



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΠΛΟΙΟΥ

## **ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ & ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ULTRA LARGE MEGA – CONTAINERSHIP**

---

*Διπλωματική Εργασία*

**Αθανάσιος Α. Μπαστούνης**

**Κωδ.: 08100302**

**Τριμελής Επιτροπή:**

**Α. Παπανικολάου – Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

**Γ. Ζαραφονίτης – Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

**Δ. Λυρίδης – Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

*Μάρτιος 2008, Αθήνα*

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2005-2006 στη Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου της Αθήνας. Αφορμή για το θέμα της εργασίας αποτέλεσε ο διαγωνισμός Ευρωπαϊκών Πανεπιστημίων EU STUDENT COMPETITION 2005 "Visionary Concepts for ships and floating structures". Η παρούσα διπλωματική αποτελεί ουσιαστικά το ένα από τα συνολικά τέσσερα τμήματα που απαρτίζουν τη συμμετοχή του Ε.Μ.Π. στον παραπάνω διαγωνισμό. Έτσι με την καθοδήγηση του επιβλέπων και υπεύθυνου καθηγητή Α.Παπανικολάου και του Υ.Δ. Σ.Σκούπα η σύνθεση της ομάδας μελέτης που συμμετείχε στον διαγωνισμό ήταν η εξής: Αθηναίος Μανώλης, Βιολάρης Νίκος, Γιουρούκος Επαμεινώνδας και Μπαστούνης Αθανάσιος. Η μελέτη που εκπονήθηκε αξιολογήθηκε από τους αρμόδιους του διαγωνισμού, προκρίθηκε αρχικά στις επτά καλύτερες και κατέλαβε τελικά την τέταρτη θέση μεταξύ τριάντα συμμετοχών.

Θέλω να ευχαριστήσω τον εμπνευστή της παραπάνω ιδέας Καθηγητή Απόστολο Παπανικολάου αφενός για την συνεχή επίβλεψη και καθοδήγησή του, αφετέρου για την ευκαιρία που μου έδωσε να συμμετάσχω και να διακριθώ σε έναν Ευρωπαϊκό Διαγωνισμό.

Επιπρόσθετα οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τον Υποψήφιο Διδάκτορα Σκούπα Σωτήρη για τον άψογο συντονισμό της ομάδας, και για την αμέριστη βοήθεια που μας πρόσφερε στις αρκετές δυσκολίες που συναντήσαμε κατά την εκπόνηση της μελέτης.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους τρεις συναδέλφους μου και συνοδοιπόρους σε αυτή τη προσπάθεια, για την βοήθειά τους και την στήριξή τους τις στιγμές που κάποιες δυσκολίες έμοιαζαν ανυπέρβλητες!

Μάρτιος 2008, Αθήνα

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

A. Στόλος Πλοίων Μεταφοράς Ε/Κ.....	1
B. Ζήτηση των Containerships.....	3
Γ. Η Μεταφορική Αλυσίδα.....	4
Δ. Σύνοψη Εισαγωγικών Σχολίων.....	6
E. Σχεδίαση ενός Mega – Containership.....	6
E.1. Υπολογισμοί Αντοχής & Προωστήριας Εγκατάστασης.....	7
E.2. Υδροδυναμική Ανάλυση & Φορτοεκφόρτωση.....	8
E.3. Οικονομική Ανάλυση & Μελέτη Εφικτότητας.....	10

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: Καθορισμός Κυρίων Διαστάσεων & Σχεδίαση Ναυπηγικών Γραμμών

1.1. Καθορισμός Κυρίων Διαστάσεων υπο Μελέτη Πλοίου NTUA – ULMCS.....	11
1.2. Προκαταρκτικός Υπολογισμός Πρόσθετου Βάρους DWT.....	18
1.3. Προκαταρκτικός Υπολογισμός & Έλεγχος Εκτοπίσματος.....	21
1.4. Πατρικό Πλοίο.....	23
1.5. Σχεδίαση Ναυπηγικών Γραμμών υπο Μελέτη Πλοίου NTUA – ULMCS.....	24

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: Διαμερισματοποίηση υπο Μελέτη Πλοίου NTUA – ULMCS

2.1. Καθορισμός Θέσης Στεγανών Φρακτών.....	30
2.2. Καθορισμός Θέσης Μηχανοστασίου.....	32
2.3. Καθορισμός Θέσης Χώρων Φορτίου.....	34
2.4. Μεταφορική Ικανότητα υπο Μελέτη Πλοίου.....	43
2.5. Καθορισμός Θέσης Θαλάσσιου Έρματος.....	44
2.6. Καθορισμός Θέσης Αναλωσίμων.....	44
2.7. Εφαρμογή Κανονισμού Καταμέτρησης – Οργανική Σύθεση Πληρώματος.....	47
2.7.1. Υπολογισμός Ολικής Χωρητικότητας GT.....	47
2.7.2. Οργανική Σύθεση Πληρώματος.....	47
2.8. Δείκτης Εξαρτισμού.....	49

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: Υδροστατικοί Υπολογισμοί – Καταστάσεις Φόρτωσης

3.1. Υδροστατικοί Υπολογισμοί.....	51
3.2. Πλαίσιο Κανονισμών Ευστάθειας Πλοίων.....	52
3.2.1. Άθικτη Κατάσταση.....	52
3.2.2. Οι Κανονισμοί Ευστάθειας Άθικτου Πλοίου.....	52
3.3. Καταστάσεις Φόρτωσης (Loading Conditions).....	56
3.3.1. Full Load Departure Condition.....	56
3.3.2. Full Load Arrival Condition.....	61
3.3.3. Ballast Departure Condition.....	64
3.3.4. Ballast Arrival Condition.....	67
3.4. Συνοπτικός Πίνακας Χαρακτηριστικών Μεγεθών υπο Μελέτη Πλοίου.....	70

<b>Επίλογος.....</b>	<b>71</b>
----------------------	-----------

<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>72</b>
--------------------------	-----------

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Συγκριτικά Στοιχεία Ομοίων Πλοίων**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Υδροστατικοί Υπολογισμοί**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Καταστάσεις Φόρτωσης**

**ΕΠΙΣΥΝΑΠΤΟΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑ:**

- Lines Plan
- Capacity Plan – Container Loading Plan
- Hydrostatic Curves
- Floodable Lengths
- Cross Curves

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **A. ΣΤΟΛΟΣ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ Ε/Κ**

Μελετώντας τις θαλάσσιες μεταφορές μπορεί εύκολα να προσέξει κάποιος ότι όλο και μεγαλύτερος όγκος εμπορευμάτων μεταφέρεται με πλοία μεταφοράς Ε/Κ. Κάτι που φαίνεται λογικό εφόσον οι προδιαγραφές μεταφοράς εμπορευμάτων γίνονται ολοένα και πιο απαιτητικές. Έτσι μεταφέροντας φορτία με τα συγκεκριμένα πλοία εξασφαλίζεται η καλή προστασία του εμπορεύματος μέσα στο τυποποιημένων διαστάσεων κιβώτιο, οι χρόνοι παράδοσης είναι ικανοποιητικοί και γενικότερα προσφέρεται στον πελάτη ένα αίσθημα σιγουριάς και ασφάλειας όσον αφορά την μεταφορά του φορτίου του με έναν από τους πιο ασφαλείς τύπους πλοίων.

Η χρήση τυποποιημένων Ε/Κ και κατ'επέκταση πλοίων μεταφοράς Ε/Κ αυξάνεται με όλο και μεγαλύτερους ρυθμούς. Αξίζει να αναφερθεί ότι ενώ ο παγκόσμιος στόλος πλοίων μεταφοράς γενικού φορτίου αυξήθηκε το 1998 κατά 1%, ο στόλος πλοίων μεταφοράς Ε/Κ αυξήθηκε περισσότερο από 10%. Επίσης το 44% της συνολικής μεταφορικής ικανότητας containers ανήκει σε πλοία των κατηγοριών 4000 TEU και άνω. Οι παραγγελίες Post-Panamax φτάνουν το 102% του παγκόσμιου στόλου ενώ των Panamax το 53% αναφορικά πάντα με την μεταφορική τους ικανότητα σε TEU. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μια κατηγοριοποίηση των containerships ανάλογα με το μέγεθος τους και τη μεταφορική ικανότητα σε TEU που προσφέρουν. [1]

<b>Period</b>	<b>Capacity</b>	<b>Speed</b>	<b>Beam</b>	<b>Deck Girder</b>
Up To 1980	1,000 TEU - 1,500 TEU Class	18 Knots	27.4 m	One Girder
Early 1980	1,500 TEU - 2,000 TEU Class	19 Knots	30.6 m	Two Girder
Late 1980	2,000 TEU - 3,000 TEU Class	20 - 22 Knots	32.2 m	Two Girder
Early 1990	3,000 TEU - 4,800 TEU Class (Panamax)	22 - 24 Knots	32.2 m	No Girder
Mid 1990	4,400 TEU - 5,500 TEU Class (Post-Panamax)	24 - 25 Knots	37.1 m	No Girder
Late 1990	6,000 TEU Class Above (Post-Panamax)	24 - 25 Knots	40.0 m	No Girder
Early 2000	7,000 TEU Class Above (Post-Panamax)	25 Knots And Over	42.8 m	No Girder
2003	8,000 TEU Class Above (Post-Panamax)	25 Knots And Over	42.8 m	No Girder
2005	10,000 TEU Class	25 Knots And Over	45.6 m	No Girder
	13,000 TEU Class	25 Knots And Over	54.2 m	No Girder

**Σχήμα 1<sup>ο</sup>**: Χρονική Κατηγοριοποίηση των Containerships ανάλογα με τα Κύρια Χαρακτηριστικά [2]

Προκαταρκτική Σχεδίαση & Ευστάθεια ενός Ultra Large Mega-Containership (ULMCS)

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 90, το μέγεθος των πλοίων περιοριζόταν από τους φυσικούς περιορισμούς της διώρυγας του Παναμά (Μέγιστο Πλάτος B = 32.2 [m]). Αργότερα με την αύξηση της ζήτησης σχεδιάστηκαν πλοία μεγαλύτερων διαστάσεων και μεταφορικής ικανότητας, τα Post-Panamax, αλλάζοντας δραστικά το τοπίο των θαλάσσιων μεταφορών. Οι σχεδιάσεις εξελίσσονται συνέχεια και ήδη post-panamax πλοία περι τα 9200 TEU Pamela the Great και 11000 TEU Emma Maersk εξυπερετούν το παγκόσμιο εμπόριο.

Το τελευταίο είναι το μεγαλύτερο πλοίο μεταφοράς Ε/Κ στον κόσμο με κύριες διαστάσεις και χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 1<sup>ος</sup>:** Κύρια Χαρακτηριστικά του ‘Emma Maersk’

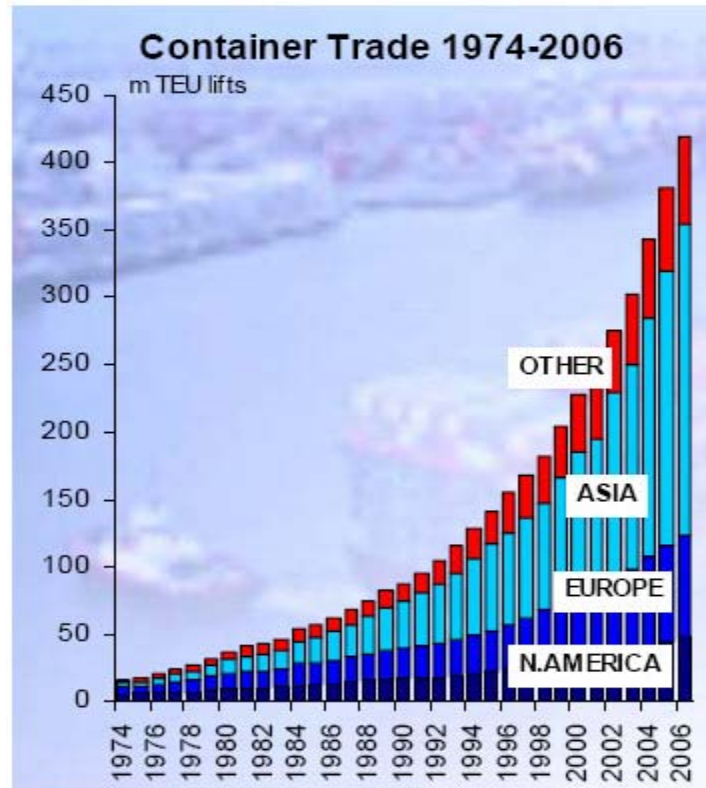
	<i>Όνομα Πλοίου</i>	<b>‘EMMA MAERSK’</b>
<i>Κύριες Διαστάσεις</i>	<b>LOA (m)</b>	393.00
	<b>B (m)</b>	56.40
	<b>D (m)</b>	30.00
	<b>T (m)</b>	15.50
<i>Βάρη</i>	<b>TEU Capacity</b>	13000
	<b>DWT (ton)</b>	156907
	<b>W<sub>TEU</sub> (ton)</b>	14
<i>Στοιχεία Πρόωσης</i>	<b>V<sub>s</sub> (knots)</b>	25.50
	<b>P<sub>B</sub> (PS)</b>	80080
	<b>RPM</b>	102
	<b>Engine Type</b>	14 Cyl Wartsila RT-Flex96c



**Emma Maersk**, το μεγαλύτερο πλοίο μεταφοράς Ε/Κ στον κόσμο

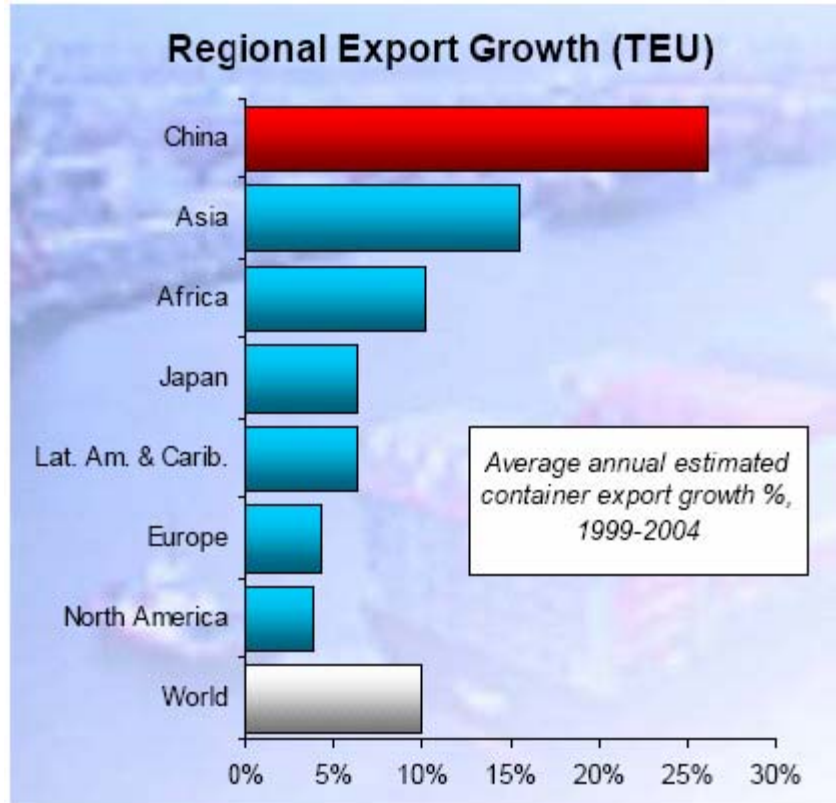
## **B. ΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ CONTAINERSHIPS**

Το εμπόριο με Ε/Κ εξαπλώνεται με γοργούς ρυθμούς τα τελευταία τριάντα χρόνια, καθιστώντας τις μεταφορές μια αναπτυσσόμενη βιομηχανία. Παρά τις περιφερειακές διακυμάνσεις και την διαφορετική ανάπτυξη των μέσων μεταφοράς, η ζήτηση στον τομέα των μεταφορών σημείωσε σχεδόν αδιάκοπη αύξηση από την δεκαετία του 70 και μετά. Η παγκόσμια δραστηριότητα με Ε/Κ επεκτείνεται με αύξηση 10% το χρόνο για την περίοδο 1994 – 2004.



**Σχήμα 2<sup>ο</sup>:** Εξάπλωση Εμπορίου με Ε/Κ ανά διετία από το 1974 – 2006

Οι εμπορευματικές μεταφορές είναι άρρηκτα και άμεσα συνδεδεμένες τόσο με την ανάπτυξη του Α.Ε.Π., όσο και με την βιομηχανική παραγωγή. Η ζήτηση στον τομέα της μεταφοράς Ε/Κ σημείωσε παράλληλη αύξηση με το Α.Ε.Π., παρόλο που υπάρχουν ενδείξεις ότι χαμηλότεροι ρυθμοί αύξησης του Α.Ε.Π. είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε δυσανάλογα χαμηλότερο ρυθμό αύξησης των μεταφορών και υψηλότεροι ρυθμοί αύξησης του Α.Ε.Π. σε δυσανάλογα υψηλότερο ρυθμό αύξησης των μεταφορών. Αυτή η τάση της ζήτησης θα συνεχιστεί, εφόσον διατηρηθεί η οικονομική ανάπτυξη. Αν και οι προβλέψεις για το μέλλον δε θα πρέπει να στηριχθούν στις μέχρι τώρα τάσεις, το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τη μέση χρονιαία ανάπτυξη εξαγωγών με Ε/Κ για την περίοδο 1999 – 2004, αντίστοιχα σε κάθε περιοχή.



**Σχήμα 3<sup>ο</sup>:** Μέση Χρονιαία Ανάπτυξη Εξαγωγών με Ε/Κ ανά περιοχή

Η Κίνα ηγείται της παγκόσμιας ανάπτυξης εξαγωγών με Ε/Κ. Η ενδοχώρα της Κίνας ήταν υπεύθυνη για μεγαλύτερο από το 70% των εξαγωγών προς την ανατολική Ευρώπη, και στην διαδρομή μέσω του Ατλαντικού είχε ανάπτυξη όση σχεδόν είχαν οι υπόλοιπες ασιατικές χώρες μαζί. [1]

### **Γ. Η ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ**

Δέκα χρόνια πριν ένα Containership 4500 TEU αντιπροσώπευε ότι πιο τολμηρό είχε να επιδείξει η ναυπηγική τεχνολογία. Σήμερα πλοία με την διπλάσια χωρητικότητα έχουν γίνει πραγματικότητα. Βέβαια, υπάρχουν αρκετοί ακόμα περιορισμοί κυρίως τεχνικοί και λιμενικοί. Παρόλα αυτά η ικανότητα τους να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες τους δίνει τη δυνατότητα να επωφεληθούν από τις οικονομίες κλίμακος. Παράλληλα ο τεράστιος όγκος Ε/Κ που θα πρέπει να διαχειριστεί το λιμάνι συνεπάγεται και προβλήματα φυσικής διαχείρισης Ε/Κ εντός του λιμένα, καθώς επίσης καθυστερήσεις και ζημιές. Με άλλα λόγια το κέρδος που σημειώνεται κατά την μεταφορά χάνεται στο λιμάνι. Συνοπτικά τα προβλήματα που έχουν εντοπιστεί είναι τα ακόλουθα:



► Δεσμευμένο Κεφάλαιο: Για ένα σύγχρονο super post-panamax εκτιμάται 66% υψηλότερο κόστος από ότι του συμβατικού panamax, ενώ το κόστος καυσίμου εκτιμάται 63% υψηλότερο συγκριτικά. Οι μεταφορές μεγάλων ποσοτήτων μειονεκτούν σε ότι αφορά το δεσμευμένο κεφάλαιο.

► Χρόνος Φορτοεκφόρτωσης: Τα πλοία-θηρία δεν μπορούν να έχουν πολλές ανταποκρίσεις σε λιμάνια και κατά συνέπεια στα λίγα λιμάνια που θα πιάσουν αυξάνεται δραματικά ο χρόνος φορτοεκφόρτωσης. Όσο τα πλοία παραμένουν στο λιμάνι δε δημιουργούν εισόδημα για τους πλοιοκτήτες και κατά συνέπεια χειροτερεύει η οικονομική απόδοσή τους παράλληλα με τα μεγάλα προβλήματα logistics που δημιουργούν στο λιμάνι.

► Συμφόρηση στο λιμάνι και στα χερσαία δίκτυα: Ακόμα και αν αποδειχτεί ότι η οικονομική εκμετάλλευσή τους είναι συμφέρουσα, θα υπάρξουν μεγάλα κόστη κοινωνικά και περιβαλλοντικά στα λιμάνια και στις εξυπηρετούμενες ενδοχώρες. Τα χερσαία δίκτυα δεν είναι ικανά να απορροφήσουν εύκολα τόσο μεγάλους όγκους, εκτός αν ο συνδυασμός τους με το τρένο γίνει τόσο αποδοτικός, ώστε τουλάχιστον το 65% του φορτίου του πλοίου να φορτώνεται αυτόματα στο τρένο και να εγκαταλείπει άμεσα το λιμάνι.

► Κόστος Μεταφόρτωσης: Αφού τα πλοία πιάσουν σε λιγότερα λιμάνια, τα Ε/Κ θα διέρχονται από περισσότερα κομβικά σημεία μέχρι την άφιξη τους στον τελικό πελάτη. Έτσι αυξάνεται το κόστος μεταφόρτωσης και ότι κερδίζεται στη θάλασσα χάνεται στο λιμάνι.

► Αυξημένοι κίνδυνοι ζημιάς και κλοπής των φορτίων: Είναι εύκολο να σκεφτεί κανείς γιατί αυξάνονται οι συγκεκριμένοι κίνδυνοι και συνεπώς τα σχετικά ασφάλιστρα. Όσο αυξάνεται και η μεταφόρτωση, τόσο πιο ευάλωτο γίνεται το φορτίο, γεγονός που τόσο οι αποστολείς όσο και οι ασφαλιστές δεν επιθυμούν.

► Χαμένοι κόμβοι μεταφόρτωσης: Όσο πιο πολύπλοκο γίνεται το σύστημα τόσο πιο αβέβαιος γίνεται ο χρονικός συνδυασμός των μέσων. Μια τυχαία ολιγόωρη καθυστέρηση σε μια διαδρομή μπορεί να συνεπάγεται μεγάλο συνολικό χρονικό κόστος από χαμένες ανταποκρίσεις. Το πρόβλημα γίνεται ιδιαίτερα σύνθετο και απαιτητικό όσο κυριαρχεί η λογική *Just In Time* και το κόστος δεν είναι τόσο χαμηλό, ώστε να δικαιολογεί τους αυξημένους κινδύνους και καθυστερήσεις.

► Τεράστιες Λιμενικές Επενδύσεις: Η εισαγωγή τέτοιων πλοίων απαιτεί τεράστιες λιμενικές επενδύσεις για εκβάθυνση των νηοδόχων αλλά και για την προμήθεια ικανού εξοπλισμού, για την ταχεία εξυπηρέτηση των πλοίων θηρίων. Οι επενδύσεις σε υποδομή είναι αρκετά δύσκολες και δαπανηρές στα παραδοσιακά λιμάνια όπου, δεν υπάρχει δυνατότητα επέκτασης της λιμενικής ζώνης. Παράλληλα ο τεράστιος όγκος διακινούμενων Ε/Κ επιβάλλει και εξαιρετικά αποδοτικά τηλεματικά συστήματα, τα οποία δεν υπόκεινται σε παγκόσμια τυποποίηση και η όποια επένδυση ενέχει πολλούς κινδύνους απαξίωσης από τεχνολογικές εξελίξεις. [3]

#### **Δ. ΣΥΝΟΨΗ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΩΝ ΣΧΟΛΙΩΝ**

Τα πλοία μεταφοράς Ε/Κ έχουν αναλάβει πλέον έναν σημαντικό ρόλο και συνεχώς αυξανόμενο μερίδιο της παγκόσμιας αγοράς των θαλάσσιων μεταφορών, ιδιαίτερα των προϊόντων υψηλής αξίας. Είναι χαρακτηριστικό ότι η ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας επιδρά καταλυτικά στην ανάπτυξη του συγκεκριμένου τύπου πλοίου. Μετριοπαθή σενάρια ανάπτυξης προβλέπουν την αρμονική συμβίωση πλοίων τύπου containerships, με τους κύριους ανταγωνιστές τους Ro-Ro και φορτηγά γενικού φορτίου, περιλαμβανομένων των multipurpose, με δυνατότητες επιτυχίας του κάθε τύπου ανάλογα με το υπο διακίνηση φορτίο και το διαμορφούμενο σενάριο (ύψος ναύλου και χρόνος παράδοσης) εντός μεταφορικής αλυσίδας μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη του φορτίου. Με την εισαγωγή των Mega Containerships δραστικά σενάρια ανάπτυξης προβλέπουν εκτοπισμό των ανταγωνιζόμενων τύπων πλοίου, για round the world μεταφορικές υπηρεσίες, με τεράστιες δυνατότητες περαιτέρω μείωσης του απαιτούμενου ναύλου και αύξηση της ανταγωνιστικότητας έναντι ανταγωνιζόμενων τύπων πλοίου. Η μεταφορική αλυσίδα αποτελείται από κρίκους οι οποίοι μαζί με τη μελέτη σχεδίασης και κατασκευή των Mega Containerships πρέπει να συμβαδίσουν. Διαφορετικά ότι κερδίζουμε στη θάλασσα-εφόσον οι σχεδιάσεις αυτές γίνουν πραγματικότητα-θα χάνεται στη στεριά.

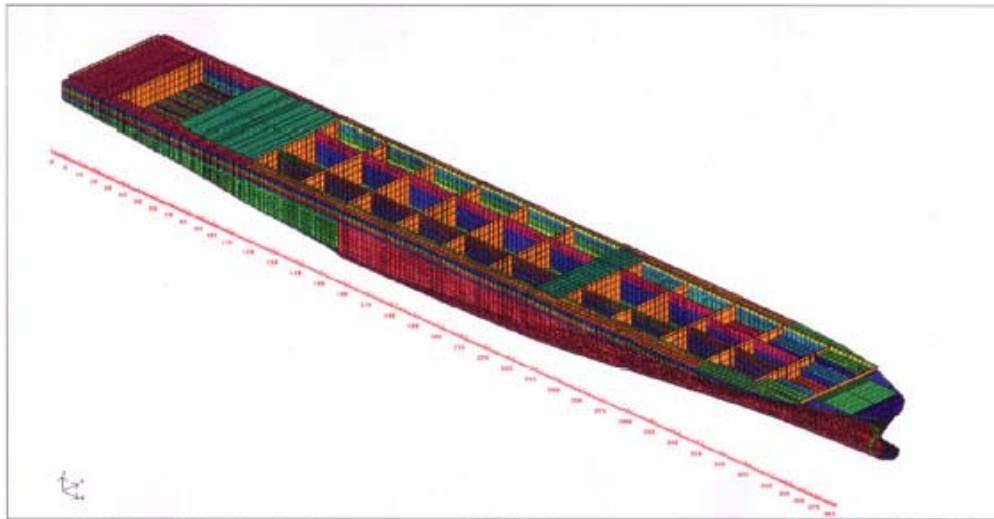
#### **Ε. ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΝΟΣ MEGA – CONTAINERSHIP**

Αφορμή για τη παρούσα προκαταρκτική μελέτη ενός Mega – Containership αποτέλεσε ο διαγωνισμός Ευρωπαϊκών Πανεπιστημίων **EU STUDENT COMPETITION 2005 "Visionary Concepts for ships and floating structures - Visions"** που διοργάνωσαν οι οργανισμοί WEGEMT και CESA (Community of European Shipyards Association). Η παρούσα διπλωματική αποτελεί ουσιαστικά το ένα από τα συνολικά τέσσερα τμήματα που απαρτίζουν την συμμετοχή του Ε.Μ.Π. στον παραπάνω διαγωνισμό. Το πρώτο τμήμα επικεντρώθηκε στην προκαταρκτική σχεδίαση και ευστάθεια του υπο μελέτη πλοίου και θα αναλυθεί εκτενώς στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Στο δεύτερο τμήμα με υπεύθυνο τον Βιολάρη Νικόλαο έγιναν υπολογισμοί αντοχής και προωστήριας εγκατάστασης, στο τρίτο μελετήθηκε η αντίσταση του πλοίου καθώς και τρόποι φορτοεκφόρτωσης Ε/Κ στους μεγάλους τερματικούς σταθμούς, με υπεύθυνο τον Αθηναίο Εμμανουήλ και στο τέλος πραγματοποιήθηκε μια οικονομική μελέτη για το πόσο συμφέρουσα είναι η λειτουργία ενός τέτοιου πλοίου θηρίου στις σημερινές συνθήκες αλλά και μελλοντικά, με υπεύθυνο τον Γιουρούκο Επαμεινώνδα. Η μελέτη που εκπονήθηκε αξιολογήθηκε από τους αρμόδιους του διαγωνισμού, προκρίθηκε αρχικά στις επτά καλύτερες και κατέλαβε τελικά την τέταρτη θέση μεταξύ τριάντα συμμετοχών.

Πριν περάσουμε στην μελέτη της προκαταρκτικής σχεδίασης και ευστάθειας του υπο μελέτη πλοίου θα γίνει μία συνοπτική αναφορά στα υπόλοιπα τρία τμήματα της μελέτης ώστε να δοθεί μια πρώτη εικόνα, αλλά για περεταίρω πληροφορίες μπορεί ο αναγνώστης να απευθυνθεί στην βιβλιογραφία.

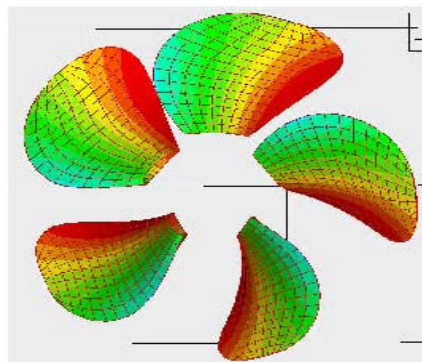
### E.1. Υπολογισμοί Αντοχής & Προωστήριας Εγκατάστασης [4]

Στη σχεδίαση του πλοίου έπρεπε να ληφθούν υπόψην ορισμένοι παράγοντες οι οποίοι αποτελούν ιδιαιτερότητες των πλοίων μεταφοράς Ε/Κ, όπως είναι τα ανοίγματα στα καταστρώματα (αναπτύσσονται έτσι μεγάλες τάσεις στη μέση τομή και συνεπώς ενδεχόμενη δημιουργία λυγισμού), οι στρεπτικές φορτίσεις εξαιτίας του ότι τα πλοία αυτά είναι ανοικτού τύπου και έχουν διατομή U, τα διπύθμενα λόγω της στήριξης των κιβωτίων και οι καμπτικές ροπές λόγω του μεγάλου μήκους του πλοίου. Οι υπολογισμοί έγιναν με την βοήθεια του λογισμικού POSEIDON 6.0 ND. Επιλέχθηκε χάλυβας υψηλής αντοχής για την αποφυγή των μεγάλων παχών κατασκευαστικών στοιχείων, που θα είχε ως αποτέλεσμα μεγάλο βάρος μεταλλικής κατασκευής και δυσκολία στις συγκολλήσεις.



**Σχήμα 4<sup>ο</sup>:** Μεταλλική Κατασκευή υπο Μελέτη Πλοίου

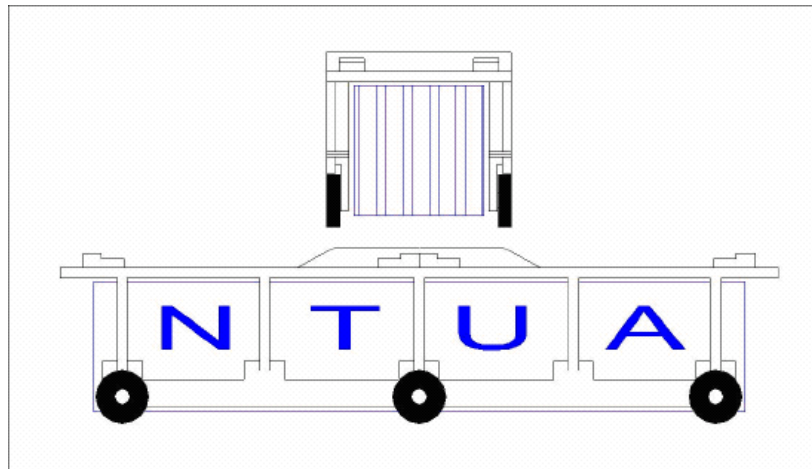
Στη συνέχεια έγινε μελέτη της προωστήριας εγκατάστασης του υπο μελέτη πλοίου. Αρχικά υπολογίστηκε η αντίσταση ρυμούλκησης, ακολούθησε η σχεδίαση των ελίκων, όπου έπρεπε να υπολογισθούν τα χαρακτηριστικά του συστήματος έλικας-πλοίου προκειμένου το πλοίο να έχει 25 κόμβους ταχύτητα υπηρεσίας. Έγινε επιλογή κύριας μηχανής. Επιλέχθηκαν δύο αργόστροφοι δίχρονοι ναυτικοί κινητήρες Diesel με άμεση σύνδεση στις δύο έλικες.



**Σχήμα 5<sup>ο</sup>:** Αναπαράσταση 5 – πτερης Έλικας στον Η/Υ

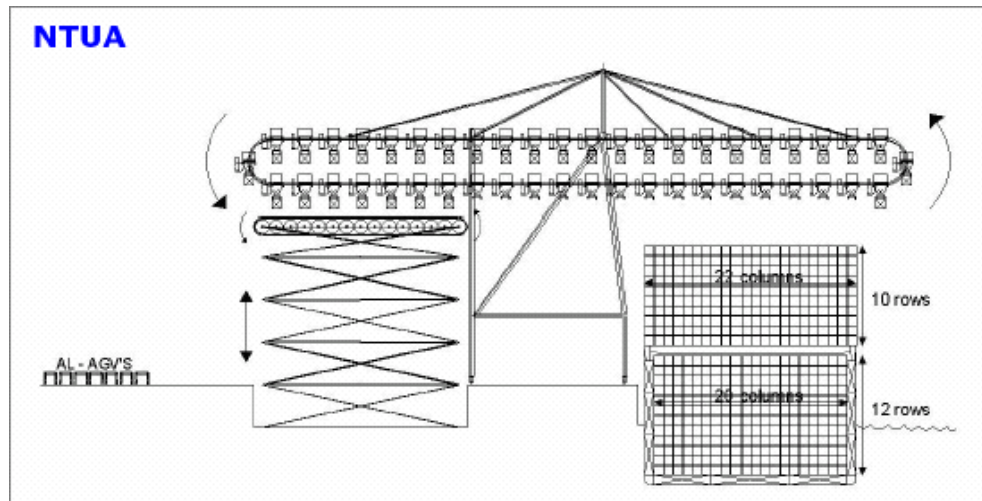
## E.2. Υδροδυναμική Ανάλυση – Φορτοεκφόρτωση [5]

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι όλο και μεγαλύτερος όγκος εμπορευμάτων μεταφέρεται μέσω containerships, τα μεγαλύτερα λιμάνια (τερματικοί σταθμοί) μέχρι το 2020 αναμένεται να διπλασιάσουν ή και να τριπλασιάσουν τις ποσότητες φορτίου που θα δέχονται ή θα φορτώνουν στα πλοία που τα (τους) προσεγγίζουν. Για το λόγο αυτό οι λιμενικές αρχές ψάχνουν να βρουν και να αναπτύξουν βιώσιμες και ρεαλιστικές λύσεις για την επέκταση αλλά και εκσυγχρόνηση των λιμανιών. Αυτό μεταφράζεται σε εκβαθύνσεις και εκπλατύνσεις αλλά και στην υιοθέτηση πιο σύγχρονων και πιο λειτουργικών μέσων φορτοεκφόρτωσης που σε συνδυασμό με μια καλά οργανωμένη, δομημένη και βολική κατανομή του φορτίου στον τερματικό σταθμό, θα ελλοτώνει τον χρόνο παραμονής του πλοίου στο λιμάνι στο ελάχιστο. Στα περισσότερα λιμάνια, τα αυτοματοποιημένα οχήματα μεταφοράς E/K (AGVs) είναι αναγκασμένα να περιμένουν για αρκετή ώρα μέχρι κάποιος διαθέσιμος γερανός να φορτώσει ή να ξεφορτώσει ένα κιβώτιο που θα μεταφέρουν ή ήδη μεταφέρουν αντίστοιχα. Έτσι με αυτό το τρόπο ξοδεύεται πολύτιμος χρόνος. Σαν εναλλακτική και πιο λειτουργική λύση θα αποτελούσε ένα AL – AGV (Auto Lift - AGV) το οποίο θα ήταν κατά τέτοιο τρόπο κατασκευασμένο ώστε να έχει ρομποτικά μπράτσα ώστε να είναι σε θέση αυτόνομα και μέσω ασύρματης καθοδήγησης να φορτώνει και να ξεφορτώνει κιβώτια χωρίς την παρουσία γερανού.



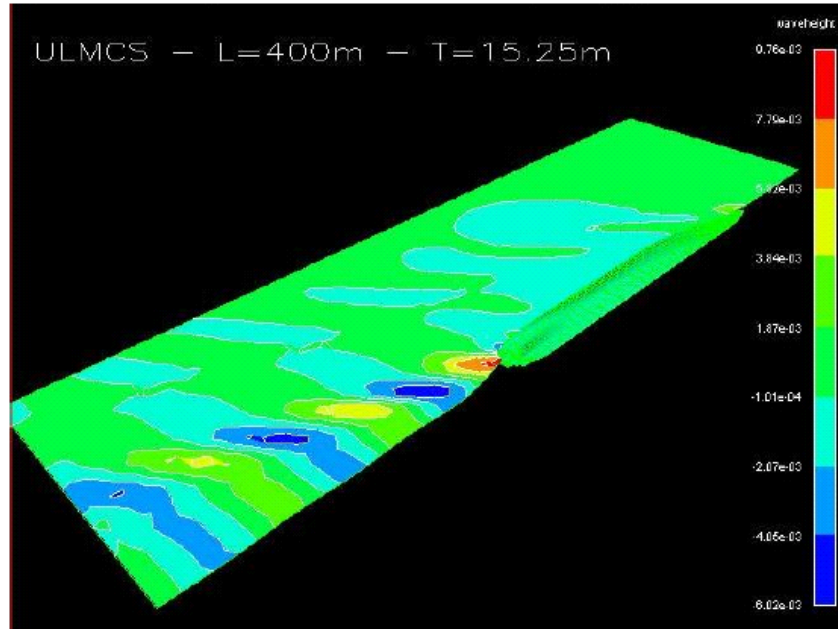
**Σχήμα 6<sup>ο</sup>**: Auto – Lift AGV

Η φορτοεκφόρτωση ενός πλοίου – θηρίου, όπως είναι το υπο μελέτη πλοίο, απαιτεί την ύπαρξη ακόμα μεγαλύτερων γερανών, οι οποίοι να είναι ικανοί να φορτώσουν ή να ξεφορτώσουν το πλοίο στον ελάχιστο δυνατό χρόνο. Έτσι αν ένα τόσο μεγάλων διαστάσεων containership προσεγγίζει 3 ή 4 μεγάλα λιμάνια παγκοσμίως (μελλοντικά 6 ή 8), τότε αυτά πρέπει να είναι εφοδιασμένα με ικανά μέσα που θα μπορούν να εξυπηρετήσουν το πλοίο μέσα σε 16 με 20 ώρες. Μια ενδιαφέρουσα και πολύ λειτουργική λύση θα αποτελούσε ένας γερανός ο οποίος θα είναι ικανός να πάρει ή να βάλει στο κατάστρωμα μια ολόκληρη σειρά TEU (ή FEU) κατά το πλάτος, να τα μεταφέρει σε ένα ειδικά κατασκευασμένο ασανσέρ το οποίο θα τα κατεβάσει στο έδαφος όπου με τη σειρά τους τα AL – AGVs θα τα διανέμουν κατάλληλα στον τερματικό σταθμό.



