



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

**" ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΓΑΣΤΡΟΥ ΑΜΦΙΠΡΩΡΟΥ ΕΓ/ΟΓ
ΠΛΟΙΟΥ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΤΥΠΟΥ "**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΟΛΥΜΕΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Αθήνα, Νοέμβριος 2017



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

**" ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΓΑΣΤΡΟΥ ΑΜΦΙΠΡΩΡΟΥ ΕΓ/ΟΓ
ΠΛΟΙΟΥ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΤΥΠΟΥ "**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΟΛΥΜΕΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΜΕΛΗ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

ΖΑΡΑΦΩΝΙΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ, ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
ΓΚΙΝΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ-ΑΛΒΕΡΤΟΣ (ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ)
ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΡΗΓΟΡΗΣ (ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ)

Αθήνα, Νοέμβριος 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Ζαραφονίτη που μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, για την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές του σε όλη την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τον κύριο Μουρκογιάννη, ο οποίος ήταν άμεσος και βοηθητικός κατά την μελέτη της αντίστασης, καθώς και όλο το προσωπικό του Τομέα Μελέτης Πλοίου και Θαλάσσιων Μεταφορών για την βοήθεια τους. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλο το ανθρώπινο δυναμικό της σχολής και τους συμφοιτητές μου, για τις γνώσεις και την γενικότερη καθοδήγηση που μου προσέφεραν όλα τα χρόνια της φοίτησης μου. Τέλος, ιδιαίτερες ευχαριστίες αξίζουν στους γονείς μου, Γιώργο και Σταματία και στην αδερφή μου Μάρω, για την υπομονή και την υποστήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	10
3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΑΥΠΗΓΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ.....	12
4. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ.....	16
5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	30
5.1. Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής Γάστρας.....	30
5.2. Βάρος Εγκάρσιων Φρακτών.....	35
5.3. Βάρος Υπερκατασκευών.....	36
5.4. Συνολικό Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής.....	40
6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΑΦΟΡΤΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ (LS).....	42
6.1. Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής.....	42
6.2. Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης.....	42
6.3. Βάρος Εξοπλισμού.....	45
6.4. Βάρος Ενδιαίτησης.....	52
6.5. Βάρος Άφορτου Σκάφους.....	55
7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ.....	56
7.1. Σειρά Αντίστασης Molland.....	56
7.2. Shipflow.....	60
7.3. Σύγκριση Μεθόδων.....	63
8. ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ.....	64
8.1. Καταμέτρηση.....	64
8.2. Σύνθεση Πληρώματος.....	66
8.3. Υπολογισμός Αριθμού Επιβατών.....	69
8.4. Δείκτης Εξαρτισμού (Equipment Number).....	73
9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	75
10. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	77
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	80
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	82
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.....	90
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ.....	92
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε.....	97

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κείμενο αυτό αποτελεί τη διπλωματική εργασία που εκπονήθηκε στο πλαίσιο της φοίτησής μου στη Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών. Επιβλέπων της διπλωματικής αυτής ήταν ο καθηγητής της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Γ. Ζαραφωνίτης. Αντικείμενό της είναι η προκαταρκτική μελέτη και σχεδίαση ενός δίγαστρου επιβατηγού-οχηματαγωγού πλοίου ανοιχτού τύπου.

Ο ουσιαστικός σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι να εξεταστεί κατά πόσο είναι εφικτή η κατασκευή ενός αμφίπρωρου δίγαστρου πλοίου, ώστε να είναι εμπορικά εκμεταλλεύσιμο.

Κίνητρο για την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτέλεσε η μη ύπαρξη αντίστοιχου πλοίου στον κλάδο της ναυτιλίας, καθώς και το γεγονός ότι είναι πολύ ενδιαφέρον να μελετηθεί το αποτέλεσμα του συνδυασμού δύο διαφορετικών τύπων πλοίου: ενός πλοίου νέας τεχνολογίας και ενός αμφίπρωρου. Σε αυτά έρχεται να προστεθεί η ολοένα και αυξανόμενη χρήση πλοίων νέας τεχνολογίας στην ναυτιλία, γεγονός που οδηγεί σε μια ατέρμονη αναζήτηση λύσεων για την καλύτερη εξυπηρέτηση του επιβατικού κοινού και τη μείωση του κόστους.

Το Catamaran είναι ο πλέον διαδεδομένος τύπος πλοίου πολλαπλών γαστρών. Αποτελείται από δύο παράλληλες γάστρες ίδιου μεγέθους που εξασφαλίζουν την απαιτούμενη άντωση και συνδέονται μέσω μιας υπερυψωμένης υπερκατασκευής. Πρόκειται για τύπο σκάφους που χαρακτηρίζεται από σταθερότητα, η οποία αποδίδεται στο ευρύ του πλάτος. Επίσης, λόγω του ότι το ολικό του πλάτος είναι πολύ μεγαλύτερο από ενός μονόγαστρου σκάφους αντίστοιχου μήκους, αυξάνεται αυτομάτως η επιφάνεια καταστρωμάτων, οπότε διατίθεται μεγαλύτερος χώρος προς οικονομική εκμετάλλευση. Η κατάλληλη επιλογή της απόστασης μεταξύ των δύο γαστρών, επιτρέπει την ιδιαίτερα λεπτόγραμμη σχεδίασή τους, μειώνοντας την αντίσταση κυματισμού και απαιτώντας λιγότερη ισχύ πρόωσης. Το μέγεθός τους κυμαίνεται από μικρά σκάφη (ιστιοφόρα) έως μεγάλα σκάφη (επιβατηγά και οχηματαγωγά).

Εκτιμάται πως μια ταχύτητα της τάξης των 21-23 κόμβων θα ήταν ικανοποιητική για το υπό μελέτη πλοίο, κάτι που σημαίνει ότι δεν απαιτείται η εγκατάσταση μηχανών ή συστημάτων πρόωσης αυξημένης ισχύος. Με αυτό τον τρόπο, καταλήγουμε στην τοποθέτηση συνήθων μηχανών Diesel και αξονικών συστημάτων, καταφέροντας να μειώσουμε το ποσοστό όγκου που καταλαμβάνουν, το βάρος του πλοίου και τον προϋπολογισμό του κόστους αγοράς, συντήρησης και λειτουργίας.

Επιπρόσθετα, απαιτούμενη ταχύτητα δεν προϋποθέτει απαίτηση για υλικό κατασκευής χαμηλού ειδικού βάρους, όπως το αλουμίνιο, (κύριο υλικό Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων τύπου Catamaran) προκειμένου η κατασκευή να είναι πιο ελαφριά για να αναπτύσσονται υψηλές ταχύτητες πλευσης. Στην κατασκευή του υπό μελέτη πλοίου δύναται να χρησιμοποιηθεί ναυπηγικός χάλυβας υψηλής αντοχής που εκτιμάται ότι θα αυξήσει την αντοχή του και ταυτόχρονα θα μειώσει επιπλέον το κόστος κατασκευής 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 σχεδίασή του να τα προσεγγίσουμε κατά το δυνατόν. Μερικά από αυτά είναι η μεταφορική του ικανότητα, όσον αφορά τους επιβάτες και τα οχήματα, η υπηρεσιακή ταχύτητα και η ακτίνα ενέργειας. Οι εκτιμήσεις που έγιναν φαίνονται παρακάτω:

Μεταφορική Ικανότητα Επιβατών:

- Θέσεις επιβατών θερινής περιόδου: 600-700 επιβάτες.

Μεταφορική Ικανότητα Οχημάτων:

- Συνολικό μήκος φόρτωσης οχημάτων (lanes) στο κατάστρωμα μεταφοράς οχημάτων: 700-750 m. Ο χώρος αυτός μπορεί να καταληφθεί είτε από φορτηγά είτε από Ι.Χ. αυτοκίνητα.

Ακτίνα ενέργειας:

- Η διαδρομή του εν λόγω πλοίου επιλέγεται να είναι Πειραιάς→Πόρος→Ύδρα→Σπέτσες. Συνυπολογίζοντας και το ταξίδι της επιστροφής, εκτιμούμε πως η ακτίνα ενέργειας θα πρέπει να είναι περίπου 1040 ναυτικά μίλια (συνολική διαδρομή 10 ταξιδιών).

Ταχύτητα υπηρεσίας:

- Όπως αναφέρθηκε παραπάνω και σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της αντίστασης, θα επιλέξουμε το πλοίο να κινείται σε μια ταχύτητα της τάξης των 21-23 κόμβων, η οποία θα επιτευχθεί με τη χρήση ελικοπηδαλίων ως σύστημα πρόωσης.

Απαίτηση καταστρωμάτων:

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

Με τη χρήση του προγράμματος AVEVA Lines, σχεδιάστηκαν οι ναυπηγικές γραμμές της γάστρας του πλοίου, ενώ μελετήθηκε η αντίστασή του ακολουθώντας τις μεθοδολογίες που περιγράφονται στο βιβλίο Ship Resistance and Propulsion (Practical Estimation of Ship Propulsive Power, Anthony F. Molland, Stephen R. Turnock, Dominic A. Hudson) και κάνοντας χρήση του προγράμματος Shipflow για να καταλήξουμε στην τελική ταχύτητα υπηρεσίας. Σε ό,τι αφορά την πρόωση του πλοίου θα δημιουργηθούν τέσσερα μηχανοστάσια, δύο σε κάθε ημιγάστρα και μέσα σε αυτά θα τοποθετηθούν κινητήρες Diesel (ένας σε κάθε μηχανοστάσιο) ως κύριες μηχανές, οι οποίοι θα στρέφουν ελικοπηδάλια αναπτύσσοντας ταχύτητα υπηρεσίας 22 κόμβους. Χρησιμοποιώντας τα ανώτερα στοιχεία πραγματοποιήθηκε η εκπόνηση του σχεδίου Γενικής Διάταξης (General Arrangement) με παρεμβάσεις και προτάσεις από τον επιβλέποντα για την βελτιστοποίηση της σχεδίασης. Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε προκαταρκτικός υπολογισμός της αντοχής του σκάφους, ώστε να εκτιμηθεί το βάρος της μεταλλικής κατασκευής της γάστρας μέσω του προγράμματος Marspeed. Το πρόγραμμα αυτό, χρησιμοποιεί τους κανονισμούς του Bureau Veritas (NR396-Rules for High Speed Craft- February 2002) και διατίθεται ελεύθερα στο διαδίκτυο από τον νηογνώμονα. Υπολογίζοντας και το βάρος των υπερκατασκευών αποκτήσαμε πλήρη εικόνα για το συνολικό βάρος της μεταλλικής κατασκευής W_{ST} του σκάφους. Στα αποτελέσματα που προέκυψαν προστίθενται τα βάρη της μηχανολογικής εγκατάστασης W_M , του εξοπλισμού W_{OT} και της ενδιαίτησης W_{ACC} που υπολογίζονται αργότερα και λαμβάνουμε το συνολικό βάρος κενού σκάφους (LS). Να σημειωθεί πως τα άνωθεν βάρη υπολογίστηκαν με τη χρήση συντελεστών για τα επιμέρους βάρη που τα απαρτίζουν, οι οποίοι λήφθηκαν από τη διδακτορική διατριβή του Σωτήρη Σκούπα (Σκούπας 2011). Μέσα σε αυτά περιλαμβάνεται και το βάρος των μέσων πρόσδεσης και αγκυροβόλησης, τα οποία προκύπτουν από τον δείκτη εξαρτισμού (EN).

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).

Τέλος, εκπονήθηκε η μελέτη καταμέτρησης του πλοίου σύμφωνα με τη Διεθνή Σύμβαση για την Καταμέτρηση της Χωρητικότητας των πλοίων (International Maritime Organization, International Convention of Tonnage Measurement of Ships 1969) και υπολογίστηκαν η ολική (GT) και η καθαρή (NT) χωρητικότητα, ο αριθμός των επιβατών και η σύνθεση του πληρώματος.

2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Η συνήθης πορεία κατά την προμελέτη ενός πλοίου είναι η συλλογή στοιχείων όμοιων πλοίων για να καταλήξουμε στην επιλογή των κύριων διαστάσεων του υπό μελέτη πλοίου, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις απαιτήσεις του πλοιοκτήτη και τους κανονισμούς για τον σχεδιασμό και την κατασκευή του σκάφους. Το πρόβλημα που κληθήκαμε να αντιμετωπίσουμε στην παρούσα εργασία ήταν η έλλειψη πλοίων παρεμφερών χαρακτηριστικών, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως όμοια, ώστε να αντλήσουμε τις απαραίτητες πληροφορίες κατά την πορεία της μελέτης.

Έτσι, χρησιμοποιήθηκε το μονόγαστρο αμφίπρωρο σκάφος ‘ΓΛΥΚΟΦΙΛΟΥΣΑ’, ώστε να επιλεχθούν οι κύριες διαστάσεις του υπό μελέτη Catamaran. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του μονόγαστρου πλοίου:

MAIN PARTICULARS ‘ΓΛΥΚΟΦΙΛΟΥΣΑ’	
Length water line (m)	89.484
Breadth maximum (m)	18.080
Depth moulded (m)	3.900
Design draft (m)	2.650

Πίνακας 2.1 Κύριες Διαστάσεις ‘ΓΛΥΚΟΦΙΛΟΥΣΑ’

Με βάση τις παραπάνω πληροφορίες το μήκος του υπό μελέτη πλοίου θα ληφθεί ίσο με $L=89$ m. Να σημειωθεί ότι το πλοίο μας δεν έχει πρυμναία κάθετο, συνεπώς ως L_{BP} θα λαμβάνουμε από εδώ και πέρα το μήκος που επιλέξαμε, δηλαδή $L_{BP}=L=89$ m.

Σε ό,τι αφορά την επιλογή του πλάτους, γνωρίζουμε ότι ολικό πλάτος ενός επιβατηγού πλοίου συνδέεται με το πλήθος των φορτηγών οχημάτων που μεταφέρει στο κύριο κατάστρωμα οχημάτων. Τα φορτηγά στοιχίζονται κατά μήκος του καταστρώματος σε σειρές (lanes), οι οποίες στο υπό μελέτη πλοίο θα έχουν πλάτος $b_{LANE}=3.1$ m. Η τιμή του πλάτους των lanes είναι αρκετή, ώστε να υπάρχει ικανός χώρος μεταξύ των φορτηγών για την άνετη επιβίβαση και αποβίβαση των οδηγών τους. Έτσι, υπολογίστηκε το μήκος και ο αριθμός των σειρών (lanes) του πρώτου καταστρώματος οχημάτων του ‘ΓΛΥΚΟΦΙΛΟΥΣΑ’ και βρέθηκε ότι χωράνε 5 lanes φορτηγών. Μετά από υπολογισμούς, καταλήξαμε στην πρόσθεση ακόμα 2 σειρών στις οποίες αν τοποθετήσουμε I.X. αυτοκίνητα, θα έχουμε συνολικό μήκος φόρτωσης οχημάτων ίσο με $L_{LANE}=743.68$ m που βρίσκεται μέσα στα όρια της απαίτησης. Επίσης, για την τοποθέτηση των ενισχυτικών και για λόγους έγχυσης των φορτηγών οχημάτων, αφήνουμε μια απόσταση μεταξύ των ακραίων lanes των φορτηγών και των τοιχωμάτων του πλοίου, ίση με 0.85 m. Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, θα αυξήσουμε τον αριθμό των lanes, ώστε η μεταφορική ικανότητα του υπό μελέτη πλοίου να προσεγγίζει περισσότερο ικανοποιητικά αυτή των υπόλοιπων πλοίων. Έτσι, θα έχουμε τελικά $N_{LANES}=7$ και συνολικό πλάτος:

$$B = 7 \cdot 3.10 + 2 \cdot 0.85 = 23.40 \text{ m}$$

Για το εκτόπισμα του πλοίου μας, θεωρήσαμε ότι η τιμή του θα προκύψει από την τιμή του εκτοπίσματος του μονόγαστρου, αυξημένη κατά 10%. Μετά από υπολογισμούς καταλήξαμε σε εκτόπισμα $\Delta=2348.04$.

Το επόμενο βήμα είναι ο προσδιορισμός του βυθίσματος, με δεδομένο εκτόπισμα. Κατά τη σχεδίαση της γάστρας του πλοίου, που αναλύεται σε επόμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 3), δοκιμάσαμε διάφορα βυθίσματα ώσπου να καταλήξουμε σε αυτό που θα προσεγγίσουμε το ζητούμενο εκτόπισμα. Τελικά, είδαμε ότι σε βύθισμα $T=3.80$ m λαμβάνουμε εκτόπισμα $\Delta=2345.03$ t, τιμή που έχει πολύ μικρή απόκλιση από τη ζητούμενη. Συνεπώς, θα καταλήξουμε σε βύθισμα $T=3.80$ m και σε εκτόπισμα $\Delta=2345.03$ t.

Το κοίλο του πλοίου επιλέχθηκε ίσο με $D=6.50$ m.

Από τις γραμμές του πλοίου και τις απαιτήσεις σχετικά με τη συμμετρία των ημιγαστρών ως προς τη βασική γραμμή αναφοράς του πλοίου, επιλέχθηκε η τρόπιδα κάθε ημιγάστρας να απέχει από το Διάμηκες Επίπεδο Συμμετρίας (Center Plane) απόσταση ίση με $d_{\text{DEMIHULL}}=8.53$ m.

Από το κεφάλαιο της αντίστασης, η ταχύτητα υπηρεσίας λαμβάνεται ίση με $V=22$ κόμβους.

Τελικά οι διαστάσεις του πλοίου μας παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

SHIP PARTICULARS	
L_{BP} (m)	89.00
B (m)	23.40
T (m)	3.80
D (m)	6.50
d_{DEMIHULL} (m)	8.53
Δ (t)	2345.03
V (kn)	22

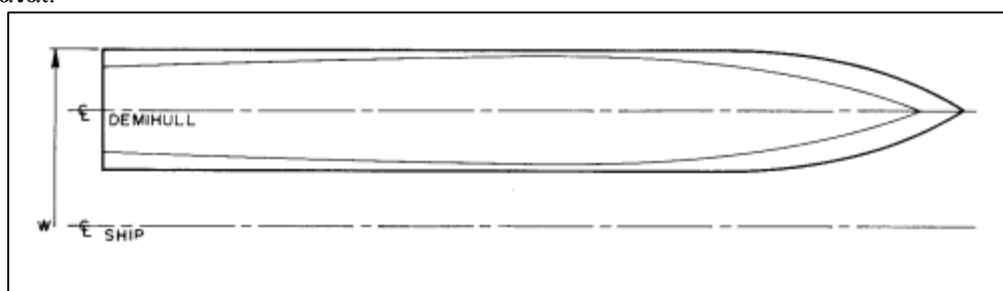
Πίνακας 2.2 Κύριες Διαστάσεις ‘‘STAMATIA’’

Το υπό μελέτη πλοίο θα ονομαστεί ‘‘STAMATIA’’.

3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΑΥΠΗΓΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Η δημιουργία των ναυπηγικών γραμμών αποτελεί το πιο καίριο κομμάτι για να λάβουμε την εικόνα της τελικής γεωμετρίας του πλοίου. Για το σκοπό αυτό, ήταν πολύ σημαντικό ληφθούν προσεκτικά ταυτόχρονα υπόψη όλες οι δοσμένες παράμετροι, καθώς δεν υπήρχε κάποιο πατρικό πλοίο ως οδηγός για τη σχεδίαση.

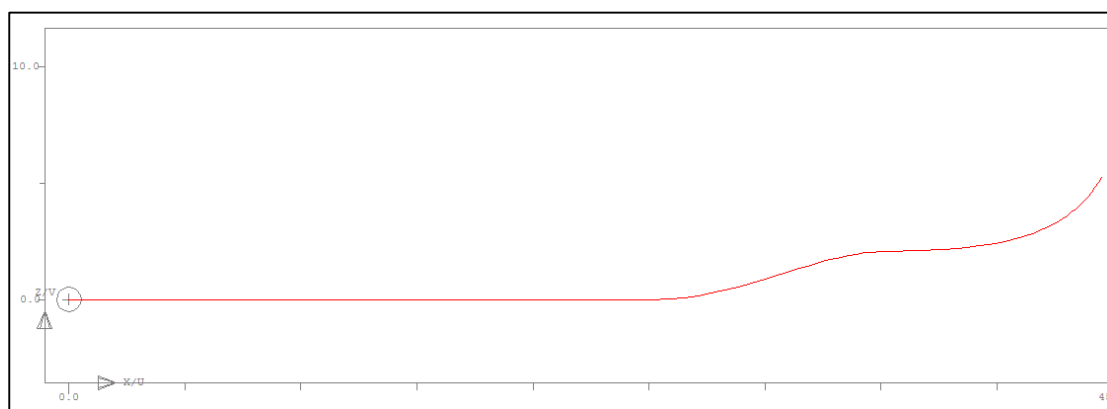
Η πρώτη παράμετρος αφορούσε τη διπλή συμμετρία του πλοίου ως προς το διάμηκες και το εγκάρσιο επίπεδο, γεγονός που μας επέτρεψε να εισάγουμε δεδομένα μόνο για το μισό κομμάτι της μίας εκ των δύο ημιγαστρών. Ιδιαίτερη προσοχή έπρεπε να δοθεί στο γεγονός ότι συμμετρία υπήρχε και σε κάθε ημιγάστρα κατά το διάμηκες επίπεδο έκαστης περί του μέσου της, δηλαδή στα 8.53 m από την Διαμήκη Γραμμή Συμμετρίας (Center Line) και καθ' ύψος μέχρι τα 4.5 m από την Βασική Γραμμή Αναφοράς (Base Line). Πάνω από αυτό το ύψος η συμμετρία παύει να υφίσταται.



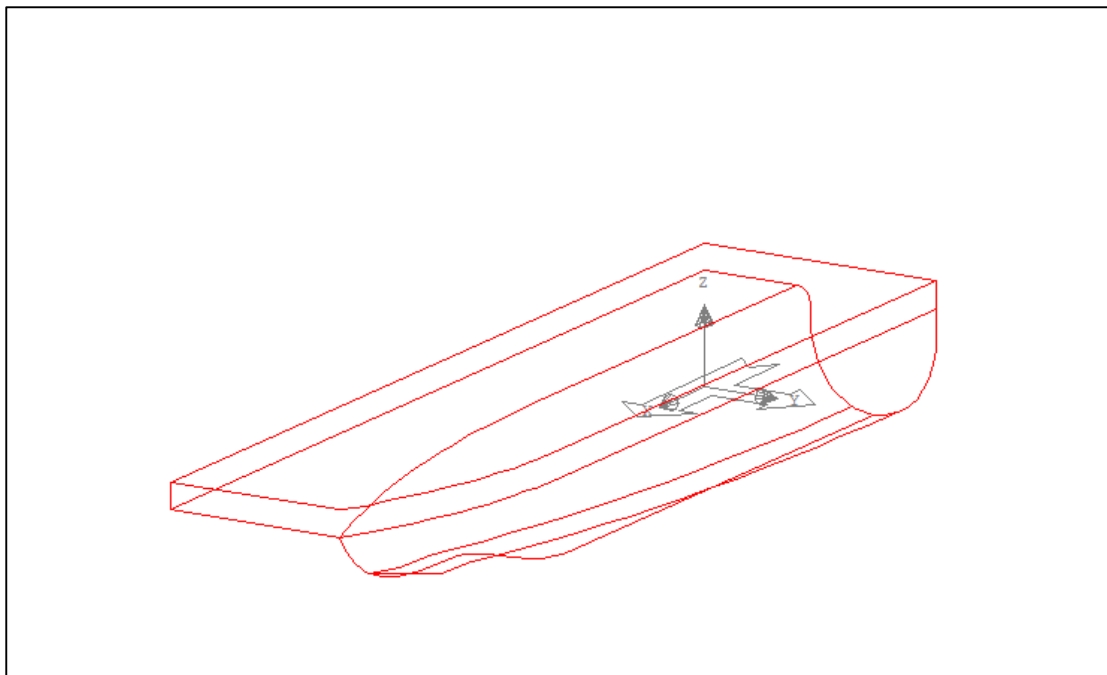
Εικόνα 3.1 Συμμετρία Catamaran

Καθοριστικό ρόλο για διαμόρφωση της ημιγαστρας στο περιβάλλον του **AVENA Lines** έπαιξε η χρήση ελικοπηδαλίων ως σύστημα πρόωσης. Πιο συγκεκριμένα, σε κάποιο σημείο της ημιγαστρας περί το διάμηκες επίπεδο συμμετρίας στο μέσο της, πρέπει να δημιουργηθεί ένα τμήμα στο οποίο οι διαμήκεις καμπύλες, και κατά συνέπεια η επιφάνεια, θα παρουσιάζουν αλλαγή της καμπυλότητας, ώστε να τοποθετηθούν τα ελικοπηδάλια (Εικόνα 3.2).

Τέλος, δε θα πρέπει να παραληφθούν τα εναπομείναντα κομμάτια που συνθέτουν την ημιγάστρα μας. Σε αυτά περιλαμβάνονται η γεωμετρία του καταστρώματος οχημάτων (Car Deck), η φρακτή του προωαίου άκρου και το συνδετικό κομμάτι των ημιγαστρών. Έτσι, έχουμε μια πρώτη εικόνα του σκελετού της ημιγαστρας του υπό μελέτη πλοίου (Εικόνα 3.3).

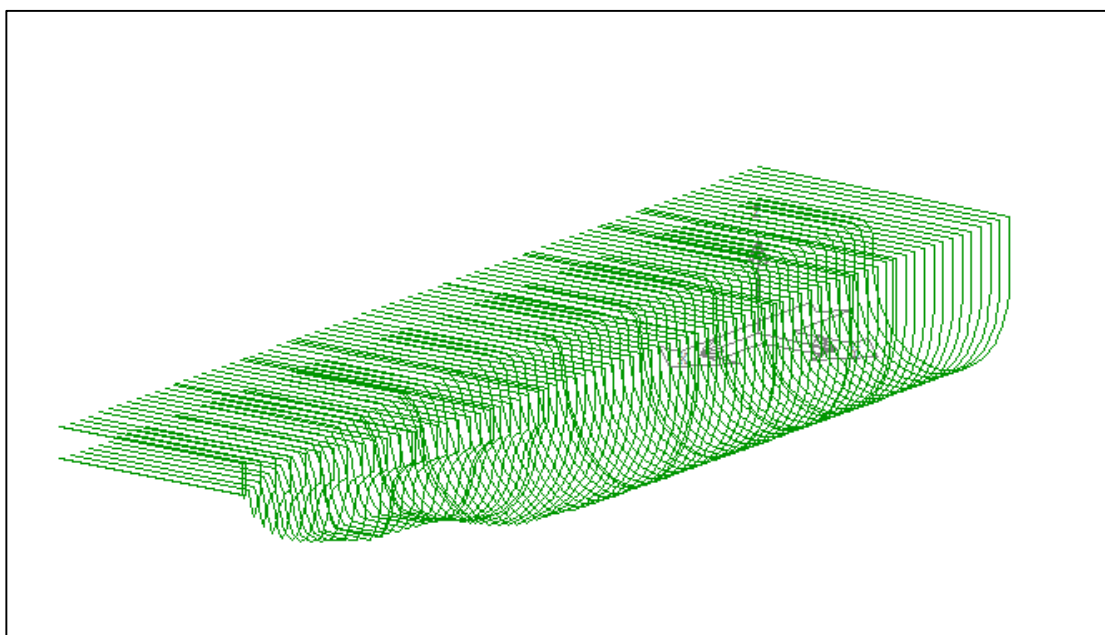


Εικόνα 3.2 Προφίλ Ημιγαστρας περί το Διάμηκες Επίπεδο Συμμετρίας στο Μέσο της



Εικόνα 3.3 Μορφή Ημιγάστρας

Η τελική γεωμετρία του πλοίου μας μετά από τη διαδικασία κυκλικών εξομαλύνσεων φαίνεται παρακάτω:.



