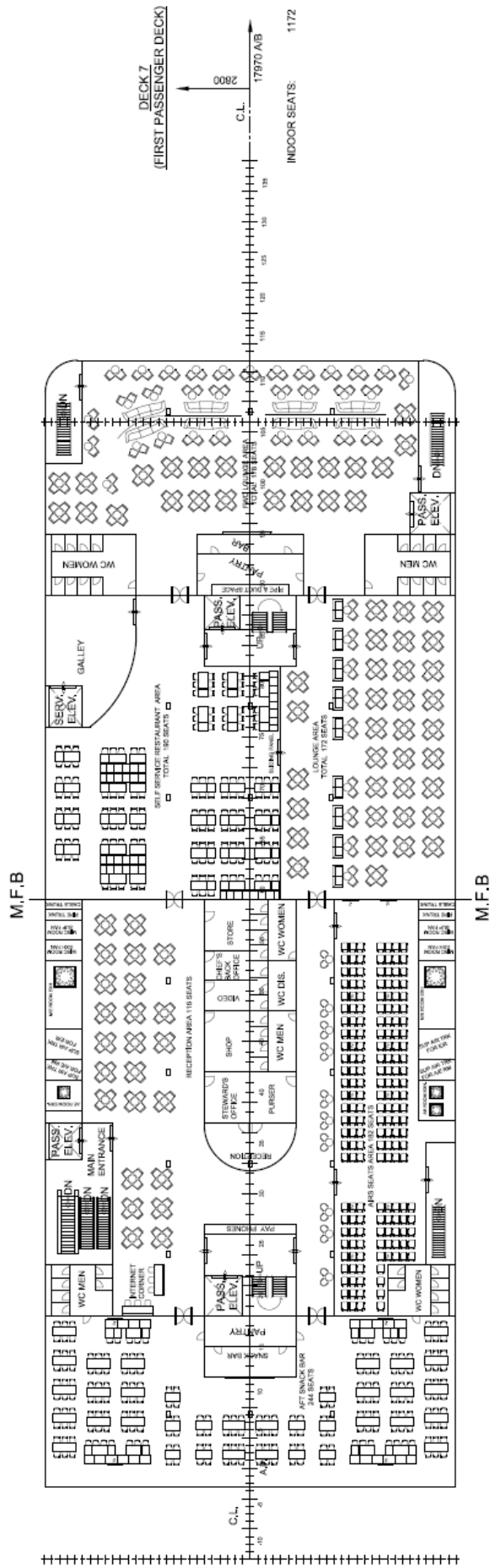
Το Τρίτο Κατάστρωμα Επιβατών (Third Passenger Deck) βρίσκεται σε ύψος 23,57m, έχει ύψος 2,8m και αποτελείται από κλειστούς χώρους πληρώματος (χώροι εργασίας και καμπίνες) και ανοιχτούς χώρους επιβατών. Οι κλειστοί χώροι αποτελούν προέκταση των αντίστοιχων χώρων του Δεύτερου Καταστρώματος Επιβατών. Η πρόσβαση στο κατάστρωμα αυτό γίνεται μέσω των συστημάτων που περιγράφηκαν παραπάνω. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης σε αυτό μέσω εξωτερικών κλιμάκων που υπάρχουν στους ανοιχτούς χώρους στην πρύμνη του Δεύτερου Καταστρώματος Επιβατών. 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 χώροι εστίασης του πληρώματος και οι καμπίνες των αξιωματικών. Στο μέσο του πλοίου τοποθετήθηκαν οι καμπίνες του πληρώματος, οι οποίες είναι μονόκλινες και δίκλινες. Συνολικά, προσμετρώντας τις καμπίνες των αξιωματικών, υπάρχουν 68 διαθέσιμες κλίνες πληρώματος. Μεγάλο τμήμα των κλειστών χώρων του καταστρώματος αυτού καταλαμβάνει η υπομονάδα κλιματισμού (Air Handling Unit). Αντίστοιχες μονάδες υπάρχουν και στο υπερκείμενο κατάστρωμα. Στους εξωτερικούς χώρους υπάρχει η δυνατότητα για τη φιλοξενία 452 επιβατών. Οι χώροι αυτοί διαθέτουν σκέπαστρο για τον ήλιο, ενώ διατίθενται αποχωρητήρια και μπαρ στην πρύμνη. Στο πρυμναίο μέρος έχουν τοποθετηθεί οι τέσσερις (δύο 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.

Κατάστρωμα Καιρού (Deck 10)

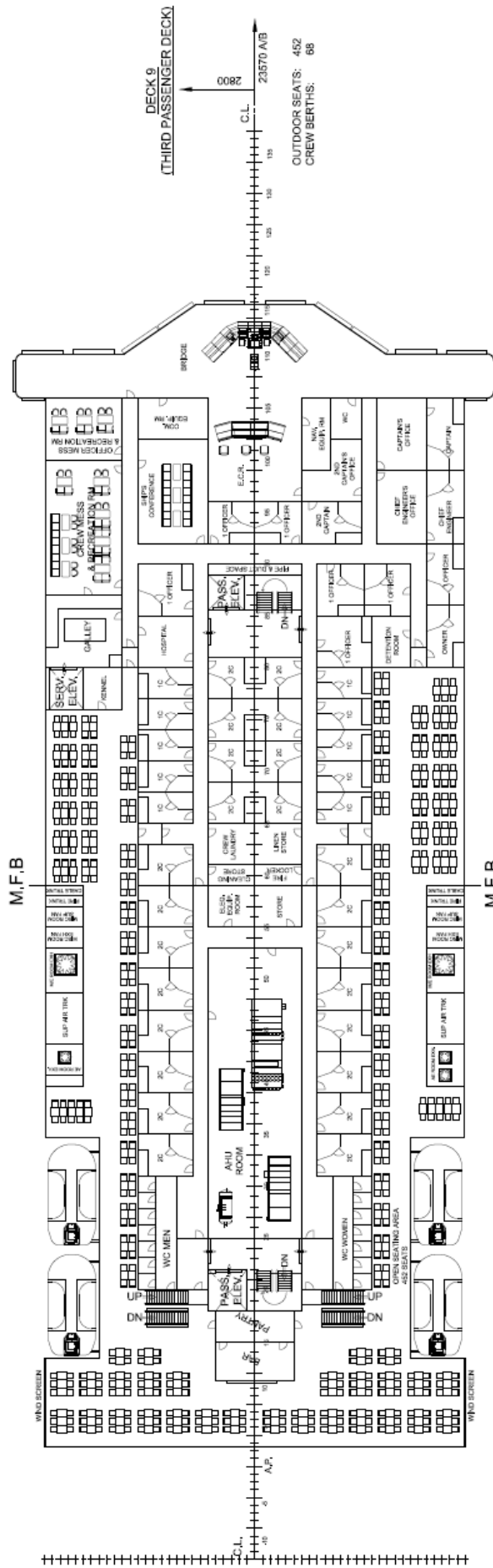
Το Κατάστρωμα Καιρού (Weather Deck) βρίσκεται σε ύψος 26,37m και είναι εκτεθειμένο εξ ολοκλήρου στις καιρικές συνθήκες. Είναι προσβάσιμο μόνο από το πλήρωμα μέσω εξωτερικών κλιμάκων που βρίσκονται στον ανοιχτό χώρο του Τρίτου Καταστρώματος Επιβατών. Στο κατάστρωμα αυτό τοποθετούνται οι δύο βάρκες ταχείας διάσωσης (rescue boats) καθώς και οι πνευστές σωσίβιες σχεδίες (liferafts). Οι rescue boats είναι τύπου 470GRP1 της εταιρείας VIKING (VIKING 2006c), ενώ τα liferafts είναι τύπου 16DK της ίδιας εταιρείας (VIKING 2006b) και μπορούν να

μεταφέρουν 16 άτομα το καθένα. Επίσης, έχει προβλεφθεί ειδικός χώρος για την προσγείωση ελικοπτέρου σε περίπτωση ανάγκης. Τέλος, στο κατάστρωμα αυτό έχουν τοποθετηθεί άλλες δύο υπομονάδες της κεντρικής μονάδας κλιματισμού. Συνολικά, στο πλοίο έχουν τοποθετηθεί τρεις υπομονάδες, μία για τους κλειστούς χώρους επιβατών, μία για τις καμπίνες και μια για τους χώρους εργασίας του πληρώματος.

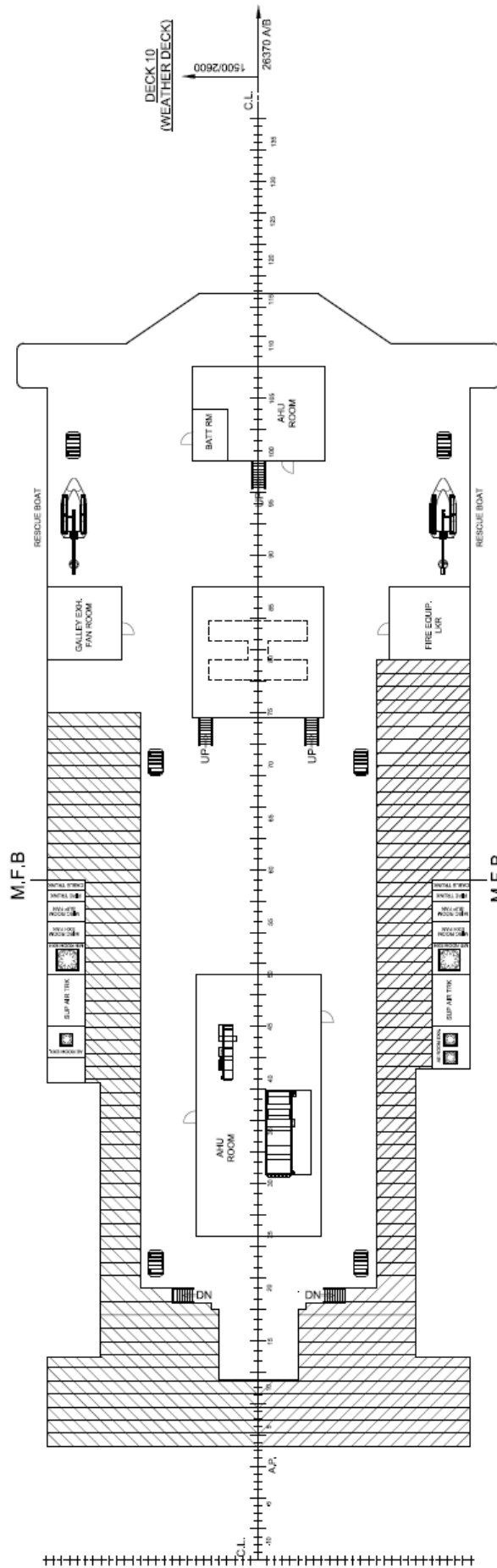
Στα **Σχήματα 3.12-3.15** παρουσιάζονται οι κατόψεις των χώρων που περιγράφηκαν παραπάνω.



Σχήμα 3.12: Deck 7 (First Passenger Deck)



Σχήμα 3.14: Deck 9 (Third Passenger Deck)

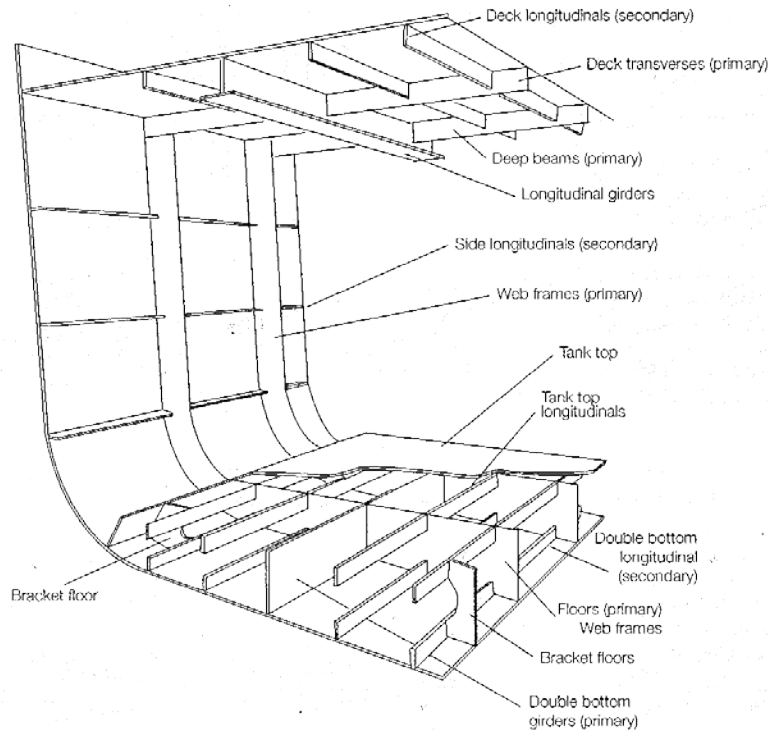


Σχήμα 3.15: Deck 10 (Weather deck)

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 και τα αναλογούντα βάρη του W_{ST} . Απώτερος σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι η μέγιστη δυνατή μείωση του W_{ST} , έχοντας εξασφαλίσει την απαιτούμενη αντοχή, έτσι ώστε να αυξήσουμε το Payload και να μειώσουμε το κόστος κατασκευής. Η αντοχή του σκάφους θα υπολογιστεί με βάση τους κανονισμούς του Γαλλικού Νηογνώμονα για ταχύπλοα πλοία (BV 2002). Οι κανονισμοί αυτοί προτιμήθηκαν έναντι των αντιστοίχων για συμβατικά πλοία (BV 2011) καθώς είναι οι μόνι που αναφέρονται σε δίγαστρα πλοία, όπως το υπό μελέτη. Η μελέτη της αντοχής έγινε στο βύθισμα $T_{Scantling}=5,469m$. Σε ότι αφορά στα διαμήκη κατασκευαστικά στοιχεία (ενισχυτικά και ελάσματα) και προκειμένου να επισπευτεί η διαδικασία έγινε χρήση της εφαρμογής Marspeed του Γαλλικού Νηογνώμονα, η οποία διατίθεται ελεύθερα από το διαδίκτυο (VeriSTAR 2013). Για τα κύρια κατασκευαστικά στοιχεία (web frames και girders) έγινε αναλυτικός υπολογισμός βάσει των κανονισμών του νηογνώμονα. Τέλος, έγινε υπολογισμός για τις έδρες του διπύθμενου και του wet deck, τα pillars, τα μπρακέτα, τις φρακτές του χώρου επιβατών/οχημάτων καθώς και για τις στεγανές φρακτές των κυτών του πλοίου κάτω από το κύριο κατάστρωμα. Σε όλους τους υπολογισμούς έχει χρησιμοποιηθεί απλός ναυπηγικός χάλυβας με Yield Stress $250 N/mm^2$, Young Modulus $206000 N/mm^2$ και ειδικό βάρος $7,9 t/m^3$.

Να σημειώσουμε πως έχουμε επιλέξει διάμηκες σύστημα ενίσχυσης, όπως συνηθίζεται και στα ταχύπλοα catamaran αντιστοίχου μεγέθους. Στη διαμήκη ενίσχυση τοποθετούνται εγκάρσιοι ενισχυμένοι νομείς σε απόσταση συνήθως μεταξύ 1,2m και 2,4m καθώς και διαμήκη ενισχυτικά με μικρή ισαπόσταση. Στο υπό μελέτη πλοίο η ισαπόσταση των ενισχυμένων νομέων (web frames) είναι 2,4m (κάθε τρεις κατασκευαστικούς νομείς). Στο **Σχήμα 4.1** παρουσιάζεται η τομή ενός πλοίου με διάμηκες σύστημα ενίσχυσης. Τέλος, έχουμε επιλέξει να συμμετέχει η γάστρα μέχρι και το First Passenger Deck στη διαμήκη αντοχή του πλοίου. Οπότε, το Strength Deck ορίζεται στα 17,97m. Τα κατασκευαστικά στοιχεία που τελικά επιλέγονται φαίνονται στο Σχέδιο Μέσης Τομής καθώς και στο σχέδιο Profile&Decks Plan, τα οποία παρατίθενται στα παραρτήματα "B" και "Γ" αντίστοιχα.



Σχήμα 4.1: Διαμήκες Σύστημα Ενίσχυσης

4.1. Υπολογισμός ελασμάτων και δευτερευόντων διαμήκων ενισχυτικών

Όπως προαναφέρθηκε, με την εφαρμογή Marspeed (VeriSTAR 2013), η οποία βασίζεται στους κανονισμούς του γαλλικού νηογνώμονα (BV 2002), έγινε ο υπολογισμός όλων των διαμήκων κατασκευαστικών στοιχείων εκτός από τα girders των καταστρωμάτων του υπό μελέτη πλοίου. Τα στοιχεία αυτά είναι τα ελάσματα των καταστρωμάτων, τα ελάσματα του περιβλήματος της γάστρας, τα διαμήκη ενισχυτικά των καταστρωμάτων και του περιβλήματος καθώς και η κεντρική και οι πλευρικές σταθμίδες (center & side girder) που ενώνουν το First Car Deck με το Wet deck. Προκειμένου να εξαχθεί ένα αποτέλεσμα, το οποίο να προσομοιάζει σε μεγάλο βαθμό την πραγματική μορφή των ελασμάτων και των διαμήκων ενισχυτικών του πλοίου, εισήχθησαν στο Marspeed επτά εγκάρσιες τομές κατά μήκος του πλοίου. Το σχέδιο των τομών αυτών λήφθηκε από τις γραμμές του προτύπου, οι οποίες έχουν προέλθει από το ερευνητικό πρόγραμμα CARGOXPRESS (CARGOXPRESS 2011). Η επεξεργασία των γραμμών αυτών θα περιγραφεί σε επόμενο κεφάλαιο. Οι τομές έγιναν σε συγκεκριμένες αποστάσεις από την Α.Ρ., όπως φαίνεται παρακάτω:

- -3m (πρυμναίο άκρο του πλοίου)
- 13,6m
- 21,6m
- 30m-60m (μία τομή που αντιπροσωπεύει το παράλληλο τμήμα. Γίνεται η παραδοχή πως οι φορτίσεις σε αυτό το τμήμα είναι ίδιες)
- 70m
- 85m
- 91m

Παρακάτω, εμφανίζονται τα βασικά δεδομένα που εισάγαμε στην εφαρμογή. Οι ορισμοί τους δίνονται στο Manual της εφαρμογής (VeriSTAR 2013) καθώς και στους κανονισμούς 'Rules for the Classification of High Speed Craft' του νηογνώμονα (BV 2002).

- $L=94,90$ m
- $B=32,20$ m
- $B_{WL}=8,72$ m
- $C_B=0,525$
- $V=21$ kn
- $D=17,97$ m
- $T_{Scantling}=5,469$ m
- S.W.B.M. (κατάσταση Hogging)=130000 kN*m
- S.W.B.M. (κατάσταση Sagging)=130000 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 CalcM), 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 πλήρους φορτίου του πλοίου (Full Load Arrival), είναι ίση με: $BM_{MAX}=122497,5$ kN*m και είναι ροπή τύπου Hogging. Ροπή τύπου Sagging δεν εμφανίστηκε σε καμία από τις 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

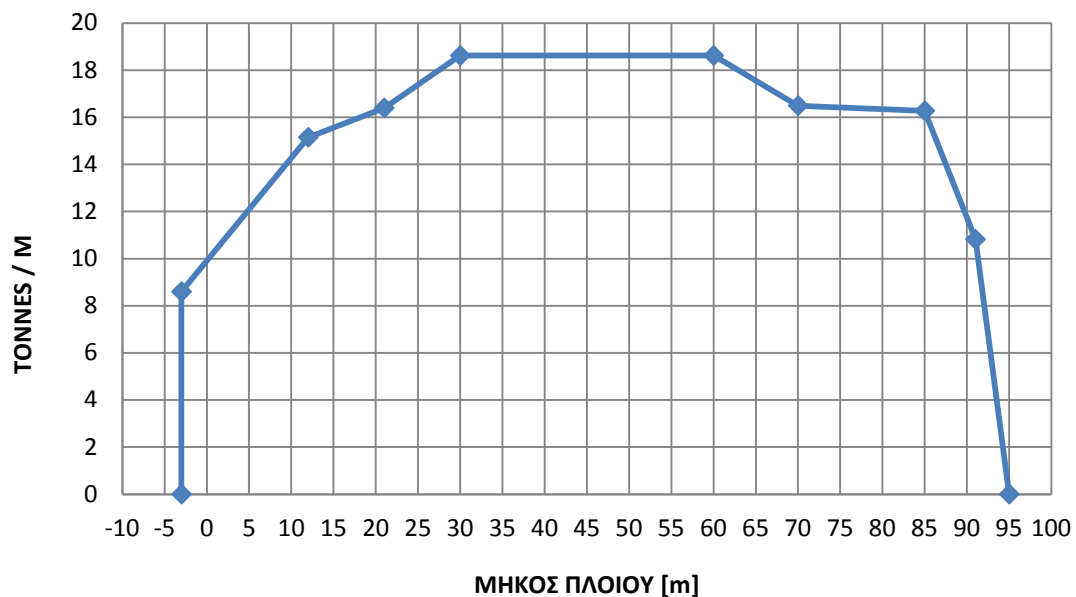
Τα Web Frames ορίστηκαν ανά 3 κατασκευαστικούς νομείς (2,4m). Το πάχος των ελασμάτων επιλέγεται βάσει του ελάχιστου που εμφανίζεται στο πρόγραμμα συν το περιθώριο διάβρωσης. Τα περιθώρια διάβρωσης που λάβαμε από τον νηογνώμονα κυμαίνονται από 0mm έως 2mm για κάθε πλευρά του ελάσματος, ανάλογα με την περιοχή που βρίσκεται το έλασμα. Για τα τμήματα που δεν συμμετέχουν στη διαμήκη αντοχή επιλέγουμε πάχος ελασμάτων 4mm. Για τα διαμήκη ενισχυτικά επιλέγουμε ισαπόσταση 600mm, όση είναι και η ισαπόσταση των διαμήκων κατασκευαστικών νομέων, εκτός από το First Car Deck και το Second Car Deck, στα οποία ορίζεται μικρότερη ισαπόσταση για λόγους αντοχής. Οι διαστάσεις των ενισχυτικών επιλέγονται μέσα από τυποποιημένους πίνακες διαστάσεων ενισχυτικών τύπου Bulb Flat (DIN standards) βάσει τις ελάχιστης Ροπής Αντίστασης (section modulus) που υπολογίζει το πρόγραμμα. Στα ενισχυτικά γίνεται, ομοίως με τα ελάσματα, προσαύξηση για το περιθώριο διάβρωσης. Στα τρία καταστρώματα οχημάτων δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός της ακριβούς φόρτισης από τα αυτοκίνητα και τα φορτηγά. Για τον λόγο αυτό, η εφαρμογή Marspeed (VeriSTAR 2013) δε μπορεί να υπολογίσει τα ελάχιστα πάχη ελασμάτων και ενισχυτικών. Έτσι, τα κατασκευαστικά αυτά στοιχεία λήφθηκαν ίδια με υπαρκτό επιβατηγό πλοίο, το οποίο έχει τη δυνατότητα μεταφοράς οχημάτων ίδιου τύπου και βάρους ανά άξονα και του οποίου διαθέταμε το σχέδιο μέσης τομής.

Αρχικά υπολογίστηκαν τα ελάσματα/ενισχυτικά της εγκάρσιας τομής που αντιπροσωπεύει το παράλληλο τμήμα. Στη συνέχεια έγιναν οι υπολογισμοί για τις υπόλοιπες τομές όπου έγιναν μειώσεις ή αυξήσεις στα πάχη και στα μεγέθη των ελασμάτων/ενισχυτικών όπου χρειάστηκε. Οι αυξομειώσεις αυτές προκύπτουν από μεταβολές των ολικών και των τοπικών φορτίσεων (global loads, local loads), των επιταχύνσεων καθώς και του slamming όσο προχωράμε προς τα άκρα του πλοίου. Οι εγκάρσιες τομές που προέκυψαν από την εφαρμογή, με τα ελάσματα και τα ενισχυτικά που επιλέξαμε, παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα "Δ". Στον παρακάτω **Πίνακα 4.1** παρουσιάζονται συνοπτικά τα βάρη που προέκυψαν.

Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα Εφαρμογής Marspeed

Distance from A.P.	Weight (t/m)	KG (m)
-3	8,595	10,000
12	15,147	9,764
21	16,393	9,666
30	18,618	8,994
60	18,618	8,994
70	16,492	11,975
85	16,271	9,840
95	10,816	8,621

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η κατανομή του βάρους 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 Marspeed (VeriSTAR 2013). Με θεώρημα ροπών, αφού είναι γνωστή η θέση κάθε τομής, προκύπτει και το LCG του συνολικού βάρους. Επίσης, προκύπτει και το κέντρο βάρους VCG, αφού έχουμε δεδομένο από το πρόγραμμα το KG κάθε τομής.



Σχήμα 4.2: Κατανομή Βάρους Ελασμάτων και Δευτερευόντων Διαμήκων Κατασκευαστικών Στοιχείων

Τελικώς λαμβάνουμε:

W_{Marspeed} [t]	LCG [m]	VCG [m]
1560,25	47,39	9,74

4.2. Κύρια Κατασκευαστικά Στοιχεία

Τα κύρια κατασκευαστικά στοιχεία (primary supporting members) αποτελούνται από τα girders, τα web frames, τα pillars και τις φρακτές (bulkheads). Τα web frames (ενισχυμένοι νομείς) είναι εγκάρσια ενισχυτικά που τοποθετούνται ανά 2,4m στην πλευρά του πλοίου καθώς και κάτω από τα καταστρώματα (transverse deck beams-εγκαρσιώματα). Τα web frames προεκτείνονται και κάτω από το διπύθμενο, όπου σχηματίζουν είτε ανοιχτές είτε συμπαγείς έδρες (open και solid floors αντίστοιχα). Τα girders είναι διαμήκη ενισχυτικά αυξημένης αντοχής που τοποθετούνται κάτω από τα καταστρώματα και στηρίζουν τα εγκαρσιώματα. Τα girders στηρίζονται με τη σειρά τους είτε σε υποστηλώματα (pillars) είτε σε μεταλλικές φρακτές. Για το υπό μελέτη πλοίο έχει επιλεγθεί η τοποθέτηση τριών girders και αντίστοιχα τριών σειρών pillars από το Deck 4 (First Car Deck) έως το Deck 8 (Second Passenger Deck) και δύο girders στα εναπομείναντα καταστρώματα, τα οποία και θα στηρίζονται σε φρακτές. Οι έδρες τοποθετούνται στο διπύθμενο και έχουν πάχος όσο και τα web frames της πλευράς του πλοίου πάνω από το διπύθμενο. Τέλος, τοποθετούνται και έδρες ανάμεσα στο First Car Deck και στο Wet Deck με ισαπόσταση 2,4m.

Webs & Girders

Τα δύο αυτά κατασκευαστικά στοιχεία (webs & girders) θα υπολογιστούν βάσει των αναλυτικών τύπων που υπάρχουν στο Γαλλικό Νηογνώμονα. Οι τύποι αυτοί περιέχονται στο κείμενο "Rules for the Classification of High Speed Craft" (BV 2002). Αρχικά, έγινε η παραμετροποίηση του μεγαλύτερου μέρους του Chapter 6 'Hull Structure' στο πρόγραμμα Microsoft Excel (Office Excel 2007). Η διαδικασία αυτή υπήρξε ιδιαίτερα χρονοβόρα διότι παρουσιάζονται πολύπλοκοι μαθηματικοί τύποι για κάθε μέρος του πλοίου και μεγέθη τα οποία ήταν δύσκολο να οριστούν ή δεν υπήρχαν δεδομένα για το υπό μελέτη πλοίο. Μόλις πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή των αρχικών δεδομένων στο excel έγινε σύγκριση μερικών αρχικών αποτελεσμάτων, όπως η εγκάρσια επιτάχυνση στο LCG και το σημαντικό ύψος κύματος, με τα αντίστοιχα του Marspeed. Η σύγκριση ήταν επιτυχής καθώς οι διαφορές ήταν της τάξης λάθους στρογγυλοποίησης.

Στη συνέχεια, για να υπολογίσουμε τις απαιτούμενες διαστάσεις των girders και των webs σε κάθε σημείο του πλοίου, εισάγαμε κάθε φορά στο Excel (Office Excel 2007) τα παρακάτω χαρακτηριστικά. Οι κανονισμοί που αφορούν τα δύο αυτά κατασκευαστικά στοιχεία περιέχονται στο υποκεφάλαιο 3.7.9. των κανονισμών (BV 2002).

- Coefficient [m]
- Span of Primary Supporting Members [S]
- Surface Width [b]
- Load [P]
- Allowable Stress [σ_{am}]

Ως αποτέλεσμα λαμβάνουμε την ελάχιστη απαιτούμενη Ροπή Αντίστασης (Section Modulus) Z και την ελάχιστη απαιτούμενη Επιφάνεια Διάτμησης (Shear Area) A_t του εκάστοτε στοιχείου σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις:

$$Z = 1000 \cdot \frac{S^2 \cdot b \cdot p}{m \cdot \sigma_{am}} \quad 6.1$$

$$A_t = 5 \cdot \frac{S \cdot b \cdot p}{\tau_{am}} \quad 6.2$$

Τα μεγέθη που αλλάζουν δραστικά στα διάφορα μέρη του πλοίου και επηρεάζουν την ροπή αντίστασης Z και την επιφάνεια διάτμησης A_t είναι το ανυποστήρικτο μήκος S και η πίεση P . Το ανυποστήρικτο μήκος εξαρτάται από τον τρόπο στήριξης και τη διάταξη που έχουμε επιλέξει για τα webs και τα girders. Η πίεσεις εξαρτούνται από τη θέση του ενισχυτικού στο πλοίο (πλευρά, κατάστρωμα επιβατών, υπερκατασκευή κλπ). Στη συνέχεια, χρησιμοποιούμε το πρόγραμμα 'ABS Stiffeners' του Αμερικάνικου Νηογνώμονα ABS για τον υπολογισμό των διαστάσεων των girders και των webs με δεδομένο το Z και το A_t . Πλέον, με δεδομένο το εμβαδό του ενισχυτικού, υπολογίζουμε το βάρος του βάσει του ολικού μήκους του και του ειδικού βάρους του χάλυβα. Τέλος, από το σχέδιο Γενικής Διάταξης υπολογίζουμε το LCG και το VCG του κάθε στοιχείου.

Στο σημείο αυτό, να σημειώσουμε πως στα τρία καταστρώματα οχημάτων δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός της ακριβούς φόρτισης από τα αυτοκίνητα και τα φορτηγά. Για τον λόγο αυτό, δεν ήταν δυνατός ο υπολογισμός των μεγεθών Z και A_t των webs και των girders στα καταστρώματα αυτά μέσω της εφαρμογής Excel (Office Excel 2007). Έτσι, τα κατασκευαστικά αυτά στοιχεία λήφθηκαν ίδια με υπαρκτό επιβατηγό πλοίο, το οποίο έχει τη δυνατότητα μεταφοράς οχημάτων ίδιου τύπου και βάρους ανά άξονα και του οποίου διαθέταμε το σχέδιο μέσης τομής.

Στον **Πίνακα 4.2** παρουσιάζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις του νηογνώμονα ενώ στον **Πίνακα 4.3** τα κατασκευαστικά στοιχεία που τελικά επιλέχθηκαν. Για την τελική

επιλογή βασιστήκαμε στις ελάχιστες απαιτήσεις του νηογνώμονα, σε κατασκευαστικές απαιτήσεις (π.χ. web αρκετά μεγαλύτερο από τα διαμήκη ενισχυτικά) καθώς και σε υπάρχοντα πλοία, όπως αναφέραμε και παραπάνω.

Πίνακας 4.2: Ελάχιστες Απαιτήσεις Νηογνώμονα

	Section Modulus (cm³)	Shear Area (cm²)
Side Frame DB – 1st Car	1649,7	38,51
Side Frame 1st Car – 2nd Car	817,3	12,16
Side Frame Deck 2nd Car – 2nd Pass	204,3	6,08
Side Frame Deck 2nd Pass – Heli Deck	204,3	6,08
Transverse Platform	512,8	9,80
Transverse 1st Pass	242,2	3,01
Transverse 2nd Pass	242,2	3,01
Transverse 3rd Pass	157,3	2,42
Transverse Heli Deck	157,3	2,42
Girder Platform	657,4	16,74
Girder 1st Pass	576,5	6,52
Girder 2nd Pass	576,5	6,52
Girder 3rd Pass	282,5	5,39
Girder Heli Deck	282,5	5,39

Πίνακας 4.3: Τελικά Κατασκευαστικά Στοιχεία

	Web Type	Web Area (cm ²)	Section Modulus (cm ³)	Shear Area (cm ²)	Total Weight (t)	LCG (m)	LM (tm)	VCG (m)	VM (tm)
Heli Deck Girder	190x9+100x12	29,1	324,4	18,18	3,996	43,45	173,62	26,25	104,89
Heli Deck Transverse	190x7+100x12	25,3	308,7	14,14	19,671	44,80	881,27	26,28	516,96
3 rd Pass Girder	190x9+100x12	29,1	324,4	18,18	3,996	43,45	173,62	23,45	93,70
3 rd Pass Transverse	190x7+100x12	25,3	308,7	14,14	19,140	44,80	857,45	23,48	449,40
2 nd Pass Girder	340x9+120x12	45,0	732,4	31,68	9,547	43,24	412,83	20,65	197,15
2 nd Pass Transverse	340x7+100x10	33,8	543,6	14,50	26,280	43,20	1135,30	20,68	543,47
1 st Pass Girder	340x9+120x12	45,0	732,4	31,68	9,065	46,65	422,89	17,82	161,54
1 st Pass Transverse	340x7+100x10	33,8	543,6	14,50	30,542	48,00	1466,00	17,87	545,78
2 nd Car Girder	400x9+200x12	72,0	1256,8	37,08	15,400	41,28	635,72	15,02	231,31
2 nd Car Transverse	400x8+150x10	50,0	893,4	32,80	43,079	45,60	1964,39	15,07	649,20
Hoistable Girder	400x12+200x12	72,0	1338,3	49,44	7,679	59,64	457,96	12,22	93,83
Hoistable Transverse	400x8+150x10	50,0	893,4	32,80	17,352	59,64	1034,85	12,27	212,90
1 st Car Transverse	740x10+200x20	114,0	3801,0	76,00	62,574	43,20	2703,18	9,47	592,57
Platform Girder	400x12+200x12	72,0	1439,6	49,44	9,738	59,64	580,77	12,22	119,00
Platform Transverse	400x8+150x10	50,0	953,1	32,80	24,743	59,64	1475,66	12,27	303,59
Side Frame DB – 1 st Car	600x7+150x12	60,0	1883,7	42,84	38,204	46,80	1787,95	5,90	225,40
Side Frame 1 st Car – 2 nd Car	400x8+150x10	47,0	1025,0	32,8	17,050	46,80	797,94	12,37	210,91
Side Frame 2 nd Car – 2 nd Pass	340x7+100x10	33,8	612,8	24,50	12,262	45,60	559,15	17,97	220,35
Side Frame 2 nd Pass – Weather Deck	190x7+100x12	25,3	330,7	14,14	8,506	43,35	368,74	23,57	200,49

Από τον παραπάνω πίνακα υπολογίζουμε το συνολικό βάρος των webs και των girders καθώς και το κέντρο βάρους τους.