**Σχήμα 7<sup>ο</sup>:** Εναλλακτική Σχεδίαση Γερανού Φορτοεκφόρτωσης

Ακολούθησε μελέτη της υδροδυναμικής συμπεριφοράς του υπο μελέτη πλοίου. Χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι υπολογισμού της αντίστασης για ταχύτητα υπηρεσίας 25 κόμβων. Η πρώτη είναι η ημι-εμπειρική μέθοδος των Holtrop και Mennen μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Tribon M2 και η δεύτερη είναι το πρόγραμμα Shipflow το οποίο αποτελεί έναν κώδικα CFD ειδικά σχεδιασμένο για τον υπολογισμό της υδροδυναμικής συμπεριφοράς των πλοίων. Και οι δύο μέθοδοι εφαρμόστηκαν αρχικά στο πατρικό πλοίο (CS - Sealand) έτσι ώστε να φανεί αν τα αποτελέσματα τους προσεγγίζουν και κατά πόσο τη πραγματικότητα. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας την πρώτη μέθοδο υπολογίστηκαν τόσο οι ελκτικές ικανότητες όσο και η δυναμική συμπεριφορά του υπο μελέτη πλοίου. Τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων για το πατρικό πλοίο έδειξαν πως η μέθοδος των Holtrop και Mennen έβγαλε μία EHP πολύ κοντά στην αληθινή τιμή, ενώ αντίστοιχα ο κώδικας του Shipflow έβγαλε ισχύ ρυμούλκησης υπερεκτιμημένη και συγκεκριμένα 15% παραπάνω από την πραγματική. Συνεπώς για τον υπολογισμό της αντίστασης του υπο μελέτη πλοίου χρησιμοποιήθηκε η πρώτη μέθοδος.



**Σχήμα 8<sup>ο</sup>:** Κυματικό Πεδίο υπο Μελέτη Πλοίου (Πλεύση σε ήρεμο νερό)

### E.3. Οικονομική Ανάλυση – Μελέτη Εφικτότητας [6]

Μελετώντας ένα πλοίο μεγάλων διαστάσεων (ολικό μήκος άνω των 400 μέτρων, πλάτος άνω των 55 μέτρων και βύθισμα άνω των 14 μέτρων), παρουσιάζεται αμέσως αμέσως η δύσκολια πως λίγοι είναι οι υπάρχοντες τερματικοί σταθμοί οι οποίοι είναι ικανοί να δεχτούν τέτοιου μεγέθους πλοίο είτε γιατί δεν έχουν τις εγκαταστάσεις, είτε γιατί υπάρχουν φυσικοί περιορισμοί (π.χ. βάθος λιμανιού) που κάνουν την προσέγγιση του αδύνατη. Δεδομένου όμως ότι παρατηρείται η τάση όλο και μεγαλύτερος όγκος εμπορευμάτων να μεταφέρεται σε τυποποιημένα κιβώτια, αναγκάζονται οι μελετητές να στραφούν στη κατασκευή τέτοιων μεγάλων πλοίων – θηρίων.

Αναπόφευκτα η κατασκευή των πλοίων αυτών οδηγεί τόσο σε εκβάθυνση και εκπλάτυνση των καναλιών – γραμμών, όσο και στην ανακατασκευή των μεγάλων τερματικών λιμανιών ώστε να είναι ικανά από την μία να φιλοξενήσουν αυτά τα πλοία, από την άλλη δε να μπορούν να παρέχουν τις εγκαταστάσεις ώστε να είναι αυτά παραγωγικά (εξελιγμένα μέσα φορτοεκφόρτωσης, γρήγορη μεταφορά των Ε/Κ από και προς το πλοίο κ.λ.π.). Η μελέτη εφικτότητας για ένα τέτοιο πλοίο έδειξε πως το κόστος κατασκευής και τα λειτουργικά έξοδα δεν είναι απαγορευτικά εάν και εφόσον η ύπαρξη ενός τέτοιου πλοίου συνδυαστεί με την ύπαρξη λειτουργικών και καλά οργανομένων τερματικών σταθμών. Έτσι ότι κερδίζεται στη θάλασσα δεν θα χάνεται στη στεριά!

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: Καθορισμός Κυρίων Διαστάσεων & Σχεδίαση Ναυπηγικών Γραμμών**

### ***1.1. Καθορισμός Κυρίων Διαστάσεων υπο Μελέτη Πλοίου NTUA - ULMCS***

Η αρχική ιδέα για την σχεδίαση ενός Mega – Containership, είχε σαν στόχο τον σχεδιασμό ενός θαλάσσιου γίγαντα που θα ήταν σε θέση να μεταφέρει 17000 – 18000 TEU, δεδομένου ότι προβλέπεται ζήτηση για μια τέτοια μεταφορική ικανότητα. Ξεκινώντας λοιπόν με αυτή τη παραδοχή έγινε μια προκαταρκτική, πρόχειρη αλλά συνάμα ρεαλιστική εκτίμηση των κυρίων διαστάσεων η οποία ουσιαστικά βασίστηκε τόσο στους φυσικούς περιορισμούς των τεσσάρων – πέντε μεγαλύτερων τερματικών σταθμών παγκοσμίως, όσο και στην τάξη μεγέθους των διαστάσεων του αμέσως μικρότερου κατασκευασμένου Mega – Containership ‘‘Pamela the Great’’ (το ‘‘Emma Maersk’’ κατά τη περίοδο της σχεδίασης του υπό μελέτη πλοίου βρισκόταν στο τελικό στάδιο κατασκευής καθώς κατελκύστηκε τον Αύγουστο του 2006).

Τα μεγαλύτερα ήδη κατασκευασμένα Mega – Containerships κατέχουν πρωταρχικό ρόλο στην μεταφορά φορτίων με αποτέλεσμα η επιλογή σχεδίασης ενός τέτοιου θαλάσσιου γίγαντα να δικαιώνει στο έπακρο τόσο τους ναπηγούς, όσο και τους πλοιοκτήτες. Στο τελικό στάδιο της σχεδίασης του υπο μελέτη πλοίου μελετήθηκαν οι κύριες διαστάσεις και οι λόγοι διαστάσεων των παρακάτω πλοίων ώστε να γίνει έλεγχος των αρχικών υποθέσεων για τα κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου μας (Στο αρχικό στάδιο μελέτης τα παρακάτω πλοία ήταν υπο κατασκευή και δεν είχαν ακόμα κατελκυστεί). [Πηγή: [http://en.wikipedia.org/wiki/Container\\_ship](http://en.wikipedia.org/wiki/Container_ship)]

► **Emma Maersk:** L = 393 [m], B = 56.4 [m], T = 15.5 [m], GT = 151687 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε E/K: 14500 TEU (max.)  
L/B = 7.09 και B/T = 3.61

► **Georg Maersk:** L = 367.3 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 97933 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε E/K: 10150 TEU  
L/B = 8.58 και B/T = 2.85

► **Xin Los Angeles:** L = 336.7 [m], B = 45.6 [m], T = 15 [m], GT = 107200 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε E/K: 9580 TEU  
L/B = 7.38 και B/T = 3.04

► **Cosco Beijing:** L = 350 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 99833 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε E/K: 9469 TEU  
L/B = 8.19 και B/T = 2.95

► **CMA CGM Fidelio:** L = 350 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 99500 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε E/K: 9415 TEU  
L/B = 8.19 και B/T = 2.95

Προκαταρκτική Σχεδίαση & Ενστάθαια ενός Ultra Large Mega-Containership (ULMCS)

► **Arnold Maersk:** L = 352.6 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 93496 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9310 TEU  
L/B = 8.24 και B/T = 2.85

► **MSC Esthi:** L = 335 [m], B = 45.8 [m], T = 15 [m], GT = 99500 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9200 TEU  
L/B = 7.31 και B/T = 3.05

► **MSC Pamela:** L = 336.7 [m], B = 45.6 [m], T = 15 [m], GT = 90449 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9200 TEU  
L/B = 7.38 και B/T = 3.04

► **MSC Susanna:** L = 321 [m], B = 45.6 [m], T = 15 [m], GT = 90449 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9200 TEU  
L/B = 7.04 και B/T = 3.04

► **MSC Madeleine:** L = 348.5 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 107551 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9100 TEU  
L/B = 8.14 και B/T = 2.95

► **Charlotte Maersk:** L = 347.0 [m], B = 42.8 [m], T = 14.6 [m], GT = 91690 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8890 TEU  
L/B = 8.12 και B/T = 2.93

► **Colombo Express:** L = 335.5 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 93750 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8750 TEU  
L/B = 7.84 και B/T = 2.95

► **Clifford Maersk:** L = 347 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 91690 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
L/B = 8.12 και B/T = 2.93

► **Chastine Maersk:** L = 347 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 91690 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
L/B = 8.12 και B/T = 2.93

► **Laura Maersk:** L = 266 [m], B = 37 [m], T = 14 [m], GT = 50721 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8660 TEU  
L/B = 7.19 και B/T = 2.64

► **CSCL Europe:** L = 334 [m], B = 42.8 [m], T = 14.3 [m], GT = 90645 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8498 TEU  
L/B = 7.81 και B/T = 2.99



*Προκαταρκτική Σχεδίαση & Ενστάθαια ενός Ultra Large Mega-Containership (ULMCS)*

► **Maersk Seville:** L = 335 [m], B = 42.8 [m], T = 14 [m], GT = 94724 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8452 TEU  
L/B = 7.83 και B/T = 3.06

► **MSC Rania:** L = 332.4 [m], B = 43.2 [m], T = 14.5 [m], GT = 95000 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8400 TEU  
L/B = 7.69 και B/T = 2.98

► **MSC Silvana:** L = 332.4 [m], B = 43.2 [m], T = 14.5 [m], GT = 95000 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8400 TEU  
L/B = 7.69 και B/T = 2.98

► **CMA CGM Hugo:** L = 334.1 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 90745 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8238 TEU  
L/B = 7.81 και B/T = 2.95

► **CMA CGM Traviata:** L = 335 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 91400 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8204 TEU  
L/B = 7.83 και B/T = 2.95

► **MSC Lucy:** L = 324.8 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 89954 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8089 TEU  
L/B = 7.59 και B/T = 2.95

► **MSC Maeva:** L = 324.8 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 89954 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8089 TEU  
L/B = 7.59 και B/T = 2.95

► **Ever Champion:** L = 339.9 [m], B = 42.8 [m], T = 14 [m], GT = 90449 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8073 TEU  
L/B = 7.94 και B/T = 3.06

► **OOCL Asia:** L = 323 [m], B = 42.8 [m], T = 13 [m], GT = 89097 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8063 TEU  
L/B = 7.83 και B/T = 2.95

Παρατήρηση: Αναλυτική παρουσίαση των ομοίων πλοίων παρουσιάζεται στο Παράρτημα Α.

Εκτός από τα κύρια χαρακτηριστικά των παραπάνω πλοίων λάβαμε υπόψην και κάποιες προβλέψεις του Γερμανικού Νηογνώμονα (G.L.) που σε συνδυασμό με τα ναυπηγεία της Hyundai κατέληξαν στα εξής:

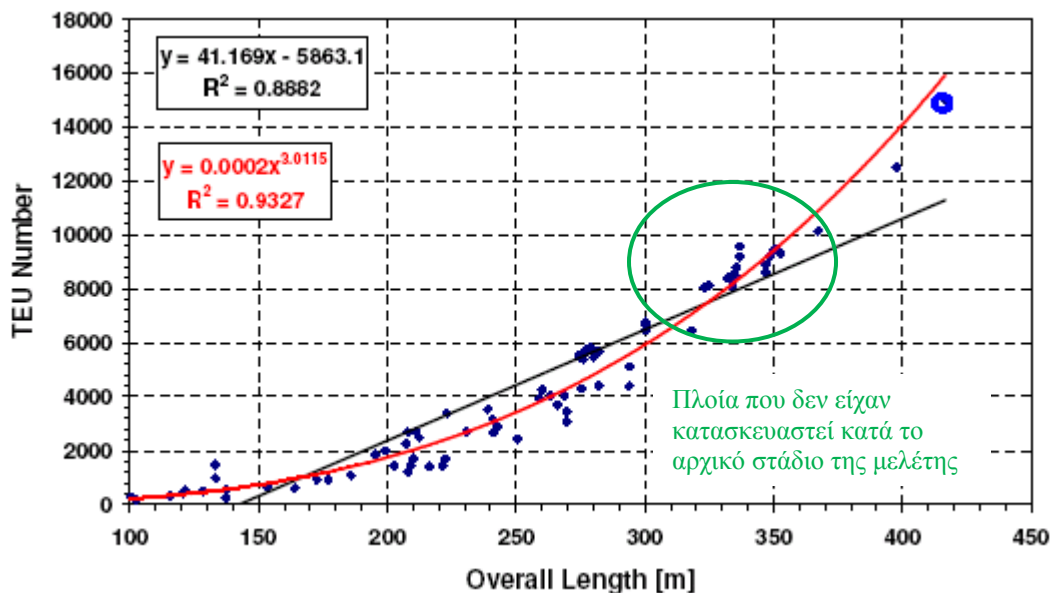
► **Containerships > 12000 TEU:** L = 381 [m], B = 57 [m], T = 14.7 [m],  
L/B = 6.68 και B/T = 3.88

Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά των πλοίων και τις μελλοντικές προβλέψεις, καταλήξαμε στο ότι το υπο μελέτη πλοίο θα μπορούσε να έχει μήκος γύρω στα 400 [m], πλάτος περίπου στα 55 [m] και βύθισμα γύρω στα 15 [m]. Επίσης η τελική επιλογή διαστάσεων έπρεπε να γίνει κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι δύο κύριοι λόγοι αυτών (L/B και B/T) να κυμαίνονται στο εύρος που δίνουν οι αντίστοιχοι των παραπάνω πλοίων.

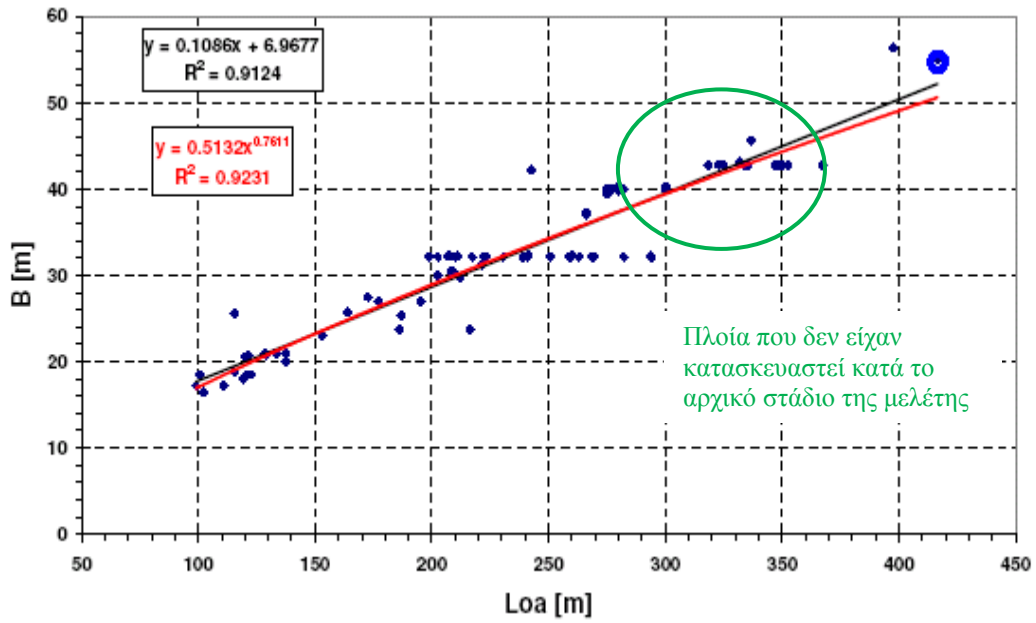
Στη συνέχεια πλοτάραμε σε διαγράμματα τα βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη των παραπάνω πλοίων και ακολούθως πραγματοποιήσαμε γραμμική ή και εκθετική προεκβολή για να διαπιστώσουμε αν το εύρος των διαστάσεων του υπο μελέτη πλοίου που επιλέξαμε είναι σωστό. Στα διαγράμματα αυτά παρουσιάζουμε την αναλογία των εξής παραμέτρων:

**TEU vs LOA   B vs LOA   T vs LOA   L/B vs LOA   B/T vs LOA**

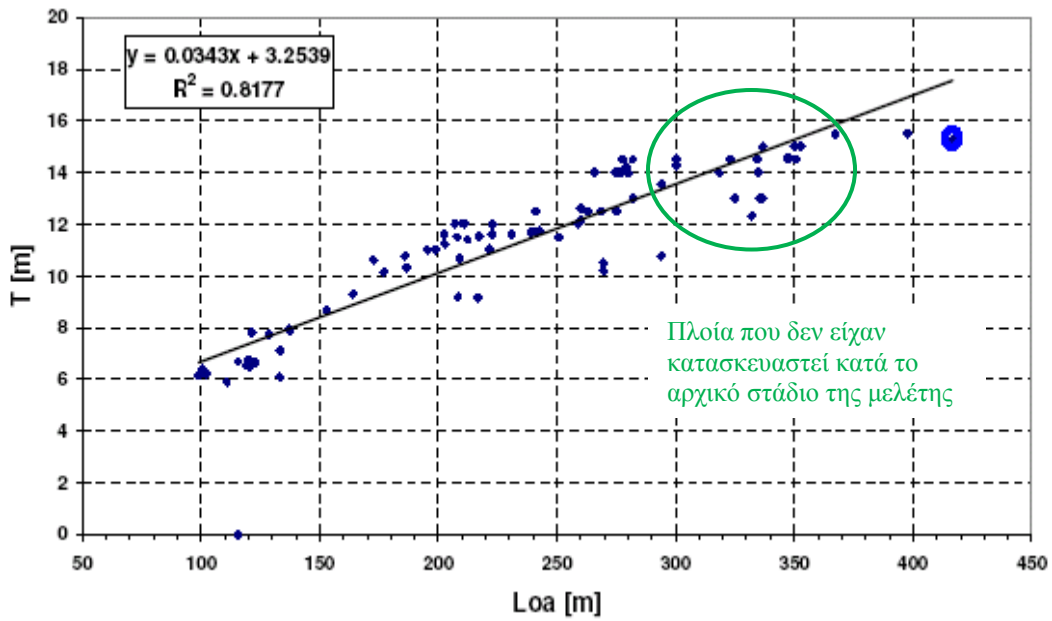
• **TEU vs LOA**



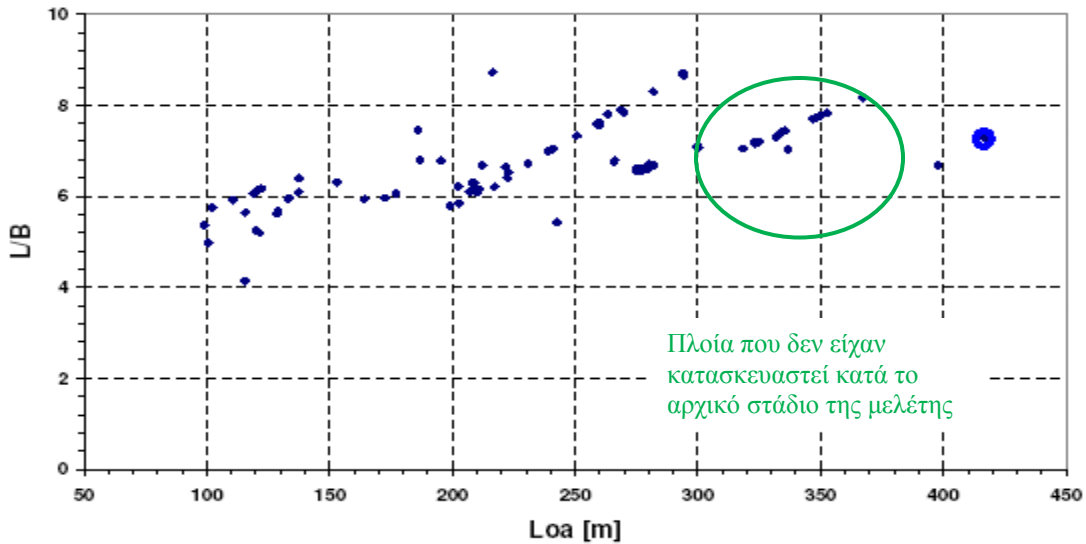
• B vs Loa



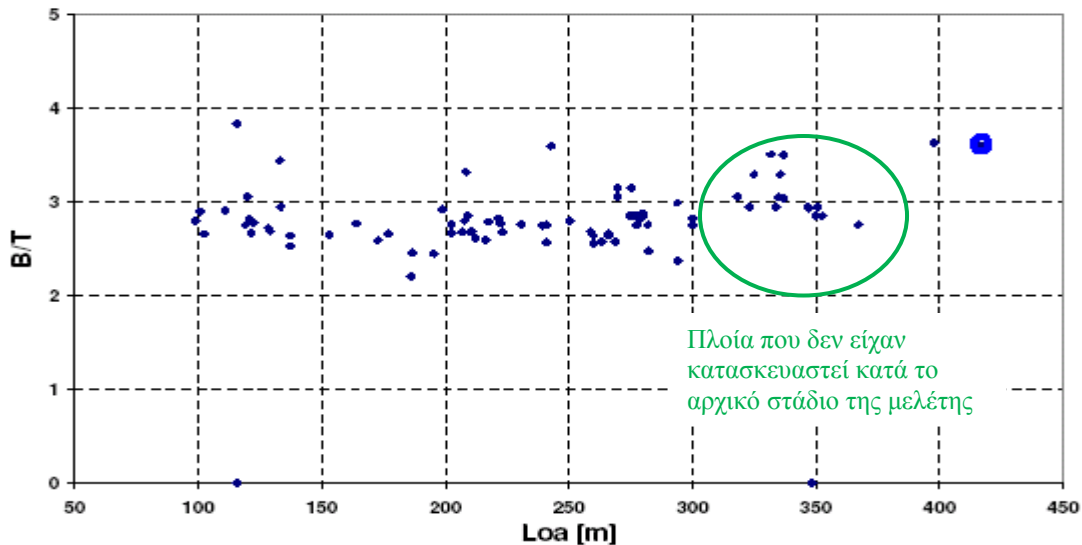
• T vs Loa



● L/B vs LOA



● B/T vs LOA



Στα δύο τελευταία διαγράμματα (L/B vs LOA και B/T vs LOA) δεν κάναμε προεκβολή λόγω του μικρού συντελεστή συσχέτισης  $R^2$ . Απλά πλοτέραμε στο διάγραμμα τις τιμές των αντίστοιχων μεγεθών των ήδη κατασκευασμένων πλοίων καθώς και τις τιμές του υπό μελέτη πλοίου ώστε να διαπιστώσουμε ή όχι αν οι τιμές του NTUA – ULMCS είναι κοντά στο εύρος των τιμών των υπάρχοντων πλοίων.

Αυτό που διαπιστώνεται μελετώντας τα παραπάνω διαγράμματα, είναι ότι η πρώτη εκτίμηση για τις κύριες διαστάσεις και τη μεταφορική ικανότητα σε E/K του υπό μελέτη πλοίου είναι σωστή και αποτελεί ορθή βάση για την τελική επιλογή των διαστάσεων του πλοίου μας.

Όσον αφορά τους μεγάλους τερματικούς σταθμούς ο κυριότερος φυσικός περιορισμός έχει να κάνει με το βύθισμα του πλοίου. Παρακάτω παρουσιάζεται ο περιορισμός αυτός των τεσσάρων κυριότερων λιμανιών με την μεγαλύτερη ετήσια διακίνηση TEU.

- ▶ **Hong – Hong:** Ικανό να δεχτεί πλοία με βύθισμα μικρότερο των 15.5 [m].
- ▶ **Singapore:** Ικανό να δεχτεί πλοία με βύθισμα μικρότερο των 15.3 [m].
- ▶ **Shanghai:** Ικανό να δεχτεί πλοία με βύθισμα μικρότερο των 12.5 [m] και με προγραμματισμό εκβάθυνσης μέχρι τα 15.5 [m].
- ▶ **Rotterdam:** Ικανό να δεχτεί πλοία με βύθισμα μικρότερο των 16.6 [m].

Ωστόσο, υπάρχουν και κάποια άλλα λιμάνια (Πειραιά 16[m], Barcelona 16[m], Long Beach 16.8[m]) τα οποία είναι σε θέση να φιλοξενήσουν πλοία μεταφοράς E/K με βύθισμα κοντά στα 16 [m], αλλά η ετήσια διακίνηση TEU σε αυτά είναι κατά πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη στα τέσσερα προαναφερθέντα.

Επιπρόσθετα οι παράκτιοι τερματικοί σταθμοί που έχουν ήδη δημιουργηθεί έχουν σχεδιαστεί με κατά μέσο όρο τις ίδιες δυνατότητες με τα προαναφερθέντα λιμάνια.

Έτσι λαμβάνοντας υπόψη τόσο το εύρος το μεγεθών των ήδη κατασκευασμένων post - panamax containerships, όσο και τους φυσικούς περιορισμούς των μεγάλων τερματικών σταθμών, επιλέξαμε τις κύριες διαστάσεις του υπο μελέτη Mega – Containership να είναι οι ακόλουθες:

$$\mathbf{LOA = 416.6 [m] \quad LBP = 400 [m] \quad B = 55 [m] \quad T = 15.25 [m] \quad D = 32.4 [m]}$$

$$\mathbf{7.04 < LOA / B = 7.58 < 8.58 \quad \& \quad 2.64 < B / T = 3.61 < 3.64}$$

Παρατήρηση: Δεδομένου ότι τέτοιου μεγέθους πλοίο δεν έχει κατασκευαστεί και το αμέσως μικρότερο είναι ικανό να μεταφέρει περίπου 13000 TEU δεν ήταν δυνατή η άμεση εύρεση λόγων κυρίων διαστάσεων που θα μας οδηγούσε στην πρώτη εκτίμηση των διαστάσεων του υπο μελέτη πλοίου. Η επιλογή των κύριων διαστάσεων στον πρώτο κύκλο μελέτης του πλοίου ουσιαστικά αποτέλεσε το πρώτο βήμα για την σχεδίαση του Mega – Containership, ωστόσο όμως υπήρχε το ερωτηματικό για το αν το πλοίο με τις συγκεκριμένες διαστάσεις αφενός πληρούσε την αρχική απαίτηση για μεταφορική ικανότητα 17000 – 18000 TEU, αφετέρου αν πληρούσε τα κριτήρια και τους κανονισμούς αντοχής που θέτουν οι νηογνόμωνες. Η πρώτη απαίτηση θα έβρισκε απάντηση κατά την διαμερισματοποίηση του πλοίου ενώ η δεύτερη κατά τον υπολογισμό του βάρους της μεταλλικής κατασκευής.

## **1.2. Προκαταρκτικός Υπολογισμός Πρόσθετου Βάρους DWT**

### Βάρος Καυσίμου – Heavy Fuel Oil

Η αρχική απαίτηση για την Ακτίνα Ενέργειας του πλοίου είναι:

$$A.R. = 9000 [sm]$$

Υπηρεσιακή Ταχύτητα του πλοίου:

$$V_s = 25 [knots]$$

Υπολογίζουμε έτσι τον χρόνο αυτοδυναμίας του υπο μελέτη πλοίου.  
Πράγματι:

$$t = \frac{A.R.}{V_s} = \frac{9000}{25} \Rightarrow t = 360 [hours] \text{ ή } t = 15 [days]$$

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των δύο κύριων μηχανών όπως αυτή υπολογίστηκε κατά τη μελέτη της προωστήριας εγκατάστασης είναι ίση με:

$$P_B = 114400 [PS] \text{ ή } P_B = 84118 [kW]$$

Θεωρούμε ειδική κατανάλωση για αργόστρωφες Diesel ίση με:

$$b_1 = 171 [gr/kWh]^1$$

Θεωρούμε επίσης συντελεστή εφεδρείας για υπερκατανάλωση – λόγω αλλαγής πορείας, απρόβλεπτης αναμονής, αρωγή σε περίπτωση ανάγκης και καταλοίπων στις δεξαμενές, επιλεγμένο μεταξύ των ορίων [1.2÷1.4]:

$$C = 1.3^2$$

Έτσι έχουμε:

$$W_{F.O.} = \frac{P_B \times b_1 \times t \times C}{10^6} = \frac{84118 \times 171 \times 360 \times 1.3}{10^6} \Rightarrow W_{F.O.} = 9594 [tons]$$

### Βάρος Καυσίμου – Diesel Oil

Αρχικά θα καθορίσουμε την ισχύ των ηλεκτρογεννητριών που διαθέτει το υπο μελέτη πλοίο. Η ισχύ αυτή για την κάθε μια ξεχωριστά θα υπολογιστεί από την παρακάτω σχέση<sup>3</sup>:

$$P_e = 100 + 0.55 \times P_B^{0.7} \Rightarrow$$

$$P_e = 100 + 0.55 \times 84118^{0.7} \Rightarrow$$

$$P_e = 1641 [kW]$$

<sup>1</sup> Διάγραμμα στη σελ. 143, Μελέτη Πλοίου – Τόμος Α: Μεθοδολογία Προμελέτης

<sup>2</sup> Σελ. 142, Μελέτη Πλοίου – Τόμος Α: Μεθοδολογία Προμελέτης

<sup>3</sup> Σελ.41 – Μέθοδος Προμελέτης Ναυτικών Κινητήρων Diesel

## Προκαταρκτική Σχεδίαση & Ευστάθεια ενός Ultra Large Mega-Containership (ULMCS)

Έτσι επιλέγουμε τρεις όμοιες ηλεκτρογεννήτριες – δύο σε λειτουργία και μια εφεδρική - ισχύος με τυποποιημένη τιμή ισχύος 2100 [kW] η κάθε μία με βαθμό απόδοσης:

$$\eta_G = 0,98$$

Θεωρούμε ειδική κατανάλωση για τις ηλεκτρογεννήτριες ίση με:

$$b_2 = 181 \text{ [gr/kWh]}$$

Οπότε το βάρος του Diesel Oil ισούται με:

$$W_{D.O.(G)} = \frac{P_{e(Total)} \times b_2 \times t \times C}{n_G} = \frac{3 \times 2100 \times 181 \times 360 \times 1.3}{0.98 \times 10^6} \Rightarrow$$

$$W_{D.O.(G)} = 545 \text{ [tons]}$$

Επιπλέον, για εκκίνηση της Κύριας Μηχανής και ελιγμούς χρησιμοποιείται πρόσθετο Diesel Oil ίσο με το 7 ÷ 10 % του Fuel Oil.

Άρα:

$$W_{D.O.(E)} = 0.07 \times 9594 \Rightarrow$$

$$W_{D.O.(E)} = 633 \text{ [tons]}$$

Συνολικά λοιπόν το Diesel Oil του υπο μελέτη πλοίου είναι:

$$W_{D.O.} = W_{D.O.(G)} + W_{D.O.(E)} = 545 + 573 \Rightarrow$$

$$\underline{W_{D.O.} = 1178 \text{ [tons]}}$$

### Βάρος Λιπαντικών

Το βάρος των λιπαντικών είναι ίσο περίπου με το 4 ÷ 6 % του συνολικού βάρους των καυσίμων.

Άρα:

$$W_{L.O.} = 0.053 \times (W_{F.O.} + W_{D.O.}) = 0.053 \times (6732 + 1118) \Rightarrow$$

$$\underline{W_{L.O.} = 416 \text{ [tons]}}$$

### Βάρος Φρέσκου Νερού

Οι υπολογισμοί καταμέτρησης που παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο έδωσαν τον ακριβή αριθμό του πληρώματος, το οποίο αποτελείται από 25 άτομα.

Έτσι απαιτείται:

A) Πόσιμο Νερό (10 ÷ 20 kg/ανθρωποημέρα)

B) Νερό Καθαριότητας (200 kg/ανθρωποημέρα, για ενδειατήσεις με λουτήρες)<sup>4</sup>

Άρα:

$$W_{F.W.} = F.W. \times \text{Days} \times \text{Crew} \Rightarrow$$

$$W_{F.W.} = 0.015 \times 15 \times 25 + 0.2 \times 15 \times 25 \Rightarrow$$

$$\underline{W_{F.W.} = 85 \text{ [tons]}}$$

<sup>4</sup> Σελ. 144, Μελέτη Πλοίου – Τόμος Α: Μεθοδολογία Προμελέτης

Βάρος Εφοδίων & Τροφίμων

Υπολογίζεται περίπου σε  $7 \div 16$  kg/ανθρωποημέρα. Το βάρος αυτό δεν αφορά μόνο την ημερήσια κατανάλωση, αλλά και τις εφεδρίες για καθυστερήσεις ταξιδιού, αλλοιώσεις τροφίμων, καθυστερήσεις ανεφοδιασμού.<sup>5</sup>

Θεωρούμε ημερήσια ατομική κατανάλωση ίση με 11.5 kg/ανθρωποημέρα, οπότε:

$$W_{PR} = \text{Provisions} \times \text{Days} \times \text{Crew} \Rightarrow$$

$$W_{PR} = 0.0115 \times 15 \times 25 \Rightarrow$$

$$\underline{W_{PR} = 4.5 \text{ [tons]}}$$

Βάρος Πληρώματος & Αποσκευών

Λαμβάνουμε:

A) Επιβάτες: 75 kg/επιβάτη

B) Αποσκευές: 75 kg/επιβάτη<sup>6</sup>

Άρα:

$$W_{CR} = \text{Συνολικό Βάρος/Επιβάτη} \times \text{Crew} \Rightarrow$$

$$W_{CR} = (0.075 + 0.075) \times 25 \Rightarrow$$

$$\underline{W_{CR} = 3.5 \text{ [tons]}}$$

Βάρος Stores

Θεωρούμε:

$$\underline{W_{Stores} = 5 \text{ [tons]}}$$

Βάρος Ωφέλιμου Φορτίου (PayLoad)

Η αρχική απαίτηση για τον αριθμό κυβωτίων που θα μεταφέρει το υπο μελέτη πλοίο είναι 17000 – 18000 TEU. Θεωρήσαμε το βάρος του κάθε κιβωτίου ίσο με 8.2 τόνους, και αρχικά υπολογίσαμε το συνολικό βάρος του φορτίου όταν το πλοίο μεταφέρει 17000 κιβώτια. Έτσι:

$$W_{Cargo} = 17000 \times 8.2 \Rightarrow$$

$$\underline{W_{Cargo} = 139400 \text{ [tons]}}$$

Υπολογισμός Πρόσθετου Βάρους (DWT)

$$DWT = W_{Cargo} + W_{F.O.} + W_{D.O.} + W_{L.O.} + W_{F.W.} + W_{PR} + W_{CR} + W_{Stores} \Rightarrow$$

$$DWT = 139400 + 9594 + 1178 + 416 + 85 + 4.5 + 3.5 + 5 \Rightarrow$$

$$\underline{DWT = 150686 \text{ [tons]}}$$

<sup>5</sup> Σελ. 145, Μελέτη Πλοίου – Τόμος Α: Μεθοδολογία Προμελέτης

<sup>6</sup> Σελ. 145, Μελέτη Πλοίου – Τόμος Α: Μεθοδολογία Προμελέτης



### **1.3. Προκαταρκτικός Υπολογισμός & Έλεγχος Εκτόπισματος**

#### Γεωμετρικό Εκτόπισμα

Από τα όμοια πλοία πήραμε:

$$\frac{DWT}{\Delta} = 0.696 \Rightarrow \Delta = \frac{DWT}{0.696} \Rightarrow$$

$$\Delta_r = 216650 \text{ [tons]}$$

#### Συντελεστής Γάστρας

$$\Delta_r = c\gamma \times C_B \times L \times B \times T \Rightarrow$$

$$C_B = \frac{\Delta_r}{c\gamma \times L \times B \times T} = \frac{216650}{1.025 \times 400 \times 55 \times 15.25} \Rightarrow$$

$$C_B = 0.62$$

#### Προεκτίμηση του L.S.

$$L.S. = w_{LS} \times L \times B \times D \Rightarrow$$

$$L.S. = 0.145 \times 400 \times 55 \times 32.4 \Rightarrow$$

$$L.S.1 = 103356 \text{ [tons]}$$

#### Αρχικό Εκτόπισμα Βαρών

$$\Delta_B = L.S. + DWT \Rightarrow$$

$$\Delta_B = 103356 + 150686 \Rightarrow$$

$$\Delta_B = 254042 \text{ [tons]}$$

#### ΕΛΕΓΧΟΣ

Παρατηρούμε ότι το γεωμετρικό εκτόπισμα του πλοίου είναι μικρότερο από το αντίστοιχο των βαρών. Αυτό σημαίνει πως το πλοίο έχοντας τη συγκεκριμένη μεταφορική ικανότητα βυθίζεται. Προτιμήσαμε να μην ελατώσουμε τη μεταφορική ικανότητα του πλοίου, με αποτέλεσμα να αναζητήσουμε λύσεις για την μείωση του βάρους του κενού σκάφους L.S.. Ο πρώτος κύκλος μελέτης του βάρους της μεταλλικής κατασκευής και κατ'επέκταση του βάρους κενού σκάφους, έδειξε ότι η χρήση χάλυβα υψηλής αντοχής θα οδηγούσε σε μείωση του L.S. κατά περίπου 37%.