Εικόνα 3.4 Τελική Μορφή Νομέων

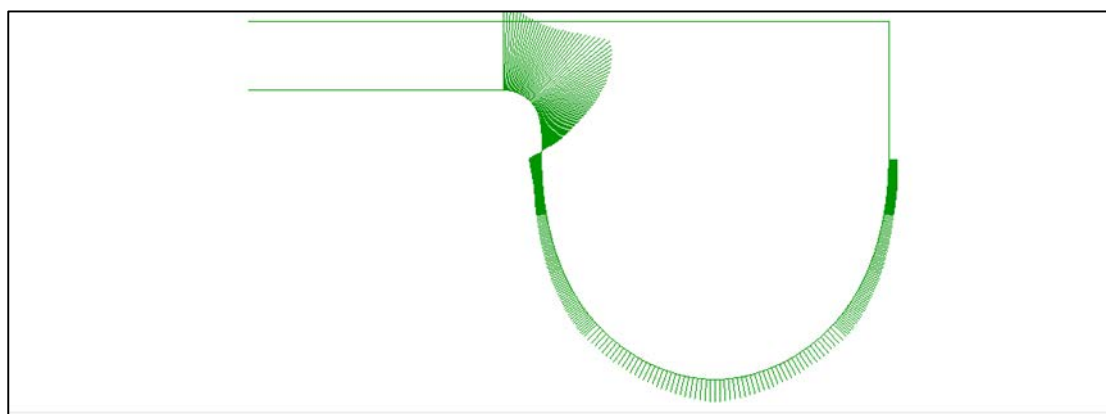
Έχοντας λάβει την τελική μορφή της ημιγάστρας του πλοίου μας είμαστε σε θέση να λάβουμε διάφορα δεδομένα, όπως τον όγκο του πλοίου ή τα υδροστατικά του στοιχεία. Την τιμή του όγκου αν την διπλασιάσουμε (αφού αναφερόμαστε στον όγκο της ημιγάστρας) και την πολλαπλασιάσουμε με την πυκνότητα του θαλασσινού νερού, προκύπτει το εκτόπισμα του πλοίου, σύμφωνα με τον τύπο:

$$\Delta = \gamma \cdot \nabla$$

Επαναλαμβάνοντας την εντολή για διαφορετικά βυθίσματα, καταλήγουμε σε διαφορετικούς όγκους, μέχρι να πετύχουμε αυτόν που θα μας δώσει το επιθυμητό εκτόπισμα.

Τα παραπάνω δεδομένα μπορούμε να τα επεξεργαστούμε περαιτέρω, εισάγοντάς τα σε κάποιο άλλο πρόγραμμα του *AVEVA* και να συγκεντρώσουμε επιπρόσθετες πληροφορίες που θα συνεισφέρουν στην ολοκλήρωση της κατασκευής του πλοίου.

Τέλος, στην Εικόνα 3.5 παρουσιάζεται ένας εξομαλυμένος νομέας και στην Εικόνα 3.6 το σχέδιο γραμμών του υπό μελέτη πλοίου ανά 2 m, ώστε να είναι ευδιάκριτες.



Εικόνα 3.5 Εξομαλυμένος Νομέας 0

4. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Την επιλογή βασικών διαστάσεων και την κατασκευή των ναυπηγικών γραμμών του υπό μελέτη πλοίου ακολουθεί η αποτύπωσή τους στο Σχέδιο Γενικής Διάταξης (General Arrangement). Αυτό θα γίνει βάσει των εθνικών και διεθνών κανονισμών ασφαλείας και ενδιαιτήσεως σε συνδυασμό με προσωπικές σχεδιαστικές επιλογές. Το τελικό Σχέδιο Γενικής Διάταξης του *STAMATIA* παρουσιάζεται στο Παράρτημα Α και περιλαμβάνει μια διαμήκη τομή, μια εγκάρσια τομή, καθώς και κατόψεις όλων των καταστρωμάτων και υπερκατασκευών.

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 $L_{BP}=89$ m
 Ολικό πλάτος $B=23.4$ m
 Πλάτος ημιγάστρας $B_{DEMIHULL}=6.34$ m
 Ισαπόσταση ημιγαστρών $s=17.06$ m
 Βύθισμα σχεδίασης $T_{des}=3.8$ m
 Βύθισμα αντοχής $T_{scant}=5.226$ m

Η ισαπόσταση των κατασκευαστικών νομέων (frame spacing) επιλέγεται 600 mm σε όλο το μήκος του πλοίου. Κατά τη διαμερισματοποίηση του πλοίου, εισάγονται 11 εγκάρσιες υδατοστεγείς φρακτές, που εκτείνονται καθ' ύψος μέχρι το Car Deck. Οι φρακτές αυτές τοποθετούνται στους νομείς 0, 15, 30, 45, 50, 64 και στους συμμετρικούς τους -15, -30, -45, -50, -64. Έτσι δημιουργούμε 12 διαμήκη διαμερίσματα.

4.1 Κατώτερα Καταστρώματα

Όπως έχει αναφερθεί, η γάστρα του πλοίου μας εκτείνεται μέχρι το κοίλο που βρίσκεται σε ύψος $h_D=6.5$ m από τη βασική γραμμή αναφοράς. Εκεί βρίσκεται το Car Deck, το οποίο έχουμε επιλέξει ως κατάστρωμα στεγανών φρακτών, δηλαδή το ανώτατο κατάστρωμα, μέχρι το οποίο εκτείνονται τα εγκάρσια στεγανά διαφράγματα. Στο χώρο κάτω από αυτό το κατάστρωμα (lower hull) υπάρχει το διπύθμενο (double bottom) σε ύψος $h_{DB}=1.5$ m από τη βασική γραμμή αναφοράς.

Τα κατώτερα καταστρώματα υποδιαιρούνται σε δύο χώρους. Το διπύθμενο και το χώρο μεταξύ διπυθμένου και Car Deck. Αυτοί οι χώροι παρουσιάζονται παρακάτω:

- Διπύθμενο

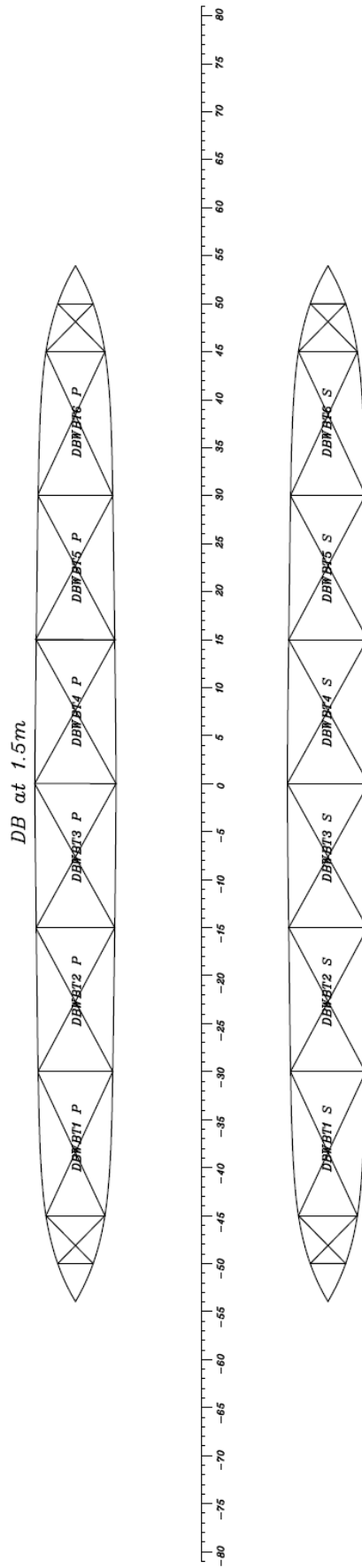
Το έλασμα του διπυθμένου εκτείνεται από το frame -50 μέχρι το frame 50. Ο χώρος κάτω από το διπύθμενο χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση διάφορων δεξαμενών. Από frame -50 έως frame -45, frame -45 έως frame -30, frame -30 έως frame -15, frame -15 έως frame 0, frame 0 έως frame 15, frame 15 έως frame 30, frame 30 έως frame 45, frame 45 έως frame 50 τοποθετούνται δεξαμενές θαλάσσιου έρματος (Water Ballast Tanks). Ο χώρος αυτός παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.1.1.

- Χώροι μεταξύ διπύθμενου και Car Deck

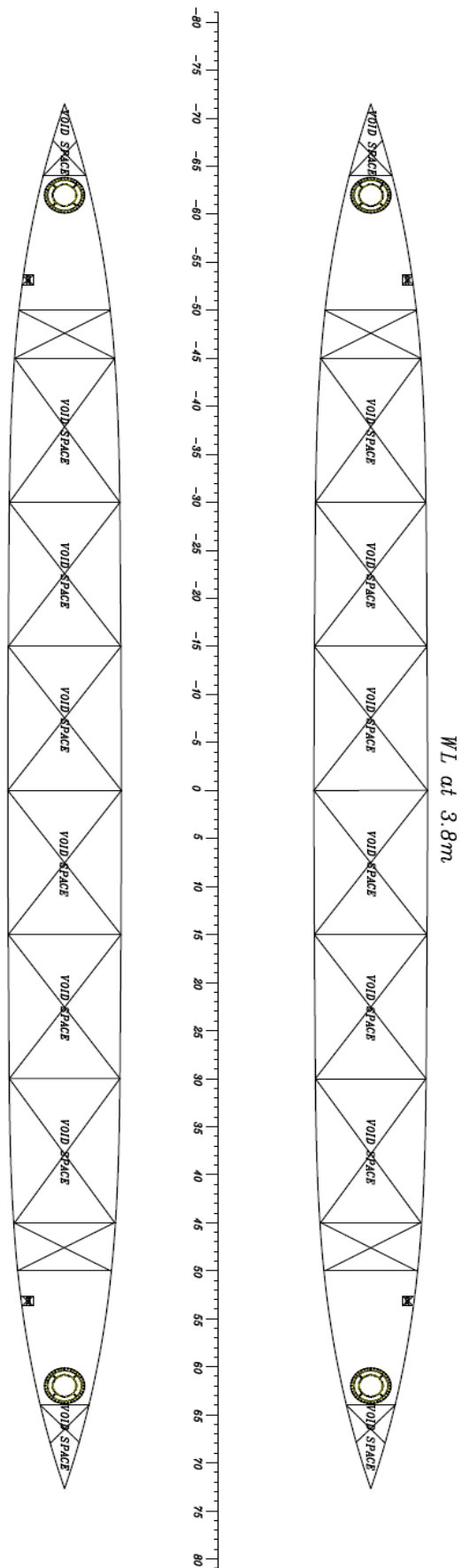
Στον ενδιάμεσο χώρο μεταξύ του διπυθμένου και του γκαράζ των αυτοκινήτων βρίσκονται τα μηχανοστάσια (Engine Room). Ο συνολικός αριθμός τους ανέρχεται σε τέσσερα. Η έκταση που καταλαμβάνουν οριοθετείται από τους νομείς -64 ως -50 και 50 ως 64, αντίστοιχα, σε κάθε ημιγύστρα. Στο εσωτερικό κάθε μηχανοστασίου υπάρχουν οι κύριες μηχανές, οι οποίες είναι συνδεδεμένες με τα ελικοπηδάλια και τους αξόνες τους, αλλά και οι ηλεκτρογεννήτριες για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του πλοίου. Η πρόσβαση στους αναφερόμενους χώρους γίνεται από το Car Deck μέσω κλιμακοστασίων, ενώ σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης έχει προβλεφθεί η τοποθέτηση σκάλας διαφυγής σε κάθε μηχανοστάσιο.

Επίσης, μεταξύ διπύθμενου και Car Deck υπάρχουν κενοί χώροι που χρησιμοποιούνται είτε ως δεξαμενές (καυσίμων, λαδιών, λιπαντικών, πόσιμου νερού, έρματος), είτε ως αποθηκευτικοί χώροι.

Στην κάτοψη της ισάλου, μπορούμε να διακρίνουμε κάποιους από τους παραπάνω χώρους (Εικόνα 4.1.2).



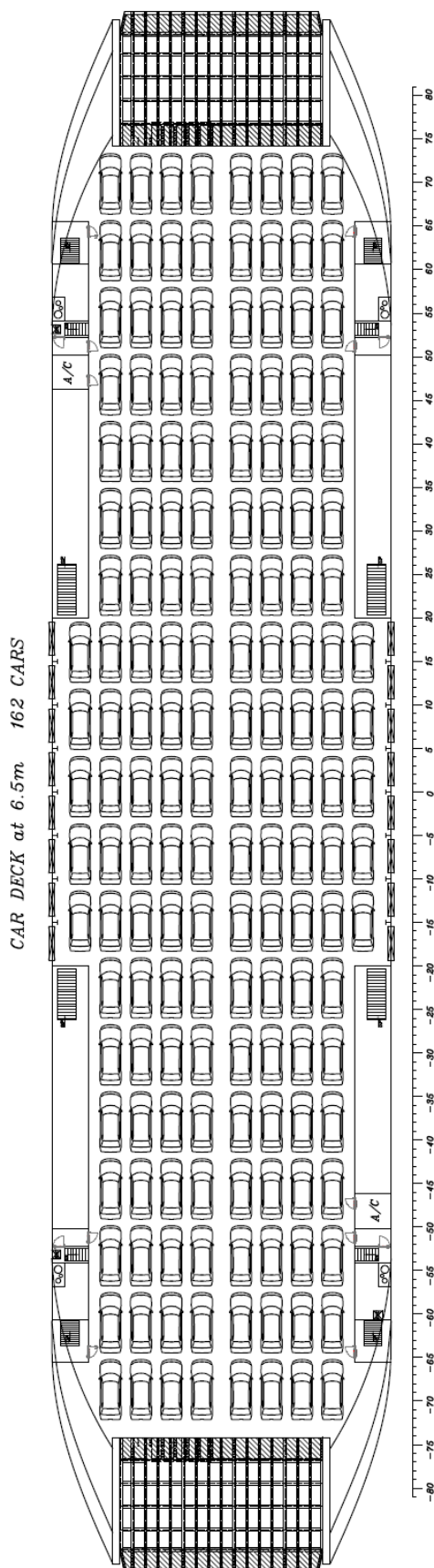
Εικόνα 4.1.1 Διπύθμενο



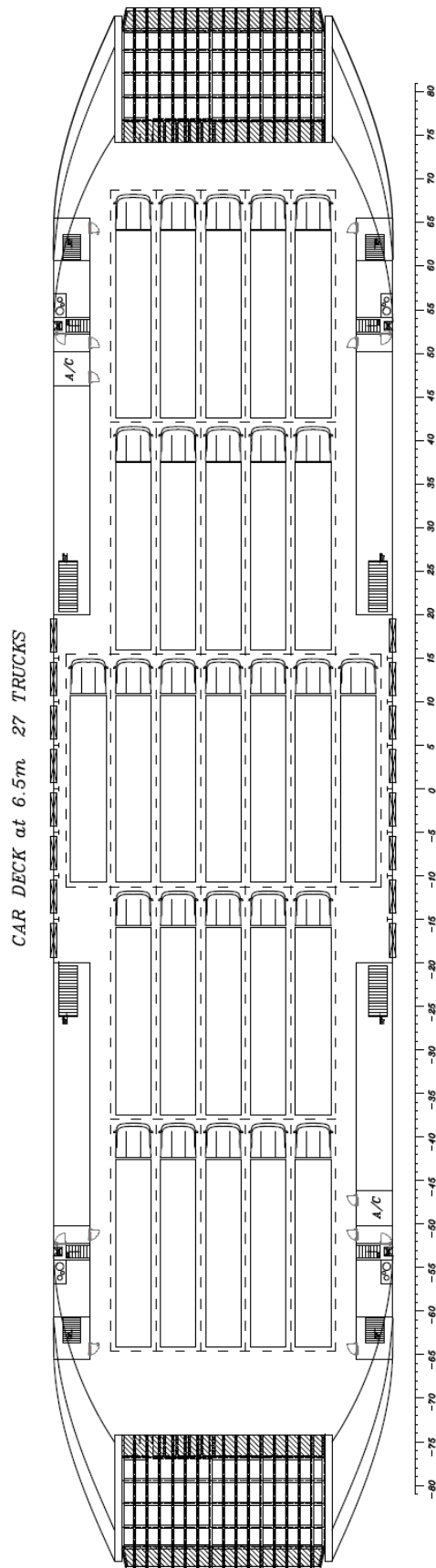
Εικόνα 4.1.2 Ίσαλος

4.2 Κατάστρωμα Οχημάτων

Το κατάστρωμα οχημάτων (Car Deck) αποτελεί το κατάστρωμα στεγανών φρακτών (Watertight Bulkhead Deck), βρίσκεται σε απόσταση 6.50 m από τη Base Line και είναι το κατάστρωμα από το οποίο εισέρχονται από την πρύμνη οι επιβάτες και τα οχήματα, μέσω των καταπελτών (Ramp Doors). Υπάρχει η δυνατότητα για τη μεταφορά 162 Ι.Χ. επιβατηγών, χωρισμένα σε 10 σειρές (lanes) ή 27 φορτηγών, χωρισμένα σε 7 σειρές. Μάλιστα, έχει προβλεφθεί η υψομετρική απόσταση με το υπερκείμενο κατάστρωμα να είναι στα 5.50 m, ώστε να μην προκαλείται πρόβλημα από το ύψος των φορτηγών. Το συνολικό μήκος lanes για τα φορτηγά ανέρχεται σε 427.80 m. Η μετακίνηση των επιβατών και του πληρώματος στα ανώτερα καταστρώματα πραγματοποιείται από κλιμακοστάσια που βρίσκονται στα άκρα των πλευρών του πλοίου. Για τον αερισμό του χώρου χρησιμοποιείται φυσικό σύστημα εξαερισμού (Natural Ventilation).



Εικόνα 4.2.1 Κατάστρωμα Οχημάτων (Αυτοκίνητα)



Εικόνα 4.2.2 Κατάστρωμα Οχημάτων (Φορτηγά)

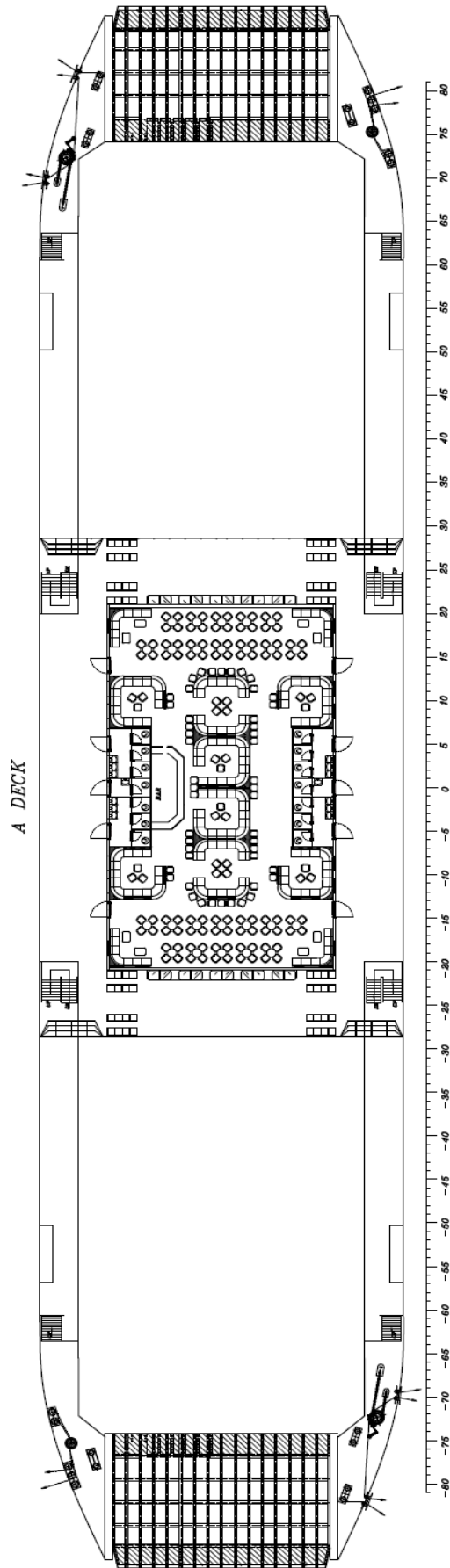
4.3 Καταστρώματα Επιβατών

Πάνω από το γκαράζ αυτοκινήτων υπάρχουν ακόμα τρία καταστρώματα που χρησιμοποιούνται για την ενδιαίτηση του προσωπικού και του πληρώματος, αλλά και για την πλοήγηση του πλοίου.

- Saloon Deck

Το Saloon Deck βρίσκεται σε ύψος 12.00 m από την τρόπιδα, έχει ύψος 2.50 m και απέχει 5.50 m από το Car Deck. Η πρόσβαση στο κατάστρωμα επιτυγχάνεται μέσω κλιμακοστασίων τα οποία είναι συμμετρικά κατά το διάμηκες και το εγκάρσιο επίπεδο. Ακόμα, κλιμακοστάσια χρησιμοποιούνται για τη μετακίνηση των ατόμων στο υπερκείμενο κατάστρωμα. Τα κλιμακοστάσια βρίσκονται στον ανοιχτό χώρο του καταστρώματος που εκτείνεται στην περιοχή κοντά στο frame -29 έως την περιοχή κοντά στο frame 29, έχοντας ίδιο πλάτος με το πλοίο.

Από τα frames -21 μέχρι και frame 21 οριοθετείται το μήκος του κλειστού χώρου, έχοντας πλάτος 14.70 m. Εκεί περιλαμβάνονται σαλόνι, καθίσματα επιβατών, χώρος με μπαρ και fast food. Για τους επιβάτες που ενδιαίτουνται στους παραπάνω χώρους, έχουν τοποθετηθεί δεκατέσσερα αποχωρητήρια, η πρόσβαση στα οποία γίνεται μέσω των ανοιχτών χώρων του πλοίου. Στους κλειστούς χώρους του καταστρώματος μπορούν να φιλοξενηθούν 312 επιβάτες.



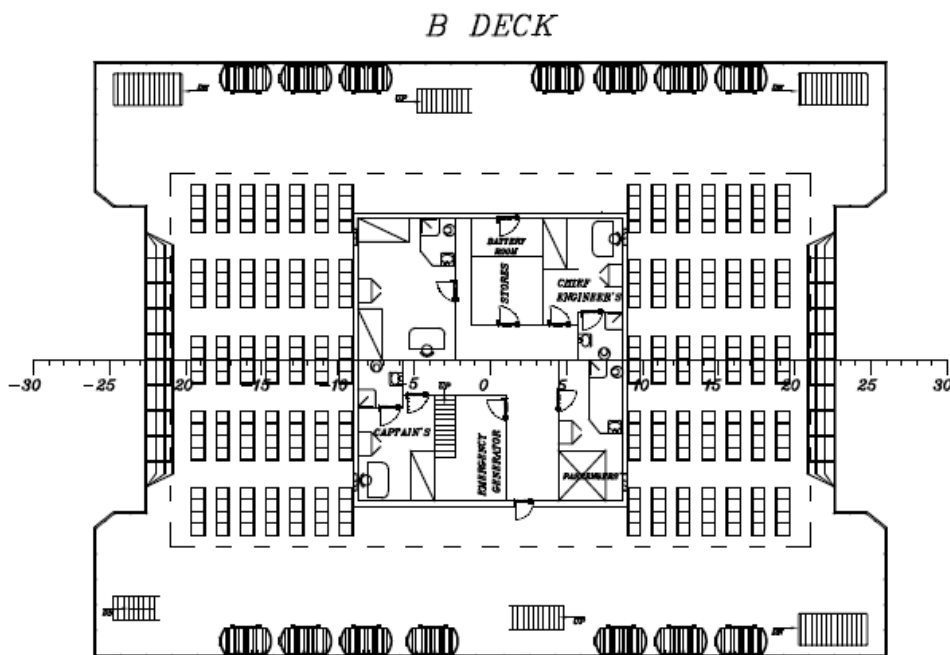
Εικόνα 4.3.1 A Deck

- B Deck

Σε απόσταση 14.50 m από την τρόπιδα δεσπόζει το B Deck, έχοντας ύψος 2.45 m. Όπως και στα προηγούμενα καταστρώματα, δυνατότητα πρόσβασης και σύνδεσης με το ανώτερο κατάστρωμα υπάρχει μέσω κλιμακοστασίων. Να σημειωθεί ότι αυτά τα κλιμακοστάσια συναντώνται τόσο στον εξωτερικό χώρο, όσο και εντός του κλειστού χώρου. Από το frame -9 έως και το frame 9 υπάρχει κλειστός χώρος με πλάτος 11.55 m, ενώ ο ανοιχτός χώρος ορίζεται από το frame -26 μέχρι το frame 26 με πλάτος έκτασης μέχρι τα άκρα του πλοίου.

Ο κλειστός χώρος του υπό μελέτη καταστρώματος προορίζεται αποκλειστικά για την ενδιαίτηση του πληρώματος, αν και έχει προβλεφθεί ένα δωμάτιο με δίκλινο κρεβάτι για επιβάτες. Συναντάμε δύο καμπίνες ανώτερου πληρώματος, μία για τον καπετάνιο και μία για τον πρώτο μηχανικό, με την κάθε μία να περιλαμβάνει προσωπικό χώρο μπάνιου, γραφείο και κλίνη. Ακόμα, υπάρχει μια δίκλινη καμπίνα, προς χρήση από το πλήρωμα, η οποία περιλαμβάνει μπάνιο και γραφείο. Επιπλέον, διατίθεται ένα δωμάτιο όπου βρίσκεται η ηλεκτρογεννήτρια εκτάκτου ανάγκης, αποθηκευτικός χώρος και δωμάτιο όπου τοποθετούνται μπαταρίες που παρέχουν εφεδρική ισχύ στον υπολογιστικό εξοπλισμό του πλοίου.

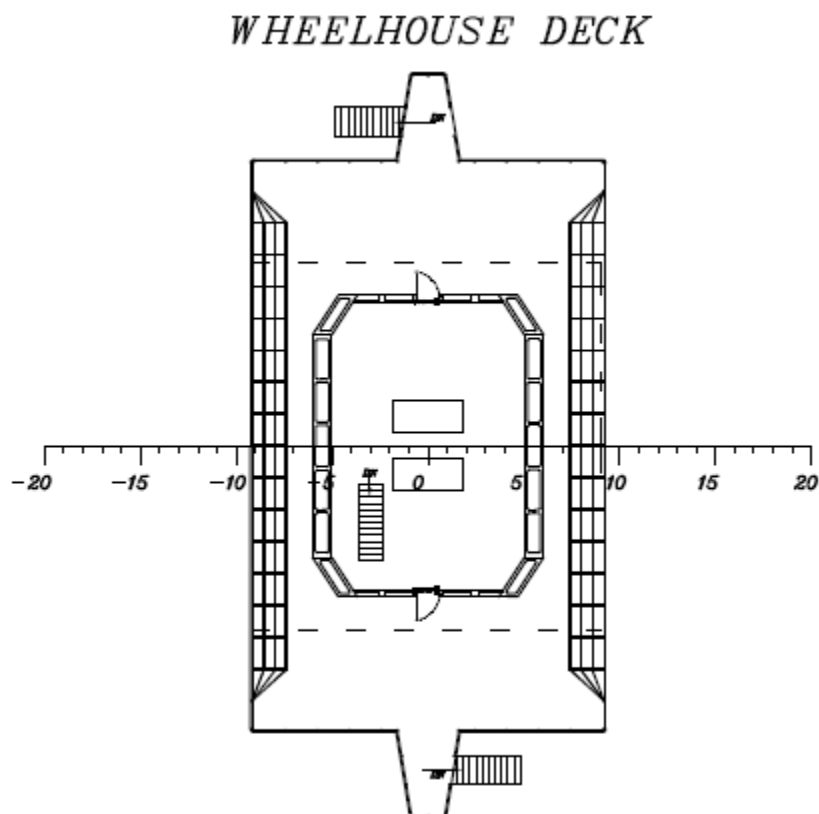
Σε ό,τι αφορά τα συστήματα εκτάκτου εγκατάλειψης του πλοίου για την ασφάλεια των επιβατών και του πληρώματος, έχουν εγκατασταθεί συνολικά δεκατέσσερις πνευστές σωσίβιες σχεδίες (βαρελάκια). Σύμφωνα με τους κανονισμούς για την πιο ομαλή διεξαγωγή της απομάκρυνσης των επιβαινόντων οι σχεδίες έχουν μοιραστεί και στις δύο πλευρές του πλοίου, ανά επτά σε κάθε πλευρά.



Εικόνα 4.3.2 B Deck

- Wheelhouse Deck

Το τελευταίο και κατάστρωμα του πλοίου βρίσκεται σε ύψος 16.95 m και έχει ύψος 2.90 m. Περιέχει ανοιχτό χώρο μεταξύ των frames -9 και 9, ενώ το μέγιστο πλάτος του είναι ίδιο με αυτό του πλοίου. Ο κλειστός του χώρος εκτείνεται από το frame -5 μέχρι το frame 5, έχει πλάτος 9.45 m και αποτελεί αποκλειστικά χώρο εργασίας του πληρώματος. Μέσα σε αυτό τον κλειστό χώρο περιλαμβάνονται όλα τα απαραίτητα όργανα κυβέρνησης και ελέγχου της λειτουργίας του πλοίου.