$W_{\text{webs\&girders}}$ [t]	LCG [m]	VCG [m]
378,82	47,22	14,97

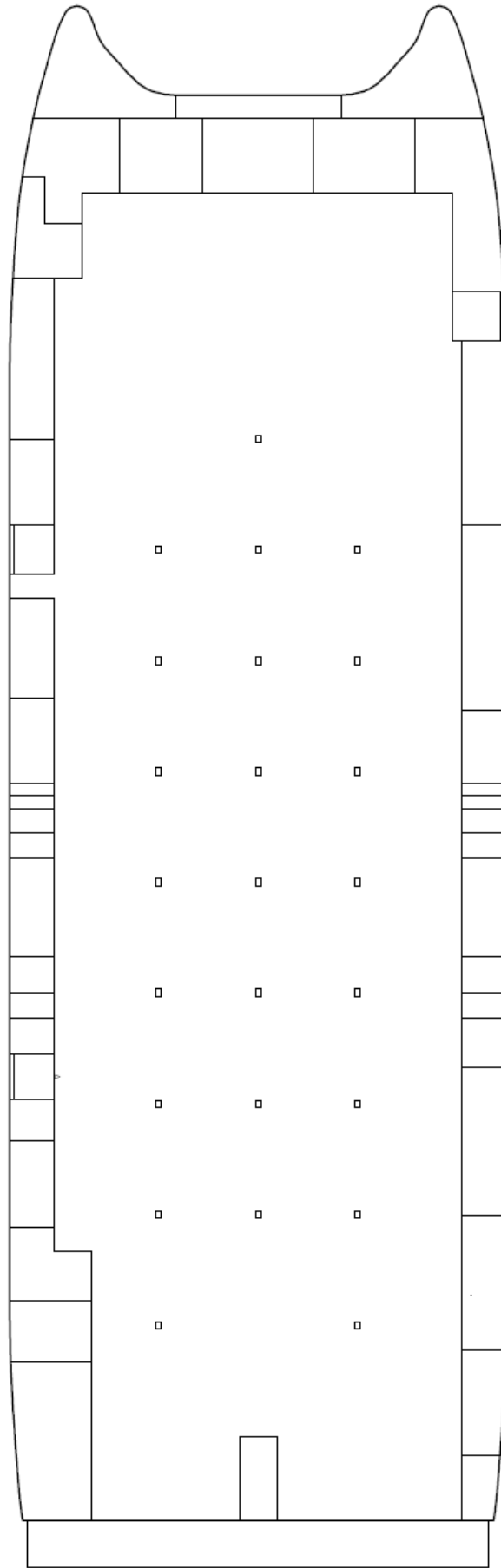
Pillars

Η κεντρική σειρά pillars τοποθετήθηκε στο διαμήκη άξονα συμμετρίας του First Car Deck και ανά 3 web frames (7,2m). Για τα pillars αυτά αφέθηκε χώρος 50cm ανάμεσα στα lanes των φορτηγών. Οι άλλες δύο σειρές pillars τοποθετήθηκαν σε απόσταση 6,45m εκατέρωθεν του διαμήκους άξονα συμμετρίας. Και αυτά τα pillars τοποθετήθηκαν ανά 3 web frames ενώ αφέθηκε χώρος 40cm για τη κάθε σειρά ανάμεσα στα lanes φορτηγών. Στο πρωαίο μέρος του καταστρώματος έχουν αφαιρεθεί κάποια pillars έτσι ώστε να διευκολύνεται η αναστροφή των φορτηγών κατά την είσοδο και έξοδο τους. Τα pillars του πρώτου καταστρώματος επιβατών αποτελούν συνέχεια των pillars των καταστρωμάτων οχημάτων. Στο κατάστρωμα αυτό, όμως, υπάρχουν λιγότερα pillars καθώς η στήριξη των girders και των υπερκείμενων καταστρωμάτων γίνεται και με μεταλλικά στοιχεία (φρακτές). Η ισαπόσταση τους κατά το εγκάρσιο και ο αριθμός τους κατά το διάμηκες λήφθηκαν έτσι ώστε να μειωθεί κατά το δυνατόν το ανυποστήρικτο μήκος των girders και των webs και κατ' επέκταση η απαιτούμενη ροπή αντίστασης. Στο **Σχήμα 4.3** φαίνεται η διάταξη των pillars στο First Car Deck.

Για τα pillars επιλέγουμε μεταλλικούς σωλήνες εξωτερικής διαμέτρου 21,9cm (τυποποιημένη κατασκευαστική διάσταση 8,625 ιντσών με πάχος 7,11mm) στο First Car Deck και 16,83cm (τυποποιημένη κατασκευαστική διάσταση 6,625 ιντσών με πάχος 8,18mm) στο Second Car Deck και στο First Passenger Deck. Έχοντας επιλέξει τις διαστάσεις των pillars και γνωρίζοντας τον αριθμό τους, μπορούμε να υπολογίσουμε το βάρος τους. Το κέντρο βάρους τους επιλέγεται περίπου στο μέσο του πλοίου.

Τελικά:

W_{pillars} [t]	LCG [m]	VCG [m]
25,01	35,00	13,00



Σχήμα 4.3: Διάταξη Pillars First Car Deck

Floors

Τα floors (έδρες) τοποθετούνται στο διπύθμενο κάθε 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 με το πάχος των side frames που ξεκινάνε από το ύψος του διπύθμενου (7mm). 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. Ακολούθως, από το Σχέδιο Μέσης τομής υπολογίστηκε το VCG ενώ από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης το LCG. Για τις έδρες του Wet Deck επιλέχθηκε πάχος ελάσματος 5mm και ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία για τη μέτρηση του βάρους και τον υπολογισμό του κέντρου βάρους.

Συνολικά, προέκυψε και για τις δύο κατηγορίες εδρών:

$W_{\text{floors}}[\text{t}]$	LCG [m]	VCG [m]
53,04	45,20	3,63

Bulkheads

Οι φρακτές (bulkheads) είναι τα μεταλλικά χωρίσματα που βρίσκονται είτε στο κύτος κάτω από το First Car Deck (bulkhead deck) είτε στις υπερκατασκευές πάνω από το First Car Deck.

Below Bulkhead Deck

Οι φρακτές που βρίσκονται κάτω από το First Passenger Deck είναι εγκάρσιες υδατοστεγείς φρακτές και περιλαμβάνουν την Collision Bulkhead, τις φρακτές του μηχανοστασίου και άλλες 6 εγκάρσιες φρακτές, οι οποίες χωρίζουν το κύτος του πλοίου σε 10 διαμερίσματα (σε κάθε ημιγάστρα). Επιλέγεται να έχουν πάχος 7mm, όσο είναι και το πάχος των 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) το κέντρο βάρους τους. Τελικώς, έχουμε:

$W_{\text{BH below}}[\text{t}]$	LCG [m]	VCG [m]
108,96	47,88	4,04

Above Bulkhead Deck

Οι φρακτές που βρίσκονται πάνω από το Πρώτο Κατάστρωμα Οχημάτων τοποθετούνται για την οριοθέτηση κάποιων κυρίων χώρων, όπως τα κλιμακοστάσια, οι ανελκυστήρες, οι τουαλέτες, τα casings και τα δωμάτια του Air-Condition. Επίσης, ως φρακτές θεωρούνται η προέκταση της φρακτής σύγκρουσης στα καταστρώματα οχημάτων καθώς και η φρακτή πυρασφάλειας (Fire Bulkhead). Τέλος, έχει επιλεγθεί η τοποθέτηση φρακτών σε κάποιους χώρους επιβατών για τη στήριξη των girders και τη μείωση του ανυποστήρικτου μήκους τους. Τα χωρίσματα των χώρων άνωθεν του First Car Deck που δεν είναι μεταλλικά υπολογίζονται μέσω του βάρους εξοπλισμού και ενδιαίτησης. Για τις φρακτές επιλέγεται πάχος 4mm, ενώ η θέση τους φαίνεται στο σχέδιο Profile&Decks που επισυνάπτεται στο παράρτημα "Γ". Για τη μέτρηση του βάρους τους μετράται το μήκος τους μέσω του παραπάνω σχεδίου και μέσω του ύψους και του πάχους τους υπολογίζεται ο όγκος τους και το κέντρο βάρους τους. Με γνωστό το ειδικό βάρος του χάλυβα υπολογίζουμε τελικώς:

$W_{BH\ above}$ [t]	LCG [m]	VCG [m]
140,65	48,68	19,73

Brackets & Others

Το βάρος των μπρακέτων που χρησιμοποιούνται για την ένωση των pillars με τα web και τα girder θεωρείται ως το 3% του βάρους των webs και των girders. Επίσης, έχουμε ένα βάρος της τάξης του 7% του βάρους των webs και των girders, για τυχόν μεταλλικά στοιχεία που δεν έχουν υπολογιστεί. Το κέντρο βάρους λήφθηκε ίδιο με τα webs & girders. Και για τις δύο αυτές κατηγορίες έχουμε:

$W_{brackets \& \ Others}$ [t]	LCG [m]	VCG [m]
31,09	47,22	14,97

4.3. Συνολικό βάρος

Τα βάρη που υπολογίστηκαν παραπάνω παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.4: Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής

	Weight (t)	LCG (m)	VCG (m)
Ελάσματα & Δευτερεύοντα Διαμήκη Ενισχυτικά	1560,25	47,39	9,74
Webs & Girders	378,82	47,22	14,97
Brackets&Others	31,09	47,22	14,97
Pillars	25,01	35,00	13,00
Floors	53,04	45,20	3,63
Bulkheads Below	108,96	47,88	4,04
Bulkheads Above	140,65	48,68	19,73
Σύνολο	2297,81	47,26	10,91

Έτσι, τελικώς:

W_{ST} [t]	LCG [m]	VCG [m]
2297,81	47,26	10,91

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 σε προηγούμενο κεφάλαιο. Για τον υπολογισμό των επιμέρους κατηγοριών που απαρτίζουν τα W_{OT} , W_{ACC} και W_M θα βασιστούμε 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 κάθε βάρους μετρήθηκε από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης. Το καθ' ύψος κέντρο βάρους VCG για κάθε μηχανήμα/βάρος, για το οποίο δεν υπάρχουν αναλυτικά στοιχεία, υπολογίστηκε στο 1/3 του ύψους του καταστρώματος που βρίσκεται. Παρακάτω, αναλύονται οι τρεις κατηγορίες βαρών που απαρτίζουν το LS.

5.1. Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής (W_{st})

Παρακάτω παρουσιάζονται οι επιμέρους κατηγορίες βαρών, όπως αυτές υπολογίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Πίνακας 5.1: Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής

	Weight (t)	LCG (m)	VCG (m)
Ελάσματα & Δευτερεύοντα Διαμήκη Ενισχυτικά	1560,25	47,39	9,74
Webs & Girders	378,82	47,22	14,97
Brackets&Others	31,09	47,22	14,97
Pillars	25,01	35,00	13,00
Floors	53,04	45,20	3,63
Bulkheads Below	108,96	47,88	4,04
Bulkheads Above	140,65	48,68	19,73
Σύνολο	2297,81	47,26	10,91

Τελικώς έχουμε:

W_{ST} [t]	LCG [m]	VCG [m]
2297,81	47,26	10,91

5.2. Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης (W_M)

Η μηχανολογική εγκατάσταση του πλοίου θεωρείται ότι αποτελείται από τις κύριες μηχανές, τους μειωτήρες, τους άξονες, τις προπέλες, τις ηλεκτρογεννήτριες και τα λοιπά βοηθητικά μηχανήματα. Οι μαθηματικοί τύποι που χρησιμοποιούνται παρακάτω αναφέρονται στη διδακτορική διατριβή που αναφέραμε παραπάνω (Σκούπας 2011).

Κύρια Προωστήρια Εγκατάσταση

Όπως θα παρουσιαστεί αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο, έχουμε επιλέξει δύο κύριες μηχανές MAN 16V32/40 (MAN Diesel & turbo 2013a) συνολικής ισχύος 16000 kW και συνολικού βάρους 154 t. Το κέντρο βάρους τους υπολογίζεται από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης και το σχέδιο της κύριας μηχανής, το οποίο λάβαμε από τον κατασκευαστή.

$W_{M.E.}$ [t]	LCG [m]	VCG [m]
154,00	39,00	4,08

Μειωτήρας

Όπως θα παρουσιαστεί αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο, έχουμε επιλέξει δύο μειωτήρες Reintjes VU6841 (REINTJES 2010) συνολικού βάρους 9,8 t. Το κέντρο βάρους τους υπολογίζεται από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης και το σχέδιο των μειωτήρων, το οποίο λάβαμε από τον κατασκευαστή.

W_G [t]	LCG [m]	VCG [m]
9,80	33,00	2,80

Άξονας

Για μήκος άξονα L_{SH} 30m, όπως μετρείται από το GA, και $SHP = 90\%BHP = 7200kW$ έχουμε:

$$W_{SH} = (0,096 * SHP - 33,79) * L_{SH} = 19,77t \quad 5.1$$

Για το συνολικό βάρος των δύο αξόνων έχουμε:

W_{SH} [t]	LCG [m]	VCG [m]
39,54	18,00	1,70

Έλικα

Για τη διάμετρο της έλικας, όπως θα φανεί και σε επόμενο κεφάλαιο, έχουμε επιλέξει $D_{PR} = 2,8m$, η οποία είναι και η μέγιστη δυνατή βάση του σχεδίου των γραμμών του πλοίου. Έτσι, έχουμε:

$$W_{PR} = (0,127 * D_{PR})^{2,852} = 2,4t \quad 5.2$$

Για το συνολικό βάρος των 2 ελίκων έχουμε:

W_{PR} [t]	LCG [m]	VCG [m]
4,80	2,50	1,48

Κύρια Ηλεκτρογεννήτρια

Η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς του πλοίου υπολογίζεται ως εξής, για τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ $P_{ME} = 16000kW$:

$$P_{EL} = 0,175 * P_{ME}^{0,831} = 545,33kW \quad 5.3$$

Στο υπό μελέτη πλοίο έχουν τοποθετηθεί 3 ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, το καθένα εκ των οποίων μπορεί να καλύψει την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ του πλοίου. Επιλέγουμε το μοντέλο 6L16/24 της εταιρείας MAN (MAN Diesel & turbo 2013b), το

οποίο αποδίδει ηλεκτρική ισχύ 625kW στις 1200RPM και έχει βάρος 10,5t. Τα κύρια χαρακτηριστικά του μοντέλου αυτού φαίνονται στο Παράρτημα 'Ε'.

Για τα 3 ζεύγη συνολικά έχουμε:

W_{EL} [t]	LCG [m]	VCG [m]
31,5	22,00	6,93

Βοηθητικά Μηχανήματα

Το βάρος των βοηθητικών μηχανημάτων (Machinery) υπολογίζεται ως συνάρτηση της συνολικής ισχύος της κύριας προωστήριας εγκατάστασης και των ηλεκτρογεννητριών:

$$W_{AM} = 0,002 * (P_{ME} + P_{EL}) = 33,09t \quad 5.4$$

W_{AM} [t]	LCG [m]	VCG [m]
33,09	52,00	7,30

Ηλεκτρογεννήτρια Εκτάκτου Ανάγκης

Η ισχύς της ηλεκτρογεννήτριας εκτάκτου ανάγκης (Emergency Generator) θεωρείται ίση με τη μισή ισχύ των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών, όπως αυτή παρουσιάστηκε σε προηγούμενη παράγραφο.

$$P_{EG} = 0,5 * P_{EL} = 272,67kW \quad 5.5$$

Για την ηλεκτρογεννήτρια εκτάκτου ανάγκης επιλέγουμε το μοντέλο 5L16/24 της εταιρείας MAN (MAN Diesel & turbo 2013b), το οποίο αποδίδει ηλεκτρική ισχύ 430kW στις 1000RPM και έχει βάρος 9,5t. Τα κύρια χαρακτηριστικά του μοντέλου αυτού φαίνονται στο Παράρτημα 'Ε'.

W_{AM} [t]	LCG [m]	VCG [m]
9,5	6,70	16,10

Total W_m

Τα επιμέρους στοιχεία που απαρτίζουν το βάρος μηχανολογικής εγκατάστασης παρουσιάζονται συνολικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.2: Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης

	W (t)	LCG (m)	VCG (m)
Main Engine	154,00	39,00	4,08
Gearbox	9,80	33,00	2,80
Shaft	39,54	18,00	1,70
Propeller	4,80	2,50	1,48
Generator	31,5	22,00	6,93
Machinery	33,09	40,00	7,30
Em. Generator	9,5	6,70	16,10
Σύνολο	282,23	35,09	4,18

Στο συνολικό βάρος γίνεται μια προσαύξηση 5% για τυχόν μηχανήματα που δεν συμπεριλήφθησαν στους υπολογισμούς. Τελικώς:

W_{ST} [t]	LCG [m]	VCG [m]
296,32	35,09	4,18

5.3. Βάρος Εξοπλισμού (W_{OT})

Το βάρος εξοπλισμού W_{OT} περιλαμβάνει το βάρος εξαρτισμού, το βάρος των bow thrusters, το βάρος της κύριας μονάδας κλιματισμού καθώς και το βάρος του ηλεκτρικού δικτύου και του δικτύου σωληνώσεων.

Βάρος Εξαρτισμού

Ο δείκτης εξαρτισμού (Equipment Number) περιλαμβάνει τα συστήματα αγκυροβόλησης, πρόσδεσης και ρυμούλκησης του πλοίου. Ο υπολογισμός του γίνεται σε επόμενο κεφάλαιο, όπου υπολογίζεται $EN = 1794,7$. Για το βάρος των παραπάνω συστημάτων έχουμε:

$$W_{EN} = 6,549 * 10^{-2} * EN + 4.101 = 6,549 * 10^{-2} * 1794,7 + 4.101 = 121,64t \quad 5.6$$

Για τη διαμήκη θέση του κέντρου βάρους θεωρούμε πως βρίσκεται λίγο πλώραθεν από το μέσο του πλοίου, καθώς οι άγκυρες, οι οποίες καταλαμβάνουν ένα μεγάλο κομμάτι του βάρους αυτού, βρίσκονται στην πλώρη του πλοίου. Όσον αφορά την κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους θεωρούμε πως βρίσκεται στο δεύτερο κατάστρωμα οχημάτων καθώς εκεί έχουν τοποθετηθεί τα συστήματα πρόσδεσης, αγκυροβολίας και ρυμούλκησης. Τελικά προκύπτει:

W_{EN} [t]	LCG [m]	VCG [m]
121,64	63,00	16,10

Bow thrusters

Στο υπό μελέτη πλοίο επιλέγεται να χρησιμοποιηθούν 2 bow thrusters, ένα σε κάθε γάστρα, ώστε να έχει αυξημένες ικανότητες ελιγμών. Η ισχύς P και το βάρος τους W υπολογίζεται από τους παρακάτω τύπους.

$$P_{BTH} = \max \left\{ 350, \frac{L_{BP}}{0,2} \right\} = \max \left\{ 350, \frac{91,72}{0,2} \right\} = 5.7$$

$$= \max \{ 350, 458,6 \} = 458,6 kW$$

$$W_{BTH} = 2,2 * 10^{-3} * P_{BTH}^{1,131} = 2,2 * 458,6 * 10^{-3} = 2,25t \quad 5.8$$

Το κέντρο βάρους των bow thrusters λαμβάνεται από το σχέδιο γενικής διάταξης, στο οποίο φαίνεται η θέση που έχουν τοποθετηθεί.

W_{BTH} [t]	LCG [m]	VCG [m]
2,25	83,65	2,73

Κεντρική μονάδα κλιματισμού

Η κεντρική μονάδα κλιματισμού τοποθετείται συνήθως στο ανώτερο κατάστρωμα και αποτελείται από τρεις ανεξάρτητες υπομονάδες: τη μονάδα κλιματισμού ιδιωτικών χώρων (καμπίνες), τη μονάδα κοινόχρηστων χώρων, και τη μονάδα χώρων όπου εργάζεται το πλήρωμα. Στο υπό μελέτη πλοίο έχει τοποθετηθεί μια

υπομονάδα στο Τρίτο Κατάστρωμα Επιβατών και άλλες δύο στο Weather Deck. Παρακάτω, παρουσιάζεται για κάθε έναν από τους παραπάνω χώρους και σύμφωνα με το επίπεδο άνεσης η παροχή αέρα ανά άτομο σε lt/s (Σκούπας 2011):

Πίνακας 5.3: Παροχή Αέρα ανά Χώρο και Επίπεδο Άνεσης

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

Το βάρος της κάθε υποομάδας ως συνάρτηση της παροχής αέρα υπολογίζεται από τους παρακάτω τύπους.

$$\text{Χώροι Καμπινών:} \quad W_A = 0,000434 * F_A + 0,946 \quad 5.9$$

$$\text{Δημόσιοι Χώροι:} \quad W_B = 0,000399 * F_B + 0,824 \quad 5.10$$

$$\text{Χώροι Εργασίας Πληρώματος:} \quad W_C = 0,000208 * F_C + 0,507 \quad 5.11$$

Στους παραπάνω τύπους F_A , F_B , F_C είναι η συνολική απαιτούμενη παροχή αέρα ανάλογα με το χώρο του πλοίου, το επίπεδο άνεσης και το σύνολο των επιβατών που βρίσκονται στον εκάστοτε χώρο. Επιλέγουμε επίπεδο άνεσης “2” (το 1 είναι το μέγιστο) για όλους τους χώρους και, έτσι, ύστερα από καταμέτρηση του μέγιστου αριθμού ανθρώπων κάθε κατηγορίας και με εφαρμογή των παραπάνω τύπων, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 5.4: Βάρη Υποομάδων Κλιματισμού

Περιοχή	Μέγιστος Αριθμός Επιβατών	Επίπεδο άνεσης	Παροχή αέρα ανά άτομο (lt/s)	Παροχή αέρα F (lt/s)	Βάρος (t)
Χώροι Καμπινιών	96	2	10	960	1,36
Δημόσιοι Χώροι	1317	2	10	13170	6,08
Χώροι εργασίας πληρώματος	66	2	10	650	0,64

Έτσι, για το συνολικό βάρος της μονάδας κλιματισμού θα έχουμε:

$$W_{HVAC} = W_A + W_B + W_C = 1,36 + 6,08 + 0,64 = 8,08t \quad 5.12$$

W_{HVAC} [t]	LCG [m]	VCG [m]
8,08	42,50	26,00

Βάρος Δικτύου Σωληνώσεων

Το βάρος του δικτύου σωληνώσεων εκτιμάται προσεγγιστικά μέσω συντελεστών βάρους επί τη συνολική επιφάνεια των ενδιαιτήσεων (A_{ACC}) και των χώρων μεταφοράς οχημάτων (A_{GAR}):

$$W_{PP} = 0,03 * A_{ACC} + 0,02 * A_{GAR} [t] \quad 5.13$$

Από το σχέδιο γενικής διάταξης μετράμε την επιφάνεια κάθε καταστρώματος καθώς και το κέντρο επιφανείας του. Έτσι, έχουμε:

Πίνακας 5.5: Εμβαδό Καταστρωμάτων

Καταστρώματα Επιβατών	Κατάστρωμα	Εμβαδόν [m ²]	LCG [m ²]	Διαμήκης ροπή επιφανείας	VCG [m ²]	Κατακόρυφη ροπή επιφανείας
	1	2883	50	144150	19,37	55843,71
	2	1685	60	101100	22,17	37356,45
	3	1510	60	90600	24,97	37704,7
	Σ	6078	55,26	335850	21,53	130904,86
Καταστρώματα Οχημάτων	Κατάστρωμα	Εμβαδόν [m ²]	LCG [m ²]	Διαμήκης ροπή επιφανείας	VCG [m ²]	Κατακόρυφη ροπή επιφανείας
	1	2982	43,24	128941,68	10,97	32712,54
	2	2960	43,02	127339,20	16,57	49047,20
	Hoistable	1095	61,60	67452,00	13,77	15078,15
	Σ	5942	54,48	323732,88	16,30	96837,89

Άρα, το βάρος των σωληνώσεων υπολογίζεται ως εξής:

$$W_{PP} = 0,03 * A_{ACC} + 0,02 * A_{GAR} [t] = 0,03 * 6078 + 0,02 * 5942 = 301,18 t \quad 5.14$$

Το κέντρο βάρους παρουσιάζεται στον παραπάνω πίνακα.

W_{PP} [t]	LCG [m]	VCG [m]
301,18	49,20	17,69

Βάρος Ηλεκτρικού δικτύου

Το βάρος των του ηλεκτρικού δικτύου υπολογίζεται και αυτό βάσει του εμβαδού των καταστρωμάτων, το οποίο υπολογίστηκε παραπάνω.

$$W_{EL} = 0,02 * A_{ACC} + 0,01 * A_{GAR} = 0,02 * 6078 + 0,01 * 5942 = 180,98 t \quad 5.15$$

Στο βάρος αυτό γίνεται μια μείωση της τάξης του 10%, καθώς κρίθηκε ότι δεν είναι ρεαλιστικό για το ηλεκτρικό δίκτυο του υπό μελέτη πλοίου. Τελικώς:

W_{EL} [t]	LCG [m]	VCG [m]
158,00	49,20	17,69

Total W_{OT}

Παρακάτω, παρουσιάζονται τα βάρη που συνθέτουν το βάρος εξοπλισμού, όπως αυτά υπολογίστηκαν παραπάνω.

Πίνακας 5.6: Βάρη Εξοπλισμού

Κατηγορία	Βάρος [t]	LCG [m]	ML [tm]	VCG [m]	MT [tm]
W_{EN}	121,64	63,00	7663,32	16,10	1958,40
W_{BTH}	2,25	83,65	188,21	2,73	6,14
W_{HVAC}	8,08	42,50	343,40	26,00	210,08
W_{PP}	301,18	49,20	14818,06	17,69	5327,87
W_{EL}	158,00	49,20	8904,22	17,69	3201,54
Σύνολο	591,15	51,97		17,43	

Στο βάρος εξοπλισμού θα γίνει μια προσαύξηση 5% για περιθώριο λάθους, οπότε:

W_{OT} [t]	LCG [m]	VCG [m]
620,71	51,97	17,43

5.4. Βάρος Ενδιαίτησης (W_{acc})

Το βάρος ενδιαίτησης W_{ACC} περιλαμβάνει τα βάρη του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στα σαλόνια αναμονής επιβατών, στις καμπίνες και γενικά σε όλους τους χώρους που ενδιαιτώνται το πλήρωμα και οι επιβάτες. Στα βάρη αυτά συμπεριλαμβάνονται τα βάρη των μονώσεων των υποστρωμάτων των καταστρωμάτων, ο εξοπλισμός των κοινόχρηστων χώρων, τα έπιπλα των καμπινών, τα οριζόντια και κατακόρυφα panels, οι ανελκυστήρες, οι κυλιόμενες κλίμακες κ.α. Για τα παραπάνω βάρη φαίνονται στον **Πίνακα 5.7** ανά κατηγορία οι μέγιστοι και οι ελάχιστοι (ανάλογα με το επίπεδο ενδιαίτησης) συντελεστές των βαρών τους.

Πίνακας 5.7: Συντελεστές Βαρών Χώρων Ενδιαίτησης

Περιοχή*	Συντελεστής βάρους (t/m ²)	
	Ελάχιστο w_i^{\min}	Μέγιστο w_i^{\max}
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	0,0430

*Να σημειωθεί πως νοείται ως ο συνολικός χώρος που φέρει τη συγκεκριμένη ιδιότητα. Για παράδειγμα, η περιοχή των καμπινών πληρώματος περιλαμβάνει εκτός από τις καμπίνες, τους διαδρόμους και την αίθουσα αναψυχής.

Παρακάτω, φαίνονται και τα βάρη των κυλιόμενων κλιμάκων (escalators) και των ανελκυστήρων επιβατών (passenger lifts).

Πίνακας 5.8: Συντελεστές Βαρών Κυλιόμενων Κλιμάκων και Ανελκυστήρων

Είδος	Συντελεστής Βάρους
Κυλιόμενες Κλίμακες (κλίση 35°)	1,18 t/m (κατακόρυφης απόστασης)
Ανελκυστήρες Επιβατών (καμπίνα 1,8m*1,3m, βάρος ανύψωσης 680 kg), ΠΔ 314/2001	910 kg /lift

Το συνολικό βάρος ενδιαίτησης προσδιορίζεται από το γινόμενο των επιμέρους συντελεστών επί την επιφάνεια που καταλαμβάνει η εκάστοτε περιοχή.

Έτσι, θα έχουμε:

$$W_{Acc} = \sum_i w_i^w * A_i + W_{escalator} + W_{elevator} \quad 5.16$$

Όπου w_i ο σταθμισμένος ως προς το επίπεδο ποιότητας ενδιαίτησης k συντελεστής της περιοχής i , ο οποίος ισούται με:

$$w_i^w = w_i^{\min} + k * (w_i^{\max} - w_i^{\min}), k \in [0,1]$$

5.17

Επιλέγουμε μέσο επίπεδο ενδιαίτησης και άρα $k=0,5$. Παρακάτω, παρουσιάζονται οι σταθμισμένοι συντελεστές βαρών για κάθε περιοχή καθώς και το συνολικό εμβαδό της κάθε περιοχής στο σύνολο των καταστρωμάτων.

Πίνακας 5.9: Συντελεστές Βαρών Χώρων Ενδιαίτησης

Περιοχή	k (0-1)	Σταθμισμένος συντελεστής βάρους [t/m ²]	Εμβαδόν περιοχής [m ²]
Καμπίνες επιβατών τετράκλινες	0,5	0,06875	302,40
Καμπίνες επιβατών δίκλινες	0,5	0,07115	109,44
Καθίσματα αεροπορικού τύπου	0,5	0,0722	459,94
Καμπίνες αξιωματικών	0,5	0,068	337,00
Καμπίνες κατώτερου πληρώματος	0,5	0,04725	680,00
Κοινόχρηστοι χώροι υγιεινής εσωτερικοί	0,5	0,04905	287,37
Κοινόχρηστοι χώροι υγιεινής εξωτερικοί	0,5	0,03315	34,56
Χώροι αναμονής (σαλόνια)	0,5	0,0303	2242,00
Self service	0,5	0,05945	375,60
Χώρος υποδοχής	0,5	0,04725	407,30
Καταστήματα	0,5	0,04095	17,53

Για τον υπολογισμό του βάρους κάθε κατηγορίας χώρων ενδιαίτησης θα γίνει η μέτρηση του εμβαδού του ξεχωριστά σε κάθε κατάστρωμα. Επίσης, σε κάθε κατάστρωμα θα μετρηθεί το κέντρο επιφανείας κάθε χώρου από όπου θα προκύψει το κέντρο βάρους της αντίστοιχης κατηγορίας βαρών. Έτσι, προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες όπου υπολογίζονται τα παραπάνω βάρη αναλυτικά σε κάθε κατάστρωμα μαζί με το κέντρο βάρους τους.

Πίνακας 5.10: Βάρη Ενδιαίτησης 1st Passenger Deck

1 ^ο Κατάστρωμα Ενδιαίτησης							
Περιοχή Χώρων	Συντελεστής Βάρους [t/m ²]	Εμβαδόν Περιοχής [m ²]	ΒΑΡΟΣ [t]	LCG [m]	M _L [tm]	VCG [m]	M _T [tm]
Αεροπορικές θέσεις	0,0722	228,86	16,52	28,85	476,72	18,90	312,36
Εσωτερικές Τουαλέτες	1	0,04905	0,80	14,00	11,26	18,90	15,21
	2	0,04905	0,80	14,00	11,26	18,90	15,21
	3	0,04905	49,08	2,41	37,98	18,90	45,51
	4	0,04905	26,00	1,28	70,80	90,29	24,11
	5	0,04905	26,00	1,28	70,80	90,29	18,90
Σαλόνια αναμονής	0,0303	1391,92	42,18	47,39	1998,68	18,90	797,25
Self Service	0,05945	314,54	18,70	55,32	1034,46	18,90	353,48
Χώρος υποδοχής	0,04725	272,64	12,88	29,03	373,97	18,90	243,52
Καταστήματα	1	0,04095	34,56	1,42	13,59	18,90	26,75
	2	0,04095	95,41	3,91	129,19	18,90	73,86
	3	0,04095	40,30	1,65	117,50	18,90	31,20
	4	0,04095	64,42	2,64	64,06	168,99	18,90
ΣΥΝΟΛΟ	-	-	106,46	43,28	4607,64	18,90	2012,41

Πίνακας 5.1.1: Βάρη Ενδιάιτησης 2nd Passenger Deck

2 ^ο Κατάστρωμα Ενδιάιτησης								
Περιοχή Χώρων	Συντελεστής Βάρους [t/m ²]	Εμβαδόν Περιοχής [m ²]	ΒΑΡΟΣ [t]	LCG [m]	M _L [tm]	VCG [m]	M _T [tm]	
Καμπίνες Τετράκλινες	1	0,06875	151,20	47,60	494,80	21,70	225,60	
	2	0,06875	151,20	47,60	494,80	21,70	225,60	
Καμπίνες Δίκλινες	1	0,07115	80,64	39,20	224,91	21,70	124,52	
	2	0,07115	28,80	52,40	107,37	21,70	44,47	
Αεροπορικές θέσεις								
Εσωτερικές τουαλέτες	1	0,04905	16,12	29,60	23,40	21,70	17,16	
	2	0,04905	16,12	29,60	23,40	21,70	17,16	
	3	0,04905	25,92	58,00	73,74	21,70	27,59	
	4	0,04905	25,92	58,00	73,74	21,70	27,59	
Εξωτερικές τουαλέτες	1	0,03315	17,28	13,60	7,79	21,70	12,43	
	2	0,03315	17,28	13,60	7,79	21,70	12,43	
Σαλόνια αναμονής								
Καταστήματα	1	0,04095	32,40	9,30	12,34	21,70	28,80	
	2	0,04095	51,70	71,88	152,17	21,70	45,95	
ΣΥΝΟΛΟ			-	47,24	3384,56	21,70	1555,03	

Πίνακας 5.12: Βάρη Ενδιαίτησης 3rd Passenger Deck

3 ^ο Κατάστρωμα Ενδιαίτησης									
Περιοχή Χώρων	Συντελεστής Βάρους [t/m ²]	Εμβαδόν Περιοχής [m ²]	ΒΑΡΟΣ [t]	LCG [m]	M _L [tm]	VCG [m]	M _T [tm]		
Καμπίνες Αξιοματικών	0,068	440,20	29,93	74,40	2227,06	24,50	733,47		
Καμπίνες κατώτερου πληρώματος	0,04725	539,60	25,50	45,37	1156,72	24,50	624,74		
Εσωτερικές	0,04905	23,50	1,15	15,60	17,98	24,50	28,24		
Τουαλέτες	0,04905	23,50	1,15	15,60	17,98	24,50	28,24		
ΣΥΝΟΛΟ			57,75	59,67	3445,54	24,50	1414,97		

Πίνακας 5.13: Βάρος κυλιόμενων κλιμάκων και ανελκυστήρων

Άλλα Βάρη									
Είδος	No	ΒΑΡΟΣ [t]	LCG [m]	M _L [tm]	VCG [m]	M _T [tm]			
Κυλιόμενες Κλίμακες	-	9,91	6,81	67,54	12,43	123,23			
	1	0,91	28,80	26,21	15,17	13,80			
	2	0,91	59,90	54,51	17,97	16,35			
	3	0,91	75,20	68,43	15,17	13,80			
	4	0,91	67,00	60,97	22,17	20,17			
Ανελκυστήρες	5	0,91	14,50	13,20	22,17	20,17			
	-	14,46	20,11	290,85	14,35	207,54			
ΣΥΝΟΛΟ									

Συνολικά για το βάρος ενδιαίτησης θα έχουμε:

Πίνακας 5.14: Συνολικό Βάρος Ενδιαίτησης

	ΒΑΡΟΣ [t]	LCG [m]	M_L [tm]	VCG [m]	M_T [tm]
W_{1stPass}	106,46	43,28	4607,64	18,90	2012,41
W_{2ndPass}	71,65	47,24	3384,56	21,70	1555,03
W_{3rdPass}	57,75	59,67	3445,54	24,50	1414,97
W_{Other}	14,46	20,11	290,85	14,35	207,54
Σύνολο	250,32	46,85	11728,59	20,73	5189,95

Στο βάρος ενδιαίτησης θα γίνει μια προσαύξηση 5% για περιθώριο λάθους ή για στοιχεία που δεν υπολογίστηκαν, οπότε θα έχουμε τελικά:

W_{ACC} [t]	LCG [m]	VCG [m]
262,83	46,86	20,73

5.5. Βάρος Κενού Σκάφους (W_{LS})

Στον παρακάτω **Πίνακα 5.15** παρουσιάζονται οι τέσσερις κατηγορίες βαρών, όπως υπολογίστηκαν παραπάνω, καθώς και το κέντρο βάρους τους. Οι τέσσερις κατηγορίες είναι η μεταλλική κατασκευή (W_{ST}), η μηχανολογική εγκατάσταση (W_M), ο εξοπλισμός (W_{OT}) και η ενδιαίτηση (W_{ACC}). Να σημειωθεί πως έχει γίνει προσαύξηση 5% σε όλες της κατηγορίες πλην της μεταλλικής κατασκευής.

Πίνακας 5.15: Συνολικό Βάρος Κενού Σκάφους

	MACHINERY	OT	STEEL	ACC
WEIGHT (t)	296,32	620,71	2297,81	262,83
LCG (m)	35,09	51,97	47,26	46,86
VCG (m)	4,18	17,48	10,91	20,73

Έτσι, υπολογίζεται το τελικό βάρος του άφορτου σκάφους:

W_{LS} [t]	LCG [m]	VCG [m]
3478,71	47,15	12,34

6. ΑΝΑΛΥΣΗ DWT

Για τον υπολογισμό του πρόσθετου βάρους του πλοίου (Deadweight) και κατ' επέκταση τον υπολογισμό του Payload θα πρέπει να αναλύσουμε το πρόσθετο βάρος σε επιμέρους κατηγορίες. Βασική παράμετρο αποτελεί η ακτίνα ενέργειας του πλοίου βάσει της οποίας υπολογίζονται τα επιμέρους βάρη των αναλωσίμων. Οι επιμέρους ομάδες που απαρτίζουν το πρόσθετο βάρος του σκάφους φαίνονται παρακάτω:

Πίνακας 6.1: Κατηγορίες Deadweight

Συμβολισμός	Επεξήγηση
W_{FO}	Βάρος καυσίμων κυρίων μηχανών
W_{DO}	Βάρος καυσίμων ηλεκτρογεννητριών
W_{LO}	Βάρος λιπαντικών
W_{FW}	Βάρος γλυκού νερού
W_{LI}	Βάρος υπόλοιπων υγρών
W_{PR}	Βάρος εφοδίων
W_P	Βάρος επιβατών
W_{CR}	Βάρος πληρώματος
W_{VH}	Βάρος οχημάτων

Αρχικά, θα πρέπει να υπολογίσουμε την ακτίνα ενέργειας R του πλοίου. Θεωρούμε πως το υπό μελέτη πλοίο εκτελεί το παρακάτω ημερήσιο δρομολόγιο.