Άρα:

Προκαταρκτική Σχεδίαση & Ενστάθεια ενός Ultra Large Mega-Containership (ULMCS)

$$L.S. = 0.64 \times L.S.1 = 0.63 \times 103356 \Rightarrow$$

$$L.S. = 65290 \text{ [tons]}$$

$$\Delta_B = L.S. + DWT = 65290 + 150686 \Rightarrow$$

$$\Delta_B = 215976 \text{ [tons]}$$

Έτσι συγκρίνοντας τελικά τα δύο εκτοπίσματα έχουμε:

$$\Delta_B = 215976 \text{ [tons]} < \Delta_T = 216650 \text{ [tons]} \quad \text{O.K.}$$

$$\frac{\Delta_T - \Delta_B}{\Delta_T} = \frac{216650 - 215976}{216650} = 0.0031 < 0.005 \quad (= 0,31\% < 0,50\%) \text{ O.K.}$$

#### **1.4. Πατρικό Πλοίο**

Όπως αναφέραμε παραπάνω δεν έχει ακόμα ναυπηγηθεί containership με κύριες διαστάσεις και χαρακτηριστικά ανάλογα με αυτά του υπο μελέτη Mega – Containership. Έπρεπε λοιπόν να επιλέξουμε ένα υπάρχον πλοίο μεταφοράς Ε/Κ μικρότερου μεγέθους ώστε να μελετήσουμε ορισμένα χαρακτηριστικά προκειμένου η σχεδίαση του δικού μας πλοίου να είναι πιο λεπτομερής και ακριβής. Το πλοίο αυτό έπρεπε να είναι ελληνικών συμφερόντων ώστε η πρόσβαση στα στοιχεία του (σχέδια, stability booklet κ.λ.π.) να είναι ανα πάσα στιγμή δυνατή. Αναζητώντας λοιπόν στην ελληνική αγορά επιλέξαμε τελικά για πατρικό πλοίο το μεταφορικής ικανότητας **6300 TEU** containership **“SEALAND NEW YORK”**. Το πλοίο αυτό ανήκει στην *Costamare Shipping Company S.A.* και ναυπηγήθηκε στα ναυπηγεία της Hyundai στη Κορέα.. Οι κύριες διαστάσεις και τα κύρια χαρακτηριστικά του πατρικού πλοίου παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

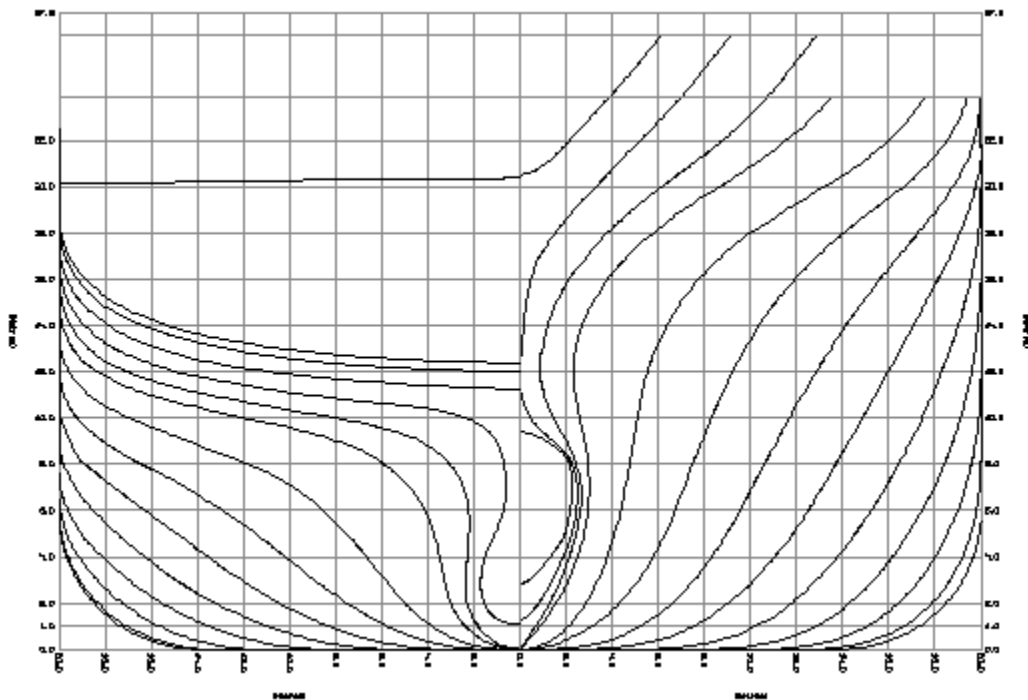
**Πίνακας 2<sup>ος</sup>:** Κύρια Χαρακτηριστικά του “Sealand New York”

	<i>Όνομα Πλοίου</i>	<b>SEALAND NEW YORK</b>
<i>Κύριες Διαστάσεις</i>	<b>LOA</b> (m)	303.83
	<b>LBP</b> (m)	292.00
	<b>B</b> (m)	40.00
	<b>D</b> (m)	24.00
	<b>T</b> (m)	12.00
<i>Βάρη</i>	<b>Δ</b> (ton)	87905
	<b>DWT</b> (ton)	61727
	<b>L.S.</b> (ton)	26178
	<b>Crew</b> (Prs)	26
<i>Στοιχεία Πρόωσης</i>	<b>Vs</b> (knots)	25
	<b>P<sub>B</sub></b> (PS)	77000
	<b>RPM</b>	104
	<b>D<sub>PR</sub></b> (m)	8.70
	<b>P/D</b>	0.943
<i>Λόγοι &amp; Αναλογίες</i>	<b>L/B</b>	7.30
	<b>B/T</b>	3.33
	<b>C<sub>B</sub></b>	0.61
	<b>C<sub>P</sub></b>	0.63
	<b>C<sub>WL</sub></b>	0.79
	<b>DWT/ Δ</b>	0.702

### **1.5. Σχεδίαση Ναυπηγικών Γραμμών υπο Μελέτη Πλοίου NTUA - ULMCS**

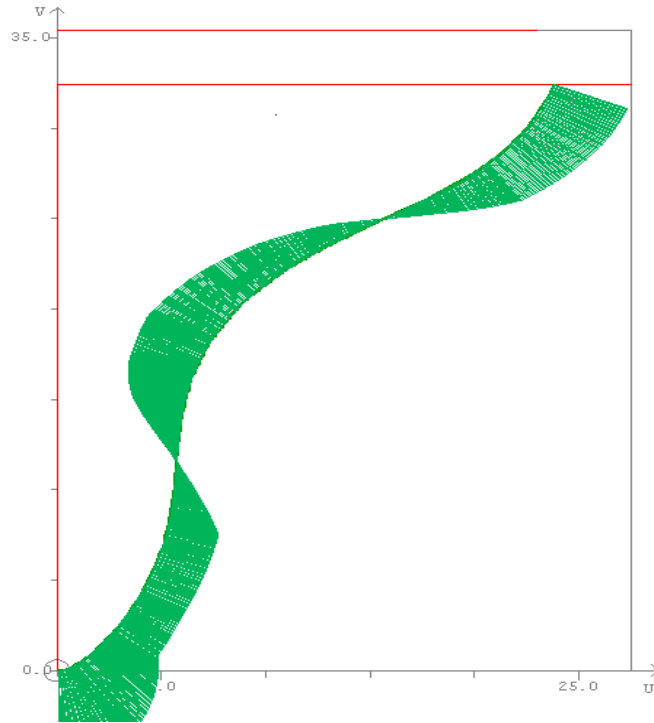
Η σχεδίαση των ναυπηγικών γραμμών του υπο μελέτη πλοίου έγινε μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος **TRIBON M2 INITIAL DESIGN – Lines**. Αρχικά έπρεπε να επιλέξουμε τον κατάλληλο συντελεστή γάστρας  $C_b$ . Δεδομένου ότι το πλοίο είναι containership και τα συγκεκριμένου τύπου πλοία έχουν απαίτηση για μεγάλες ταχύτητες υπηρεσίας το υπο μελέτη πλοίο θα έχει μεγάλο αριθμό Frude. Συνεπώς προκειμένου να έχουμε ένα κατά το δυνατό υδροδυναμικά βέλτιστο σκάφος, έπρεπε να επιλέξουμε χαμηλό συντελεστή γάστρας  $C_b$ . Το πατρικό πλοίο έχει αντίστοιχο συντελεστή ίσο με 0.61 οπότε το ιδανικό για την επιλογή του συντελεστή του υπο μελέτη πλοίου θα ήταν μια περιοχή τιμών για το  $C_b$  ανάμεσα στο 0.60 και στο 0.65. Την τελική τιμή θα την καθόριζε η σχεδίαση μέσω του παραπάνω λογισμικού.

Έχοντας λοιπόν έτοιμες τις ναυπηγικές γραμμές του πατρικού πλοίου, περασμένες στο παραπάνω λογισμικό κάναμε μέσω του προγράμματος, scale (αλλαγή κλίμακας) κατά τέτοιο τρόπο ώστε να προκύψει ένα νέο μοντέλο διαστάσεων ίσων με αυτές που αναφέρθηκαν στη παράγραφο 1.1. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το σχέδιο νομέων (Body Plan) του πατρικού πλοίου.



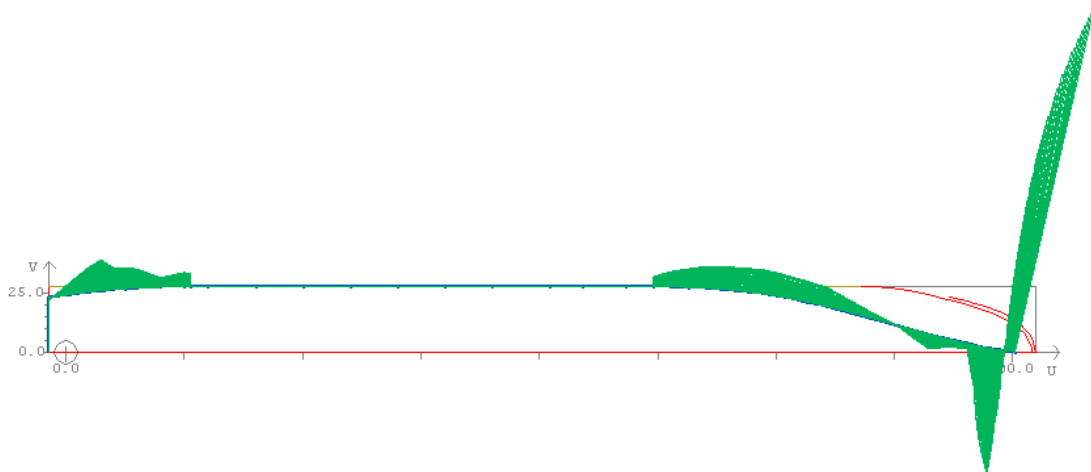
**Σχήμα 9<sup>ο</sup>:** Σχέδιο Νομέων (Body Plan) Πατρικού Πλοίου

Έτσι έχοντας πλέον την αρχική μορφή των νομέων του υπο μελέτη πλοίου, προχωρήσαμε στην εξομάλυνση αυτών. Το λογισμικό σχεδίασης παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα να βλέπει κάθε στιγμή τη καμπυλότητα μιας καμπύλης εμφανίζοντας διανύσματα κάθετα στη καμπύλη. Με αυτό τον τρόπο και με ταυτόχρονη μετατόπιση σημείων της καμπύλης επιτυγχάνεται αλλαγή της καμπυλότητας μέχρι αυτή να γίνει η επιθυμητή.



**Σχήμα 10<sup>ο</sup>:** Διανύσματα Καμπυλότητας κατά το ενδιάμεσο στάδιο εξομάλυνσης νομέα του υπο μελέτη πλοίου (νομέας στα 366 [m])

Τελειώνοντας η διαδικασία εξομάλυνσης όλων των νομέων σχεδιάστηκαν οι ίσαλοι (waterlines), οι οποίοι με τον ίδιο τρόπο εξομαλύνθηκαν. Ακολούθησε μια κυκλική διαδικασία εξομάλυνσης νομέων – ισάλων που οδήγησε στη σύγκληση της επιθυμητής μορφής του πλοίου.

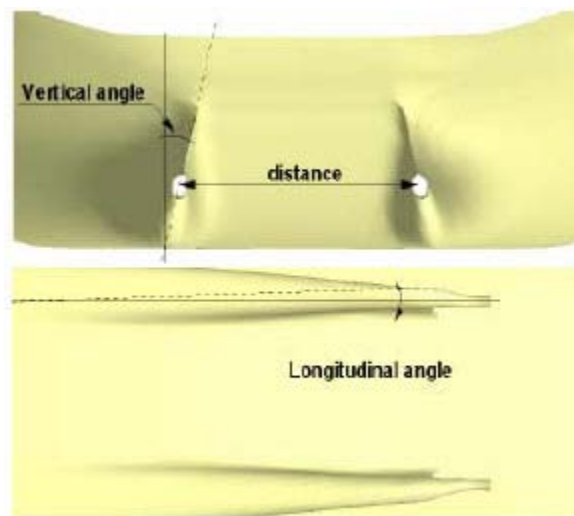


**Σχήμα 11<sup>ο</sup>:** Διανύσματα Καμπυλότητας κατά το ενδιάμεσο στάδιο εξομάλυνσης ισάλου του υπο μελέτη πλοίου (ίσαλος στα 18 [m])

Τέλος σχεδιάστηκαν οι διαμήκεις τομές (buttocks) του πλοίου, οι οποίες με τη σειρά τους εξομαλύνθηκαν με τον ίδιο τρόπο. Κατά την εξομάλυνση τους πραγματοποιήθηκε ξανά μια μικρή επαναληπτική διαδικασία εξομάλυνσης πλέον νομέων – ισάλων – δαιμήκων τομών η οποία κατέληξε στη τελική μορφή του πλοίου. Κατά την διάρκεια όλης της παραπάνω διαδικασίας το πρόγραμμα μας έδινε την δυνατότητα να ελέγχουμε τον συντελεστή γάστρας του πλοίου για το αν αυτός μεταβαλλόταν ή όχι στο επιθυμητό εύρος τιμών που είχαμε ήδη ορίσει. Τελικά η επιθυμητή μορφή των ναυπηγικών γραμμών του πλοίου καθόρισε τον συντελεστή γάστρας  $C_B$  να είναι εντός των ορίων και ίσος με:

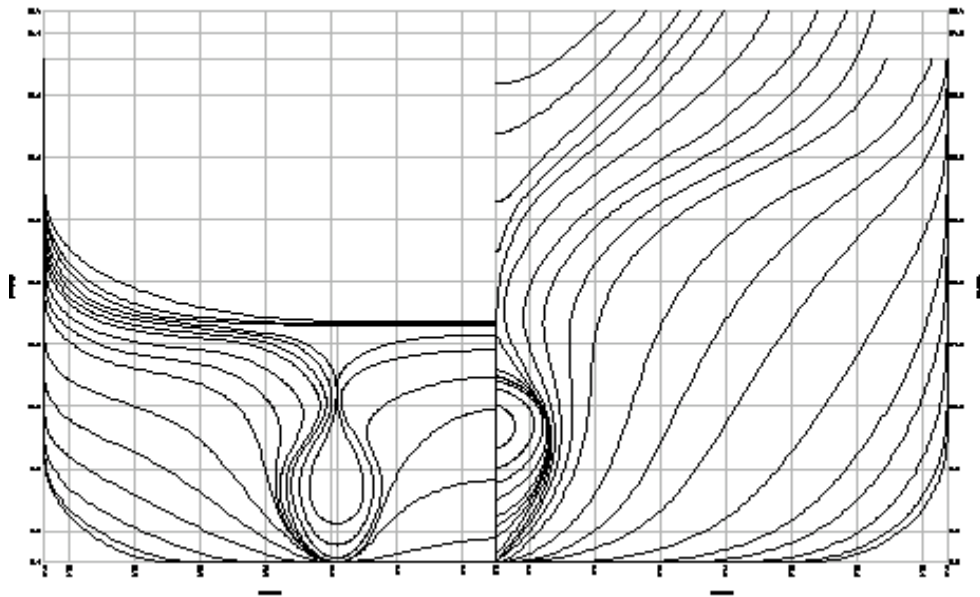
$$C_B = 0.615$$

Η βασική και ουσιαστική διαφοροποίηση στις ναυπηγικές γραμμές του υπο μελέτη πλοίου από αυτές του πατρικού είναι ότι το πρώτο τροποποιήθηκε στη πρύμνη ώστε να είναι διπλέλικο. Ένα τόσο μεγάλο πλοίο προκειμένου να προσφέρει την απαιτούμενη ταχύτητα υπηρεσίας των 25 κόμβων θα έπρεπε να έχει μια γιγαντιαία έλικα με διάμετρο πάνω από 12 [m]. Λαμβάνοντας υπόψη το σχέδιο γραμμών και το σχέδιο γενικής διάταξης του πλοίου, η μεγαλύτερη έλικα που θα μπορούσε να μπει στο πλοίο και να είναι λειτουργική θα είχε διάμετρο 10.278 [m]. Ωστόσο, η μεγαλύτερη έλικα που έχει κατασκευαστεί ζυγίζει 135 τόνους, έχει διάμετρο 9.5 [m] και είναι κατασκευασμένη από την Mecklenburger Metallguss. Τελικά κατά την μελέτη της προωστήριας εγκατάστασης επιλέχθηκαν δύο 5-πτερες έλικες διαμέτρου 8.9 [m] εξασφαλίζοντας τόσο τις απαιτήσεις πρόωσης, όσο και τους περιορισμούς σε θέματα χώρου στην πρύμνη του πλοίου. Μελετώντας κάποιες δημοσιεύσεις σχετικά με την επιρροή της μορφής της πρύμνης στην υδροδυναμική συμπεριφορά διπλέλικων πλοίων, οι κυριότεροι σχεδιαστικοί παράγοντες που επιδρούν στη συμπεριφορά αυτή είναι η απόσταση μεταξύ των αξόνων, η εγκάρσια γωνία των αξόνων και η αντίστοιχη γωνία κατά το διάμηκες. Η απόσταση αυτή καθώς και οι δύο γωνίες φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



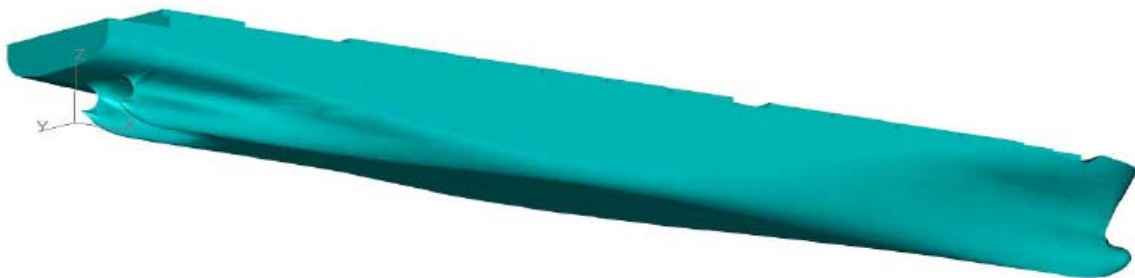
**Σχήμα 12°:** Απόσταση Αξόνων, Εγκάρσια Γωνία Αξόνων, Γωνία Αξόνων κατά το Διάμηκες

Σύμφωνα με τις δημοσιεύσεις αυτές, αύξηση της εγκάρσιας γωνίας των αξόνων βελτιώνει τις επιδόσεις στην αντίσταση του διπλέλικου πλοίου όταν μικραίνει η απόσταση μεταξύ τους. Επιπλέον αύξηση της διαμήκουσ γωνίας των αξόνων έχει θετικά αποτελέσματα τόσο στην αντίσταση του πλοίου, όσο και στην πρόωση του. Λαμβάνοντας υπόψην τους παραπάνω παράγοντες προχωρήσαμε στη σχεδίαση της πρύμνης του πλοίου ολοκληρώνοντας έτσι τις ναυπηγικές γραμμές του υπο μελέτη πλοίου. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το σχέδιο νομέων του πλοίου.

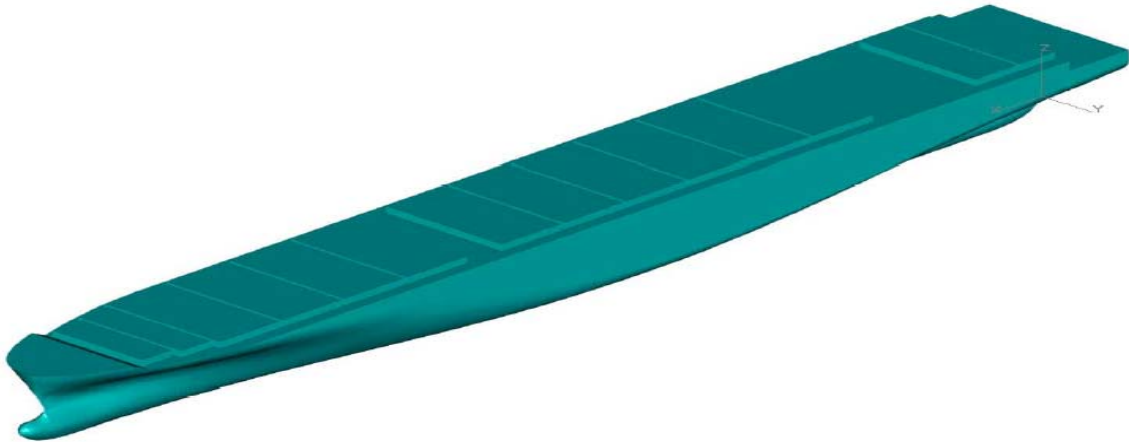


**Σχήμα 13<sup>ο</sup>:** Σχέδιο Νομέων (Body Plan) υπο Μελέτη Πλοίου

Στη συνέχεια μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος σχεδιάστηκε η επιφάνεια της γάστρας μέσω της οποίας θα γίνει τόσο η διαμερισματοποίηση, όσο και οι υδροστατικοί υπολογισμοί του υπο μελέτη πλοίου.

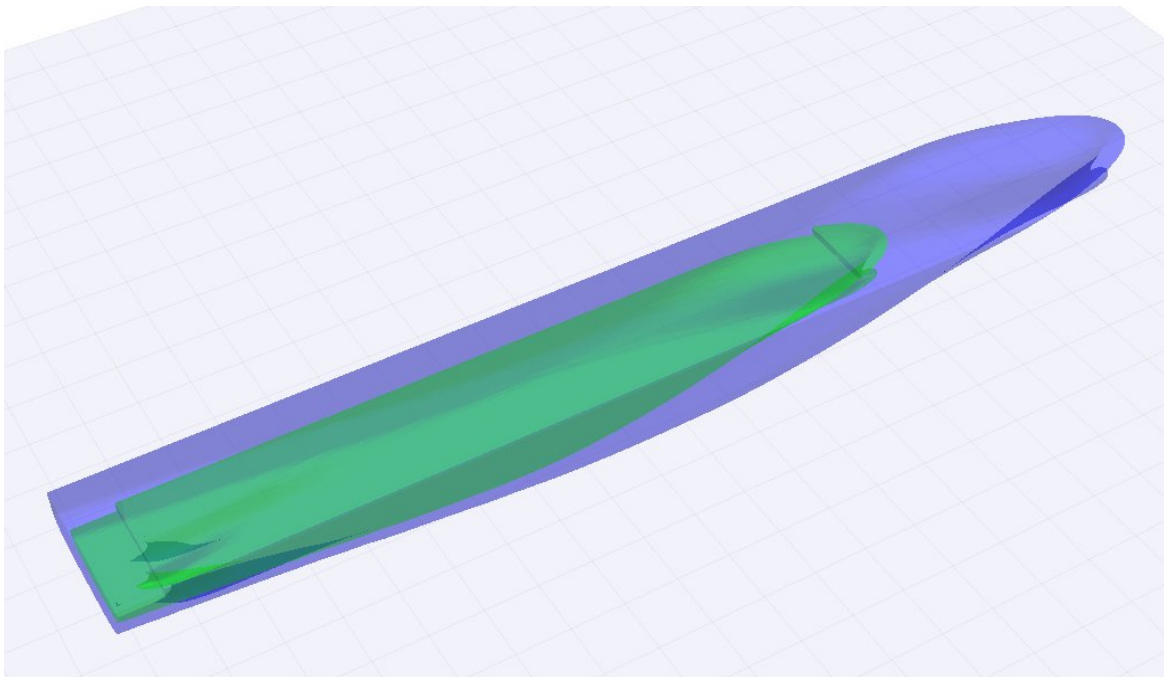


**Σχήμα 14<sup>ο</sup>:** Κάτω – πλευρική όψη της επιφάνειας του πλοίου

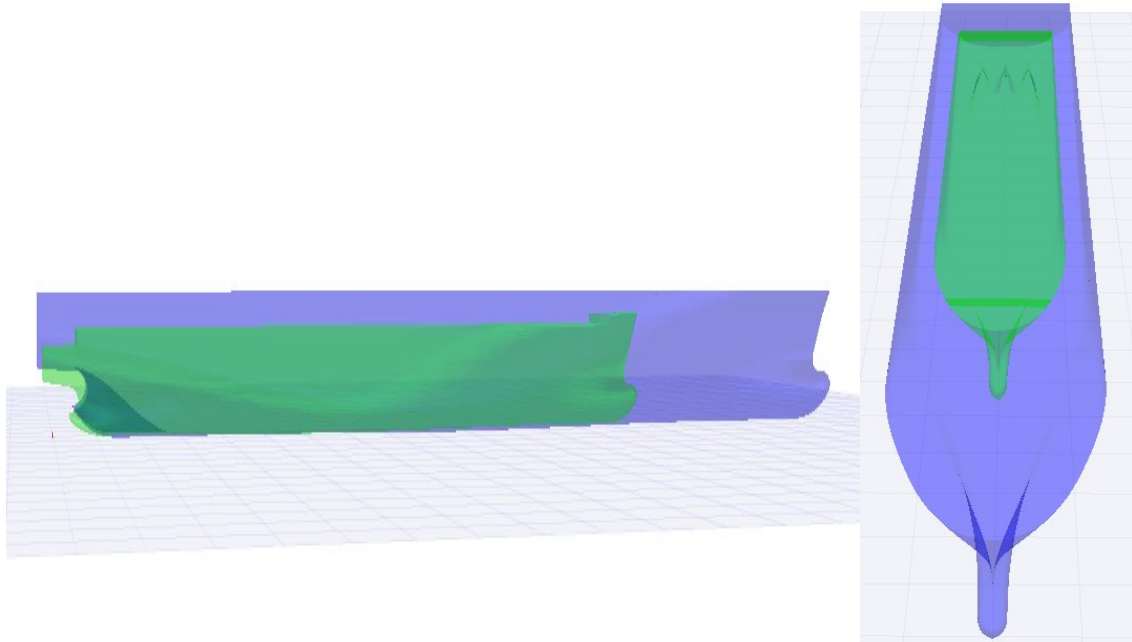


**Σχήμα 15<sup>ο</sup>:** Άνω – πλευρική όψη της επιφάνειας του πλοίου

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται μια σχεδιαστική υπέρθεση των επιφανειών του πατρικού και του υπο μελέτη πλοίου, ώστε να φανεί η διαφορά στο μέγεθος τους κατά κύριο λόγο αλλά και στις επιμέρους διαστάσεις. Με τον μπλε χρωματισμό παρουσιάζεται η επιφάνεια του υπο μελέτη πλοίου NTUA – ULMCS, ενώ με τον πράσινο η αντίστοιχη του πατρικού πλοίου.







**Σχήμα 16<sup>ο</sup>:** Υπέρθεση των Επιφανειών του Πατρικού και του υπο Μελέτη Πλοίου  
(στα δύο τελευταία σχήματα φαίνεται η ξεκάθαρα η διαφορά τόσο του μήκους, όσο και  
του πλάτους των δύο πλοίων.)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: Διαμερισματοποίηση υπο Μελέτη Πλοίου NTUA – ULMCS**

### **2.1. Καθορισμός Θέσης Στεγανών Φρακτών**

Η διαμερισματοποίηση του υπο μελέτη πλοίου έγινε μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος **TRIBON M2 INITIAL DESIGN – Surface & Compartment**, με στόχο την οριοθέτηση και τον καθορισμό των εσωτερικών διαμερισμάτων – στα οποία είναι χωρισμένο το πλοίο – με την τοποθέτηση των διαμήκων και εγκάρσιων φρακτών και των καταστρωμάτων. Αρχικά ορίσαμε τις θέσεις των στεγανών φρακτών οι οποίες θα καθόριζαν τα όρια τόσο του μηχανοστασίου, όσο και των χώρων φορτίου.

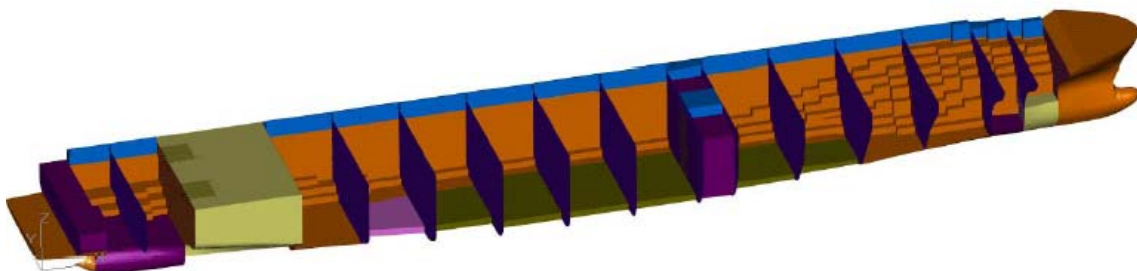
Θέσεις εγκάρσιων στεγανών φρακτών (από την πρύμνη προς την πλώρη):

Οι περισσότερες εγκάρσιες φρακτές είναι τοποθετημένες σε απόσταση 25 μέτρων μεταξύ τους σχεδιασμένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε ανάμεσα τους να στιβάζονται τέσσερα TEU (20'×8'×8') ή δύο FEU (40'×8'×8') κατά το διάμηκες εκτός από το πρωραίο και πρυμναίο κομμάτι του πλοίου όπου αυτή η απόσταση μειώνεται στο μισό, είτε λόγω σχεδιαστικών παραμέτρων είτε λόγω αντοχής.

**17.5 [m], 32[m], 50[m], 90[m], 115[m], 140[m], 165[m], 190[m], 215[m], 240[m],  
252.5[m], 278[m], 302.5[m], 327.5[m], 352.5[m], 365[m], 377.5[m]**

Θέση διπυθμένου:

Το διπύθμενο του πλοίου ορίστηκε στα **2.65[m]** λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις απαιτήσεις των κανονισμών του Γερμανικού Νηογνώμονα, όσο και την αντοχή της μεταλλικής κατασκευής [4]. Ωστόσο, στο πρωραίο κομμάτι του πλοίου έχουμε αύξηση του ύψους του διπυθμένου αρχικά στα **5.1[m]** (μεταξύ των στεγανών φρακτών 352.5[m] και 365[m]) και στη συνέχεια στα **12.6[m]** (μεταξύ των στεγανών φρακτών 365[m] και 377.5[m]) προκειμένου να δημιουργηθεί ο αναγκαίος χώρος για την τοποθέτηση δύο πρωραίων πλευρικών προωθητήρων (Bow Thrusters).



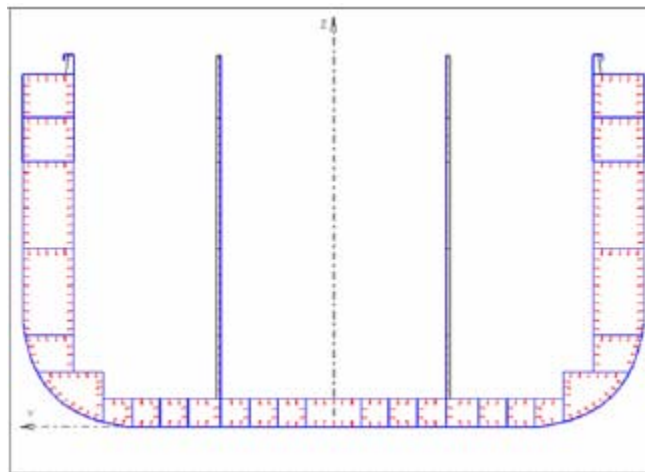
**Σχήμα 17<sup>ο</sup>:** Εσωτερική Διάταξη υπο Μελέτη Πλοίου

Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται η θέση των στεγανών εγκάρσιων φρακτών και των διπυθμένων του υπο μελέτη πλοίου, δίνοντας ταυτόχρονα μια πρώτη εικόνα για την οριοθέτηση τόσο της θέσης του μηχανοστασίου, όσο και των χώρων φορτίου.

Οι διαμήκεις φρακτές δεν είναι απλώς κάτι ασυνήθηστο για πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων αλλά πρωτοφανές. Τα δεξαμενόπλοια μονού τοιχώματος εφοδιάζονταν πάντα με μία ή περισσότερες διαμήκεις φρακτές για να αποκτήσουν επαρκή διαμήκη αντοχή. Στη περίπτωση των δεξαμενοπλοίων περιορίζουν το πλάτος των δεξαμενών φορτίου και επομένως την επίδραση των ελευθέρων επιφανειών επί της στατικής ευστάθειας. Η εγκατάσταση διαμήκων φρακτών παρόλο που καταλήγει σε μεγαλύτερο βάρος της μεταλλικής κατασκευής και κατά συνέπεια σε μεγαλύτερο κόστος, για το υπο σχεδίαση πλοίο ήταν αναγκαίες ώστε αυτό να έχει την απαιτούμενη διαμήκη αντοχή και να έρχεται σε αρμονία με τους κανονισμούς. Έτσι,

Θέσεις διαμήκων στεγανών φρακτών:

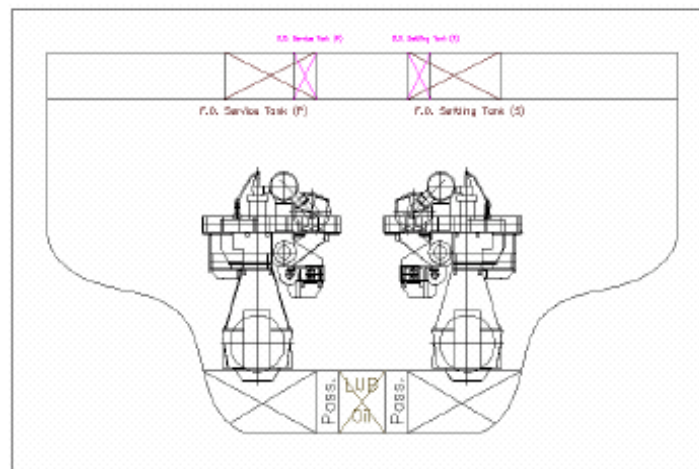
Τοποθετήθηκαν δύο διαμήκεις φρακτές σε εγκάρσια απόσταση **10[m]** εκατέρωθεν της Center Line, ξεκινώντας από τα 90[m] μέχρι τα 302.5 [m]. Στη συνέχεια και μέχρι τα 352.5 [m] οι φρακτές αυτές μετατοπίστηκαν κατά ένα TEU προς την Center Line δηλαδή σε απόσταση **7.5 [m]** από αυτή. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μια μέση τομή στην οποία είναι σχεδιασμένες οι δύο διαμήκεις φρακτές.



**Σχήμα 18°:** Διαμήκεις Φρακτές

## **2.2. Καθορισμός Θέσης Μηχανοστασίου**

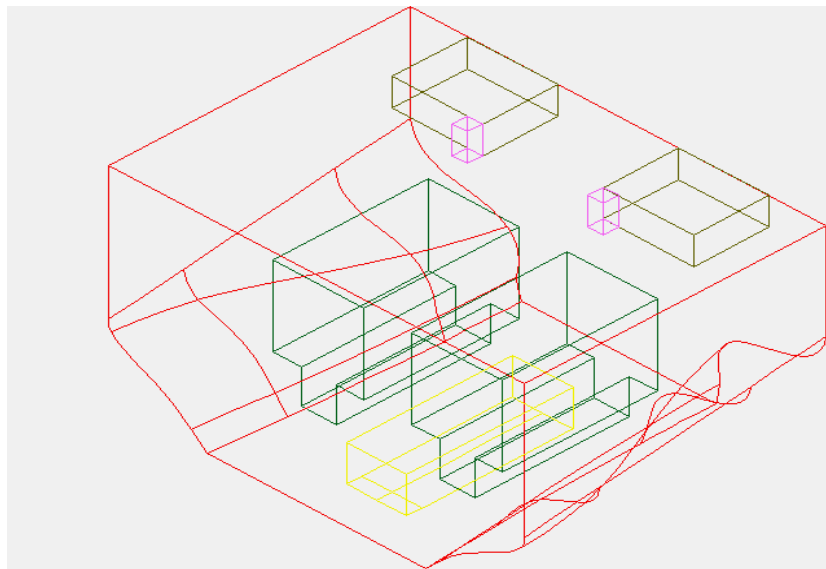
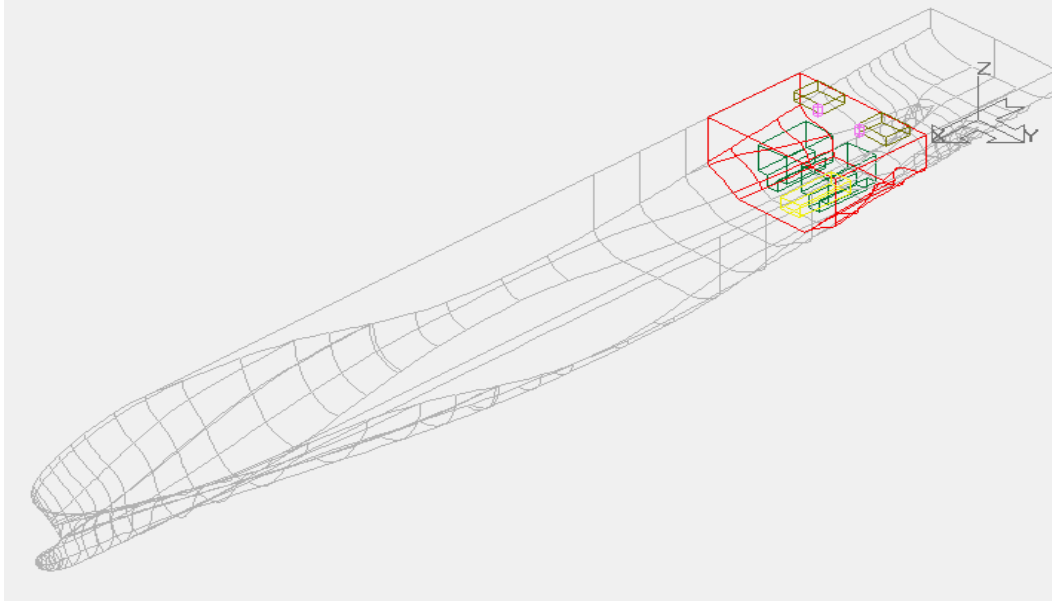
Κατά τη σχεδίαση του πλοίου, ο καθορισμός της θέσης του μηχανοστασίου δημιούργησε αρκετές δυσκολίες για τους παρακάτω δύο λόγους. Η θέση θα έπρεπε να ήταν η κατάλληλη δυνατή ώστε να παρέχει τον απαιτούμενο χώρο για την τοποθέτηση δύο γιγάντιων δίχρονων ναυτικών μηχανών που θα αποτελούσαν την κύρια προωστήρια εγκατάσταση του πλοίου. Δεδομένου ότι υπήρχε απαίτηση για αρκετά μεγάλη ισχύ μόνο οι τεράστιες ναυτικές μηχανές θα μπορούσαν να την προσφέρουν. Έτσι θα επιλεγόταν κατά τη σχεδίαση μια θέση για το μηχανοστάσιο που θα χωρούσε τις δύο μηχανές αλλά θα παρείχε ταυτόχρονα τις ανοχές και τις αποστάσεις ασφαλείας που ορίζουν οι κανονισμοί. Άρα σαν πρώτο συμπέρασμα βγαίνει, πως όσο πιο πρώρα θα ήταν χώρος που θα στέγαζε το μηχανοστάσιο τόσο πιο εύκολη θα ήταν η τοποθέτηση των κύριων μηχανών.