Εικόνα 4.3.3 Wheelhouse Deck

Τέλος, θα πρέπει να γίνει αναφορά στους κανονισμούς στους οποίους βασιστήκαμε για τη σχεδίαση των καταστρωμάτων επιβατών. Πρόκειται για τους κανονισμούς που περιλαμβάνονται στο Π.Δ. 44/2011 (Φ.Ε.Κ. 110 Α'/13-05-2011) και την απόφαση ΑΔΑ: 4ΑΜ4Φ-ΨΑΓ και αφορούν τους χώρους των επιβατών και στους κανονισμούς (Ν.1594/ 1986) για τους χώρους πληρώματος.

Κανονισμοί Ενδιαίτησεως Επιβατών

4.3. Διατηρείται η απαίτηση ύπαρξης τουλάχιστον ενός δίκλινου θαλαμίσκου προς χρήση επιβατών για τα επιβατηγά πλοία ολικού μήκους άνω των 25 m, που δραστηριοποιούνται στην κάλυψη συγκοινωνιακών αναγκών και εκτελούν πλόες συνολικής διαδρομής άνω των 10 ν.μ. (παρ. 3, άρθρο 4).

5.3. Τα ελεύθερα άκρα των καταστρωμάτων φέρουν προστατευτικό δρύφρακτο ή κιγκλίδωμα ύψους ενός (1) τουλάχιστον μέτρου από την άνω όψη της επίστρωσης.

6.2. Οι κλειστοί χώροι επιβατών έχουν καθαρό ύψος τουλάχιστον 2 m από την άνω όψη της επίστρωσης δαπέδου μέχρι την κάτω όψη της επένδυσης οροφής (παρ. 2, άρθρο 6).

6.4-6.5-7. Για τους διαδρόμους, τις θύρες εισόδου-εξόδου και τις κλίμακες, από πλευράς ενδιαίτησεων επιβατών, ισχύει ό,τι προβλέπεται αντίστοιχα στη Δ.Σ. SOLAS (Κεφ. II-2) και την Κ.Ο. 98/18/ΕΚ για τα πλοία που εμπίπτουν σε αυτές, χωρίς να γίνεται σύγκριση με τις απαιτήσεις περί διαφυγής.

- Οι διάδρομοι να είναι ελεύθεροι εμποδίων και καθαρού πλάτους 1.1 m με χειρολαβές και στις δύο πλευρές.
- Οι θύρες εισόδου-εξόδου θα είναι επαρκούς πλάτους για την άνετη και ασφαλή διακίνηση των επιβατών.
- Οι κλίμακες ανόδου-καθόδου μεταξύ διαδοχικών καταστρωμάτων πρέπει να έχουν συνολικό πλάτος τουλάχιστον 0.5 εκατοστά του μέτρου ανά επιβάτη που ενδίδεται και στα δύο διαδοχικά καταστρώματα. Δεν επιτρέπεται πλάτος κλίμακας κάτω του 0.75 m.
- Οι κλίμακες πρέπει να έχουν κλίση ως προς το οριζόντιο μέχρι 45° μοίρες.

9.ε) Οι θύρες των θαλαμίσκων (καμπίνες) να ανοίγουν προς το εσωτερικό του θαλαμίσκου.

10.1.γ) Ένας (1) τουλάχιστον κοινόχρηστος χώρος υγιεινής για άτομα με ειδικές ανάγκες, εφόσον το ολικό μήκος των πλοίων είναι πάνω από πενήντα (50) m.

19.2.β) Σε επιβατηγά πλοία που εκτελούν πλόες ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ I, II, III και IV, ένα κοινόχρηστο αποχωρητήριο ανά 45 επιβάτες και όχι λιγότερα από δύο.

19.3.α) Έξω από κάθε αποχωρητήριο ή συγκρότημα αποχωρητηρίων, υπάρχει προθάλαμος ικανοποιητικών διαστάσεων για την τοποθέτηση των απαιτούμενων νιπτήρων με καθρέπτη πάνω από κάθε νιπτήρα, σάπωνα και μέσα στεγνώματος χεριών.

19.3.β) Η επιφάνεια κάθε αποχωρητηρίου είναι τουλάχιστον 1.20 τετραγωνικά μέτρα.

19.3.δ) Ο μισός αριθμός αποχωρητηρίων διατίθεται για γυναίκες ενώ δεν επιτρέπονται κοινοί προθάλαμοι ανδρών και γυναικών.

18. Στα επιβατηγά πλοία, που δραστηριοποιούνται για την κάλυψη συγκοινωνιακών αναγκών, εφόσον διατίθεται και λειτουργεί εστιατόριο ή SELF SERVICE, αυτό βρίσκεται σε κλειστό χώρο επί ή υπέρ του κυρίου καταστρώματος, διακεκριμένο από τον υπόλοιπο χώρο επιβατών.

20.1 Για κάθε επιβάτη που αντιστοιχεί στα ανοικτά καταστρώματα πρέπει να διατίθεται ένα κάθισμα ή τμήμα πάγκου 0.5 m. Για κάθε επιβάτη που αντιστοιχεί στα κλειστά καταστρώματα πρέπει να διασφαλίζεται τουλάχιστον χώρος 1 m².

Κανονισμοί Ενδιαιτήσεως Πληρώματος

5.3.β) Το εμβαδόν των υπνοδωματίων που προορίζονται για το κατώτερο πλήρωμα δεν πρέπει να είναι κατώτερο από 3.75 m² για ατομικά υπνοδωμάτια, 6 m² για υπνοδωμάτια δύο ατόμων και 12 m² για υπνοδωμάτια 4 ατόμων.

5.6. Τα υπνοδωμάτια αξιωματικών που δεν διαθέτουν ιδιαίτερο χώρο υποδοχής πρέπει να έχουν εμβαδόν τουλάχιστον 7.5 m².

5.10. Οι ελάχιστες εσωτερικές διαστάσεις της κλίνης να είναι 1.98 m x 0.8 m.

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 1.98 m.

Στο σημείο αυτό να αναφερθεί ότι τυχόν αποκλίσεις σε σχέση με τις απαιτήσεις των κανονισμών οφείλονται σε προσωπικές σχεδιαστικές επιλογές. Κριτήριο για τις επιλογές αυτές, αποτέλεσαν η άνεση των επιβατών και η ευκολία σχεδίασης.

5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Το κεφάλαιο αυτό έχει ως αντικείμενο τον υπολογισμό του βάρους της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου, μέσω της επιμέρους μελέτης του βάρους της γάστρας και των υπερκατασκευών του. Για το σκοπό αυτό είναι απαραίτητη η προμελέτη της αντοχής του σκάφους, μέσω της οποίας λαμβάνουμε μία πιο αξιόπιστη εκτίμηση για το βάρος της μεταλλικής κατασκευής. Κατά την μελέτη αυτή εξετάσαμε ξεχωριστά τα εγκάρσια και τα διαμήκη στοιχεία που συνεισφέρουν στο βάρος. Λόγω του ότι δεν υφίσταται κάποιο πλοίο ίδιου τύπου με παρεμφερείς διαστάσεις, έπρεπε να καθορίσουμε το πάχος των ελασμάτων και τις διαστάσεις των διαμήκων και εγκάρσιων κατασκευαστικών στοιχείων για να λάβουμε δεδομένα για τη μεταλλική κατασκευή. Σε ό,τι αφορά την επιλογή των κατασκευαστικών στοιχείων (ενισχυτικών και ελασμάτων) της γάστρας χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή Marspeed του γαλλικού νηογνώμονα Bureau Veritas, η οποία διατίθεται ελεύθερα στο διαδίκτυο. Πρώτα πραγματοποιήθηκε η σχεδίαση της μέσης τομής και μετά έγινε ο υπολογισμός του βάρους. Για τον υπολογισμό του βάρους των υπερκατασκευών, μέσω των κατασκευαστικών τους στοιχείων, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το μονόγαстро πλοίο. Όλα τα παραπάνω στοιχεία παρουσιάζονται στο σχέδιο της Μέσης Τομής (Midship Section) στο Παράρτημα Γ.

5.1 Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής Γάστρας (W_{HULL})

Όπως προαναφέρθηκε η εκτίμηση του βάρους αυτής της κατηγορίας έγινε με τη χρήση του προγράμματος *Marspeed*, το οποίο βασίζεται στους κανονισμούς του Bureau Veritas (NR396-Rules for High Speed Craft- February 2002). Τα στοιχεία που υπολογίστηκαν είναι τα ελάσματα της γάστρας του πλοίου, τα διαμήκη ενισχυτικά, οι σταθμίδες (girders), οι ενισχύσεις των νομέων (webs), οι έδρες (floors), οι διαδοκίδες (stringers) και τα μπρακέτα (brackets). Το βάρος των φρακτών (bulkheads) δεν προσμετράται εδώ. Για το σκοπό αυτό, σχεδιάστηκαν στο Marspeed έξι εγκάρσιες τομές (sections) που περιλαμβάνουν τα παραπάνω στοιχεία. Οι τομές αυτές σχεδιάστηκαν με βάση το Lines Plan του πλοίου, θεωρώντας ότι η μορφή των διάφορων ελασμάτων και ενισχυτικών προσεγγίζει ικανοποιητικά την πραγματική μορφή τους.

Οι εγκάρσιες τομές που σχεδιάστηκαν στο *Marspeed* παρουσιάζονται παρακάτω συναρτήσεως των αποστάσεων τους από την μέση τομή (*Midship Section*), η οποία αποτελεί το επίπεδο συμμετρίας του πλοίου. Σημειώνεται ότι η οι τομές αφορούν τη μία γάστρα του πλοίου, καθώς το πρόγραμμα μπορεί να εξάγει αποτελέσματα για συμμετρικά πλοία λαμβάνοντας υπόψη μόνο τη μισή γεωμετρία. Επίσης, ως κατάστρωμα αντοχής (*Strength Deck*) λαμβάνουμε το Garage Deck που βρίσκεται σε απόσταση 6.5 m από την τρόπιδα, συνεπώς τομές οριοθετούνται από αυτό το ύψος. Οι έξι τομές παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β και είναι οι παρακάτω:

- 1) Εγκάρσια τομή 0 Midship (0 m από Midship)
- 2) Εγκάρσια τομή Section 7.146 (7.146 m από Midship)
- 3) Εγκάρσια τομή Section 14.832 (14.832 m από Midship)
- 4) Εγκάρσια τομή Section 22.248 (22.248 m από Midship)
- 5) Εγκάρσια τομή Section 37.080 (37.080 m από Midship)
- 6) Εγκάρσια τομή Section 44.496 (44.496 m από Midship)

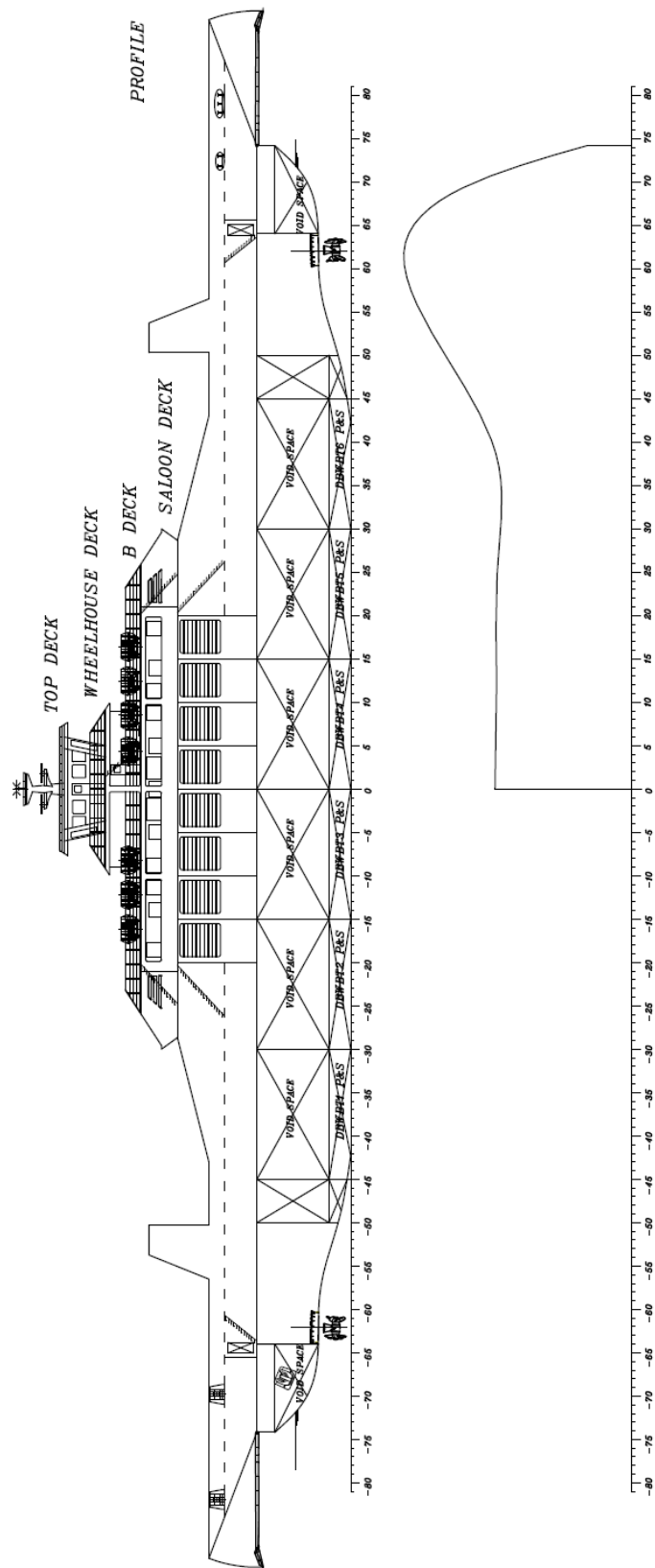
Να σημειωθεί ότι οι έντονα γραμμοσκιασμένες περιοχές αποτελούν floors. Η δυνατότητα κατασκευής τους δεν υπάρχει στο *Marspeed* και για αυτό το λόγο παριστάνονται με το συγκεκριμένο τρόπο. Το ίδιο ισχύει και για τις τρύπες.

Αφού έχουμε σχεδιάσει όλες τις εγκάρσιες τομές και ελέγξει την αντοχή τους, παίρνουμε για κάθε μία από αυτές το βάρος ανά τρέχον μέτρο και τα εισάγουμε στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.1.1).

MARSPEED RESULTS		
Section	Distance (m)	Mass of full section (t/m)
0	0	9.25
7.416	7.416	9.14
14.832	14.832	9.11
22.248	22.248	9.07
29.664	29.664	12.48
37.08	37.08	15.56
44.496	44.496	3.11

Πίνακας 5.1.1 Βάρους Εγκάρσιων Τομών

Για να υπολογίσουμε το συνολικό βάρος που προκύπτει από το *Marspeed* εισάγουμε τα παραπάνω δεδομένα στο *Autocad*, δημιουργώντας τη γραφική παράσταση απόστασης και βάρους/μέτρο, δηλαδή της μεσαίας και της δεξιάς στήλης του παραπάνω πίνακα. Ύστερα, υπολογίζουμε το εμβαδό και τις συντεταγμένες του κέντρου βάρους του σχήματος που έχει προκύπτει από τη γραφική παράσταση, αποτελέσματα που δεν είναι τίποτε άλλο από το βάρος του μισού πλοίου και των θέσεων του LCG και KG. Συνεπώς, διπλασιάζοντας την τιμή του βάρους βρίσκουμε το συνολικό βάρος της γάστρας, όπως προέκυψε από το *Marspeed*. Το LCG που προκύπτει για το μισό πλοίο δεν έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς η συμμετρία το αλληλοαναιρεί με το LCG του υπόλοιπου, δίνοντας μηδενικό αποτέλεσμα. Η γραφική παράσταση στο *Autocad* ακολουθεί στο επόμενο σχήμα:



Σχήμα 5.1.8 Γραφική Παράσταση Κατανομής Βάρους

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα είδη ελασμάτων, διαμήκων και εγκάρσιων ενισχυτικών που έχουν εισαχθεί στο *Marspeed* για τη μέση τομή.

Panel	Thickness (mm)
BOTTOM 01	12
BOTTOM 02	12
BOTTOM 03	12
BOTTOM 04	12
BOTTOM 05	12
BOTTOM 06	12
CAR DECK	16
SIDE SHELL	12
INNER BOTTOM 1	12
INNER BOTTOM 2	12
C. GIRDER	12
DB GIRDER	12

Πίνακας 5.1.2 Πάχη ελασμάτων μέσης τομής

Panel	Type of Long. Stiffeners	Quantity
BOTTOM 01	L 150.0x90.0x10.0	8
BOTTOM 02	L 150.0x90.0x10.0	1
BOTTOM 03	L 150.0x90.0x10.0	6
BOTTOM 04	L 150.0x90.0x10.0	6
BOTTOM 05	B 240.0x12.0	5
BOTTOM 06	B 240.0x12.0	5
CAR DECK	L 150.0x90.0x10.0	20
	T 400.0x10.0 150.0x20.0	1
SIDE SHELL	L 150.0x90.0x10.0	3
INNER BOTTOM 1	L 150.0x90.0x10.0	4
INNER BOTTOM 2	L 150.0x90.0x10.0	4

Πίνακας 5.1.3 Διαμήκη Ενισχυτικά Μέσης Τομής

Panel	Type of Transv. Stiffeners
BOTTOM 01	Primary Supporting Member
BOTTOM 02	Primary Supporting Member
BOTTOM 03	Web:600.0x10.0
	Flange:100.0x10.0
BOTTOM 04	Web:600.0x10.0
	Flange:100.0x10.0
BOTTOM 05	Primary Supporting Member
BOTTOM 06	Primary Supporting Member
CAR DECK	Web:600.0x10.0
	Flange:100.0x10.0
SIDE SHELL	Web:600.0x10.0
	Flange:100.0x10.0
INNER BOTTOM 1	Primary Supporting Member
INNER BOTTOM 2	Primary Supporting Member

Πίνακας 5.1.4 Εγκάρσια Ενισχυτικά Μέσης Τομής

Τα τελικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

HULL			
	Weight (t)	LCG (m)	KG (m)
	963.74	0	5.71
Total	1011.93	0	5.71

Πίνακας 5.1.5 Βάρος Γάστρας W_{HULL}

Να σημειωθεί ότι στο παραπάνω βάρος έχει προσμετρηθεί και μία αύξηση της τάξης του 5% για τυχόν στοιχεία που δεν έχουν υπολογιστεί.

5.2 Βάρος Φρακτών (W_{BHDs})

Το βάρος αυτό προκύπτει από τις φρακτές του υπό μελέτη πλοίου. Στον πίνακα 5.2.1 φαίνεται η διαμήκης θέση της κάθε φρακτής, η επιφάνειά της και κατακόρυφη απόσταση από την τρόπιδα KG, που υπολογίστηκαν από το Σχέδιο Γραμμών, η πυκνότητα και το πάχος του χάλυβα. Συνεπώς, υπολογίζουμε το βάρος κάθε φρακτής, τις διαμήκεις και κατακόρυφες ροπές που προκύπτουν, ώστε με χρήση του θεωρήματος ροπών να καταλήξουμε στην τελική τιμή των LCG και KG. Επιπλέον προσανξάνουμε το βάρος 15% για λόγους ενίσχυσης. Έτσι έχουμε:

BHD WEIGHT									
	Distance	Area	Thickness	Density	W	LCG	ML	KG	MV
	m	m ²	mm	t/m ³	t	m	t·m	m	t·m
	-38.40	46.93	8.00	7.80	2.93	-38.40	-112.46	5.11	14.97
	-30.00	69.41	8.00	7.80	4.33	-30.00	-129.94	4.55	19.69
	-27.00	77.50	8.00	7.80	4.84	-27.00	-130.57	4.22	20.42
	-18.00	82.68	8.00	7.80	5.16	-18.00	-92.86	4.03	20.77
	-9.00	84.73	8.00	7.80	5.29	-9.00	-47.59	3.97	21.00
	0	85.43	8.00	7.80	5.33	0	0	3.96	21.08
	9.00	84.73	8.00	7.80	5.29	9.00	47.59	3.97	21.00
	18.00	82.68	8.00	7.80	5.16	18.00	92.86	4.03	20.77
	27.00	77.50	8.00	7.80	4.84	27.00	130.57	4.22	20.42
	30.00	69.41	8.00	7.80	4.33	30.00	129.94	4.55	19.69
	38.40	46.93	8.00	7.80	2.93	38.40	112.46	5.11	14.97
Total	-	-	-	-	50.42	-	0	3.70	214.79
Add 15%	-	-	-	-	57.98	-	0	3.70	214.79

Πίνακας 5.2.1 Βάρος Φρακτών ($W_{BULKHEADS}$)

5.3 Βάρος Υπερκατασκευών (W_{SS})

Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται όλα τα βάρη για τις κατασκευές που βρίσκονται πάνω από το Strength Deck, στην προκειμένη περίπτωση το Garage Deck, δηλαδή πάνω από τα 6.5 m. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, αυτές οι υπερκατασκευές είναι: το Garage Deck, το Saloon Deck, το B Deck και το Wheelhouse Deck. Οι διαστάσεις των ελασμάτων και των υπόλοιπων στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση των κατασκευών λαμβάνονται από τις υπερκατασκευές του μονόγαστρου πλοίου.

5.3.1 Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής Garage (W_{GAR})

Από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης μετράμε τις διαστάσεις της υπερκατασκευής του Garage Deck και βρίσκουμε ότι έχει μήκος $L_{SSGAR}=34.00$ m, πλάτος $B_{SSGAR}=23.40$ m και ύψος $H_{SSGAR}=5.50$ m. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν αναλύονται στον παρακάτω πίνακα:

GARAGE DECK	
Name	Dimensions (mm)
Plate	6
Girder	T 500.0x10.0 200.0x15.0
Long. Stiff	L 100.0x50.x6.0
Side Long. Stiff.	L 100.0x50.x6.0
Stringer	T 380.0x10.0 250.0x20.0
Web	Web:500.0x10.0 Flange:250.0x15.0
Side Web	Web:500.0x10.0 Flange:250.0x15.0
Bracket	BRT 200.0x200.0x6.0

Πίνακας 5.3.1.1 Ενισχυτικά Garage Deck

Τα βάρη που προκύπτουν, οι κατακόρυφες ροπές και οι κατακόρυφες αποστάσεις παρουσιάζονται συνολικά στον ακόλουθο πίνακα:

GARAGE DECK WEIGHTS			
Name	Weight (t)	KG (m)	MT (t·m)
Plate	76.84	10.37	796.65
Girder	10.73	11.65	125.07
Long. Stiff	8.69	11.94	103.79
Side Long .	2.58	9.00	23.18
Stringer	4.72	9.00	42.50
Web	14.37	11.64	167.30
Side Web	3.07	8.99	27.59
Bracket	0.51	11.93	6.03
Side Bracket	0.13	9.00	1.21
Total	121.65	10.63	1293.33

Πίνακας 5.3.1.2 Βάρος Garage Deck

5.3.2 Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής Saloon Deck (W_{SALOON})

Από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης μετράμε τις διαστάσεις της υπερκατασκευής του Saloon Deck και βρίσκουμε ότι έχει μήκος $L_{SALOON}=25.20$ m, πλάτος $B_{SALOON}=14.70$ m και ύψος $H_{SALOON}=2.50$ m. Στον παρακάτω πίνακα αναλύονται τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν:

SALOON DECK	
Name	Dimensions (mm)
Plate	6
Girder	T 300.0x8.0 120.0x12.0
Long. Stiff	L 100.0x50.x6.0
Side Long. Stiff.	L 100.0x50.x6.0
Pillar	R:64.0 t:5.0
Web	Web:300.0x8.0 Flange:120.0x12.0
Bracket	BRT 200.0x200.0x6.0

Πίνακας 5.3.2.1 Ενισχυτικά Saloon Deck

Τα βάρη που προκύπτουν, οι κατακόρυφες ροπές και οι κατακόρυφες αποστάσεις συγκεντρώνονται στον ακόλουθο πίνακα:

SALOON DECK WEIGHT			
Name	Weight (t)	KG (m)	MT (t·m)
Plate	26.67	14.06	375.09
Girder	3.02	14.29	43.15
Long Stiff	3.89	14.44	56.19
Side Long Stiff	1.42	13.25	18.75
Pillars	0.01	13.09	0.18
Web	3.96	14.29	56.63
Bracket	0.30	14.43	4.38
Total	39.28	14.11	554.37

Πίνακας 5.3.2.2 Βάρος Saloon Deck

5.3.3 Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής B Deck (W_{BDECK})

Το B Deck έχει μήκος $L_{BDECK}=10.80$ m, πλάτος $B_{BDECK}=11.55$ m και ύψος $H_{BDECK}=2.45$ m, όπως προκύπτει από το Σχέδιο της Γενικής Διάταξης. Παρακάτω αναλύονται τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν:

B DECK	
Name	Dimensions (mm)
Plate	6
Girder	T 250.0x8.0 120.0x12.0
Long. Stiff	L 100.0x50.x6.0
Side Long. Stiff.	L 100.0x50.x6.0
Pillar	R:64.0 t:5.0
Web	Web:250.0x8.0 Flange:120.0x12.0
Bracket	BRT 200.0x200.0x6.0

Πίνακας 5.3.3.1 Ενισχυτικά B Deck

Τα βάρη που προκύπτουν, οι κατακόρυφες ροπές και οι κατακόρυφες αποστάσεις παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

B DECK WEIGHTS			
Name	Weight (t)	KG (m)	MT (t·m)
Plate	10.96	16.38	179.53
Girder	0.87	16.77	14.58
Long. Stiff	1.36	16.89	23.05
Side Long. Stiff	0.61	14.50	8.79
Pillars	0.00	15.59	0.07
Web	0.93	16.77	15.59
Bracket	0.08	16.88	1.42
Total	14.82	16.40	243.03

Πίνακας 5.3.3.14 Βάρος B Deck

5.3.4 Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής Wheelhouse Deck ($W_{WHEELHOUSE}$)

Η τελευταία υπερκατασκευή είναι το Wheelhouse Deck και έχει μήκος $L_{WHEELHOUSE}=6.218$ m, πλάτος $B_{WHEELHOUSE}=9.45$ m και ύψος $H_{WHEELHOUSE}=2.90$ m, όπως προκύπτει από το Σχέδιο της Γενικής Διάταξης. Τα στοιχεία του αναλύονται παρακάτω:

WHEELHOUSE DECK	
Name	Dimensions (mm)
Plate	6
Girder	T 250.0x8.0 120.0x12.0
Long. Stiff	L 100.0x50.x6.0
Side Long. Stiff.	L 100.0x50.x6.0
Web	Web:250.0x8.0 Flange:120.0x12.0
Bracket	BRT 200.0x200.0x6.0

Πίνακας 5.3.4.1 Ενισχυτικά Wheelhouse Deck

Τα βάρη που προκύπτουν, οι κατακόρυφες ροπές και οι κατακόρυφες αποστάσεις παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

WHEELHOUSE DECK WEIGHTS			
Name	Weight (t)	KG (m)	MT (t·m)
Plate	7.00	18.97	132.83
Girder	0.50	19.67	9.85
Long Stiff	0.52	19.79	10.37
Side Long Stiff	0.44	18.45	8.05
Web	0.76	19.67	14.96
Bracket	0.07	19.78	1.33
Total	9.29	19.09	177.39

Πίνακας 5.3.4.2 Βάρος Wheelhouse Deck

Τα παραπάνω αποτελέσματα συγκεντρώνονται στον επόμενο πίνακα, προσδιορίζοντας το βάρος και το KG των υπερκατασκευών:

SUPERSTRUCTURE			
Name	Weight (t)	KG (m)	MT (t·m)
Garage Deck	121.65	10.63	1293.33
Saloon Deck	39.28	14.11	554.37
B Deck	14.82	16.40	243.03
Wheelhouse Deck	9.29	19.09	177.39
Total	185.04	12.26	2268.12
+5%	194.29	11.67	2268.12

Πίνακας 5.3.4.3 Βάρος Υπερκατασκευών

Στο παραπάνω βάρος έχει προσμετρηθεί και μία αύξηση της τάξης του 5% για τυχόν στοιχεία που δεν έχουν υπολογιστεί.