Πειραιάς → Σίφνος → Ίος → Σαντορίνη → Ίος → Σίφνος → Πειραιάς

Στο **Σχήμα 6.1** παρουσιάζεται ο χάρτης του δρομολογίου, ο οποίος έχει προκύψει μέσω της εφαρμογής GoogleEarth (Google 2013). Στη συνέχεια, βρίσκουμε τις αποστάσεις των δρομολογίων για τα νησιά αυτά μέσω των προγραμμάτων ShipFinder (Pinkfoot 2013) και GoogleEarth (Google 2013), οι οποίες και φαίνονται παρακάτω. Έχοντας επιλέξει ως ταχύτητα υπηρεσίας τους 21 κόμβους, όπως περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, προκύπτει και η διάρκεια των δρομολογίων, η οποία παρουσιάζεται στον **Πίνακα 6.2**.



Σχήμα 6.1: Δρομολόγιο υπό Μελέτη Πλοίου

Πίνακας 6.2: Αποστάσεις και Διάρκεια Δρομολογίου

Δρομολόγιο	Απόσταση (s.m.)	Χρόνος ταξιδιού (hours)
Πειραιάς → Σίφνος	89,0	4,24
Σίφνος → Ίος	40,1	1,91
Ίος → Σαντορίνη	23,2	1,10
Σύνολο (one way)	152,3	7,25
Σύνολο (round trip)	304,6	14,5

Αν προσθέσουμε 2,5h χρόνο παραμονής στα λιμάνια, δηλαδή μισή ώρα σε κάθε λιμάνι, ο συνολικός χρόνος ταξιδιού γίνεται $t_s=17$ hours. Όσον αφορά την ακτίνα ενέργειας, έχουμε $R=304,6$ s.m., όπως φαίνεται από τον προηγούμενο πίνακα. Τέλος, θεωρούμε πως ο ανεφοδιασμός του πλοίου γίνεται κάθε 4 ημέρες, οπότε το εκάστοτε βάρος αναλωσίμων θα υπολογιστεί για 4 μέρες (4 ημερήσια ταξίδια).

Ακολουθεί η ανάλυση κάθε κατηγορίας βαρών. Να σημειώσουμε πως το κέντρο βάρους των καυσίμων δεν θα υπολογιστεί καθώς εξαρτάται από την τελική θέση των δεξαμενών στο υπό μελέτη πλοίο. Η θέση αυτή θα προκύψει από το πρόγραμμα Avena Surface (Marine Surface 2006) σε μετέπειτα στάδιο της μελέτης. Οι μαθηματικοί τύποι που χρησιμοποιούνται παρακάτω λήφθηκαν κυρίως από το βιβλίο 'Μελέτη Πλοίου (Τόμος Ι)' του κ. Απόστολου Παπανικολάου (Παπανικολάου

2009) και συμπληρωματικά από τη διδακτορική διατριβή του Σωτήρη Σκούπα (Σκούπας 2011).

Βάρος καυσίμων κύριων μηχανών

Το βάρος των καυσίμων (heavy fuel oil) των κύριων μηχανών υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση (το πλοίο δεν είναι εφοδιασμένο με αεριοστρόβιλο):

$$W_{FO} = c * P_D * b_D * t_S * 10^{-6} \quad 6.1$$

όπου:

W_{FO} =βάρος καυσίμων σε t

$P_D = 12473,75kW$ ισχύς των κύριων μηχανών diesel σε kW στο 85% του MCR τους

$b_D = 179 gr / kWh$ η ειδική κατανάλωση καυσίμου των κύριων μηχανών

$t_S = \frac{R}{V_S} = \frac{304,6}{21} = 14,5h$ ο χρόνος λειτουργίας των κύριων μηχανών σε ώρες

$c = 1,3$ αφορά την εφεδρεία των δεξαμενών για περίπτωση ανάγκης

Άρα, το συνολικό βάρος των καυσίμων των κύριων μηχανών είναι (για 4 ταξίδια):

$$W_{FO} = 4 * 1,3 * 12473,75 * 179 * 14,5 * 10^{-6} = 168,4t \quad 6.2$$

Βάρος καυσίμων ηλεκτρογεννητριών

Παρομοίως, το βάρος των καυσίμων (diesel oil) των ηλεκτρογεννητριών υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$W_{DO} = c * b_{DO} * (P_{EL} * t_S + 0,5 * P_{EL} * t_P) * 10^{-6} \quad 6.3$$

όπου:

W_{DO} =βάρος καυσίμων σε t

$P_{EL} = 545,3kW$ ισχύς των ηλεκτρογεννητριών σε kW

$b_{DO} = 197 gr / kWh$ η ειδική κατανάλωση καυσίμου των ηλεκτρογεννητριών

$t_S = 14,5h$ ο χρόνος λειτουργίας των ηλεκτρογεννητριών σε ώρες, όπως και στο βάρος των καυσίμων των κύριων μηχανών

$t_P = 2,5h$ ο συνολικός χρόνος παραμονής σε λιμάνια

$c=1,3$ αφορά την εφεδρεία των δεξαμενών για περίπτωση ανάγκης

Άρα, το συνολικό βάρος των καυσίμων των ηλεκτρογεννητριών είναι (για 4 ταξίδια):

$$W_{DO} = 4 * 1,3 * 197 * (545,3 * 14,5 + 0,5 * 545,3 * 2,5) * 10^{-6} = 8,8t \quad 6.4$$

Βάρος λιπαντικών

Το βάρος των λιπαντικών (lubricant oil) υπολογίζεται από την εξίσωση (το πλοίο δεν είναι εφοδιασμένο με αεριοστρόβιλο):

$$W_{LO} = c * \{ (P_D + P_{EL}) * b_{LOD} * t_s + 0,5 * P_{EL} * b_{LOD} * t_p \} * 10^{-6} \quad 6.5$$

όπου:

W_{LO} =βάρος λιπαντικών σε t

$b_{LOD} = 0,8gr / kWh$ η ειδική κατανάλωση λιπαντικού για τις μηχανές diesel και τους αντίστοιχους μειωτήρες

t_s & t_p όπως περιγράφηκαν παραπάνω

$c=1,3$ αφορά την εφεδρεία των δεξαμενών

Άρα, το συνολικό βάρος των λιπαντικών είναι:

$$W_{LO} = 1,3 * \{ (12473,75 + 545,3) * 0,8 * 14,5 + 0,5 * 545,3 * 0,8 * 2,5 \} * 10^{-6} = 0,79t \quad 6.6$$

Το βάρος αυτό αντιστοιχεί στο λιπαντικό που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια των 4 ταξιδιών. Όμως, οι αντίστοιχες δεξαμενές δεν αδειάζουν στο τέλος του ταξιδιού και υπάρχει μια κυκλική ροή του υγρού στα διάφορα μηχανήματα. Έτσι, θα θεωρήσουμε τελικό διαθέσιμο βάρος λιπαντικών στις δεξαμενές του πλοίου:

$$W_{LO} = 10t$$

Βάρος γλυκού νερού

Η ποσότητα του γλυκού νερού (fresh water) που καταναλώνεται από επιβάτες και πλήρωμα κατά τη διάρκεια του ταξιδιού υπολογίζεται με βάση τους παρακάτω συντελεστές:

$c_1 = 0,65kg / ανθρωπόωρα$ για πλήρωμα και επιβάτες με καμπίνες

$c_2 = 0,35 \text{ kg} / \text{ανθρωπόωρα}$ για επιβάτες χωρίς καμπίνες

Έτσι, το συνολικό βάρος ισούται με:

$$W_{FW} = c * \{c_1 * (N_{P1} + N_{CR}) + c_2 * N_{P2}\} * t * 10^{-3} \quad 6.7$$

όπου:

W_{FW} =βάρος γλυκού νερού σε t

N_{P1} & N_{P2} , ο αριθμός των επιβατών που διαθέτουν ή όχι καμπίνες αντίστοιχα

N_{CR} , ο αριθμός του πληρώματος

t, ο συνολικός χρόνος του ταξιδιού που αντιστοιχεί στην ακτίνα ενέργειας

$c = 1,3$ αφορά την εφεδρεία των δεξαμενών

Άρα, το συνολικό βάρος του γλυκού νερού είναι:

$$W_{FW} = 1,3 * \{0,65 * (96 + 66) + 0,35 * 1989\} * 17 * 10^{-3} = 70,86 \text{ t} \quad 6.8$$

Βάρος υπόλοιπων υγρών

Το βάρος των υπόλοιπων υγρών (liquids) περιλαμβάνει υγρά τα οποία δεν έχουν συμπεριληφθεί στους ανωτέρω υπολογισμούς, όπως το νερό ψύξης διαφόρων μηχανών και μηχανημάτων, και υπολογίζεται όπως φαίνεται παρακάτω:

$$W_{LI} = 0,01 * (W_{FO} + W_{DO} + W_{LO} + W_{FW}) = 0,01 * (168,4 + 8,8 + 0,78 + 70,86) = 2,5 \text{ t} \quad 6.9$$

Το βάρος αυτό κρίνεται αρκετά μικρό, οπότε θεωρούμε τελικό βάρος υπόλοιπων υγρών 12,5t. Επίσης, το κέντρο βάρους των παραπάνω υγρών λαμβάνεται στο κέντρο βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης και, έτσι, θα έχουμε:

$$LCG_{LI} = 33,89 \text{ m}$$

$$VCG_{LI} = 3,27 \text{ m}$$

Βάρος εφοδίων

Το βάρος των εφοδίων (provisions) υπολογίζεται με βάση την κατανάλωση 0,35 kg/ανθρωπόωρα κατά τη διάρκεια του ταξιδιού και ισούται με:

$$W_{PR} = 0,35 * c * N_p * t * 10^{-3} \quad 6.10$$

όπου:

W_{PR} = βάρος εφοδίων σε t

$N_p = 2225$, ο συνολικός αριθμός επιβατών της θερινής περιόδου

$c = 1,3$ αφορά την εφεδρεία των εφοδίων

$t = 7,5h$ ο χρόνος ταξιδιού

Άρα, το συνολικό βάρος των εφοδίων για 4 ημερήσια κυκλικά ταξίδια είναι:

$$W_{PR} = 4 * 0,35 * 1,3 * 2225 * 7,5 * 10^{-3} = 30,4t \quad 6.11$$

Για τον προσδιορισμό του κέντρου βάρους των εφοδίων, θεωρούμε πως το διάμηκες κέντρο είναι στο μισό του μήκους του Πρώτου Καταστρώματος Επιβατών (Deck 7) και το καθ' ύψος κέντρο στα 20m.

$$LCG_{PR} = 41,72m$$

$$VCG_{PR} = 20m$$

Βάρος επιβατών

Θεωρούμε κατά μέσο όρο 95kg/άτομο μαζί με τις αποσκευές και έτσι για τη θερινή περίοδο που παρουσιάζεται ο μέγιστος αριθμός επιβατών θα έχουμε:

$$W_p = 0,095 * 2225 = 211,4t \quad 6.12$$

Όσον αφορά στο κέντρο βάρους των επιβατών έχουμε με τη μέθοδο των ροπών (σε κάθε ξεχωριστό χώρο επιβατών έχουν μετρηθεί οι επιβάτες καθώς και το κέντρο του χώρου αυτού):

$$LCG_p = 39,45m$$

$$VCG_p = 20,45m$$

Βάρος πληρώματος

Θεωρούμε πως κάθε μέλος πληρώματος (crew) ζυγίζει μαζί με τις αποσκευές του 120 kg κατά μέσο όρο και έτσι θα έχουμε για 65 άτομα πλήρωμα:

$$W_p = 0,120 * 65 = 7,9t \quad 6.13$$

Όσον αφορά στο κέντρο βάρους του πληρώματος θεωρήθηκε στο πρώτο κατάστρωμα επιβατών και στο πρωραίο μέρος.

$$LCG_{CR} = 66,95m$$

$$VCG_{CR} = 17,97m$$

Βάρος οχημάτων

Η μεταφορική ικανότητα των Ι.Χ. αυτοκινήτων (private cars) αλλά και των φορτηγών οχημάτων (trucks) θα υπολογιστεί με βάση τις θέσεις Ι.Χ. αυτοκινήτων καθώς και τα μήκη των λωρίδων φορτηγών. Αν από το εκτόπισμα που αντιστοιχεί στο μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα ($\Delta_{max}=5131,4$ όπως προκύπτει από το πρόγραμμα Lines για $T_{max}=5,469m$) αφαιρεθούν τα βάρη του άφορτου σκάφους, των αναλωσίμων, των επιβατών αλλά και του πληρώματος, προκύπτει το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο των οχημάτων (W_{PC} και W_{TR}), και το οποίο ισούται με:

$$\begin{aligned} W_{PC} + W_{TR} &= \Delta_{MAX} - \{W_{LS} + (W_{FO} + W_{DO} + W_{LO} + W_{FW} + W_{LI} + W_{PR} + W_P + W_{CR})\} \\ \Rightarrow W_{PC} + W_{TR} &= 5131,4 - \{3478,71 + (168,4 + 8,8 + 10 + 70,8 + 12,5 + 30,4 + 211,4 + 7,9)\} \\ \Rightarrow W_{PC} + W_{TR} &= 1132,49t \end{aligned} \quad 6.14$$

Η πιο δυσμενής από άποψη βάρους κατάσταση φόρτωσης είναι αυτή στην οποία δεν χρησιμοποιείται το Hoistable Car Deck και όλο το First Car Deck φορτώνεται με φορτηγά ενώ το Second car deck με Ι.Χ. Στην κατάσταση αυτή έχουμε 122 Ι.Χ. και 568m λωρίδων φορτηγών. Θεωρούμε πως το τυπικό βάρος ενός Ι.Χ. αυτοκινήτου είναι 1,6t κατά μέσο όρο, οπότε το βάρος τους είναι:

$$W_{PC} = 1,6 * 122 = 195,2t \quad 6.15$$

Το αντίστοιχο βάρος των φορτηγών είναι:

$$W_{TR} = 1132,49 - 195,2 = 937,29t \quad 6.16$$

Διαιρώντας το βάρος αυτό με τα συνολικά μέτρα λωρίδων φορτηγών προκύπτει το βάρος ανά μέτρο για τα φορτηγά οχήματα:

$$w_{TR} = \frac{937,29t}{568m} = 1,65t / m \quad 6.17$$

Το ειδικό βάρος αυτό θεωρείται αποδεκτό καθώς έχει ως αποτέλεσμα βάρος 19,8t για φορτηγό μήκους 12m και 26,4t για φορτηγό μήκους 16m.

Για το κέντρο βάρους των οχημάτων έχουμε από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης για τη συγκεκριμένη φόρτωση:

Πίνακας 6.3: Κέντρο Βάρους Οχημάτων

	W [t]	LCG [m]	ML [tm]	VCG [m]	MT [tm]
Trucks	937,2	42,29	41315,6	11,57	11303,4
Cars	195,2	47,40	9252,5	15,97	3117,3
Σύνολο	1132,4	43,16	50568,1	12,31	14420,8

Πρόσθετο Βάρος

Συγκεντρωτικά για το βάρος του πρόσθετου φορτίου του πλοίου θα έχουμε:

Πίνακας 6.4:Βάρη Deadweight

	Κατηγορία	W[t]	LCG	VCG
Καύσιμα Κυρίων Μηχανών	W_{FO}	168,4	-	-
Καύσιμα Ηλεκτρογεννητριών	W_{DO}	8,8	-	-
Λιπαντικά	W_{LO}	10	-	-
Φρέσκο Νερό	W_{FW}	70,8	-	-
Υπόλοιπα Υγρά	W_{LI}	12,5	33,89	3,27
Εφόδια	W_{PR}	30,4	41,72	20,00
Επιβάτες	W_P	211,4	39,45	20,45
Πλήρωμα	W_{CR}	7,9	66,95	17,97
Οχήματα	$W_{PC} + W_{TR}$	1132,4	43,16	12,31
Σύνολο	DWT	1652,7	-	-

Να σημειώσουμε πως τα βάρη των αναλωσίμων των δεξαμενών (HFO, DO, LO, FW) ενδέχεται να μεταβληθούν σε μικρό βαθμό καθώς θα καταστρώνονται οι καταστάσεις φόρτωσης στο πρόγραμμα Calc & Hydro. Στην φάση εκείνη θα υπολογιστεί και το ακριβές κέντρο βάρους τους.

7. ΑΛΛΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

7.1. Καταμέτρηση

Σε αυτό το κεφάλαιο θα υπολογιστεί η ολική και η καθαρή χωρητικότητα του υπό μελέτη πλοίου. Η ολική χωρητικότητα (Gross Tonnage) είναι ένα μέτρο των συνολικών χώρων του πλοίου και χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του αριθμού και της σύνθεσης του πληρώματος. Η καθαρή χωρητικότητα (Net Tonnage) αναφέρεται στους χώρους φορτίου και επιβατών και αποτελεί ένα αντιπροσωπευτικό μέγεθος της οικονομικής αξίας του πλοίου. Και τα δύο μεγέθη αυτά αποτελούν τη βάση για τον καθορισμό διαφόρων τελών, φόρων, ασφαλίσεων κ.α.

Για την καταμέτρηση των πλοίων υπάρχει ελληνική νομοθεσία (Ν.Δ.973/ 1971), αλλά ο υπολογισμός στην παρούσα διπλωματική θα γίνει βάσει των διεθνών κανονισμών. Οι κανονισμοί αυτοί περιέχονται στο κείμενο της Διεθνούς Συνδιάσκεψης για την Καταμέτρηση των Πλοίων (ICTM 1969). Να σημειώσουμε πως για την Ολική Χωρητικότητα η ελληνική νομοθεσία έχει ως αποτέλεσμα ένα νούμερο περίπου 40% μικρότερο των διεθνών κανονισμών.

Ολική Χωρητικότητα

Σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς, η ολική χωρητικότητα (Gross Tonnage) υπολογίζεται βάσει του τύπου:

$$GT = k_1 \cdot V_{Total} \quad 7.1$$

όπου :

$$k_1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log V_{Total}$$

V_{Total} είναι ο όγκος όλων των κλειστών χώρων του πλοίου

Από το πρόγραμμα Avena Calculations&Hydrostatics (Marine CalcM) υπολογίζουμε ολικό όγκο περικλειόμενων χώρων του πλοίου ίσο με 57902,38m³. Έτσι, προκύπτει τελικά:

$$GT = 17096$$

Καθαρή Χωρητικότητα

Σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς (ICTM 1969), η καθαρή χωρητικότητα (Net Tonnage) υπολογίζεται βάσει του τύπου:

$$NT = K_2 \cdot V_C \left(\frac{4d}{3D} \right)^2 + K_3 \left(N_1 + \frac{N_2}{10} \right) \quad 7.2$$

όπου :

V_C : Τ συνολικός όγκος των χώρων φορτίου. Στο υπό μελέτη πλοίο ο όγκος αυτός αντιστοιχεί στον χώρο που προορίζεται για τη μεταφορά οχημάτων.

d : Το μέγιστο έμφορτο βύθισμα.

D : Το πλευρικό ύψος του πλοίου μέχρι το κατάστρωμα στεγανών φρακτών, το οποίο δεχόμαστε ότι είναι το ανώτερο συνεχές κατάστρωμα.

N_1 : Αριθμός επιβατών σε καμπίνες.

N_2 : Αριθμός των υπόλοιπων επιβατών.

$$K_2 = 0,2 + 0,02 \cdot \log V_C$$

$$K_3 = 1,25 + (GT + 10000) / 10000$$

Τελικώς, έχουμε:

$$V_C = 25848,39 \text{ m}^3$$

$$d = 5,469 \text{ m}$$

$$D = 9,57 \text{ m}$$

$$N_1 = 96$$

$$N_2 = 1989$$

$$K_2 = 0,288249$$

$$K_3 = 3,386988$$

και

$$NT = 4718,36$$

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να ελέγξουμε κάποιους περιορισμούς που ισχύουν για τον υπολογισμό της καθαρής χωρητικότητας:

-Πρέπει ο παράγοντας $\left(\frac{4d}{3D} \right)^2$ να είναι μικρότερος της μονάδας. Έχουμε $\left(\frac{4d}{3D} \right)^2$

$$= 0,58$$

-Πρέπει ο παράγοντας $K_2V_c \left(\frac{4d}{3D}\right)^2$ να είναι μεγαλύτερος από 0,25GT. Έχουμε K_2V_c

$$\left(\frac{4d}{3D}\right)^2 = 4325,8 \geq 4273,9 = 0,25GT$$

-Τέλος, πρέπει η καθαρή χωρητικότητα να είναι μεγαλύτερη από 0,3GT. Όμως, $NT = 4718,36 \leq 5128,77 = 0,3GT$.

Έτσι, η τελική καθαρή χωρητικότητα θα είναι ίση με το 30% της ολικής.

$$NT = 5128,77$$

7.2. Σύνθεση Πληρώματος

Για τον καθορισμό της σύνθεσης του πληρώματος θα βασιστούμε στην ελληνική νομοθεσία (Π.Δ.177/ 1974; Π.Δ.230/ 1984; Π.Δ.319/ 1996). Να σημειώσουμε πως η επιλογή του πληρώματος στα παραπάνω άρθρα γίνεται βάσει της ολικής χωρητικότητας του πλοίου σε κόρους, όπως αυτή προκύπτει από την ελληνική νομοθεσία. Στο υπό μελέτη πλοίο, όμως, έχει γίνει μέτρηση της ολικής χωρητικότητας ($GT=17096$) βάσει των διεθνών κανονισμών. Θα θεωρήσουμε χωρητικότητα σε κόρους περίπου ίση με 10000 κ.ο.χ., καθώς παρατηρούμε από τα στοιχεία που έχουμε από την εταιρεία "Blue Star Ferries" για την καταμέτρηση των πλοίων του στόλου της ότι ο ελληνικός κανονισμός δίνει κ.ο.χ. περίπου 40% λιγότερους από το GT για πλοία παρόμοιου μεγέθους με το υπό μελέτη. Εκτός από τους κόρους ολικής χωρητικότητας, η επιλογή του πληρώματος γίνεται και βάσει των συνολικών επιβατών (2225), των επιβατών σε κλίνες (86) καθώς και της συνολικής εγκατεστημένης υποδύναμης των κυρίων μηχανών (16000 kW). Τελικώς, λαμβάνουμε το εξής πλήρωμα:

Πλήρωμα Καταστρώματος: 22

- 1 Πλοίαρχος Α'
- 1 Ύπαρχος
- 1 Πλοίαρχος Β'
- 1 Πλοίαρχος Γ'
- 1 Δόκιμος Πλοίαρχος
- 1 Ναύκληρος
- 2 Υποναύκληροι
- 12 Ναύτες
- 2 Ναυτοπαίδες

Πλήρωμα Μηχανής: 18

- 1 Μηχανικός Α΄
- 2 Μηχανικοί Β΄
- 2 Μηχανικοί Γ΄
- 3 Δόκιμοι Μηχανικοί
- 1 Μηχανοδηγός Α΄
- 5 Μηχανοδηγοί Β΄
- 1 Μαθητευόμενος Μηχανοδηγός
- 2 Ηλεκτρολόγοι
- 1 Βοηθός Ηλεκτρολόγου

Πλήρωμα Ραδιοτηλεγραφίας: 2

- 1 Ραδιοτηλεγραφετής Α΄
- 1 Ραδιοτηλεγραφετής Β΄

Πλήρωμα Οικονομικών Υπηρεσιών: 2

- 1 Οικονομικός Αξιωματικός Α΄
- 1 Οικονομικός Αξιωματικός Β΄

Πλήρωμα Τροφοδοσίας: 1

- 1 Βοηθός Φροντιστή

Πλήρωμα Ενδιαιτημάτων: 15

- 9 Θαλαμηπόλοι
- 4 Επίκουροι
- 2 Αρχιθαλαμηπόλοι

Πλήρωμα Μαγειρείου: 4

- 1 Μάγειρας Α΄
- 1 Μάγειρας Β΄
- 2 Χυτροκαθαριστές

Στο πλήρωμα θα προστεθεί και ένας (1) γιατρός.

Τελικώς έχουμε:

Πίνακας 7.1: Συνολικό Πλήρωμα

Κατηγορία Πληρώματος	Αριθμός
Καταστρώματος	22
Μηχανής	18
Ραδιοτηλεγραφίας	2
Οικονομικών Υπηρεσιών	2
Τροφοδοσίας	1
Ενδιαιτημάτων	15
Μαγειρείου	4
Γιατρός	1
Σύνολο	65

Κατά τη σχεδίαση του Σχεδίου Γενικής Διάταξης θα προβλεφθεί και καμπίνα για τον ιδιοκτήτη του υπό μελέτη πλοίου.

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 Διάταξης. Τελικά, το ανώτερο πλήρωμα θα απαρτίζεται από τους εξής:

Ανώτερο Πλήρωμα: 10

Πλοίαρχος Α΄

Ύπαρχος

Πλοίαρχος Β΄

Πλοίαρχος Γ΄

Μηχανικός Α΄

Μηχανικός Β΄ (2)

Ηλεκτρολόγος (2)

Οικονομικός Αξιωματικός Α΄

7.3. Δείκτης Εξαρτισμού (Equipment Number)

Ο δείκτης εξαρτισμού χρησιμοποιείται για να καθοριστούν τα συστήματα αγκυροβόλησης, πρόσδεσης και ρυμούλκησης του πλοίου. Σύμφωνα με τυποποιημένους πίνακες του νηογνώμονα (BV 2011) επιλέγονται το μέγεθος και το μήκος των αγκύρων του πλοίου, η διάμετρος των καδενών, τα χαρακτηριστικά του σχοινιού ρυμούλκησης καθώς και ο αριθμός και το μέγεθος των κάβων πρόσδεσης. Τέλος, ο δείκτης εξαρτισμού χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του βάρους εξαρτισμού του πλοίου κατά τη φάση υπολογισμού του βάρους άφορτου σκάφους

και συγκεκριμένα του βάρους εξοπλισμού. Η πορεία υπολογισμού του δείκτη εξαρτισμού (EN) φαίνεται παρακάτω.

Ο δείκτης εξαρτισμού δίνεται από τον τύπο:

$$EN = \Delta^{2/3} + 2Bh + 0.1A \quad 7.2$$

όπου:

Δ : εκτόπισμα του πλοίου σε βύθισμα ίσο με το $T_{ΓΦ} = 8,546 \text{ m}$,

$\Delta_{ΓΦ} = 10745 \text{ t}$

B : μέγιστο πλάτος του πλοίου, $B = 32,2 \text{ m}$

h : ύψος εξάλων (a) σε βύθισμα $T_{ΓΦ}$ συν το ύψος υπερκατασκευών (h_i) με πλάτος μεγαλύτερο του $B/4$ στο κεντρικό διαμήκη άξονα, αγνοώντας τη κυρτότητα:

$$h = a + \sum_i h_i = 17,824 \text{ m}.$$

A : πλευρική επιφάνεια εξάλων και υπερκατασκευών στη θερινή ίσαλο πλευσης,

$$A = 1599 \text{ m}^2$$

Τελικά προκύπτει:

$$EN = \Delta^{2/3} + 2Bh + 0.1A = 10745^{2/3} + 2 \cdot 32,2 \cdot 17,824 + 0,1 \cdot 1599 = 1794,7 \quad 7.3$$

Από πίνακες του επιλεγμένου νηογνώμονα για το υπό μελέτη πλοίο (BV 2011) βρίσκουμε για πλοία με EN μεταξύ 1790 και 1930 τα εξής χαρακτηριστικά:

Πίνακας 7.2: Δείκτης Εξαρτισμού

Equipment Number	:	1794,7
Typical Equipment Number	:	1790-1930
Stockless Anchors		
Bower Anchors Number	:	Three (3)
Weight per Anchor	:	5610 kg
Chain Cable		
Stud Link Bower Chain Length	:	577,5 m
Diameter (Grade 1)	:	76 mm
Diameter (Grade 2)	:	66 mm
Diameter (Grade 3)	:	58 mm
Tow Line		
Minimum Length	:	220 m
Breaking Strength	:	1109 kN
Mooring Lines		
Number	:	5
Minimum Length of Each	:	190 m
Minimum Breaking Strength	:	378 kN

7.4. Γραμμή Φόρτωσης

Ο υπολογισμός της Γραμμής Φόρτωσης (Load Line) θα γίνει σύμφωνα με τη Διεθνή Σύμβαση Γραμμής Φόρτωσης του 1966 (ILLC 1966). Αρχικά, θα δοθούν κάποιου ορισμοί για τα βασικά μεγέθη του πλοίου:

Freeboard Deck (κατάστρωμα εξάλων): Δεχόμαστε ότι είναι το First Car Deck (9570 A/B), καθώς μέχρι εκεί εκτείνονται οι στεγανές φρακτές.

Κοίλο D : η απόσταση από την τρόπιδα μέχρι το κατάστρωμα εξάλων. Έχουμε $D=9,57m$.

Κοίλο καταστρώματος εξάλων D_F : το κοίλο D συν το έλασμα του καταστρώματος εξάλων (8mm). Έχουμε $D_F=9,578m$.

Μήκος πλοίου L : το 96% του ολικού μήκους της ισάλου στο 85% του D ή η απόσταση από την Α.Ρ. έως το πρωραίο σημείο της ισάλου αυτής, όποια απόσταση είναι μεγαλύτερη. Λαμβάνουμε την πρώτη περίπτωση και $L=94,086m$.

Συντελεστής Γάστρας C_b : Ορίζεται ως το πηλίκο $\frac{\Delta}{LBd}$, όπου d είναι το βύθισμα στο 85% του D , B είναι το πλάτος της ημιγάστρας και Δ το εκτόπισμα της ημιγάστρας στο βύθισμα αυτό. Λαμβάνουμε τελικά $C_b=0,6924$.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς της γραμμής φόρτωσης, τα επιβατηγά πλοία ανήκουν στην κατηγορία πλοίων "B" και με $L=94,086m$ λαμβάνουμε με γραμμική παρεμβολή βασικό ύψος εξάλων $BYE1=1155,55mm$. Ακολουθούν οι διάφορες διορθώσεις.

- Διόρθωση για πλοία κάτω των 100m: Καμία διόρθωση, $BYE2=BYE1$.
- Διόρθωση για το συντελεστή γάστρας: Έχουμε $C_b \geq 0,68$, οπότε έχουμε

$$BYE3 = BYE2 \frac{C_b+0,68}{1,36} = 1155,55 \frac{0,6924+0,68}{1,36} = 1166,08mm \quad 7.4$$

- Διόρθωση για το κοίλο: Έχουμε $D_F=9,578m \geq 6,27=L/15$, οπότε

$$BYE4 = BYE3 + \left(D_F - \frac{L}{15}\right) R, \text{ όπου } R = \frac{L}{0,48} \text{ για } L \leq 120m,$$

$$\Rightarrow BYE4 = 1166,08 + (9,578 - 6,27) \frac{94,086}{0,48} = 1814,02 \quad 7.5$$

- Διόρθωση για υπερκατασκευές: Έχουμε υπερκατασκευές πάνω από το First Car Deck καθόλο το μήκος L . Οπότε, έχουμε δρών μήκος υπερκατασκευών $E=L=94,086m$. Για $E=L$ και $L=94,086m$ λαμβάνουμε με γραμμική παρεμβολή μείωση του ύψους εξάλων κατά 911,57mm. Οπότε:

$$BYE5 = BYE4 - 911,57 = 902,5mm \quad 7.6$$

- Διόρθωση για τη σιμότητα: Έχουμε μηδενική σιμότητα, άρα και έλλειψη σιμότητας σε σχέση με την κανονική, η οποία δίνεται σε κάθε σημείο του πλοίου από τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 7.3: Κανονική Σιμότητα

	Station	Ordinate (in millimetres)	Factor
	After Perpendicular	25 (L/3 + 10)	1
After half	1/6L from A.P.	11.1 (L/3 + 10)	3
	1/3L from A.P.	2.8 (L/3 + 10)	3
	Amidships	0	1
	Amidships	0	1
Forward half	1/3L from F.P.	5.6 (L/3 + 10)	3
	1/6L from F.P.	22.2 (L/3 + 10)	3
	Forward Perpendicular	50 (L/3 + 10)	1

Η συνολική σιμότητα δίνεται από το άθροισμα των γινομένων της σιμότητας επί τον αντίστοιχο συντελεστή διαιρεμένο διά του 8. Έτσι λαμβάνουμε με αντικατάσταση του μήκους L μέτρο σιμότητας $M_{NF}=689,72\text{mm}$ για το πρωραίο τμήμα και $M_{NA}=344,86$ για το πρυμναίο τμήμα. Τελικά, το μέσο μέτρο κανονικής σιμότητας ισούται με το μέσο όρο των δύο αυτών μεγεθών, δηλαδή $M_N=517,29\text{mm}$. Αφού έχουμε μηδενική πραγματική σιμότητα, η M_N ισούται με την έλλειψη σιμότητας στην περίπτωση μας. Σύμφωνα με τους κανονισμούς για έλλειψη σιμότητας λαμβάνουμε:

$$\begin{aligned}
 BYE6 &= BYE5 + \left(0,75 - \frac{S}{2L}\right)y = 902,5 + \left(0,75 - \frac{94,086}{2 * 94,086}\right)517,29 = \\
 &= 1031,8 \text{ mm} \qquad \qquad \qquad 7.7
 \end{aligned}$$

όπου $S = L$ είναι το ολικό μήκος υπερκατασκευών και

$y = M_N$ είναι η έλλειψη σιμότητας

Ύστερα από τις παραπάνω διορθώσεις υπολογίσαμε το τελικό ύψος εξάλων που ισούται με 1031,8mm. Έτσι, προκύπτει το μέγιστο έμφορτο βύθισμα:

$$T_{\Gamma\Phi} = D_F - TYE = 9578 - 1031,8 = 8546,2\text{mm} = 8,546\text{m} \qquad \qquad \qquad 7.8$$

Παρόλα αυτά, το βύθισμα αυτό είναι μεγαλύτερο από το βύθισμα $T_{scantling}=5,469\text{m}$, στο οποίο έγινε η μελέτη της αντοχής και αντιστοιχεί στην πιο βαριά κατάσταση

φόρτωσης του πειραματικού προτύπου στα πειράματα αντίστασης (Νίκας 2012). Έτσι, ως μέγιστο έμφορτο βύθισμα T_{MAX} θα λάβουμε το $T_{scantling}$ και εκεί θα τοποθετηθεί και ο δίσκος του Plimsoll (Plimsoll's mark).

$$T_{MAX} = T_{scantling} = 5,469m$$

Με γνωστό το τελικό μέγιστο έμφορτο βύθισμα μπορούμε να υπολογίσουμε το μέγιστο βύθισμα Χειμών και το μέγιστο βύθισμα Τροπικών Περιοχών, τα οποία μπαίνουν στο δίσκο του Plimsoll. Για τα υπόλοιπα βυθίσματα της μπάλας του Plimsoll, τα οποία αφορούν την πλεύση σε γλυκό νερό, λαμβάνουμε για το βύθισμα των 5,469m: $\Delta_{T\Phi}=5135,16$ tons και $TPC_{(T=T\Phi)}=12,7$ t/cm. Έτσι, θα έχουμε τελικά:

$$T_{Winter} = T_{T\Phi} - T_{T\Phi}/48 = 5,469 - 5,469/48 = 5,355m \quad 7.9$$

$$T_{Tropical} = T_{T\Phi} + T_{T\Phi}/48 = 5,469 + 5,469/48 = 5,583m \quad 7.10$$

$$T_{Fresh\ Water} = T_{T\Phi} + \frac{\Delta}{40*TPC_{T\Phi}} = 5,469 + \frac{5135,16}{40*12,7} = 5,570m \quad 7.11$$

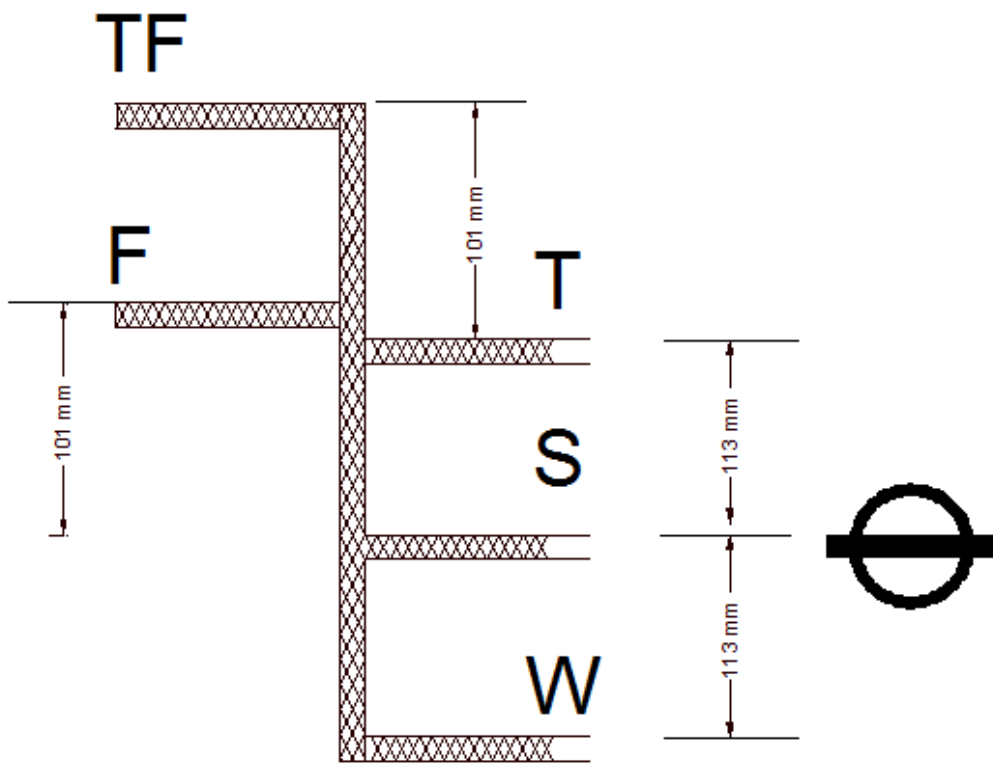
$$T_{Tropical\ Fresh\ Water} = T_{Tropical} + \frac{\Delta}{40*TPC_{T\Phi}} = 5,583 + \frac{5135,16}{40*12,7} = 5,684m \quad 7.12$$

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να ελέγξουμε το ύψος πλώρας. Για πλοία με $L \leq 250m$ το ελάχιστο απαιτούμενο ύψος πλώρας δίνεται από τον τύπο:

$$F_{b.F.P.} = 56L \left(1 - \frac{L}{500}\right) \frac{1,36}{C_B+0,68} = 4238,7mm \quad 7.12$$

Το πραγματικό ύψος πλώρας στο πλοίο μας έως το κατάστρωμα στεγανών φρακτών καθ' ύψος της πρωραίας καθέτου F.P. ισούται με $h=9701mm$, οπότε $h > F_{b.F.P.}$ και ο κανονισμός τηρείται.