**Σχήμα 19<sup>ο</sup>:** Εγκάρσια Όψη Μηχανοστασίου

Από την άλλη όμως η μεγάλη απόσταση του μηχανοστασίου από την πρύμνη του πλοίου και κατ'έπекταση από τις δύο έλικες, απαιτούσε μεγάλα μήκη αξόνων που μετά από ένα σημείο γίνονται απαγορευτικά (δημιουργία κραδασμών, δυσκολία στη κατασκευή, μεγάλο κόστος). Συνεπώς έπρεπε να βρεθεί μια μέση λύση που από τη μία θα παρείχε τον απαιτούμενο χώρο για τις ναυτικές μηχανές, και από την άλλη θα επέτρεπε ένα μη απαγορευτικό μήκος αξόνων. Τελικά επιλέχθηκε η πρυμναία στεγανή φρακτή του μηχανοστασίου να είναι στα 40[m] από την πρυμναία κάθετο του πλοίου και η αντίστοιχη πωραία στα 90[m]. Έτσι αυτό το μήκος μηχανοστασίου των 50[m] επέτρεπε την τοποθέτηση των δύο κύριων μηχανών καθώς και όλων των άλλων αναγκαίων παρελκομένων συστημάτων που συμπληρώνουν την προωστήρια εγκατάσταση του υπο μελέτη πλοίου.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μέσω του σχεδιαστικού λογισμικού το μηχανοστάσιο καθώς και η θέση του στο υπο μελέτη πλοίο όπου φαίνονται οι δύο κύριες μηχανές καθώς επίσης και οι βασικές παρελκόμενες δεξαμενές αναλωσίμων (Fuel Oil, Diesel Oil, Lub Oil).



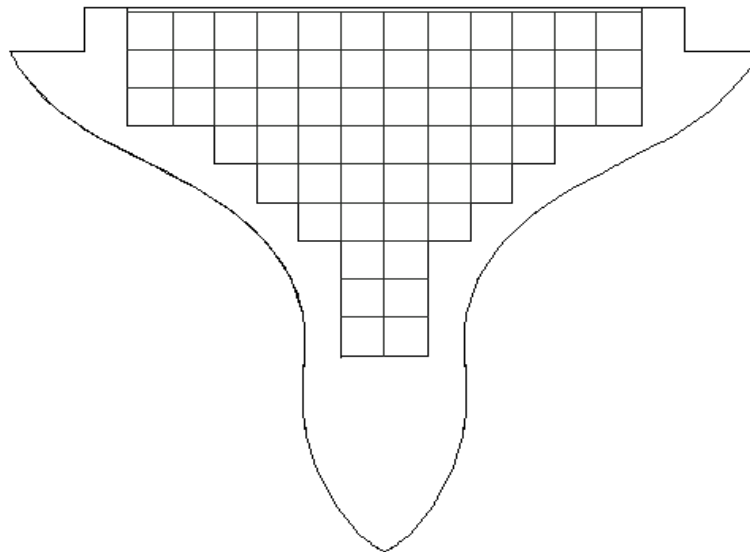
**Σχήμα 20<sup>ο</sup>:** Τρισδιάστατη απεικόνιση του μηχανοστασίου τόσο μέσα στο πλοίο, όσο και μεμονομένα

Στην τελευταία όψη φαίνονται σχηματικά οι δύο κύριες μηχανές, οι service και settling tanks των Fuel και Diesel Oils καθώς επίσης και η κύρια δεξαμενή του Lub Oil.

### **2.3. Καθορισμός Θέσης Χώρων Φορτίου**

Έχοντας πλέον ορίσει τις στεγανές φρακτές καθώς και τη θέση του μηχανοστασίου, επόμενο βήμα ήταν ο καθορισμός της θέσης των χώρων φορτίου δηλαδή των χώρων υποδοχής των εμπορευματοκιβωτίων. Συνολικά σχεδιάσαμε 14 κύτη φορτίου (Holds), όπου ξεκινώντας από την πλώρη του πλοίου έχουμε 6 μέχρι τις υπερκατασκευές, άλλα 6 από τις υπερκατασκευές μέχρι το μηχανοστάσιο και τέλος άλλα 2 πίσω από τις υπερκατασκευές στο πρυμναίο τμήμα του πλοίου. Τα περισσότερα εκτείνονται σε μήκος 25 [m] ικανά να δεχτούν 4 σειρές TEU (ή 2 σειρές FEU) κατά το διάμηκες, ενώ σχεδιάστηκαν και κάποια – στα άκρα του πλοίου – με μήκος 12.5 [m] τα οποία μπορούν να δεχτούν 2 σειρές TEU (ή μια σειρά FEU) κατά το διάμηκες. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα κυριότερα χαρακτηριστικά για τον κάθε χώρο φορτίου.

**Hold 1°:** Εκτείνεται από την στεγανή φρακτή στα 365 [m] μέχρι την προραία φρακτή σύγκρουσης στα 377.5 [m]. Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε κατά το διάμηκες να δέχεται δύο σειρές TEU. Παρακάτω φαίνεται μια εγκάρσια τομή του πλοίου στα 372 [m], η οποία δείχνει την διάταξη των κιβωτίων μέσα στο συγκεκριμένο κύτος φορτίου.



**Σχήμα 21°:** Εγκάρσια τομή του πλοίου στα 372 [m]

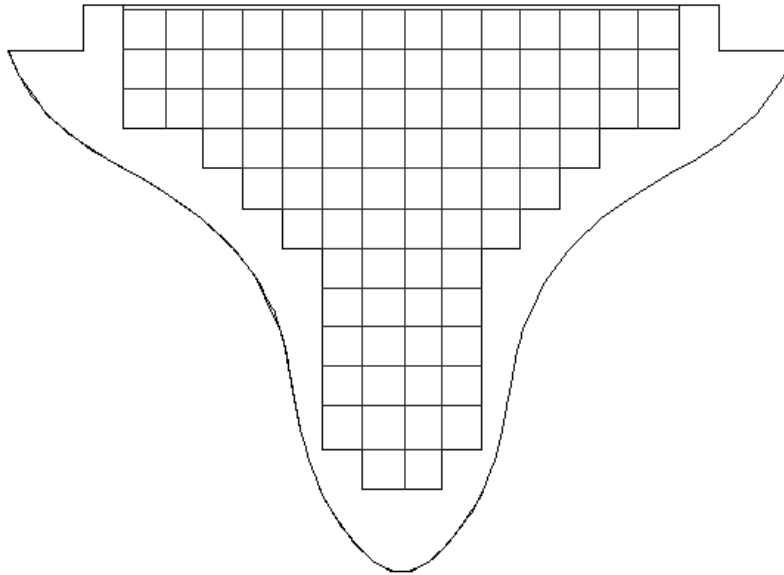
Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**120 TEU**

Όγκος κύτους φορτίου:

**$V_{Hold 1} = 5606 [m^3]$**

**Hold 2°:** Εκτείνεται από την στεγανή φρακτή στα 352.5 [m] μέχρι τη φρακτή στα 365 [m]. Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε κατά το διάμηκες να δέχεται δύο σειρές TEU. Παρακάτω φαίνεται μια εγκάρσια τομή του πλοίου στα 360 [m], η οποία δείχνει την διάταξη των κιβωτίων μέσα στο συγκεκριμένο κύτος φορτίου.



**Σχήμα 22°:** Εγκάρσια τομή του πλοίου στα 360 [m]

Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**216 TEU**

Όγκος κύτους φορτίου:

$$V_{Hold 2} = 6281 [m^3]$$

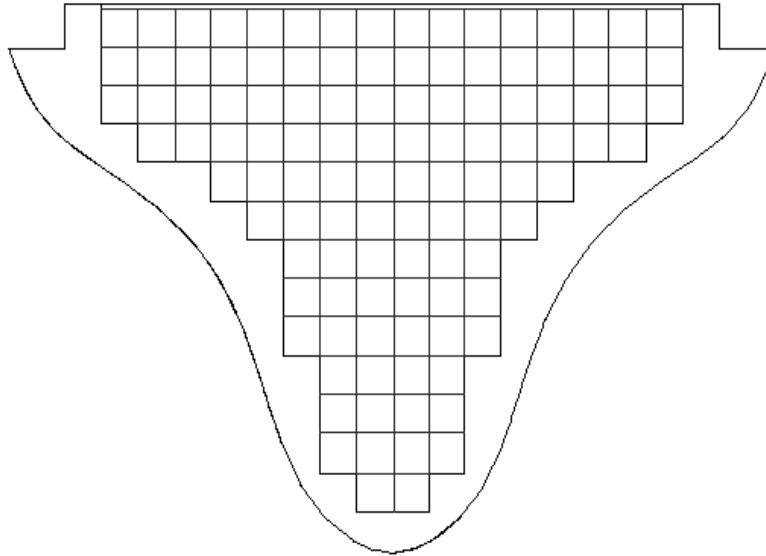
**Hold 3°:** Εκτείνεται από την στεγανή φρακτή στα 327.5 [m] μέχρι την στεγανή φρακτή στα 352.5 [m]. Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε κατά το διάμηκες να δέχεται τέσσερις σειρές TEU. Παρακάτω φαίνεται μια εγκάρσια τομή του πλοίου στα 348 [m], η οποία δείχνει την διάταξη των κιβωτίων σε έκταση ενός TEU. Εξαιτίας του γεγονότος ότι μεταβάλλεται η μορφή της γάστρας στο πρυμναίο και πρωραίο κομμάτι του πλοίου, σαν συνέπεια μεταβάλλεται και η εσωτερική διαρύθμιση των διαμήκων πλευρικών φρακτών. Στην εγκάρσια τομή που παρουσιάζεται παρακάτω η μορφή των διαμήκων φρακτών έχει τη συγκεκριμένη δομή μόνο για διαμήκη έκταση ένα TEU.

Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**484 TEU**

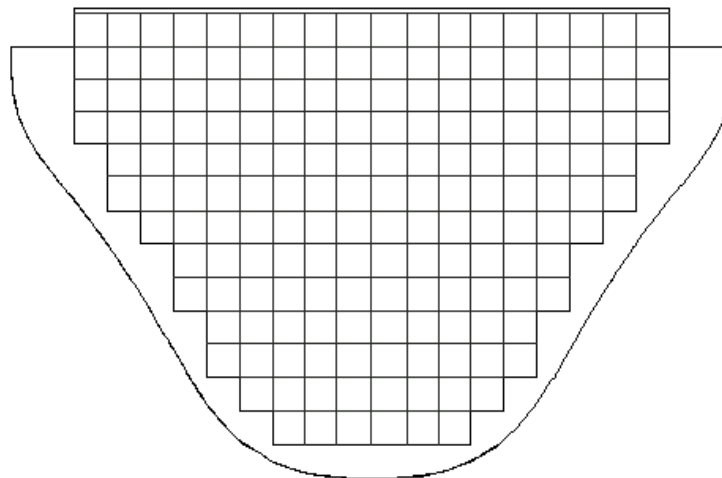
Όγκος κύτους φορτίου:

$$V_{Hold 3} = 17684 [m^3]$$



**Σχήμα 23<sup>ο</sup>:** Εγκάρσια τομή του πλοίου στα 348 [m]

**Hold 4<sup>ο</sup>:** Εκτείνεται από την στεγανή φρακτή στα 302.5 [m] μέχρι την στεγανή φρακτή στα 327.5 [m]. Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε κατά το διάμηκες να δέχεται τέσσερις σειρές TEU. Παρακάτω φαίνεται μια εγκάρσια τομή του πλοίου στα 316 [m], η οποία δείχνει την διάταξη των κιβωτίων σε έκταση ενός TEU. Εξαιτίας του γεγονότος ότι μεταβάλλεται η μορφή της γάστρας στο πρυμναίο και πρωραίο κομμάτι του πλοίου, σαν συνέπεια μεταβάλλεται και η εσωτερική διαρύθμιση των διαμήκων πλευρικών φρακτών. Στην εγκάρσια τομή που παρουσιάζεται παρακάτω η μορφή των διαμήκων φρακτών έχει τη συγκεκριμένη δομή μόνο για διαμήκη έκταση ένα TEU.



**Σχήμα 24<sup>ο</sup>:** Εγκάρσια τομή του πλοίου στα 316 [m]



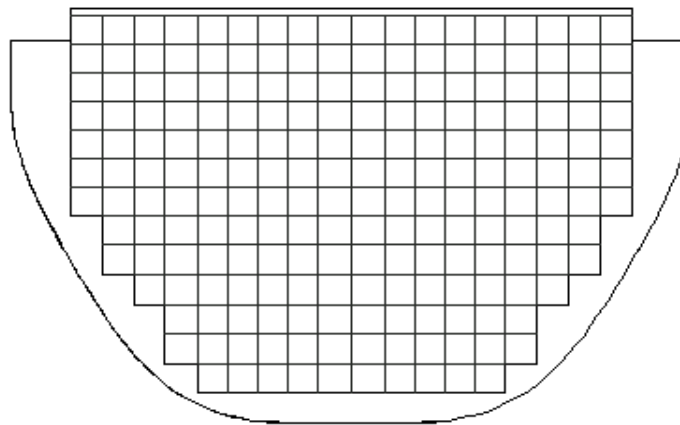
Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**678 TEU**

Όγκος κύτους φορτίου:

$$V_{Hold 4} = 24925 [m^3]$$

**Hold 5°:** Εκτείνεται από την στεγανή φρακτή στα 278 [m] μέχρι την στεγανή φρακτή στα 302.5 [m]. Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε κατά το διάμηκες να δέχεται τέσσερις σειρές TEU. Παρακάτω φαίνεται μια εγκάρσια τομή του πλοίου στα 292 [m], η οποία δείχνει την διάταξη των κιβωτίων σε έκταση ενός TEU. Εξαιτίας του γεγονότος ότι μεταβάλλεται η μορφή της γάστρας στο πρυμναίο και πωραίο κομμάτι του πλοίου, σαν συνέπεια μεταβάλλεται και η εσωτερική διαρύθμιση των διαμήκων πλευρικών φρακτών. Στην εγκάρσια τομή που παρουσιάζεται παρακάτω η μορφή των διαμήκων φρακτών έχει τη συγκεκριμένη δομή μόνο για διαμήκη έκταση ένα TEU.



**Σχήμα 25°:** Εγκάρσια τομή του πλοίου στα 292 [m]

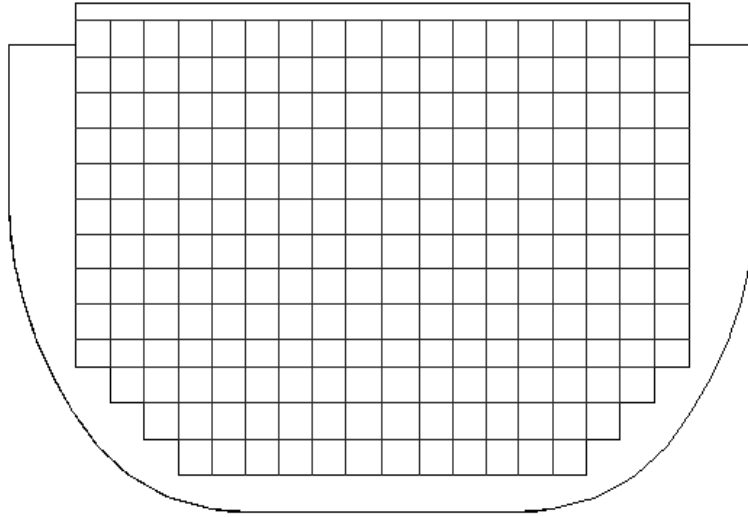
Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**814 TEU**

Όγκος κύτους φορτίου:

$$V_{Hold 5} = 28312 [m^3]$$

**Hold 6°:** Εκτείνεται από την στεγανή φρακτή στα 252.5 [m] μέχρι την στεγανή φρακτή στα 278 [m]. Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε κατά το διάμηκες να δέχεται τέσσερις σειρές TEU. Παρακάτω φαίνεται μια εγκάρσια τομή του πλοίου στα 266 [m], η οποία δείχνει την διάταξη των κιβωτίων σε έκταση ενός TEU. Εξαιτίας του γεγονότος ότι μεταβάλλεται η μορφή της γάστρας στο πρυμναίο και πωραίο κομμάτι του πλοίου, σαν συνέπεια μεταβάλλεται και η εσωτερική διαρύθμιση των διαμήκων πλευρικών φρακτών. Στην εγκάρσια τομή που παρουσιάζεται παρακάτω η μορφή των διαμήκων φρακτών έχει τη συγκεκριμένη δομή μόνο για διαμήκη έκταση ένα TEU.



**Σχήμα 26°:** Εγκάρσια τομή του πλοίου στα 266 [m]

Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**888 TEU**

Όγκος κύτους φορτίου:

**$V_{Hold\ 6} = 31998 [m^3]$**

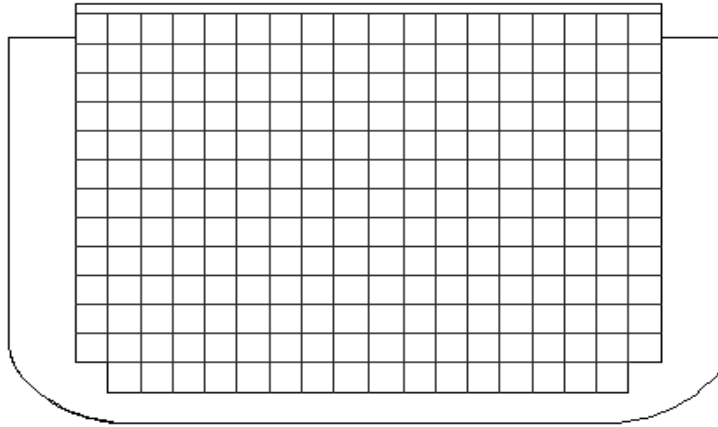
**Hold 7°:** Εκτείνεται από την στεγανή φρακτή στα 215 [m] μέχρι την στεγανή φρακτή στα 240 [m]. Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε κατά το διάμηκες να δέχεται τέσσερις σειρές TEU. Παρακάτω φαίνεται μια εγκάρσια τομή του πλοίου στα 228 [m], η οποία δείχνει την διάταξη των κιβωτίων σε όλη την έκταση του κύτους.

Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**928 TEU**

Όγκος κύτους φορτίου:

**$V_{Hold\ 7} = 33126 [m^3]$**



**Σχήμα 27°:** Εγκάρσια τομή του πλοίου στα 228 [m]

**Hold 8°:** Εκτείνεται από την στεγανή φρακτή στα 190 [m] μέχρι την στεγανή φρακτή στα 215 [m]. Η δομή του εσωτερικά είναι όμοια με το έβδομο κύτος φορτίου. Άρα:

Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**928 TEU**

Όγκος κύτους φορτίου:

$$V_{Hold\ 8} = 33126 [m^3]$$

**Hold 9°:** Εκτείνεται από την στεγανή φρακτή στα 165 [m] μέχρι την στεγανή φρακτή στα 190 [m]. Η δομή του εσωτερικά είναι όμοια με το όγδο και έβδομο κύτος φορτίου. Άρα:

Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**928 TEU**

Όγκος κύτους φορτίου:

$$V_{Hold\ 9} = 33126 [m^3]$$

**Hold 10°:** Εκτείνεται από την στεγανή φρακτή στα 140 [m] μέχρι την στεγανή φρακτή στα 165 [m]. Η δομή του εσωτερικά είναι όμοια με το ένατο, όγδο και έβδομο κύτος φορτίου. Άρα:

Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**928 TEU**

Όγκος κύτους φορτίου:

$$V_{Hold\ 10} = 33126 [m^3]$$

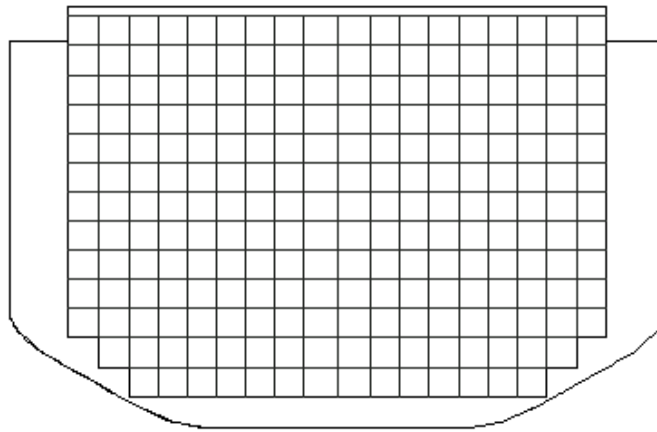
**Hold 11°:** Εκτείνεται από την στεγανή φρακτή στα 115 [m] μέχρι την στεγανή φρακτή στα 140 [m]. Η δομή του εσωτερικά είναι πλέον διαφορετική από τα προηγούμενα τέσσερα κύτη φορτίου. Παρακάτω παρουσιάζεται μια εγκάρσια τομή του κύτους στα 128 [m].

Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**916 TEU**

Όγκος κύτους φορτίου:

$$V_{Hold\ 11} = 32852 [m^3]$$



**Σχήμα 28°:** Εγκάρσια τομή του πλοίου στα 115 [m]

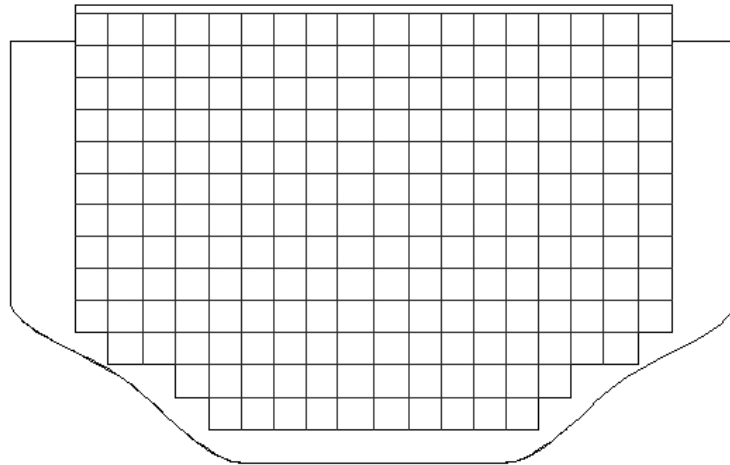
**Hold 12°:** Εκτείνεται από τη πρωραία στεγανή φρακτή του μηχανοστασίου στα 90 [m] μέχρι την στεγανή φρακτή στα 115 [m]. Η δομή του είναι σχεδιασμένη για να υποδέχεται και αυτό όπως τα προηγούμενα τέσσερις σειρές TEU κατά το διάμηκες. Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια εγκάρσια τομή του κύτους στα 91 [m].

Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**886 TEU**

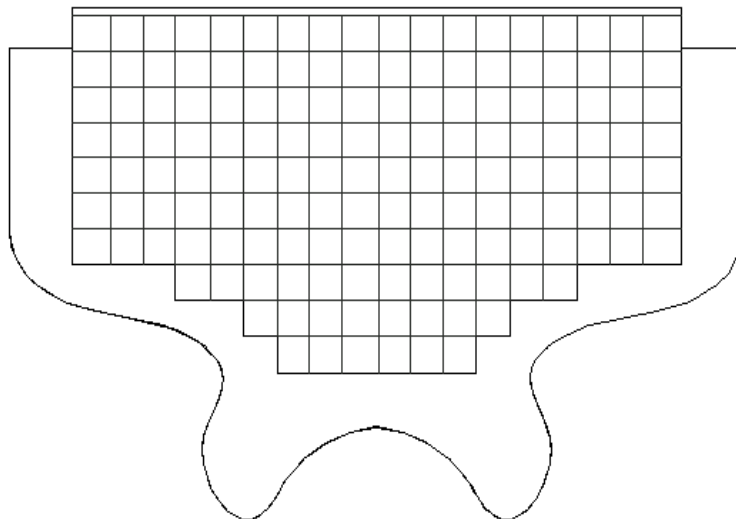
Όγκος κύτους φορτίου:

$$V_{Hold\ 12} = 31801 [m^3]$$



**Σχήμα 29<sup>ο</sup>:** Εγκάρσια τομή του πλοίου στα 91 [m]

**Hold 13<sup>ο</sup>:** Εκτείνεται από την στεγανή φρακτή στα 32 [m] μέχρι τη πρυμναία στεγανή φρακτή του μηχανοστασίου στα 50 [m]. Η δομή του είναι σχεδιασμένη για να υποδέχεται δύο σειρές TEU κατά το διάμηκες. Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια εγκάρσια τομή του κύτους στα 38 [m].



**Σχήμα 30<sup>ο</sup>:** Εγκάρσια τομή του πλοίου στα 38 [m]

Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**304 TEU**

Όγκος κύτους φορτίου:

**$V_{Hold 13} = 15880 [m^3]$**

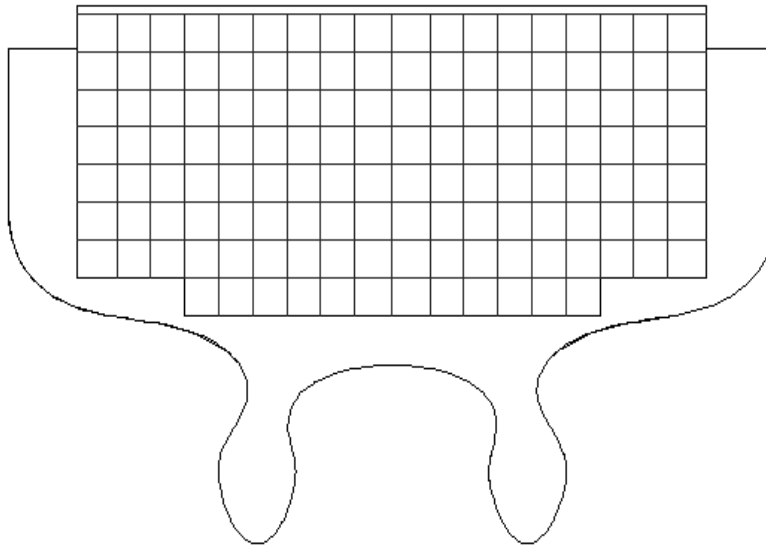
**Hold 14<sup>o</sup>:** Εκτείνεται από την στεγανή φρακτή στα 17.5 [m] μέχρι τη στεγανή φρακτή στα 32 [m]. Η δομή του είναι σχεδιασμένη για να υποδέχεται και αυτό όπως και το προηγούμενο δύο σειρές TEU κατά το διάμηκες. Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια εγκάρσια τομή του κύτους στα 26 [m].

Συνολική Μεταφορική Ικανότητα Κύτους σε κιβώτια:

**284 TEU**

Όγκος κύτους φορτίου:

**$V_{Hold\ 14} = 10625 [m^3]$**



**Σχήμα 31<sup>o</sup>:** Εγκάρσια τομή του πλοίου στα 26 [m]

Συνολικός Όγκος κυτών φορτίου:

**$V_{Cargo} = 338468 [m^3]$**

#### **2.4. Μεταφορική Ικανότητα υπο Μελέτη Πλοίου**

Έχοντας πλέον καθορίσει επακριβώς τις θέσεις των χώρων φορτίου, προχωρήσαμε στον ακριβή υπολογισμό του αριθμού των τυποποιημένων κιβωτίων που είναι ικανό να μεταφέρει το πλοίο ώστε να ορίσουμε την μεταφορική του ικανότητα σε TEU, και παράλληλα να κάνουμε έλεγχο για το αν πληρούμε ή όχι την αρχική απαίτηση για μεταφορική ικανότητα 17000 – 18000 TEU. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται αναλυτικά η μεταφορική ικανότητα του κάθε κύτους φορτίου τόσο κάτω από το κύριο κατάστρωμα, όσο και πάνω από αυτό ώστε να εξαχθεί τελικώς ο συνολικός αριθμός κιβωτίων που μπορεί να μεταφέρει το σκάφος.

**Πίνακας 3<sup>ος</sup>:** Συνολικός αριθμός TEU που μεταφέρει το υπο μελέτη πλοίο

<b><u>HOLDS</u></b>	<b><u>TEU IN HOLD</u></b>	<b><u>TEU ON DECK</u></b>
HOLD No.1	120	204
HOLD No.2	216	266
HOLD No.3	484	602
HOLD No.4	678	616
HOLD No.5	814	616
HOLD No.6	888	616
HOLD No.7	928	616
HOLD No.8	928	616
HOLD No.9	928	616
HOLD No.10	928	616
HOLD No.11	916	616
HOLD No.12	886	616
HOLD No.13	306	308
HOLD No.14	284	308
Ab. SG – Room	-	594
Ab. Engine – Room	-	868
TOTAL	9100	8530
<b><u>GRAND TOTAL</u></b>	<b><u>17630 TEU</u></b>	

► Βάρος ανά TEU:

$$W_{TEU} = 8.2 \text{ [tons]}$$

► Συνολικό Βάρος TEU:

$$W_{TEU's} = 144553 \text{ [tons]}$$

Λαμβάνοντας υπόψη από τη μία το γεγονός πως η μελέτη της αντοχής της μεταλλικής κατασκευής έρχεται σε πλήρη αρμονία με τους κανονισμούς των νηογνομώνων [4], και από την άλλη πως ο υπολογισθέν αριθμός κιβωτίων που είναι ικανό να μεταφέρει το υπό σχεδίαση πλοίο είναι εντός των ορίων που θέτει η αρχική απαίτηση σε μεταφορική ικανότητα του πλοίου, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως κύριες διαστάσεις που επιλέξαμε για το πλοίο μας είναι και οι τελικές. Η ακριβής διάταξη των κιβωτίων τόσο στα κύτη φορτίου, όσο και στο κύριο κατάστρωμα φαίνεται στα επισυναπτόμενα σχέδια *Capacity Plan* και *Container Loading Plan* του πλοίου.

## 2.5. Καθορισμός Θέσης Θαλάσσιου Έρματος

Οι δεξαμενές θαλάσσιου έρματος είναι τοποθετημένες κυρίως στις πλευρές του υπο μελέτη πλοίου ανάμεσα στα εξωτερικά τοιχώματα του πλοίου και τα τοιχώματα των κυτών φορτίου. Επιπρόσθετα δεξαμενές W.B. τοποθετήθηκαν στα διπύθμενα εκατέρωθεν των δεξαμενών του Fuel Oil και του Diesel Oil καθώς επίσης και στο κέντρο του διπυθμένου (κάτω από το Hold No.12). Τέλος υπάρχει η πρυμναία δεξαμενή έρματος καθώς επίσης και η αντίστοιχη πρωραία (πρώραθεν της πρωραίας φρακτής σύγκρουσης), χωρισμένη σε άνω και κάτω τμήμα. Σχηματικά η διάταξη των δεξαμενών έρματος φαίνεται στο επισυναπτόμενο *Capacity Plan*.

Ο συνολικός όγκος των δεξαμενών του Water Ballast είναι:

$$V_{Water\ Ballast} = 91564 [m^3]$$

## 2.6. Καθορισμός Θέσης Αναλωσίμων

Λέγοντας αναλώσιμα του πλοίου εννοούμε τα καύσιμα και τα λιπαντικά που είναι απαραίτητα για την κίνηση του πλοίου. Δηλαδή του Fuel Oil, του Diesel Oil και του Lub Oil. Στη συνέχεια αναλύεται ακριβώς η κάθε μια από τις ποσότητες αυτές.

**Fuel Oil:** Οι δεξαμενές του Fuel Oil τοποθετήθηκαν κάτω από το διπύθμενο του πλοίου και στο κέντρο αυτού. Πιο συγκεκριμένα σχεδιάστηκαν δεξαμενές κάτω από τα κύτη φορτίου No.5, No6, No7, No8, No9, No10. Κάτω από το κύτος No.5 η δεξαμενή έχει διαστάσεις **25 [m] × 16 [m] × 2.65[m]**, κάτω από τα κύτη No.6 και No.10 οι δεξαμενές έχουν διαστάσεις **25 [m] × 24 [m] × 2.65[m]**, ενώ κάτω από τα υπόλοιπα τρία κύτη φορτίου έχουν διαστάσεις **25 [m] × 32 [m] × 2.65[m]**.

Επιπρόσθετα στο διπύθμενο κάτω από τις υπερκατασκευές σχεδιάστηκε άλλη μία με διαστάσεις **12.5 [m] × 32 [m] × 2.65[m]**.

Πάνω από αυτή σχεδιάστηκε μια Deep Tank διαστάσεων **12.5 [m] × 12 [m] × 25.8[m]**.

Τέλος μέσα στο μηχανοστάσιο σχεδιάστηκε μια service και μια settling tank καλύπτοντας τις άμεσες ανάγκες των κύριων μηχανών.

Ο συνολικός όγκος των δεξαμενών του Fuel Oil είναι:

$$V_{Fuel\ Oil} = 16232 [m^3]$$



**Diesel Oil:** Η κύρια δεξαμενή του Fuel Oil τοποθετήθηκε κάτω από το διπύθμενο του πλοίου και στο κέντρο αυτού. Πιο συγκεκριμένα σχεδιάστηκε κάτω από το κύτος φορτίου No.11 σε σχήμα τραπεζίου.

Τέλος μέσα στο μηχανοστάσιο σχεδιάστηκε μια service και μια settling tank καλύπτοντας τις άμεσες ανάγκες των κύριων μηχανών.

Ο συνολικός όγκος των δεξαμενών του Diesel Oil είναι:

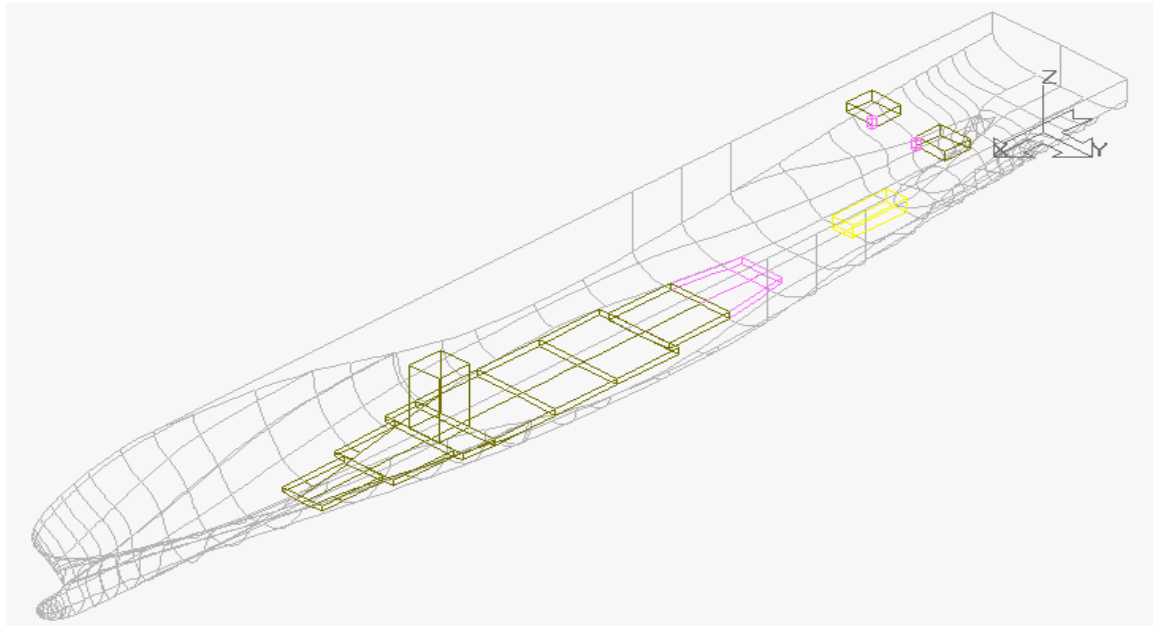
$$V_{\text{Diesel Oil}} = 1657 \text{ [m}^3\text{]}$$

**Lub Oil:** Η δεξαμενή του Lub Oil σχεδιάστηκε στο διπύθμενο του μηχανοστασίου κάτω από τις εδράσεις των κύριων μηχανών και έχει όγκο:

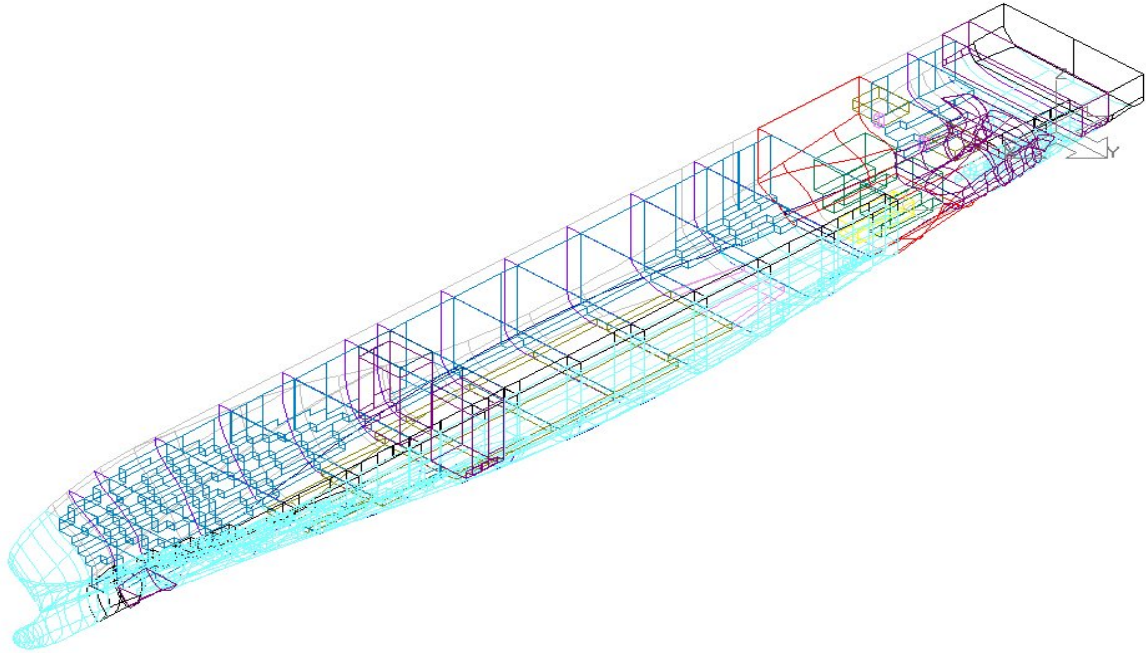
$$V_{\text{Lub Oil}} = 933 \text{ [m}^3\text{]}$$

**Fresh Water:** Η δεξαμενή του φρέσκου νερού σχεδιάστηκε κάτω από τις υπερκατασκευές πάνω από την deep tank του Fuel Oil και ανάμεσα στους δύο διαμορφωμένους χώρους για τις προμήθειες. Έχει συνολικό όγκο:

$$V_{\text{Fresh Water}} = 85 \text{ [m}^3\text{]}$$



**Σχήμα 32<sup>ο</sup>:** Διάταξη αναλωσίμων υπο μελέτη πλοίου



**Σχήμα 33<sup>ο</sup>:** Διάταξη διαμερισμάτων υπό μελέτη πλοίου

## 2.7. Εφαρμογή Κανονισμού Καταμέτρησης – Οργανική Σύνθεση Πληρώματος

### 2.7.1. Υπολογισμός Ολικής Χωρητικότητας GT

Η ολική χωρητικότητα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$GT = k_1 \times V$$

Όπου:

$V$  ο συνολικός όγκος όλων των κλειστών χώρων του πλοίου σε  $[m^3]$ . Από τους υδροστατικούς υπολογισμούς που παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο εξάγαμε τον όγκο όλων των κλειστών χώρων του πλοίου μέχρι το κοίλο. Αθροίζοντας σε αυτόν τον όγκο του προστέγου καθώς επίσης και των όγκο των υπερκατασκευών προέκυψε ο συνολικός όγκος όλων των κλειστών χώρων του πλοίου.