5.4 Συνολικό Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής

Τέλος, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.4), τα βάρη που υπολογίστηκαν παραπάνω. Με αυτό τον τρόπο, έχουμε το συνολικό βάρος της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου. Το KG υπολογίζεται με τη μέθοδο των ροπών, ενώ λόγω συμμετρίας παραλείπεται το LCG, καθώς δίνει μηδενικό αποτέλεσμα.

STEEL			
Item	Weight (t)	KG (m)	MT (t·m)
W_{HULL}	1011.93	5.71	5778.10
W_{BHD}	57.98	3.70	214.79
W_{SS}	194.29	11.67	2268.12
Total	1264.20	6.53	8261.01

Πίνακας 5.4 Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής

6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΡΟΥΣ ΑΦΟΡΤΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ (LS)

6.1 Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής (W_{ST})

Από το προηγούμενο κεφάλαιο έχουμε εξάγει αποτελέσματα για το βάρος της μεταλλικής κατασκευής, τα οποία παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα:

STEEL			
Item	Weight (t)	KG (m)	MT (t·m)
W_{HULL}	1011.93	5.71	5778.10
W_{BHD}	57.98	3.70	214.79
W_{SS}	194.29	11.67	2268.12
Total	1264.20	6.53	8261.01

Πίνακας 6.1 Βάρος Μεταλλικής Κατασκευής

6.2 Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης (W_M)

Η μηχανολογική εγκατάσταση του πλοίου θεωρείται ότι αποτελείται από τις κύριες μηχανές, τους μειωτήρες, τους άξονες, τα ελικοπηδάλια, τις ηλεκτρογεννήτριες και τα λοιπά βοηθητικά μηχανήματα. Έτσι, θα γίνει υπολογισμός των ανωτέρω βαρών με σκοπό την εύρεση του βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης. Επιπλέον με βάση τα κέντρα βάρους των παραπάνω στοιχείων θα υπολογιστούν τα τελικά LCG, KG της μηχανολογικής εγκατάστασης με τη μέθοδο των ροπών. Στην παρακάτω ανάλυση χρησιμοποιούνται μαθηματικοί τύποι που προέρχονται από τη διδακτορική διατριβή του Σωτήριου Α. Σκούπα.

6.2.1 Βάρος Κύριας Προωστήριας Εγκατάστασης ($W_{M.E.}$)

Θα θεωρήσουμε ως ισχύ πρόωσης την ισχύ ρυμούλκησης, η οποία υπολογίζεται σε επόμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 7) και είναι $EHP=6840.54$ kW. Να σημειωθεί ότι η πρόωση πραγματοποιείται κάνοντας χρήση και των τεσσάρων μηχανών που έχουν εγκατασταθεί. Από τους τύπους του Σωτήριου Α. Σκούπα υπολογίζουμε:

$$W_{ME}^D = N_D \cdot (0.0624 \cdot P_{ID}^{0.7354}) = 4 \cdot (0.0624 \cdot 1710^{0.7354}) = 59.54 \text{ t}$$

όπου W_{ME}^D σε t, N_D ο αριθμός των μηχανών και P_{ID} η ισχύς της κάθε μίας μηχανής σε kW.

Να σημειωθεί ότι στο βάρος των μηχανών συμπεριλαμβάνεται και το βάρος των μειωτήρων. Τα κέντρα των βαρών τους προκύπτουν από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης.

MAIN ENGINE			
Number	WEIGHT (t)	LCG (m)	KG (m)
No 1	14.89	35	3.45
No 2	14.89	35	3.45
No 3	14.89	-35	3.45
No 4	14.89	-35	3.45
Total	59.54	0	3.45

Πίνακας 6.2.1 Βάρος Κύρια Προωστήρια Εγκατάστασης

6.2.2 Βάρος Άξονα (W_{SH})

Για μήκος άξονα $L_{SH} = 1\text{m}$, όπως μπορούμε να μετρήσουμε από το GA, και θεωρώντας $EHP = SHP = 6840.54\text{ kW}$ η αντίστοιχη εκτίμηση για το βάρος κάθε άξονα είναι:

$$W_{SH} = (0.0962 \cdot SHP - 33.793) \cdot L_{SH} = (0.0962 \cdot 1710) \cdot 1 = 1.61\text{ t}$$

Για το συνολικό βάρος των τεσσάρων αξόνων έχουμε: $W_{SH} = 4 \cdot 1.61 = 6.45\text{ t}$

SHAFT			
Number	WEIGHT (t)	LCG (m)	KG (m)
No 1	1.61	36.67	3.45
No 2	1.61	36.67	3.45
No 3	1.61	-36.67	3.45
No 4	1.61	-36.67	3.45
Total	6.45	0	3.45

Πίνακας 6.2.2 Βάρος Άξονα

6.2.3 Βάρος Ελικοπηδαλίου ($W_{AZ.THR.}$)

Με βάση την ισχύ πρόωσης που υπολογίσαμε επιλέγουμε το ελικοπηδάλιο τύπου WST-18 της Wärtsilä, του οποίου οι προδιαγραφές παρουσιάζονται στο Παράρτημα Δ. Τα κέντρα βάρους LCG, KG του $W_{AZ.THRUSTER}$ προκύπτουν από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης. Έτσι έχουμε:

$W_{AZ.THRUSTER} = 18.60\text{ t}$ και επειδή έχουμε 4 ελικοπηδάλια προκύπτει

$$W_{AZ.THRUSTER} = 4 \cdot 18.60 = 74.40\text{ t}$$

AZIMUTH THRUSTER			
Number	WEIGHT (t)	LCG (m)	KG (m)
No 1	18.60	37.17	1.10
No 2	18.60	37.17	1.10
No 3	18.60	-37.17	1.10
No 4	18.60	-37.17	1.10
Total	74.40	0	1.10

Πίνακας 6.2.3 Βάρος Ελικοπηδαλίου

6.2.4 Βάρος Κύριων Ηλεκτρογεννητριών (W_{EL})

Για τον υπολογισμό του βάρους των κύριων ηλεκτρογεννητριών θα χρειαστεί να επιλέξουμε γεννήτριες με βάση την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ του πλοίου. Η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς υπολογίζεται ως εξής: έχοντας την ισχύ του κάθε κινητήρα (1710 kW), υπολογίζουμε τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ $P_{ME} = 4 \cdot 1710 = 6840\text{ kW}$ (και για τους τέσσερις κινητήρες). Έτσι, οι τύποι μας δίνουν για την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ:

$$P_{EL} = 0.175 \cdot P_{ME}^{0.831} = 0.175 \cdot 6840^{0.831} = 269\text{ kW}$$

όπου P_{EL} η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς σε kW, P_{ME} η συνολική εγκατεστημένη ισχύς σε kW.

Στο υπό μελέτη πλοίο έχουν τοποθετηθεί 2 ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη C32 ACERT Generator Set (EPA Tier 3) της εταιρείας Caterpillar, το καθένα εκ των οποίων μπορεί να καλύψει την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ του πλοίου, επιλέγοντας να αποδίδουν ηλεκτρική ισχύ 730 kW. Οι πληροφορίες για τις ηλεκτρογεννήτριες παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ε. Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά οι πληροφορίες που προέκυψαν για βάρος ηλεκτρογεννήτριας $W_{EL}=7.131$ t.

ELECTRIC			
Number	WEIGHT (t)	LCG (m)	KG (m)
No 1	7.131	31.415	3.45
No 2	7.131	-31.415	3.45
Total	14.262	0	3.45

Πίνακας 6.2.4 Βάρος Κύριων Ηλεκτρογεννητριών

6.2.5 Βάρος Βοηθητικών Μηχανημάτων ($W_{AUX.}$)

Το βάρος των βοηθητικών μηχανημάτων (Auxiliary) προϋποθέτουν τη γνώση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος P_{ME} και της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος P_{EL} . Με βάση αυτές, υπολογίζουμε:

$$W_{A.M.}=0.002 \cdot (P_{ME} + P_{EL}) = 15.14 \text{ t}$$

Το κέντρο βάρους LCG του $W_{A.M.}$ θεωρείται ίδιο με αυτό της κύριας προωστήριας εγκατάστασης. Το κέντρο βάρους KG προκύπτει από το General Arrangement.

AUXILIARY		
WEIGHT (t)	LCG (m)	KG (m)
15.14	0	3.45

Πίνακας 6.2.5 Βάρος Βοηθητικών Μηχανημάτων

6.2.6 Συνολικό Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης (W_M)

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

MACHINERY					
ITEM	WEIGHT (t)	LCG (m)	ML (t·m)	KG (m)	MV (t·m)
$W_{M.E.}$	59.54	0.00	0.00	3.45	205.42
W_{SH}	6.45	0.00	0.00	3.45	22.24
$W_{AZ.THRUSTER}$	74.40	0.00	0.00	1.10	81.84
W_{EL}	14.26	0.00	0.00	3.45	49.20
W_{AUX}	15.14	0.00	0.00	3.45	52.24
Total	169.79	0.00	0.00	2.42	410.93

Πίνακας 6.2.6 Βάρος Μηχανολογικής Εγκατάστασης

6.3 Βάρος Εξοπλισμού (W_{OT})

Το βάρος εξοπλισμού W_{OT} περιλαμβάνει το βάρος εξαρτισμού και το βάρος της κύριας μονάδας κλιματισμού. Έτσι θα γίνει υπολογισμός των ανωτέρω βαρών με σκοπό την εύρεση του βάρους εξοπλισμού. Επιπλέον με βάση τα κέντρα βάρους των παραπάνω στοιχείων θα υπολογιστούν τα τελικά LCG , VCG του βάρους εξοπλισμού με τη μέθοδο των ροπών. Στην παρακάτω ανάλυση χρησιμοποιούνται μαθηματικοί τύποι που προέρχονται από τη διδακτορική διατριβή του Σωτήριου Α. Σκούπα.

6.3.1 Βάρος Εξαρτισμού (W_{EN})

Το βάρος εξαρτισμού περιλαμβάνει το βάρος των συστημάτων αγκυροβόλησης, πρόσδεσης και ρυμούλκησης του πλοίου. Τα παραπάνω βάρη υπολογίζονται με βάση τον δείκτη εξαρτισμού που έχει υπολογιστεί αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 8.5).

- Βάρος εξοπλισμού αγκυροβόλησης

Θεωρείται ότι κάθε γραμμή αγκυροβόλησης αποτελείται από την άγκυρα (anchor), την «αλυσίδα» (chain), τον «εργάτη» (windlass), τον οδηγό (fairleader) και τον μηχανισμό ασφάλισης της αλυσίδας (chain cable stopper). Έτσι, το συνολικό βάρος του εξοπλισμού αγκυροβόλησης προκύπτει από την παρακάτω ισότητα:

$$W_{\text{anchor lines}} = N_{\text{anchor}} \cdot (W_{\text{chain}} + W_{\text{anc.windlass}} + W_{\text{anc.fairleader}} + W_{\text{anc.cable stopper}}) \rightarrow$$

$$W_{\text{anchor lines}} = 103.85 \text{ t}$$

- Βάρος γραμμών πρόσδεσης

Αντίστοιχα, κάθε γραμμή πρόσδεσης θεωρείται ότι αποτελείται από ένα σχοινί κατασκευασμένο από ίνες συνθετικών υλικών (fibre rope), μια διπλή (double) και μια σταυροειδή (cruciform) δέστρα (bollard), έναν ειδικό μηχανισμό κατεύθυνσης (universal roller), ένα υδραυλικό βίντσι (hydraulic winch) και μια ειδική ενισχυμένη οπή (closed chock), από την οποία περνάει το σχοινί προς την προβλήτα. Έτσι, το συνολικό βάρος του εξοπλισμού πρόσδεσης ισούται με:

$$W_{\text{mooring lines}} = N_{\text{mooring}} \cdot (W_{\text{fibre rope}} + W_{\text{winch}} + W_{\text{c bollard}} + W_{\text{d bollard}} + W_{\text{roller}} + W_{\text{c chock}}) \rightarrow$$

$$W_{\text{mooring lines}} = 19.76 \text{ t}$$

- Βάρος γραμμών ρυμούλκησης

Η γραμμή ρυμούλκησης βρίσκεται στην πλώρη και χρησιμεύει για την έλξη του πλοίου από κάποιο άλλο. Για το λόγο αυτό τα σχοινιά που χρησιμοποιούνται έχουν σχετικά μεγάλη αντοχή και μπορεί να είναι κατασκευασμένα από ίνες συνθετικών υλικών (fibre ropes) ή από ίνες χάλυβα σε συνδυασμό με κάποιο σύνθετο υλικό (wire ropes). Πολλές φορές, τοποθετείται μία ακόμα γραμμή ρυμούλκησης στην πρύμνη ενός πλοίου, προκειμένου να μπορεί, κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, να ρυμουλκήσει κάποιο άλλο που θα βρίσκεται σε κατάσταση ανάγκης. Επομένως, θεωρείται ότι στην περίπτωσή μας υπάρχουν δύο γραμμές ρυμούλκησης. Κάθε μία αποτελείται από ένα σχοινί κατασκευασμένο από ίνες χάλυβα σε συνδυασμό με συνθετικά υλικά (wire rope), έναν ειδικό μηχανισμό κατεύθυνσης (pedestal roller), έναν κύλινδρο αποθήκευσης (store drum), ένα ισχυρό σημείο στήριξης στο κατάστρωμα (towing bracket ή towing strong point) και μία ειδική οπή (fairlead chock), από την οποία περνάει το σχοινί προς το άλλο πλοίο. Τελικά, το συνολικό βάρος των συστημάτων των γραμμών ρυμούλκησης είναι:

$$W_{\text{towing lines}} = 2 \cdot (W_{\text{wire rope}} + W_{\text{p roller}} + W_{\text{s drum}} + W_{\text{t bracket}} + W_{\text{c chock}}) \rightarrow$$

$$W_{\text{towing lines}} = 7.12 \text{ t}$$

Τέλος, το συνολικό βάρος των τριών γραμμών προκύπτει από το άθροισμα:

$$W_{\text{EN}} = W_{\text{anchor lines}} + W_{\text{mooring lines}} + W_{\text{towing lines}} = 130.73 \text{ t}$$

Ο ακόλουθος πίνακας περιέχει συγκεντρωμένα όλα τα παραπάνω στοιχεία:

ITEM	WEIGHT(t)	LCG (m)	ML (t·m)	VCG (m)	MV (t·m)
$W_{\text{anchor lines}}$	103.85	0	0	9.05	939.80
$W_{\text{mooring lines}}$	19.76	0	0	9.05	178.86
$W_{\text{towing lines}}$	7.12	0	0	9.05	64.43
W_{EN}	130.73	0	0	9.05	1183.09

Πίνακας 6.3.1 Βάρος Δείκτη Εξαρτισμού

6.3.2 Βάρος Κεντρικής Μονάδας Κλιματισμού (W_{HVAC})

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 έχουν τοποθετηθεί δύο υπομονάδες στο Garage Deck.

Το βάρος κάθε μίας από τις παραπάνω υπομονάδες υπολογίζεται με βάση τις προδιαγραφές του Νορβηγικού Νηογνώμονα (DNV, Rules for Ships Pt.5 Ch.12 Sec.3, January 2000). Βάση αυτών ορίζονται οι εναλλαγές αέρα ανά άτομο σε (l/s) για κάθε μία περιοχή ενδιαίτησης και επίπεδο άνεσης. Παρακάτω, παρουσιάζεται για κάθε έναν από τους παραπάνω χώρους και σύμφωνα με το επίπεδο άνεσης η παροχή αέρα ανά άτομο σε l/s (Σκούπας 2011):

	Area	Comfort Level	Air Flow Per Person (lt/s)
A	Cabins	1	10
		2	10
		3	7
B	Public Areas	1	12
		2	10
		3	7
C	Work Areas	1	12
		2	10
		3	7

Πίνακας 6.3.2.1 Παροχή αέρα

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

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

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

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

$$W_A = 0.000434 \cdot F_A + 0.946$$

$$W_B = 0.000399 \cdot F_B + 0.824$$

$$W_C = 0.000208 \cdot F_C + 0.507$$

Αρχικά, θα πρέπει να υπολογίσουμε το μέγιστο αριθμό ατόμων N_i που μπορούν να βρεθούν στις παραπάνω περιοχές:

- Περιοχή A: Χώροι καμπινών

Από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης παρατηρούμε ότι χώροι καμπινών βρίσκονται στο κατάστρωμα B Deck και μάλιστα μετράμε καμπίνες για 6 άτομα. Συνεπώς έχουμε:

$$N_A = 6$$

- Περιοχή B: Δημόσιοι χώροι

Με βάση το σχέδιο γενικής διάταξης βλέπουμε ότι επιβάτες υπάρχουν μόνο στο χώρο του Saloon Deck και λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των διαθέσιμων θέσεων υπολογίζουμε ότι ο αριθμός των επιβατών στον κλειστό χώρο ανέρχεται σε 312. Άρα έχουμε:

$$N_B = 312$$

- Περιοχή C: Χώροι εργασίας πληρώματος

Για τους χώρους εργασίας πληρώματος πρέπει να είναι γνωστός ο επακριβής αριθμός ατόμων που συνθέτουν το πλήρωμα. Από την καταμέτρηση του προκύπτει ότι το πλήρωμα αποτελείται από 40 άτομα. Οπότε παίρνουμε:

$$N_C=37$$

Επιλέγουμε επίπεδο άνεσης $j=1$ (το μέγιστο) για όλους τους χώρους και, έτσι, προκύπτουν οι παροχές αέρα ανά άτομο (lt/s) συναρτήσει της περιοχής και του επιπέδου άνεσης που έχουμε επιλέξει για κάθε περιοχή:

$$f_{A1}=10$$

$$f_{B1}=12$$

$$f_{C1}=12$$

Γνωρίζοντας τώρα το μέγιστο αριθμό ατόμων που μπορεί να υπάρχουν σε κάθε περιοχή και το αντίστοιχο επίπεδο άνεσης υπολογίζουμε με βάση τον παραπάνω τύπο τη συνολική παροχή αέρα για κάθε υπομονάδα:

$$F_A = N_A \cdot f_{A1} = 6 \cdot 10 \Rightarrow F_A = 60 \text{ lt / s}$$

$$F_B = N_B \cdot f_{B1} = 312 \cdot 12 \Rightarrow F_B = 3744 \text{ lt / s}$$

$$F_C = N_C \cdot f_{C1} = 37 \cdot 12 \Rightarrow F_C = 444 \text{ lt / s}$$

Έχοντας τις συνολικές παροχές αέρα μπορούμε να υπολογίσουμε το βάρος της κάθε υπομονάδας:

$$W_A = 0.000434F_A + 0.946 \Rightarrow W_A = 0.000434 \cdot 60 + 0.946 \Rightarrow W_A = 0.97 \text{ t}$$

$$W_B = 0.000399F_B + 0.824 \Rightarrow W_B = 0.000399 \cdot 3744 + 0.824 \Rightarrow W_B = 2.32 \text{ t}$$

$$W_C = 0.000208F_C + 0.507 \Rightarrow W_C = 0.000208 \cdot 444 + 0.507 \Rightarrow W_C = 0.60 \text{ t}$$

Μετά την εφαρμογή των παραπάνω τύπων, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Area	Max Number of Passengers	Comfort Level	Air Flow per Person (lt/s)	Total Air Flow (lt/s)	Weight (t)
Cabins	6	1	10	60	0.97
Public Areas	312	1	12	3744	2.32
Work Areas	37	1	12	444	0.60

Πίνακας 6.3.2.2 Βάρη Κλιματιζόμενων Χώρων

Οπότε, για το συνολικό βάρος της μονάδας κλιματισμού προκύπτει με πρόσθεση των παραπάνω βαρών. Τελικά, θα έχουμε:

$$W_{HVAC} = W_A + W_B + W_C = 0.97 + 2.32 + 0.60 = 3.89 \text{ t}$$

HEATING, VENTILATION, AND AIR CONDITIONING			
Number	W _{HVAC} (t)	LCG (m)	VCG (m)
No 1	1.95	28.91	6.50
No 2	1.95	-28.91	6.50
Total	3.89	0	6.5

Πίνακας 6.3.2.3 Βάρος Μονάδας Κλιματισμού

6.3.3 Βάρος Ηλεκτρογεννήτριας Εκτάκτου Ανάγκης (W_{E.G.})

Η ηλεκτρογεννήτρια εκτάκτου ανάγκης τίθεται αυτόματα σε λειτουργία όταν τα ηλεκτροπαράγωγα ζεύγη σταματήσουν να λειτουργούν έπειτα από βλάβη. Έτσι, παρέχει αρκετή ηλεκτρική ισχύ, ώστε όλα τα συστήματα ασφάλειας του πλοίου, μαζί με τον απαραίτητο φωτισμό για την ασφαλή εκκένωση του σκάφους, να λειτουργούν επαρκώς. Θεωρείται ότι η ισχύς της ηλεκτρογεννήτριας είναι η μισή από αυτή των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών, συνεπώς:

$$P_{EG} = P_{EL} / 2$$

Όπου $P_{EL} = 0.175 \cdot P_{ME}^{0.831} = 269.15$ kW

P_{ME} η συνολική εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης P_{ME} επίσης σε kW.

Τελικά $P_{EG} = 134.58$ kW και επιλέγουμε μια ηλεκτρογεννήτρια τύπου C18 (SRMP) MARINE GENERATOR SET της εταιρείας Caterpillar, οπότε:

$W_{E.G.} = 4.221$ t

Τα χαρακτηριστικά της βρίσκονται στην ηλεκτρονική σελίδα της εταιρείας, καθώς δεν είναι διαθέσιμα σε μορφή pdf.

EMERGENCY GENERATOR		
W _{E.G.} (t)	LCG (m)	KG (m)
4.221	0	14.50

Πίνακας 6.3.3.1 Βάρος Ηλεκτρογεννήτρια Εκτάκτου Ανάγκης

6.3.4 Βάρος Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού (W_{EL})

Το βάρος του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού εκτιμάται προσεγγιστικά μέσω συντελεστών βάρους, επί τη συνολική επιφάνεια των χώρων ενδιάιτησης (A_{ACC}) και των χώρων μεταφοράς οχημάτων (A_{GAR}). Ο τύπος που μας δίνει λοιπόν το βάρος του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού είναι:

$$W_{EL} = 0.02 \cdot A_{ACC} + 0.01 \cdot A_{GAR}$$

όπου σε W_{EL} σε t και A_{ACC} , A_{GAR} σε m².

Τα εμβαδά των επιφανειών που θέλουμε να υπολογίσουμε καθώς και τα LCG, VCG τους προκύπτουν από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης.

Συγκεντρωτικά έχουμε για τα καταστρώματα επιβατών και οχημάτων τους παρακάτω πίνακες:

PASSENGER DECK					
Deck	Area (m²)	LCG (m)	Long. Moment of Area (m³)	VCG (m)	Vert. Moment of Area (m³)
Saloon Deck	370.44	0	0	12.00	4445.28
B Deck	124.74	0	0	14.50	1808.73
Total	495.18	0	0	12.63	6254.01

Πίνακας 6.3.4.1 Επιφάνειες Καταστρώματων Επιβατών

GARAGE DECK					
Deck	Area (m²)	LCG (m)	Long. Moment of Area (m³)	VCG (m)	Vert. Moment of Area (m³)
Car Deck	2027.26	0	0	6.50	13177.20

Πίνακας 6.3.4.2 Επιφάνεια Καταστρώματος Οχημάτων

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα αποτελέσματα των δύο προηγούμενων πινάκων:

Deck	Area (m²)	LCG (m)	Long. Moment of Area (m³)	VCG (m)	Vert. Moment of Area (m³)
Passenger Deck	495.18	0	0	12.63	6254.01
Car Deck	2027.26	0	0	6.50	13177.20
Total	2522.44	0	0	7.70	19431.213

Πίνακας 6.3.4.3 Συνολική Επιφάνεια

Το βάρος του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού υπολογίζεται ως εξής:

$$W_{EL} = 0.02 \cdot A_{ACC} + 0.01 \cdot A_{GAR} = 0.02 \cdot 495.18 + 0.01 \cdot 2027.26 \Rightarrow W_{EL} = 30.18 \text{ t}$$

Με τη χρήση της μεθόδου των ροπών υπολογίζονται τα LCG και VCG του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πιο κάτω πίνακα:

ELECTRICAL EQUIPMENT		
Weight (t)	LCG (m)	VCG (m)
30.18	0	7.70

Πίνακας 6.3.4.5 Βάρος Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού

6.3.5 Βαρος Δικτύου Σωληνώσεων (W_{PP})

Όπως και για το βάρος του ηλεκτρικού δικτύου, έτσι και το βάρος του δικτύου σωληνώσεων υπολογίζεται πάλι προσεγγιστικά με συντελεστές βάρους με τις ίδιες επιφάνειες καταστρώματος επιβατών και οχημάτων, αλλά με διαφορετικούς συντελεστές αυτή τη φορά. Έτσι, έχουμε:

$$W_{PP} = 0.03 \cdot A_{ACC} + 0.02 \cdot A_{GAR} = 0.03 \cdot 495.18 + 0.02 \cdot 2027.26 \Rightarrow W_{PP} = 55.40 \text{ t}$$

Θεωρούμε τα LCG, KG ίδια με αυτά που υπολογίστηκαν στο βάρος ηλεκτρικού δικτύου, αφού και εδώ χρησιμοποιήθηκε η προσεγγιστική μέθοδος συντελεστών βαρών. Έτσι παίρνουμε:

PIPES		
Weight (t)	LCG (m)	VCG (m)
55.40	0	7.70

Πίνακας 6.3.5 Βάρος Δικτύου Σωληνώσεων

6.3.6 Συνολικό Βάρος Εξοπλισμού (W_{OT})

Το συνολικό βάρος εξοπλισμού του **STAMATIA** παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα:

OUTFIT					
ITEM	WEIGHT (t)	LCG (m)	ML (t·m)	VCG (m)	MV (t·m)
W_{EN}	130.73	0.00	0.00	9.05	939.80
W_{HVAC}	3.89	0.00	0.00	6.50	25.28
$W_{E.G.}$	4.22	0.00	0.00	14.50	61.20
W_{EL}	30.18	0.00	0.00	7.70	232.36
W_{PP}	55.40	0.00	0.00	7.70	426.58
W_{OT}	224.42	0.00	0.00	8.59	1928.52

Πίνακας 6.3.6 Βάρος Εξοπλισμού

6.4 Βάρος Ενδιαίτησης (W_{ACC})

Το βάρος ενδιαίτησης του πλοίου (W_{ACC}) θεωρούμε ότι αποτελείται από τα βάρη του εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται στους χώρους ενδιαίτησης πληρώματος και επιβατών, όπως καμπίνες, σαλόνια, χώροι υποδοχής και άλλες περιοχές συμπεριλαμβάνονται στον παρακάτω πίνακα και προκύπτουν από την ανάλυση του Σωτήρη Α.Σκούπα για το Βάρος Ενδιαίτησης. Στον πίνακα 6.4.1 συμπεριλαμβάνονται για κάθε περιοχή κάποια εύρη συντελεστών βαρών σε κατάλληλες μονάδες.

Area*	Weight Coefficient (tn/m ²)	
	Min	Max
4 Bed Passenger Cabins	0.0653	0.0722
2 Bed Passenger Cabins	0.0676	0.0747
Aircraft Seats	0.0686	0.0758
Officer Cabins	0.0646	0.0714
Crew Cabins	0.0449	0.0496
Indoor Shared Sanitary Facilities	0.0466	0.0515
Outdoor Shared Sanitary Facilities	0.0315	0.0348
Waiting Areas (saloons)	0.0288	0.0318
Self service	0.0565	0.0624
Reception	0.0444	0.0501
Shops	0.0389	0.0430
Other Weights		
Rolling Stairs (angle 35°, breadth 0.8m)	1.18 tn/m (κατακόρυφης απόστασης)	
Elevator (cabin 1.8m·1.3m, lifting weight 680kg), ΠΔ 314/2001	910 kg	
*Νοείται ως ο συνολικός χώρος που φέρει τη συγκεκριμένη ιδιότητα. Για παράδειγμα, η περιοχή καμπινών πληρώματος περιλαμβάνει, εκτός από τις καμπίνες, τους διαδρόμους και την αίθουσα αναψυχής.		