Στο **Σχήμα 7.1** φαίνεται η μπάλα του Plimsoll με τα αντίστοιχα βυθίσματα.



Σχήμα 7.1: Plimsoll Mark

8. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ AVEVA

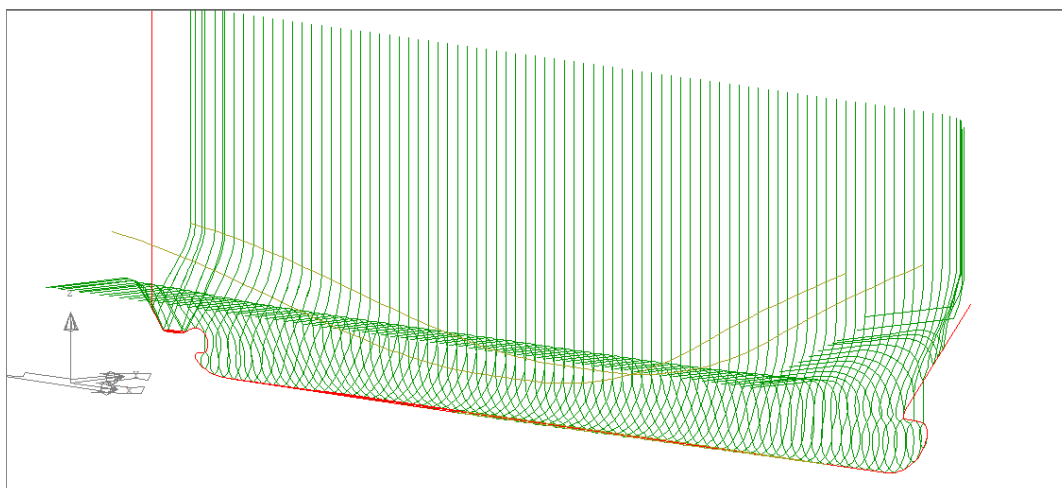
Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια περιγραφή των τριών εφαρμογών που ανήκουν στο σχεδιαστικό πακέτο AVEVA και τις οποίες χρησιμοποιήσαμε για τη σχεδίαση και μελέτη του υπό μελέτη πλοίου. Επίσης, θα γίνει μια αναλυτική περιγραφή και παρουσίαση των καταστάσεων φόρτωσης που καταστρώθηκαν καθώς και των αποτελεσμάτων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

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 (Marine Lines 2006). Με τη χρήση του προγράμματος αυτού μορφοποιούμε τις γραμμές της γάστρας του πλοίου έτσι ώστε να μπορέσουμε να προχωρήσουμε στη διαμερισματοποίηση του στο πρόγραμμα AVEVA Surface&Compartment (Marine Surface 2006). Οι γραμμές αυτές έχουν προέλθει από τις γραμμές του πειραματικού προτύπου που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα αντίστασης (CARGOXPRESS 2011). Παρακάτω, παρουσιάζονται συνοπτικά τα βήματα που πραγματοποιήθηκαν κατά την επεξεργασία των γραμμών στο πρόγραμμα AVEVA Lines (Marine Lines 2006).

- Εισαγωγή των γραμμών της ημιγάστρας του πειραματικού προτύπου στο πρόγραμμα (Sections, Profile, FOS, FOB).
- Scale σύμφωνα με την κλίμακα που έχει υπολογιστεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.
- Μετακίνηση της ημιγάστρας στα 11,74m (διαμήκης άξονας συμμετρίας της ημιγάστρας του υπό μελέτη πλοίου).
- Δημιουργία και εισαγωγή στο πρόγραμμα της υπόλοιπης συμμετρικής ημιγάστρας.
- Σχεδίαση του wet deck.
- Σχεδίαση της καμπυλότητας μεταξύ wet deck και εσωτερικής πλευράς ημιγάστρας.

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



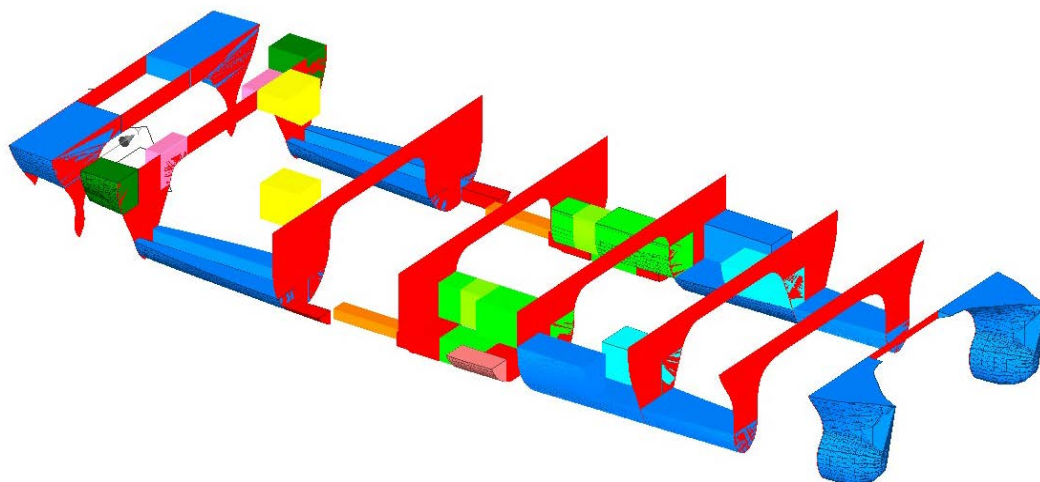
Σχήμα 8.1: Μορφή Γραμμών μετά τη Μορφοποίηση

8.2. AVEVA Surface & Compartment

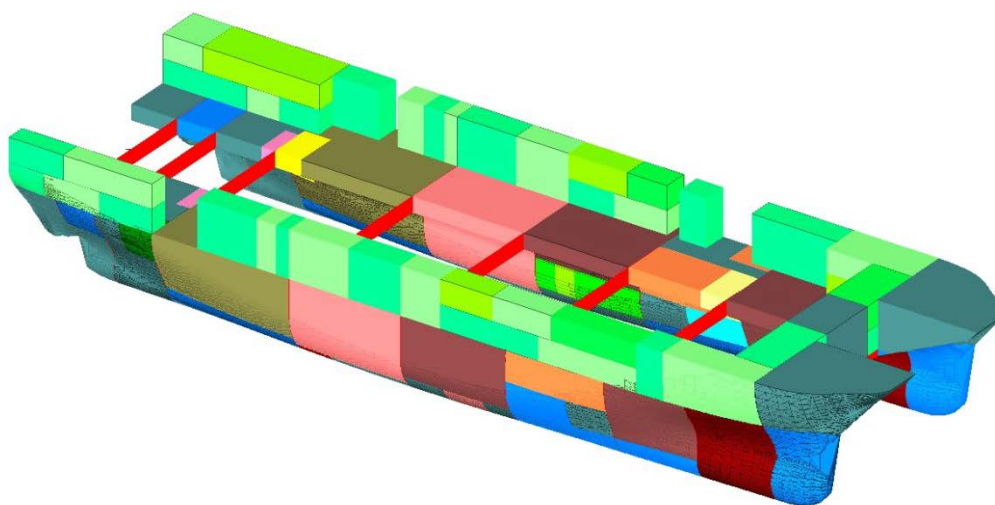
Ύστερα από τη μορφοποίηση των ναυπηγικών γραμμών του υπό μελέτη πλοίου, τις εισάγουμε στο πρόγραμμα AVEVA Surface & Compartment (Marine Surface 2006). Στο πρόγραμμα αυτό θα πραγματοποιήσουμε τη διαμερισματοποίηση του πλοίου έως και το Hoistable Car Deck. Έτσι, θα μπορέσουμε να καταστρώσουμε τις καταστάσεις φόρτωσης στο πρόγραμμα AVEVA Hydrostatics&Hydrodynamics (Marine CalcM 2006), 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 (Marine Lines 2006).
- Τοποθέτηση φρακτών και καταστρώματων.
- Ορισμός των διάφορων δεξαμενών στα κατώτερα καταστρώματα. Ο όγκος τους βασίστηκε στους υπολογισμούς που έγιναν στο κεφάλαιο 'ΑΝΑΛΥΣΗ DWT'.
- Ορισμός όλων των υπόλοιπων χώρων μέχρι και το Hoistable Car Deck (χώροι εργασίας, μηχανοστάσια, χώροι μηχανημάτων, bow thrusters, κλιμακοστάσια, αποθήκες, τουαλέτες, ανελκυστήρες, κενοί χώροι κλπ).

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 και στο **Σχήμα 8.3** μετά τον ορισμό και των υπολοίπων διαμερισμάτων.



Σχήμα 8.2: AVEVA Surface - Εισαγωγή Δεξαμενών



Σχήμα 8.3: AVEVA Surface - Πλήρης Διαμερισματοποίηση

8.3. AVEVA Hydrostatics & Hydrodynamics

Ύστερα από τη διαμερισματοποίηση των χώρων του πλοίου, εισάγουμε την τελική μορφή του πλοίου στο πρόγραμμα AVEVA Hydrostatics&Hydrodynamics (Marine CalcM). 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 (Marine Surface 2006).
- 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.
- Εξαγωγή τομών σε διάφορα μήκη και ύψη, έτσι ώστε να τοποθετηθεί η ακριβής θέση των δεξαμενών στο Σχέδιο Γενικής Διάταξης.
- Υπολογισμός των υδροστατικών χαρακτηριστικών της γάστρας.
- Υπολογισμός καταστάσεων φόρτωσης.
- Μελέτη ευστάθειας άθικτης κατάστασης
- Μελέτη ευστάθειας μετά από βλάβη

Οι καταστάσεις φόρτωσης θα αναλυθούν στα επόμενα δύο υποκεφάλαια. Τα υδροστατικά χαρακτηριστικά της γάστρας, οι δεξαμενές του πλοίου καθώς και όλες οι αναλυτικές καταστάσεις φόρτωσης περιέχονται στο Stability Booklet του υπό μελέτη πλοίου. Αυτό παρέχεται σε ηλεκτρονική μορφή, καθώς κρίθηκε αδύνατο από πλευράς χώρου να χωρέσει στην παρούσα έκθεση.

Μελέτη άθικτης ευστάθειας (Intact Stability)

Για τη μελέτη της άθικτης ευστάθειας του πλοίου καταστρώθηκε μια σειρά από πιθανές καταστάσεις φόρτωσης, οι οποίες αναφέρονται σε διαφορετικά 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 'ΑΝΑΛΥΣΗ DWT'. Το βάρος αυτό αντιστοιχεί σε καύσιμα και υγρά για 4 μέρες συν ένα ποσοστό ασφαλείας 30%. Στην κατάσταση άφιξης θεωρήθηκε ότι οι έχουν καταναλωθεί τα καύσιμα και τα διάφορα υγρά των 4 ημερών καθώς και ένα ποσοστό από το υπόλοιπο 30%, έτσι ώστε να ελεγχθεί η

ευστάθεια στην πιο δυσμενή κατάσταση. Οι 10 καταστάσεις φόρτωσης που μελετήθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω:

- *Full Load Departure*: Στην κατάσταση αυτή όλο το First Car Deck φορτώνεται με φορτηγά (568m lanes), ενώ το Second Car Deck με Ι.Χ. επιβατηγά (122 cars). Επίσης, υπολογίζονται ως επιβάτες οι επιβάτες θέρους (2225 άτομα), οι οποίοι είναι και οι μέγιστοι επιβάτες που μπορούν να επιβιβαστούν στο υπό μελέτη πλοίο. Όλες οι δεξαμενές είναι γεμάτες για 4 ημέρες.
- *Full Load Arrival*: Ίδια με παραπάνω, με τις δεξαμενές σε κατάσταση άφιξης μετά την πάροδο των 4 ημερών.
- *Only Passengers Departure*: Στην κατάσταση αυτή υπολογίζονται όλοι οι επιβάτες θέρους (2225 άτομα) ενώ δε φορτώνονται οχήματα. Όλες οι δεξαμενές είναι γεμάτες για 4 ημέρες.
- *Only Passengers Arrival*: Ίδια με παραπάνω, με τις δεξαμενές σε κατάσταση άφιξης μετά την πάροδο των 4 ημερών.
- *Winter Departure*: Στην κατάσταση αυτή υπολογίζονται οι επιβάτες χειμώνα (1475 άτομα) ενώ φορτώνεται το 30% των δύο καταστρωμάτων οχημάτων. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί σε 170m lanes φορτηγών στο First Car Deck και σε 37 Ι.Χ. επιβατηγά στο Second Car Deck. Όλες οι δεξαμενές είναι γεμάτες για 4 ημέρες.
- *Winter Arrival*: Ίδια με παραπάνω, με τις δεξαμενές σε κατάσταση άφιξης μετά την πάροδο των 4 ημερών.
- *Empty Departure*: Στην κατάσταση αυτή δεν υπολογίζονται επιβάτες και οχήματα, ενώ το βάρος Deadweight περιλαμβάνει μόνο το βάρος των δεξαμενών και το βάρος του πληρώματος.
- *Empty Arrival*: Ίδια με παραπάνω, με τις δεξαμενές σε κατάσταση άφιξης μετά την πάροδο των 4 ημερών.
- *Full Cars Departure*: Στην κατάσταση αυτή φορτώνονται στο First Car Deck επτά φορτηγά οχήματα (συνολικά 112m lanes) και 97 Ι.Χ. αυτοκίνητα. Επίσης φορτώνονται στο Hoistable Car Deck 76 Ι.Χ. και στο Second Car Deck 122 Ι.Χ. Ακόμη, υπολογίζονται ως επιβάτες οι επιβάτες θέρους (2225 άτομα), οι οποίοι είναι και οι μέγιστοι επιβάτες που μπορούν να επιβιβαστούν στο υπό μελέτη πλοίο. Όλες οι δεξαμενές είναι γεμάτες για 4 ημέρες.
- *Full Cars Arrival*: Ίδια με παραπάνω, με τις δεξαμενές σε κατάσταση άφιξης μετά την πάροδο των 4 ημερών.

Σε κάθε κατάσταση φόρτωσης έγινε έλεγχος για την εγκάρσια διαγωγή, τη διαμήκη διαγωγή και την ικανοποίηση επιλεγμένων κανονισμών του IMO. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί πως αφού το υπό μελέτη πλοίο δεν είναι ταχύπλοο δε συγκαταλέγεται κανονικά στους κανονισμούς ευστάθειας ταχυπλών σκαφών (HSCC 1994). Επίσης, επειδή το υπό μελέτη πλοίο δεν είναι μονόγαστρο, θεωρήθηκε

κατ'αρχήν πιθανό οι κανονισμοί ευστάθειας συμβατικών μονόγαστρων επιβατηγών πλοίων (Res.A.749(18) 1993) να μην είναι κατάλληλοι για την περίπτωση μας. Για το λόγο αυτό θα γίνει εφαρμογή και των δύο κανονισμών, προκειμένου να εξαχθούν πιο πλήρη και ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τα χαρακτηριστικά ευστάθειας του πλοίου σε άθικτη κατάσταση. Όπως ήταν αναμενόμενο, η μόνη απαίτηση που τελικά δεν ικανοποιείται είναι η απαίτηση για εμφάνιση του μέγιστου GZ σε μια γωνία μεγαλύτερη από 30 μοίρες, όπως αναφέρεται στους κανονισμούς για τα μονόγαστρα επιβατηγά πλοία (Res.A.749(18) 1993). Ο αντίστοιχος κανονισμός για τα ταχύπλοα σκάφη (HSCC 1994) ικανοποιείται καθώς απαιτεί εμφάνιση του μέγιστου GZ με μια γωνία μεγαλύτερη των 10 μοιρών. Όπως παρατηρήθηκε σε όλες τις καταστάσεις, το μέγιστο GZ εμφανίζεται μεταξύ 15 και 25 μοιρών. Όσον αφορά στην ευστάθεια του πλοίου, παρατηρούμε πως το *GM* κυμαίνεται από 20m έως 30m. Συνεπώς έχουμε πολύ μεγάλο εύρος ευστάθειας, γεγονός που ήταν αναμενόμενο λόγω του τύπου του πλοίου.

Παρακάτω, στον **Πίνακα 8.1**, φαίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για όλες τις καταστάσεις φόρτωσης που περιγράφηκαν παραπάνω. Η πλήρης αναφορά για κάθε κατάσταση φόρτωσης περιέχεται στο Loading Manual του υπό μελέτη πλοίου, το οποίο συνοδεύει την παρούσα εργασία και έχει δοθεί σε ηλεκτρονική μορφή.

Πίνακας 8.1: Αποτελέσματα Μελέτης Άθικτης Ευστάθειας

	Full Load Departure	Full Load Arrival	Only Passengers Departure	Only Passengers Arrival	Winter Departure	Winter Arrival	Empty Departure	Empty Arrival	Full Cars Departure	Full Cars Arrival
Deadweight (t)	1660,7	1431,4	528,3	299,0	808,7	579,4	314,0	70,1	1185,1	981,2
Displacement (t)	5139,4	4910,1	4007,0	3777,7	4287,4	4058,1	3792,7	3548,8	4663,8	4459,9
Mean draft at midships (m)	5,468	5,275	4,550	4,352	4,785	4,588	4,368	4,160	5,083	4,908
Draft at AP (m)	5,524	5,500	4,598	4,548	4,768	4,732	4,444	4,236	5,240	5,237
Draft at FP (m)	5,413	5,050	4,502	4,155	4,803	4,444	4,291	4,084	4,926	4,578
Trim by the stern (m)	0,111	0,450	0,096	0,393	-0,035	0,288	0,153	0,152	0,314	0,659
KG (m)	12,236	12,553	12,215	12,626	12,048	12,421	11,663	12,182	12,310	12,707
LCG (m)	46,198	45,948	47,057	46,784	47,016	46,760	47,122	47,273	46,291	45,995
LCB (m)	46,187	45,902	47,047	46,741	47,019	46,729	47,107	47,257	46,259	45,924
LCF (m)	42,618	42,466	44,183	44,596	43,627	44,004	44,672	45,205	42,847	43,009
BM_T (m)	35,400	36,683	42,517	44,963	40,158	42,326	44,528	46,910	37,999	39,628
GM_T (m)	26,306	27,178	32,926	34,851	30,858	32,562	35,339	37,127	28,613	29,772

Μελέτη ευστάθειας ύστερα από βλάβη (Damage Stability)

Η μελέτη της ευστάθειας ύστερα από βλάβη πραγματοποιήθηκε μόνο για την κατάσταση αναχώρησης πλήρους φορτίου 'Full Load Departure', καθώς αυτή κρίθηκε η πιο δυσμενής. Κατά τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν και οι κανονισμοί των συμβατικών πλοίων για κατάκλιση δύο διαμερισμάτων (SOLAS 1990) και οι κανονισμοί ταχύπλων πλοίων (HSCC 1994) για τους λόγους που εξηγήθηκαν προηγουμένως. Συνολικά, μελετήθηκαν 18 (9 στην Port side και 9 στην Starboard side) καταστάσεις κατάκλισης δύο οποιονδήποτε διαδοχικών διαμερισμάτων (το υπό μελέτη πλοίο είναι χωρισμένο σε 10 υδατοστεγή διαμερίσματα από 9 υδατοστεγείς φρακτές). Σε κάθε κατάσταση ορίστηκαν οι επιμέρους χώροι που κατακλύζονται. Η διαχωρητικότητα του κάθε χώρου, η οποία εισάγεται στο πρόγραμμα, ορίζεται στους διεθνείς κανονισμούς της SOLAS (SOLAS 1990) και φαίνεται παρακάτω.

Χώροι Φορτίου ή Αποθήκες:	60%
Χώροι Ενδιαίτησης:	95%
Χώροι Μηχανοστασίου:	85%
Δεξαμενές Υγρών:	0% ή 95% (όποιο έχει πιο δυσμενές αποτέλεσμα)

Τελικώς, διαπιστώθηκε ότι ικανοποιούνται και οι 2 κανονισμοί που χρησιμοποιήθηκαν για όλες τις καταστάσεις που μελετήθηκαν. Η πλήρης αναφορά για κάθε σενάριο βλάβης περιέχεται στο Loading Manual του υπό μελέτη πλοίου, το οποίο συνοδεύει την παρούσα εργασία και έχει δοθεί σε ηλεκτρονική μορφή.

Παρατηρούμε πως η δυσμενέστερη κατάσταση εμφανίστηκε κατά την κατάκλιση των διαμερισμάτων 6 & 7 (Frame 42 – Frame 59 & Frame 21 – Frame 42 αντίστοιχα) στην Starboard πλευρά. Σε αυτή την περίπτωση βλάβης παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη εγκάρσια κλίση, ίση με 6,29 μοίρες. Παρ' όλα αυτά, το περιθώριο ευστάθειας είναι ικανοποιητικό και, όπως είναι εμφανές, τα αποτελέσματα δίνουν αρκετά μεγαλύτερες τιμές από τις ελάχιστες απαιτούμενες των κανονισμών.

Παρακάτω, στους δύο πίνακες που ακολουθούν, φαίνονται τα αποτελέσματα της ευστάθειας μετά από βλάβη και για τους δύο κανονισμούς που εφαρμόσαμε. Επίσης, αναφέρονται και οι ελάχιστες απαιτήσεις των κριτηρίων.

Πίνακας 8.2: Αποτελέσματα Μελέτης Ευστάθειας Μετά από Βλάβη – Έλεγχος με τα Κριτήρια του HSCC

High Speed Craft (HSC) Code damaged					
	CRITERIA	Angle of heel due to beam winds ≤ 15 degrees	Area $A2 \geq 0.028$ m-rad	Maximum GZ to be at least 0.05 m	Positive range of stability > 7 degrees
Critical Value	→	15	0.028	0.050	7.00
Damage at Port Side	1-2	1,008	0,999	7,829	69,141
	2-3	2,182	0,999	7,579	67,979
	3-4	4,223	1,000	7,739	65,937
	4-5	5,374	0,999	7,665	64,782
	5-6	5,726	1,000	7,906	64,430
	6-7	6,424	0,998	7,179	63,729
	7-8	4,072	1,000	7,606	66,086
	8-9	0,996	1,000	8,279	69,185
	9-10	0,389	1,000	8,464	69,760
	1-2	0,996	0,999	7,887	69,153
Damage at Starboard Side	2-3	2,186	0,999	7,517	67,992
	3-4	4,184	0,999	7,592	65,976
	4-5	5,404	0,999	7,682	64,750
	5-6	5,821	0,999	7,823	64,335
	6-7	6,442	0,997	7,197	63,710
	7-8	4,066	0,999	7,212	66,092
	8-9	0,954	1,000	8,310	69,198
	9-10	0,377	1,000	8,429	69,772

Πίνακας 8.3: Αποτελέσματα Μελέτης Ευστάθειας Μετά από Βλάβη – Έλεγχος με τα Κριτήρια της SOLAS 90

1992 PASSENGER Ship Rules (Two or more comp. flooding)						
CRITERIA	Flooding Compartments	Range of positive GZ to be > 15 degrees	Area under GZ curve up to 27 degrees or down-flood > 0.015	Maximum GZ to be at least 0.10 metres within positive range	GM at least 0.05m in equilibrium position after flooding	Maximum GZ to be at least 0.05 metres within positive range
	→	15	0.015	0.100	0.050	0.050
Damage at Port Side	1-2	69,141	2,316	7,829	25,758	7,829
	2-3	69,979	2,057	7,579	24,592	7,579
	3-4	65,937	1,840	7,739	23,286	7,739
	4-5	64,782	1,674	7,665	22,485	7,665
	5-6	64,430	1,677	7,906	22,351	7,906
	6-7	63,729	1,513	7,179	21,884	7,179
	7-8	66,086	1,881	7,606	23,455	7,606
	8-9	69,185	2,392	8,279	25,250	8,279
	9-10	69,760	2,501	8,464	25,628	8,464
	Damage at Starboard Side	1-2	69,153	2,326	7,887	25,623
2-3		67,992	2,040	7,517	23,812	7,517
3-4		65,976	1,813	7,592	23,833	7,592
4-5		64,750	1,674	7,682	24,610	7,682
5-6		64,335	1,647	7,823	24,335	7,823
6-7		63,710	1,497	7,197	25,163	7,197
7-8		66,092	1,800	7,212	24,094	7,212
8-9		69,198	2,398	8,310	25,193	8,310
9-10		69,772	2,503	8,469	25,610	8,469

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 των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στο πειραματικό πρότυπο στη δεξαμενή της σχολής (Νίκας 2012). Ακολούθως, θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Hughes για τον υπολογισμό της αντίστασης του υπό μελέτη πλοίου. Παρακάτω, φαίνονται κάποια υδροστατικά στοιχεία του πειραματικού προτύπου για διάφορες καταστάσεις φόρτωσης.

Πίνακας 9.1: Υδροστατικά Στοιχεία Μοντέλου

A/A	Trim	Lwl [m]	T [m]	Disp [t]	Vol [m ³]	WSA [m ²]
A1	0	3,309	0,146	0,143	0,142	3,049
A2	0	3,248	0,161	0,164	0,162	2,719
A3	0	3,233	0,186	0,198	0,197	3,061
B3	-0,5	3,233	0,186	0,198	0,197	3,059
C2	-1	3,329	0,161	0,164	0,162	2,703

Να σημειωθεί πως από τις διαθέσιμες καταστάσεις πλεύσης θα χρησιμοποιήσουμε την ισοβύθιστη κατάσταση με το μεγαλύτερο βύθισμα αφού θα παρουσιάσει τη μεγαλύτερη συνολική αντίσταση καθώς έχει τη μεγαλύτερη βρεχόμενη επιφάνεια (WSA). Η κατάσταση, λοιπόν, που επιλέγεται για τον υπολογισμό της αντίστασης και κατ'επέκταση των κύριων μηχανών του υπό μελέτης πλοίου είναι η A_3 .

Σημειώνουμε πως ο υπολογισμός της αντίστασης γίνεται και για τις υπόλοιπες καταστάσεις πλεύσης και παρουσιάζεται στο Παράρτημα "Z". Επίσης, στο τέλος του κεφαλαίου αυτού θα γίνει παρουσίαση των αποτελεσμάτων του υπολογισμού αντίστασης και ισχύος πρόωσης και για τις πέντε καταστάσεις πλεύσης.

Παρακάτω, θα παρουσιαστεί αναλυτικά ο υπολογισμός της αντίστασης μόνο για την κατάσταση πλεύσης A_3 , η οποία αντιστοιχεί στο βύθισμα $T_{scantling}$ του υπό μελέτη πλοίου.

Για το υπό μελέτη πλοίο μπορούμε να υπολογίσουμε όλα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται για τον υπολογισμό της αντίστασής του μέσω των ναυπηγικών γραμμών και του Σχεδίου Γενικής Διάταξης. Για το βύθισμα που αντιστοιχεί στην κατάσταση A_3 του προτύπου θα έχουμε για το υπό μελέτη πλοίο :

Πίνακας 9.2: Στοιχεία Υπό Μελέτη Πλοίου

Ship	
Lwl [m]	94,9
Wetted Surface [m ²]	2636,711
T [m]	5,469
Volume [m ³]	4982,7

Για την κινηματική συνεκτικότητα του θαλασσινού νερού θεωρούμε την τιμή $\nu=1,1883 \times 10^{-6}$ και για την πυκνότητα την τιμή $\rho= 1,025 \text{ t/m}^3$.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων από τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν. Τα αποτελέσματα αφορούν την κατάσταση φόρτωσης A3 και την ισαπόσταση S2 (800mm). Η ισαπόσταση αυτή έχει επιλεγεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Πίνακας 9.3: Αποτελέσματα Δοκιμών – Κατάσταση A₃

V _M	R _M	RN _M	CT _M	CF _M	C _R	FN
m/s	Kp	*10 ⁻⁶	*10 ³	*10 ³	*10 ³	
0,834	0,544	2,580	5,02	3,854	1,166	0,148
0,939	0,714	2,905	5,197	3,765	1,432	0,167
1,046	0,889	3,236	5,215	3,687	1,528	0,186
1,154	1,091	3,570	5,258	3,619	1,639	0,205
1,260	1,285	3,898	5,195	3,559	1,636	0,224
1,364	1,506	4,220	5,195	3,506	1,689	0,242
1,470	1,732	4,548	5,144	3,457	1,687	0,261
1,576	2,120	4,875	5,478	3,413	2,066	0,280
1,681	2,659	5,200	6,039	3,372	2,667	0,298
1,787	2,980	5,528	5,989	3,335	2,655	0,317
1,894	3,187	5,859	5,702	3,299	2,403	0,336
1,999	3,381	6,184	5,430	3,267	2,163	0,355
2,103	4,060	6,506	5,892	3,237	2,655	0,373
2,207	5,513	6,827	7,264	3,209	4,055	0,392
2,310	7,396	7,146	8,896	3,183	5,713	0,410

Ακολουθεί ο υπολογισμός της αντίστασης του υπο μελέτη πλοίου σύμφωνα με τη μέθοδο Hughes.

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:

$$C_T(Re, Fn) = C_F(Re) + C_R(Re, Fn) \quad 9.1$$

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:

$$C_R(Re, Fn) = C_W(Fn) + C_{FORM}(Re, Fn) \quad 9.2$$

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

$$C_{FORM} = k \cdot C_F(Re) \quad 9.3$$

Ο αδιάστατος συντελεστής k θεωρείται σταθερός σε όλο το εύρος των ταχυτήτων για ένα συγκεκριμένο βύθισμα. Για τον πειραματικό προσδιορισμό του πραγματοποιούνται πειράματα σε πολύ μικρές ταχύτητες και άρα μικρούς αριθμούς Froude όπου η αντίσταση κυματισμού C_W μπορεί να θεωρηθεί ίση με το μηδέν. Από τη διπλωματική εργασία του Κωνσταντίνου Νίκα (Νίκας 2012) έχουμε πως ο συντελεστής k ισούται με 0,260904.

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

$$\begin{aligned} C_T &= C_R + C_F = (C_{FORM} + C_W) + C_F = (k \cdot C_F + C_W) + C_F \\ &= (1 + k) \cdot C_F + C_W \end{aligned} \quad 9.4$$

Η υπόθεση του Hughes αναφέρει πως για σταθερό αριθμό Froude ο συντελεστής αντίστασης κυματισμού C_W παραμένει σταθερός σε κλίμακα μοντέλου και πλοίου. Ο συντελεστής C_W του μοντέλου μπορεί να υπολογισθεί από την παραπάνω σχέση αφού γνωρίζουμε το συντελεστή k , έχουμε υπολογίσει πειραματικά το C_T και μπορούμε να υπολογίσουμε το συντελεστή τριβής μέσω της παρακάτω σχέσης (καμπύλη ITTC):

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} Re - 2)^2}, \quad \text{όπου } Re = \frac{V \cdot L}{\nu} \quad 9.5$$

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει ο παρακάτω **Πίνακας 9.4** υπολογισμού του C_W .

Πίνακας 9.4: Υπολογισμός Συντελεστή C_w Μοντέλου

V_M (m/s)	RE_M	C_{FM}	$C_{TM} \cdot 10^3$	C_{TM}	C_w
0,83	2430113	0,00390	5,020	0,00502	0,00010
0,94	2736063	0,00381	5,197	0,00520	0,00039
1,05	3047840	0,00373	5,215	0,00522	0,00051
1,15	3362531	0,00366	5,258	0,00526	0,00064
1,26	3671394	0,00360	5,195	0,00520	0,00066
1,36	3974430	0,00355	5,195	0,00520	0,00072
1,47	4283294	0,00350	5,144	0,00514	0,00074
1,58	4592157	0,00345	5,478	0,00548	0,00113
1,68	4898106	0,00341	6,039	0,00604	0,00174
1,79	5206970	0,00337	5,989	0,00599	0,00174
1,89	5518747	0,00334	5,702	0,00570	0,00150
1,99	5824696	0,00330	5,430	0,00543	0,00127
2,10	6127732	0,00327	5,892	0,00589	0,00177
2,21	6430768	0,00324	7,264	0,00726	0,00317
2,31	6730890	0,00322	8,896	0,00890	0,00484

Για το υπό μελέτη πλοίο διατηρούμε σταθερούς τους συντελεστές C_w και k , και υπολογίζουμε το συντελεστή C_F όπως στο μοντέλο (καμπύλη ITTC). Επίσης υπολογίζουμε τον αριθμό Froude μέσω της σχέσης:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \quad 9.6$$

Έτσι προκύπτει ο **Πίνακας 9.5** υπολογισμού του συντελεστή C_T του υπό μελέτη πλοίο.

Πίνακας 9.5: Υπολογισμός Συντελεστή C_T Υπό Μελέτη Πλοίου

V_S (m/s)	FN_S	RE_S	C_{FS}	C_W	C_{TS}
4,52	0,15	360837207,3	0,00174	0,00010	0,00270
5,09	0,17	406266352,1	0,00172	0,00039	0,00296
5,67	0,19	452560813,9	0,00169	0,00051	0,00305
6,25	0,20	499287934,3	0,00167	0,00064	0,00315
6,83	0,22	545149737,6	0,00165	0,00066	0,00314
7,39	0,24	590146223,9	0,00164	0,00072	0,00319
7,96	0,26	636008027,2	0,00162	0,00074	0,00318
8,54	0,28	681869830,6	0,00161	0,00113	0,00355
9,11	0,30	727298975,4	0,00159	0,00174	0,00415
9,68	0,32	773160778,7	0,00158	0,00174	0,00413
10,26	0,34	819455240,5	0,00157	0,00150	0,00387
10,78	0,35	864884385,3	0,00156	0,00127	0,00363
11,39	0,37	909880871,6	0,00155	0,00177	0,00412
11,96	0,39	954877357,9	0,00154	0,00317	0,00551
12,51	0,41	999441185,7	0,00153	0,00484	0,00717

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:

$$EHP = R_{TS} \cdot V_S \quad 9.7$$

όπου R_{TS} είναι η ολική αντίσταση του πλοίου που υπολογίζεται μέσω της σχέσης:

$$R_{TS} = \frac{1}{2} \cdot C_{TS} \cdot \rho_S \cdot V_S^2 \cdot S_S \quad 9.8$$

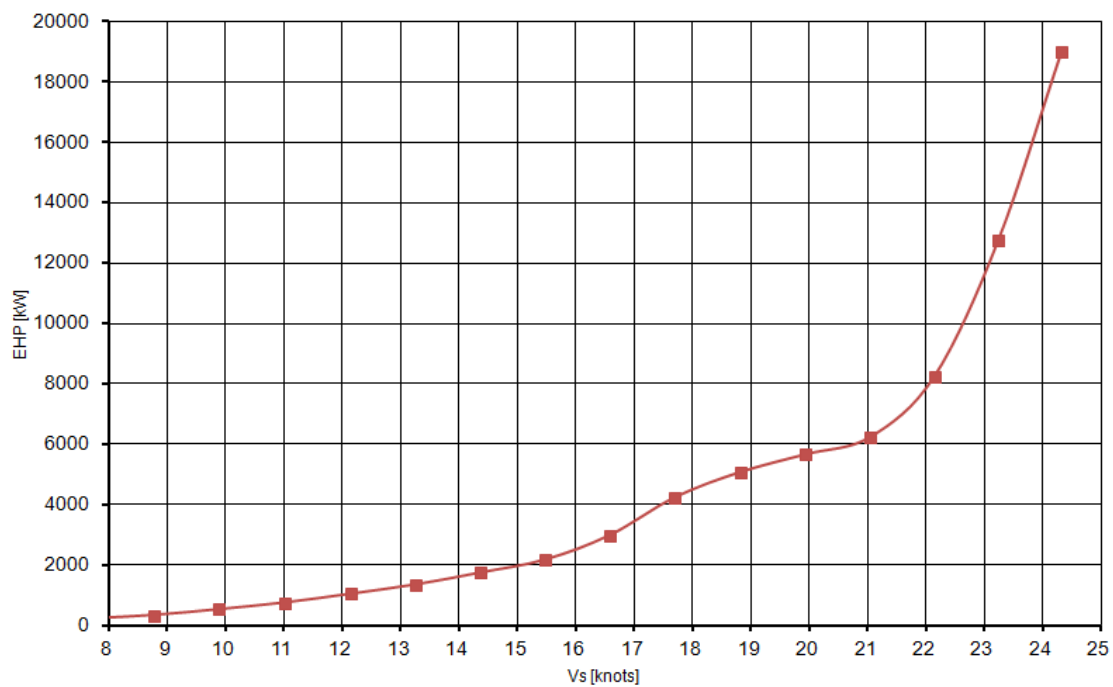
όπου S_S είναι η βρεχόμενη επιφάνεια του υπό μελέτη πλοίου.