Ο ζητούμενος όγκος  $V$  προκύπτει ίσος με:

$$V = 561576 [m^3]$$

και:

$$k_1 = 0,2 + 0,02 \times \log_{10} V$$

Αντικαθιστώντας έχουμε:

$$k_1 = 0,2 + 0,02 \times \log_{10}(561576) = 0,2 + 0.115 \Rightarrow$$

$$k_1 = 0.315$$

και

$$GT = k_1 \times V = 0.315 \times 561576 \Rightarrow$$

$$GT = 176896 [RT]$$

### 2.7.2. Οργανική Σύνθεση Πληρώματος

Σύμφωνα με το **ΠΑ 238/1987**, η οργανική σύνθεση πληρώματος φορτηγού πλοίου ολικής χωρητικότητας άνω των 3000 κόρων καθορίζεται συναρτήσει της ολικής χωρητικότητας GT (προσωπικό καταστρώματος) και της ισχύος της μηχανής BHP (προσωπικό μηχανής) ως ακολούθως:

#### ► Προσωπικό Καταστρώματος:

GT = 176896 [RT] → Κατηγορία: 80000 κόρους και άνω

#### ► Προσωπικό Μηχανής:

BHP = 155584 [PS] → Κατηγορία: 15000 [PS] και άνω

#### ► Προσωπικό Γενικών Υπηρεσιών:

GT = 176896 [RT] → Κατηγορία: 40000 κόρους και άνω

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται αναλυτικά η οργανική σύνθεση του πληρώματος:

**Πίνακας 4<sup>ος</sup>:** Οργανική Σύνθεση Πληρώματος

<b><u>Προσωπικό Καταστρώματος</u></b>	
Πλοίαρχος Α	1
Πλοίαρχος Β	1
Πλοίαρχος Γ	2
Δόκιμος Πλοίαρχος	1
Ναύκληρος	1
Ναύτες	6
<b>Σύνολο</b>	<b>12</b>
<b><u>Προσωπικό Μηχανής</u></b>	
Μηχανικός Α	1
Μηχανικός Β	1
Μηχανικός Γ	2
Δόκιμος Μηχανικός	1
Μηχαν/γος Α	1
Μηχαν/γος Β	1
Ηλεκτρολόγος	1
<b>Σύνολο</b>	<b>8</b>
<b><u>Προσωπικό Γενικών Υπηρεσιών</u></b>	
Μάγειρας	2
Θαλαμηπόλος	2
Ραδιοτηλεγραφετής Α	1
<b>Σύνολο</b>	<b>5</b>
<b>Συνολικός Αριθμός Πληρώματος</b>	<b>25</b>

## 2.8. Δείκτης Εξαρτισμού

Ο τύπος που δίνει τον αριθμό Εξαρτισμού σε μετρικές μονάδες είναι ο παρακάτω:

$$EN = \Delta^{\frac{2}{3}} + 2Bh + 0.1A$$

όπου:

$\Delta$ : το εκτόπισμα της γάστρας και ίσο με 212494 [tons]

B: το θεωρητικό πλάτος σε m

$h = a + h_1 + h_2 + \dots$ ,

a: το ύψος εξάλων σε m

$h_i$ , ύψος σε m στον κεντρικό διαμήκη άξονα κάθε ορόφου υπερστεγάσματος, άρα:

$$h = 49.15[m]$$

A: εμβαδόν σε  $m^2$  της πάνω από την θερινή ίσαλο, πλευρικής επιφάνειας του σκάφους, των υπερστεγασμάτων και των υπερκατασκευών.

Ο υπολογισμός του A απαιτεί την εύρεση της επιφάνειας της γάστρας από τα 15.25 [m] έως τα 32.40 [m], τον υπολογισμό των επιφανειών των υπερκατασκευών του πρόστεγρου καθώς επίσης και των συνολικών εμπορευματοκιβωτίων που είναι φορτομένα στο κατάστρωμα. Η επιφάνεια της γάστρας βρίσκεται αφαιρώντας τις τιμές της βρεχόμενης επιφάνειας (από τους υδροστατικούς υπολογισμούς) για τα δύο βυθίσματα. Προσθέτοντας σε αυτή τις υπόλοιπες επιφάνειες έχουμε:

$$A = 32797[m^2]$$

Τέλος ο αριθμός εξαρτισμού προκύπτει:

$$EN = 12247.14$$

Ο δείκτης εξαρτισμού που επιλέγεται είναι **U64** και τα λοιπά μεγέθη που εξαρτώνται από αυτόν παρουσιάζονται παρακάτω:

EQUIPEMENT NUMBER =  $\Delta^{2/3} + 2Bh + A/10$

**$\Delta = 212494$  [tons]**

$\Delta^{2/3} = 3561.94$

**$B = 55$  [m]**

$2Bh = 5406.50$

**$h = 49.15$  [m]**

$A/10 = 3279.7$

**$A = 32797$**

EQUIPEMENT NUMBER-----12247.14

EQUIPEMENT NUMBER-----U64

STOCKLESS ANCHORS

Bower Anchors Number-----3

WEIGHT PER ANCHOR-----78 [tons]

CHAIN CABLE

Stud Link Bower Chain Length-----770 [m]

DIAMETER (GRADE 3)-----147 [mm]

TOW LINE

MINIMUM LENGTH-----300 [m]

BREAKING STRENGTH-----150000 [kg]

MOORING LINES

NUMBER-----17

MIN LENGTH OF EACH-----200 [m]

MIN BREAKING STRENGTH-----75000 [kg]

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: Υδροστατικοί Υπολογισμοί – Καταστάσεις Φόρτωσης**

### **3.1. Υδροστατικοί Υπολογισμοί**

Στην παράγραφο αυτή επανεκτιμήσαμε τα βασικά υδροστατικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη πλοίου, αφού πλέον έχουμε διαθέσιμες τις ναυπηγικές γραμμές και τη γάστρα του πλοίου καθώς και το capacity plan μαζί με λεπτομερείς ογκομετρήσεις όλων των δεξαμενών. Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε το σχεδιαστικό πρόγραμμα **TRIBON M2 INITIAL DESIGN – Calc & Hydro** καθώς επίσης και το σχεδιαστικό πρόγραμμα **AutoCAD 2006** για την εκπόνηση των επισυναπτόμενων σχεδίων.

Στο Παράρτημα Α παρουσιάζονται αναλυτικά όλοι οι υδροστατικοί υπολογισμοί, και στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται όλα τα κύρια υδροστατικά μεγέθη του υπο μελέτη πλοίου όπως προέκυψαν από το σχεδιαστικό λογισμικό.

**Πίνακας 5<sup>ο</sup>:** Κύρια Υδροστατικά Μεγέθη υπο Μελέτη Πλοίου

	Όνομα Πλοίου		NTUA - ULMCS
Εκτοπίσματα	Δ	[tons]	211353
	V	[m <sup>3</sup> ]	206198
Συντελεστές Μορφής	C <sub>B</sub>	-	0.615
	C <sub>M</sub>		0.967
	C <sub>P</sub>		0.635
	C <sub>WL</sub>		0.770
Διαγωγή & Βυθίσματα (F.L. Departure)	MCT	[t×m/cm]	3893.54
	LCB <sub>A.P.</sub>	[m]	188.821
	t	[m]	0.122 (έμπρορη)
	T <sub>M</sub>	[m]	15.256
	T <sub>F</sub>	[m]	15.317
	T <sub>A</sub>	[m]	15.195
	LCF	[m]	178.573
	BM	[m]	17.862
	TPI	[t/cm]	173.62
Φορτίο	DWT	[tons]	155842
	W <sub>TEU</sub>	[tons]	144553

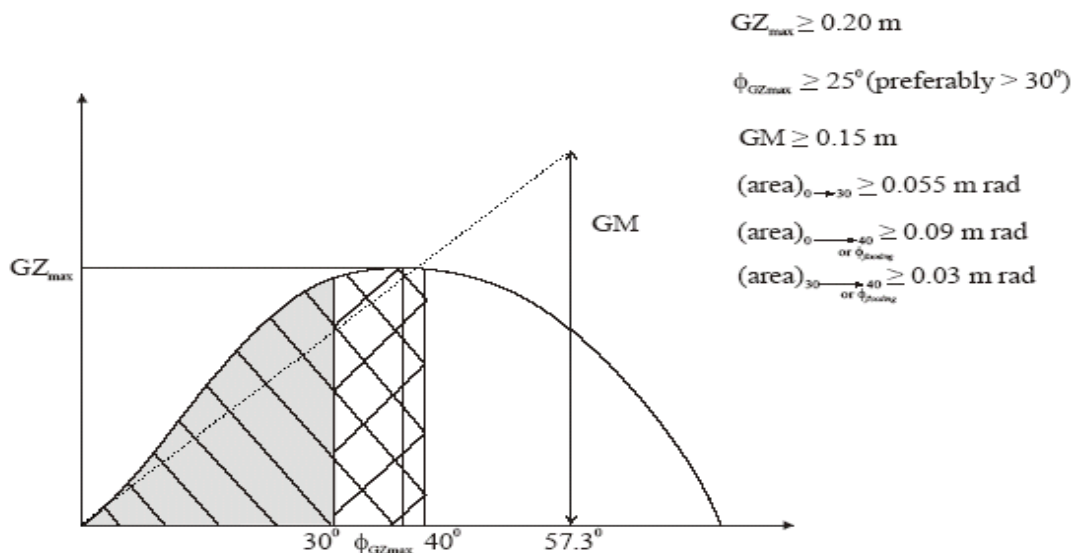
### 3.2. Πλαίσιο Κανονισμών Ευστάθειας Πλοίου

#### 3.2.1. Άθικτη Κατάσταση

Η διδακτορική εργασία του Φινλανδού Μηχανικού Ραχόλα (1939) η οποία περιελάμβανε στατιστική επεξεργασία των χαρακτηριστικών στατικής ευστάθειας 30 πλοίων που ανατράπηκαν στη Βαλτική Θάλασσα ήταν το τεχνικό υπόβαθρο επί του οποίου βασίστηκε η διακήρυξη A.167 (ES.IV) του IMCO (σήμερα IMO) για επιβατηγά και φορτηγά πλοία κάτω των 100 μέτρων. Τροποποιημένες απαιτήσεις εισήχθησαν το 1971 με τη διακήρυξη A.206(VII) για πλοία που μεταφέρουν φορτίο στο κατάστρωμα. Το κριτήριο A.167 καλύπτει μόνο τη στατική συμπεριφορά ενός πλοίου, όμως επιστημονικές μελέτες έχουν δείξει καθαρά ότι στατικού κριτήρια ευστάθειας δεν καλύπτουν ικανοποιητικά όλες τις συνθήκες λειτουργίας ενός πλοίου. Είναι αναγκαίο να ληφθεί υπόψη λοιπόν η επίδραση που έχουν στην ευστάθεια εξωτερικές δυνάμεις κυρίως λόγω κυματισμού και ανέμου. Έτσι, το 1985 υιοθετήθηκε από τη Συνέλευση του IMO το λεγόμενο κριτήριο καιρού (‘‘severe wind and rolling criterion’’ πιο γνωστό σαν ‘‘weather criterion’’) με τη διακήρυξη A.562(14). Το κριτήριο καιρού έχει εφαρμογή για επιβατηγά και φορτηγά πλοία άνω των 24 μέτρων και επομένως είναι συμπληρωματικό του παλαιότερου κριτηρίου A.167.

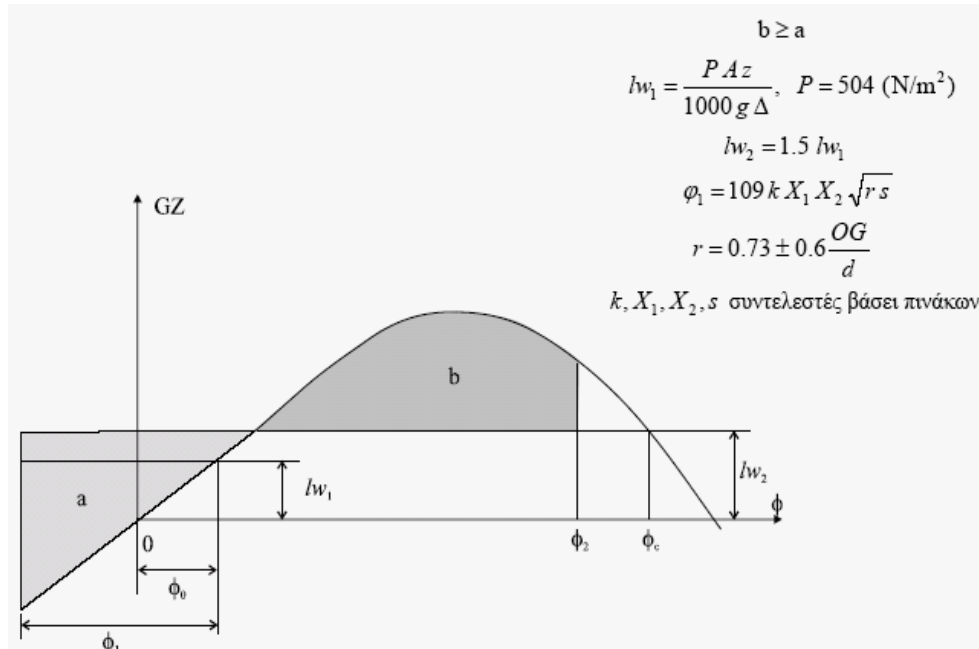
#### 3.2.2. Οι Κανονισμοί Ευστάθειας Άθικτου Πλοίου

α) Για όλα τα πλοία:



Επιπλέον πρέπει να ικανοποιείται το παρακάτω, λεγόμενο «κριτήριο καιρού»:





Values of factor  $X_1$

$B/d$	$X_1$
≤ 2.4	1.0
2.5	0.98
2.6	0.96
2.7	0.95
2.8	0.93
2.9	0.91
3.0	0.90
3.1	0.88
3.2	0.86
3.4	0.82
≥ 3.5	0.80

Values of factor  $X_2$

$C_B$	$X_2$
≤ 0.45	0.75
0.50	0.82
0.55	0.89
0.60	0.95
0.65	0.97
≥ 0.70	1.0

Values of factor  $k$

$\frac{A_k \times 100}{L \times B}$	$k$
0	1.0
1.0	0.98
1.5	0.95
2.0	0.88
2.5	0.79
3.0	0.74
3.5	0.72
≥ 4.0	0.70

values of factor  $s$

$T$	$s$
≤ 6	0.100
7	0.098
8	0.093
12	0.065
14	0.053
16	0.044
18	0.038
≥ 20	0.035

(Intermediate values in these tables should be obtained by linear interpolation)

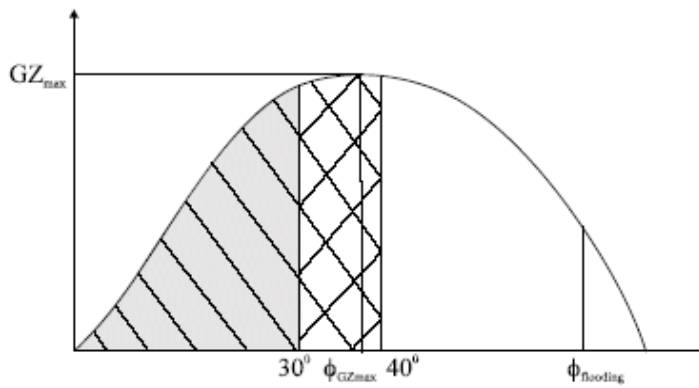
Rolling period  $T = \frac{2CB}{\sqrt{GM}}$  (s)

where:  $C = 0.373 + 0.023(B/d) - 0.043(L/100)$ .

The symbols in the above tables and formula for the rolling period are defined as follows:

- $L$  = waterline length of the ship (m)
- $B$  = moulded breadth of the ship (m)
- $d$  = mean moulded draught of the ship (m)
- $C_B$  = block coefficient
- $A_k$  = total overall area of bilge keels, or area of the lateral projection of the bar keel, or sum of these areas (m<sup>2</sup>)
- $GM$  = metacentric height corrected for free surface effect (m).

β) Για Containerships άνω των 100 μέτρων:



$$\overline{GZ}_{max} \geq \frac{0.042}{C}$$

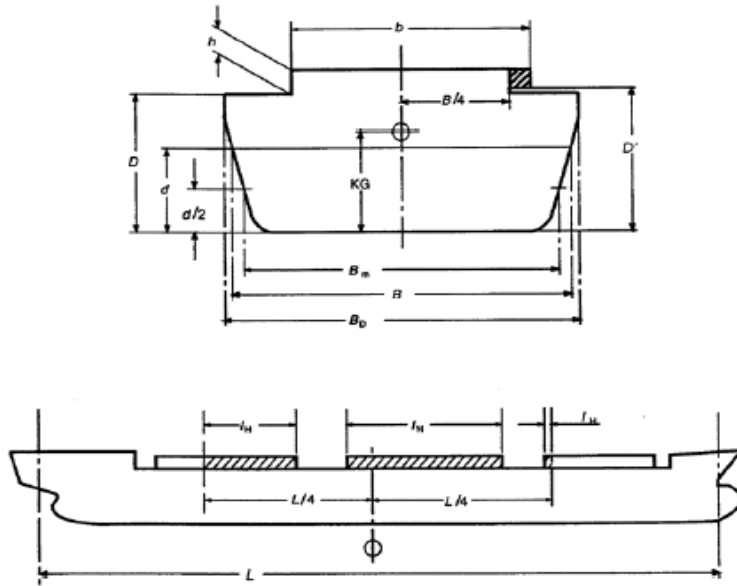
$$\overline{GZ}_\varphi \geq \frac{0.033}{C}, \varphi \geq 30^\circ$$

$$(area)_{0 \rightarrow 30} \geq \frac{0.009}{C}$$

$$(area)_{0 \rightarrow 40, \varphi_{flooding}} \geq \frac{0.016}{C}$$

$$(area)_{30 \rightarrow 40, \varphi_{flooding}} \geq \frac{0.006}{C}$$

$$(area)_{0 \rightarrow \varphi_{flooding}} \geq \frac{0.029}{C}$$



$$C = \frac{d D'}{B_m^2} \sqrt{\frac{d}{KG}} \left( \frac{C_B}{C_W} \right)^2 \sqrt{\frac{100}{L}}$$

$d$  = mean draught (m)

$$D' = D + h \left( \frac{2b - B_D}{B_D} \right) \left( \frac{2 \sum l_H}{L} \right) \text{ as defined in figure}$$

$D$  = moulded depth of the ship (m)

$B$  = moulded breadth of the ship (m)

KG = height of the centre of gravity above the keel (m); not to be taken as less than  $d$

$C_B$  = block coefficient

$C_W$  = waterplane coefficient.

### 3.3. Καταστάσεις Φόρτωσης (Loading Conditions)

Έχοντας ολοκληρώσει την διαμερισματοποίηση του υπο μελέτη πλοίου, έχουμε πλέον καθορισμένες τόσο τις θέσεις, όσο και τις ποσότητες των διαφόρων ομάδων βαρών. Στη συνέχεια προκειμένου να γίνει έλεγχος της άθικτης ευστάθειας του πλοίου μελετήσαμε μέσω του σχεδιαστικού λογισμικού **TRIBON M2 INITIAL DESIGN – Calc & Hydro** τις βασικότερες καταστάσεις φόρτωσης οι οποίες και αναλύονται εκτενώς παρακάτω. Έτσι:

#### **3.3.1. Full Load Departure Condition**

Σχηματίζουμε έναν αρχικό πίνακα ροπών που αναφέρεται στα container που μεταφέρει το υπο μελέτη πλοίο:

**Πίνακας 6<sup>ος</sup>**

	<b><i>Bάρη [t]</i></b>	<b><i>KG [m]</i></b>	<b><i>M<sub>T</sub> [t×m]</i></b>	<b><i>LCG [m]</i></b>	<b><i>M<sub>L</sub> [t×m]</i></b>
<b>W<sub>TEU on deck</sub></b>	69936	43.70	3056203.20	186.95	13074535.20
<b>W<sub>TEU in holds</sub></b>	74617	18.69	1394591.73	203.19	15161428.23
<b>W<sub>TEU</sub></b>	<b>144553</b>	<b>30.79</b>	<b>4450794.93</b>	<b>195.33</b>	<b>28235963.43</b>

Στη συνέχεια σχηματίζουμε έναν πίνακα ροπών στον οποίο αναλύονται τα αναλώσιμα όπου σε συνδυασμό με την ανάλυση τόσο του βάρους του φορτίου, όσο και με την ανάλυση κάποιων σταθερών ομάδων βαρών (πλήρωμα, προμήθειες κ.α.) καθορίζεται πλήρως το πρόσθετο βάρος του πλοίου DWT:

**Πίνακας 7<sup>ος</sup>**

	<b><i>Bάρη [t]</i></b>	<b><i>KG [m]</i></b>	<b><i>M<sub>T</sub> [t×m]</i></b>	<b><i>LCG [m]</i></b>	<b><i>M<sub>L</sub> [t×m]</i></b>
<b>W<sub>F.O.</sub></b>	9594.0	8.38	80397.72	213.00	2043522.00
<b>W<sub>D.O.</sub></b>	1178.0	1.97	2320.66	126.72	149276.16
<b>W<sub>L.O.</sub></b>	416.0	2.60	1084.20	71.00	29607.00
<b>W<sub>F.W.</sub></b>	85.0	28.68	2466.48	246.50	21199.00
<b>W<sub>PR</sub></b>	4.5	38.80	174.96	252.00	1134.00
<b>W<sub>CR</sub></b>	3.5	38.88	147.74	252.00	957.60
<b>W<sub>Stores</sub></b>	5.0	32.00	160.00	200.00	1000.00
<b>W<sub>TEU</sub></b>	144553.0	30.79	4450794.93	195.33	28235963.43
<b>DWT<sub>F.L.D.</sub></b>	<b>1558439.0</b>	<b>29.12</b>	<b>4537546.69</b>	<b>195.60</b>	<b>30482659.19</b>

Ακολουθώς αναλύεται το βάρος του κενού σκάφους L.S., όπως αυτό υπολογίστηκε από τη μελέτη και υπολογισμό του βάρους του υπο μελέτη πλοίου [...]:

Πίνακας 8<sup>ος</sup>

	<i><b>Βάρη [t]</b></i>	<i><b>KG [m]</b></i>	<i><b>MT [t×m]</b></i>	<i><b>LCG [m]</b></i>	<i><b>ML [t×m]</b></i>
<b>W<sub>ST</sub></b>	44855	13.50	605542.50	191.80	8603189
<b>W<sub>M</sub></b>	9650	10.00	96500.00	70.00	675500
<b>W<sub>OT</sub></b>	1000	32.4	32400.00	184.00	184000
<b>L.S.</b>	<b>55505</b>	<b>13.23</b>	<b>734442.50</b>	<b>170.48</b>	<b>9462689</b>

Τέλος έχοντας αναλύσει τόσο το βάρος του DWT, όσο και το βάρος του L.S., υπολογίζουμε μέσω του επομένου πίνακα ροπών το βάρος, την καθ' ύψος και την κατά το διάμηκες θέση του εκτοπίσματος Δ του υπό μελέτη πλοίου για την συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης.

Πίνακας 9<sup>ος</sup>

	<i><b>Βάρη [t]</b></i>	<i><b>KG [m]</b></i>	<i><b>MT [t×m]</b></i>	<i><b>LCG [m]</b></i>	<i><b>ML [t×m]</b></i>
<b>L.S.</b>	55505.00	13.23	734442.50	170.48	9462689
<b>DWT<sub>F.L.D.</sub></b>	155841.30	29.12	4537546.69	195.60	30482659.19
<b>Δ</b>	<b>211344.00</b>	<b>24.94</b>	<b>5270919.36</b>	<b>189.04</b>	<b>39952469.76</b>

Υπολογισθέντα Μεγέθη:

► Βύθισμα στο Κέντρο Πλευστότητας:

$$T_{LCF} = 15.250 [m]$$

► Πρυμναίο Βύθισμα:

$$T_A = 15.195 [m]$$

► Πρωραίο Βύθισμα:

$$T_F = 15.317 [m]$$

► Βύθισμα στο Μέσο Νομέα:

$$T_M = 15.256 [m]$$

► Διαγωγή:

$$t = 0.122 [m] \rightarrow \text{Έμπρορη}$$

► Καθ' ύψος Θέση του Κέντρου Βάρους:

$$KG = 24.945 [m]$$

► Μετακεντρική Ακτίνα:

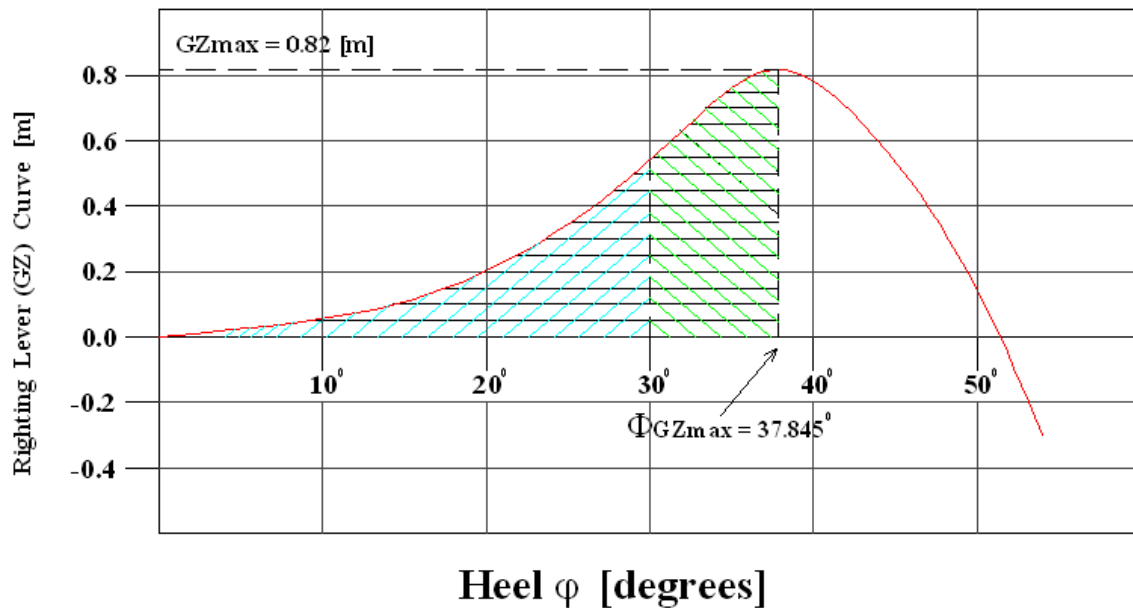
$$BM = 17.830 [m]$$

- ▶ Μετακεντρικό Ύψος:  $GM = 0.191 [m]$
- ▶ Διαμήκης Μετακεντρική Ακτίνα:  $BM_L = 731.112 [m]$
- ▶ Βρεχόμενη Επιφάνεια:  $WPA = 16894.533 [m^2]$
- ▶ Διαμήκης Θέση Κέντρου Πλευστότητας:  $LCF = 179.090 [m]$
- ▶ Μεταβολή Εκτοπίσματος ανά cm βύθισης:  $TPI = 173.169 [ton/cm]$
- ▶ Ροπή Διαγωγής ανά μονάδα διαφοράς βυθισμάτων:  $MCT = 3862.902 [ton \times m/cm]$
- ▶ Βύθιση Έλικας:  $Propeller\ tip\ Immersion = 3.103 [m]$

Έλεγχος Κριτηρίων Ευστάθειας:

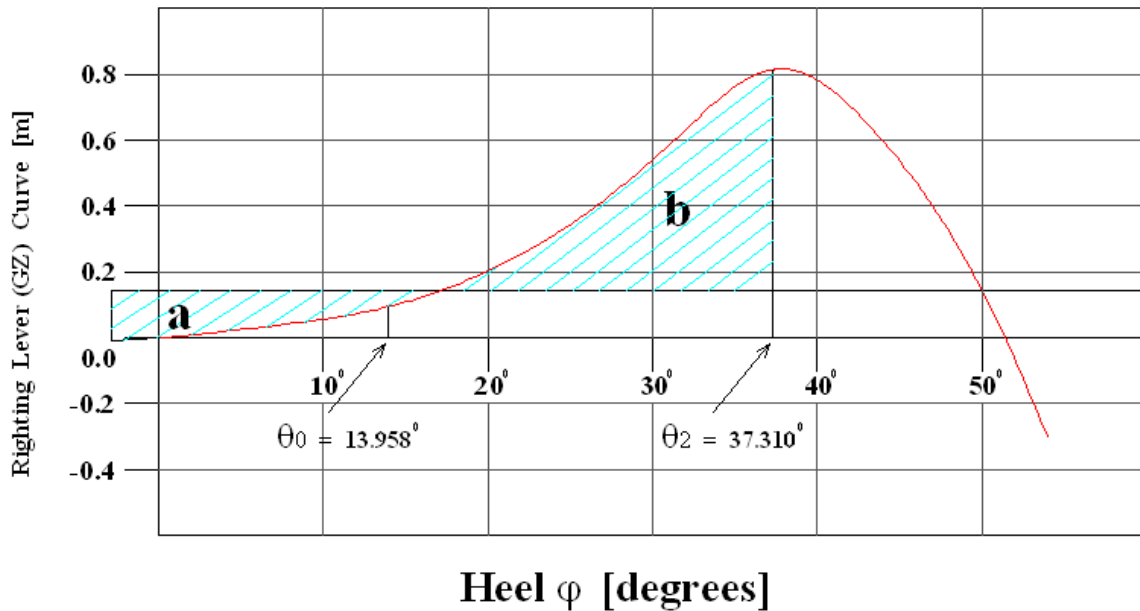
- Για όλα τα πλοία:

Αρχικά θα σχεδιάσουμε την καμπύλη GZ – φ με βάση τις τιμές που υπολογίσαμε μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος. Ο πίνακας τιμών για τον μοχλοβραχίονα GZ, και τη γωνία φ παρουσιάζεται στο Παράρτημα Β.



- ▶  $GZ_{max} = 0.82 \text{ [m]} \geq 0.20 \text{ [m]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $\Phi_{GZ_{max}} = 37.845^\circ \geq 30^\circ \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $GM = 0.191 \text{ [m]} \geq 0.150 \text{ [m]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $(\text{area})_{0^\circ \rightarrow 30^\circ} = 0.087 \text{ [m} \times \text{rad]} \geq 0.055 \text{ [m} \times \text{rad]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $(\text{area})_{0^\circ \rightarrow 40^\circ} = 0.214 \text{ [m} \times \text{rad]} \geq 0.09 \text{ [m} \times \text{rad]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $(\text{area})_{30^\circ \rightarrow 40^\circ} = 0.127 \text{ [m} \times \text{rad]} \geq 0.03 \text{ [m} \times \text{rad]} \rightarrow \text{O.K.}$

- *Κριτήριο Καιρού:*



- ▶  $\text{Area b} = 0.2053 \text{ [m} \times \text{rad]}$
- ▶  $\text{Area a} = 0.02644 \text{ [m} \times \text{rad]}$
- ▶  $\text{Area b} \geq \text{Area a} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $\text{Maximum Initial Angle of Heel } \theta_0 = 13.958^\circ < 16^\circ \rightarrow \text{O.K.}$

- Για Containerships άνω των 100 [m]:

Αρχικά υπολογίσαμε τα απαραίτητα μεγέθη για την εφαρμογή του κριτηρίου. Πράγματι:

$$B_m = 55 [m], \quad B_d = 55 [m], \quad h = 2 [m], \quad b = 44.15 [m], \quad l_h = 179.6 [m], \\ D' = 33.487, \quad C = 0.044$$

- ▶ **GZ<sub>max</sub> = 0.82 [m] ≤ 0.042/C = 0.954 → FAIL**
- ▶ **GZ<sub>φ</sub> = 0.82 ≥ 0.033/C = 0.75, φ ≥ 30° → O.K.**
- ▶ **(area)<sub>0 → 30°</sub> = 0.087 [m×rad] ≤ 0.09/C = 0.204 → FAIL**
- ▶ **(area)<sub>0 → 40°</sub> = 0.214 [m×rad] ≤ 0.016/C = 0.363 → FAIL**
- ▶ **(area)<sub>30° → 40°</sub> = 0.127 [m×rad] ≤ 0.006/C = 0.136 → FAIL**
- ▶ **(area)<sub>0 → φ<sub>flooding</sub></sub> = 0.508 [m×rad] ≤ 0.029/C = 0.657 → FAIL**

Παρατήρηση: Το ειδικό αυτό κριτήριο για Containerships άνω των 100 [m], δεν είναι απαραίτητο από τους κανονισμούς για τον έλεγχο της άθικτης ευστάθειας ενός πλοίου. Απλά λειτουργεί σαν ένας επιπλέον έλεγχος μετά την εφαρμογή των γενικών κριτηρίων ευστάθειας και του κριτηρίου καιρού. Ωστόσο από τους υπολογισμούς στο υπο μελέτη πλοίο φαίνεται πως δεν ικανοποιείται. Παρόλα αυτά έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις μη ικανοποίησης του και σε άλλα ίδιου τύπου πλοία άνω των 100 [m], γεγονός που μας οδηγεί στη μη χρησιμοποίηση του στις υπόλοιπες καταστάσεις φόρτωσης που ακολουθούν.



### **3.3.2. Full Load Arrival Condition**

Έχοντας πλέον αναλύσει από την προηγούμενη κατάσταση φόρτωσης το βάρος των κιβωτίων και το βάρος κενού σκάφους, σχηματίζουμε με τον ίδιο τρόπο έναν πίνακα ροπών στον οποίο αναλύονται τα αναλώσιμα (τα οποία έχουν μειωθεί περίπου στο 10% των αρχικών) προκειμένου να καθορίσουμε το νέο πρόσθετο βάρος του πλοίου DWT:

**Πίνακας 10<sup>ος</sup>**

	<i><b>Βάρη [t]</b></i>	<i><b>KG [m]</b></i>	<i><b>ΜΤ [t×m]</b></i>	<i><b>LCG [m]</b></i>	<i><b>ΜL [t×m]</b></i>
<b>W<sub>F.O.</sub></b>	917.8	26.38	24211.56	82.98	76159.04
<b>W<sub>D.O.</sub></b>	122.1	7.11	868.13	112.73	13764.33
<b>W<sub>L.O.</sub></b>	42.5	0.26	11.05	71.00	3017.50
<b>W<sub>F.W.</sub></b>	8.6	28.43	241.66	246.50	2095.25
<b>W<sub>PR</sub></b>	0.5	38.8	19.40	252.00	126.00
<b>W<sub>CR</sub></b>	3.5	38.88	147.74	252.00	957.60
<b>W<sub>Stores</sub></b>	5.0	32.00	160.00	200.00	1000.00
<b>W<sub>TEU</sub></b>	144553.0	30.79	4450794.93	195.33	28235963.43
<b>DWT<sub>F.L.A.</sub></b>	<b>145653.0</b>	<b>30.73</b>	<b>4476454.47</b>	<b>194.53</b>	<b>28333083.15</b>

Ομοίως υπολογίζεται μέσω του ακόλουθου πίνακα ροπών το εκτόπισμα για τη συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης.