Πίνακας 6.4.1 Εύρος Συντελεστών Βαρών

Το συνολικό βάρος ενδιαίτησης W_{ACC} προσδιορίζεται από το εσωτερικό γινόμενο των επιμέρους συντελεστών βάρους επί την επιφάνεια της αντίστοιχης περιοχής. Έχουμε δηλαδή:

$$W_{ACC} = \sum_i w_i^w A_i + W_{escalator} + W_{elevator}$$

όπου w_i^w ο σταθμισμένος ως προς το επίπεδο εξοπλισμού συντελεστής βάρους της περιοχής i , ο οποίος ισούται με:

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

και A_i το αντίστοιχο εμβαδό.

Υποθέτουμε $k=1$, δηλαδή μέγιστο επίπεδο ενδιαίτησης. Έτσι παρουσιάζουμε τους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 6.4.2, Πίνακας 6.4.3, Πίνακας 6.4.4) που περιλαμβάνουν τα διάφορα χαρακτηριστικά για κάθε περιοχή στα καταστρώματα που μας ενδιαφέρουν (Saloon Deck, B Deck). Από το Σχέδιο Γενικής Διάταξης μετριοούνται τα εμβαδά των διάφορων περιοχών και οι αποστάσεις LCG, KG.

SALOON DECK							
Space	Weight Coefficient (tn/m ²)	Area (m ²)	Weight (t)	LCG (m)	ML (t·m)	KG (m)	MV (t·m)
4 Bed Passenger Cabins	0.0722	-	-	-	-	-	-
2 Bed Passenger Cabins	0.0747	-	-	-	-	-	-
Aircraft Seats	0.0758	-	-	-	-	-	-
Officer Cabins	0.0714	-	-	-	-	-	-
Crew Cabins	0.0496	-	-	-	-	-	-
Indoor Shared Sanitary Facilities	0.0515	43.46	2.24	0	0	12.50	27.98
Outdoor Shared Sanitary Facilities	0.0348	-	-	-	-	-	-
Waiting Areas (saloons)	0.0318	100.06	3.18	0	0	12.50	39.77
Self service	0.0624	11.72	0.73	0	0	12.50	9.14
Reception	0.0501	-	-	-	-	-	-
Shops	0.0430	-	-	-	-	-	-
Total	-	-	6.15	0	0	12.50	76.90

Πίνακας 6.4.2 Χαρακτηριστικά Saloon Deck

B DECK							
Space	Weight Coefficient (tn/m ²)	Area (m ²)	Weight (t)	LCG (m)	ML (t·m)	KG (m)	MV (t·m)
4 Bed Passenger Cabins	0.0722	-	-	-	-	-	-
2 Bed Passenger Cabins	0.0747	14.22	1.06	3.95	4.20	15.00	15.94
Aircraft Seats	0.0758	-	-	-	-	-	-
Officer Cabins	0.0714	30.22	2.16	0	0	15.00	32.37
Crew Cabins	0.0496	21.44	1.06	-3.95	-4.20	15.00	15.94
Indoor Shared Sanitary Facilities	0.0515	-	-	-	-	-	-
Outdoor Shared Sanitary Facilities	0.0348	-	-	-	-	-	-
Waiting Areas (saloons)	0.0318	-	-	-	-	-	-
Self service	0.0624	-	-	-	-	-	-
Reception	0.0501	-	-	-	-	-	-
Shops	0.0430	-	-	-	-	-	-
Total	-		4.28	0	0	15.00	64.25

Πίνακας 6.4.3 Χαρακτηριστικά B Deck

Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα συγκεντρώνονται στον ακόλουθο πίνακα:

DECK	WEIGHT (t)	LCG (m)	ML (t·m)	KG (m)	MV (t·m)
Saloon Deck	6.15	0.00	0.00	12.50	76.90
B Deck	4.28	0.00	0.00	15.00	64.25
Total	10.43	0.00	0.00	13.53	141.15

Πίνακας 6.4.4 Βάρος Ενδιάιτησης

6.5 Βάρος Άφορτου Σκάφους (Lightship)

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα προηγούμενα εδάφια, είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά του άφορτου σκάφους του **STAMATIA**. Στον ακόλουθο πίνακα συνοψίζονται το βάρος, το LCG και το KG.

LIGHTSHIP					
Name	Weight (t)	LCG (m)	ML (t·m)	KG (m)	MV (t·m)
Steel	1264.20	0.00	0.00	6.53	8261.01
Machinery	169.79	0.00	0.00	2.42	410.93
Outfit	224.42	0.00	0.00	8.59	1928.52
Accomodation	10.43	0.00	0.00	13.53	141.15
Total	1668.84	0.000	0.00	6.44	10741.61

Πίνακας 6.5 Βάρος Άφορτου Σκάφους STAMATIA

7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με τον υπολογισμό της αντίστασης του υπό μελέτη πλοίου. Για το σκοπό αυτό, αρχικά χρησιμοποιήθηκε η σειρά αντίστασης που παρουσιάζεται στο βιβλίο του Antony F. Molland (Ship Resistance and Propulsion, Practical Estimation of Ship Propulsive Power). Λόγω του γεγονότος ότι δεν γνωρίζουμε κατά πόσο ακριβής είναι η συγκεκριμένη σειρά αντίστασης, εισάγαμε το μοντέλο που προέκυψε από το κεφάλαιο των ναυπηγικών γραμμών (**Κεφάλαιο 3**) στο πρόγραμμα Shipflow, το οποίο χρησιμοποιείται στη σχολή μας για μελέτη αντίστασης. Οι δύο μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται αναλυτικά πιο κάτω και στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν.

7.1 Σειρά Αντίστασης Molland

Για τη μεθοδολογία που ακολουθήσαμε και τους τύπους που χρησιμοποιήθηκαν αντλήσαμε πληροφορίες από το κεφάλαιο με τίτλο: Southampton Round-Bilge Catamaran Series. Από εκεί, προσδιορίστηκαν τα αναγκαία μεγέθη για τον υπολογισμό της αντίστασης και την ολοκλήρωση της μελέτης. Η παρουσίασή τους και οι απαραίτητες διευκρινίσεις δίνονται παρακάτω.

L : Μήκος πλοίου.

∇ : Ο όγκος της μίας ημιγάστρας.

Δ : Εκτόπισμα του πλοίου.

S : Απόσταση των δύο πλωτήρων από το γεωμετρικό τους μέσο.

S / L : Ο λόγος της απόστασης των δύο πλωτήρων προς το μήκος πλοίου.

$L/\nabla^{1/3}$: Το πηλίκο του μήκους προς τον όγκο της μίας ημιγάστρας σε δύναμη 1/3.

$1+\beta \cdot k$: Αδιάστατος συντελεστής μορφής.

WSA: Εμβαδόν βρεχόμενης επιφάνειας.

g : Επιτάχυνση της βαρύτητας.

ρ : Πυκνότητα του νερού.

v : Κινηματική συνεκτικότητα.

DATA	
L	89.00 m
∇	1143.90 m
Δ	2345 tn
S	17.06 m
S/L	0.19
$L_{WL}/\nabla^{1/3}$	8.51
$1+\beta \cdot k$	1.29
WSA	1532.00 m ²
g	9.81 m/sec ²
ρ	1.025 t/m ³
v	$1.18831 \cdot 10^{-6}$ m ² /sec

Πίνακας 7.1.1 Μεγέθη

Ακολουθώντας τα βήματα της εκτενούς μελέτης του Antony F. Molland, υπολογίσαμε αρχικά τις ταχύτητες του μοντέλου για κάποιους συγκεκριμένους αριθμούς Froude. Αυτή η σειρά αντίστασης έχει ομαδοποιημένες τιμές Froude - C_{RMODEL} για διάφορες τιμές του λόγου $L/\nabla^{1/3}$ και για διάφορα μοντέλα. Επομένως, βρίσκοντας το μοντέλο που αντιστοιχεί στο δικό μας πλοίο, σύμφωνα με τη δική μας τιμή S/L, εντοπίσαμε τον αδιάστατο συντελεστή παρελκομένων C_R του μοντέλου του για τις διάφορες τιμές του αριθμού Froude. Με τη χρήση του *Microsoft Excel* τα αποτελέσματα ομαδοποιήθηκαν και παρατίθενται παρακάτω.

Fn	V(m/s)	V(kn)	C_{RMODEL}·1000
0.20	5.91	11.49	2.57
0.25	7.39	14.36	3.07
0.30	8.86	17.23	3.60
0.35	10.34	20.10	4.02
0.40	11.82	22.97	4.47
0.45	13.30	25.85	6.07

Πίνακας 7.1.2 C_R Μοντέλου

Έχοντας βρει τις τιμές του C_R του μοντέλου, μπορούμε να υπολογίσουμε τα C_F, C_T και C_W σύμφωνα με του παρακάτω τύπους:

- $C_{FM} = \frac{0.075}{\log_{10}(Re-2)^2} \cdot 1000$
- $Re = \frac{V \cdot L_m}{\nu}$
- $C_{TM} = C_{FM} + C_{RM}$
- $C_{WM} = C_{TM} - (1 + k \cdot \beta) \cdot C_{FM}$

όπου C_{FM} ο αδιάστατος συντελεστής αντίστασης τριβής του μοντέλου, Re ο αριθμός Reynolds του μοντέλου, C_{TM} ο αδιάστατος συντελεστής συνολικής αντίστασης του μοντέλου και C_{WM} ο αδιάστατος συντελεστής αντίστασης κυματισμού του μοντέλου.

Έτσι, παίρνουμε τις παρακάτω τιμές:

Fn	V(m/s)	V(kn)	C_{RM}·1000	C_{FM}·1000	C_{TM}·1000	C_{WM}·1000
0.20	5.91	11.49	2.57	4.622	7.187	1.227
0.25	7.39	14.36	3.07	4.408	7.482	1.798
0.30	8.86	17.23	3.60	4.243	7.838	2.367
0.35	10.34	20.10	4.02	4.111	8.129	2.828
0.40	11.82	22.97	4.47	4.002	8.474	3.313
0.45	13.30	25.85	6.07	3.909	9.977	4.936

Πίνακας 7.1.3 Συντελεστές Μοντέλου

Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν ο αριθμός Reynolds, ο C_F και ο C_T του πλοίου μας, από τους τύπους:

- $Re = \frac{V \cdot L_{WL}}{\nu}$
- $C_{FS} = \frac{0.075}{\log_{10}(Re-2)^2} \cdot 1000$
- $C_{TS} = C_{FS} + C_{RM} - (1 + k \cdot \beta) \cdot (C_{FM} - C_{FS})$

Συγκεντρωτικά έχουμε τα αποτελέσματα:

Fn	V(m/s)	V(kn)	$C_{RM} \cdot 10^3$	$C_{FM} \cdot 10^3$	$C_{TM} \cdot 10^3$	$C_{WM} \cdot 10^3$	RE	$C_{FS} \cdot 10^3$	$C_{TS} \cdot 10^3$
0.20	5.91	11.49	2.57	4.622	7.187	1.227	428569364	1.705	3.426
0.25	7.39	14.36	3.07	4.408	7.482	1.798	535711704	1.656	3.934
0.30	8.86	17.23	3.60	4.243	7.838	2.367	642854045	1.618	4.453
0.35	10.34	20.10	4.02	4.111	8.129	2.828	749996386	1.587	4.874
0.40	11.82	22.97	4.47	4.002	8.474	3.313	857138727	1.560	5.326
0.45	13.30	25.85	6.07	3.909	9.977	4.936	964281068	1.538	6.919

Πίνακας 7.1.4 Συντελεστές Πλοίου

Έχοντας κάνει όλους αυτούς τους υπολογισμούς έχουμε την δυνατότητα να υπολογίσουμε την συνολική αντίσταση αντίσταση του **STAMATIA**, σύμφωνα με τον τύπο:

$$R_T = 2 \cdot 0.5 \cdot 1.025 \cdot WSA \cdot C_{TS} \cdot 0.001 \cdot V^2 \text{ (kN)}$$

Τελικά έχουμε:

Fn	V(m/s)	V(kn)	$C_{RM} \cdot 10^3$	$C_{FM} \cdot 10^3$	$C_{TM} \cdot 10^3$	$C_{WM} \cdot 10^3$	RE	$C_{FS} \cdot 10^3$	$C_{TS} \cdot 10^3$	R_T (kN)
0.20	5.91	11.49	2.57	4.622	7.187	1.227	428569364	1.705	3.426	188
0.25	7.39	14.36	3.07	4.408	7.482	1.798	535711704	1.656	3.934	337
0.30	8.86	17.23	3.60	4.243	7.838	2.367	642854045	1.618	4.453	549
0.35	10.34	20.10	4.02	4.111	8.129	2.828	749996386	1.587	4.874	819
0.40	11.82	22.97	4.47	4.002	8.474	3.313	857138727	1.560	5.326	1168
0.45	13.30	25.85	6.07	3.909	9.977	4.936	964281068	1.538	6.919	1921

Πίνακας 7.1.5 Αντίσταση Πλοίου

Έπειτα, είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε την ισχύ που χρειάζεται το πλοίο μας για να κινηθεί από τον τύπο:

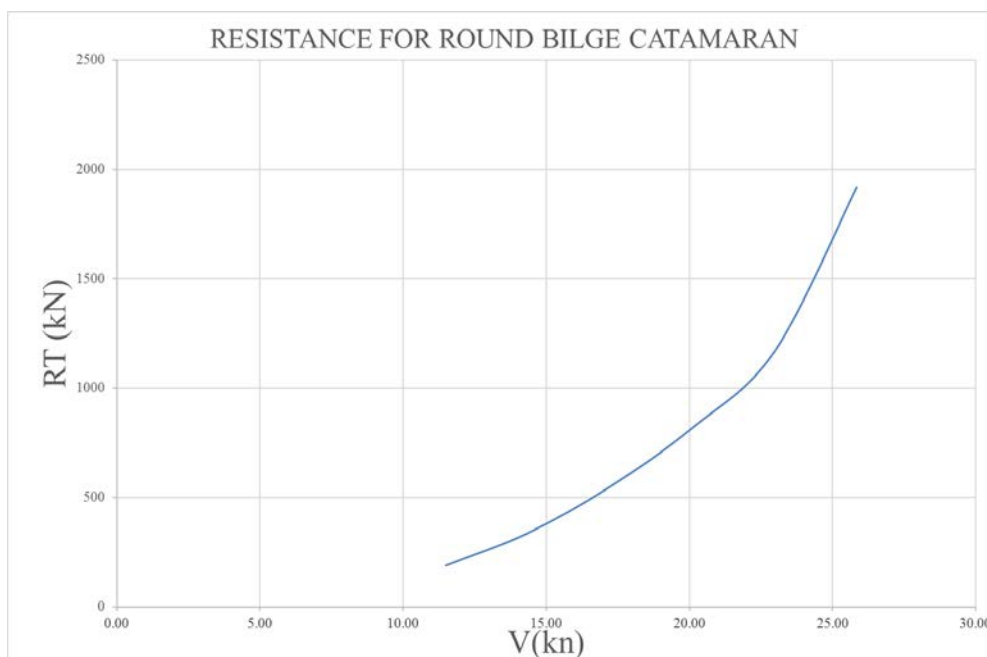
$$EHP = R_T \cdot V \text{ (HP)}$$

όπου R_T σε kN και V σε m/s.

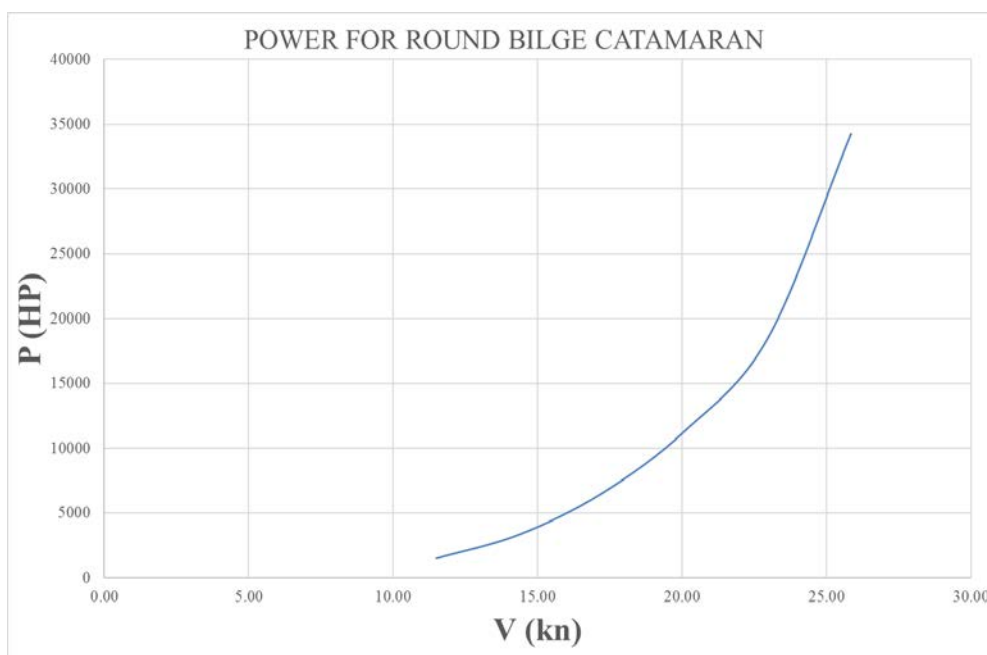
Οι πληροφορίες από τον παραπάνω τύπο παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.1.5. Τα αποτελέσματα από τους Πίνακες 7.1.4 και 7.1.5 παριστάνονται γραφικά στα Σχήματα 7.1.1 και 7.1.2:

F_n	V(m/s)	V(kn)	R_T (KN)	EHP (HP)	EHP (KW)
0.20	5.91	11.49	188	1488.223	1110.214
0.25	7.39	14.36	337	3337.943	2490.105
0.30	8.86	17.23	549	6529.246	4870.817
0.35	10.34	20.10	819	11347.87	8465.511
0.40	11.82	22.97	1168	18508.57	13807.39
0.45	13.30	25.85	1921	34238.56	25541.97

Πίνακας 7.1.6 Ισχύς Πλοίου



Σχήμα 7.1.1 Διάγραμμα Αντίστασης-Ταχύτητας



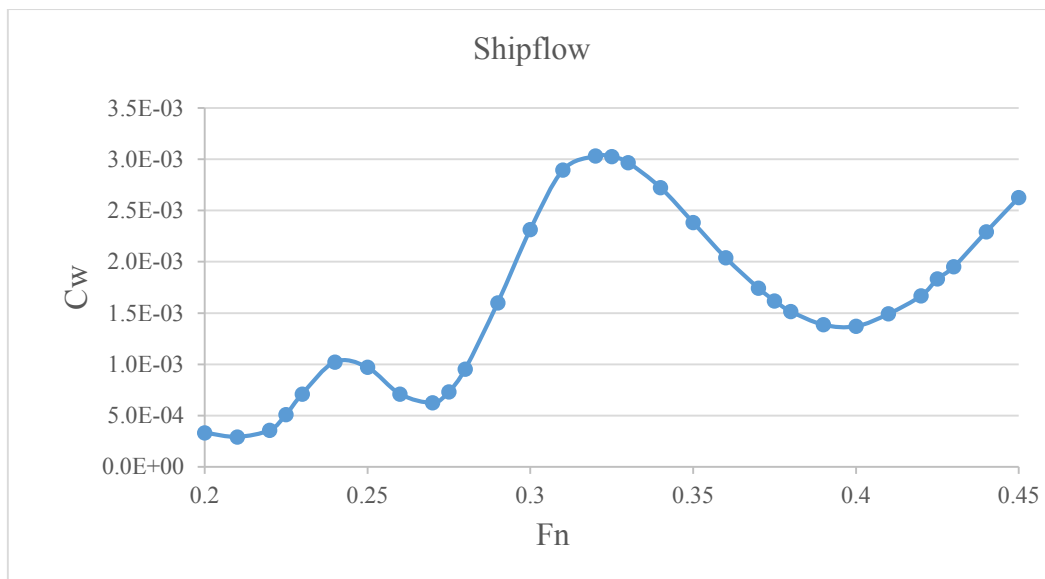
Σχήμα 7.1.2 Διάγραμμα Ισχύος-Ταχύτητας

7.2 Shipflow

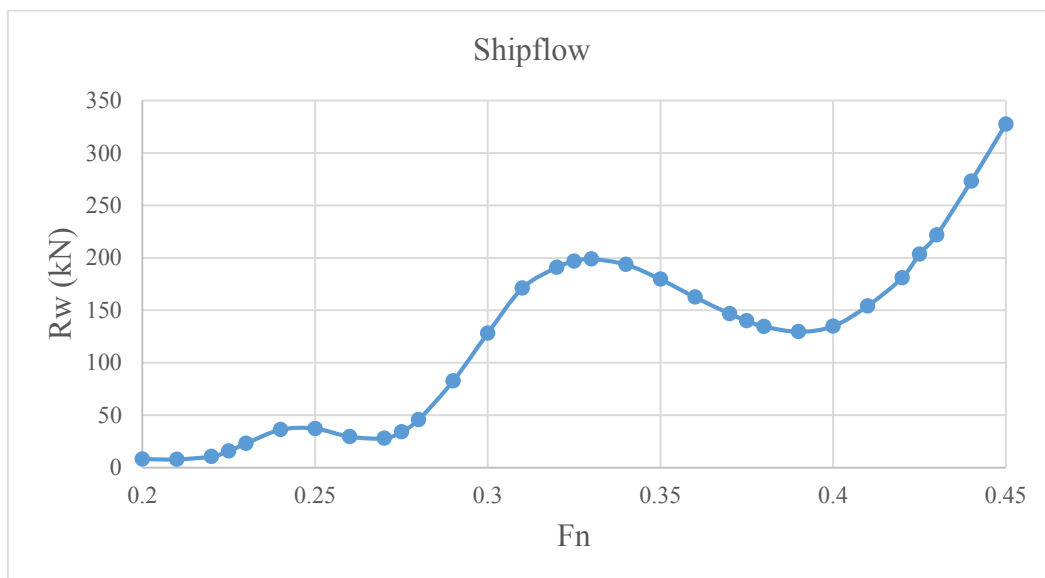
Από τα αποτελέσματα του του Shipflow λάβαμε τις ακόλουθες τιμές για τον συντελεστή και την αντίσταση κυματισμού (Πίνακας 7.2.1) που παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.2.1 και Σχήμα 7.2.2.

Fn	V (m/s)	V (kn)	Cw	R_{WAVE} (kN)
0.200	5.60	10.89	3.32E-04	8.16
0.210	5.88	11.43	2.91E-04	7.91
0.220	6.16	11.98	3.57E-04	10.62
0.225	6.30	12.25	5.08E-04	15.82
0.230	6.44	12.52	7.10E-04	23.11
0.240	6.72	13.07	1.02E-03	36.24
0.250	7.00	13.61	9.70E-04	37.29
0.260	7.28	14.16	7.09E-04	29.49
0.270	7.56	14.70	6.25E-04	28.03
0.275	7.70	14.97	7.30E-04	33.98
0.280	7.84	15.25	9.51E-04	45.88
0.290	8.12	15.79	1.60E-03	82.71
0.300	8.40	16.33	2.31E-03	128.12
0.310	8.68	16.88	2.89E-03	171.04
0.320	8.96	17.42	3.03E-03	190.92
0.325	9.10	17.70	3.03E-03	196.69
0.330	9.24	17.97	2.97E-03	198.83
0.340	9.52	18.51	2.72E-03	193.65
0.350	9.80	19.06	2.38E-03	179.61
0.360	10.08	19.60	2.04E-03	162.52
0.370	10.36	20.15	1.74E-03	146.87
0.375	10.50	20.42	1.62E-03	140.04
0.380	10.64	20.69	1.51E-03	134.58
0.390	10.92	21.23	1.38E-03	129.59
0.400	11.20	21.78	1.37E-03	134.80
0.410	11.48	22.32	1.49E-03	154.25
0.420	11.76	22.87	1.67E-03	180.98
0.425	11.90	23.14	1.83E-03	203.55
0.430	12.04	23.41	1.95E-03	221.82
0.440	12.32	23.96	2.29E-03	273.07
0.450	12.60	24.50	2.63E-03	327.34

Πίνακας 7.2.1 Αποτελέσματα Shipflow



Σχήμα 7.2.1 Διάγραμμα Συντελεστή Κυματισμού-Αριθμού Froude

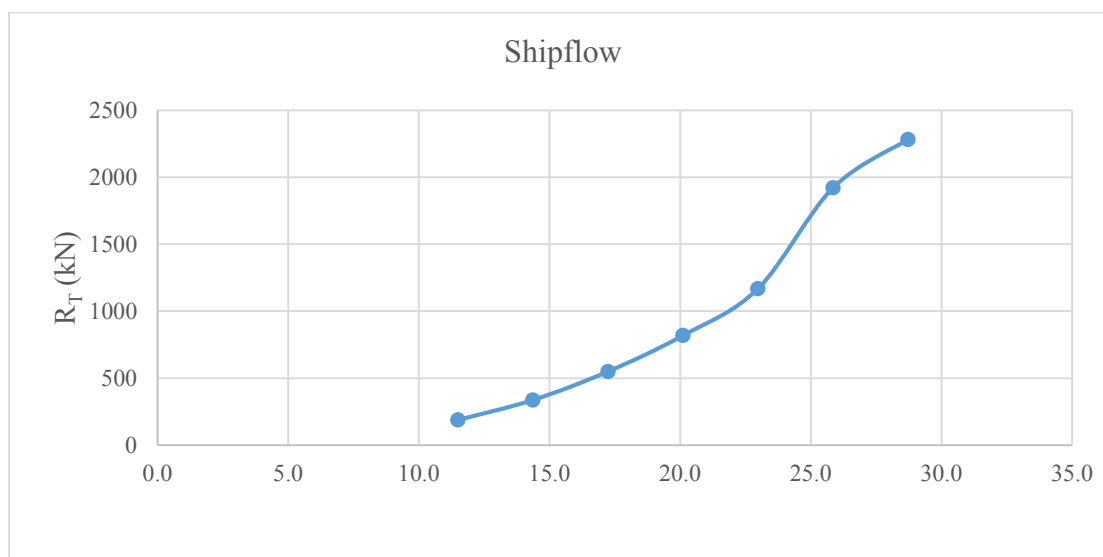


Σχήμα 7.2.2 Διάγραμμα Αντίστασης Κυματισμού-Αριθμού Froude

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις που περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο υπολογίσαμε τον αριθμό Reynolds, τον αδιάστατο συντελεστή τριβής C_F , τον αδιάστατο συντελεστή ολικής αντίστασης C_T , τη συνολική αντίσταση R_T και την ισχύ ρυμούλκησης EHP. Τα αποτελέσματα παραθέτονται στον ακόλουθο πίνακα και απεικονίζονται στο Σχήμα 7.2.3:

F_n	V	V	C_w	R_{WAVE}	RE	C_F	C_T	R_T	EHP	EHP
-	(m/s)	(kn)	-	(kN)	-	-	-	(kN)	(HP)	(kW)
0.200	5.60	10.89	3.32E-04	8.16	377140621	0.001734	2.07E-03	101.80	764.4539	570.283
0.210	5.88	11.43	2.91E-04	7.91	395997652	0.001723	2.01E-03	109.44	862.9397	643.753
0.220	6.16	11.98	3.57E-04	10.62	414854683	0.001712	2.07E-03	123.38	1019.198	760.322
0.225	6.30	12.25	5.08E-04	15.82	424283199	0.001707	2.22E-03	138.18	1167.338	870.834
0.230	6.44	12.52	7.10E-04	23.11	433711714	0.001703	2.41E-03	157.24	1357.85	1012.956
0.240	6.72	13.07	1.02E-03	36.24	452568745	0.001693	2.72E-03	192.71	1736.536	1295.456
0.250	7.00	13.61	9.70E-04	37.29	471425776	0.001684	2.65E-03	204.36	1918.228	1430.998
0.260	7.28	14.16	7.09E-04	29.49	490282807	0.001676	2.38E-03	198.60	1938.773	1446.325
0.270	7.56	14.70	6.25E-04	28.03	509139838	0.001667	2.29E-03	205.87	2087.034	1556.927
0.275	7.70	14.97	7.30E-04	33.98	518568354	0.001663	2.39E-03	223.03	2302.852	1717.927
0.280	7.84	15.25	9.51E-04	45.88	527996870	0.001660	2.61E-03	252.17	2651.13	1977.743
0.290	8.12	15.79	1.60E-03	82.71	546853901	0.001652	3.25E-03	336.79	3667.149	2735.693
0.300	8.40	16.33	2.31E-03	128.12	565710932	0.001645	3.96E-03	438.93	4944.161	3688.344
0.310	8.68	16.88	2.89E-03	171.04	584567963	0.001638	4.53E-03	536.44	6243.866	4657.924
0.320	8.96	17.42	3.03E-03	190.92	603424994	0.001631	4.66E-03	588.11	7066.174	5271.366
0.325	9.10	17.70	3.03E-03	196.69	612853509	0.001628	4.65E-03	605.72	7391.472	5514.038
0.330	9.24	17.97	2.97E-03	198.83	622282025	0.001625	4.59E-03	616.15	7634.389	5695.254
0.340	9.52	18.51	2.72E-03	193.65	641139056	0.001619	4.34E-03	618.32	7893.429	5888.498
0.350	9.80	19.06	2.38E-03	179.61	659996087	0.001613	4.00E-03	603.05	7924.931	5911.999
0.360	10.08	19.60	2.04E-03	162.52	678853118	0.001607	3.65E-03	582.02	7867.089	5868.848
0.370	10.36	20.15	1.74E-03	146.87	697710149	0.001601	3.35E-03	564.19	7837.939	5847.102
0.375	10.50	20.42	1.62E-03	140.04	707138665	0.001599	3.22E-03	557.38	7848.007	5854.613
0.380	10.64	20.69	1.51E-03	134.58	716567180	0.001596	3.11E-03	553.41	7895.969	5890.393
0.390	10.92	21.23	1.38E-03	129.59	735424211	0.001591	2.98E-03	557.58	8164.815	6090.952
0.400	11.20	21.78	1.37E-03	134.80	754281242	0.001586	2.96E-03	582.50	8748.42	6526.321
0.410	11.48	22.32	1.49E-03	154.25	773138273	0.001581	3.07E-03	636.24	9794.434	7306.648
0.420	11.76	22.87	1.67E-03	180.98	791995304	0.001576	3.24E-03	704.89	11115.89	8292.457
0.425	11.90	23.14	1.83E-03	203.55	801423820	0.001574	3.41E-03	757.76	12091.97	9020.613
0.430	12.04	23.41	1.95E-03	221.82	810852335	0.001571	3.52E-03	802.11	12950.17	9660.829
0.440	12.32	23.96	2.29E-03	273.07	829709366	0.001567	3.86E-03	920.49	15207.15	11344.532
0.450	12.60	24.50	2.63E-03	327.34	848566397	0.001562	4.19E-03	1045.26	17660.84	13174.986

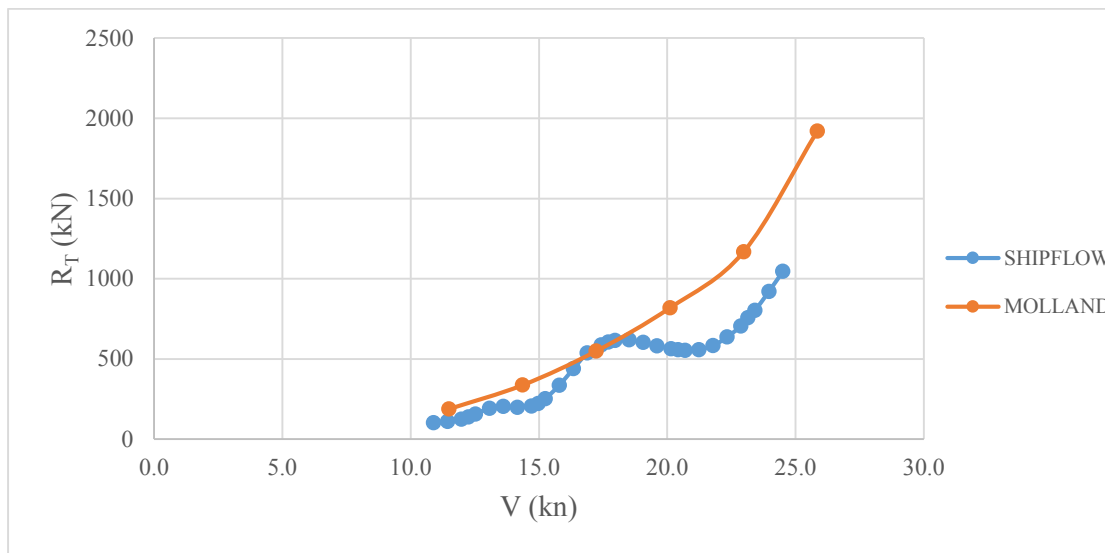
Πίνακας 7.2.2 Αντίσταση-Ισχύς Shipflow



Σχήμα 7.2.3 Διάγραμμα Ολικής Αντίστασης- Ταχύτητας

7.3 Σύγκριση Μεθόδων

Για να μπορέσουμε να έχουμε μία καλύτερη εικόνα των αποτελεσμάτων, δημιουργούμε σε κοινό διάγραμμα τη γραφική παράσταση συνολικής αντίστασης R_T συναρτήσει της ταχύτητας που έχει προκύψει από κάθε μέθοδο. Το διάγραμμα παρουσιάζεται στο Σχήμα 7.3.1.



Σχήμα 7.3.1 Διάγραμμα Αποτελεσμάτων Molland-Shipflow

Παρατηρούμε ότι η πρώτη μέθοδος που ακολουθήσαμε δίνει μεγαλύτερες τιμές συνολικής αντίστασης σχεδόν σε όλο το φάσμα της ταχύτητας. Αυτό μπορεί να συμβαίνει, καθώς αποτελεί μια πειραματική μέθοδο, της οποίας τα αποτελέσματα προκύπτουν από παραδοχές και δεν αξιοποιείται στο έπακρο η ακρίβεια που μπορεί να προσφέρει ένα πρόγραμμα υπολογιστή, όπως το Shipflow.

Οι πληροφορίες που λαμβάνουμε από τα παραπάνω διαγράμματα μας οδηγούν στην επιλογή ταχύτητας υπηρεσίας ίση με $V=22$ kn που αντιστοιχούν σε $EHP=9173.32$ HP = 6840.54 kW.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

8.1 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 αποτελούν τη βάση για τον καθορισμό διαφόρων τελών, φόρων, ασφαλιστρών κ.α.

Ο υπολογισμός της καταμέτρησης θα γίνει με βάση τους διεθνείς κανονισμούς που περιέχονται στο κείμενο της Διεθνούς Συνδιάσκεψης για την Καταμέτρηση των Πλοίων (ICTM 1969). Εναλλακτικά υπάρχει και η ελληνική νομοθεσία (Ν.Δ.973/ 1971), αλλά ο υπολογισμός με βάση αυτή έχει αποτέλεσμα μικρότερο των διεθνών κανονισμών.

8.1.1 Γενικά Στοιχεία STAMATIA

GENERAL PARTICULARS		
Μήκος μεταξύ καθέτων (m)	L _{BP}	86.177
Πλάτος (m)	B	23.400
Κοίλο (m)	D	6.500
Βύθισμα σχεδίασης (m)	T _D	3.800
Εκτόπισμα για T=D (t)	Δ _D	6346.320

Πίνακας 8.1.1 Γενικά Στοιχεία STAMATIA

8.1.2 Ολική Χωρητικότητα

8.1.2.1 Υπολογισμός Όγκου Γάστρας Πλοίου

Η ολική χωρητικότητα περιλαμβάνει ολόκληρο τον περιφραγμένο όγκο του πλοίου (όγκος πλοίου υπό το κύριο κατάστρωμα συν όγκος υπερκατασκευών) εξαιρουμένων ορισμένων “εξαιρετέων χώρων” και αποτελεί ένα μέτρο μεγέθους του πλοίου.

Ο όγκος κάτωθεν του κυρίου καταστρώματος είναι ίσος με το εκτόπισμα του πλοίου όταν το βύθισμα, που προκύπτει από τα υδροστατικά στοιχεία, είναι ίσο με το βύθισμα μέχρι το κατάστρωμα.

$$V_D = \frac{\Delta_D}{1.025} = 6.19153 \cdot 10^3 \text{ (όγκος έως το κύριο κατάστρωμα)}$$

8.1.2.2 Υπολογισμός Κλειστών Χώρων Υπερκατασκευών

Ο όγκος που προκύπτει από την μέτρηση των εμβαδών από τη Γενική Διάταξη του πλοίου, πολλαπλασιαζόμενος με το αντίστοιχο ύψος, δίνει τον όγκο των υπερκατασκευών. Έτσι έχουμε:

Deck	Area	Height	Volume
-	m ²	m	m ³
Saloon Deck	370.44	2.50	926.10
B Deck	124.74	2.45	305.61
Wheelhouse Deck	66.32	2.90	192.33
Total	-	-	1424.04

Πίνακας 8.1.2.1 Όγκος Κλειστών Χώρων Υπερκατασκευών

Άρα ο όγκος των κλειστών χώρων υπερκατασκευών προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους όγκων:

$$V_{SS} = 1424.04 \text{ m}^3$$

8.1.2.3 Υπολογισμός Ολικής Χωρητικότητας

Ο συνολικός όγκος κλειστών χώρων υπολογίζεται:

$$V_{TOTAL} = V_D + V_{SS} = 6191.53 + 1424.01 = 7615.57 \text{ m}^3$$

$$K_1 = 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10}(V_{TOTAL}) = 0.2776 \text{ συντελεστής}$$

οπότε

$$GT = K_1 \cdot V_{TOTAL} = 2114 \text{ RT}$$

8.1.3 Υπολογισμός Καθαρής Χωρητικότητας

Η καθαρή χωρητικότητα ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$NT = K_2 \cdot V_{CARGO} \cdot \left(\frac{4 \cdot T_{SC}}{3 \cdot D}\right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right)$$

όπου: $V_{CARGO} = 926.10 \text{ m}^3$ ο όγκος φορτίου (εδώ ο όγκος κλειστών χώρων επιβατών)

$$K_2 = 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10}(V_{CARGO}) = 0.2593 \text{ συντελεστής}$$

$$K_3 = 1.25 + \frac{GT+10000}{10000} = 1.5143 \text{ συντελεστής}$$

$N_1 = 0$ αριθμός επιβατών που βρίσκονται σε καμπίνες

$N_2 = 656$ αριθμός επιβατών

ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΩΝ

- 1) Πρέπει $c = \left(\frac{4 \cdot T_{SC}}{3 \cdot D}\right)^2 < 1$, αλλιώς $c = 1$. Εδώ $c = 1$ και προκύπτει ότι $NT = 340$
- 2) Πρέπει $K_2 \cdot V_{CARGO} \cdot c > 0.25 \cdot GT \rightarrow 240 > 529$
Δεν ικανοποιείται ο περιορισμός άρα $K_2 \cdot V_{CARGO} \cdot c = 529$ οπότε $NT=628$
- 3) Πρέπει $NT > 0.3 \cdot GT \rightarrow 628 > 634$
Δεν ικανοποιείται ο περιορισμός, άρα **NT=634 RT**

8.2 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). Σύμφωνα με αυτά τα άρθρα ότι η επιλογή πληρώματος προσδιορίζεται από την ολική χωρητικότητα του πλοίου σε κόρους, από τον συνολικό αριθμό των επιβατών και των οχημάτων, τον αριθμό των κλινών και της συνολικής εγκατεστημένης ιπποδύναμης των κυρίων μηχανών. Η καταμέτρηση της ολικής χωρητικότητας έγινε στην προηγούμενη παράγραφο, ενώ από το σχέδιο της γενικής διάταξης έχει προκύψει ότι το υπό μελέτη πλοίο μπορεί να μεταφέρει 162 I.X. Ο αριθμός των επιβατών έχει υπολογιστεί σε άλλο κεφάλαιο (656) και οι κανονισμοί ενδιαιτήσεως προβλέπουν μία διπλή κλίνη επιβατών και άλλες 4 για το πλήρωμα, οπότε 6 στο σύνολο. Τέλος, από το κεφάλαιο της αντίστασης, έχουμε καταλήξει ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του **STAMATIA** είναι 6840.54 kW. Συνεπώς καταλήγουμε στο εξής πλήρωμα:

1. ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Για ολικής χωρητικότητα $GT=2114$ και δύο μηχανοστάσια προκύπτει:

Προσωπικό Καταστρώματος (Άρθρο 1)	Αριθμός
Πλοίαρχος Α'	1
Πλοίαρχος Β'	1
Πλοίαρχος Γ'	2
Ναύκληρος	1
Ναύτες	7
Ναυτοπαίδες	1
Σύνολο	13

Πίνακας 8.2.1 Προσωπικό Καταστρώματος

2. ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΗΣ

Για συνολική εγκατεστημένη ισχύ 6840.54 kW ή 9173.32 HP καταλήγουμε:

Προσωπικό Μηχανής (Άρθρο 2)	Αριθμός
Μηχανικός Α'	1
Μηχανικός Β'	1
Μηχανικός Γ'	2
Δόκιμος Μηχανικός	2
Μηχανοδηγός Α'	1
Μηχανοδηγός Β'	4
Μαθητευόμενος Μηχανοδηγός	1
Σύνολο	12

Πίνακας 8.2.2 Προσωπικό Μηχανής

3. ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΡΑΔΙΟΤΗΛΕΓΡΑΦΙΚΗΣ ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΤΗΛΕΦΩΝΙΚΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ

Προσωπικό Ραδιοτηλεγραφίας (Άρθρο 3)	Αριθμός
Ραδιοτηλεγραφετής Α'	1
Ραδιοτηλεγραφετής Β'	0
Σύνολο	1

Πίνακας 8.2.3 Προσωπικό Ραδιοτηλεγραφίας

4. ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

Για ΕΓ/ΟΓ πλοίο με αριθμό επιβατών που κυμαίνεται μεταξύ 400-800 και πάνω από 100 μεταφερόμενα Ι.Χ. έχουμε:

Προσωπικό Οικονομικών Υπηρεσιών (Άρθρο 4)	Αριθμός
Οικονομικός Αξιωματικός Α'	2
Οικονομικός Αξιωματικός Β'	1
Οικονομικοί Δόκιμοι Αξιωματικοί	0
Σύνολο	3

Πίνακας 8.2.4 Προσωπικό Οικονομικών Υπηρεσιών

5. ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

Εφόσον δεν προσφέρεται τροφή παρασκευαζόμενη πάνω στο πλοίο, προσλαμβάνεται μόνο ένας βοηθός φροντιστού, καταλήγουμε:

Προσωπικό Τροφοδοσίας (Άρθρο 5)	Αριθμός
Φροντιστής	0
Βοηθός Φροντιστού	1
Μαθητευόμενος Φροντιστής	0
Σύνολο	1

Πίνακας 8.2.5 Προσωπικό Τροφοδοσίας

6. ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΩΝ

Μέχρι 10 κλίνες προσλαμβάνεται ένας θαλαμηπόλος, άρα:

Προσωπικό Ενδιατημάτων (Άρθρο 6)	Αριθμός
Αρχιθαλαμηπόλοι Α΄	0
Θαλαμηπόλοι	1
Επίκουροι Θαλαμηπόλοι	0
Τραπεζοκόμοι	0
Σύνολο	1

Πίνακας 8.2.6 Προσωπικό Ενδιατημάτων

7. ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΜΑΓΕΙΡΕΙΟΥ

Για επιβατηγά που προσφέρουν τροφή που δεν παρασκευάζεται στο πλοίο, ισχύει:

Προσωπικό Μαγειρείου (Άρθρο 7)	Αριθμός
Αρχιμάγειρας	0
Μάγειρας Α'	1
Μάγειρας Β'	1
Χυτροκαθαριστές	2
Σύνολο	4

Πίνακας 8.2.7 Προσωπικό Μαγειρείου

Στο πλήρωμα θα προστεθούν ένας (1) γιατρός και ένας (1) μπάρμαν, συνεπώς η τελική σύνθεση του πληρώματος παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Είδος Προσωπικού	Αριθμός
Προσωπικό Καταστρώματος	13
Προσωπικό Μηχανής	12
Προσωπικό Ραδιοτηλεγραφίας	1
Προσωπικό Οικονομικών Υπηρεσιών	3
Προσωπικό Τροφοδοσίας	1
Προσωπικό Ενδιατημάτων	1
Προσωπικό Μαγειρείου	4
Γιατρός	1
Μπάρμαν	1
Σύνολο	37

Πίνακας 8.2.8 Σύνθεση Πληρώματος

8.3 Υπολογισμός Αριθμού Επιβατών

Στο παρόν εδάφιο θα υπολογίσουμε τον αριθμό επιβατών που είναι σε θέση να μεταφέρει το υπό μελέτη πλοίο, με βάση τους κανονισμούς ενδιαίτησης και καθορισμού αριθμού επιβατών των επιβατηγών πλοίων, που περιλαμβάνονται στο Π.Δ. 44/2011 (Φ.Ε.Κ. 110 Α'/13-05-2011) και την απόφαση ΑΔΑ: 4ΑΜ4Φ-ΨΑΓ.

Ο τελικός αριθμός επιβατών θα προκύψει μέσα από την εφαρμογή τριών διαφορετικών μεθοδολογιών:

- Συντελεστής επιφάνειας χώρων παραμονής.
- Διατιθέμενα καθίσματα και κλίνες.
- Ευστάθεια.

Ωστόσο, στην παρούσα διπλωματική εργασία δεν έχει αναπτυχθεί μελέτη της ευστάθειας του υπό μελέτη πλοίου και η τρίτη μεθοδολογία δε θα χρησιμοποιηθεί. Συνεπώς, οι μεθοδολογίες που θα μας απασχολήσουν παρουσιάζονται παρακάτω.

Συντελεστής επιφάνειας χώρων παραμονής

Αρχικά θα υπολογίσουμε τους καθαρούς χώρους ενδιαίτησης επιβατών όπως ορίζονται από τους κανονισμούς του Φ.Ε.Κ, από τους οποίους θα προκύψει ο μέγιστος αριθμός επιβατών. Το πλοίο μας έχει ακτίνα ενεργείας κάτω των 120 ναυτικών μιλίων για ένα ταξίδι και ανήκει στην **Κατηγορία ΙΙΙ**, οπότε πρέπει να διασφαλίζεται 1 τετραγωνικό μέτρο ανά επιβάτη. Μετρώντας από το σχέδιο της Γενικής Διάταξης, προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες:

SALOON DECK (CLOSED SPACES)	
ITEM	AREA (m²)
TOTAL AREA	370.4
W.C.	28.6
STAIRS	0
BAR	11.7
AC	0
NET AREA	330.1
PASSENGERS (1 person/m²)	330

Πίνακας 8.3.1 Επιφάνειες κλειστών χώρων ενδιαίτησης επιβατών Saloon Deck

SALOON DECK (OPEN SPACES)	
ITEM	AREA (m²)
TOTAL AREA	805.0
STAIRS	12.5
Closed Area	370.4
Rescue Boat	0.0
NET AREA	422.1
PASSENGERS (1 person/m²)	422

Πίνακας 8.3.2 Επιφάνειες ανοιχτών χώρων ενδιαίτησης επιβατών Saloon Deck

B DECK (OPEN SPACES)	
ITEM	AREA (m²)
TOTAL AREA	681.2
ΚΛΕΙΣΤΟΙ ΧΩΡΟΙ	125.0
STAIRS	16.0
RESTRICTED AREAS	0.0
ΣΩΣΤΙΚΕΣ ΛΕΜΒΟΙ	14
NET AREA	526.2
PASSENGERS (1 person/m²)	526

Πίνακας 8.3.3 Επιφάνειες ανοιχτών χώρων ενδιαίτησης επιβατών B Deck

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν, μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό των επιβατών που δύναται να φιλοξενήσει το πλοίο μας, ο οποίος ανέρχεται σε $N_{PASS}=1278$ άτομα.

Διατιθέμενα καθίσματα και κλίνες

Η δεύτερη μέθοδος που ακολουθήσαμε περιλαμβάνει τον υπολογισμό του συνολικού αριθμού των καθισμάτων που μπορούμε να τοποθετήσουμε στις επιφάνειες των υπερκατασκευών του **STAMATIA**. Θα εξετάσουμε ξεχωριστά τα δύο καταστρώματα στα οποία θα ενδιαφέρονται οι επιβάτες.

- Saloon Deck

Για τους κλειστούς χώρους του Saloon Deck μετράμε 312 καθίσματα από το σχέδιο της Γενικής Διάταξης. Στον εξωτερικό χώρο αποφασίζουμε να τοποθετήσουμε δεκαέξι τετράδες καθισμάτων, μοιρασμένες ισόποσα στην πλευρά της πλώρης και της πρύμνης, άρα συνολικά θα έχουμε 64 καθίσματα εξωτερικά.

SALOON DECK SEATS	
Indoors	312
Outdoors	64
Total	376

Πίνακας 8.3.4 Καθίσματα Saloon Deck

- B Deck

Στους εσωτερικούς χώρους του B Deck δε τοποθετούνται καθίσματα. Αντίθετα στους εξωτερικούς χώρους, υπολογίζουμε το διατιθέμενο εμβαδό και το διαιρούμε με το εμβαδό ενός καθίσματος, σύμφωνα με τις διαστάσεις που ορίζουν οι κανονισμοί, ώστε να καταλήξουμε στον αριθμό των καθισμάτων. Με εμβαδό συνολικού χώρου 370.44 m², εμβαδό κλειστών χώρων 124.74 m², εμβαδό εσωτερικών και εξωτερικών διαδρόμων 42.07 m² και 82.98 m² αντίστοιχα, προκύπτει επιφάνεια 120.65 m² για τα καθίσματα των επιβατών. Από τους κανονισμούς προκύπτει ότι το εμβαδό κάθε καθίσματος είναι 0.36 m², συνεπώς ο αριθμός των καθισμάτων θα είναι:

$$N_{PASS}=120.65/0.36=335$$

Ωστόσο, η απαίτηση για ύπαρξη αρκετού χώρου για την ασφάλεια και την άνεση των επιβατών, μας οδηγεί στο να τοποθετήσουμε 280 καθίσματα. Τελικά έχουμε:

B DECK SEATS	
Indoors	376
Outdoors	280
Total	280

Πίνακας 8.3.5 Καθίσματα B Deck

Ο συνολικός αριθμός των καθισμάτων παρατίθεται στον επόμενο πίνακα:

SEATS	
Saloon Deck	376
B Deck	280
Total	656

Πίνακας 8.3.6 Καθίσματα STAMATIA

Από τις δύο μεθόδους που ακολουθήσαμε επιλέγουμε τον μικρότερο αριθμό επιβατών, άρα το υπό μελέτη πλοίο μπορεί να μεταφέρει $N_{PASS}=656$ επιβάτες.

8.4 Δείκτης Εξαρτισμού (Equipment Number)

Ο καθορισμός των συστημάτων αγκυροβόλησης, πρόσδεσης και ρυμούλκησης του πλοίου βασίζεται στο δείκτη εξαρτισμού (Equipment Number – EN), ο οποίος υπολογίζεται με βάση την εξίσωση:

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 \cdot B \cdot H + 0.1 \cdot A$$

όπου H το ενεργό ύψος σε μέτρα από την ίσαλο σχεδίασης έως την οροφή της υψηλότερης υπερκατασκευής, το οποίο υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$H = \alpha + \Sigma h_i$$

όπου α η κατακόρυφη απόσταση σε m από την ίσαλο σχεδίασης έως το ανώτερο κατάστρωμα, μετρώμενη στο μέσο νομέα και στην πλευρά του πλοίου και h_i η κατακόρυφη απόσταση σε m των υπερστεγασμάτων που βρίσκονται πάνω από το ανώτερο κατάστρωμα και έχουν πλάτος μεγαλύτερο από το $\frac{1}{4}$ του μέγιστου πλάτους του πλοίου, μετρώμενη στο διάμηκες επίπεδο συμμετρίας. Όπου Δ το εκτόπισμα σχεδίασης σε t, B το πλάτος του πλοίου σε m και A η επιφάνεια πάνω από την ίσαλο σχεδίασης σε m^2 της πλευράς του πλοίου προβεβλημένης στο κατακόρυφο επίπεδο. Έχουμε δηλαδή:

$$\Delta = 2345.03 \text{ t}$$

$$B = 23.40 \text{ m}$$

$$A = 768.71 \text{ m}^2$$

$$\alpha = 16.35 \text{ m}$$

$$\Sigma h_i = 17 \text{ m}$$

$$H = 33.35 \text{ m}$$

Τελικά προκύπτει:

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 \cdot B \cdot H + 0.1 \cdot A = 2345.03^{2/3} + 2 \cdot 23.4 \cdot 33.35 + 0.1 \cdot 768.712 + 0.1 \cdot 1599 \rightarrow$$

$$EN = 1634$$

Από την τιμή του δείκτη εξαρτισμού, προκύπτουν άμεσα ο αριθμός και το απαιτούμενο βάρος των αγκυρών, τα μήκη και η διάμετρος των αλυσίδων, τα μήκη και οι απαιτούμενες τάσεις θραύσης για τα σχοινιά (χαλύβδινα και συνθετικά) των γραμμών πρόσδεσης και ρυμούλκησης.

Τα παραπάνω στοιχεία παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

EQUIPMENT NUMBER	
Equipment Number	1634
Equipment Letter	D
STOCKLESS BOWER ANCHORS	
Bower Anchors Number	2
Weight per Anchor (kg)	4890
CHAIN CABLE	
Stud Link Bower Chain Length (m)	550
Diameter GRADE 1 (mm)	70
Diameter GRADE 2 (mm)	62
Diameter GRADE 3 (mm)	54
TOW LINE	
Minimum Length (m)	220
Breaking Strength (kN)	941
MOORING LINES	
Number	5
Minimum Length of each (m)	190
Minimum Breaking Strength (kN)	333

Πίνακας 8.4.1 Δείκτης Εξαρτισμού

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα όσα έχουμε δει μέχρι στιγμής στην παρούσα διπλωματική εργασία, φαίνεται ότι η μελέτη, η σχεδίαση και η κατασκευή ενός αμφίπρωρου επιβατηγού-οχηματαγωγού πλοίου ανοιχτού τύπου είναι μια πολλά υποσχόμενη ιδέα που αξίζει να μελετηθεί περαιτέρω για να εφαρμοστεί πρακτικά.

Ένας βασικός λόγος που στηρίζει τα παραπάνω είναι η δυνατότητα ύπαρξης καταστροφμάτων στα δίγαστρα πλοία με παρόμοιο εμβαδό με των αντίστοιχων μονόγαστρων, κάτι που οδηγεί σε μείωση του βάρους της μεταλλικής κατασκευής, αλλά και το βάρος του άφορτου σκάφους. Σε αυτό συμβάλλει, επίσης, η μορφή των δίγαστρων σκαφών που προσφέρει μεγάλη ευστάθεια και οδηγεί σε ένα πολύ ικανοποιητικό αποτέλεσμα σε ό,τι αφορά την μεταφορική τους ικανότητα και το κόστος κατασκευής τους.

Ακόμα, σημαντικός παράγοντας είναι η μειωμένη αντίσταση που παρουσιάζει το υπό μελέτη πλοίο στην ταχύτητα υπηρεσίας που έχει επιλεγεί, γεγονός που οδηγεί σε μειωμένη απαίτηση ισχύος πρόωσης. Συνεπώς, τόσο το κόστος κατασκευής, μέσω της μηχανολογικής εγκατάστασης, όσο και το κόστος λειτουργίας του πλοίου, λόγω της τιμής του πετρελαίου, ελαττώνεται. Άμεση απόρροια των προηγούμενων αποτελεί η μείωση των ναύλων για τους επιβάτες, που τελικά επωφελούνται από το συνδυασμό μειωμένου κόστους και πολύ ικανοποιητικής ταχύτητας.

Ωστόσο, είναι απαραίτητη η διεξαγωγή και των υπόλοιπων βημάτων της μελέτης του συγκεκριμένου πλοίου, ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για το αν το πλοίο είναι αξιόπλο και ευνοεί την οικονομική εκμετάλλευσή του.

10. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώσαμε ένα μεγάλο κομμάτι της προκαταρκτικής μελέτης και σχεδίασης ενός δίγαστρου αμφίπρωρου πλοίου. Φυσικά το θέμα αυτής της εργασίας είναι ανοιχτό σε βελτιώσεις, αφού πρόκειται για προκαταρκτική μελέτη, αλλά και σε περαιτέρω επέκταση. Πιο συγκεκριμένα, κάποια από τα θέματα που θα μπορούσαμε να προτείνουμε προς αυτήν την κατεύθυνση είναι τα εξής:

- Υπολογισμός πρόσθετου βάρους (DWT).
- Μελέτη ευστάθειας του πλοίου (άθικτη ευστάθειας, ευστάθεια μετά από βλάβη).
- Αναλυτικός υπολογισμός πρόωσης.
- Μελέτη της συμπεριφοράς σε κυματισμούς (seakeeping)
- Μελέτη ελικτικών ικανοτήτων (maneuvering).
- Μελέτη σχεδίου πυρασφάλειας (fire plan).
- Μελέτη σχεδίου εκκένωσης (evacuation plan).
- Αύξηση του ωφέλιμου φορτίου (επιβάτες και φορτίο) μέσω της βελτιστοποίησης των χώρων του Σχεδίου Γενικής Διάταξης και Σχεδίου Χωρητικότητας.
- Περαιτέρω μελέτη και αναλυτικότερος υπολογισμός της αντοχής των κατασκευαστικών στοιχείων του πλοίου με ευρεία χρήση πεπερασμένων στοιχείων σε κατάλληλο πρόγραμμα H/Y - Αναλυτική μελέτη διαμήκους αντοχής.
- Μελέτη για την οικονομική επίπτωση που θα επιφέρει η επιλογή διαφορετικών υλικών κατασκευής του πλοίου.
- Αναλυτικότερος υπολογισμός των διαφόρων βαρών που συνθέτουν το κενό σκάφος (μηχανολογική εγκατάσταση, εξοπλισμός, ενδίαίτηση).
- 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 H/Y.
- Βελτιστοποίηση της κίνησης των επιβατών μέσα στους χώρους ενδίαίτησης κατά την κανονική λειτουργία του πλοίου.
- Αναλυτική μελέτη και σχεδίαση των χώρων των μηχανοστασίων και επιλογή όλων των απαραίτητων επιμέρους μηχανημάτων για τη λειτουργία του.
- Πλήρης τεχνοοικονομική μελέτη του πλοίου, ώστε να καθοριστούν τα λοιπά κόστη (κτίσεως, λειτουργίας) όπου θα καθορίσουν τη βιωσιμότητα και την ανταγωνιστικότητά του στην ναυλαγορά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Εισαγωγή στη Ναυπηγική και Θαλάσσια Τεχνολογία, Ζαραφωνίτης Γ., Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, ΕΜΠ, Αθήνα 2005.
- Μελέτη Πλοίου – Μεθοδολογίες Προμελέτης Πλοίου, Παπανικολάου Α., Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, Αθήνα, Τεύχος 1 ISBN 978-960-9600-09-01 & Τεύχος 2 ISBN 978-969-9400-11-4, Οκτώβριος 2009.
- Μελέτη και Εξοπλισμός πλοίου I & II – Συλλογή Βοηθημάτων, Παπανικολάου Α., Αναστασόπουλος Κ., Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, ΕΜΠ, Αθήνα 2007.
- Αντοχή Πλοίου, Σαμουηλίδης Μ., Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, ΕΜΠ, Αθήνα, 2011.
- Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για τη Μελέτη & Σχεδίαση -Βελτιστοποίηση Επιβατηγών - Οχηματαγωγών Πλοίων Νέας Τεχνολογίας, Σκούπας Σ., Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, 2011.
- ΝΟΜΟΣ: 1594/86 Κύρωση της 133 Διεθνούς Σύμβασης Εργασίας για την ενδιαίτηση των πληρωμάτων των πλοίων (συμπληρωματικές διατάξεις)
- Π.Δ. 44/2011, Κανονισμός ενδιαίτησης και καθορισμού αριθμού επιβατών των επιβατηγών πλοίων, Φ.Ε.Κ. 110 Α'/13-05-2011, Απόφαση ΑΔΑ: 4ΑΜ4Φ-ΨΑΓ.
- Π.Δ. 177/1974, Περί οργανικής συνθέσεως των πληρωμάτων των επιβατηγών (ακτοπλοϊκών-μεσογειακών-τουριστικών) πλοίων, ΦΕΚ Α'64.
- Π.Δ. 221/2001, Κανονισμός ενδιαίτησης επιβατών και πληρώματος των ταχύπλοων σκαφών (High Speed Craft), ΦΕΚ 171/Α'/30.7.2001.
- 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.
- Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Propulsive Power, Anthony F. Molland, Stephen R. Turnock, Dominic A. Hudson, 2011, ISBN 978-0-521-76052-2.
- NR 396 Rules for High Speed Craft, Bureau Veritas, February 2002.
- ICTM 1969, International Convention on Tonnage Measurement of Ships, IMO.
- Principles of Naval Architecture Second Revision, Volume II Resistance, Propulsion and Vibration, Edward V. Lewis, 1988, ISBN No. 0-939773-01-5.
- SOLAS 2009, International Convention of the Safety Of Life At Sea, IMO.
-

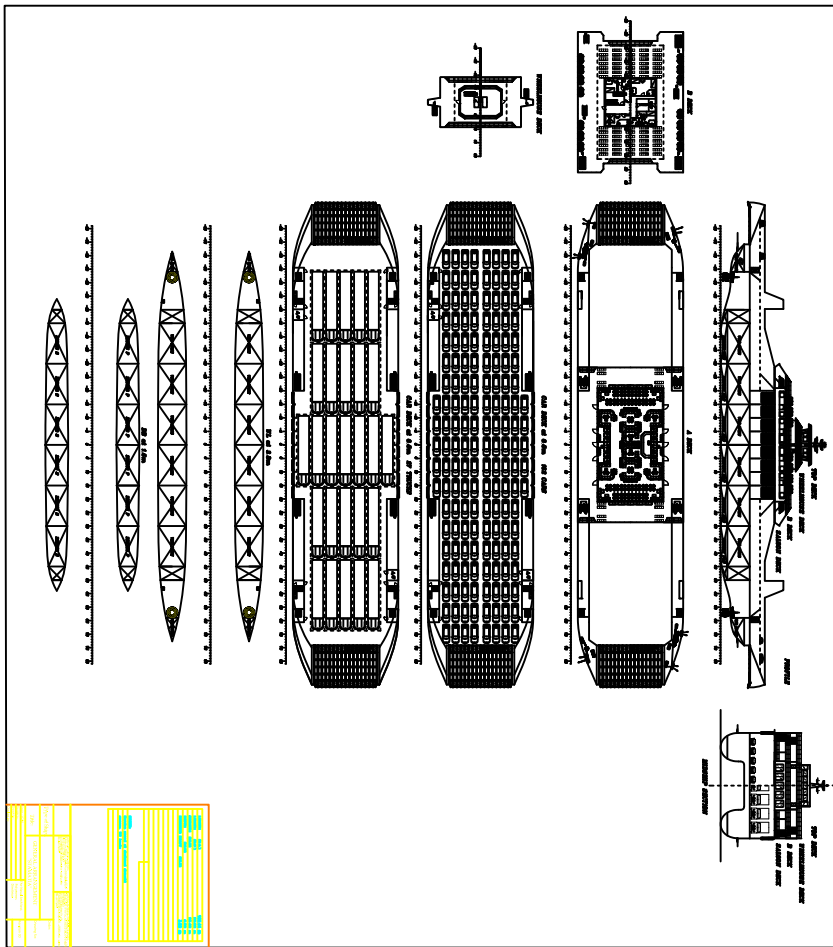
Ιστοσελίδες

- <http://www.bureauveritas.com/>
- <https://www.wartsila.com/>
- <http://www.cat.com/>

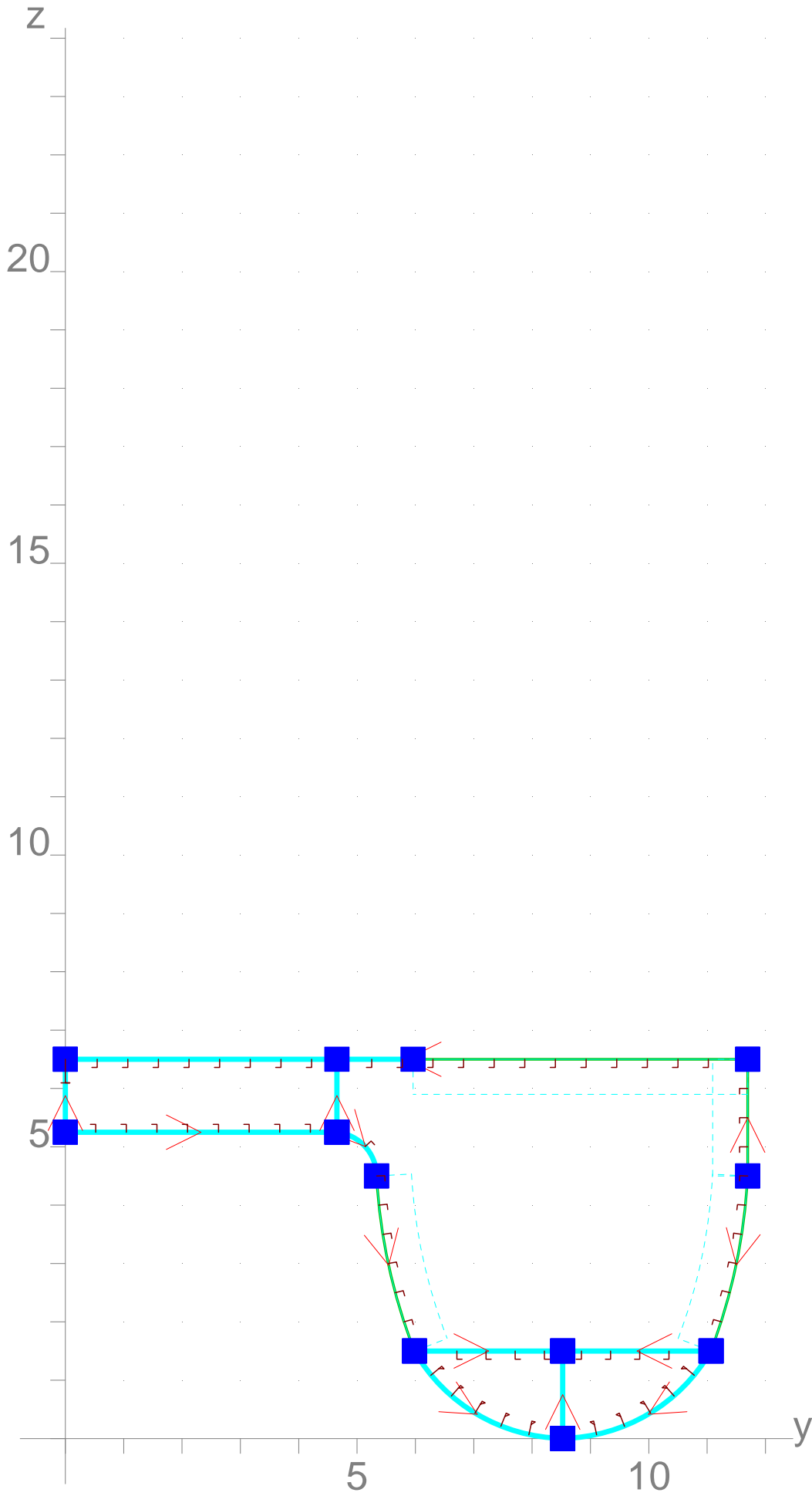
Προγράμματα Η/Υ

- Autocad 2014 for Microsoft Windows, Autodesk Inc., San Rafael, California.
- Office Excel 2016 for Microsoft Windows, Microsoft Corporation, Redmond, Washington.
- Office Word 2016 for Microsoft Windows, Microsoft Corporation, Redmond, Washington.
- Marine Lines 2006 for Microsoft Windows, AVEVA Group plc, High Cross, Cambridge.
- Marspeed32 v3.0e for Microsoft Windows, Rule Edition February 2002, Bureau Veritas.
- Shipflow Version 4.1 for Microsoft Windows, FLOWTECH International AB, Göteborg, Sweden.

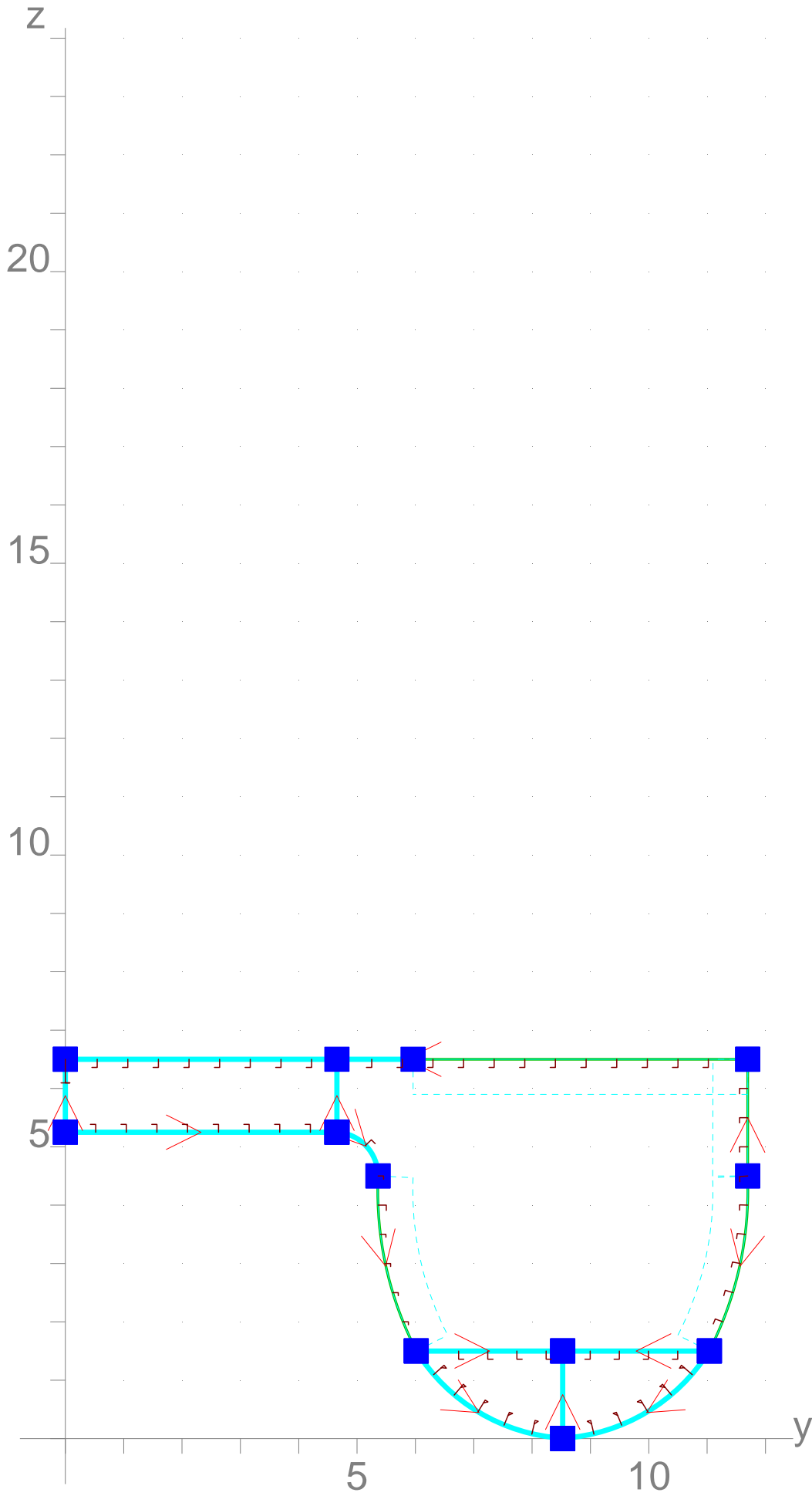
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΣΧΕΔΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ



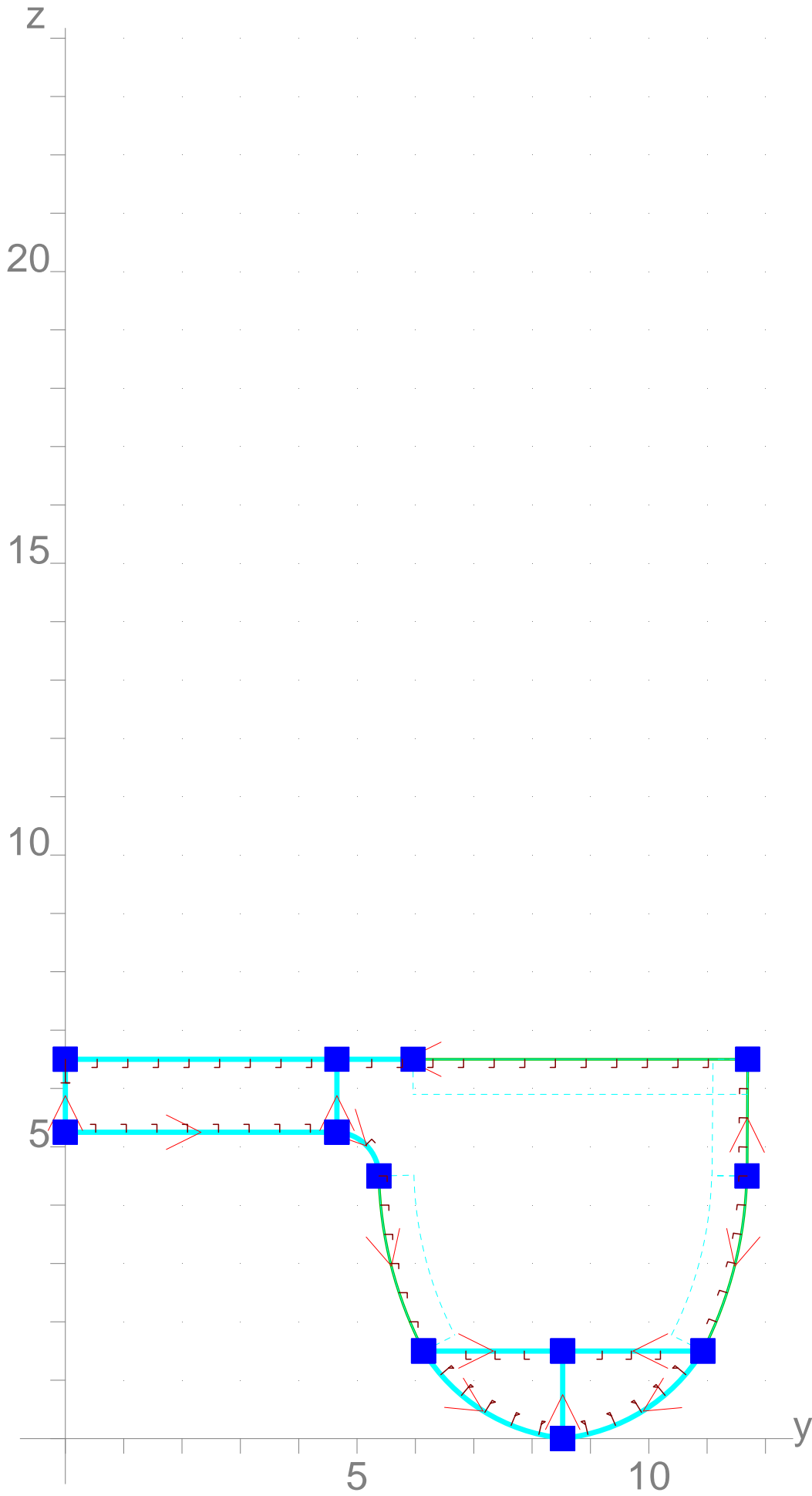
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β
ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΤΟΜΕΣ MARSPEED