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_{TS} και η ισχύς πρόωσης EHP παρουσιάζονται στον **Πίνακα 9.6**.

Πίνακας 9.6: Τελική Αντίσταση και Απαιτούμενη Ισχύς Πρόωσης Γυμνής Γάστρας

V_s (kn)	R_{Ts} (kp)	EHP (kW)
8,8	7609,1	337,2
9,9	10560,5	526,8
11,0	13491,8	749,8
12,2	16983,2	1041,2
13,3	20182,4	1351,1
14,4	24002,3	1739,4
15,5	27806,6	2171,7
16,6	35711,1	2990,1
17,7	47448,9	4237,6
18,8	53399,5	5069,8
19,9	56263,1	5661,5
21,0	58414,2	6186,8
22,1	73728,5	8237,7
23,2	108728,8	12749,0
24,3	154851,5	19004,5

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

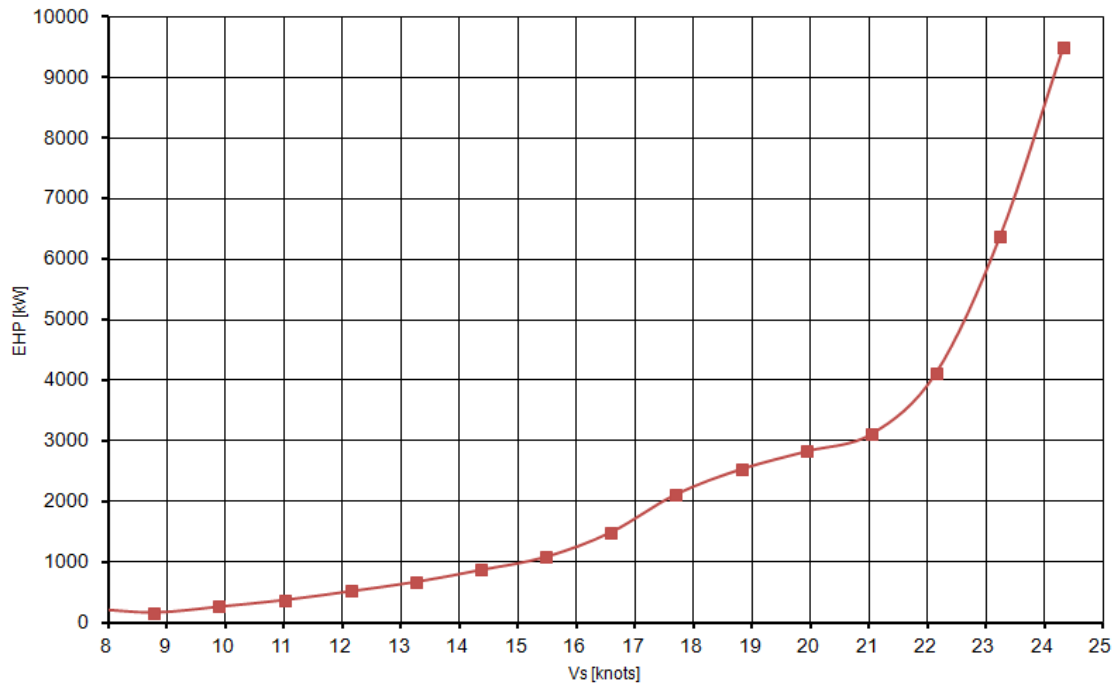


Σχήμα 9.1: Διάγραμμα Απαιτούμενης Ισχύος Πρόωσης Γυμνής Γάστρας ως Συνάρτηση της Ταχύτητας

Καθώς το πλοίο είναι δίγαστρο, η συνολική αντίσταση θα ισομοιράζεται στις δύο ημιγάστρες. Έτσι λοιπόν, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας και το αντίστοιχο διάγραμμα που αφορούν τη μια μόνο ημιγάστρα του πλοίου.

Πίνακας 9.7: Τελική Αντίσταση και Απαιτούμενη Ισχύς Πρόωσης Γυμνής Γάστρας για τη Μία Ημιγάστρα

V_S (kn)	R_{TS} (kp)	EHP (kW)
8,8	3804,5	168,6
9,9	5280,2	263,4
11,0	6745,9	374,9
12,2	8491,6	520,6
13,3	10091,2	675,5
14,4	12001,1	869,7
15,5	13903,3	1085,8
16,6	17855,5	1495,1
17,7	23724,4	2118,8
18,8	26699,8	2534,9
19,9	28131,5	2830,8
21,0	29207,1	3093,4
22,1	36864,3	4118,8
23,2	54364,4	6374,5
24,3	77425,7	9502,2



Σχήμα 9.2: Διάγραμμα Απαιτούμενης Ισχύος Πρόωσης Γυμνής Γάστρας της Μιας Ημιγάστρας ως Συνάρτηση της Ταχύτητας

Το σημείο που προκύπτει από τον **Πίνακα 9.7** για τη ταχύτητα υπηρεσίας των 21 κόμβων και αναφέρεται στη μία ημιγάστρα είναι το εξής:

V _s (kn)	R _{TS} (kp)	EHP (kW)
21	29207,1	3093,38

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. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να σημειώσουμε πως μέσω του προγράμματος GRID (Grid 2000) μελετούμε μόνο τη

μια ημιγάστρα καθώς το πρόγραμμα δεν καλύπτει δίγαστρα πλοία. Έτσι, θα μελετήσουμε τη μια μόνο ημιγάστρα και θα θεωρήσουμε πως έχει τη μισή ακριβώς αντίσταση ρυμούλκησης R_T από τη συνολική, όπως φαίνεται στον **Πίνακα 9.7** παραπάνω. 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 Έλικας

Ακολουθεί ο υπολογισμός των βασικών χαρακτηριστικών της έλικας με την οποία θα είναι εξοπλισμένη κάθε ημιγάστρα.

Σύμφωνα με το Σχέδιο Γενικής Διάταξης και τις γραμμές του πλοίου, επιλέγουμε διάμετρο έλικας $D_{ελ}=2,80m$. Για την επιλογή της βέλτιστης έλικας είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τα παρακάτω στοιχεία και συντελεστές:

- Ποσοστό ομόρου w

$$\text{Schneekluth: } w_{Schneekluth} = 0,5 \cdot c_p \cdot \frac{1,6}{1 + \frac{D_{ελ}}{T}} \cdot \frac{16}{10 + \frac{L}{B}} = 0,263 \quad 9.9$$

$$\text{Kruger: } w_{Kruger} = 0,75 \cdot c_B - 0,24 = 0,191 \quad 9.10$$

$$\text{Heckscher: } w_{Heckscher} = 0,7 \cdot c_p - 0,18 = 0,262 \quad 9.11$$

$$\text{Troost: } w_{Troost} = 0,25 + 2,5(c_B - 0,6)^2 = 0,252 \quad 9.12$$

Το τελικό ποσοστό ομόρου w προκύπτει από τον μέσο όρο των παραπάνω εκτιμήσεων. Συνεπώς, $w = 0,242$.

- Συντελεστής μείωσης ώσης t

$$\text{Heckscher: } t_{Heckscher} = 0,5 \cdot c_p - 0,18 = 0,196 \quad 9.13$$

$$\text{Danckwardt: } t_{Danckwardt} = 0,52 \cdot c_B - 0,18 = 0,137 \quad 9.14$$

$$\text{Holtrop - Mennen: } t_{Holtrop-Mennen} = 0,325 \cdot c_B - 0,1885 \cdot \frac{D_{ελ}}{\sqrt{B \cdot T}} = 0,130 \quad 9.15$$

Ο τελικός συντελεστής μείωσης ώσης t προκύπτει από τον μέσο όρο των παραπάνω εκτιμήσεων. Συνεπώς, $t = 0,154$.

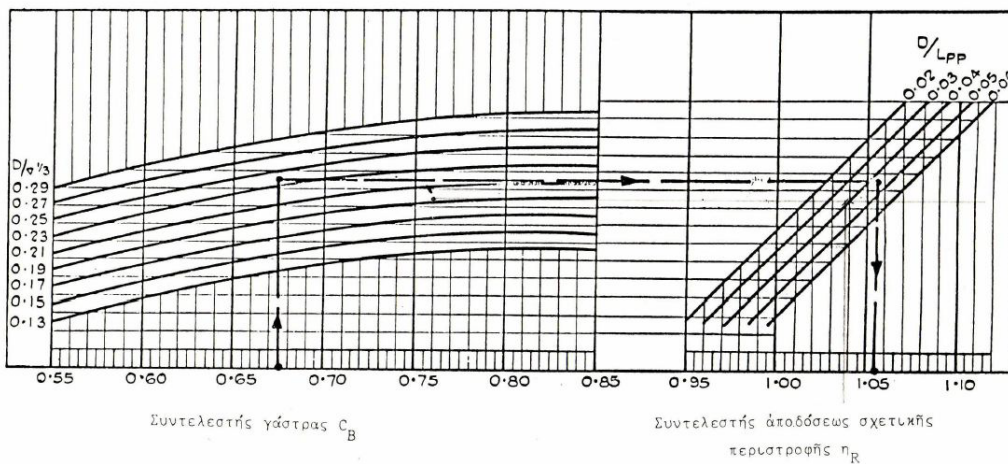
- Βαθμός σχετικής περιστροφής η_R

$$c_B = 0,574$$

$$\text{BSRA: } \frac{D_{ελ}}{L_{PP}} = 0,030 \quad 9.16$$

$$\frac{D_{ελ}}{\nabla^{1/3}} = 0,200$$

Έχοντας τα παραπάνω ως δεδομένα, μέσω του Σχήματος 9.4, βρίσκουμε $\eta_R = 0,98$.



Σχήμα 9.3: Διάγραμμα Υπολογισμού η_R

- Βαθμός απόδοσης άξονα η_S

$$\text{Θεωρούμε } \eta_S = 0.98 \quad 9.17$$

- Λόγος εκτεταμένης επιφάνειας A_E / A_0

Για τον υπολογισμό της εκτεταμένης επιφάνειας πρέπει να υπολογίσουμε πρώτα τα παρακάτω δεδομένα.

h : η κατακόρυφη απόσταση του κέντρου του άξονα από την επιφάνεια της θάλασσας, $h = T_d - \frac{D_{ελ}}{2} + 0.02 = 3,97m$

p_o : η στατική πίεση στο κέντρο του άξονα,

$$p_o = p_{atm} + \rho \cdot g \cdot h = 14274,15 \frac{kp}{m^2}$$

$$p_{atm} : \text{η πίεση ατμοποίησης του θαλασσινού νερού, } p_{atm} = 104,611 \frac{kp \cdot s^2}{m^4}$$

$$k = 0.2$$

Έτσι έχουμε:

$$\frac{A_E}{A_0} = \frac{(1.3 + 0.3 \cdot z) \cdot T}{(p_0 - p_v) \cdot D_{ελ}^2} + k = 1,03 \rightarrow \frac{A_E}{A_0} = 1,00 \quad 9.18$$

Τα δεδομένα που εισάγουμε στο πρόγραμμα Grid (Grid 2000) φαίνονται συγκεντρωτικά παρακάτω.

Διάμετρος έλικας=2,8m
 Λόγος εκτεταμένης επιφάνειας=1
 Αριθμός πτερυγίων=4
 Βαθμός απόδοσης άξονα=0,98
 Αριθμός προπελών = 1 (μελετάμε τη κάθε ημιγάστρα)
 Πυκνότητα θαλασσινού νερού=104,61 $\frac{kp \cdot s^2}{m^4}$
 Ταχύτητα πλοίου = 10,803 m/s
 Αντίσταση ημιγάστρας=29207,1kp
 Ποσοστό Ομόρου=0,242
 Συντελεστής μείωσης ώσης=0,154
 Βαθμός σχετικής περιστροφής =0,98

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

```
***** iso - V (or iso - pull) *****
V (knots)= 21.000 number of propellers= 1
```

rpm	P/D	T (kp)	Q (kp*m)	DHP (PS)	SHP (PS)	P.C.
525.3	0.50	34523.8	15539.1	11397.2	11629.8	0.362
444.2	0.60	34523.8	14226.5	8822.7	9002.8	0.467
388.6	0.70	34523.8	14212.7	7711.6	7869.0	0.535
348.1	0.80	34523.8	14794.2	7189.6	7336.3	0.573
317.1	0.90	34523.7	15686.0	6945.1	7086.8	0.594
292.7	1.00	34523.8	16757.4	6847.4	6987.1	0.602
256.2	1.20	34523.8	19192.7	6865.1	7005.2	0.601
242.0	1.30	34523.8	20479.2	6919.2	7060.5	0.596
229.5	1.40	34523.8	21764.6	6974.6	7116.9	0.591

Από τα παραπάνω αποτελέσματα βλέπουμε ότι ο μέγιστος βαθμός απόδοσης $P.C. = 0,602$ εμφανίζεται στην έλικα λόγου βήματος $P/D = 1$ στις $292,7rpm$ και με $SHP = 6987,1 = 5139kW$.

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 αντίσταση που εισάγουμε στο πρόγραμμα είναι πλέον 35048,5 kp. Η αναφορά που παίρνουμε από το πρόγραμμα φαίνεται παρακάτω:

```

***** iso - V (or iso - pull) *****
V (knots)= 21.000 number of propellers= 1
rpm   P/D   T (kp)  Q (kp*m)  DHP (PS)  SHP (PS)  P.C.
551.2  0.50  41428.5  17674.1   13602.7   13880.3   0.364
467.0  0.60  41428.5  16434.7   10715.3   10934.0   0.462
409.2  0.70  41428.5  16593.7   9479.8    9673.3    0.522
366.9  0.80  41428.5  17393.6   8911.3    9093.1    0.555
334.7  0.90  41428.5  18527.1   8657.6    8834.3    0.571
309.2  1.00  41428.5  19853.3   8570.7    8745.6    0.577
271.2  1.20  41428.5  22816.5   8638.8    8815.1    0.573
256.4  1.30  41428.5  24368.0   8722.8    8900.8    0.567
243.4  1.40  41428.5  25912.5   8805.3    8985.0    0.562

```

Από τα παραπάνω αποτελέσματα βλέπουμε ότι για $P/D = 1$ έχουμε $P.C. = 0,577$, $n = 309,2rpm$ και $SHP = 8745,6 = 6432,4kW$.

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	292,7	5353,1
Ρυπασμένη Γάστρα & Κακοκαιρία	309,2	6700,4

Με γνωστό, πλέον, το λόγο $P/D=1$, 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 9.8-9.9**. Στους πίνακες αυτούς η αντίσταση έχει προκύψει από τον **Πίνακα 9.7**, 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 $\eta_G=0,96$.

Πίνακας 9.8: Αποτελέσματα GRID για Όλες της Ταχύτητες και Καθαρή Ημιγάστρα

ΚΑΘΑΡΗ ΓΑΣΤΡΑ					
Ταχύτητα πλεύσης του πλοίου	Αντίσταση Ημιγάστρας	Ισχύς στον Άξονα	Βαθμός Απόδοσης	Τελική Ισχύς Κινητήρα	Βαθμός Απόδοσης
V_s	R_T	SHP	$P.C.$	BHP	η_{total}
<i>knots</i>	<i>kp</i>	<i>kW</i>	<i>kW</i>	<i>kW</i>	<i>kW</i>
8,8	3804,5	264,5	0,638	275,5	0,612
9,9	5280,2	420,0	0,628	437,5	0,603
11,0	6745,9	601,0	0,624	626,0	0,599
12,2	8491,6	839,6	0,620	874,6	0,595
13,3	10091,2	1089,3	0,620	1134,7	0,595
14,4	12001,1	1406,0	0,619	1464,6	0,594
15,5	13903,3	1753,9	0,619	1827,0	0,594
16,6	17855,5	2471,8	0,605	2574,8	0,581
17,7	23724,4	3628,4	0,584	3779,6	0,561
18,8	26699,8	4335,6	0,585	4516,3	0,562
19,9	28131,5	4770,2	0,593	4969,0	0,569
21,0	29207,1	5139,0	0,602	5353,1	0,578
22,1	36864,3	7039,0	0,585	7332,3	0,562
23,2	54364,4	11743,7	0,543	12233,0	0,521
24,3	77425,7	18887,9	0,503	19674,9	0,483

Πίνακας 9.9: Αποτελέσματα GRID για Όλες τις Ταχύτητες και Ρυπασμένη Γάστρα & Κακοκαιρία

ΡΥΠΑΣΜΕΝΗ ΓΑΣΤΡΑ & ΚΑΚΟΚΑΙΡΙΑ					
Ταχύτητα πλεύσης του πλοίου	Αντίσταση Ημιάστρας	Ισχύς στον Άξονα	Βαθμός Απόδοσης	Ισχύς Κινητήρα	Βαθμός Απόδοσης
V_s	R_T	SHP	$P.C.$	BHP	η_{total}
<i>knots</i>	<i>kp</i>	<i>kw</i>	<i>kw</i>	<i>kw</i>	<i>kw</i>
8,8	4565,4	328,3	0,617	342,0	0,592
9,9	6336,2	522,6	0,605	544,4	0,581
11,0	8095,1	748,6	0,601	779,8	0,577
12,2	10189,9	1046,8	0,597	1090,4	0,573
13,3	12109,4	1358,0	0,597	1414,6	0,573
14,4	14401,3	1753,6	0,595	1826,7	0,571
15,5	16684,0	2187,5	0,595	2278,6	0,571
16,6	21426,6	3092,1	0,58	3220,9	0,557
17,7	28469,3	4557,2	0,558	4747,1	0,536
18,8	32039,8	5445,0	0,559	5671,9	0,537
19,9	33757,8	5981,0	0,568	6230,2	0,545
21,0	35048,5	6432,4	0,577	6700,4	0,554
22,1	44237,2	8839,5	0,559	9207,8	0,537
23,2	65237,3	14846,7	0,515	15465,3	0,494
24,3	92910,8	24004,5	0,475	25004,7	0,456

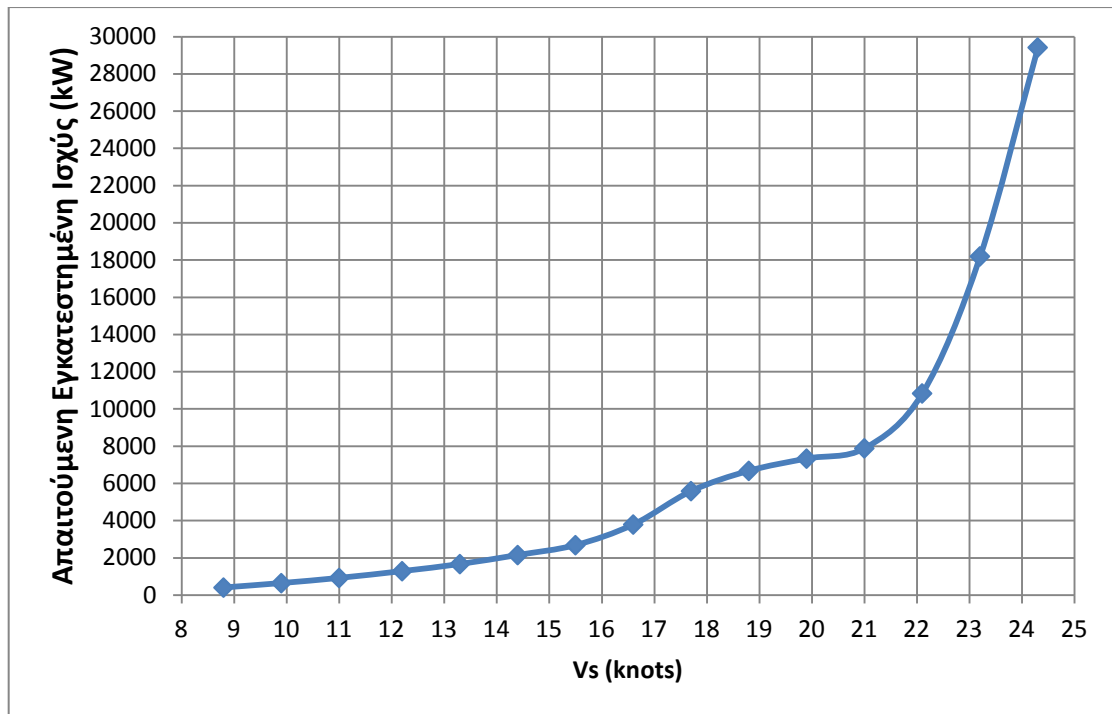
Επιλογή Κύριας Μηχανής

Για την επιλογή της κύριας μηχανής θα θεωρήσουμε ότι οι κύριες μηχανές δουλεύουν στο 85% του *MCR* τους. Έτσι, προκύπτει ο **Πίνακας 9.10** 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 9.9** για ρυπασμένη γάστρα, διαιρεμένη με 0,85.

Πίνακας 9.10: Τελική Απαίτηση Εγκατεστημένης Ισχύος

Ταχύτητα πλεύσης του πλοίου	Απαιτούμενη Εγκατεστημένη Ισχύς
V_s	<i>BHP</i>
<i>knots</i>	<i>kW</i>
8,8	402,4
9,9	640,5
11,0	917,4
12,2	1282,8
13,3	1664,2
14,4	2149,1
15,5	2680,7
16,6	3789,3
17,7	5584,8
18,8	6672,8
19,9	7329,6
21,0	7882,8
22,1	10832,7
23,2	18194,5
24,3	29417,3

Παρακάτω, φαίνεται η διαγραμματική αναπαράσταση της τελικής απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος του πλοίου, συναρτήσει της ταχύτητας πλεύσης. Να σημειώσουμε πως η ισχύς αυτή αφορά τη μία κύρια μηχανή.



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

Για την ταχύτητα των 21 κόμβων έχουμε ως απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύ 7882,8 kW. Ως κατασκευαστής των κυρίων μηχανών, επιλέγεται η εταιρία ‘MAN’, και επιλέγουμε τη μεσόστροφη μηχανή 16V32/40 [IMO TIER II] (MAN Diesel & turbo 2013a) με $MCR = 8000kW$ στις 750RPM. Τα κύρια χαρακτηριστικά της μηχανής αυτής φαίνονται στο Παράρτημα ‘Ε’.

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	292,7	5353,1
Ρυπασμένη Γάστρα & Κακοκαιρία	309,2	6700,4

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

$$P = 2,1347 * 10^{-4} * n^3 \quad 9.19$$

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

$$P = 2,2667 * 10^{-4} * n^3 \quad 9.20$$

Επιλογή Μειωτήρα

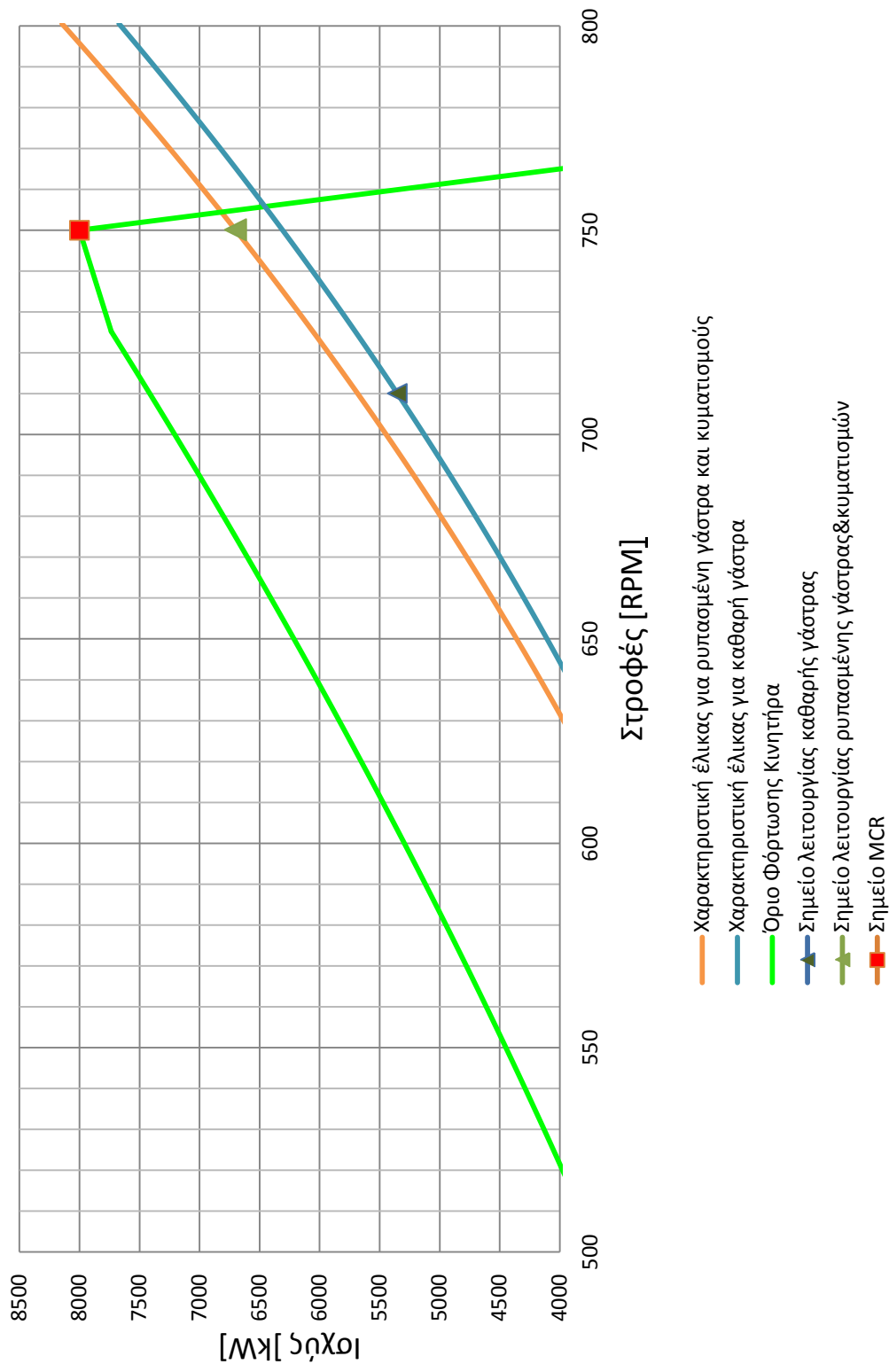
Στο σημείο αυτό, μπορούμε να υπολογίσουμε το λόγο μείωσης που θα πρέπει να έχει ο μειωτήρας. Θα τον υπολογίσουμε, σύμφωνα με τις στροφές της έλικας στην ρυπασμένη κατάσταση.

Έτσι θα έχουμε:

$$\lambda = \frac{750}{309,2} = 2,43 \quad 9.21$$

Επιλέγουμε ως μειωτήρα τον VLI6841 της REINTJES (REINTJES 2010), όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο οποίος αντέχει φορτίο έως και 8640kW και μπορεί να κατασκευαστεί για λόγους μείωσης 2,097 -2,556. Τα κύρια χαρακτηριστικά του μειωτήρα φαίνονται στο Παράρτημα 'Ε'.

Πλέον, μπορεί να κατασκευαστεί το Διάγραμμα Φόρτισης 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:



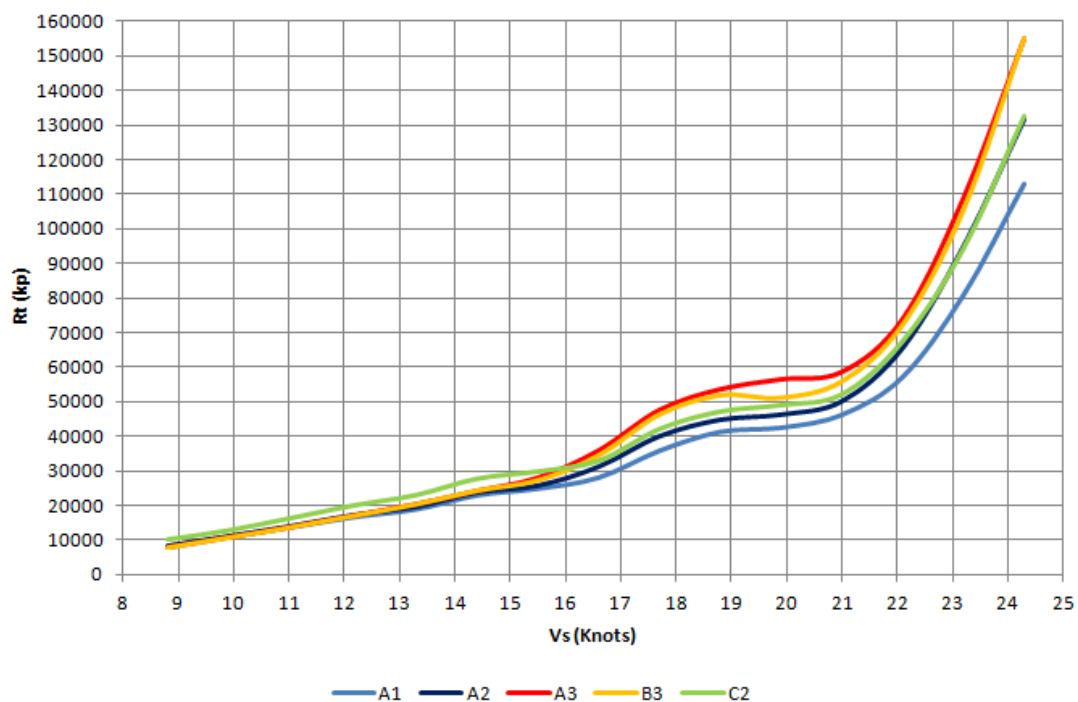
Σχήμα 9.5: Διάγραμμα Φόρτισης Κύριας Μηχανής

Αποτελέσματα υπολοίπων καταστάσεων

Στο σημείο αυτό θα παραθέσουμε τα αποτελέσματα για τη συνολική απαιτούμενη ισχύ πρόωσης του υπό μελέτη πλοίου για τις υπόλοιπες καταστάσεις που μελετήθηκαν πειραματικά στις δοκιμές αντίστασης. Ο υπολογισμός της αντίστασης για κάθε κατάσταση φόρτωσης έγινε μέσω της μεθόδου Hughes και παρουσιάζεται στο Παράρτημα 'ΣΤ'. Τα αποτελέσματα φαίνονται συνοπτικά παρακάτω στους **Πίνακες 9.11** και **9.12**. Να σημειώσουμε πως ο υπολογισμός της αντίστασης και της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης για την κατάσταση A3 παρουσιάστηκε αναλυτικά παραπάνω. Χάρην σύγκρισης των καταστάσεων θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της και στο παρόν υποκεφάλαιο.

Πίνακας 9.11: Αποτελέσματα Αντίστασης – Καθαρή Γάστρα

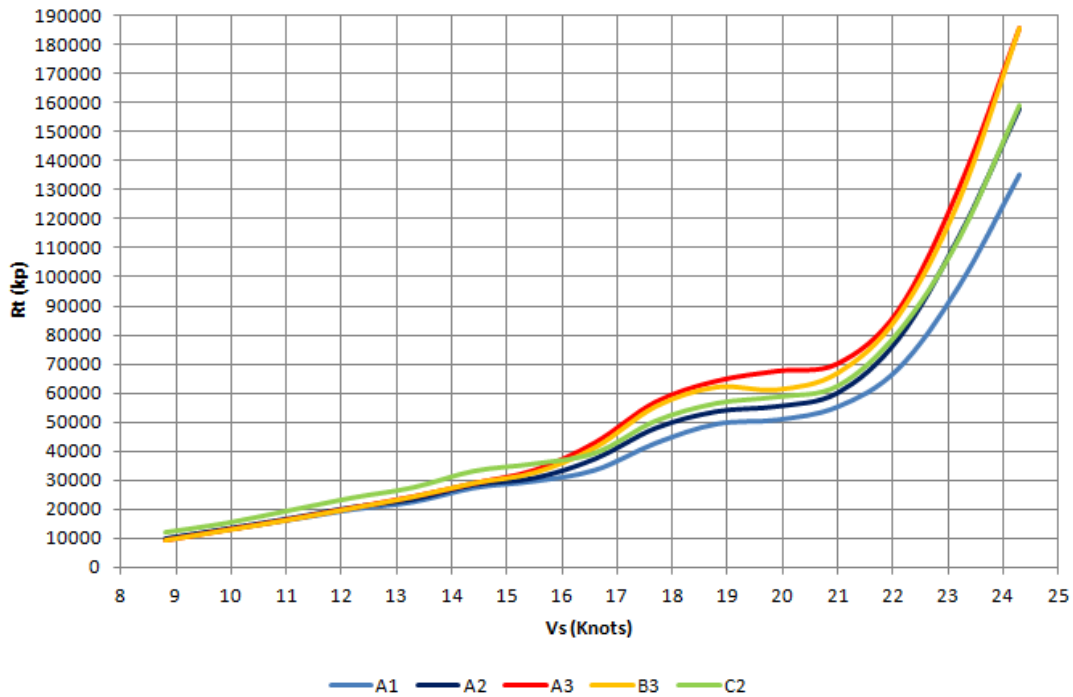
Vs knots	R _T [kp]				
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₃	C ₂
8,8	8184,1	8090,3	7609,1	7892,4	10187,8
9,9	10737,4	10904,5	10560,5	10761,0	12806,5
11,0	13484,3	13759,1	13491,8	13683,6	16286,3
12,2	16590,1	17122,4	16983,2	17164,3	20117,9
13,3	18772,8	19416,1	20182,4	20391,7	23052,1
14,4	22819,3	23555,7	24002,3	24336,7	27755,4
15,5	24738,2	25543,4	27806,6	27320,3	29866,2
16,6	27954,7	31044,1	35711,1	34562,8	32950,2
17,7	35711,5	39864,0	47448,9	46342,1	42156,1
18,8	41195,5	44606,8	53399,5	51907,4	47182,0
19,9	42387,1	46097,7	56263,1	51163,9	49047,2
21,0	46132,5	49962,7	58414,2	55927,3	52162,2
22,1	57083,7	65424,9	73728,5	72312,3	67564,7
23,2	80787,5	94777,8	108728,8	105441,2	94370,4
24,3	112919,9	131576,9	154851,5	154978,9	132608,9



Σχήμα 9.6: Καμπύλες Αντίστασης Καθαρής Γάστρας Συναρτήσεως της Ταχύτητας για Όλες τις Καταστάσεις Πλεύσης

Πίνακας 9.12: Αποτελέσματα Αντίστασης – Ρυπασμένη Γάστρα και Κυματισμοί

Vs knots	R_T [kp]				
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₃	C ₂
8,8	9820,9	9708,3	9130,9	9470,8	12225,3
9,9	12884,9	13085,3	12672,6	12913,2	15367,8
11,0	16181,1	16511,0	16190,2	16420,3	19543,6
12,2	19908,1	20546,9	20379,8	20597,2	24141,4
13,3	22527,4	23299,4	24218,9	24470,1	27662,5
14,4	27383,2	28266,9	28802,8	29204,0	33306,5
15,5	29685,8	30652,0	33367,9	32784,4	35839,4
16,6	33545,6	37252,9	42853,3	41475,3	39540,3
17,7	42853,8	47836,8	56938,7	55610,5	50587,3
18,8	49434,6	53528,2	64079,4	62288,9	56618,4
19,9	50864,5	55317,2	67515,7	61396,7	58856,6
21,0	55359,0	59955,2	70097,0	67112,8	62594,7
22,1	68500,4	78509,8	88474,2	86774,8	81077,6
23,2	96945,0	113733,4	130474,6	126529,4	113244,4
24,3	135503,9	157892,3	185821,8	185974,7	159130,7

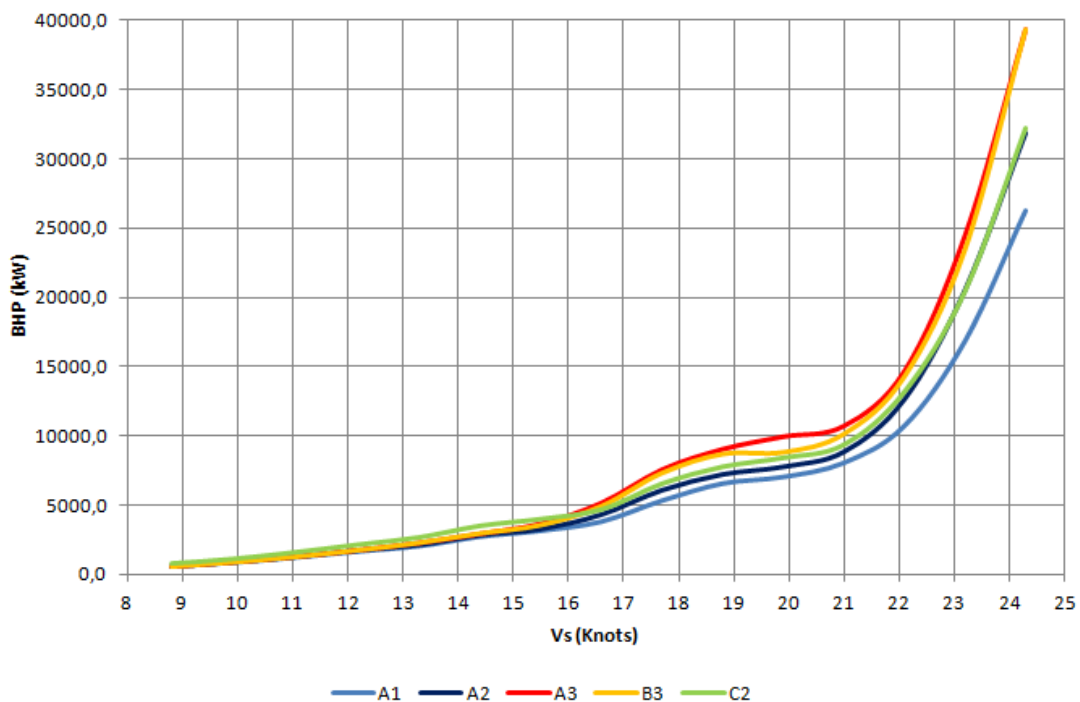


Σχήμα 9.7: Καμπύλες Αντίστασης Ρυπασμένης Γάστρας και Κυματισμών Συναρτήσεως της Ταχύτητας για Όλες τις Καταστάσεις Πλεύσεως

Στη συνέχεια, εκτελούμε το πρόγραμμα GRID (GRID 2000) για την εκάστοτε ταχύτητα και αντίσταση και υπολογίζουμε την απαιτούμενη ισχύ στον άξονα *SHP*. Να σημειώσουμε πως, επειδή το πρόγραμμα δεν υποστηρίζει δίγαστρα, εισάγουμε τη μισή αντίσταση και έχουμε ως αποτέλεσμα την ισχύ *SHP* της μίας κύριας μηχανής (για τη μία ημιγάστρα). Ακολούθως, διπλασιάζουμε την ισχύ αυτή και τη διαιρούμε με 0,96 για να συνυπολογίσουμε τις απώλειες στο μειωτήρα. Έτσι, υπολογίζουμε τη συνολική απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύ του πλοίου *BHP*. Η ισχύς αυτή παρουσιάζεται στους **Πίνακες 9.13** και **9.14** για καθαρή και ρυπασμένη γάστρα αντίστοιχα. Η διαγραμματική απεικόνιση της γίνεται στα **Σχήματα 9.7** και **9.8**.