**Πίνακας 12<sup>ος</sup>**

	<i><b>Βάρη [t]</b></i>	<i><b>KG [m]</b></i>	<i><b>ΜΤ [t×m]</b></i>	<i><b>LCG [m]</b></i>	<i><b>ΜL [t×m]</b></i>
<b>L.S.</b>	55505.00	13.23	734442.50	170.48	9462689
<b>DWT<sub>F.L.A.</sub></b>	145653.00	30.73	4476454.47	194.53	28333083.15
<b>Δ<sub>Arrival</sub></b>	<b>201157.90</b>	<b>25.90</b>	<b>5209989.61</b>	<b>187.89</b>	<b>37795557.83</b>

Προκαταρκτική Σχεδίαση & Ευστάθεια ενός Ultra Large Mega-Containership (ULMCS)

Υπολογισθέντα Μεγέθη:

- ▶ Βύθισμα στο Κέντρο Πλευστότητας:  $T_{LCF} = 14.657 [m]$
- ▶ Πρυμναίο Βύθισμα:  $T_A = 15.002 [m]$
- ▶ Πρωραίο Βύθισμα:  $T_F = 14.233 [m]$
- ▶ Βύθισμα στο Μέσο Νομέα:  $T_M = 14.618 [m]$
- ▶ Διαγωγή:  $t = 0.769 [m] \rightarrow \text{Έπιμυρμυνη}$
- ▶ Καθ' ύψος Θέση του Κέντρου Βάρους:  $KG = 25.905 [m]$
- ▶ Μετακεντρική Ακτίνα:  $BM = 18.362 [m]$
- ▶ Μετακεντρικό Ύψος:  $GM = 0.345 [m]$
- ▶ Διαμήκης Μετακεντρική Ακτίνα:  $BM_L = 746.380 [m]$
- ▶ Βρεχόμενη Επιφάνεια:  $WPA = 16688.827 [m^2]$
- ▶ Διαμήκης Θέση Κέντρου Πλευστότητας:  $LCF = 179.465 [m]$
- ▶ Μεταβολή Εκτοπίσματος ανά cm βύθισης:  $TPI = 171.060 [ton/cm]$
- ▶ Ροπή Διαγωγής ανά μονάδα διαφοράς βυθισμάτων:  $MCT = 3753.506 [ton \times m/cm]$
- ▶ Βύθιση Έλικας:  $Propeller\ tip\ Immersion = 2.926 [m]$

Έλεγχος Κριτηρίων Ευστάθειας:

- Για όλα τα πλοία:

- ▶  $GZ_{max} = 0.859 \text{ [m]} \geq 0.20 \text{ [m]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $\Phi_{GZ_{max}} = 38.618^\circ \geq 30^\circ \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $GM = 0.345 \text{ [m]} \geq 0.150 \text{ [m]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $(\text{area})_{0^\circ \rightarrow 30^\circ} = 0.103 \text{ [m} \times \text{rad]} \geq 0.055 \text{ [m} \times \text{rad]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $(\text{area})_{0^\circ \rightarrow 40^\circ} = 0.235 \text{ [m} \times \text{rad]} \geq 0.09 \text{ [m} \times \text{rad]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $(\text{area})_{30^\circ \rightarrow 40^\circ} = 0.132 \text{ [m} \times \text{rad]} \geq 0.03 \text{ [m} \times \text{rad]} \rightarrow \text{O.K.}$

- Κριτήριο Καιρού:

- ▶  $\text{Area b} = 0.2251 \text{ [m} \times \text{rad]}$
- ▶  $\text{Area a} = 0.02317 \text{ [m} \times \text{rad]}$
- ▶  $\text{Area b} \geq \text{Area a} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $\text{Maximum Initial Angle of Heel } \theta_0 = 11.616^\circ < 16^\circ \rightarrow \text{O.K.}$

Παρατήρηση: Η καμπύλη GZ – φ καθώς και τα υπόλοιπα στοιχεία για τη συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β.

### **3.3.3. Ballast Departure Condition**

Στη συγκεκριμένη κατάσταση μελετάμε την ευστάθεια του υπό μελέτη πλοίου, όταν αυτό είναι σε κατάσταση ερματισμού και είναι έτοιμο για αναχώρηση. Επίσης στη κατάσταση αυτή το πλοίο δεν έχει καθόλου φορτίο και προκειμένου να είναι σε αρμονία με τους κανονισμούς άθικτης ευστάθειας φορτώνεται με το αναγκαίο έρμα. Συνεπώς σχηματίζουμε έναν πίνακα ροπών στον οποίο αναλύονται τα αναλώσιμα και το έρμα, όπου σε συνδυασμό με την ανάλυση των σταθερών ομάδων βαρών (πλήρωμα, προμήθειες κ.α.) καθορίζεται πλήρως το πρόσθετο βάρος του πλοίου DWT:

**Πίνακας 13<sup>ος</sup>**

	<i><b>Βάρη [t]</b></i>	<i><b>KG [m]</b></i>	<i><b>ΜΤ [t×m]</b></i>	<i><b>LCG [m]</b></i>	<i><b>ΜL [t×m]</b></i>
<b>W<sub>F.O.</sub></b>	9594.0	8.38	80397.72	213.00	2043522.00
<b>W<sub>D.O.</sub></b>	1178.0	1.97	2320.66	126.72	149276.16
<b>W<sub>L.O.</sub></b>	416.0	2.60	1084.20	71.00	29607.00
<b>W<sub>F.W.</sub></b>	85.0	28.68	2466.48	246.50	21199.00
<b>W<sub>PR</sub></b>	4.5	38.80	174.96	252.00	1134.00
<b>W<sub>CR</sub></b>	3.5	38.88	147.74	252.00	957.60
<b>W<sub>Stores</sub></b>	5.0	32.00	160.00	200.00	1000.00
<b>W<sub>W.B.</sub></b>	87096.5	14.13	1230277.64	195.16	16997366.94
<b>DWT<sub>B.D.</sub></b>	<b>98383.5</b>	<b>13.39</b>	<b>1317029.40</b>	<b>195.61</b>	<b>19244062.40</b>

Έχοντας αναλύσει τόσο το βάρος του DWT της συγκεκριμένης κατάστασης, όσο και το βάρος του L.S., υπολογίζουμε μέσω του επομένου πίνακα ροπών το βάρος, την καθ' ύψος και την κατά το διάμηκες θέση του εκτοπίσματος Δ του υπό μελέτη πλοίου.

**Πίνακας 14<sup>ος</sup>**

	<i><b>Βάρη [t]</b></i>	<i><b>KG [m]</b></i>	<i><b>ΜΤ [t×m]</b></i>	<i><b>LCG [m]</b></i>	<i><b>ΜL [t×m]</b></i>
<b>L.S.</b>	55505.00	13.23	734442.50	170.48	9462689
<b>DWT<sub>B.D.</sub></b>	98383.5	13.39	1317029.40	195.61	19244062.40
<b>Δ</b>	<b>153888.5</b>	<b>13.33</b>	<b>2051333.71</b>	<b>186.59</b>	<b>28714055.22</b>

Προκαταρκτική Σχεδίαση & Ευστάθεια ενός Ultra Large Mega-Containership (ULMCS)

Υπολογισθέντα Μεγέθη:

- ▶ Βύθισμα στο Κέντρο Πλευστότητας:  $T_{LCF} = 11.759 [m]$
- ▶ Πρυμναίο Βύθισμα:  $T_A = 12.695 [m]$
- ▶ Πρωραίο Βύθισμα:  $T_F = 10.690 [m]$
- ▶ Βύθισμα στο Μέσο Νομέα:  $T_M = 11.693 [m]$
- ▶ Διαγωγή:  $t = 2.005 [m] \rightarrow \text{Έπιμυμνη}$
- ▶ Καθ' ύψος Θέση του Κέντρου Βάρους:  $KG = 13.330 [m]$
- ▶ Μετακεντρική Ακτίνα:  $BM = 20.904 [m]$
- ▶ Μετακεντρικό Ύψος:  $GM = 12.565 [m]$
- ▶ Διαμήκης Μετακεντρική Ακτίνα:  $BM_L = 829.483 [m]$
- ▶ Βρεχόμενη Επιφάνεια:  $WPA = 15461.831 [m^2]$
- ▶ Διαμήκης Θέση Κέντρου Πλευστότητας:  $LCF = 186.770 [m]$
- ▶ Μεταβολή Εκτοπίσματος ανά cm βύθισης:  $TPI = 158.484 [ton/cm]$
- ▶ Ροπή Διαγωγής ανά μονάδα διαφοράς βυθισμάτων:  $MCT = 3191.008 [ton \times m/cm]$
- ▶ Βύθιση Έλικας:  $Propeller\ tip\ Immersion = 0.640 [m]$

Έλεγχος Κριτηρίων Ευστάθειας:

- Για όλα τα πλοία:

- ▶  $GZ_{max} = 9.245 \text{ [m]} \geq 0.20 \text{ [m]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $\Phi_{GZ_{max}} = 54.999^\circ \geq 30^\circ \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $GM = 12.565 \text{ [m]} \geq 0.150 \text{ [m]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $(\text{area})_{0^\circ \rightarrow 30^\circ} = 1.742 \text{ [m} \times \text{rad]} \geq 0.055 \text{ [m} \times \text{rad]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $(\text{area})_{0^\circ \rightarrow 40^\circ} = 3.043 \text{ [m} \times \text{rad]} \geq 0.09 \text{ [m} \times \text{rad]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $(\text{area})_{30^\circ \rightarrow 40^\circ} = 1.301 \text{ [m} \times \text{rad]} \geq 0.03 \text{ [m} \times \text{rad]} \rightarrow \text{O.K.}$

- Κριτήριο Καιρού:

- ▶  $\text{Area b} = 4.3998 \text{ [m} \times \text{rad]}$
- ▶  $\text{Area a} = 0.00223 \text{ [m} \times \text{rad]}$
- ▶  $\text{Area b} \geq \text{Area a} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $\text{Maximum Initial Angle of Heel } \theta_0 = 0.753^\circ < 16^\circ \rightarrow \text{O.K.}$

Παρατήρηση: Η καμπύλη  $GZ - \varphi$  καθώς και τα υπόλοιπα στοιχεία για τη συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β.

### **3.3.4. Ballast Arrival Condition**

Έχοντας πλέον αναλύσει από την προηγούμενη κατάσταση ερματισμού το βάρος του θαλασσινού έρματος, σχηματίζουμε με τον ίδιο τρόπο έναν πίνακα ροπών στον οποίο αναλύονται τα αναλώσιμα (τα οποία έχουν μειωθεί περίπου στο 10% των αρχικών) προκειμένου να καθορίσουμε το νέο πρόσθετο βάρος του πλοίου DWT:

**Πίνακας 15<sup>ος</sup>**

	<i><b>Βάρη [t]</b></i>	<i><b>KG [m]</b></i>	<i><b>ΜΤ [t×m]</b></i>	<i><b>LCG [m]</b></i>	<i><b>ΜL [t×m]</b></i>
<b>W<sub>F.O.</sub></b>	917.8	26.38	24211.56	82.98	76159.04
<b>W<sub>D.O.</sub></b>	122.1	7.11	868.13	112.73	13764.33
<b>W<sub>L.O.</sub></b>	42.5	0.26	11.05	71.00	3017.50
<b>W<sub>F.W.</sub></b>	8.6	28.43	241.66	246.50	2095.25
<b>W<sub>PR</sub></b>	0.5	38.8	19.40	252.00	126.00
<b>W<sub>CR</sub></b>	3.5	38.88	147.74	252.00	957.60
<b>W<sub>Stores</sub></b>	5.0	32.00	160.00	200.00	1000.00
<b>W<sub>W.B.</sub></b>	87096.5	14.13	1230277.64	195.16	16997366.94
<b>DWT<sub>B.A.</sub></b>	<b>88196.5</b>	<b>14.24</b>	<b>1255918.16</b>	<b>193.82</b>	<b>17094245.63</b>

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζεται μέσω του ακόλουθου πίνακα ροπών το εκτόπισμα για τη συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης.

**Πίνακας 16<sup>ος</sup>**

	<i><b>Βάρη [t]</b></i>	<i><b>KG [m]</b></i>	<i><b>ΜΤ [t×m]</b></i>	<i><b>LCG [m]</b></i>	<i><b>ΜL [t×m]</b></i>
<b>L.S.</b>	55505.00	13.23	734442.50	170.48	9462689
<b>DWT<sub>B.A.</sub></b>	88196.5	14.24	1255918.16	193.82	17094245.63
<b>ΔW.B.Arrival</b>	<b>153807.5</b>	<b>13.32</b>	<b>2048715.9</b>	<b>186.56</b>	<b>28694327.20</b>

Προκαταρκτική Σχεδίαση & Ευστάθεια ενός Ultra Large Mega-Containership (ULMCS)

Υπολογισθέντα Μεγέθη:

▶ Βύθισμα στο Κέντρο Πλευστότητας:	$T_{LCF} = 11.753 [m]$
▶ Πρυμναίο Βύθισμα:	$T_A = 12.697 [m]$
▶ Πρωραίο Βύθισμα:	$T_F = 10.677 [m]$
▶ Βύθισμα στο Μέσο Νομέα:	$T_M = 11.687 [m]$
▶ Διαγωγή:	$t = 2.021 [m] \rightarrow \text{Έπιμυρμυνη}$
▶ Καθ' ύψος Θέση του Κέντρου Βάρους:	$KG = 13.321 [m]$
▶ Μετακεντρική Ακτίνα:	$BM = 20.912 [m]$
▶ Μετακεντρικό Ύψος:	$GM = 12.578 [m]$
▶ Διαμήκης Μετακεντρική Ακτίνα:	$BM_L = 829.955 [m]$
▶ Βρεχόμενη Επιφάνεια:	$WPA = 15461.222 [m^2]$
▶ Διαμήκης Θέση Κέντρου Πλευστότητας:	$LCF = 186.766 [m]$
▶ Μεταβολή Εκτοπίσματος ανά cm βύθισης:	$TPI = 158.478 [ton/cm]$
▶ Ροπή Διαγωγής ανά μονάδα διαφοράς βυθισμάτων:	$MCT = 3191.141 [ton \times m/cm]$
▶ Βύθιση Έλικας:	$Propeller\ tip\ Immersion = 0.643 [m]$



Έλεγχος Κριτηρίων Ευστάθειας:

- Για όλα τα πλοία:

- ▶  $GZ_{max} = 9.248 \text{ [m]} \geq 0.20 \text{ [m]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $\Phi_{GZ_{max}} = 54^\circ \geq 30^\circ \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $GM = 12.578 \text{ [m]} \geq 0.150 \text{ [m]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $(\text{area})_{0^\circ \rightarrow 30^\circ} = 1.744 \text{ [m} \times \text{rad]} \geq 0.055 \text{ [m} \times \text{rad]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $(\text{area})_{0^\circ \rightarrow 40^\circ} = 3.045 \text{ [m} \times \text{rad]} \geq 0.09 \text{ [m} \times \text{rad]} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $(\text{area})_{30^\circ \rightarrow 40^\circ} = 1.302 \text{ [m} \times \text{rad]} \geq 0.03 \text{ [m} \times \text{rad]} \rightarrow \text{O.K.}$

- Κριτήριο Καιρού:

- ▶  $\text{Area b} = 4.40335 \text{ [m} \times \text{rad]}$
- ▶  $\text{Area a} = 0.00223 \text{ [m} \times \text{rad]}$
- ▶  $\text{Area b} \geq \text{Area a} \rightarrow \text{O.K.}$
- ▶  $\text{Maximum Initial Angle of Heel } \theta_0 = 0.753^\circ < 16^\circ \rightarrow \text{O.K.}$

Παρατήρηση: Η καμπύλη GZ – φ καθώς και τα υπόλοιπα στοιχεία για τη συγκεκριμένη κατάσταση φόρτωσης παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β.

### **3.4. Συνοπτικός Πίνακας Χαρακτηριστικών Μεγεθών υπο Μελέτη Πλοίου**

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα κύρια μεγέθη του υπο μελέτη πλοίου NTUA – ULMCS:

**Πίνακας 16<sup>ος</sup>**

	<b>Όνομα Πλοίου</b>	<b>NTUA - ULMCS</b>
<b>Κύριες Διαστάσεις</b>	<b>LBP (m)</b>	<b>400.00</b>
	<b>B (m)</b>	<b>55.00</b>
	<b>D (m)</b>	<b>32.40</b>
	<b>T (m)</b>	<b>15.25</b>
<b>Βάρη</b>	<b><math>\Delta</math> (tons)</b>	<b>211353</b>
	<b>DWT (tons)</b>	<b>155842</b>
<b>Χαρακτηριστικά Πρόωσης</b>	<b>V<sub>s</sub> (kn)</b>	<b>25</b>
	<b>P<sub>B</sub> (PS)</b>	<b>114400</b>
<b>Λόγοι &amp; Συντελεστές Μορφής</b>	<b>L/B</b>	<b>7.27</b>
	<b>L/D</b>	<b>12.35</b>
	<b>B/T</b>	<b>3.61</b>
	<b>D/T</b>	<b>2.13</b>
	<b>DWT/<math>\Delta</math></b>	<b>0.737</b>
	<b>C<sub>B</sub></b>	<b>0.615</b>
	<b>C<sub>WL</sub></b>	<b>0.770</b>
	<b>C<sub>P</sub></b>	<b>0.635</b>
<b>C<sub>M</sub></b>	<b>0.967</b>	

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

Η εξέλιξη των πλοίων μεταφοράς Ε/Κ είναι εντυπωσιακή. Το κίνητρο για τις αλλαγές στο σχεδιασμό και στο μέγεθος των πλοίων ήταν και είναι οι επιτυγχανόμενες οικονομίες κλίμακος. Το κόστος για TEU/ναυτικό μίλι πρέπει να είναι το ελάχιστο δυνατό, ώστε να υπάρχει αρκετό περιθώριο κέρδους στις ανταγωνιστικές συνθήκες του παγκόσμιου εμπορίου. Αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η προκαταρκτική σχεδίαση και μελέτη ευστάθειας ενός Mega – Containership.

Στο πρώτο κεφάλαιο, έγινε προσδιορισμός των κύριων διαστάσεων του υπο μελέτη πλοίου με βάση τα ήδη κατασκευασμένα Mega – Containerships και τους φυσικούς περιορισμούς των μεγάλων τερματικών σταθμών. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν προκαταρκτικοί υπολογισμοί τόσο του πρόσθετου βάρους DWT, όσο και του εκτοπίσματος Δ για να γίνουν οι βασικοί έλεγχοι. Τέλος έχοντας πλέον επιλέξει διαστάσεις προχωρήσαμε στη σχεδίαση των ναυπηγικών γραμμών του πλοίου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, πραγματοποιήσαμε τη διαμερισματοποίηση στο εσωτερικό του υπο μελέτη πλοίου, καθορίζοντας κατά σειρά τη θέση των στεγανών φρακτών, τη θέση του μηχανοστασίου, τη θέση των χώρων φορτίου, τη θέση του θαλάσσιου έρματος και τη θέση των αναλωσίμων. Έχοντας πλέον έτοιμη τη διαμερισματοποίηση επόμενο βήμα ήταν ο ακριβής καθορισμός του αριθμού των κιβωτίων (TEU) που είναι ικανό να μεταφέρει το πλοίο. Στη συνέχεια κάναμε υπολογισμό της ολικής χωρητικότητας βάση της οποίας καθορίσαμε την οργανική σύνθεση του πληρώματος. Τελειώνοντας το κεφάλαιο υπολογίσαμε τον δείκτη εξαρτισμού ώστε να προσδιορίσουμε κάποια χρήσιμα στοιχεία για το υπο μελέτη πλοίο (άγκυρες, κάβους κ.α.).

Στο τρίτο κεφάλαιο, πραγματοποιήσαμε υδροστατικούς υπολογισμούς αφ' ενός για να καταλήξουμε σε κάποια χαρακτηριστικά μεγέθη του πλοίου, αφ' ετέρου για να ελέγξουμε αν άλλα που υπολογίσαμε στα πρώτα στάδια της εργασίας είναι σωστά ή όχι. Με βάση τα αποτελέσματα των υπολογισμών σχεδιάσαμε το υδροστατικό διάγραμμα του πλοίου, τις καμπύλες κατακλυσίμων μηκών και τις παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας. Επιπρόσθετα μελετήσαμε τέσσερις καταστάσεις φόρτωσης και τα αποτελέσματα που εξάγαμε ελέγχθηκαν για το αν ικανοποιούν τους ισχύοντες κανονισμούς.

Τα πλοία τύπου containership έχουν αναλάβει πλέον έναν αδιαμφισβητούμενο ρόλο και συνεχώς αυξανόμενο μερίδιο της παγκόσμιας αγοράς των θαλάσσιων μεταφορών, ιδιαίτερα των προϊόντων υψηλής αξίας. Είναι χαρακτηριστικό, ότι η ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας επιδρά καταλυτικά στην ανάπτυξη του συγκεκριμένου τύπου πλοίου. Με την εισαγωγή των Mega – Containerships για round the world μεταφορικές υπηρεσίες θα υπάρξουν τεράστιες δυνατότητες περαιτέρω μείωσης του απαιτούμενου ναύλου και αύξησης της ανταγωνιστικότητας έναντι ανταγωνιζόμενων τύπων πλοίου. Η μεταφορική αλυσίδα αποτελείται από κρίκους, οι οποίοι μαζί με τη μελέτη σχεδίασης και κατασκευή των *Mega – Containerships* πρέπει να συμβαδίζουν διαφορετικά ότι κερδίζουμε στη θάλασσα – εφόσον οι σχεδιάσεις αυτές γίνουν πραγματικότητα – θα χάνεται στη στεριά!

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] T. Crowe, Clarkson Research Services "Future Development of the Container Market"
- [2] "Container Ship Forum", 28<sup>th</sup> September 2005, Hyundai Heavy Industries CO.LTD – Germanischer Lloyd
- [3] Στράτος Παπαδημητρίου, Ορέστης Σχινάς "Εισαγωγή στα Logistics", Αθήνα 2004
- [4] Βιολάρης Νικόλαος "Σχεδίαση Mega Containership – Υπολογισμοί Αντοχής & Προωστήριας Εγκατάστασης", Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 2006
- [5] Αθηναίος Εμμανουήλ "Σχεδίαση Mega Containership – Υδροδυναμική Ανάλυση & Φορτοεκφόρτωση", Διπλωματική Εργασία, Οκτώμβριος 2006
- [6] Γιουρούκος Επαμεινώνδας "Σχεδίαση Mega Containership – Οικονομική Μελέτη Εφικτότητας", Διπλωματική Εργασία, Φεβρουάριος 2007
- [7] Απόστολου. Δ. Παπανικολάου "Μελέτη Πλοίου, Τόμος Α: Μεθοδολογία Προμελέτης"
- [8] Απόστολου. Δ. Παπανικολάου "Μελέτη Πλοίου, Τόμος Β: Εγχειρίδιο Μελέτης"
- [9] Α. Παπανικολάου, Κ. Αναστασόπουλου "Μελέτη & Εξοπλισμός Πλοίου Ι, Μεθοδολογία Προμελέτης – Συλλογή Βοηθημάτων", Αθήνα 2003
- [10] Α. Παπανικολάου "Μελέτη & Εξοπλισμός Πλοίου ΙΙ, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις", Αθήνα 2004
- [11] Θόδωρου Α. Λουκάκη, Γεωργίου Δ. Τζαμπίρα "Υδροστατική & Ευστάθεια Πλοίου, Τόμος Α", Αθήνα 2000
- [12] Κ. Σπύρου "Μελέτη & Εξοπλισμός Πλοίου ΙΙ, Στοιχεία Λεπτομερούς Μελέτης & Σχεδίασης Πλοίου – Σημειώσεις Διδάσκοντος", Αθήνα, Νοέμβριος 2004
- [13] K. J. Rawson & E. C. Tupper "Βασική Θεωρία Πλοίου – Τόμος 1", Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- [14] Suak-Ho Van, Il-Ryong Park, Jin Kim, No-Joon Park, Young-Bok Choi "Hydrodynamic Performance Analysis for the Twin-Skeg Container Ships"

- [15] **Κ. Σπύρου “Δυναμική Ευστάθεια Πλοίου & Υπόβαθρο Κανονισμών – Σημειώσεις Διδάσκοντος”, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2005**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Συγκριτικά Στοιχεία Ομοίων Πλοίων**

► **Emma Maersk:** L = 393 [m], B = 56.4 [m], T = 15.5 [m], GT = 151687 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 14500 TEU (max.)  
L/B = 7.09 και B/T = 3.61

► **Georg Maersk:** L = 367.3 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 97933 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 10150 TEU  
L/B = 8.58 και B/T = 2.85

► **Gerd Maersk:** L = 367.3 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 97933 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 10150 TEU  
L/B = 8.58 και B/T = 2.85

► **Gjertrud Maersk:** L = 367.3 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 97933 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 10150 TEU  
L/B = 8.58 και B/T = 2.85

► **Grete Maersk:** L = 367.3 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 97933 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 10150 TEU  
L/B = 8.58 και B/T = 2.85

► **Gudrun Maersk:** L = 367.3 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 97933 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 10150 TEU  
L/B = 8.58 και B/T = 2.85

► **Gunvor Maersk:** L = 367.3 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 97933 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 10150 TEU  
L/B = 8.58 και B/T = 2.85

► **Xin Los Angeles:** L = 336.7 [m], B = 45.6 [m], T = 15 [m], GT = 107200 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9580 TEU  
L/B = 7.38 και B/T = 3.04

► **Cosco Beijing:** L = 350 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 99833 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9469 TEU  
L/B = 8.19 και B/T = 2.95

► **Cosco Hellas:** L = 350 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 99833 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9469 TEU  
L/B = 8.19 και B/T = 2.95

► **Cosco Guangzhou:** L = 350.56 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 99833 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9469 TEU  
L/B = 8.19 και B/T = 2.95

► **Cosco Ningbo:** L = 350 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 99833 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9469 TEU  
L/B = 8.19 και B/T = 2.95

► **Cosco Yantian:** L = 350 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 99833 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9469 TEU  
L/B = 8.19 και B/T = 2.95

► **CMA CGM Fidelio:** L = 350 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 99500 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9415 TEU  
L/B = 8.19 και B/T = 2.95

► **CMA CGM Medea:** L = 350.6 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 99500 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9415 TEU  
L/B = 8.19 και B/T = 2.95

► **Arnold Maersk:** L = 352.6 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 93496 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9310 TEU  
L/B = 8.24 και B/T = 2.85

► **Anna Maersk:** L = 352.6 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 93496 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9310 TEU  
L/B = 8.24 και B/T = 2.85

► **Albert Maersk:** L = 352.6 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 93496 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9310 TEU  
L/B = 8.24 και B/T = 2.85

► **Adrian Maersk:** L = 352.6 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 93496 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9310 TEU  
L/B = 8.24 και B/T = 2.85

► **Arthur Maersk:** L = 352.6 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 93496 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9310 TEU  
L/B = 8.24 και B/T = 2.85

► **Axel Maersk:** L = 352.6 [m], B = 42.8 [m], T = 15 [m], GT = 93496 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9310 TEU  
L/B = 8.24 και B/T = 2.85

► **MSC Esthi:** L = 335 [m], B = 45.8 [m], T = 15 [m], GT = 99500 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9200 TEU  
L/B = 7.31 και B/T = 3.05

► **MSC Pamela:**  $L = 336.7$  [m],  $B = 45.6$  [m],  $T = 15$  [m],  $GT = 90449$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9200 TEU  
 $L/B = 7.38$  και  $B/T = 3.04$

► **MSC Susanna:**  $L = 321$  [m],  $B = 45.6$  [m],  $T = 15$  [m],  $GT = 90449$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9200 TEU  
 $L/B = 7.04$  και  $B/T = 3.04$

► **MSC Chicago:**  $L = 321$  [m],  $B = 45.6$  [m],  $T = 15$  [m],  $GT = 90449$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9200 TEU  
 $L/B = 7.04$  και  $B/T = 3.04$

► **MSC Bruxelles:**  $L = 321$  [m],  $B = 45.6$  [m],  $T = 15$  [m],  $GT = 90449$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9200 TEU  
 $L/B = 7.04$  και  $B/T = 3.04$

► **MSC Madeleine:**  $L = 348.5$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 107551$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9100 TEU  
 $L/B = 8.14$  και  $B/T = 2.95$

► **MSC Ines:**  $L = 348.5$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 107551$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 9100 TEU  
 $L/B = 8.14$  και  $B/T = 2.95$

► **Charlotte Maersk:**  $L = 347.0$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.6$  [m],  $GT = 91690$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8890 TEU  
 $L/B = 8.12$  και  $B/T = 2.93$

► **Clementine Maersk:**  $L = 347.0$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.6$  [m],  $GT = 91690$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8890 TEU  
 $L/B = 8.12$  και  $B/T = 2.93$

► **Columbine Maersk:**  $L = 347.0$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.6$  [m],  $GT = 91690$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8890 TEU  
 $L/B = 8.12$  και  $B/T = 2.93$

► **Cornelia Maersk:**  $L = 347.0$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.6$  [m],  $GT = 91690$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8890 TEU  
 $L/B = 8.12$  και  $B/T = 2.93$

► **Colombo Express:**  $L = 335.5$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 93750$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8750 TEU  
 $L/B = 7.84$  και  $B/T = 2.95$



► **Chicago Express:**  $L = 335.5$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 93750$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8750 TEU  
 $L/B = 7.84$  και  $B/T = 2.95$

► **Kyoto Express:**  $L = 335.5$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 93750$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8750 TEU  
 $L/B = 7.84$  και  $B/T = 2.95$

► **Clifford Maersk:**  $L = 347$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 91690$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
 $L/B = 8.12$  και  $B/T = 2.93$

► **Sally Maersk:**  $L = 347$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 91690$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
 $L/B = 8.12$  και  $B/T = 2.93$

► **Sine Maersk:**  $L = 347$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 91690$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
 $L/B = 8.12$  και  $B/T = 2.93$

► **Skagen Maersk:**  $L = 347$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 91690$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
 $L/B = 8.12$  και  $B/T = 2.93$

► **Sofie Maersk:**  $L = 347$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 91690$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
 $L/B = 8.12$  και  $B/T = 2.93$

► **Soro Maersk:**  $L = 347$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 91690$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
 $L/B = 8.12$  και  $B/T = 2.93$

► **Sovereign Maersk:**  $L = 347$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 91690$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
 $L/B = 8.12$  και  $B/T = 2.93$

► **Susan Maersk:**  $L = 347$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 91690$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
 $L/B = 8.12$  και  $B/T = 2.93$

► **Svend Maersk:**  $L = 347$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 91690$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
 $L/B = 8.12$  και  $B/T = 2.93$

► **Svendborg Maersk:** L = 347 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 91690 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
L/B = 8.12 και B/T = 2.93

► **A. P. Moller:** L = 347 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 91690 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
L/B = 8.12 και B/T = 2.93

► **Caroline Maersk:** L = 347 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 91690 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
L/B = 8.12 και B/T = 2.93

► **Carsten Maersk:** L = 347 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 91690 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
L/B = 8.12 και B/T = 2.93

► **Chastine Maersk:** L = 347 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 91690 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
L/B = 8.12 και B/T = 2.93

► **Cornelious Maersk:** L = 347 [m], B = 42.8 [m], T = 14.5 [m], GT = 91690 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8680 TEU  
L/B = 8.12 και B/T = 2.93

► **Laura Maersk:** L = 266 [m], B = 37 [m], T = 14 [m], GT = 50721 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8660 TEU  
L/B = 7.19 και B/T = 2.64

► **CSCL Europe:** L = 334 [m], B = 42.8 [m], T = 14.3 [m], GT = 90645 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8498 TEU  
L/B = 7.81 και B/T = 2.99

► **CSCL Africa:** L = 334 [m], B = 42.9 [m], T = 14.3 [m], GT = 90645 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8468 TEU  
L/B = 7.81 και B/T = 2.99

► **CSCL America:** L = 334 [m], B = 42.8 [m], T = 14.3 [m], GT = 90645 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8468 TEU  
L/B = 7.81 και B/T = 2.99

► **CSCL Asia:** L = 334 [m], B = 42.8 [m], T = 14.3 [m], GT = 90645 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8468 TEU  
L/B = 7.81 και B/T = 2.99

► **CSCL Oceania:** L = 334 [m], B = 42.8 [m], T = 14.3 [m], GT = 90645 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8468 TEU  
L/B = 7.81 και B/T = 2.99

► **Maersk Seville:** L = 335 [m], B = 42.8 [m], T = 14 [m], GT = 94724 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8452 TEU  
L/B = 7.83 και B/T = 3.06

► **Maersk Santana:** L = 335 [m], B = 42.8 [m], T = 14 [m], GT = 94724 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8452 TEU  
L/B = 7.83 και B/T = 3.06

► **Maersk Sheerness:** L = 335 [m], B = 42.8 [m], T = 14 [m], GT = 94724 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8452 TEU  
L/B = 7.83 και B/T = 3.06

► **Maersk Sarnia:** L = 335 [m], B = 42.8 [m], T = 14 [m], GT = 94724 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8452 TEU  
L/B = 7.83 και B/T = 3.06

► **Maersk Sydney:** L = 335 [m], B = 42.8 [m], T = 14 [m], GT = 94724 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8452 TEU  
L/B = 7.83 και B/T = 3.06

► **MSC Rania:** L = 332.4 [m], B = 43.2 [m], T = 14.5 [m], GT = 95000 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8400 TEU  
L/B = 7.69 και B/T = 2.98

► **MSC Silvana:** L = 332.4 [m], B = 43.2 [m], T = 14.5 [m], GT = 95000 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8400 TEU  
L/B = 7.69 και B/T = 2.98

► **Houston Express:** L = 332.4 [m], B = 43.2 [m], T = 14.5 [m], GT = 95000 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8400 TEU  
L/B = 7.69 και B/T = 2.98

► **Savannah Express:** L = 332.4 [m], B = 43.2 [m], T = 14.5 [m], GT = 95000 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8400 TEU  
L/B = 7.69 και B/T = 2.98

► **Maersk Stralsund:** L = 332.4 [m], B = 43.2 [m], T = 14.5 [m], GT = 95000 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8400 TEU  
L/B = 7.69 και B/T = 2.98

► **Maersk Saigon:**  $L = 332.4$  [m],  $B = 43.2$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 95000$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8400 TEU  
 $L/B = 7.69$  και  $B/T = 2.98$

► **CMA CGM Hugo:**  $L = 334.1$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 90745$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8238 TEU  
 $L/B = 7.81$  και  $B/T = 2.95$

► **CMA CGM Vivaldi:**  $L = 334.1$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 90745$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8238 TEU  
 $L/B = 7.81$  και  $B/T = 2.95$

► **MSC Rachele:**  $L = 334.1$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 90745$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8238 TEU  
 $L/B = 7.81$  και  $B/T = 2.95$

► **Pacific Link:**  $L = 334.1$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 90745$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8238 TEU  
 $L/B = 7.81$  και  $B/T = 2.95$

► **CMA CGM Traviata:**  $L = 335$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 91400$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8204 TEU  
 $L/B = 7.83$  και  $B/T = 2.95$

► **CMA CGM Nabucco:**  $L = 335$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 91400$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8204 TEU  
 $L/B = 7.83$  και  $B/T = 2.95$

► **CMA CGM Otello:**  $L = 335$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 91400$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8204 TEU  
 $L/B = 7.83$  και  $B/T = 2.95$

► **CMA CGM Don Carlos:**  $L = 335$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 89800$   
[tons], Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8204 TEU  
 $L/B = 7.83$  και  $B/T = 2.95$

► **CMA CGM Don Giovanni:**  $L = 335$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 89800$   
[tons], Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8204 TEU  
 $L/B = 7.83$  και  $B/T = 2.95$

► **CMA CGM Parsifal:**  $L = 335$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 89800$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8204 TEU  
 $L/B = 7.83$  και  $B/T = 2.95$

► **Cosco China:**  $L = 335$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 91649$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8204 TEU  
 $L/B = 7.83$  και  $B/T = 2.95$

► **Cosco Germany:**  $L = 335$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 89800$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8204 TEU  
 $L/B = 7.83$  και  $B/T = 2.95$

► **Cosco Napoli:**  $L = 335$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 89800$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8204 TEU  
 $L/B = 7.83$  και  $B/T = 2.95$

► **MSC Lucy:**  $L = 324.8$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 89954$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8089 TEU  
 $L/B = 7.59$  και  $B/T = 2.95$

► **MSC Maeva:**  $L = 324.8$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 89954$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8089 TEU  
 $L/B = 7.59$  και  $B/T = 2.95$

► **MSC Rita:**  $L = 324.8$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 89954$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8089 TEU  
 $L/B = 7.59$  και  $B/T = 2.95$

► **MSC Busan:**  $L = 324.8$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 89954$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8089 TEU  
 $L/B = 7.59$  και  $B/T = 2.95$

► **MSC Beijing:**  $L = 324.8$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 89954$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8089 TEU  
 $L/B = 7.59$  και  $B/T = 2.95$

► **MSC Toronto:**  $L = 324.8$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 89954$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8089 TEU  
 $L/B = 7.59$  και  $B/T = 2.95$

► **MSC Charleston:**  $L = 324.8$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14.5$  [m],  $GT = 89954$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8089 TEU  
 $L/B = 7.59$  και  $B/T = 2.95$

► **Ever Champion:**  $L = 339.9$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 14$  [m],  $GT = 90449$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8073 TEU  
 $L/B = 7.94$  και  $B/T = 3.06$

► **Ever Charming:** L = 339.9 [m], B = 42.8 [m], T = 14 [m], GT = 90449 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8073 TEU  
L/B = 7.94 και B/T = 3.06

► **Ever Chivalry:** L = 339.9 [m], B = 42.8 [m], T = 14 [m], GT = 90449 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8073 TEU  
L/B = 7.94 και B/T = 3.06

► **Ever Conquest:** L = 339.9 [m], B = 42.8 [m], T = 14 [m], GT = 90449 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8073 TEU  
L/B = 7.94 και B/T = 3.06

► **Ital Contessa:** L = 339.9 [m], B = 42.8 [m], T = 14 [m], GT = 90449 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8073 TEU  
L/B = 7.94 και B/T = 3.06

► **Lt Cortesia:** L = 339.9 [m], B = 42.8 [m], T = 14 [m], GT = 90449 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8073 TEU  
L/B = 7.94 και B/T = 3.06

► **OOCL Asia:** L = 323 [m], B = 42.8 [m], T = 13 [m], GT = 89097 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8063 TEU  
L/B = 7.83 και B/T = 2.95

► **OOCL Atlanta:** L = 323 [m], B = 42.8 [m], T = 13 [m], GT = 89097 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8063 TEU  
L/B = 7.55 και B/T = 3.29

► **OOCL Hamburg:** L = 323 [m], B = 42.8 [m], T = 13 [m], GT = 89097 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8063 TEU  
L/B = 7.55 και B/T = 3.29

► **OOCL Long Beach:** L = 323 [m], B = 42.8 [m], T = 13 [m], GT = 89097 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8063 TEU  
L/B = 7.55 και B/T = 3.29

► **OOCL Ningbo:** L = 323 [m], B = 42.8 [m], T = 13 [m], GT = 89097 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8063 TEU  
L/B = 7.55 και B/T = 3.29

► **OOCL Shenzhen:** L = 323 [m], B = 42.8 [m], T = 13 [m], GT = 89097 [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8063 TEU  
L/B = 7.55 και B/T = 3.29