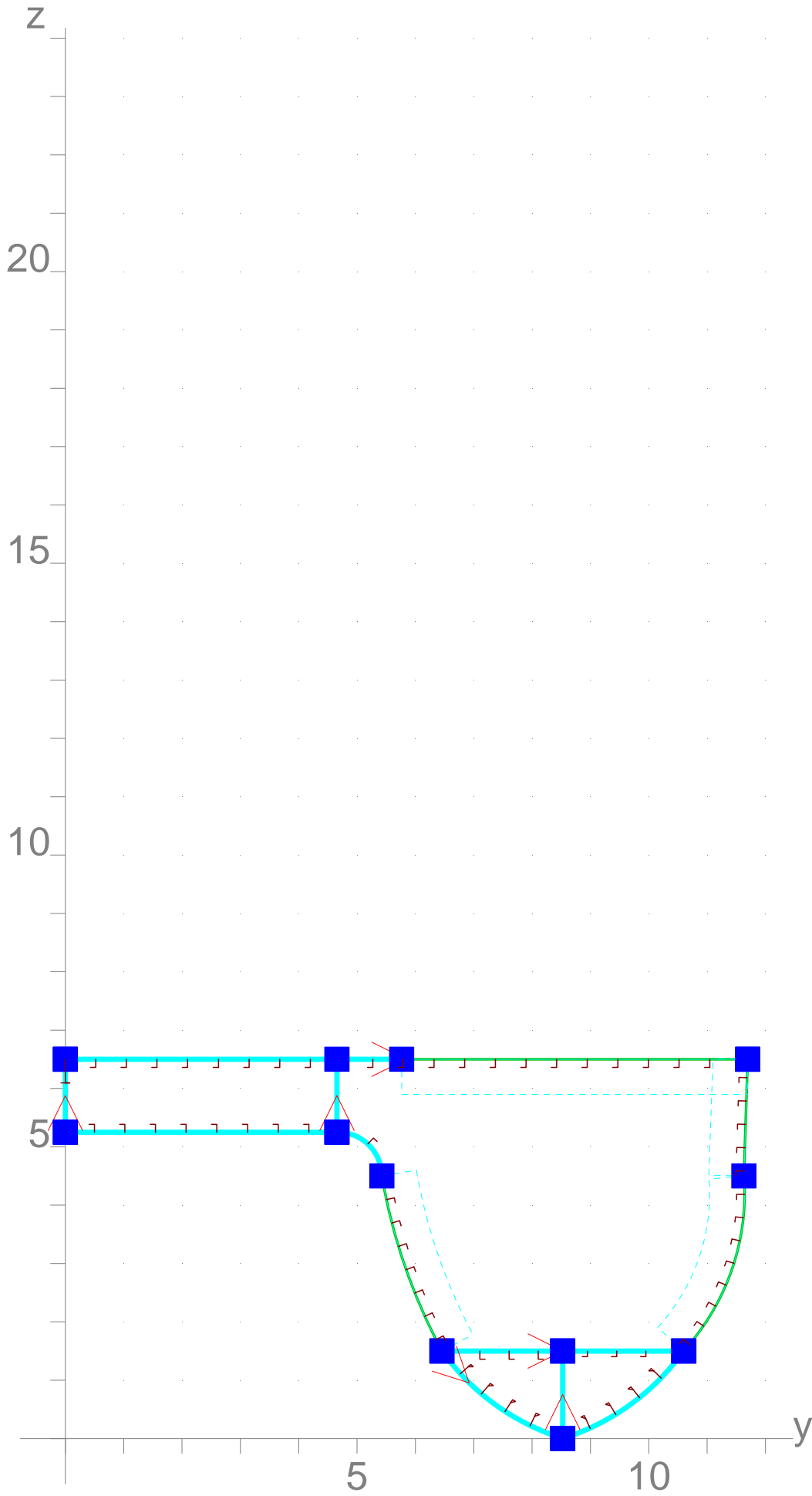
scale : 1 / 100



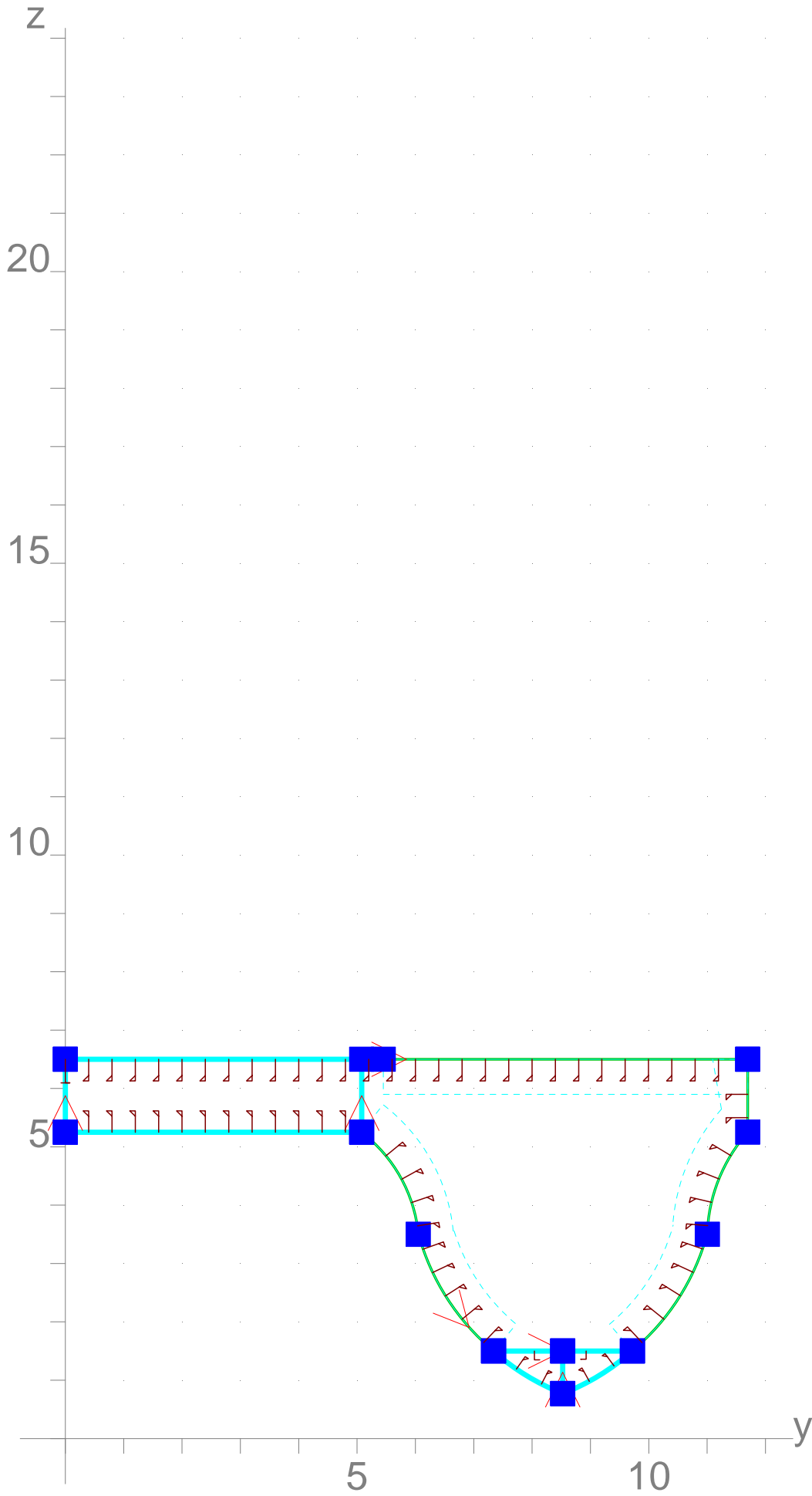
scale : 1 / 100



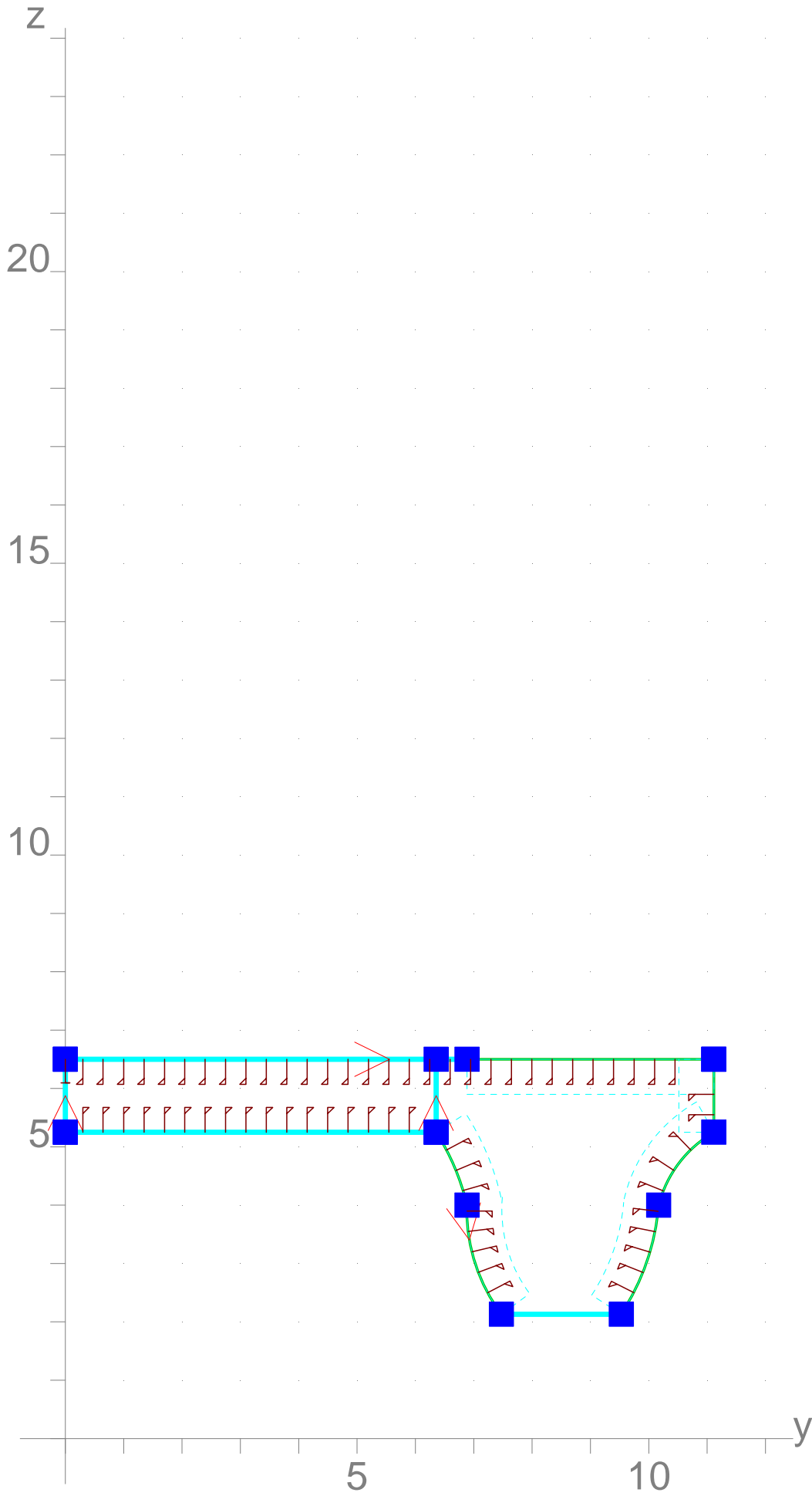
scale : 1 / 100



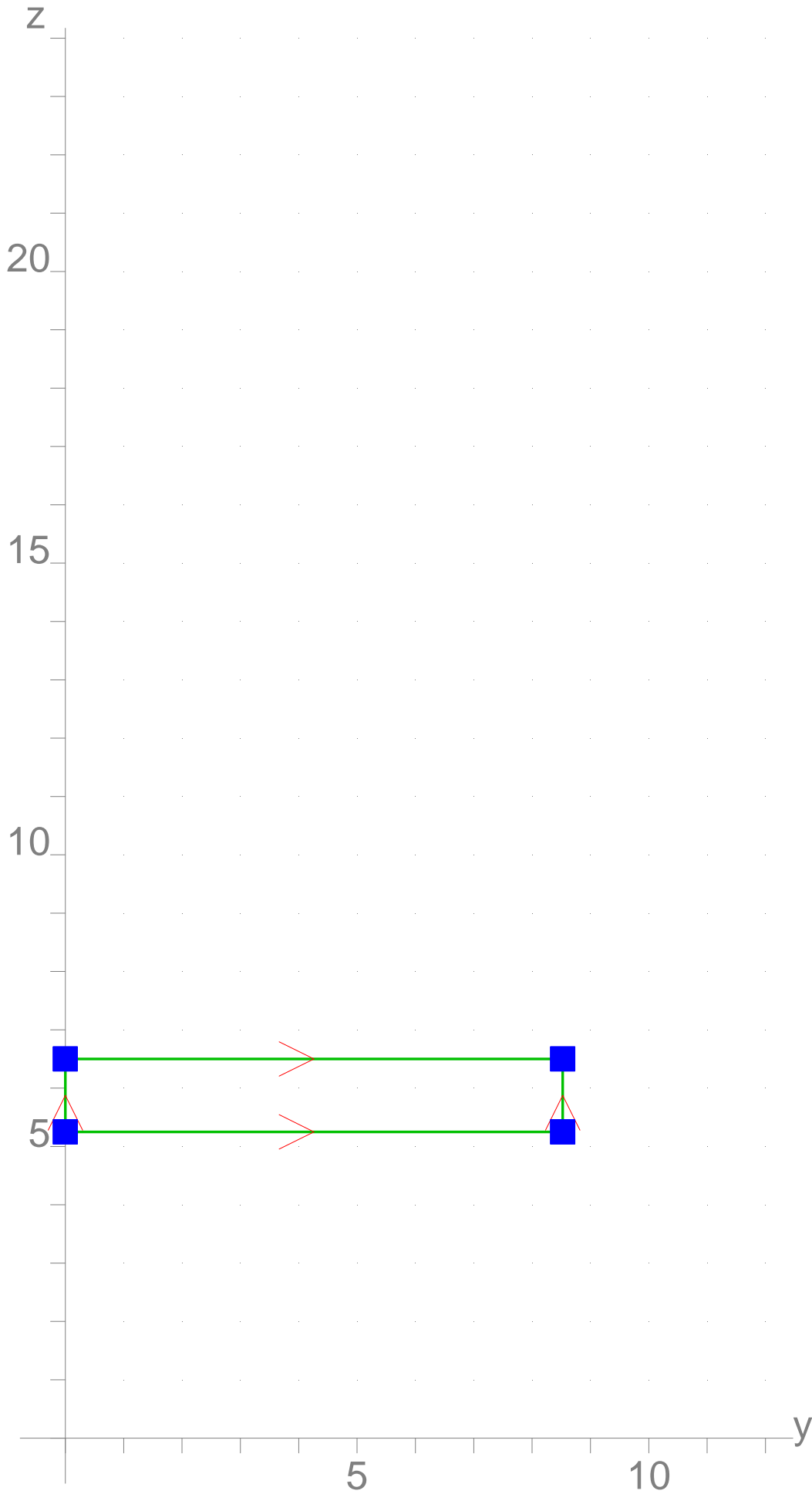
scale : 1 / 100



scale : 1 / 100

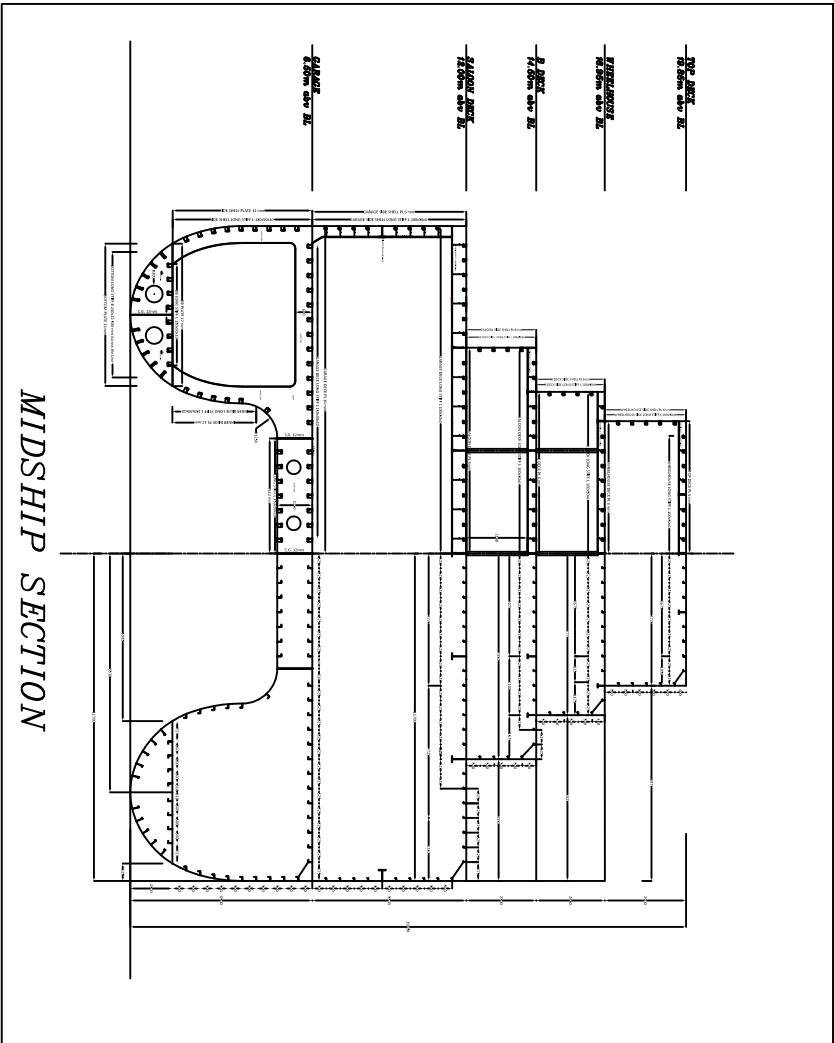


scale : 1 / 100



scale : 1 / 100

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ
ΣΧΕΔΙΟ ΜΕΣΗΣ ΤΟΜΗΣ



LENGTH (O.A.)		106.44 m
LENGTH (B.P.)		89.00 m
BREADTH (MLD)		23.40 m
DEPTH (MLD)		6.50 m
DESIGNED DRAFT (MLD)		3.80 m
SPEED: Service speed at designed draught approx. 22 knots		
Type of Ship:		Order:
Title:	MIDSHIP SECTION 'STAMATIYA'	Drawing No:
Scale: 1/50	The Naval Architect	Revision 00
Designed By:	Polymeros	
Drawn by: 7	Dimitrios	
Checked by:		

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΛΙΚΟΠΗΔΑΛΙΟΥ
WST-18

Wärtsilä Steerable Thrusters



The Wärtsilä Steerable Thruster (WST) has been developed in parallel with the latest operating demands for tugs, river-going vessels, and various offshore support vessels.



The aim, as with all Wärtsilä products and solutions, is to ensure optimal efficiency, high hydrodynamic performance, less maintenance and better accessibility for serviceability. With eight thruster types, ranging from 700 to 3200 kW, the WST enables these vessels to meet and exceed the performance levels required for today's competitive operating environment. By maintaining outstanding efficiency at different power outputs, the WST reduces costs for owners and operators. The design also allows easier and faster installation, thereby saving time and costs for the yard.

Designed to Meet the Latest Customer Needs

Superior performance: Large propellers with a tailored design, a smooth housing shape and slender nozzle connections ensure the superior performance of the Wärtsilä Steerable Thrusters. The hydrodynamic design has been thoroughly optimized, with the use of Wärtsilä's extensive design experience combined with computational fluid dynamics (CFD) capabilities. Since not all vessel performance requirements are the same, the WST comes with a choice of two nozzle types.

- Bollard pull nozzle: A nozzle optimised for bollard pull, providing outstanding performance at zero knots vessel speed.
- Free sailing nozzle: this shorter and lighter nozzle version is designed for free sailing efficiency at speeds of 10-14 knots, whilst keeping good bollard pull capabilities at low vessel speeds.

WST combines its excellent bollard pull capabilities with continuous steering over 360°, to provide maximum thrust in any direction.



High-speed engine compatible: The Wärtsilä Steerable Thruster fits well with Wärtsilä's own medium-speed engines and is also compatible with high-speed engines of other brands. With a selected range of gear ratios, all common engine speeds between 750 and 1800 rpm can be accommodated, as well as electric motors with speeds between 720 and 1200 rpm.

Efficiency: A high level of manoeuvrability is essential, and the WST is designed to achieve this with an optimal hydrodynamic efficiency. All functionality provided by the individual components of the steerable thruster, the propeller, the engine, the clutch to control the thrust and the steering system is combined in an integrated design that attains overall high efficiency with the desired manoeuvrability. At the same time, the system is simple, straightforward and reliable.

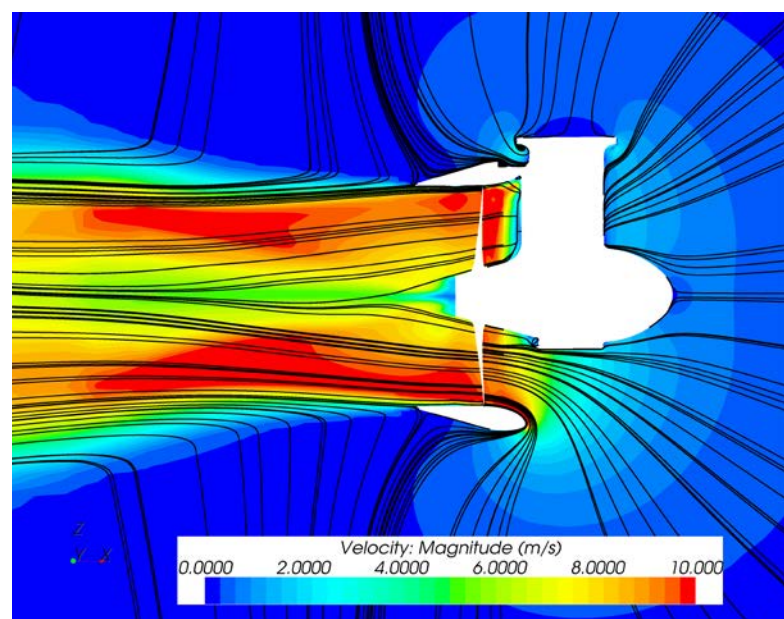
Robust & reliable: Since operational reliability is important, Wärtsilä places high priority on the robustness of all components used in its products and solutions.

Environmental performance: At the same time, the thrusters come with an advanced sealing system that includes functionality for seal monitoring. The Wärtsilä Steerable Thrusters are suitable to be operated in US inland and coastal waters under the US EPA VGP2013 regulations. Compliance is achieved by using either environmentally acceptable lubricants (EAL) or barrier seal solutions, depending on thruster size and propeller type.

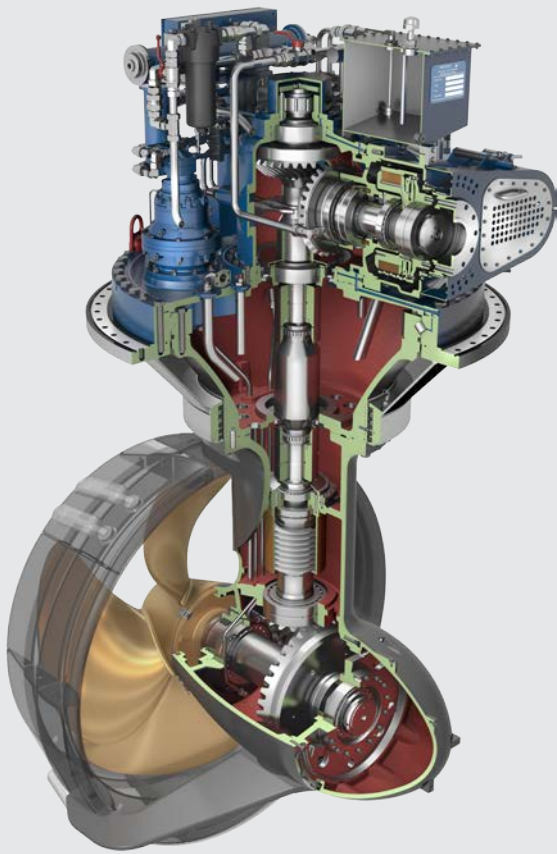
Installation flexibility: The WST can be installed and mounted in various ways. These include bolt-in (standard) and weld-in possibilities with easy to install hull fairing. This flexibility, together with the option to incline the thruster to align it with the hull, enables optimal positioning of the thruster with regard to thrust performance and system layout. Mounting from above (can-mounted), below or split mounting allows the yard to optimise the building scheme.

Similarly, the high level of integration eases the installation at the yard.

Compact & integrated: By integrating all the auxiliary equipment needed to operate the thruster, such as the hydraulics for the clutch and the lubrication and steering systems, onto the top plate around the upper gearbox of the mechanical Z-drive system, a truly compact solution is achieved. This means that less thruster room space is needed. The modular design also allows the same compact and integrated layout for thruster variants with controllable pitch propellers that have additional pitch hydraulics. In case of a diesel-electric propulsion system, a thruster configuration with electrical steering and an electric lubrication pump set is available.



Wärtsilä Thruster Nozzle (WTN) optimised for bollard pull



Wärtsilä Steerable Thruster with PTO for diesel-mechanical drive

Wärtsilä ProTouch
Steerable thruster lever and
side display



User friendly controls: The thrust, steering, and auxiliary system functions are all controlled by the Wärtsilä Propulsion Control System. The ProTouch panel design is space saving and designed to allow easier and more intuitive operation of the thruster functions. Installation of the control cabinets, panels and cabling is straightforward since all components of the propulsion control system are interconnected by means of CAN-open buses.

Ice Class: The increasing demand for thrusters with ice class is included in the design of the Wärtsilä Steerable Thruster. Ice Class can be specified for winter sea conditions or to provide extra robustness to withstand impacts, such as from driftwood. The thrusters are compatible with Finnish-Swedish Baltic Ice Class, Russian Ice class (RMRS), and Russian river ice class (RRR). The Finnish-Swedish Ice Class (FSIC) rules are implemented in the rules of many major classification societies.

Wärtsilä Services

Easier maintenance: The WST has been developed to be maintenance friendly, for example, the seals of both the propeller shaft and the steering mechanism can be replaced without de-assembling the thruster.

The Wärtsilä WST is supplied with a detailed maintenance information document which clearly defines the maintenance task in easy steps for operators.

Wärtsilä can provide spare parts packages which are pre-defined according to the desired redundancy levels by the owner/operator along with the required technical support and field services.

Wärtsilä can also offer customer friendly long term concepts to optimize the maintenance and operations of their installations, this allows the customers to focus on generating the maximum revenue from their operations, leaving behind their equipment worries to us. In combination with Wärtsilä PCMS (Propulsion Condition Monitoring Service), downtime and maintenance costs can be minimised.

We offer a worldwide service network that ensures reliable and efficient support, and the quickest possible solution to any problem, during the full operational lifetime of your equipment.

Our Services organization currently features more than 11,000 dedicated professionals in 70 countries. Wärtsilä adds value to your business at every stage in the lifecycle of your installation. With us as your service partner, you receive many measurable benefits such as availability and performance, productivity gains and cost benefits. Above all, peace of mind in the knowledge that your installation is being serviced by the most experienced partner you could have – Wärtsilä.

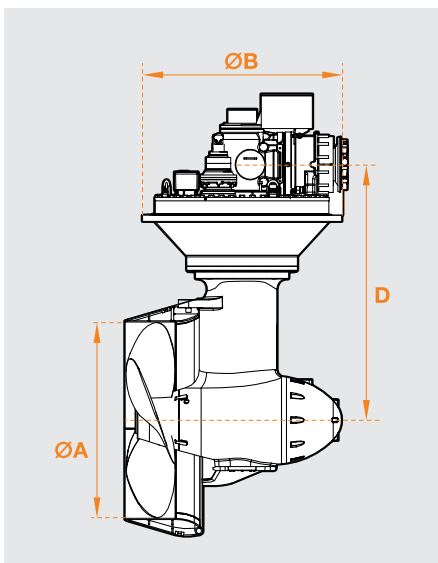




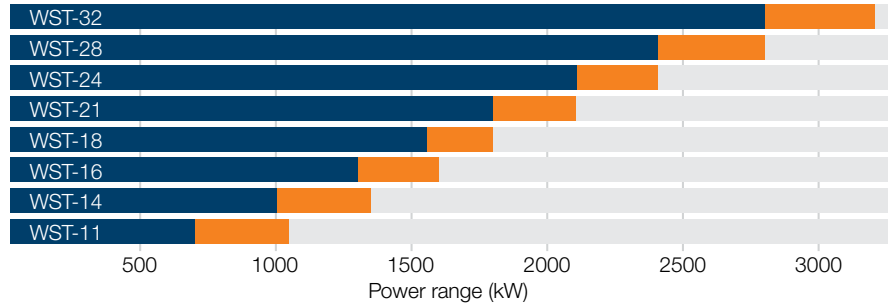
WST with slipping clutch and PTO for diesel-mechanical drive



WST with electrical steering for diesel-electric drive



Wärtsilä Steerable Thrusters range



Bollard Pull performance of Wärtsilä Steerable Thrusters

Thruster type	Engine power ⁽²⁾ (kW)	Input speed (rpm)	Propeller diameter (mm)	Bollard pull ⁽¹⁾ (tonnes)
WST-11	900	750 1000 1200 1600 1800	1600	30
	1050		1800	36
WST-14	1150		1800	39
	1275		1900	43
	1350		2000	46
WST-16	1400		2000	47
	1600		2200	55
WST-18	1700		2200	57
	1800		2400	63
WST-21	2050		2400	69
	2100		2600	73
WST-24	2400		2600	80
	2400	2800	84	
WST-28	2800	2800	94	
	2800	3000	97	
WST-32	3200	3000	107	
	3200	3200	111	

1) Based on two thrusters, 100% power, FP propeller with pitch and nozzle designed for bollard pull and including thrust deduction.

2) In case of ice class notation, maximum power level is reduced.

Wärtsilä Steerable Thrusters dimensions (mm)

Thruster Type	Dimensions				Weight ¹ (kg)
	A (mm)	Weld-in	Bolt-in	PAL options D (mm)	
		ØB (mm) (well diameter (mm))			
WST-11	1600	1942	1948	2400	10000/11800
	1800	(2000)	(2000)		
WST-14	1800	1942	1948	2500	10900/12860
	1900				
	2000				
WST-16	2000	2342	2326	2800	17050/20400
	2200	(2400)	(2400)		
WST-18	2200	2342	2326	2900	18600/21950
	2400	(2400)	(2400)		
WST-21	2400	2542	2512	3200	24800/27500
	2600	(2600)	(2600)		
WST-24	2600	2692	2660	3500	28500/31500
	2800	(2750)	(2750)		
WST-28	2800	2862	2825	3900	32800/36100
	3000	(2920)	(2920)		
WST-32	3000	3042	3000	4000	37000/41000
	3200	(3100)	(3100)		

1) Estimated minimum (FPP and smallest prop / nozzle / propeller arm length (PAL)) and maximum (CPP and biggest prop / nozzle / PAL) weights

These tables only address the Wärtsilä Steerable Thrusters up to 3200 kW.

For other power ratings, please contact www.wartsila.com or your nearest Wärtsilä sales office.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ
C32 ACERT Generator Set (EPA Tier 3)



C32 ACERT generator sets incorporate a separate circuit aftercooling system (SCAC) for all configurations. The primary advantage of the SCAC system is reduced aftercooler corrosion since no sea water circulates through the aftercooler. Many other improvements on these engines contribute to minimizing owning and operating costs. The EPA Tier 3, IMO II, EU Stage IIIA compliant ratings are available with heat exchanger or keel cooled options. Heat exchanger configurations have an optional front mounted sea water pump.

Specifications

Generator Set Specifications	
Minimum Rating	730 ekW (913 kVA)
Maximum Rating	940 ekW (1175 kVA)
Frequency	60hz
Speed	1800 rpm

Generator Set Configurations	
Emissions/Fuel Strategy	EPA Tier III

Engine Specifications		
Engine Model	Vee-12, 4-stroke-Cycle-Diesel	
Aspiration	Turbocharged and aftercooled	
Bore	145 mm	5.7 in
Stroke	162 mm	6.38 in
Displacement	32.1 L	1959 in3
Governor Type	Electronic	
Fuel System	MEUI	

Generator Specifications	
Excitation	Permanent magnet
Number of poles	4
Number of bearings	2 roller bearings
Number of leads	6
Insulation	Class H
IP Rating	23
Voltage regulator	CDVR



Generator Set Dimensions		
Length	162.8 in/4271 mm (minimum), 175.3 in/4452 mm (maximum)	
Width	1528 mm	60.2 in
Height	1667 mm	65.6 in
Weight (Estimated)	7131 kg	15721 lb

Benefits and Features

Emissions

U.S. EPA Tier 3 compliant

Worldwide Support

Extensive service network of dealers; Unparalleled service from authorized marine dealers

Durability

Proven engine operating history; Performance iron with thousands of hours of validation testing for quality and durability

Reliability

60 months standard warranty

Cooling System

Heat Exchanger or Keel Cooling; Heat exchanger configurations: optional front mounted sea water pump

Aftercooling System

Separate circuit aftercooling system (SCAC): no seawater circulating through the aftercooler

Standard Equipment

AIR INLET SYSTEM

- Separate circuit after-cooled (SCAC)
- Turbocharger, jacket water cooled
- Turbocharger inlet, 152 mm (6 in) OD straight connection

CONTROL SYSTEM

- If an EMCP panel or MGCP option is not chosen as optional equipment, then start/stop controls must be provided by the customer
- Electronic diagnostics and fault logging
- Engine Protection Mode for extended ambient conditions
- Electronic fuel/air ratio control

COOLING SYSTEM

- Separate Circuit After-Cooling (SCAC) for Heat Exchanged (HEX) & Keel cooled engines
- Jacket Water (JW) and SCAC Heat Exchangers Shell & Tube for HEX cooled engines
- SCAC pump, gear driven
- Jacket water pump, gear driven
- Sea water pump, bronze impeller, gear driven, for HEX cooled engines only



- Jacket water HEX with Sea water pump Connections: 76.2 mm (3in) ID Standard
- 4 Bolt ANSI Flange Connection
- Jacket water HEX without Sea water pump Connection: 2.5" hose barb connection (inlet), 76.2 mm (3in) ID Standard 4 Bolt ANSI Flange (outlet)
- Keel Connections: 76.2 mm (3in) ID Standard 4 Bolt ANSI Flange Connection
- SCAC and JW shunt tanks for maintaining proper Pump inlet pressures

EXHAUST SYSTEM

- Water-cooled exhaust manifold & turbocharger
- 4 Bolt 130 mm (5.12 in) diameter flanged outlet

FLYWHEELS & FLYWHEEL HOUSINGS

- Flywheel Housing, SAE No. 0
- Flywheel, 18 inch, 136 teeth
- SAE standard rotation

FUEL SYSTEM

- Duplex Fuel Filters, Spin-on, RH service
- Fuel connections size: Supply JIC 37 Deg -10 (7/8-14), Return JIC 37 Deg -8 (3/4-16)
- Plate-type fuel cooler installed behind Aftercooler Shunt Tank
- Fuel transfer pump, gear driven
- Manual fuel priming pump

GENERATORS AND GENERATOR ATTACHMENTS

- SR5 form wound
- 2 roller bearings
- Permanent magnet excitation
- 4 pole, 6 leads, Series Star connected
- Caterpillar's Digital Voltage Regulator (CDVR)
- Marine Class H insulation, Class F temperature rise
- Surface mounted platinum (PT100) 3-wire RTDs, 2 per phase on stator and one each on support bearings
- Anti-condensation space heaters (2 elements - 240 VAC, 1000 Watts)
- IP23 Protection suitable for use with Fixed Water Based Local Application Fire Fighting Systems (FWBLAFFS)
- System IV insulation for harsh environment protection

LUBE SYSTEM

- Simplex oil filters, RH service
- Deep sump oil pan
- RH service oil filler locations
- RH service dipstick
- Oil pump, gear driven

MOUNTING SYSTEM

- Formed C-channel rails, 300mm (11.81in) height

- Six shipped loose combined helical spring/rubber
- isolators for installation below package base

GENERAL

- Front Damper guard
- Common electrical bonding point on HEX and KEEL cooled engines

Optional Equipment

ALARM AND PROTECTION

- Remote panels
- MCS Controller
- Power analyzer module
- Oil level, exhaust temperature, air starting pressure, heat exchanger pressure sensors

EXHAUST SYSTEM

- Dry Elbows
- Flexible Fitting
- Flange
- Muffler
- Muffler Spark Arresting
- Rain Cap

AIR INLET SYSTEM

- Air Inlet Cleaner
- Closed Crankcase Ventilation
- Air inlet adapter

CHARGING SYSTEM

- Battery Chargers, Charging Alternators

CONTROL SYSTEM

- Load Sharing Attachment

FUEL SYSTEM

- Water Separator

LUBE SYSTEM

- Duplex Oil Filters, Sump Pump

PROTECTION SYSTEM

- Fuel and Oil Shielding

STARTING SYSTEM

- Electric Starting Motors - Single 24 Volt
- Air Starting Motor
- Dual Starting Motors (Electric and Air)
- Air Start Accessories



- Starting Aids - JW Heaters
- Battery Sets - 24 Volt - Dry

The International System of Units (SI) is used in this publication. CAT, CATERPILLAR, their respective logos, ADEM, EUI, S-O-S, "Caterpillar Yellow" and the "Power Edge" trade dress, as well as corporate and product identity used herein, are trademarks of Caterpillar and may not be used without permission.