Πίνακας 9.13: Απαιτούμενη Εγκατεστημένη Ισχύς – Καθαρή Γάστρα

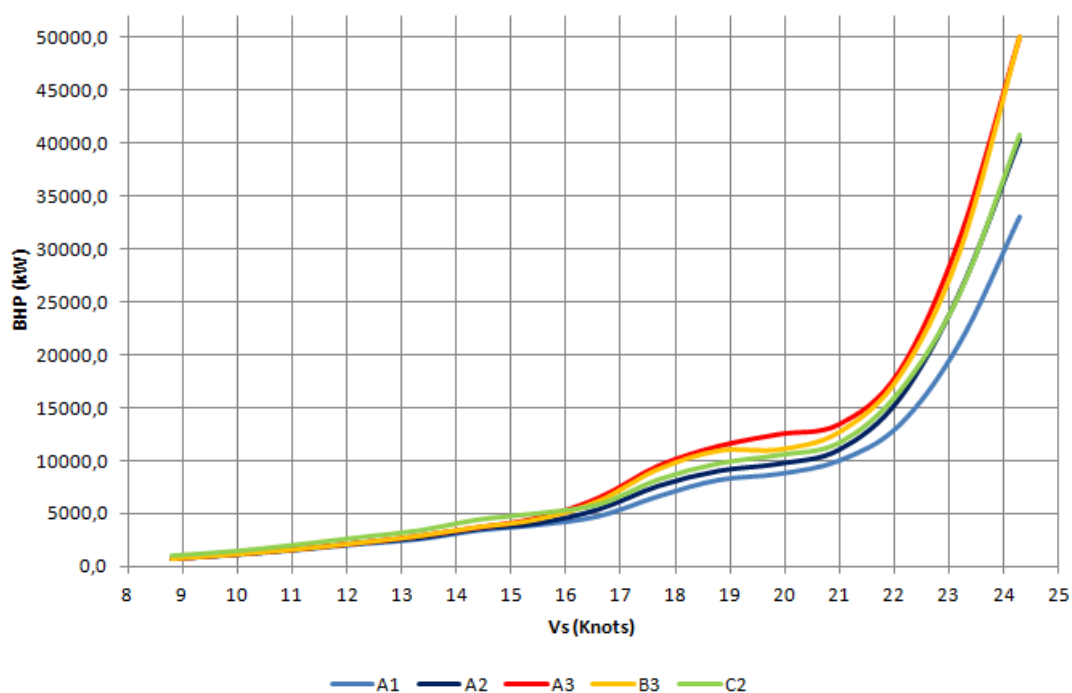
Vs knots	BHP [kW]				
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₃	C ₂
8,8	600,8	592,7	551,0	575,7	781,3
9,9	892,7	909,3	875,0	895,0	1103,3
11,0	1249,7	1280,1	1252,0	1271,8	1569,1
12,2	1705,3	1770,7	1749,2	1775,9	2151,6
13,3	2084,5	2169,4	2269,4	2300,0	2666,5
14,4	2762,0	2868,5	2929,2	2982,5	3496,4
15,5	3184,1	3306,7	3654,0	3581,7	3986,1
16,6	3843,3	4350,9	5149,6	4949,6	4672,6
17,7	5348,8	6105,6	7559,2	7340,1	6535,1
18,8	6582,4	7244,1	9032,6	8718,0	7755,2
19,9	7053,1	7794,3	9938,0	8838,4	8397,7
21,0	8067,1	8867,7	10706,2	10155,3	9336,9
22,1	10727,6	12650,4	14664,6	14303,5	13157,8
23,2	16829,5	20539,6	24466,0	23505,5	20428,5
24,3	26195,0	31849,6	39349,8	39381,0	32171,7



Σχήμα 9.8: Απαιτούμενη Εγκατεστημένη Ισχύς για Καθαρή Γάστρα Συναρτήσεως της Ταχύτητας για Όλες τις Καταστάσεις Πλεύσης

Πίνακας 9.14: Απαιτούμενη Εγκατεστημένη Ισχύς – Ρυλασμένη Γάστρα και Κυματισμοί

Vs knots	BHP [kW]				
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₃	C ₂
8,8	747,3	736,9	684,0	715,3	977,8
9,9	1111,5	1132,7	1088,8	1114,4	1380,4
11,0	1556,8	1595,6	1559,6	1584,8	1964,9
12,2	2124,2	2207,9	2180,8	2214,5	2694,5
13,3	2592,9	2701,3	2829,2	2867,8	3336,1
14,4	3439,2	3575,1	3653,4	3720,9	4377,5
15,5	3957,1	4113,4	4557,2	4464,3	4980,9
16,6	4774,3	5421,6	6441,8	6186,3	5832,4
17,7	6667,3	7634,0	9494,2	9213,8	8183,2
18,8	8210,2	9055,5	11343,8	10941,3	9709,1
19,9	8775,7	9721,5	12460,4	11055,6	10492,2
21,0	10030,5	11051,8	13400,8	12696,4	11650,8
22,1	13381,5	15839,0	18415,6	17954,9	16488,2
23,2	21132,9	25890,4	30930,6	29699,5	25747,9
24,3	33080,3	40351,1	50009,4	50051,2	40765,5



Σχήμα 9.9: Απαιτούμενη Εγκατεστημένη Ισχύς για Ρυλασμένη Γάστρα και Κυματισμούς Συναρτήσεως της Ταχύτητας για Όλες τις Καταστάσεις Πλεύσης

Από τα **Διαγράμματα 9.7** και **9.8** μπορούμε να βρούμε τις μέγιστες ταχύτητες πλεύσης για κάθε κατάσταση φόρτωσης, έχοντας ως δεδομένο πως η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στο πλοίο μας είναι 16000kW. Οι μέγιστες ταχύτητες πλεύσης παρουσιάζονται στον **Πίνακα 9.15**.

Πίνακας 9.15: Μέγιστες Ταχύτητες Πλεύσης

Κατάσταση φόρτωσης	Καθαρή Γάστρα	Ρυπασμένη Γάστρα και Κυματισμοί
	V _{MAX} [knots]	V _{MAX} [knots]
A ₁	23,05	22,47
A ₂	22,57	22,12
A ₃	22,25	21,57
B ₃	22,30	21,92
C ₂	22,53	22,04

Όσον αφορά τις πραγματικές καταστάσεις φόρτωσης του υπό μελέτη πλοίου και το πώς αυτές προσομοιάζονται από τις A₁, A₂, A₃, B₁ και C₂ του προτύπου δοκιμών, έχουμε αρχικά πως η 'Full Load Departure' αντιστοιχεί στην κατάσταση A₃. Επομένως, όντας το πλοίο μας στην κατάσταση 'FLD', με τη μέγιστη ισχύ των 16000 θα μπορεί να φτάσει τους 22,25 κόμβους με καθαρή γάστρα και 21,57 κόμβους με ρυπασμένη & κυματισμούς. Η κατάσταση A₂ του προτύπου αντιστοιχεί στην 'Full Load Winter Departure' του υπό μελέτη πλοίου, καθώς εμφανίζει αντίστοιχο βύθισμα. Έτσι, σε αυτήν την κατάσταση το πλοίο θα μπορεί να φτάσει τους 22,57 κόμβους με καθαρή γάστρα και 22,12 κόμβους με ρυπασμένη & κυματισμούς. Τέλος, η κατάσταση A₁ του προτύπου αντιστοιχεί στην 'Only Passengers Arrival' του υπό μελέτη πλοίου, καθώς εμφανίζει αντίστοιχο βύθισμα. Έτσι, σε αυτήν την κατάσταση το πλοίο θα μπορεί να φτάσει τους 23,05 κόμβους με καθαρή γάστρα και 22,47 κόμβους με ρυπασμένη & κυματισμούς.

Όσον αφορά την κατάσταση 'Full Cars Departure', η οποία είναι μια κατάσταση στην οποία πολύ πιθανόν να πλέει το υπό μελέτη πλοίο τη θερινή περίοδο, βλέπουμε πως εμφανίζει μέσο βύθισμα 5,083m. Το βύθισμα αυτό δεν αντιστοιχεί σε κάποια κατάσταση δοκιμών αντίστασης, αλλά βρίσκεται ανάμεσα στα βυθίσματα της κατάστασης A₂ και της κατάστασης A₃. Έτσι, αναμένουμε το πλοίο σε αυτή τη κατάσταση να μπορεί να φτάσει μια ταχύτητα περίπου 22,4 κόμβους με καθαρή γάστρα και 21,8 κόμβους με ρυπασμένη γάστρα & κυματισμούς.

10. ΣΥΓΚΡΙΣΗ

Μεταφορική Ικανότητα

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

Για τους επιβάτες έχουμε ανά κατάστρωμα:

Πίνακας 10.1: Εμβαδόν Καταστρωμάτων Επιβατών

	Υπό μελέτη πλοίο (m ²)	Blue Star Delos (m ²)
1st Passenger Deck	2860	2680
2nd Passenger Deck	2785	2600
3rd Passenger Deck*	2730	2400
Σύνολο	8375	7680

*Τα εμβαδά αναφέρονται στους συνολικούς χώρους μαζί με τις καμπίνες, τους εξωτερικούς χώρους και τους χώρους εργασίας του πληρώματος.

Πίνακας 10.2: Θέσεις Επιβατών Καταστρωμάτων

	Υπό μελέτη πλοίο	Blue Star Delos
1st Passenger Deck indoor	1082	1050
1st Passenger Deck outdoor	-	166
2nd Passenger Deck indoor	407	604
2nd Passenger Deck cabins*	86	92
2nd Passenger Deck outdoor	424	306
3rd Passenger Deck outdoor	452	482
3rd Passenger Deck cabins*	-	24
Σύνολο	2451	2724

*Στον αριθμό επιβατών στις καμπίνες έχουν υπολογιστεί και τα Α.Μ.Ε.Α.

Πίνακας 10.3: Επιβάτες Θέρους-Χειμώνα

	Υπό μελέτη πλοίο	Blue Star Delos
Total Seats	2451	2724
Summer Passengers	2225	2400
Winter Passengers	1475 (66%)	1573 (65%)

Ο συνολικός αριθμός θέσεων έχει προκύψει βάσει του **Πίνακα 10.2**. 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 εκτός από τον χώρο του Self Service Restaurant, όπου έχουν υπολογιστεί 90 επιβάτες από τις 190 διαθέσιμες θέσεις. Η μείωση αυτή έγινε για την ομαλότερη λειτουργία του χώρου αυτού. 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 Delos', αν και υπάρχει ελάχιστα 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 Delos' 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 65 άτομα. Το πλοίο 'Blue Star Delos' έχει πλήρωμα 87 ατόμων. Η διαφορά αυτή μπορεί να δικαιολογηθεί εν μέρει από τον μικρότερο αριθμό επιβατών του υπό μελέτη πλοίου. Επίσης, το πλοίο 'Blue Star Delos' προσφέρει ένα αρκετά υψηλό επίπεδο ενδιαίτησης, το οποίο μεταφράζεται σε μεγαλύτερο αριθμό πληρώματος. Στο υπό μελέτη πλοίο επιλέξαμε ένα μέσο επίπεδο ενδιαίτησης, όπως φαίνεται και κατά τον υπολογισμό του βάρους των χώρων ενδιαίτησης.

Ακολουθεί η ανάλυση για τη μεταφορική ικανότητα του υπό μελέτη πλοίου σε οχήματα. Στον **Πίνακα 10.4** παρουσιάζεται η μεταφορική ικανότητα όταν χρησιμοποιείται το Ανυψούμενο Κατάστρωμα Οχημάτων και στον **Πίνακα 10.5** όταν δεν χρησιμοποιείται.

Πίνακας 10.4: Αριθμός Οχημάτων ανά Κατάστρωμα (with Hoistable Car Deck)

	Υπό μελέτη πλοίο	Blue Star Delos
Deck 1 cars*	-	21
Deck 2 cars	-	23
1 st Car Deck truck lanes (m)	240	209
1 st Car Deck cars	76	124
Hoistable Car Deck cars	76	100
2 nd Car Deck cars	122	100
Total Cars	274	368

*Στο πλοίο 'Blue Star Ferries' τοποθετούνται οχήματα και στα κατώτερα καταστρώματα.

Πίνακας 10.5: Αριθμός Οχημάτων ανά Κατάστρωμα (without Hoistable Car Deck)

	Υπό μελέτη πλοίο	Blue Star Delos
Deck 1 cars*	-	21
Deck 2 cars	-	23
1 st Car Deck truck lanes (m)	568	602
2 ^{ns} Car Deck cars	122	100
Total Cars	122	144

*Στο πλοίο 'Blue Star Ferries' τοποθετούνται οχήματα και στα κατώτερα καταστρώματα.

Γενικά, βλέπουμε πως στο υπό μελέτη πλοίο ο αριθμός των οχημάτων που μπορούν να μεταφερθούν δεν διαφέρει σημαντικά από αυτόν του 'Blue Star Delos'. Όποιες αποκλίσεις προς τα κάτω οφείλονται στη διάταξη των καταστρωμάτων οχημάτων, καθώς και στην ύπαρξη δύο πλαϊνών engine casings και όχι ενός κεντρικού όπως στο 'Blue Star Delos'. Επίσης, στο 'Blue Star Delos' τοποθετούνται οχήματα και σε δύο κατώτερα καταστρώματα, ενώ στο Δεύτερο Κατάστρωμα Οχημάτων τοποθετούνται και καμπίνες πληρώματος.

Βάρος Κενού Σκάφους

Πίνακας 10.6: Βάρος Κενού Σκάφους

	Υπό μελέτη πλοίο (t)	Blue Star Delos (t)
Lightship	3478,7	8400,2

Παρατηρούμε μια αρκετά μεγάλη διαφορά στο Βάρος κενού Σκάφους (Lightship). Αυτή η διαφορά οφείλεται κυρίως στον τύπο του πλοίου. Όπως είχαμε αναφέρει και στην εισαγωγή, αναμέναμε αρκετή μείωση του βάρους της μεταλλικής

κατασκευής. Σε μια δεύτερη αναλυτική προσέγγιση και μελέτη της αντοχής του υπό μελέτη πλοίου ίσως να αυξανόταν το βάρος της μεταλλικής κατασκευής, αλλά δεν προβλέπεται αυτή η αύξηση να είναι δραστική. Για τα βάρη του εξοπλισμού και της μηχανολογικής εγκατάστασης, ίσως και εκεί θα έπρεπε να περιμένουμε μια κάποια αύξηση γιατί κάποια επιμέρους μηχανήματα ή εξαρτήματα δεν έχουν μελετηθεί αναλυτικά, αλλά έχει υπολογιστεί το βάρος τους από εμπειρικούς τύπους. Επίσης, έχουμε αρκετά μικρότερες κύριες μηχανές, οι οποίες αποτελούν ένα σημαντικό μέρος του βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης. Τέλος, όσον αφορά το βάρος ενδιαίτησεως, εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από το επίπεδο ενδιαίτησης. Τελικά όμως, οι αυξήσεις που τυχόν να γίνουν σε περαιτέρω μελέτη δεν προβλέπεται να είναι ικανές να αυξήσουν δραστικά το βάρος του Lightship, και έτσι το υπό μελέτη πλοίο θα παραμείνει ελαφρύτερο από το 'Blue Star Delos'.

Ταχύτητα Υπηρεσίας

Πίνακας 10.7: Ταχύτητα Υπηρεσίας

	Υπό μελέτη πλοίο	Blue Star Delos
V_s [kn]	21	25,5

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.

Εγκατεστημένη Ισχύς Πρόωσης

Ακολουθεί η σύγκριση της εγκατεστημένης ισχύος πρόωσης.

Πίνακας 10.8: Εγκατεστημένη Ισχύς Πρόωσης

	Υπό μελέτη πλοίο	Blue Star Delos
P [kW]	16000	32000

Έχοντας επιλέξει σαφώς μικρότερη ταχύτητα από του 'Blue Star Delos', η αντίσταση που παρουσίασε το υπό μελέτη πλοίο είναι αρκετά μειωμένη. Έτσι,

ελαχιστοποιείται η συνολική απαίτηση ισχύος για πρόωση, γεγονός που συμφέρει και τον πλοιοκτήτη, ο οποίος δύναται να μειώσει τα έξοδα λειτουργίας του, αλλά και τον επιβάτη, ο οποίος θα μπορέσει αν ταξιδέψει πληρώνοντας ένα οικονομικό εισιτήριο σε σχέση με το αντίστοιχο του μονόγαστρου πλοίου.

Ολική & Καθαρή Χωρητικότητα

Πίνακας 10.9: Χωρητικότητες

	Υπό μελέτη πλοίο	Blue Star Delos
Gross	17096	18498
Net	5129	5578

Η ολική όπως και η καθαρή χωρητικότητα των δύο πλοίων είναι αρκετά κοντά. Παρουσιάζεται, όμως, μια μικρή μείωση στο υπό μελέτη πλοίο, το οποίο είναι θετικό από άποψη φορολογίας και δασμών στα λιμάνια.

Γενική Σύγκριση

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά τα διάφορα χαρακτηριστικά του υπό μελέτη πλοίου και του πλοίου 'Blue Star Delos'.

Πίνακας 10.10: Main Particulars

NAME OF VESSEL	BLUE STAR DELOS	ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ
TYPE OF VESSEL	RO-RO PASSENGER	RO-RO PASSENGER
LENGTH OVER ALL (m)	145,9	103,94
LENGTH P.P. (m)	133,5	91,72
MAX BREADTH (m)	23,2	32,2
DEPTH (MAIN DECK) (m)	8,4	9,57
MAX SUMMER DRAUGHT (m)	5,9	5,469
GROSS TONNAGE (INTERNATIONAL)	18498	17096
TOTAL BREAK HORSE POWER (kW)	32000	16000
LIGHT SHIP (t)	8400,7	3478,7
DISPLACEMENT - FLD(t)	10692	5129,2
DWT - FLD(t)	2270	1650,5
LANE METERS CAPACITY (m) (TRAILERS)	602 + 144 cars	568+122cars
CARS CAPACITY*	430	328
NUMBER OF PASSENGERS (SUMMER)	2400	2225
NUMBER OF PASSENGERS (WINTER)	1573	1475
PASSENGER BERTH	118	92
CREW	87	65
SERVICE SPEED (Knots)	25,5	21

*Το νούμερο αυτό αφορά την περίπτωση που είναι φορτωμένα όλα τα καταστρώματα με Ι.Χ. επιβατηγά. Για το First Car Deck υπολογίζουμε από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης ότι μπορεί να φορτωθεί με 130 Ι.Χ., μια μέτρηση που δεν έχει γίνει σε προηγούμενο στάδιο της μελέτης.

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 Catamaran 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 Delos', το οποίο είναι ένα πλοίο παρεμφερούς μεταφορικής ικανότητας, εξάγουμε το δεδομένο πως το δίγαστρο πλοίο προσφέρει μια πολύ πιο φτηνή λύση όσον αφορά το κόστος κατασκευής αλλά και λειτουργίας. Παράγοντες που επηρεάζουν τα μειωμένα αυτά κόστη είναι κυρίως το βάρος της μεταλλικής κατασκευής και η απαιτούμενη ισχύς πρόωσης (σε συνδυασμό όμως με μια σημαντική μείωση της ταχύτητας). Γεγονός είναι πως στο δίγαστρο πλοίο μπορούμε να έχουμε ένα εμβαδόν καταστρωμάτων παρόμοιο με του μονόγαστρου πλοίου περιορίζοντας ταυτόχρονα πολύ το βάρος της μεταλλικής κατασκευής και κατ' επέκταση το βάρος του άφορτου σκάφους. Σε συνδυασμό με τη μεγάλη ευστάθεια, την οποία έχουν τα δίγαστρα 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 και έτσι να μειώσουμε δραστικά το κόστος κτίσης του πλοίου. Αυτό σίγουρα θα ενδιέφερε τον εκάστοτε πλοιοκτήτη που θα σκεφτόταν να κάνει μια τέτοια επένδυση.

Επίσης, ένας άλλος μεγάλος παράγοντας που επηρεάζει το κόστος είναι η απαιτούμενη ισχύς πρόωσης και κατ' επέκταση η εγκατεστημένες κύριες μηχανές. Για την επιλεχθείσα ταχύτητα υπηρεσίας, η απαίτηση σε ισχύ πρόωσης του υπό μελέτη πλοίου έχει μειωθεί αρκετά, λόγω της μειωμένης αντίστασης που παρουσιάζει. Παράλληλα, η ταχύτητα των 21 κόμβων που επιλέξαμε ως υπηρεσιακή ταχύτητα του πλοίου είναι αρκετά ικανοποιητική και κρίνεται πως δεν υπάρχει λόγος να κινηθούμε σε υψηλότερες ταχύτητες. Η επιλογή αυτή προσφέρει στον πλοιοκτήτη αφενός ένα χαμηλό κόστος λειτουργίας του πλοίου (λόγω της τιμής του πετρελαίου) και αφετέρου χαμηλό κόστος κτίσης λόγω της φθηνότερης μηχανολογικής εγκατάστασης. Ακόμη, το χαμηλό κόστος λειτουργίας μεταφράζεται και σε χαμηλά ναύλα για τον επιβάτη. Έτσι, το πλοίο γίνεται πιο ελκυστικό στον επιβάτη έναντι ενός αντίστοιχου μονόγαστρου πλοίου, καθώς θα έχει την ίδια εξυπηρέτηση με αρκετά μειωμένο κόστος εισιτηρίου.

12. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία επιδέχεται των ακόλουθων περαιτέρω αναπτύξεων.

- Μελέτη της συμπεριφοράς σε κυματισμούς (seakeeping), καθώς όπως γνωρίζουμε είναι ένα θέμα που απασχολεί αρκετά τα δίγαστρα πλοία και που ίσως είναι ένα από τα κύρια μειονεκτήματά τους.
- Μελέτη ελικτικών ικανοτήτων (maneuvering) του υπό μελέτη πλοίου.
- Περεταίρω μελέτη και αναλυτικότερος υπολογισμός της αντοχής των κατασκευαστικών στοιχείων του πλοίου ακόμα και σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας (στατικές & δυναμικές καταπονήσεις), με ευρεία χρήση πεπερασμένων στοιχείων σε κατάλληλο πρόγραμμα Η/Υ - Αναλυτική μελέτη διαμήκους αντοχής.
- Μελέτη για την επιλογή των υλικών κατασκευής του πλοίου. (Για παράδειγμα, οι υπερκατασκευές μπορεί να κατασκευαστούν από αλουμίνιο, μειώνοντας το συνολικό βάρος του Lightship, αυξάνοντας όμως το κόστος, γεγονός που χρήζει διερεύνησης).
- Αναλυτικότερος υπολογισμός των διαφόρων βαρών που συνθέτουν το κενό σκάφος (μηχανολογική εγκατάσταση, εξοπλισμός, ενδιαίτηση).
- Πλήρης μοντελοποίηση όλων των χώρων του πλοίου ώστε να γίνει βελτιστοποίηση της επιβίβασης ή αποβίβασης των επιβατών και των Ι.Χ. αυτοκινήτων σε κατάλληλο πρόγραμμα Η/Υ.
- Βελτιστοποίηση της κίνησης των επιβατών μέσα στους χώρους ενδιαίτησης κατά την κανονική λειτουργία του πλοίου, αλλά και σε περίπτωση βλάβης ή πυρκαγιάς (μελέτη και κατάστρωση σχεδίου εκκένωσης).
- Αναλυτική μελέτη και σχεδίαση των χώρων των μηχανοστασίων καθώς και επιλογή και διάταξη όλων των επιμέρους μηχανημάτων που ίσως να απαιτούνται για τη λειτουργία του.
- Μια πλήρης τεχνοοικονομική μελέτη του πλοίου, ώστε να καθοριστούν τα λοιπά κόστη (κτίσεως, λειτουργίας) όπου θα καταστήσουν το πλοίο ικανό ή όχι να σταθεί στη ναυλαγορά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

BV 2002, *Rules for the Classification of High Speed Craft*, BUREAU VERITAS.

BV 2011, *Rules for the Classification of Steel Ships*, Bureau Veritas.

CARGOXPRESS 2011, *Model Tests for Calm Water Performance Seakeeping Tests*, Project: SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME TRANSPORT, Ship Design Laboratory NTUA, Athens.

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.

RAWSON, K & TUPPER, E 2002, *ΒΑΣΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΛΟΙΟΥ*, τόμος 1, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα.

RAWSON, K & TUPPER, E 2004, *ΒΑΣΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΛΟΙΟΥ*, τόμος 2, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα.

Res.A.749(18) 1993, *CODE ON INTACT STABILITY FOR ALL TYPES OF SHIPS COVERED BY IMO INSTRUMENTS*, IMO.

ResA.757(18) 1993, *Standars for the calculation of the width of stairways forming means of escape on passenger ships*, IMO.

SOLAS 1990, *International Convention of the Safety Of Life At Sea*, IMO.

SOLAS 2009, *International Convention of the Safety Of Life At Sea*, IMO.

ΚΑΡΥΔΗΣ, Π 2002, *ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα.

N.1594/ 1986, *Κύρωση της 133 Διεθνούς Σύμβασης Εργασίας για την ενδιαίτηση των πληρωμάτων των πλοίων (συμπληρωματικές διατάξεις)*, ΦΕΚ Α'65.

N.1637/ 1986, *Κύρωση της 92 Διεθνούς Σύμβασης Εργασίας, για την ενδιαίτηση των πληρωμάτων των πλοίων (αναθεωρητική 1949)*, ΦΕΚ Α'107.

N.Δ.973/ 1971, *Περί καταμετρήσεως της χωρητικότητας των εμπορικών πλοίων*, ΦΕΚ Α'194.

Νίκας, Κ 2012, *Πειραματική και αριθμητική διερεύνηση αντίστασης δίγαστρου πλοίου. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα.*

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 Ενδικοπήσεως και καθορισμού αριθμού επιβατών των επιβατηγών πλοίων, ΦΕΚ Α'110.*

Παπανικολάου, Α 2009, *Μελέτη Πλοίου, Α' τόμος, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα.*

Παπανικολάου, Α 2009, *Μελέτη Πλοίου, Β' τόμος, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα.*

Πολίτης, Γ 2008, *Αντίσταση και Πρόωση Πλοίου, Σημειώσεις, ΕΜΠ, Αθήνα.*

Σαμουηλίδης, Μ 2007, *Αντοχή Πλοίου, Σημειώσεις, ΕΜΠ, Αθήνα.*

Σκούπας, Σ 2011, *Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για τη Μελέτη και Σχεδίαση - Βελτιστοποίηση Επιβατηγών - Οχηματαγωγών Πλοίων Νέας Τεχνολογίας, διδακτορική διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα.*

Ιστοσελίδες

VIKING 2006a, *VIKING's evacuation dual chute system*, accessed 15 May 2013, <www.viking-life.com/viking.nsf/public/products-dualchutesystems.html>

VIKING 2006b, *VIKING liferafts*, accessed 15 May 2013, <<http://www.viking-life.com/viking.nsf/public/products-throwoverboard.html>>

VIKING 2006c, *MOB Rescue Boat by VIKING*, accessed 15 May 2013, <<http://www.viking-life.com/viking.nsf/public/products-mobboats.html>>

SCHAT HARDING 2011, *Partially Enclosed Lifeboats Systems*, accessed 15 May 2013, <<http://www.schat-harding.com/products/partially-enclosed-lifeboats-systems>>

VeriSTAR 2013, *VeriSTARInfo Rules Freeware*, accessed 17 May 2013, <http://www.veristar.com/wps/portal!/ut/p/_s.7_0_A/7_0_186N?content=veristari nfo,rulessoftware>]

Google 2013, *Google Earth*, accessed 5 May 2013, <<http://www.google.com/earth/index.html>>

Pinkfoot 2013, *Shipfinder*, accessed 5 May 2013, <www.shipfinder.co>

MAN Diesel & turbo 2013a, Low Speed *Marine Engines*, accessed 30 May 2013, <<http://www.mandieselturbo.com/0000857/Products/Marine-Engines-and-Systems/Low-Speed/Marine-Engine-Programme.html>>

MAN Diesel & turbo 2013b, Medium Speed *Marine GenSets*, accessed 30 May 2013, <<http://www.mandieselturbo.com/0000854/Products/Marine-Engines-and-Systems/GenSet-and-Diesel-Electric-Drives.html> >

REINTJES 2010, REINTJES Gear Products, accessed 30 May 2013, <<http://www.reintjes-gears.de/Products~0,2,0,0,0,0.htm>>

Προγράμματα Η/Υ

Autocad for Microsoft Windows 2012, software, version F.51.0.0, Autodesk Inc., San Rafael, California

Office Excel for Microsoft Windows 2007, software, version 12 SP3, Microsoft Corporation, Redmond, Washington

Marine Lines for Microsoft Windows 2006, software, version 12.0.4.0, AVEVA Group plc, High Cross, Cambridge

Marine Surface for Microsoft Windows 2006, software, version 12.0.4.0, AVEVA Group plc, High Cross, Cambridge

Marine CalcM for Microsoft Windows 2006, software, version 12.0.4.0, AVEVA Group plc, High Cross, Cambridge

Grid for Microsoft Windows 2000, software, version 2000, Gerasimos Politis

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Σχέδιο Γενικής Διάταξης του πλοίου (General Arrangement)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Σχέδιο Μέσης Τομής του πλοίου (Midship Section)

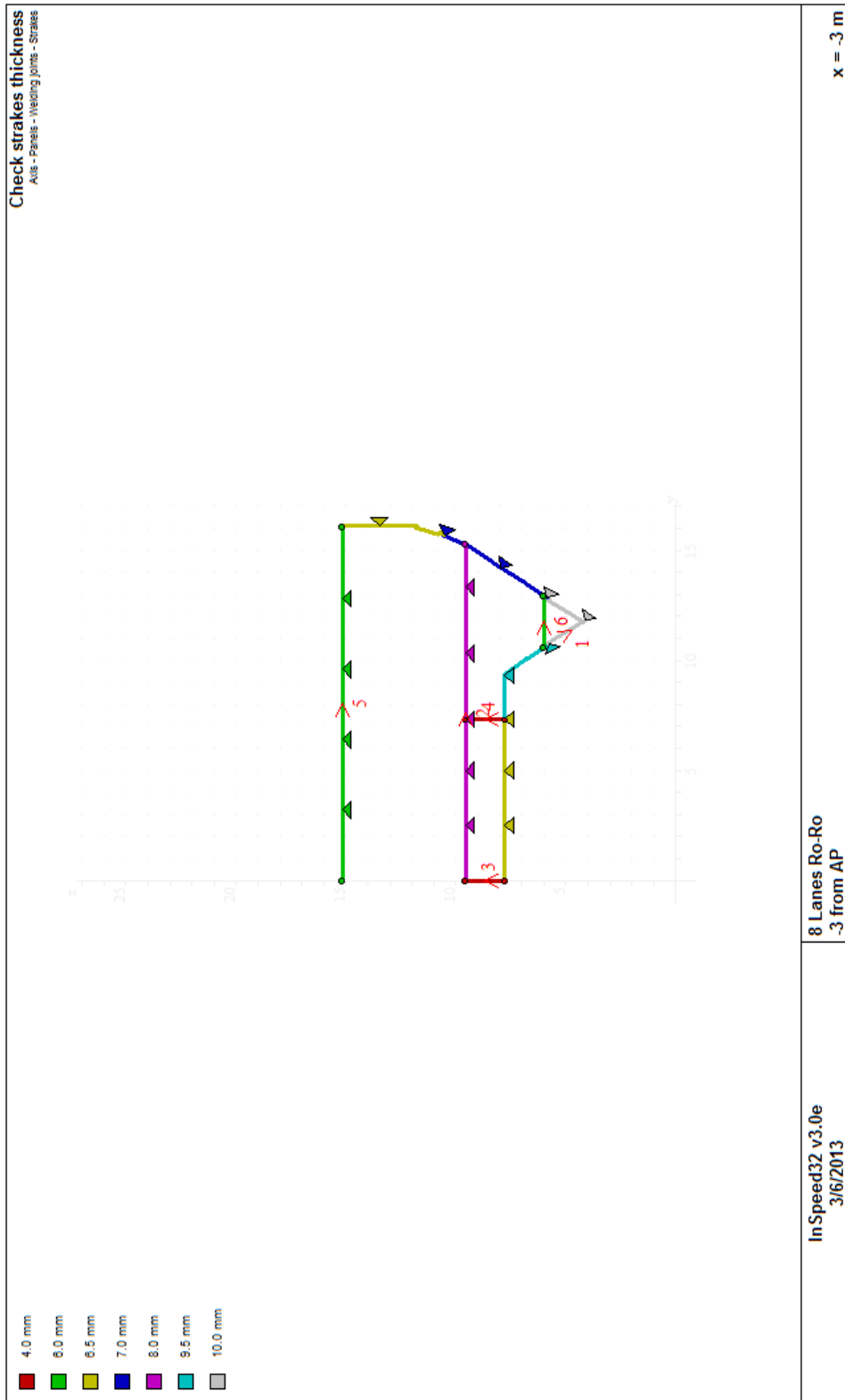
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Σχέδιο Καταστρωμάτων του πλοίου (Profile & Decks)

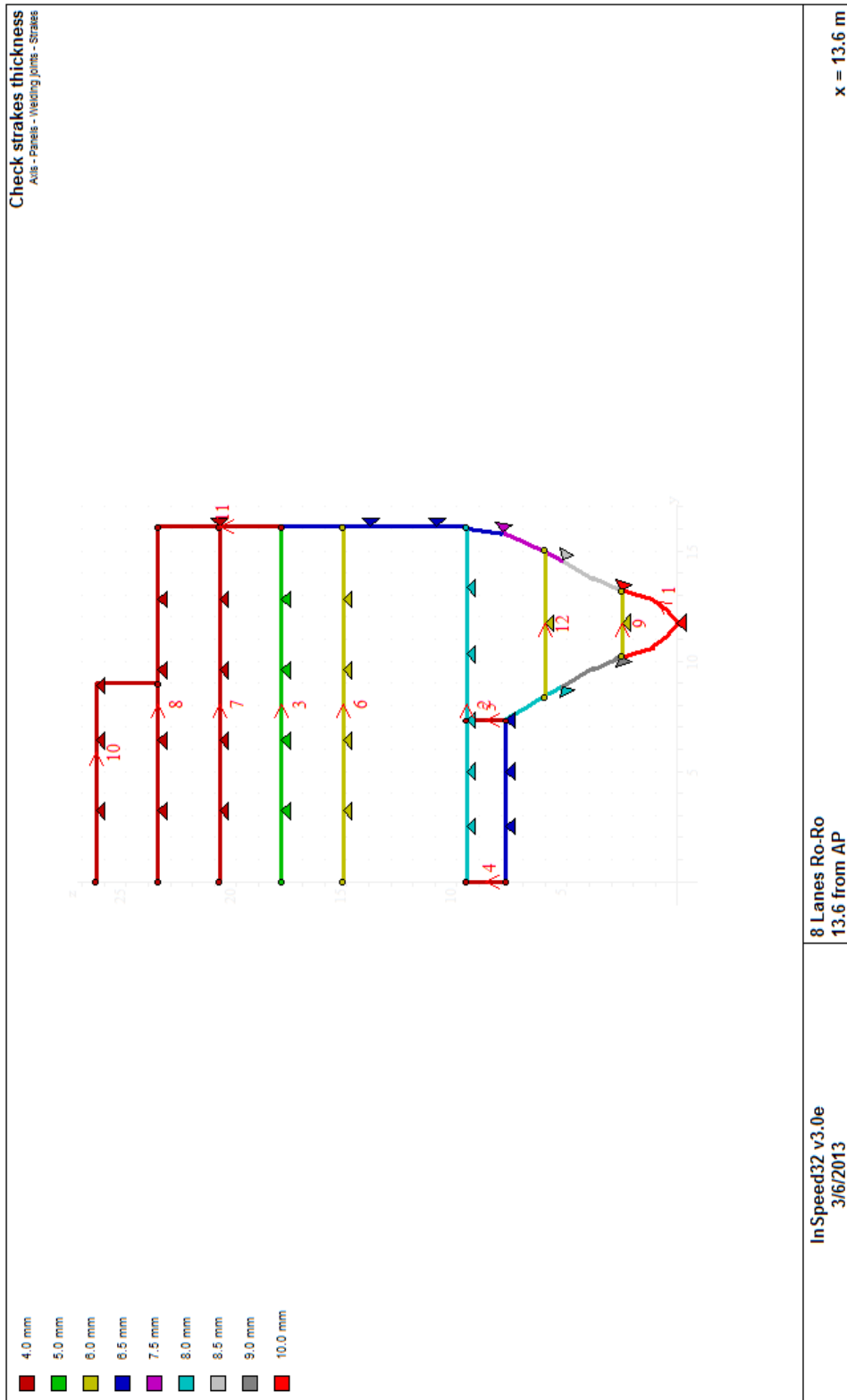
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Σχέδια εγκαρσίων τομών
του πλοίου σε επιλεγμένες ισαποστάσεις,
από την από την εφαρμογή Marspeed.