► **OOCL Tianjin:**  $L = 323$  [m],  $B = 42.8$  [m],  $T = 13$  [m],  $GT = 89097$  [tons],  
Μεταφορική ικανότητα σε Ε/Κ: 8063 TEU  
 $L/B = 7.55$  και  $B/T = 3.29$

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Υδροστατικοί Υπολογισμοί**

► *Υπολογισμοί Υδροστατικών Μεγεθών*

Hydrostatics

Draft (m)	Displt (t)	LCB (m)	TCB (m)	VCB (m)	WPA (m <sup>2</sup> )	LCF (m)	TCF (m)
1.00	8533.87	185.055	0.000	0.526	9405.10	187.400	0.000
3.00	30285.00	187.865	0.000	1.609	11591.03	190.018	0.000
5.00	55530.38	189.070	0.000	2.704	12949.49	190.978	0.000
7.00	83035.16	189.878	0.000	3.800	13812.03	192.123	0.000
9.00	112004.71	190.517	0.000	4.888	14427.74	192.302	0.000
11.00	142182.18	190.715	0.000	5.974	15016.48	190.236	0.000
13.00	173699.20	190.233	0.000	7.069	15779.62	185.634	0.000
14.25	194297.91	189.556	0.000	7.765	16383.89	181.999	0.000
14.50	198512.58	189.387	0.000	7.905	16510.47	181.218	0.000
14.75	202759.49	189.208	0.000	8.046	16635.94	180.453	0.000
15.00	207038.66	189.019	0.000	8.187	16763.87	179.716	0.000
15.25	211353.14	188.821	0.000	8.328	16938.41	178.573	0.000
15.75	220293.33	188.224	0.000	8.620	17739.62	171.856	0.000
16.00	224857.75	187.884	0.000	8.767	17879.71	171.119	0.000
16.25	229454.56	187.543	0.000	8.914	17994.86	170.612	0.000
17.00	243395.97	186.549	0.000	9.356	18256.71	169.946	0.000
19.00	281363.54	184.331	0.000	10.523	18766.97	170.695	0.000
21.00	320284.33	182.809	0.000	11.675	19210.73	173.179	0.000
23.00	360131.87	181.938	0.000	12.818	19675.44	176.895	0.000
25.00	400993.64	181.654	0.000	13.958	20196.61	181.466	0.000
27.00	442913.63	181.846	0.000	15.098	20683.43	185.700	0.000
29.00	484904.67	182.620	0.000	16.214	19745.12	200.809	0.000
31.00	525645.03	184.115	0.000	17.283	19994.78	202.966	0.000
32.00	546185.98	184.839	0.000	17.818	20083.14	203.749	0.000
32.40	554426.73	185.123	0.000	18.031	20115.96	204.037	0.000



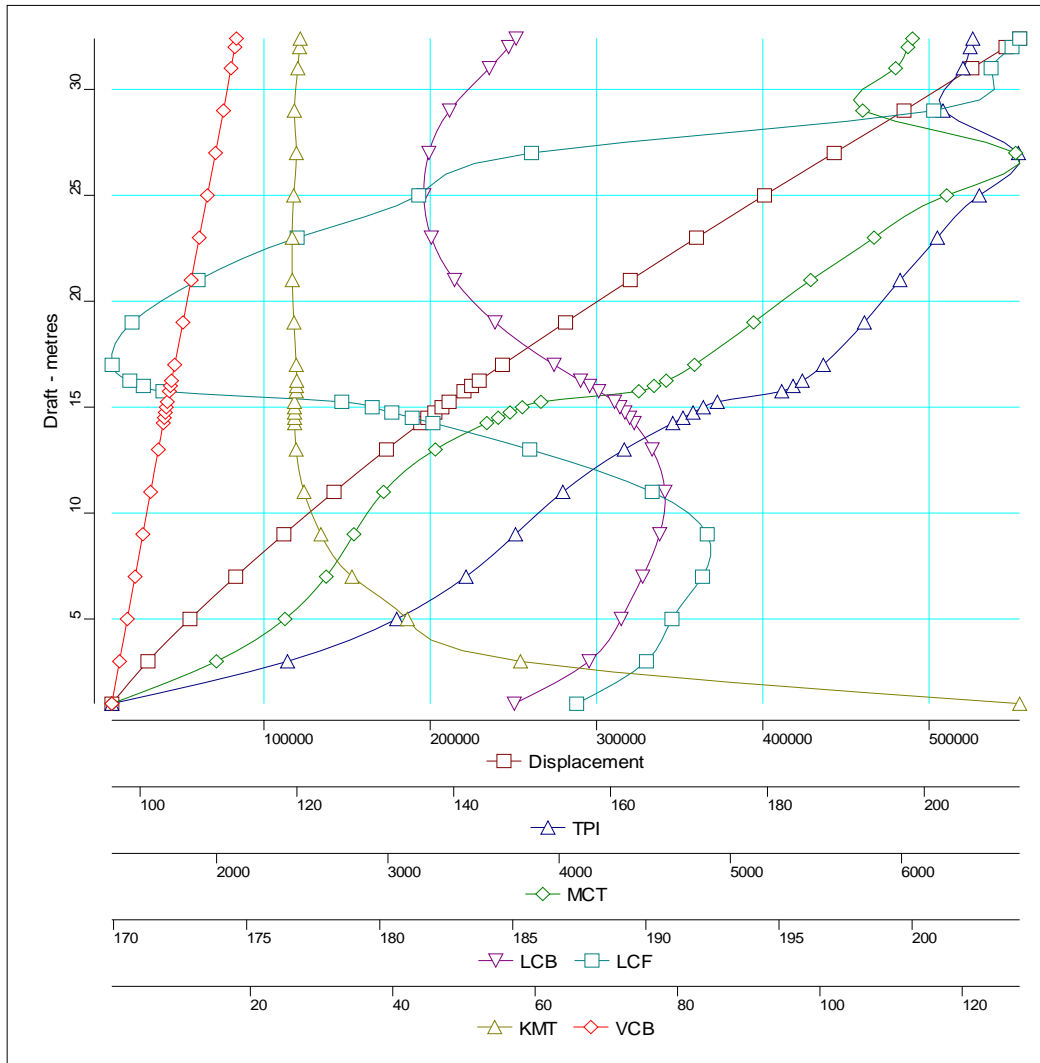
Hydrostatics

Draft (m)	BML (m)	BMT (m)	KML (m)	KMT (m)	WSA (m <sup>2</sup> )	TPI (t/cm)	MCT (t-m/cm)
1.00	6503.210	127.541	6503.736	128.068	9760.27	96.40	1387.44
3.00	2639.927	56.335	2641.536	57.944	12626.97	118.81	1998.75
5.00	1727.869	39.338	1730.573	42.042	14910.82	132.73	2398.73
7.00	1271.653	30.473	1275.453	34.273	16996.68	141.57	2639.80
9.00	1000.538	25.031	1005.426	29.919	18977.05	147.88	2801.62
11.00	836.863	21.555	842.837	27.529	20926.27	153.92	2974.67
13.00	754.687	19.367	761.756	26.437	23010.43	161.74	3277.21
14.25	736.483	18.454	744.247	26.219	24404.58	167.93	3577.43
14.50	734.365	18.300	742.270	26.205	24690.34	169.23	3644.52
14.75	732.480	18.148	740.526	26.194	24975.68	170.52	3712.93
15.00	731.285	17.999	739.471	26.185	25261.82	171.83	3785.10
15.25	736.878	17.862	745.207	26.191	25593.63	173.62	3893.54
15.75	810.854	17.821	819.474	26.440	26726.33	181.83	4465.64
16.00	810.082	17.719	818.849	26.485	27033.44	183.27	4553.83
16.25	806.408	17.587	815.323	26.501	27317.51	184.45	4625.85
17.00	787.299	17.086	796.655	26.442	28093.01	187.13	4790.63
19.00	730.152	15.592	740.675	26.115	30012.26	192.36	5135.95
21.00	683.067	14.211	694.742	25.886	31910.27	196.91	5469.39
23.00	648.604	13.045	661.422	25.863	33858.60	201.67	5839.58
25.00	624.826	12.123	638.784	26.081	35879.62	207.02	6263.78
27.00	602.061	11.361	617.159	26.459	37896.51	212.01	6666.53
29.00	476.242	9.967	492.456	26.182	41124.66	202.39	5773.30
31.00	453.925	9.380	471.208	26.663	42911.70	204.95	5965.08
32.00	442.134	9.086	459.952	26.904	43792.95	205.85	6037.19
32.40	437.480	8.974	455.511	27.005	50474.51	206.19	6063.76

Hydrostatics

Draft (m)	CB	CM	CP	CW
1.00	0.378	0.797	0.475	0.428
3.00	0.448	0.865	0.518	0.527
5.00	0.493	0.904	0.545	0.589
7.00	0.526	0.929	0.566	0.628
9.00	0.552	0.945	0.584	0.656
11.00	0.573	0.955	0.600	0.683
13.00	0.593	0.962	0.616	0.717
14.25	0.605	0.965	0.627	0.745
14.50	0.607	0.966	0.629	0.750
14.75	0.610	0.966	0.631	0.756
15.00	0.612	0.967	0.633	0.762
15.25	0.615	0.967	0.635	0.770
15.75	0.620	0.968	0.641	0.806
16.00	0.623	0.969	0.643	0.813
16.25	0.626	0.969	0.646	0.818
17.00	0.635	0.971	0.654	0.830
19.00	0.657	0.974	0.674	0.853
21.00	0.676	0.976	0.693	0.873
23.00	0.694	0.978	0.710	0.894
25.00	0.711	0.980	0.726	0.918
27.00	0.727	0.982	0.741	0.940
29.00	0.742	0.983	0.754	0.898
31.00	0.752	0.984	0.764	0.909
32.00	0.757	0.984	0.769	0.913
32.40	0.759	0.985	0.771	0.914

► Υδροστατικό Διάγραμμα

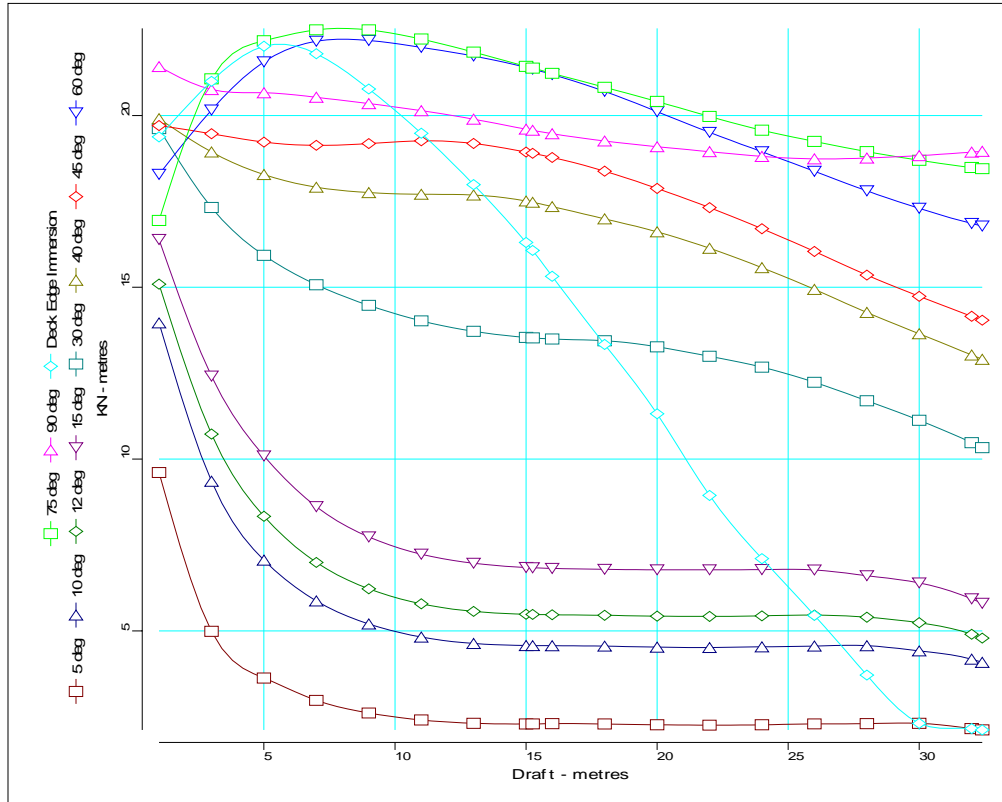


► Παραμετρικές Καμπύλες Ευστάθειας (Cross Curves)

KN's in metres

Heel Draft	5.0	10.0	12.0	15.0	30.0	40.0	45.0	60.0	75.0	90.0
1.000	9.609	13.962	15.091	16.390	19.618	19.907	19.706	18.285	16.946	21.423
3.000	4.986	9.355	10.728	12.414	17.322	18.939	19.468	20.158	21.066	20.755
5.000	3.628	7.058	8.335	10.091	15.932	18.282	19.224	21.561	22.174	20.663
7.000	2.978	5.872	6.991	8.613	15.073	17.912	19.131	22.162	22.493	20.530
9.000	2.610	5.200	6.222	7.734	14.474	17.756	19.182	22.184	22.491	20.346
11.000	2.405	4.820	5.786	7.231	14.024	17.707	19.262	21.981	22.225	20.141
13.000	2.310	4.632	5.566	6.968	13.719	17.685	19.185	21.731	21.844	19.893
15.000	2.290	4.573	5.483	6.844	13.542	17.511	18.936	21.398	21.430	19.603
15.250	2.292	4.570	5.477	6.835	13.528	17.475	18.899	21.349	21.379	19.569
16.000	2.299	4.568	5.469	6.817	13.494	17.348	18.778	21.193	21.227	19.470
18.000	2.289	4.555	5.452	6.792	13.444	16.992	18.380	20.702	20.821	19.258
20.000	2.266	4.526	5.428	6.777	13.267	16.614	17.877	20.112	20.408	19.090
22.000	2.256	4.515	5.420	6.776	12.992	16.136	17.319	19.509	19.973	18.948
24.000	2.265	4.534	5.436	6.783	12.675	15.571	16.704	18.943	19.571	18.810
26.000	2.291	4.557	5.459	6.773	12.236	14.938	16.043	18.377	19.246	18.737
28.000	2.299	4.568	5.397	6.604	11.698	14.268	15.355	17.807	18.948	18.762
30.000	2.308	4.417	5.236	6.396	11.128	13.647	14.736	17.298	18.696	18.832
32.000	2.156	4.175	4.901	5.932	10.476	13.030	14.155	16.857	18.486	18.934
32.400	2.116	4.083	4.789	5.801	10.332	12.904	14.041	16.784	18.452	18.957

► Διάγραμμα Cross Curves



► Κατακλύσιμα Μήκη (*Floodable Lengths*)

*permeability 70.000*

Lost buoyancy cu.metres	LCB of FL from Origin metres	Floodable Length metres	Centre of FL from Origin metres	Mean draft metres	Trim by head metres
124109.77	77.116	148.255	74.127	20.020	-24.684
139298.40	93.227	163.225	89.558	20.998	-22.735
155700.41	107.674	174.369	106.173	22.047	-20.648
173252.60	120.082	188.971	119.307	23.159	-18.433
192069.79	130.974	204.264	130.620	24.327	-16.106
212076.26	140.772	219.747	140.683	25.544	-13.681
233844.40	149.805	235.961	149.917	26.803	-11.173
257042.49	158.348	252.568	158.727	28.095	-8.596
282170.96	166.556	270.317	167.375	29.413	-5.967
308907.88	174.284	289.044	175.774	30.748	-3.302
336494.70	181.333	307.965	183.669	32.091	-0.617
322352.55	185.368	302.689	186.642	31.364	2.072
294146.85	189.733	286.963	189.819	30.024	4.748
263906.58	196.797	266.944	196.566	28.697	7.396
234236.43	205.514	245.274	205.522	27.392	9.998
205358.79	216.400	222.388	217.160	26.117	12.540
177655.18	230.048	199.456	231.954	24.880	15.005
151713.13	246.560	178.117	249.950	23.688	17.379
129385.87	263.858	161.178	269.024	22.550	19.647
109447.43	284.018	150.384	292.210	21.471	21.794
91563.89	307.874	153.970	323.015	20.460	23.808

*permeability 80.000*

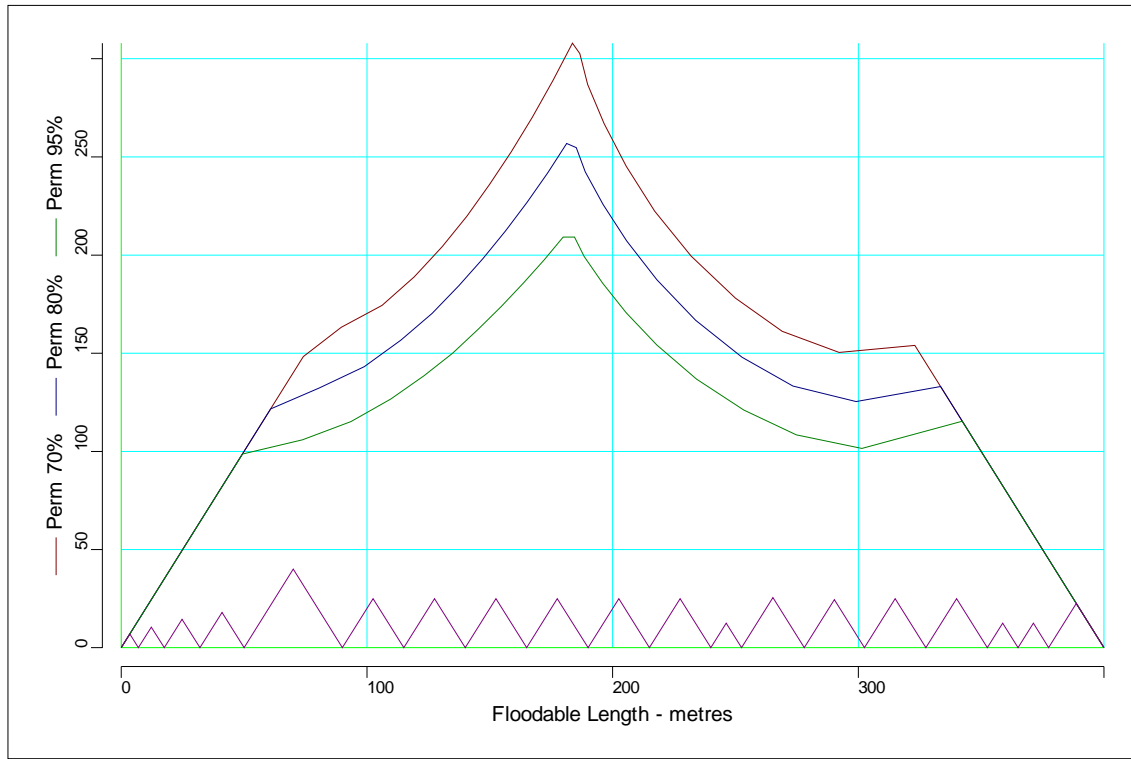
Lost buoyancy cu.metres	LCB of FL from Origin metres	Floodable Length metres	Centre of FL from Origin metres	Mean draft metres	Trim by head metres
113900.38	63.432	121.622	60.811	19.360	-25.998
129576.44	83.006	132.322	80.593	20.375	-23.976
146482.43	100.038	143.199	98.947	21.465	-21.807
164794.14	114.379	156.666	113.877	22.621	-19.505
184034.18	126.616	170.317	126.502	23.837	-17.083
204969.41	137.375	184.437	137.473	25.104	-14.558
227108.12	147.121	198.323	147.321	26.416	-11.944
250993.04	156.210	212.434	156.466	27.764	-9.257
276788.90	164.892	226.947	165.238	29.139	-6.514
304491.59	173.089	241.943	173.607	30.533	-3.731
333424.60	180.562	256.836	181.294	31.937	-0.926
324068.14	185.128	254.720	185.214	31.457	1.885
294865.70	189.582	242.378	188.886	30.056	4.685
263348.32	196.976	225.731	196.182	28.667	7.456
232278.93	206.212	207.196	205.710	27.300	10.182
202076.70	217.907	187.386	218.039	25.964	12.845
172704.60	232.787	166.783	233.834	24.666	15.431
145957.90	250.452	147.984	252.705	23.415	17.923
122975.63	269.563	133.277	273.370	22.219	20.305
102612.14	292.566	125.418	299.116	21.085	22.564
83881.35	320.077	133.016	333.492	20.020	24.684

*permeability 95.000*

Lost buoyancy cu.metres	LCB of FL from Origin metres	Floodable Length metres	Centre of FL from Origin metres	Mean draft metres	Trim by head metres
107289.42	51.469	98.702	49.351	18.920	-26.875
123411.81	75.267	105.899	73.770	19.954	-24.815
140134.89	94.238	115.160	93.494	21.065	-22.603
158879.88	110.070	126.692	109.733	22.245	-20.253
178541.31	123.326	138.528	123.250	23.487	-17.780
199122.60	134.796	150.054	134.879	24.783	-15.198
222083.16	145.052	162.149	145.203	26.125	-12.524
246329.28	154.517	173.844	154.669	27.505	-9.773
272644.00	163.505	185.721	163.633	28.914	-6.963
300631.50	172.012	197.488	172.111	30.343	-4.111
330267.32	179.781	209.199	179.851	31.783	-1.234
326430.51	184.828	209.189	184.521	31.575	1.650
296664.47	189.203	199.364	188.422	30.136	4.525
264204.62	196.726	185.759	195.906	28.709	7.372
232334.07	206.184	170.609	205.564	27.304	10.174
201228.23	218.255	154.130	218.050	25.929	12.915
171050.77	233.751	136.760	234.201	24.593	15.577
144030.15	252.063	121.059	253.437	23.304	18.144
120380.19	272.245	108.478	274.773	22.070	20.601
99084.18	296.973	101.533	301.456	20.900	22.931
80042.49	330.708	115.353	342.324	19.800	25.122



► Καμπύλες Κατακλυσίμων Μηκών



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Καταστάσεις Φόρτωσης**

► *Full Load Departure*

Key

Key	Name	Density (t/m <sup>3</sup> )
	FW	1.0000
	FO	0.8500
	DO	0.9200
	LO	0.9300

Intact State

Title	Cargo	% full	SG (t/m <sup>3</sup> )	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
fw: fw	FW	14.0	1.000	85.6	246.50	0.00	28.68	1834.6
<b>Total Fresh Water</b>				<b>85.6</b>	<b>246.50</b>	<b>0.00</b>	<b>28.68</b>	<b>1834.6</b>
deeptank: deeptank	FO	98.0	0.850	3285.6	246.50	0.00	15.24	1559.4
fo2: fo2	FO	98.0	0.850	1698.0	177.50	0.00	1.27	56866.1
fo3: fo3	FO	50.0	0.850	866.3	202.50	0.00	0.65	56866.1
fo4: fo4	FO	98.0	0.850	1697.8	227.50	0.00	1.27	56866.1
fo6: fo6	FO	98.0	0.850	1262.4	265.43	0.00	1.28	23990.4
servtnk1: servtnk1	FO	98.0	0.850	391.8	55.00	-14.00	30.36	1199.5
setltnk1: servtnk2	FO	98.0	0.850	391.8	55.00	14.00	30.36	1199.5
<b>Total Fuel Oil</b>				<b>9593.7</b>	<b>213.80</b>	<b>0.00</b>	<b>8.38</b>	<b>198547.2</b>
do2: do2	DO	98.0	0.920	1148.8	128.33	0.00	1.27	15627.7
servtnk2: setltnk1	DO	98.0	0.920	14.1	61.00	-9.00	30.36	1.2
setltnk2: setltnk2	DO	98.0	0.920	14.1	61.00	9.00	30.36	1.2
<b>Total Diesel Oil</b>				<b>1177.1</b>	<b>126.72</b>	<b>0.00</b>	<b>1.97</b>	<b>15630.1</b>
lo: lo	LO	98.0	0.930	416.6	71.00	0.00	2.60	106.9
<b>Total Lub Oil</b>				<b>416.6</b>	<b>71.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.60</b>	<b>106.9</b>
TEU on DECK				69935.8	186.95	0.00	43.70	0.0
TEU in HOLDS				74617.0	203.19	0.00	18.69	0.0
<b>Total TEU</b>				<b>144552.8</b>	<b>195.33</b>	<b>0.00</b>	<b>30.79</b>	<b>0.0</b>
stores				5.0	200.00	0.00	32.00	0.0
<b>Total STORES</b>				<b>5.0</b>	<b>200.00</b>	<b>0.00</b>	<b>32.00</b>	<b>0.0</b>
prov				4.5	252.00	0.00	38.80	0.0
<b>Total PROVISIONS</b>				<b>4.5</b>	<b>252.00</b>	<b>0.00</b>	<b>38.80</b>	<b>0.0</b>

Title	Cargo	% full	SG (t/m <sup>3</sup> )	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
Wst				44855.0	191.80	0.00	13.50	0.0
Wm				9650.0	70.00	0.00	10.00	0.0
Wot				1000.0	184.00	0.00	32.40	0.0
<b>Total LS</b>				<b>55505.0</b>	<b>170.48</b>	<b>0.00</b>	<b>13.23</b>	<b>0.0</b>
Crew				3.8	252.00	0.00	38.88	0.0
<b>Total CREW</b>				<b>3.8</b>	<b>252.00</b>	<b>0.00</b>	<b>38.88</b>	<b>0.0</b>
<b>Total Displacement</b>				<b>211344.0</b>	<b>189.04</b>	<b>0.00</b>	<b>24.94</b>	<b>216118.9</b>
<b>Buoyancy</b>				<b>211344.0</b>	<b>189.04</b>	<b>0.00</b>	<b>8.33</b>	<b>3768289.3</b>
<b>Total Buoyancy</b>				<b>211344.0</b>	<b>189.04</b>	<b>0.00</b>	<b>8.33</b>	<b>3768289.3</b>

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	15.250	metres
Draft aft at marks	15.195	metres
Draft fwd at marks	15.317	metres
Draft at AP	15.195	metres
Draft at FP	15.317	metres
Mean draft at midships	15.256	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

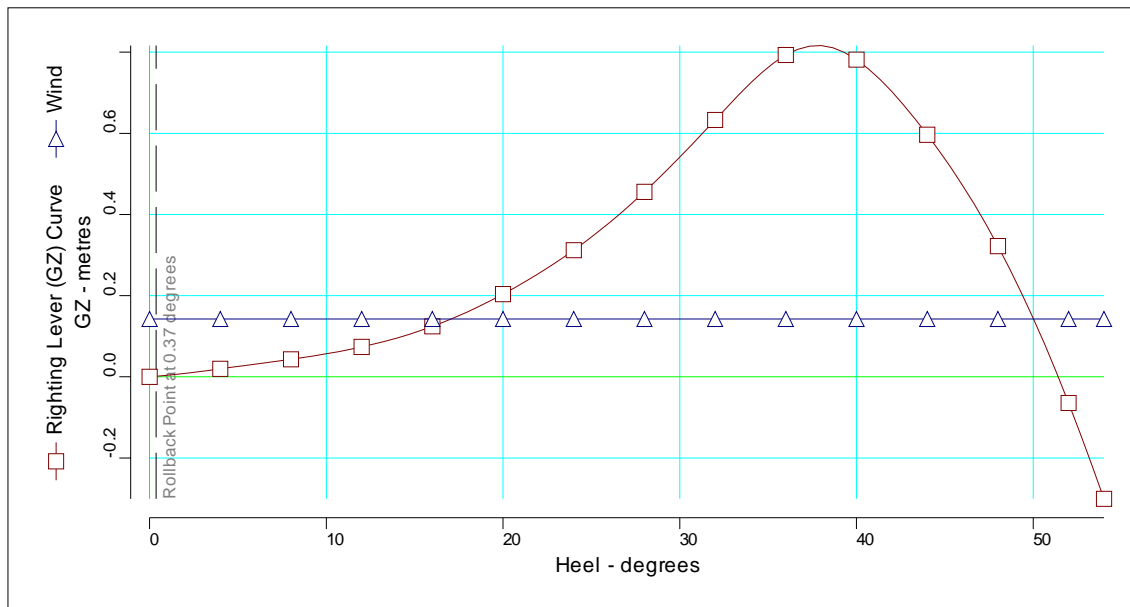
Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel	No heel	
Trim by the bow	0.122	metres
KG	24.945	metres
FSC	1.023	metres
KGf	25.968	metres
GMt	0.191	metres
BMt	17.830	metres
BMI	731.112	metres
Waterplane area	16894.533	sq.metres
LCF	179.090	metres
TCF	0.000	metres
TPI	173.169	tonnes/cm
MCT	3862.902	tonnes-m/cm

Propeller Immersion

Propeller tip immersion	3.103 metres
Required percentage immersion	100.000 %
Actual percentage immersion	134.863 %

Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Stbd (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)
0.00	0.0000	0.1908	0.122	15.256	17.09[0]	0.1427
2.00	0.0084	0.3334	0.163	15.240	16.13[0]	0.1427
4.00	0.0198	0.4124	0.278	15.194	15.11[0]	0.1427
6.00	0.0314	0.4552	0.440	15.119	14.08[0]	0.1427
8.00	0.0433	0.5207	0.632	15.017	13.03[0]	0.1427
10.00	0.0568	0.6183	0.846	14.887	11.96[0]	0.1427
12.00	0.0737	0.7610	1.074	14.730	10.88[0]	0.1427
14.00	0.0958	0.9443	1.310	14.546	9.79[0]	0.1427
16.00	0.1244	1.1405	1.548	14.334	8.71[0]	0.1427
18.00	0.1604	1.3583	1.783	14.094	7.62[0]	0.1427
20.00	0.2039	1.5380	2.008	13.826	6.53[0]	0.1427
22.00	0.2543	1.7114	2.219	13.526	5.46[0]	0.1427
24.00	0.3120	1.9104	2.410	13.196	4.40[0]	0.1427
26.00	0.3791	2.1595	2.573	12.833	3.36[0]	0.1427
28.00	0.4559	2.3955	2.706	12.438	2.34[0]	0.1427
30.00	0.5415	2.6009	2.811	12.010	1.35[0]	0.1427
32.00	0.6331	2.6629	2.885	11.548	0.38[0]	0.1427
34.00	0.7239	2.4413	2.930	11.054	-0.56[0]	0.1427
36.00	0.7930	1.4348	2.984	10.535	-1.50[0]	0.1427
38.00	0.8164	-0.1288	3.059	10.003	-2.44[0]	0.1427
40.00	0.7817	-1.7051	3.129	9.466	-3.38[0]	0.1427
42.00	0.7027	-2.7326	3.168	8.914	-4.31[0]	0.1427
44.00	0.5966	-3.2777	3.176	8.343	-5.22[0]	0.1427
46.00	0.4719	-3.9164	3.187	7.748	-6.10[0]	0.1427
48.00	0.3222	-4.6437	3.238	7.132	-6.99[0]	0.1427
50.00	0.1442	-5.5089	3.316	6.501	-7.87[0]	0.1427
52.00	-0.0644	-6.3559	3.404	5.864	-8.74[0]	0.1427
54.00	-0.3007	-7.0968	3.494	5.220	-9.61[0]	0.1427



IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.20530	m-radians
Area to windward (Area a)	0.02644	m-radians
Gust angle	17.076	degrees
Rollback angle	16.708	degrees
Steady state angle	13.958	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees

**Intact State**

IMO 749 Intact Stability Criteria non - passenger

#	Criterion	Actual Value	Critical Value	Critical KGf	Critical GMf
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.087	0.055	26.204	-0.046
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.127	0.030	26.939	-0.780
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.214	0.090	26.537	-0.379
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	0.191	0.150	26.008	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.817	0.200	26.984	-0.826
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	37.845	30.000	27.292	-1.134
7	IMO Weather Criterion ( Maximum Initial Angle Of Heel )	13.958	16.000	26.074	0.085
8	IMO Weather Criterion ( Areas )	7.764	1.000	26.607	-0.449
<b>Critical</b>				<b>26.008</b>	<b>0.150</b>
<b>Actual</b>				<b>25.968</b>	<b>0.191</b>

**Condition complies with the regulations**

► *Full Load Arrival*

Key

Key	Name	Density (t/m <sup>3</sup> )
	FW	1.0000
	FO	0.8500
	DO	0.9200
	LO	0.9300

Intact State

Title	Cargo	% full	SG (t/m <sup>3</sup> )	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
fw: fw	FW	1.4	1.000	8.6	246.50	0.00	28.43	1834.6
<b>Total Fresh Water</b>				<b>8.6</b>	<b>246.50</b>	<b>0.00</b>	<b>28.43</b>	<b>1834.6</b>
deeptank: deeptank	FO	4.0	0.850	134.1	246.50	0.00	3.12	1559.4
servtnk1: servtnk1	FO	98.0	0.850	391.8	55.00	-14.00	30.36	1199.5
setltnk1: servtnk2	FO	98.0	0.850	391.8	55.00	14.00	30.36	1199.5
<b>Total Fuel Oil</b>				<b>917.8</b>	<b>82.98</b>	<b>0.00</b>	<b>26.38</b>	<b>3958.4</b>
do2: do2	DO	8.0	0.920	93.8	128.33	0.00	0.10	15627.7
servtnk2: setltnk1	DO	98.0	0.920	14.1	61.00	-9.00	30.36	1.2
setltnk2: setltnk2	DO	98.0	0.920	14.1	61.00	9.00	30.36	1.2
<b>Total Diesel Oil</b>				<b>122.1</b>	<b>112.73</b>	<b>0.00</b>	<b>7.11</b>	<b>15630.1</b>
lo: lo	LO	10.0	0.930	42.5	71.00	0.00	0.26	106.9
<b>Total Lub Oil</b>				<b>42.5</b>	<b>71.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.26</b>	<b>106.9</b>
TEU on DECK				69935.8	186.95	0.00	43.70	0.0
TEU in HOLDS				74617.0	203.19	0.00	18.69	0.0
<b>Total TEU</b>				<b>144552.8</b>	<b>195.33</b>	<b>0.00</b>	<b>30.79</b>	<b>0.0</b>
stores				5.0	200.00	0.00	32.00	0.0
<b>Total STORES</b>				<b>5.0</b>	<b>200.00</b>	<b>0.00</b>	<b>32.00</b>	<b>0.0</b>
prov				0.5	252.00	0.00	38.80	0.0
<b>Total PROVISIONS</b>				<b>0.5</b>	<b>252.00</b>	<b>0.00</b>	<b>38.80</b>	<b>0.0</b>
Wst				44855.0	191.80	0.00	13.50	0.0
Wm				9650.0	70.00	0.00	10.00	0.0
Wot				1000.0	184.00	0.00	32.40	0.0
<b>Total LS</b>				<b>55505.0</b>	<b>170.48</b>	<b>0.00</b>	<b>13.23</b>	<b>0.0</b>
Crew				3.8	252.00	0.00	38.88	0.0
<b>Total CREW</b>				<b>3.8</b>	<b>252.00</b>	<b>0.00</b>	<b>38.88</b>	<b>0.0</b>
<b>Total Displacement</b>				<b>201157.9</b>	<b>187.89</b>	<b>0.00</b>	<b>25.90</b>	<b>21530.1</b>

Title	Cargo	% full	SG (t/m <sup>3</sup> )	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
<b>Buoyancy</b>				<b>201158.0</b>	<b>187.85</b>	<b>0.00</b>	<b>7.99</b>	<b>3693666.6</b>
<b>Total Buoyancy</b>				<b>201158.0</b>	<b>187.85</b>	<b>0.00</b>	<b>7.99</b>	<b>3693666.6</b>

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	14.657	metres
Draft aft at marks	15.002	metres
Draft fwd at marks	14.233	metres
Draft at AP	15.002	metres
Draft at FP	14.233	metres
Mean draft at midships	14.618	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel	No heel	
Trim by the stern	0.769	metres
KG	25.905	metres
FSC	0.107	metres
KGf	26.012	metres
GMt	0.345	metres
BMt	18.362	metres
BMI	746.380	metres
Waterplane area	16688.827	sq.metres
LCF	179.465	metres
TCF	0.000	metres
TPI	171.060	tonnes/cm
MCT	3753.506	tonnes-m/cm

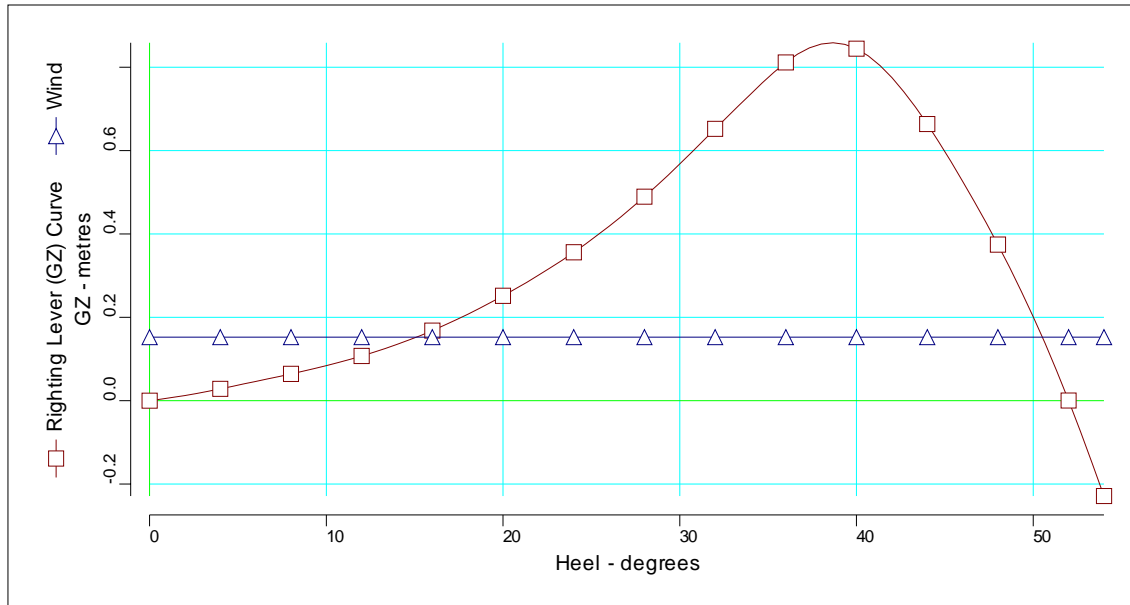
Propeller Immersion

Propeller tip immersion	2.926	metres
Required percentage immersion	100.000	%
Actual percentage immersion	132.873	%



Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Stbd (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)
0.00	0.0000	0.3445	-0.769	14.618	17.38[0]	0.1524
2.00	0.0123	0.4189	-0.739	14.603	16.43[0]	0.1524
4.00	0.0284	0.5811	-0.626	14.559	15.52[0]	0.1524
6.00	0.0461	0.6571	-0.455	14.485	14.63[0]	0.1524
8.00	0.0643	0.7264	-0.248	14.385	13.74[0]	0.1524
10.00	0.0840	0.8396	-0.018	14.257	12.87[0]	0.1524
12.00	0.1073	0.9796	0.229	14.103	11.79[0]	0.1524
14.00	0.1350	1.1406	0.486	13.923	10.70[0]	0.1524
16.00	0.1682	1.3159	0.747	13.717	9.60[0]	0.1524
18.00	0.2074	1.4705	1.006	13.482	8.49[0]	0.1524
20.00	0.2517	1.5891	1.259	13.219	7.39[0]	0.1524
22.00	0.3009	1.7083	1.499	12.927	6.30[0]	0.1524
24.00	0.3560	1.8725	1.720	12.602	5.23[0]	0.1524
26.00	0.4186	2.0506	1.916	12.247	4.17[0]	0.1524
28.00	0.4895	2.2555	2.083	11.859	3.13[0]	0.1524
30.00	0.5682	2.4204	2.219	11.438	2.12[0]	0.1524
32.00	0.6523	2.4592	2.326	10.983	1.13[0]	0.1524
34.00	0.7354	2.3548	2.402	10.493	0.18[0]	0.1524
36.00	0.8117	1.8875	2.455	9.970	-0.75[0]	0.1524
38.00	0.8560	0.5868	2.530	9.425	-1.68[0]	0.1524
40.00	0.8446	-1.1671	2.616	8.872	-2.62[0]	0.1524
42.00	0.7752	-2.6485	2.696	8.312	-3.55[0]	0.1524
44.00	0.6638	-3.6192	2.758	7.738	-4.47[0]	0.1524
46.00	0.5267	-4.1297	2.814	7.139	-5.37[0]	0.1524
48.00	0.3744	-4.5811	2.883	6.517	-6.25[0]	0.1524
50.00	0.2014	-5.2887	2.980	5.878	-7.13[0]	0.1524
52.00	0.0003	-6.1210	3.092	5.229	-8.00[0]	0.1524
54.00	-0.2290	-6.8813	3.207	4.573	-8.86[0]	0.1524



IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	0.22510	m-radians
Area to windward (Area a)	0.02317	m-radians
Gust angle	15.111	degrees
Rollback angle	17.013	degrees
Steady state angle	11.616	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees

IMO 749 Intact Stability Criteria non - passenger

#	Criterion	Actual Value	Critical Value	Critical KGf	Critical GMf
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	0.103	0.055	26.369	-0.013
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	0.132	0.030	27.028	-0.672
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	0.235	0.090	26.653	-0.297
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	0.345	0.150	26.206	0.150
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	0.859	0.200	27.078	-0.722
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	38.618	30.000	27.400	-1.044
7	IMO Weather Criterion ( Maximum Initial Angle Of Heel )	11.616	16.000	26.253	0.103
8	IMO Weather Criterion ( Areas )	9.714	1.000	26.711	-0.355
	<b>Critical</b>			<b>26.206</b>	<b>0.150</b>
	<b>Actual</b>			<b>26.012</b>	<b>0.345</b>

**Condition complies with the regulations**

► *Water Ballast Departure*

Key

Key	Name	Density (t/m <sup>3</sup> )
	WB	1.0250
	FW	1.0000
	FO	0.8500
	DO	0.9200
	LO	0.9300

**Intact State**

Intact State

Title	Cargo	% full	SG (t/m <sup>3</sup> )	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
APtnk: APtnk	WB	100.0	1.025	4228.8	8.04	0.00	17.23	0.0
DBWB1: DBWB1	WB	100.0	1.025	1091.3	338.86	-3.10	3.49	0.0
DBWB10: DBWB10	WB	100.0	1.025	1409.8	153.02	- 20.88	3.64	0.0
DBWB11: DBWB11	WB	100.0	1.025	1134.6	127.59	- 19.03	3.96	0.0
DBWB2: DBWB2	WB	100.0	1.025	1416.2	314.91	-3.55	2.84	0.0
DBWB3: DBWB3	WB	100.0	1.025	2396.4	103.09	-4.61	2.47	0.0
DBWB4: DBWB4	WB	100.0	1.025	667.6	287.66	- 14.07	4.23	0.0
DBWB5: DBWB5	WB	100.0	1.025	788.2	264.70	- 17.97	4.24	0.0
DBWB6: DBWB6	WB	100.0	1.025	313.5	245.94	- 21.17	4.25	0.0
DBWB7: DBWB7	WB	100.0	1.025	1010.2	226.62	- 21.96	4.05	0.0
DBWB8: DBWB8	WB	100.0	1.025	1281.5	202.29	- 22.44	3.89	0.0
DBWB9: DBWB8	WB	100.0	1.025	1325.2	177.56	- 22.54	3.88	0.0
fpdn: fpdn	WB	100.0	1.025	1910.0	391.27	-0.00	8.14	0.0
ScWB1hd10pl: ScWB1hd10pl	WB	100.0	1.025	507.7	177.50	- 24.97	26.40	0.0

Title	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
ScWB1hd11pl: ScWBhd11pl	WB	100.0	1.025	507.7	152.50	- 24.97	26.40	0.0
ScWB1hd12pl: ScWBhd12pl	WB	100.0	1.025	504.7	127.54	- 24.99	26.40	0.0
ScWB1hd13pl: ScWBhd13pl	WB	100.0	1.025	495.4	102.57	- 25.03	26.40	0.0
ScWB1hd14pl: ScWBhd14pl	WB	100.0	1.025	342.0	41.04	- 25.14	26.40	0.0
ScWB1hd15pl: ScWBhd15pl	WB	100.0	1.025	289.0	24.40	- 25.10	26.40	0.0
ScWB1hd1pl: ScWBhd1pl	WB	100.0	1.025	229.3	372.24	- 13.44	26.29	0.0
ScWB1hd2pl: ScWBhd2pl	WB	100.0	1.025	279.0	359.58	- 16.79	26.34	0.0
ScWB1hd3pl: ScWBhd3pl	WB	100.0	1.025	459.8	340.50	- 21.11	26.30	0.0
ScWB1hd4pl: ScWBhd4pl	WB	100.0	1.025	403.2	314.87	- 24.54	26.46	0.0
ScWB1hd5pl: ScWBhd5pl	WB	100.0	1.025	478.2	290.36	- 25.03	26.42	0.0
ScWB1hd6pl: ScWBhd6pl	WB	100.0	1.025	498.6	265.46	- 25.02	26.40	0.0
ScWB1hd7pl: ScWBhd7pl	WB	100.0	1.025	262.0	246.53	- 24.99	26.40	0.0
ScWB1hd8pl: ScWBhd8pl	WB	100.0	1.025	507.7	227.50	- 24.97	26.40	0.0
ScWB2hd10pl: ScWB2hd10pl	WB	100.0	1.025	1015.5	177.50	- 24.97	20.40	0.0
ScWB2hd11pl: ScWB2hd11pl	WB	100.0	1.025	1015.5	152.50	- 24.97	20.40	0.0
ScWB2hd12pl: ScWB2hd12pl	WB	100.0	1.025	1009.5	127.54	- 24.99	20.40	0.0
ScWB2hd13pl: ScWB2hd13pl	WB	100.0	1.025	990.9	102.57	- 25.03	20.40	0.0
ScWB2hd14pl: ScWB2hd14pl	WB	100.0	1.025	804.4	40.98	- 23.99	19.88	0.0
ScWB2hd15pl: ScWB2hd15pl	WB	100.0	1.025	642.2	24.54	- 23.58	19.98	0.0
ScWB2hd1pl: ScWB2hd1pl	WB	100.0	1.025	311.2	371.64	-6.68	20.77	0.0
ScWB2hd2pl:	WB	100.0	1.025	355.8	359.35	-9.78	20.55	0.0

Title	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
ScWB2hd2pl								
ScWB2hd3pl: ScWB2hd3pl	WB	100.0	1.025	834.2	340.29	- 14.56	20.49	0.0
ScWB2hd4pl: ScWB2hd4pl	WB	100.0	1.025	689.4	315.92	- 20.41	20.32	0.0
ScWB2hd5pl: ScWB2hd5pl	WB	100.0	1.025	726.5	290.05	- 24.11	20.69	0.0
ScWB2hd6pl: ScWB2hd6pl	WB	100.0	1.025	953.1	265.18	- 24.92	20.49	0.0
ScWB2hd7pl: ScWB2hd7pl	WB	100.0	1.025	523.9	246.52	- 24.99	20.40	0.0
ScWB2hd8pl: ScWB2hd8pl	WB	100.0	1.025	1015.5	227.50	- 24.97	20.40	0.0
ScWB2hd9pl: ScWB2hd9pl	WB	100.0	1.025	1015.5	202.50	- 24.97	20.40	0.0
ScWB3hd10pl: ScWB3hd10pl	WB	100.0	1.025	1015.5	177.50	- 24.97	12.40	0.0
ScWB3hd11pl: ScWB3hd11pl	WB	100.0	1.025	1015.5	152.50	- 24.97	12.40	0.0
ScWB3hd12pl: ScWB3hd12pl	WB	100.0	1.025	1008.3	127.55	- 24.99	12.40	0.0
ScWB3hd13pl: ScWB3hd13pl	WB	100.0	1.025	999.5	102.70	- 24.63	12.37	0.0
ScWB3hd14pl: ScWB3hd14pl	WB	100.0	1.025	844.4	41.20	- 15.78	13.84	0.0
ScWB3hd15pl: ScWB3hd15pl	WB	100.0	1.025	246.7	26.50	- 16.82	15.17	0.0
ScWB3hd1pl: ScWB3hd1pl	WB	100.0	1.025	108.6	371.18	-3.79	14.53	0.0
ScWB3hd2pl: ScWB3hd2pl	WB	100.0	1.025	212.9	358.13	-6.31	12.95	0.0
ScWB3hd3pl: ScWB3hd3pl	WB	100.0	1.025	683.3	339.12	-9.66	12.32	0.0
ScWB3hd4pl: ScWB3hd4pl	WB	100.0	1.025	621.0	315.69	- 15.19	12.47	0.0
ScWB3hd5pl: ScWB3hd5pl	WB	100.0	1.025	578.3	290.49	- 20.23	12.20	0.0
ScWB3hd6pl: ScWB3hd6pl	WB	100.0	1.025	715.1	264.85	- 23.71	12.56	0.0
ScWB3hd7pl: ScWB3hd7pl	WB	100.0	1.025	461.8	246.38	- 24.72	12.65	0.0

Title	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
ScWB3hd8pl: ScWB3hd8pl	WB	100.0	1.025	996.4	227.38	-	12.45	0.0
ScWB3hd9pl: ScWB3hd9pl	WB	100.0	1.025	1015.4	202.50	-	12.40	0.0
WBfixed				39933.5	198.41	20.37	14.25	0.0
<b>Total Water Ballast</b>				<b>47163.7</b>	<b>192.40</b>	<b>-</b>	<b>14.02</b>	<b>0.0</b>
						<b>17.32</b>		
fw: fw	FW	14.0	1.000	85.6	246.50	0.00	28.68	1834.6
<b>Total Fresh Water</b>				<b>85.6</b>	<b>246.50</b>	<b>0.00</b>	<b>28.68</b>	<b>1834.6</b>
deeptank: deeptank	FO	98.0	0.850	3285.6	246.50	0.00	15.24	1559.4
fo2: fo2	FO	98.0	0.850	1698.0	177.50	0.00	1.27	56866.1
fo3: fo3	FO	50.0	0.850	866.3	202.50	0.00	0.65	56866.1
fo4: fo4	FO	98.0	0.850	1697.8	227.50	0.00	1.27	56866.1
fo6: fo6	FO	98.0	0.850	1262.4	265.43	0.00	1.28	23990.4
servtnk1: servtnk1	FO	98.0	0.850	391.8	55.00	-	30.36	1199.5
						14.00		
setltnk1: servtnk2	FO	98.0	0.850	391.8	55.00	14.00	30.36	1199.5
<b>Total Fuel Oil</b>				<b>9593.7</b>	<b>213.80</b>	<b>0.00</b>	<b>8.38</b>	<b>198547.2</b>
do2: do2	DO	98.0	0.920	1148.8	128.33	0.00	1.27	15627.7
servtnk2: setltnk1	DO	98.0	0.920	14.1	61.00	-9.00	30.36	1.2
setltnk2: setltnk2	DO	98.0	0.920	14.1	61.00	9.00	30.36	1.2
<b>Total Diesel Oil</b>				<b>1177.1</b>	<b>126.72</b>	<b>0.00</b>	<b>1.97</b>	<b>15630.1</b>
lo: lo	LO	98.0	0.930	416.6	71.00	0.00	2.60	106.9
<b>Total Lub Oil</b>				<b>416.6</b>	<b>71.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.60</b>	<b>106.9</b>
stores				5.0	200.00	0.00	32.00	0.0
<b>Total STORES</b>				<b>5.0</b>	<b>200.00</b>	<b>0.00</b>	<b>32.00</b>	<b>0.0</b>
prov				4.5	252.00	0.00	38.80	0.0
<b>Total PROVISIONS</b>				<b>4.5</b>	<b>252.00</b>	<b>0.00</b>	<b>38.80</b>	<b>0.0</b>
Wst				44855.0	191.80	0.00	13.50	0.0
Wm				9650.0	70.00	0.00	10.00	0.0
Wot				1000.0	184.00	0.00	32.40	0.0
<b>Total LS</b>				<b>55505.0</b>	<b>170.48</b>	<b>0.00</b>	<b>13.23</b>	<b>0.0</b>
Crew				3.8	252.00	0.00	38.88	0.0
<b>Total CREW</b>				<b>3.8</b>	<b>252.00</b>	<b>0.00</b>	<b>38.88</b>	<b>0.0</b>
<b>Total Displacement</b>				<b>153888.4</b>	<b>186.59</b>	<b>-0.02</b>	<b>13.33</b>	<b>216118.9</b>
<b>Buoyancy</b>				<b>153879.5</b>	<b>186.55</b>	<b>-0.04</b>	<b>6.40</b>	<b>3216700.5</b>
<b>Total Buoyancy</b>				<b>153879.5</b>	<b>186.55</b>	<b>-0.04</b>	<b>6.40</b>	<b>3216700.5</b>

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	11.759	metres
Draft aft at marks	12.695	metres
Draft fwd at marks	10.690	metres
Draft at AP	12.695	metres
Draft at FP	10.690	metres
Mean draft at midships	11.693	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel to port	0.10	degrees
Trim by the stern	2.005	metres
KG	13.330	metres
FSC	1.404	metres
KGf	14.734	metres
GMt	12.565	metres
BMt	20.904	metres
BMI	829.483	metres
Waterplane area	15461.831	sq.metres
LCF	186.770	metres
TCF	-0.039	metres
TPI	158.484	tonnes/cm
MCT	3191.008	tonnes-m/cm

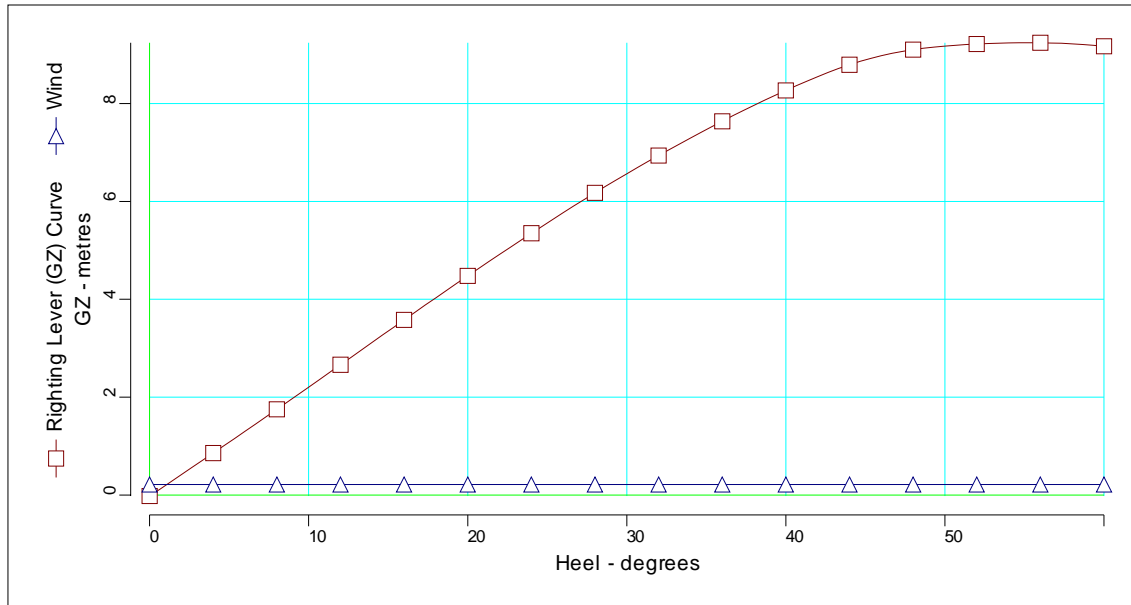
Propeller Immersion

Propeller tip immersion	0.640	metres
Required percentage immersion	100.000	%
Actual percentage immersion	107.194	%



Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Port (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)
0.00	-0.0222	12.5649	-2.005	11.693	19.67[0]	0.2145
2.00	0.4169	12.6091	-1.983	11.681	18.71[0]	0.2145
4.00	0.8579	12.7091	-1.917	11.642	17.77[0]	0.2145
6.00	1.3023	12.8584	-1.808	11.579	16.83[0]	0.2145
8.00	1.7511	13.0579	-1.657	11.490	15.91[0]	0.2145
10.00	2.2045	13.2497	-1.465	11.376	15.00[0]	0.2145
12.00	2.6624	13.4719	-1.230	11.236	14.10[0]	0.2145
14.00	3.1224	13.5694	-0.957	11.069	13.22[0]	0.2145
16.00	3.5803	13.5031	-0.660	10.874	12.35[0]	0.2145
18.00	4.0327	13.3340	-0.356	10.653	11.48[0]	0.2145
20.00	4.4793	13.1507	-0.055	10.405	10.61[0]	0.2145
22.00	4.9186	12.9060	0.239	10.129	9.53[0]	0.2145
24.00	5.3498	12.5965	0.520	9.822	8.42[0]	0.2145
26.00	5.7703	12.2280	0.786	9.487	7.31[0]	0.2145
28.00	6.1772	11.7389	1.036	9.118	6.23[0]	0.2145
30.00	6.5668	11.1941	1.271	8.716	5.16[0]	0.2145
32.00	6.9393	10.6952	1.491	8.278	4.12[0]	0.2145
34.00	7.2966	10.2616	1.697	7.803	3.10[0]	0.2145
36.00	7.6399	9.8418	1.893	7.292	2.11[0]	0.2145
38.00	7.9672	9.2779	2.086	6.743	1.15[0]	0.2145
40.00	8.2700	8.6218	2.287	6.155	0.21[0]	0.2145
42.00	8.5525	7.9035	2.488	5.533	-0.70[0]	0.2145
44.00	8.7950	6.5169	2.716	4.889	-1.61[0]	0.2145
46.00	8.9796	4.7561	2.967	4.235	-2.52[0]	0.2145
48.00	9.1030	3.0767	3.219	3.574	-3.42[0]	0.2145
50.00	9.1764	1.8583	3.457	2.908	-4.32[0]	0.2145
52.00	9.2184	1.0944	3.662	2.230	-5.19[0]	0.2145
54.00	9.2408	0.5368	3.838	1.537	-6.04[0]	0.2145
56.00	9.2435	-0.0725	4.009	0.832	-6.87[0]	0.2145
58.00	9.2226	-0.8193	4.187	0.119	-7.69[0]	0.2145
60.00	9.1723	-1.6825	4.369	-0.599	-8.50[0]	0.2145



IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	4.39983	m-radians
Area to windward (Area a)	0.00223	m-radians
Gust angle	1.079	degrees
Rollback angle	21.929	degrees
Steady state angle	0.753	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees

**Intact State**

IMO 749 Intact Stability Criteria non - passenger

#	Criterion	Actual Value	Critical Value	Critical KGf	Critical GMf
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	1.742	0.055	27.345	-0.046
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	1.301	0.030	27.446	-0.147
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	3.043	0.090	27.368	-0.069
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	12.565	0.150	Not Appl.	Not Appl.
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	9.245	0.200	27.471	-0.172
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	54.999	30.000	27.415	-0.116
7	IMO Weather Criterion ( Maximum Initial Angle Of Heel )	0.753	16.000	27.205	0.095
8	IMO Weather Criterion ( Areas )	Indeterm.	1.000	27.115	0.184
<b>Critical</b>				<b>27.115</b>	<b>0.184</b>
<b>Actual</b>				<b>14.734</b>	<b>12.565</b>

**Condition complies with the regulations**

► *Water Ballast Arrival*

Key

Key	Name	Density (t/m <sup>3</sup> )
	WB	1.0250
	FW	1.0000
	FO	0.8500
	DO	0.9200
	LO	0.9300

**Intact State**

Intact State

Title	Cargo	% full	SG (t/m <sup>3</sup> )	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
APtnk: APtnk	WB	100.0	1.025	4228.8	8.04	0.00	17.23	0.0
DBWB1: DBWB1	WB	100.0	1.025	1091.3	338.86	-3.10	3.49	0.0
DBWB10: DBWB10	WB	100.0	1.025	1409.8	153.02	- 20.88	3.64	0.0
DBWB11: DBWB11	WB	100.0	1.025	1134.6	127.59	- 19.03	3.96	0.0
DBWB2: DBWB2	WB	100.0	1.025	1416.2	314.91	-3.55	2.84	0.0
DBWB3: DBWB3	WB	100.0	1.025	2396.4	103.09	-4.61	2.47	0.0
DBWB4: DBWB4	WB	100.0	1.025	667.6	287.66	- 14.07	4.23	0.0
DBWB5: DBWB5	WB	100.0	1.025	788.2	264.70	- 17.97	4.24	0.0
DBWB6: DBWB6	WB	100.0	1.025	313.5	245.94	- 21.17	4.25	0.0
DBWB7: DBWB7	WB	100.0	1.025	1010.2	226.62	- 21.96	4.05	0.0
DBWB8: DBWB8	WB	100.0	1.025	1281.5	202.29	- 22.44	3.89	0.0
DBWB9: DBWB8	WB	100.0	1.025	1325.2	177.56	- 22.54	3.88	0.0
fpdn: fpdn	WB	100.0	1.025	1910.0	391.27	-0.00	8.14	0.0
ScWB1hd10pl: ScWB1hd10pl	WB	100.0	1.025	507.7	177.50	- 24.97	26.40	0.0

Title	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
ScWB1hd11pl: ScWBhd11pl	WB	100.0	1.025	507.7	152.50	-24.97	26.40	0.0
ScWB1hd12pl: ScWBhd12pl	WB	100.0	1.025	504.7	127.54	-24.99	26.40	0.0
ScWB1hd13pl: ScWBhd13pl	WB	100.0	1.025	495.4	102.57	-25.03	26.40	0.0
ScWB1hd14pl: ScWBhd14pl	WB	100.0	1.025	342.0	41.04	-25.14	26.40	0.0
ScWB1hd15pl: ScWBhd15pl	WB	100.0	1.025	289.0	24.40	-25.10	26.40	0.0
ScWB1hd1pl: ScWBhd1pl	WB	100.0	1.025	229.3	372.24	-13.44	26.29	0.0
ScWB1hd2pl: ScWBhd2pl	WB	100.0	1.025	279.0	359.58	-16.79	26.34	0.0
ScWB1hd3pl: ScWBhd3pl	WB	100.0	1.025	459.8	340.50	-21.11	26.30	0.0
ScWB1hd4pl: ScWBhd4pl	WB	100.0	1.025	403.2	314.87	-24.54	26.46	0.0
ScWB1hd5pl: ScWBhd5pl	WB	100.0	1.025	478.2	290.36	-25.03	26.42	0.0
ScWB1hd6pl: ScWBhd6pl	WB	100.0	1.025	498.6	265.46	-25.02	26.40	0.0
ScWB1hd7pl: ScWBhd7pl	WB	100.0	1.025	262.0	246.53	-24.99	26.40	0.0
ScWB1hd8pl: ScWBhd8pl	WB	100.0	1.025	507.7	227.50	-24.97	26.40	0.0
ScWB2hd10pl: ScWB2hd10pl	WB	100.0	1.025	1015.5	177.50	-24.97	20.40	0.0
ScWB2hd11pl: ScWB2hd11pl	WB	100.0	1.025	1015.5	152.50	-24.97	20.40	0.0
ScWB2hd12pl: ScWB2hd12pl	WB	100.0	1.025	1009.5	127.54	-24.99	20.40	0.0
ScWB2hd13pl: ScWB2hd13pl	WB	100.0	1.025	990.9	102.57	-25.03	20.40	0.0
ScWB2hd14pl: ScWB2hd14pl	WB	100.0	1.025	804.4	40.98	-23.99	19.88	0.0
ScWB2hd15pl: ScWB2hd15pl	WB	100.0	1.025	642.2	24.54	-23.58	19.98	0.0
ScWB2hd1pl: ScWB2hd1pl	WB	100.0	1.025	311.2	371.64	-6.68	20.77	0.0
ScWB2hd2pl:	WB	100.0	1.025	355.8	359.35	-9.78	20.55	0.0

Title	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
ScWB2hd2pl								
ScWB2hd3pl: ScWB2hd3pl	WB	100.0	1.025	834.2	340.29	- 14.56	20.49	0.0
ScWB2hd4pl: ScWB2hd4pl	WB	100.0	1.025	689.4	315.92	- 20.41	20.32	0.0
ScWB2hd5pl: ScWB2hd5pl	WB	100.0	1.025	726.5	290.05	- 24.11	20.69	0.0
ScWB2hd6pl: ScWB2hd6pl	WB	100.0	1.025	953.1	265.18	- 24.92	20.49	0.0
ScWB2hd7pl: ScWB2hd7pl	WB	100.0	1.025	523.9	246.52	- 24.99	20.40	0.0
ScWB2hd8pl: ScWB2hd8pl	WB	100.0	1.025	1015.5	227.50	- 24.97	20.40	0.0
ScWB2hd9pl: ScWB2hd9pl	WB	100.0	1.025	1015.5	202.50	- 24.97	20.40	0.0
ScWB3hd10pl: ScWB3hd10pl	WB	100.0	1.025	1015.5	177.50	- 24.97	12.40	0.0
ScWB3hd11pl: ScWB3hd11pl	WB	100.0	1.025	1015.5	152.50	- 24.97	12.40	0.0
ScWB3hd12pl: ScWB3hd12pl	WB	100.0	1.025	1008.3	127.55	- 24.99	12.40	0.0
ScWB3hd13pl: ScWB3hd13pl	WB	100.0	1.025	999.5	102.70	- 24.63	12.37	0.0
ScWB3hd14pl: ScWB3hd14pl	WB	100.0	1.025	844.4	41.20	- 15.78	13.84	0.0
ScWB3hd15pl: ScWB3hd15pl	WB	100.0	1.025	246.7	26.50	- 16.82	15.17	0.0
ScWB3hd1pl: ScWB3hd1pl	WB	100.0	1.025	108.6	371.18	-3.79	14.53	0.0
ScWB3hd2pl: ScWB3hd2pl	WB	100.0	1.025	212.9	358.13	-6.31	12.95	0.0
ScWB3hd3pl: ScWB3hd3pl	WB	100.0	1.025	683.3	339.12	-9.66	12.32	0.0
ScWB3hd4pl: ScWB3hd4pl	WB	100.0	1.025	621.0	315.69	- 15.19	12.47	0.0
ScWB3hd5pl: ScWB3hd5pl	WB	100.0	1.025	578.3	290.49	- 20.23	12.20	0.0
ScWB3hd6pl: ScWB3hd6pl	WB	100.0	1.025	715.1	264.85	- 23.71	12.56	0.0
ScWB3hd7pl: ScWB3hd7pl	WB	100.0	1.025	461.8	246.38	- 24.72	12.65	0.0

Title	Cargo	% full	SG (t/m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (t-m)
ScWB3hd8pl: ScWB3hd8pl	WB	100.0	1.025	996.4	227.38	-	12.45	0.0
ScWB3hd9pl: ScWB3hd9pl	WB	100.0	1.025	1015.4	202.50	-	12.40	0.0
WBfixed				39933.5	198.41	20.37	14.25	0.0
<b>Total Water Ballast</b>				<b>47163.7</b>	<b>192.40</b>	<b>-</b>	<b>14.02</b>	<b>0.0</b>
						<b>17.32</b>		
fw: fw	FW	1.4	1.000	8.6	246.50	0.00	28.43	1834.6
<b>Total Fresh Water</b>				<b>8.6</b>	<b>246.50</b>	<b>0.00</b>	<b>28.43</b>	<b>1834.6</b>
deeptank: deeptank	FO	98.0	0.850	3285.6	246.50	0.00	15.24	1559.4
fo2: fo2	FO	98.0	0.850	1698.0	177.50	0.00	1.27	56866.1
fo3: fo3	FO	50.0	0.850	866.3	202.50	0.00	0.65	56866.1
fo4: fo4	FO	98.0	0.850	1697.8	227.50	0.00	1.27	56866.1
fo6: fo6	FO	98.0	0.850	1262.4	265.43	0.00	1.28	23990.4
servtnk1: servtnk1	FO	98.0	0.850	391.8	55.00	-	30.36	1199.5
						14.00		
setltnk1: servtnk2	FO	98.0	0.850	391.8	55.00	14.00	30.36	1199.5
<b>Total Fuel Oil</b>				<b>9593.7</b>	<b>213.80</b>	<b>0.00</b>	<b>8.38</b>	<b>198547.2</b>
do2: do2	DO	98.0	0.920	1148.8	128.33	0.00	1.27	15627.7
servtnk2: setltnk1	DO	98.0	0.920	14.1	61.00	-9.00	30.36	1.2
setltnk2: setltnk2	DO	98.0	0.920	14.1	61.00	9.00	30.36	1.2
<b>Total Diesel Oil</b>				<b>1177.1</b>	<b>126.72</b>	<b>0.00</b>	<b>1.97</b>	<b>15630.1</b>
lo: lo	LO	98.0	0.930	416.6	71.00	0.00	2.60	106.9
<b>Total Lub Oil</b>				<b>416.6</b>	<b>71.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.60</b>	<b>106.9</b>
stores				5.0	200.00	0.00	32.00	0.0
<b>Total STORES</b>				<b>5.0</b>	<b>200.00</b>	<b>0.00</b>	<b>32.00</b>	<b>0.0</b>
prov				0.5	252.00	0.00	38.80	0.0
<b>Total PROVISIONS</b>				<b>0.5</b>	<b>252.00</b>	<b>0.00</b>	<b>38.80</b>	<b>0.0</b>
Wst				44855.0	191.80	0.00	13.50	0.0
Wm				9650.0	70.00	0.00	10.00	0.0
Wot				1000.0	184.00	0.00	32.40	0.0
<b>Total LS</b>				<b>55505.0</b>	<b>170.48</b>	<b>0.00</b>	<b>13.23</b>	<b>0.0</b>
Crew				3.8	252.00	0.00	38.88	0.0
<b>Total CREW</b>				<b>3.8</b>	<b>252.00</b>	<b>0.00</b>	<b>38.88</b>	<b>0.0</b>
<b>Total Displacement</b>				<b>153807.3</b>	<b>186.56</b>	<b>-0.02</b>	<b>13.32</b>	<b>216118.9</b>
<b>Buoyancy</b>				<b>153798.4</b>	<b>186.52</b>	<b>-0.04</b>	<b>6.39</b>	<b>3216272.6</b>
<b>Total Buoyancy</b>				<b>153798.4</b>	<b>186.52</b>	<b>-0.04</b>	<b>6.39</b>	<b>3216272.6</b>

Drafts at equilibrium angle

Draft at LCF	11.753	metres
Draft aft at marks	12.697	metres
Draft fwd at marks	10.677	metres
Draft at AP	12.697	metres
Draft at FP	10.677	metres
Mean draft at midships	11.687	metres

Hydrostatics at equilibrium angle

Density of water	1.0250	tonnes/cu.m
Heel to port	0.10	degrees
Trim by the stern	2.021	metres
KG	13.321	metres
FSC	1.405	metres
KGf	14.727	metres
GMt	12.578	metres
BMt	20.912	metres
BMI	829.955	metres
Waterplane area	15461.222	sq.metres
LCF	186.766	metres
TCF	-0.039	metres
TPI	158.478	tonnes/cm
MCT	3191.141	tonnes-m/cm

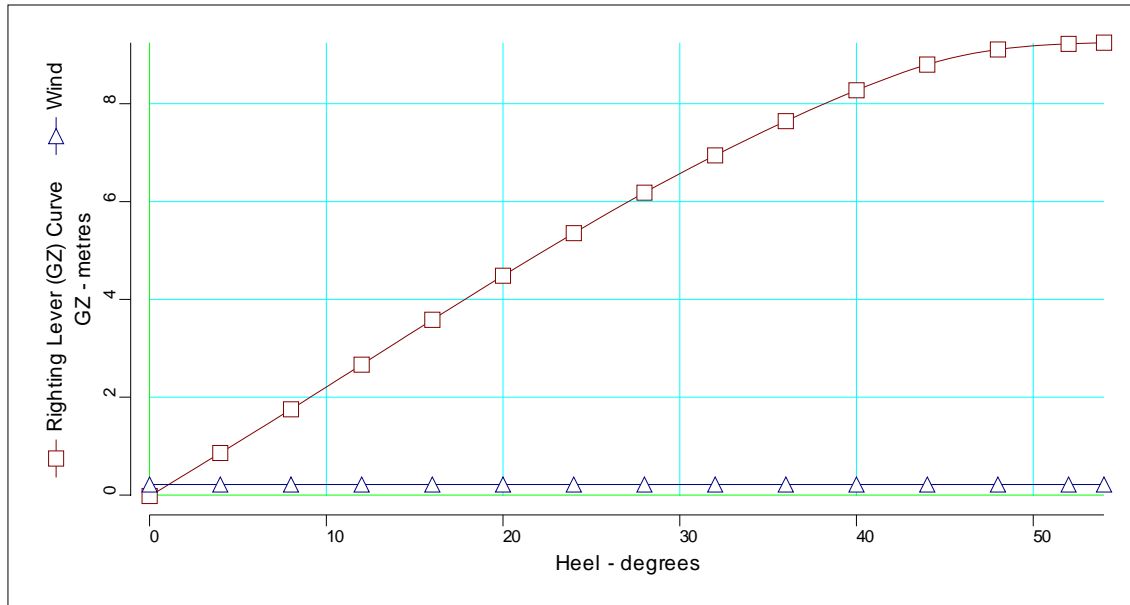
Propeller Immersion

Propeller tip immersion	0.643	metres
Required percentage immersion	100.000	%
Actual percentage immersion	107.220	%



Righting Lever (GZ) Curve

Heel to Port (deg)	GZ (m)	GM (m)	Trim (m)	WLrad (m)	Freeboard (m)	Wind (m)
0.00	-0.0222	12.5781	-2.021	11.687	19.67[0]	0.2146
2.00	0.4174	12.6225	-1.999	11.676	18.71[0]	0.2146
4.00	0.8589	12.7225	-1.933	11.637	17.77[0]	0.2146
6.00	1.3037	12.8717	-1.824	11.573	16.83[0]	0.2146
8.00	1.7530	13.0713	-1.673	11.485	15.91[0]	0.2146
10.00	2.2068	13.2631	-1.480	11.370	15.00[0]	0.2146
12.00	2.6652	13.4849	-1.245	11.230	14.10[0]	0.2146
14.00	3.1256	13.5817	-0.971	11.063	13.22[0]	0.2146
16.00	3.5838	13.5143	-0.674	10.869	12.35[0]	0.2146
18.00	4.0366	13.3445	-0.370	10.648	11.48[0]	0.2146
20.00	4.4835	13.1602	-0.068	10.399	10.61[0]	0.2146
22.00	4.9231	12.9147	0.225	10.123	9.54[0]	0.2146
24.00	5.3545	12.6040	0.506	9.817	8.43[0]	0.2146
26.00	5.7753	12.2342	0.773	9.481	7.32[0]	0.2146
28.00	6.1823	11.7437	1.023	9.113	6.24[0]	0.2146
30.00	6.5720	11.1979	1.258	8.711	5.17[0]	0.2146
32.00	6.9447	10.6983	1.478	8.273	4.13[0]	0.2146
34.00	7.3020	10.2641	1.685	7.798	3.11[0]	0.2146
36.00	7.6453	9.8439	1.882	7.287	2.12[0]	0.2146
38.00	7.9730	9.2760	2.075	6.738	1.16[0]	0.2146
40.00	8.2755	8.6233	2.276	6.150	0.22[0]	0.2146
42.00	8.5581	7.9115	2.478	5.528	-0.69[0]	0.2146
44.00	8.8009	6.5281	2.706	4.884	-1.60[0]	0.2146
46.00	8.9859	4.7672	2.957	4.230	-2.51[0]	0.2146
48.00	9.1096	3.0857	3.209	3.569	-3.41[0]	0.2146
50.00	9.1833	1.8634	3.447	2.902	-4.31[0]	0.2146
52.00	9.2253	1.0966	3.652	2.224	-5.19[0]	0.2146
54.00	9.2478	0.5406	3.828	1.532	-6.03[0]	0.2146



IMO Wind heeling

Property	Value	Units
Area to leeward (Area b)	4.40335	m-radians
Area to windward (Area a)	0.00223	m-radians
Gust angle	1.078	degrees
Rollback angle	21.932	degrees
Steady state angle	0.753	degrees
Max. angle to leeward	50.000	degrees

**Intact State**

IMO 749 Intact Stability Criteria non - passenger

#	Criterion	Actual Value	Critical Value	Critical KGf	Critical GMf
1	Area under GZ curve up to 30 degrees > 0.055	1.744	0.055	27.350	-0.045
2	Area under GZ curve from 30 to 40 deg. or downflood > 0.03	1.302	0.030	27.448	-0.143
3	Area under GZ curve up to 40 deg. or downflood > 0.09	3.045	0.090	27.371	-0.067
4	Initial GM to be at least 0.15 metres	12.578	0.150	Not Appl.	Not Appl.
5	GZ to be at least 0.20m at an angle > 30 degrees	9.248	0.200	27.474	-0.169
6	Max GZ to be at an angle > 30 degrees	54.000	30.000	27.411	-0.106
7	IMO Weather Criterion ( Maximum Initial Angle Of Heel )	0.753	16.000	27.209	0.095
8	IMO Weather Criterion ( Areas )	Indeterm.	1.000	27.118	0.187
<b>Critical</b>				<b>27.118</b>	<b>0.187</b>
<b>Actual</b>				<b>14.727</b>	<b>12.578</b>

**Condition complies with the regulations**