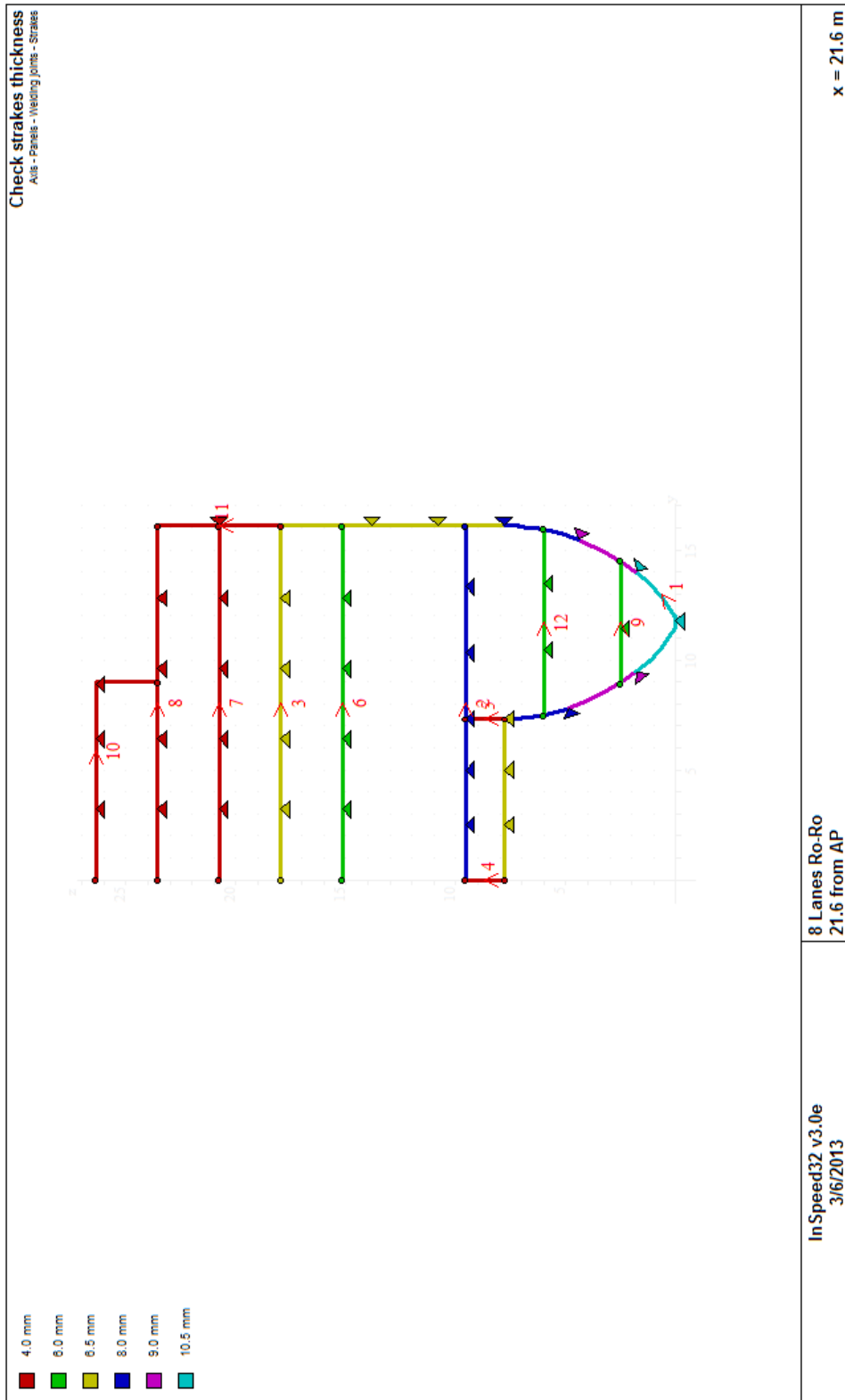
Στο παράρτημα αυτό θα παρουσιαστούν οι 7 τομές του πλοίου, όπως αυτές προέκυψαν από το πρόγραμμα Marspeed. Αρχικά, παρουσιάζεται το πάχος των ελασμάτων που επιλέχτηκαν (strakes thickness) για τις τομές αυτές, ενώ στη συνέχεια ο τύπος των δευτερευόντων διαμήκων ενισχυτικών των τομών αυτών (stiffeners scantling).



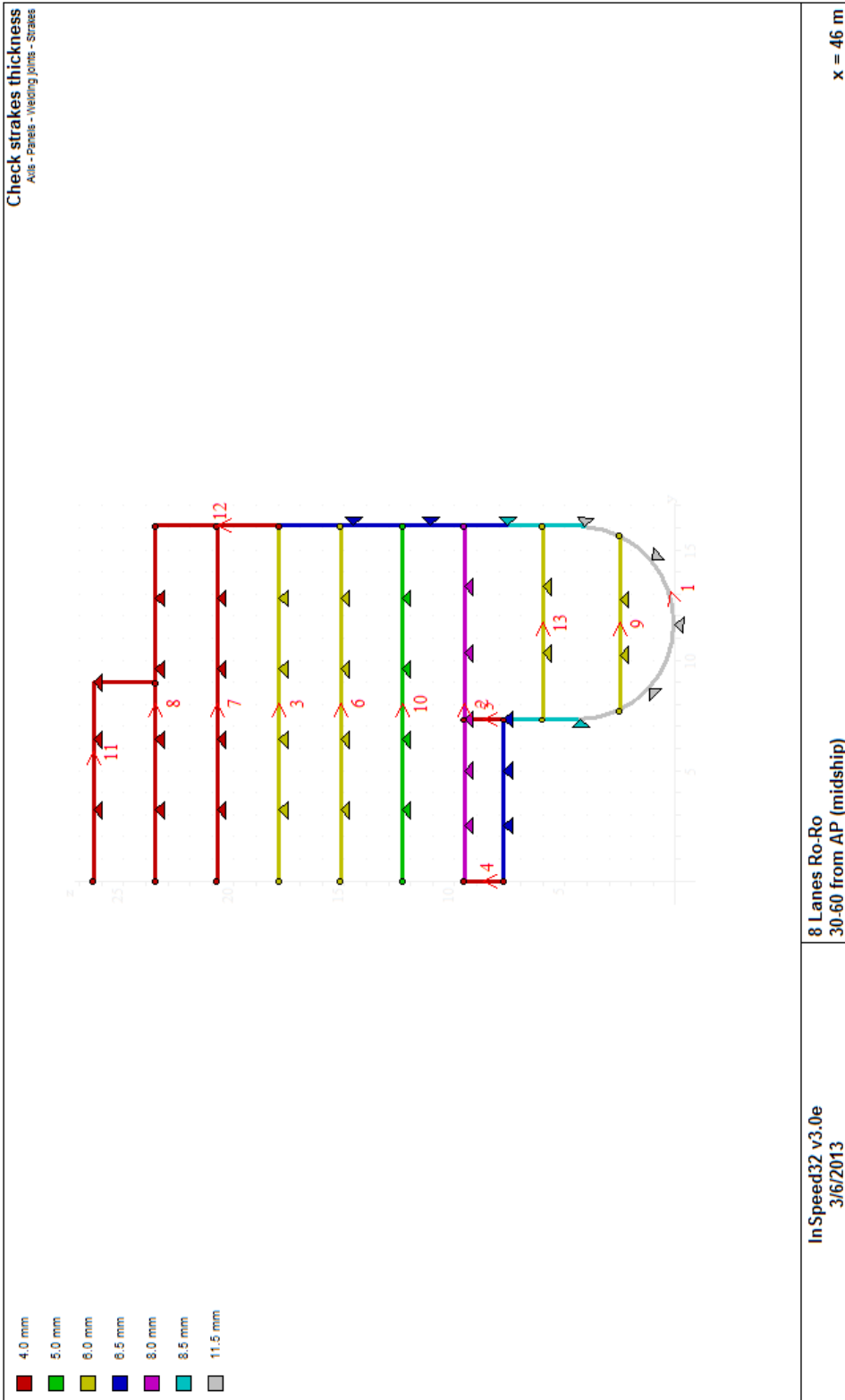
Σχήμα Δ.1: Stakes thickness x=-3m



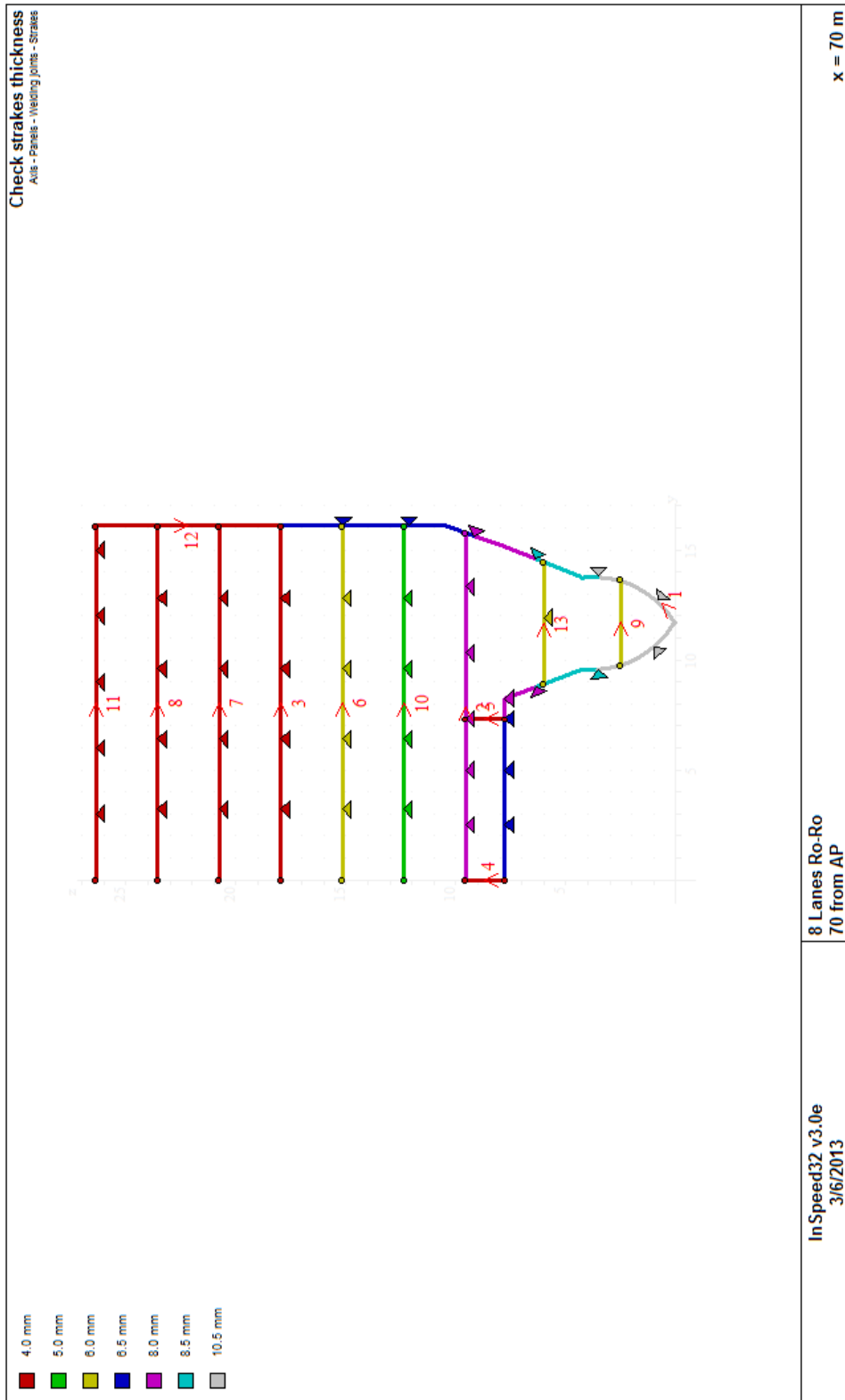
Σχήμα Δ.2: Stakes thickness x=13,6m



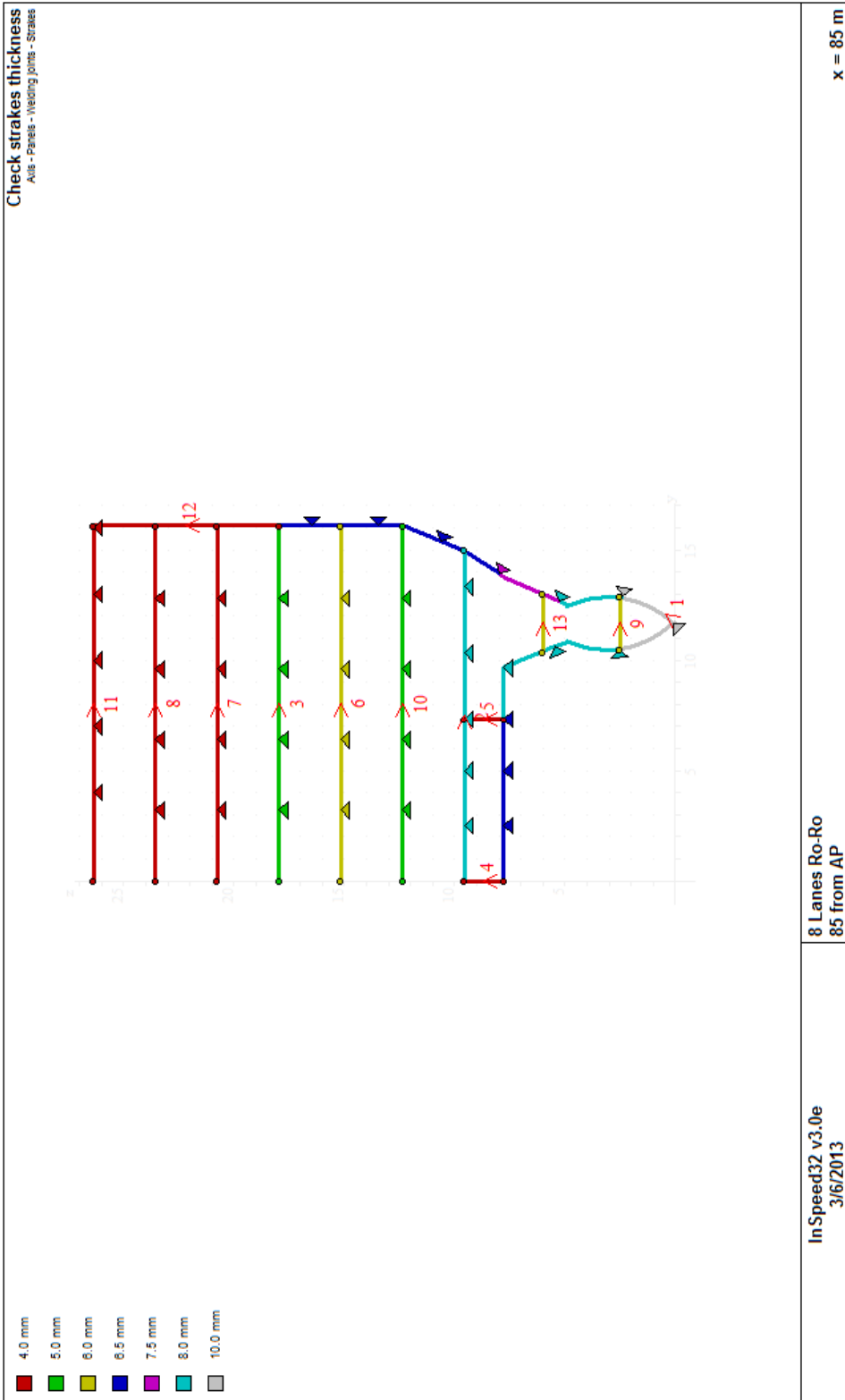
Σχήμα Δ.3: Stakes thickness x=21,6m



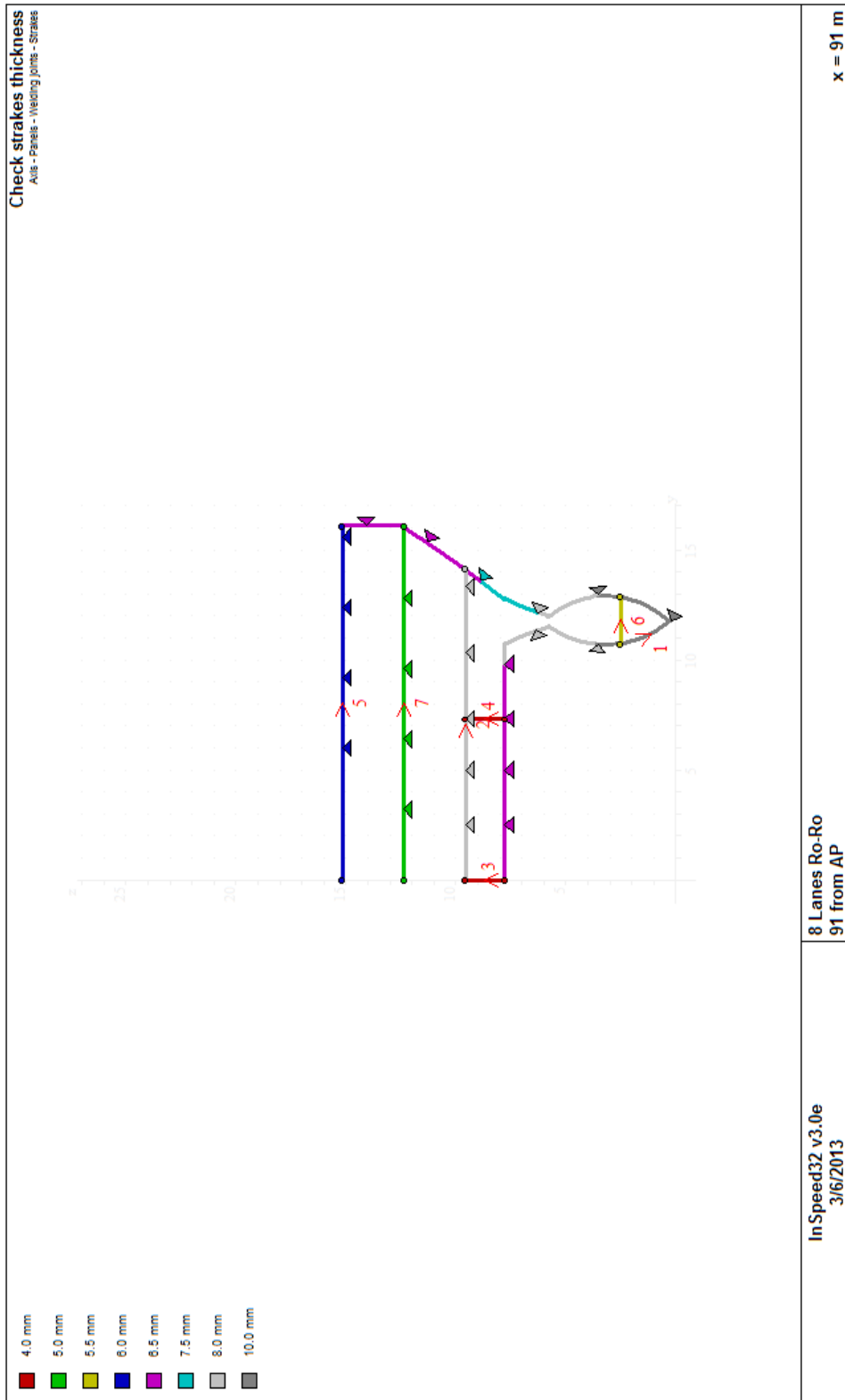
Σχήμα Δ.4: Stakes thickness x=30-60m



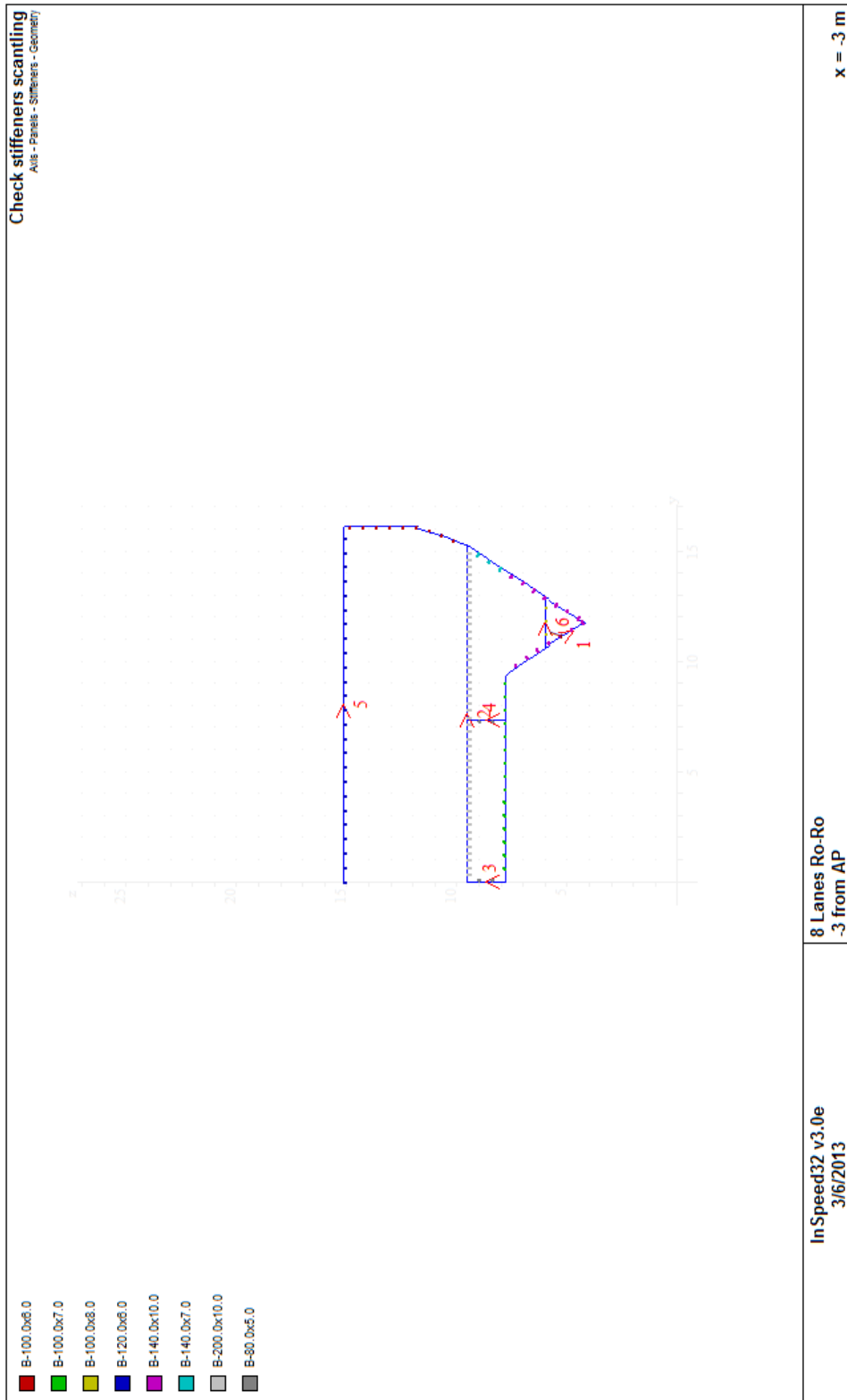
Σχήμα Δ.5: Stakes thickness x=70m



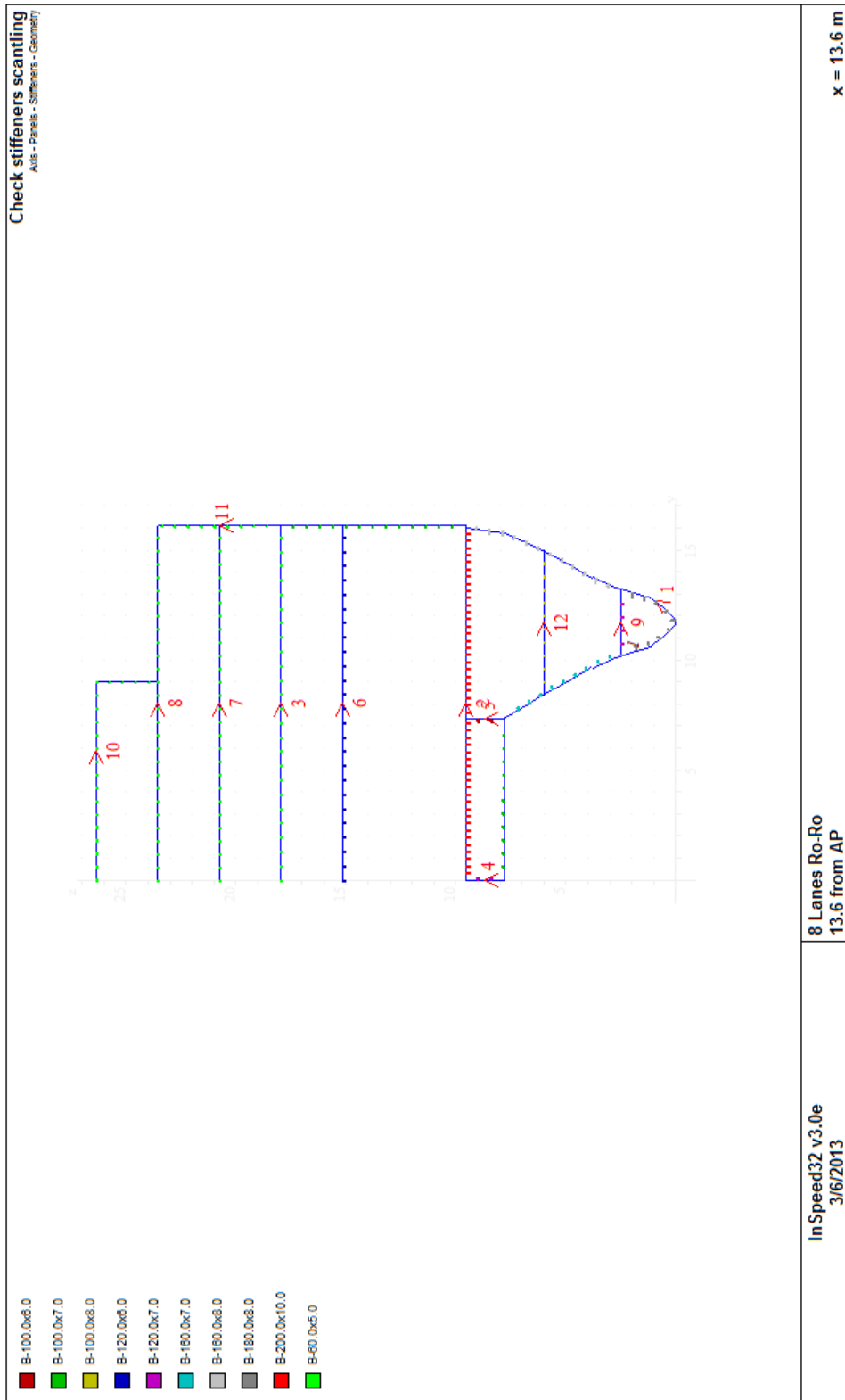
Σχήμα Δ.6: Stakes thickness x=85m



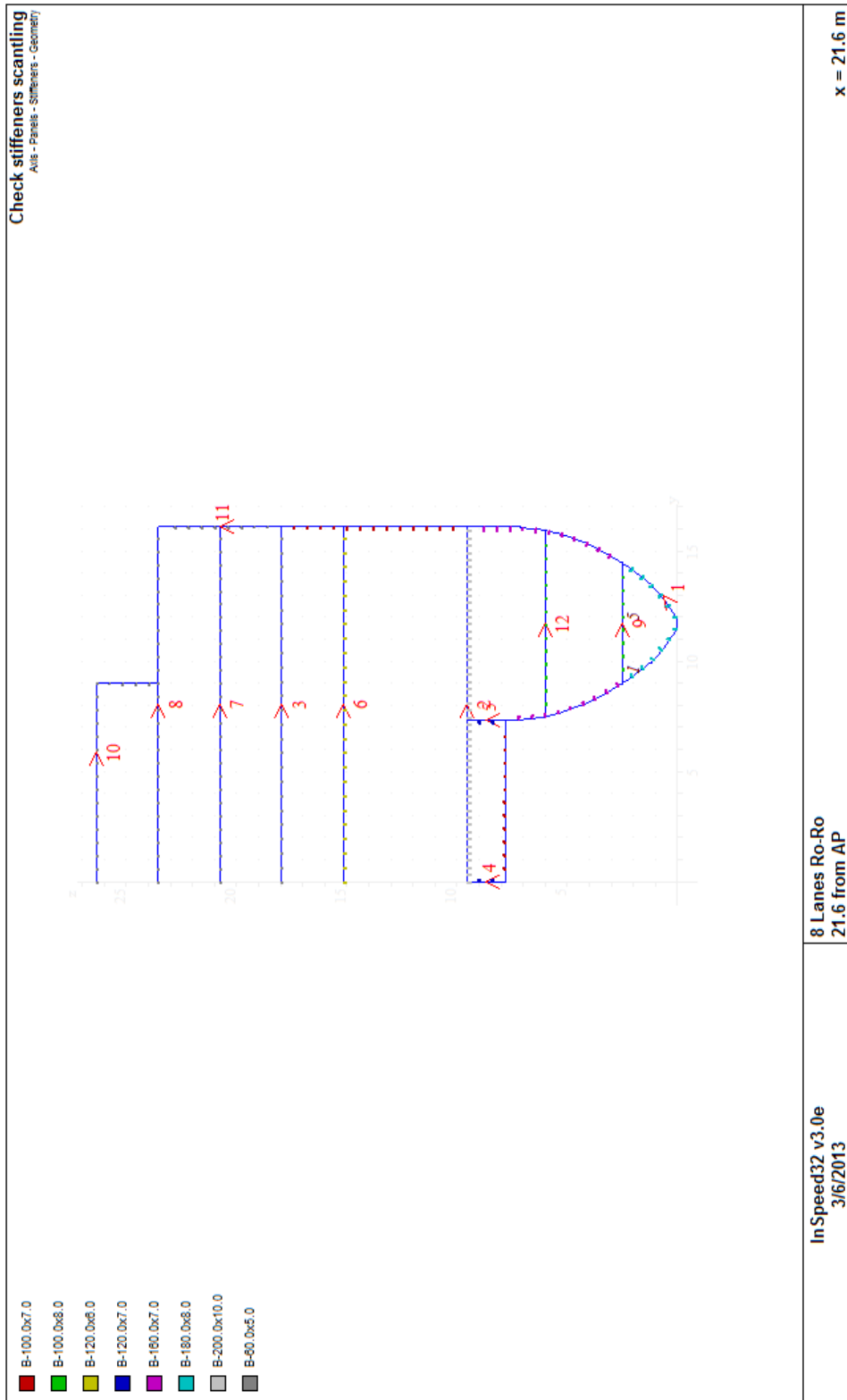
Σχήμα Δ.7: Stakes thickness x=91m



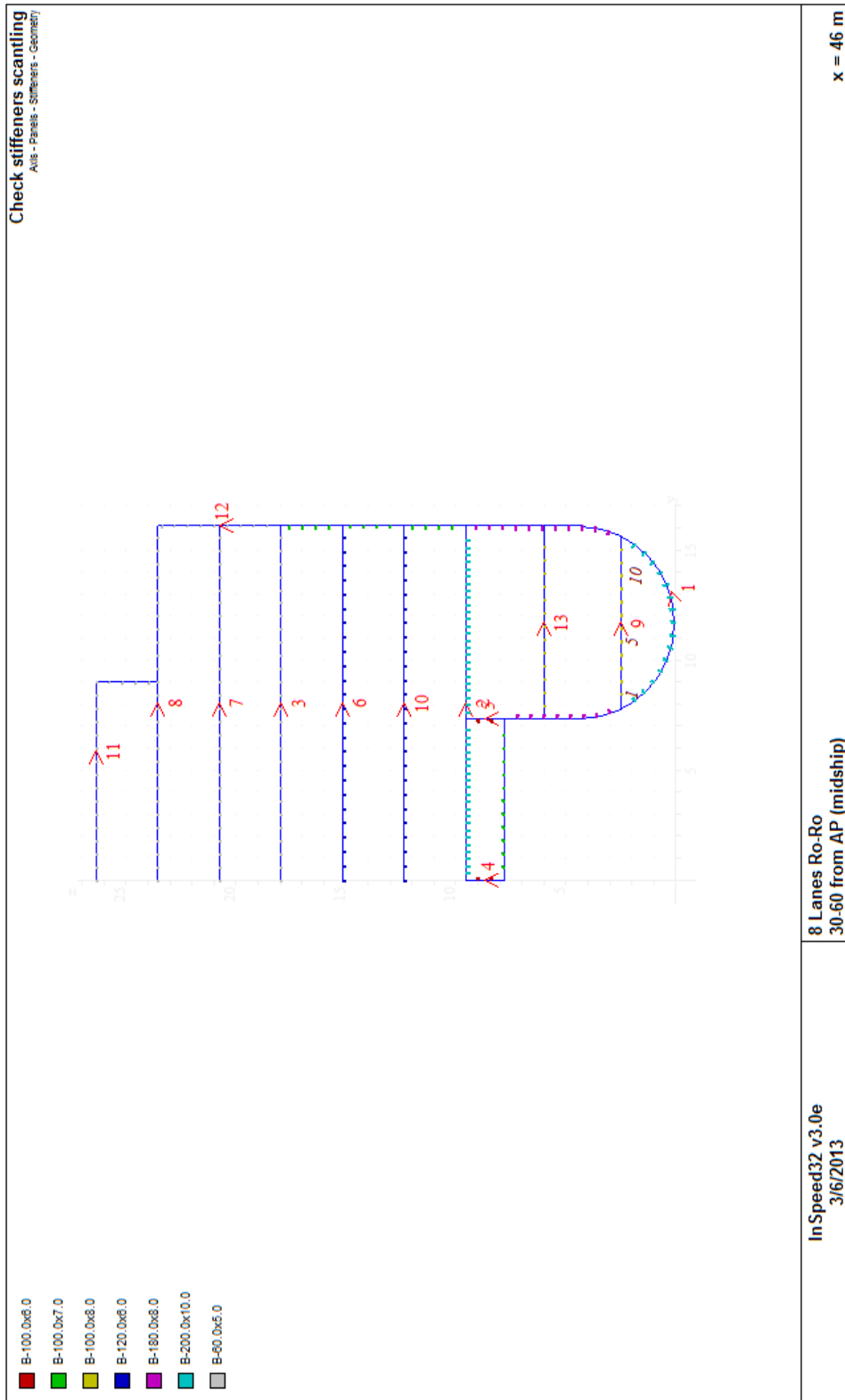
Σχήμα Δ.8: Stiffeners Scantling x=-3m

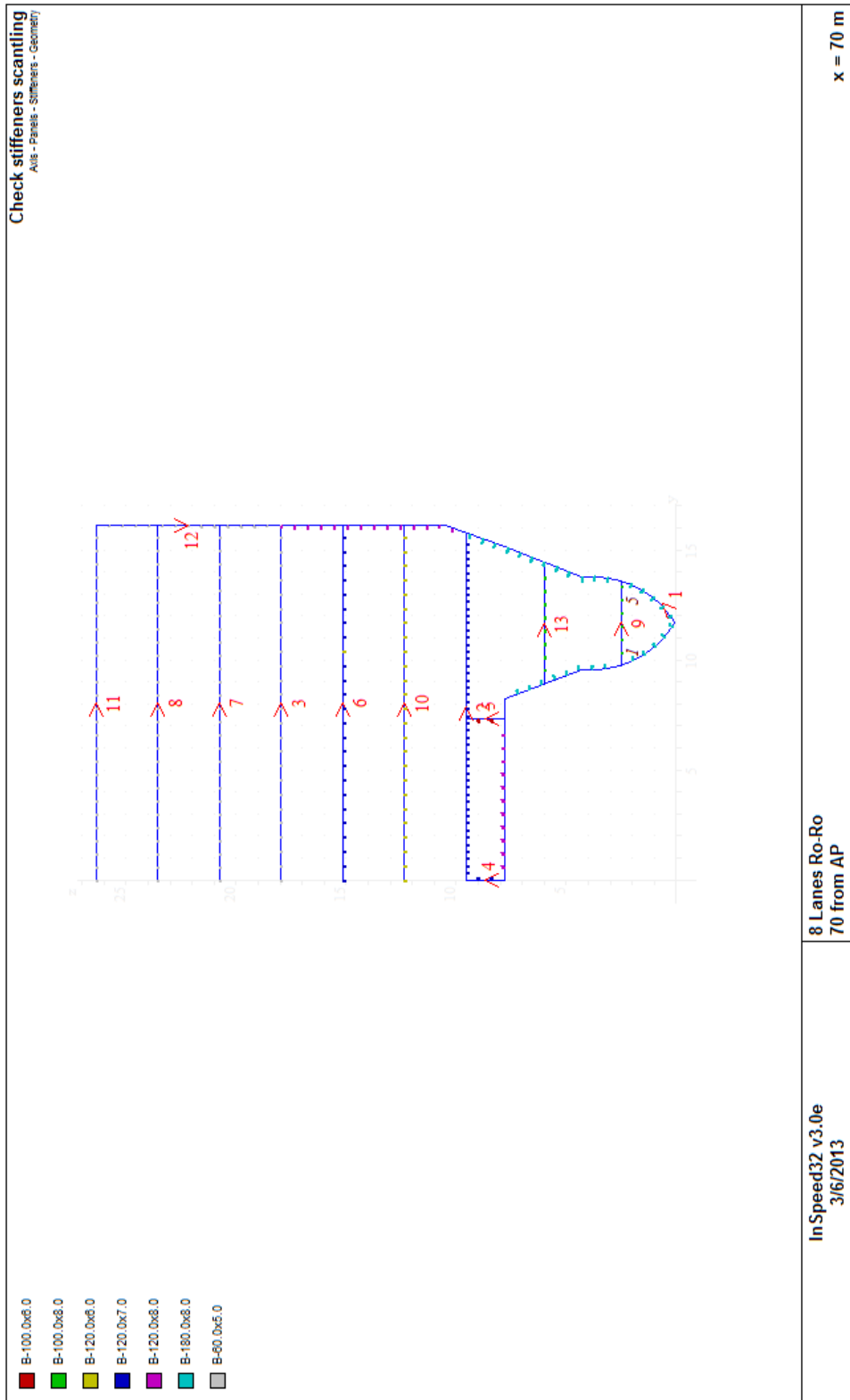


Σχήμα Δ.9: Stiffeners Scantling x=13,6m

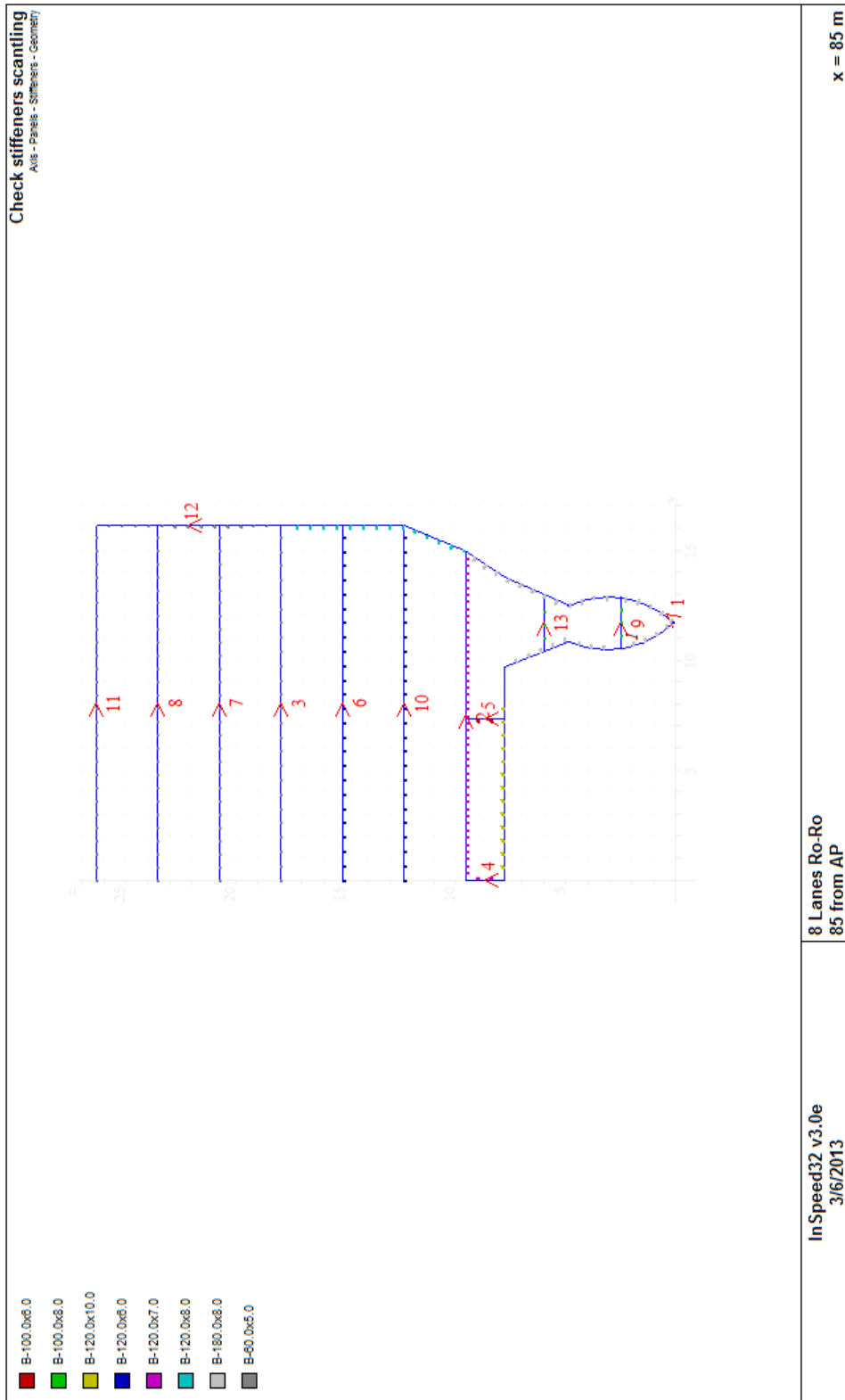


Σχήμα Δ.10: Stiffeners Scantling x=21,6m

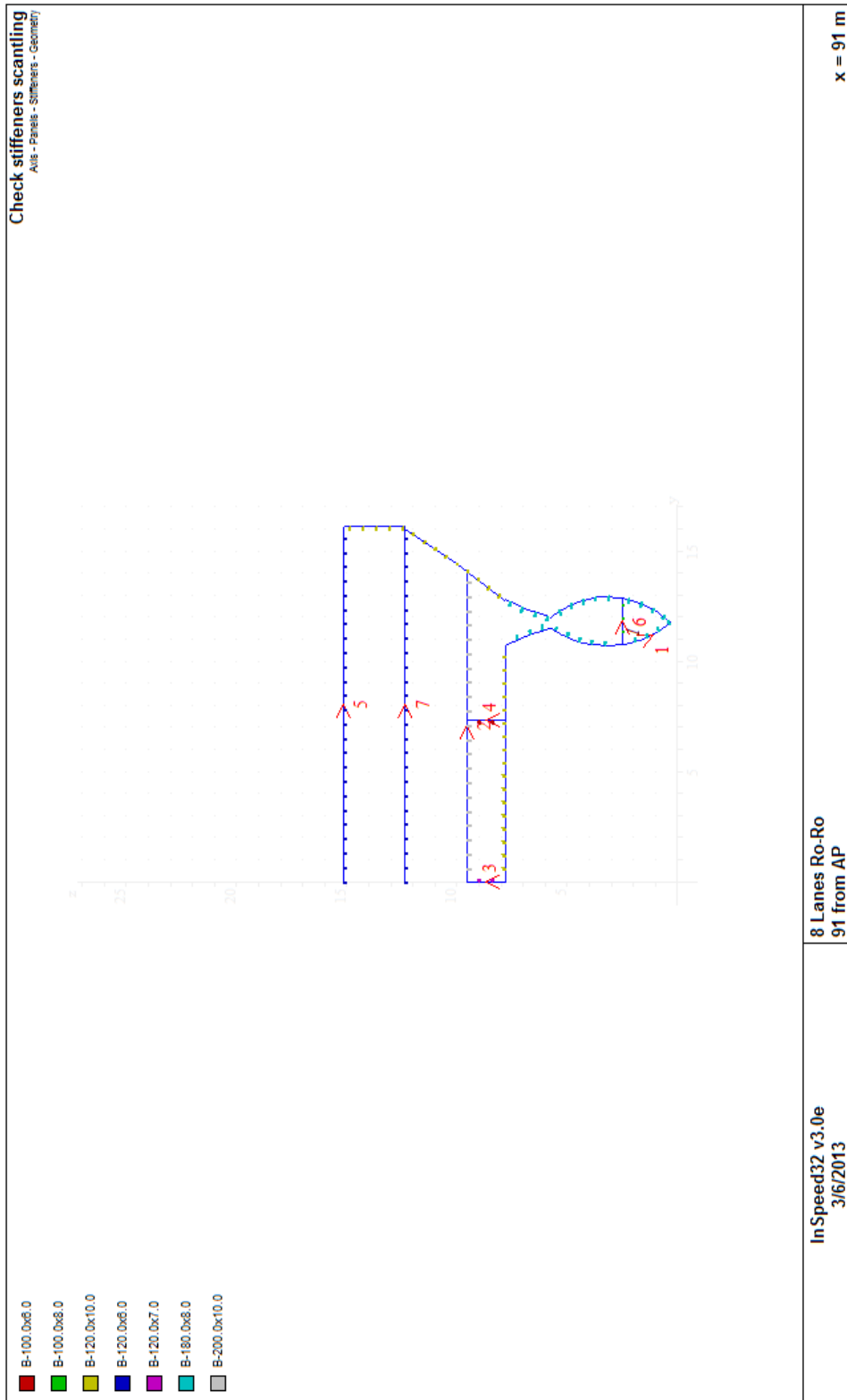




Σχήμα Δ.12: Stiffeners Scantling x=70m



Σχήμα Δ.13: Stiffeners Scantling x=85m



Σχήμα Δ.14: Stiffeners Scantling x=91m

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

Βασικά Στοιχεία Κύριων Μηχανών Πρόωσης, Ηλεκτρογεννητριών &
Μειωτήρων

Κύριες Μηχανές Πρόωσης

Τα κύρια χαρακτηριστικά καθώς και ένα σκαρίφημα των μηχανών που επιλέχθηκαν (MAN 16V32/40) για την πρόωση του πλοίου φαίνονται παρακάτω:

V32/40

Bore: 320 mm, Stroke: 400 mm

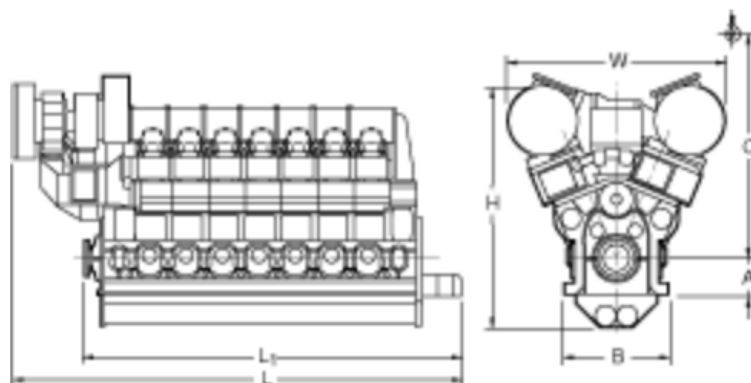
Main Data			
Speed	r/min	750	720
mep	bar	24.9	25.9
		kW	kW
16V32/40		8000	8000

Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) to ISO conditions		
MCR	100%	85%
V32/40	181 g/kWh	179 g/kWh
Specific lube Oil Consumption : 0.8 g/kWh		

Main dimensions & weights	
Cyl. No	16
L mm	8445
L ₁ mm	7235
W mm	3730
H mm	4220
A mm	580
B mm	1790
C mm	3230
Dry Mass ton*	77

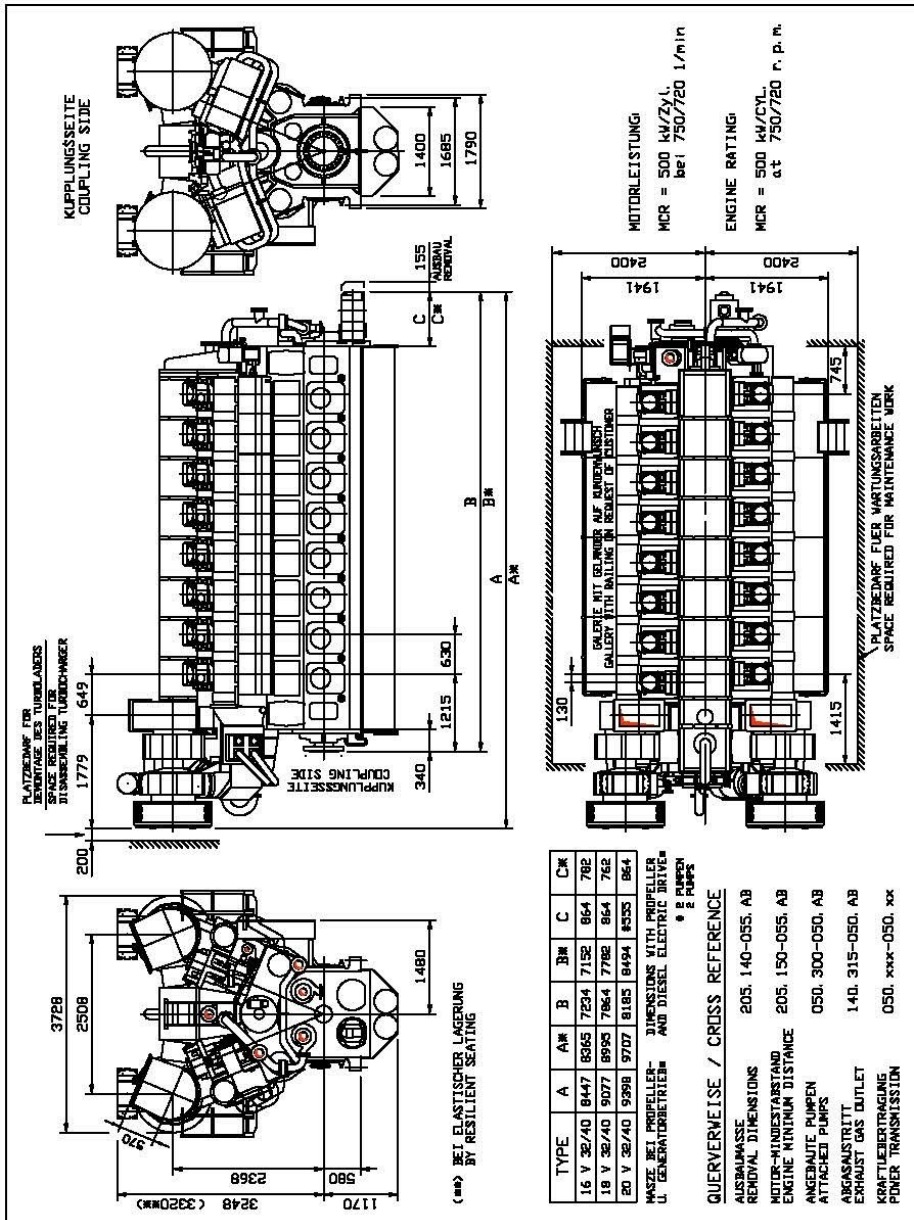
Minimum centreline distance for twin engine installation: 4000 mm

Speed 720 r/min for generator drive only



Turbolader auf Kupplungsseite

turbocharger on coupling side

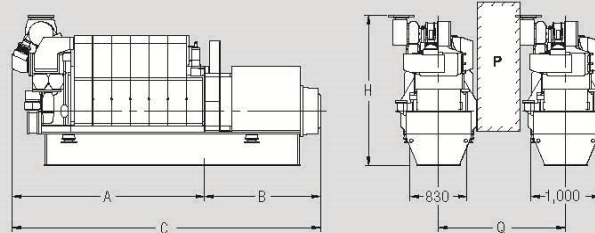


205, 120-055, AB/03

Κύριες Ηλεκτρογεννήτριες και Ηλεκτρογεννήτρια Εκτάκτου Ανάγκης

Τα κύρια χαρακτηριστικά των ηλεκτρογεννητριών που επιλέχθηκαν (MAN 5L16/24 & MAN 6L16/24) για την παραγωγή ισχύος στο πλοίο φαίνονται παρακάτω:

L16/24 Main Data Output and dimensions



Speed (r/min)	1,200		1,000	
Frequency (Hz)	60		50	
	Eng. kW	Gen. kW*	Eng. kW	Gen. kW*
5L16/24	500	475	450	430
6L16/24	660	625	570	542
7L16/24	770	730	665	632
8L16/24	880	835	760	722
9L16/24	990	940	855	812

Cyl. No.	5	6	7	8	9
A (mm)	2,751	3,026	3,501	3,776	4,051
B (mm)	1,400	1,490	1,585	1,680	1,680
C (mm)	4,151	4,516	5,086	5,456	5,731
H (mm)	2,457	2,457	2,495/2,457	2,495	2,495
Dry Mass (t)	9.5	10.5	11.4	12.4	13.1

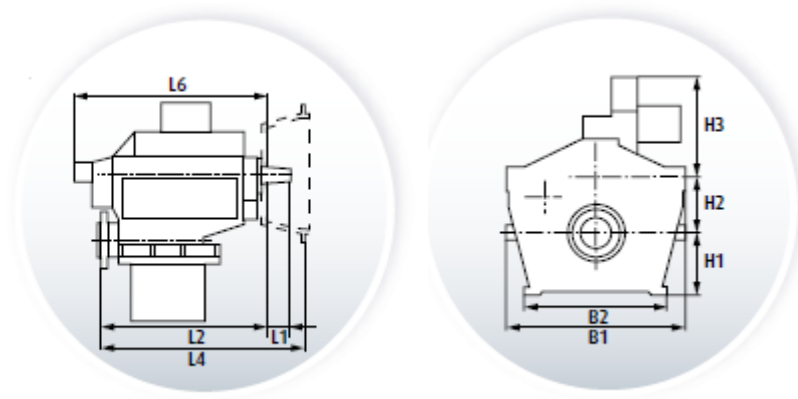
Bore	160 mm
Stroke	240 mm
Cycle	Four-stroke
Cyl. configuration	In-line
Power range	450-990 kW
Speed (60/50 Hz)	1,000/1,200 r/min
Mean piston speed	8.0/9.6 m/s
Mean effective pressure	20.7-23.6 bar
Power per cyl.	90-110 kW
Max combustion pressure	170 bar
Fuel acceptance	MDO, MGO and HFO up to 700 cSt/50°C

* Based on nominal generator efficiencies of 95%

P: Free passage between the engines, width 600 mm and height 2,000 mm
Q: Min. distance between centre of engines: 1,800 mm

Μειωτήρες

Τα κύρια χαρακτηριστικά των μειωτήρων που επιλέχθηκαν (REINTJES VLJ6841) φαίνονται παρακάτω:



MODEL	Identical dimensions for L-types	Mounting brackets included	B1	B2	H1	H2	H3	H4	L1	L2	L4 SAE 1	L4 SAE 0	L4 SAE 00	L6
VLJ 6841			1945	1005	640	650	1000	55	237	1635	-	-	-	-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ

Υπολογισμοί Αντίστασης για τις υπόλοιπες καταστάσεις πλεύσης του
προτύπου δοκιμών

Παρακάτω, θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα της αντίστασης για κάθε κατάσταση φόρτωσης στην οποία έγιναν πειράματα με το πρότυπο δοκιμών. Στον **Πίνακα ΣΤ.1**, παρουσιάζονται τα υδροστατικά στοιχεία του μοντέλου, όπως προκύπτουν για την κάθε κατάσταση.

Πίνακας ΣΤ.1: Υδροστατικά χαρακτηριστικά μοντέλου

A/A	Trim	Lwl [m]	T [m]	Disp [t]	Vol [m ³]	WSA [m ²]
A1	0	3,309	0,146	0,143	0,142	3,049
A2	0	3,248	0,161	0,164	0,162	2,719
A3	0	3,233	0,186	0,198	0,197	3,061
B3	-0,5	3,233	0,186	0,198	0,197	3,059
C2	-1	3,329	0,161	0,164	0,162	2,703

Ακολουθούν τα αποτελέσματα της αντίστασης για τις καταστάσεις A1, A2, B3 και C2. Τα αποτελέσματα της κατάστασης A3 έχουν παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 9.

Πίνακας ΣΤ.2: Αποτελέσματα Δοκιμών – Κατάσταση A1

V _M	R _M	RN _M	CT _M	CF _M	C _R	FN
m/s	Kp	*10 ⁻⁶	*10 ³	*10 ³	*10 ³	
0,833	0,517	2,484	5,873	3,882	1,990	0,146
0,941	0,662	2,806	5,893	3,791	2,102	0,165
1,042	0,815	3,107	5,917	3,716	2,200	0,183
1,152	0,990	3,435	5,880	3,645	2,235	0,202
1,256	1,130	3,746	5,646	3,586	2,061	0,220
1,365	1,348	4,071	5,703	3,530	2,173	0,240
1,466	1,483	4,372	5,439	3,483	1,957	0,257
1,575	1,676	4,697	5,326	3,436	1,889	0,276
1,680	2,045	5,010	5,711	3,395	2,316	0,295
1,786	2,330	5,326	5,758	3,357	2,400	0,313
1,893	2,454	5,645	5,398	3,322	2,076	0,332
1,999	2,696	5,961	5,318	3,289	2,029	0,351
2,104	3,183	6,274	5,668	3,259	2,409	0,369
2,209	4,182	6,588	6,755	3,230	3,525	0,388
2,314	5,508	6,901	8,108	3,203	4,905	0,406

Πίνακας ΣΤ.3: Αποτελέσματα Δοκιμών – Κατάσταση Α2

V_M	R_M	RN_M	CT_M	CF_M	C_R	FN
m/s	Kp	* 10^{-6}	* 10^3	* 10^3	* 10^3	
0,836	0,527	2,503	5,447	3,877	1,571	0,148
0,940	0,683	2,814	5,584	3,788	1,795	0,167
1,045	0,845	3,129	5,590	3,711	1,878	0,185
1,160	1,036	3,473	5,562	3,638	1,924	0,206
1,259	1,181	3,769	5,382	3,581	1,801	0,223
1,364	1,404	4,084	5,451	3,527	1,924	0,242
1,471	1,549	4,404	5,171	3,478	1,694	0,261
1,577	1,832	4,721	5,322	3,433	1,889	0,279
1,682	2,246	5,036	5,735	3,392	2,343	0,298
1,788	2,507	5,353	5,665	3,354	2,311	0,317
1,895	2,647	5,673	5,325	3,319	2,006	0,336
2,001	2,881	5,991	5,198	3,286	1,912	0,355
2,106	3,564	6,305	5,805	3,256	2,549	0,373
2,211	4,785	6,620	7,071	3,227	3,844	0,392
2,317	6,297	6,937	8,473	3,200	5,273	0,411

Πίνακας ΣΤ.4: Αποτελέσματα Δοκιμών – Κατάσταση Β3

V_M	R_M	RN_M	CT_M	CF_M	C_R	FN
m/s	Kp	* 10^{-6}	* 10^3	* 10^3	* 10^3	
0,833	0,566	2,577	5,235	3,854	1,381	0,148
0,939	0,736	2,905	5,357	3,765	1,592	0,167
1,045	0,913	3,233	5,366	3,688	1,678	0,186
1,149	1,115	3,555	5,421	3,622	1,799	0,204
1,257	1,315	3,889	5,341	3,560	1,781	0,223
1,361	1,544	4,210	5,350	3,507	1,843	0,242
1,468	1,743	4,541	5,191	3,458	1,733	0,261
1,577	2,112	4,879	5,451	3,412	2,038	0,280
1,682	2,657	5,203	6,028	3,372	2,656	0,299
1,786	2,966	5,525	5,968	3,335	2,633	0,317
1,893	3,039	5,856	5,443	3,300	2,143	0,336
1,999	3,327	6,184	5,344	3,267	2,077	0,355
2,106	4,068	6,515	5,887	3,236	2,650	0,374
2,214	5,459	6,849	7,148	3,207	3,940	0,393
2,318	7,482	7,171	8,937	3,181	5,756	0,412

Πίνακας ΣΤ.5: Αποτελέσματα Δοκιμών – Κατάσταση C2

V_M	R_M	RN_M	CT_M	CF_M	C_R	FN
m/s	Kp	$*10^{-6}$	$*10^3$	$*10^3$	$*10^3$	
0,841	0,594	2,556	6,101	3,861	2,240	0,149
0,938	0,736	2,850	6,077	3,779	2,298	0,166
1,045	0,919	3,175	6,114	3,701	2,413	0,185
1,159	1,123	3,522	6,073	3,628	2,446	0,205
1,254	1,286	3,810	5,941	3,574	2,367	0,222
1,363	1,528	4,142	5,975	3,518	2,457	0,242
1,471	1,673	4,470	5,617	3,468	2,149	0,261
1,574	1,856	4,783	5,442	3,425	2,018	0,279
1,681	2,280	5,108	5,862	3,383	2,478	0,298
1,787	2,546	5,430	5,792	3,345	2,447	0,317
1,890	2,691	5,743	5,473	3,311	2,162	0,335
1,997	2,890	6,068	5,265	3,278	1,986	0,354
2,102	3,564	6,387	5,860	3,248	2,612	0,373
2,206	4,679	6,703	6,985	3,220	3,765	0,391
2,312	6,239	7,025	8,479	3,193	5,287	0,410

Στη συνέχεια, εκτελείται η μέθοδος Hughes και υπολογίζεται η αντίσταση του υπό μελέτη πλοίου. Η εφαρμογή της μεθόδου φαίνεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 9 μόνο για την κατάσταση φόρτωσης A_3 , η οποία αντιστοιχεί στο βύθισμα $T_{scantling}$ του υπό μελέτη πλοίου. Για τις υπόλοιπες καταστάσεις θα παρουσιαστούν συνοπτικά τα τελικά αποτελέσματα για τις αντίστοιχες καταστάσεις του υπό μελέτη πλοίου.

Για την εκτέλεση της μεθόδου Hughes χρειάζεται ο προσδιορισμός του αδιάστατου συντελεστή k . Για τον πειραματικό προσδιορισμό του συντελεστή αυτού πραγματοποιούνται πειράματα σε πολύ μικρές ταχύτητες και άρα μικρούς αριθμούς Froude, όπου η αντίσταση κυματισμού C_w μπορεί να θεωρηθεί ίση με το μηδέν. Από τη διπλωματική εργασία του Κωνσταντίνου Νίκα (Νίκας 2012) έχουμε πως ο συντελεστής k είναι για κάθε κατάσταση φόρτωσης είναι ίσος με:

- A1: $k=0,256565$
- A2: $k=0,221249$
- A3: $k=0,260904$
- B3: $k=0,309204$
- C2: $k=0,157738$

Επίσης, για την εκτέλεση της μεθόδου, θα χρειαστούμε και κάποια υδροστατικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη πλοίου για κάθε μία από τις παραπάνω καταστάσεις φόρτωσης. Από τις γραμμές του πλοίου και το σχέδιο Γενικής Διάταξης έχουμε:

Πίνακας ΣΤ.6: Υδροστατικά Στοιχεία Υπό Μελέτη πλοίου

	A1	A2	A3	B3	C2
Lwl [m]	97,126	95,316	94,900	94,753	97,713
Wetted Surface [m²]	2146,16	2342,08	2636,71	2635,22	2328,62
T [m]	4,280	4,738	5,469	5,469	4,738
Volume [m³]	3579,33	4105,44	4982,71	4982,73	4105,59

Έτσι, εφαρμόζοντας την μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 9, υπολογίζουμε την εκάστοτε αντίσταση του υπό μελέτη πλοίου. Επίσης, υπολογίζουμε την αντίσταση ρυπασμένης γάστρας και κυματισμών κάνοντας μια προσαύξηση 20% στην αντίσταση καθαρής γάστρας που προκύπτει από τη μέθοδο Hughes. Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα για όλες τις καταστάσεις εκτός της A3, της οποίας τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 9.

Πίνακας ΣΤ.7: Υπολογισμός Αντίστασης υπό Μελέτη Πλοίου -Κατάσταση A₁

V _s	V _s	RE	C _F	C _w	C _T	FN	R _T – Clean Hull	R _T – Fouled Hull
m/s	knots						kp	kp
4,51	8,8	368857411	0,00174	0,00099	0,00358	0,15	8184,1	9820,9
5,10	9,9	416680461	0,00171	0,00113	0,00368	0,17	10737,4	12884,9
5,65	11,0	461403868	0,00169	0,00125	0,00377	0,18	13484,3	16181,1
6,24	12,1	510112530	0,00167	0,00130	0,00379	0,20	16590,1	19908,1
6,80	13,2	556164356	0,00165	0,00114	0,00361	0,22	18772,8	22527,4
7,40	14,4	604430211	0,00163	0,00127	0,00372	0,24	22819,3	27383,2
7,94	15,4	649153619	0,00162	0,00106	0,00349	0,26	24738,2	29685,8
8,53	16,6	697419475	0,00160	0,00101	0,00342	0,28	27954,7	33545,6
9,10	17,7	743914106	0,00159	0,00144	0,00384	0,29	35711,5	42853,8
9,68	18,8	790851544	0,00158	0,00154	0,00392	0,31	41195,5	49434,6
10,26	19,9	838231788	0,00156	0,00122	0,00359	0,33	42387,1	50864,5
10,78	21,0	881183971	0,00155	0,00118	0,00354	0,35	46132,5	55359,0
11,40	22,2	931663857	0,00154	0,00157	0,00391	0,37	57083,7	68500,4
11,97	23,3	978158489	0,00153	0,00270	0,00502	0,39	80787,5	96945,0
12,54	24,4	1024653120	0,00153	0,00408	0,00640	0,41	112919,9	135503,9

Πίνακας ΣΤ.8: Υπολογισμός Αντίστασης υπό Μελέτη Πλοίου -Κατάσταση Α₂

V _s	V _s	RE	C _F	C _w	C _T	FN	R _T – Clean Hull	R _T – Fouled Hull
m/s	knots						kp	kp
4,53	8,8	363287341	0,00174	0,00069	0,00322	0,15	8090,3	9708,3
5,09	9,9	408480981	0,00172	0,00094	0,00343	0,17	10904,5	13085,3
5,66	11,0	454109176	0,00169	0,00104	0,00350	0,19	13759,1	16511,0
6,28	12,2	504082913	0,00167	0,00110	0,00354	0,21	17122,4	20546,9
6,82	13,3	547103783	0,00165	0,00099	0,00341	0,22	19416,1	23299,4
7,39	14,4	592731977	0,00163	0,00112	0,00352	0,24	23555,7	28266,9
7,97	15,5	639229280	0,00162	0,00091	0,00328	0,26	25543,4	30652,0
8,54	16,6	685292029	0,00160	0,00111	0,00347	0,28	31044,1	37252,9
9,11	17,7	730920224	0,00159	0,00157	0,00392	0,30	39864,0	47836,8
9,69	18,8	776982973	0,00158	0,00155	0,00388	0,32	44606,8	53528,2
10,27	20,0	823480276	0,00157	0,00126	0,00357	0,34	46097,7	55317,2
10,84	21,1	869543025	0,00156	0,00117	0,00347	0,35	49962,7	59955,2
11,41	22,2	915171220	0,00155	0,00181	0,00410	0,37	65424,9	78509,8
11,98	23,3	960799415	0,00154	0,00311	0,00539	0,39	94777,8	113733,4
12,55	24,4	1006862164	0,00153	0,00455	0,00682	0,41	131576,9	157892,3

Πίνακας ΣΤ.9: Υπολογισμός Αντίστασης υπό Μελέτη Πλοίου -Κατάσταση Β₃

V _s	V _s	RE	C _F	C _w	C _T	FN	R _T – Clean Hull	R _T – Fouled Hull
m/s	knots						kp	kp
4,51	8,8	359847222	0,00174	0,00013	0,00281	0,15	7892,4	9470,8
5,09	9,9	405638105	0,00172	0,00037	0,00302	0,17	10761,0	12913,2
5,66	11,0	451428988	0,00169	0,00048	0,00310	0,19	13683,6	16420,3
6,22	12,1	496355892	0,00167	0,00062	0,00321	0,20	17164,3	20597,2
6,81	13,2	543010754	0,00165	0,00063	0,00319	0,22	20391,7	24470,1
7,37	14,3	587937658	0,00164	0,00070	0,00325	0,24	24336,7	29204,0
7,95	15,5	634160531	0,00162	0,00061	0,00313	0,26	27320,3	32784,4
8,54	16,6	681247382	0,00161	0,00093	0,00344	0,28	34562,8	41475,3
9,11	17,7	726606276	0,00159	0,00156	0,00405	0,30	46342,1	55610,5
9,68	18,8	771533180	0,00158	0,00155	0,00402	0,32	51907,4	62288,9
10,26	19,9	817756052	0,00157	0,00107	0,00353	0,34	51163,9	61396,7
10,83	21,1	863546935	0,00156	0,00102	0,00346	0,36	55927,3	67112,8
11,41	22,2	909769808	0,00155	0,00160	0,00403	0,37	72312,3	86774,8
11,99	23,3	956424670	0,00154	0,00290	0,00532	0,39	105441,2	126529,4
12,56	24,4	1001351574	0,00153	0,00473	0,00713	0,41	154978,9	185974,7

Πίνακας ΣΤ.10: Υπολογισμός Αντίστασης υπό Μελέτη Πλοίου -Κατάσταση C₂

V _s	V _s	RE	C _F	C _w	C _T	FN	R _T – Clean Hull	R _T – Fouled Hull
m/s	knots						kp	kp
4,56	8,9	374650576	0,00174	0,00162	0,00403	0,15	10187,8	12225,3
5,08	9,9	417862354	0,00171	0,00169	0,00407	0,16	12806,5	15367,8
5,66	11,0	465528956	0,00169	0,00182	0,00417	0,18	16286,3	19543,6
6,28	12,2	516313933	0,00166	0,00186	0,00419	0,20	20117,9	24141,4
6,79	13,2	558634747	0,00165	0,00179	0,00410	0,22	23052,1	27662,5
7,38	14,4	607192312	0,00163	0,00189	0,00418	0,24	27755,4	33306,5
7,97	15,5	655304396	0,00161	0,00159	0,00386	0,26	29866,2	35839,4
8,53	16,6	701189068	0,00160	0,00147	0,00372	0,28	32950,2	39540,3
9,11	17,7	748855669	0,00159	0,00194	0,00417	0,29	42156,1	50587,3
9,68	18,8	796076788	0,00157	0,00191	0,00413	0,31	47182,0	56618,4
10,24	19,9	841961460	0,00156	0,00163	0,00384	0,33	49047,2	58856,6
10,82	21,0	889628062	0,00155	0,00146	0,00366	0,35	52162,2	62594,7
11,39	22,1	936403698	0,00154	0,00209	0,00428	0,37	67564,7	81077,6
11,95	23,2	982733853	0,00153	0,00325	0,00542	0,39	94370,4	113244,4
12,53	24,3	1029954972	0,00153	0,00477	0,00694	0,40	132608,9	159130,7