

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**στην
ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

ΤΡΟΠΟΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΠΛΟΙΟΥ

Γκαβέρας Παναγιώτης - Σπυρίδων

Διπλωματική εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ναυτιλία

Πειραιάς

Ιούνιος 2014

ΔΗΛΩΣΗ COPYRIGHT

«Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου».

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

«Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Καθηγητής, Τσελέντης Βασίλειος (Επιβλέπων)
- Καθηγητής, Τζανάτος Ερνέστος
- Καθηγήτρια, Σακελλαριάδου Φανή

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.»

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα ναυτιλιακά καύσιμα αποτελούν το μεγαλύτερο ετήσιο κόστος των ναυτιλιακών εταιρειών και ο περιορισμός της κατανάλωσης καυσίμου αποτελεί κίνητρο εκατομμυρίων δολαρίων. Η τιμές των ναυτιλιακών καυσίμων έχοντας ξεπεράσει τα εξακόσια δολάρια ανά μετρικό τόνο, βρίσκονται σε πολύ υψηλά επίπεδα, με αποτέλεσμα την αύξηση των λειτουργικών εξόδων των πλοίων. Από το 2007, ο κλάδος της Παγκόσμιας ναυτιλίας προσπαθεί να αντεπεξέλθει στην ραγδαία αυτή αύξηση, εφαρμόζοντας τρόπους εξοικονόμησης. Η παρούσα διπλωματική εργασία αποπειράται να καταγράψει τις μεθόδους εξοικονόμησης καυσίμων που χρησιμοποιούνται σήμερα.

Λέξεις- κλειδιά: Bunker saving, fuel consumption, slow steaming, trim/draft optimization, bulbous bow, hull maintenance, metric ton, HSFO, IFO, LNG propulsion, weather routing,

ABSTRACT

Fuel is the single largest annual cost for shipping operators and for that purpose Shipping companies have a motive in reducing their ship's fuel consumption in order to save millions of dollars. Bunker prices have risen to six hundred dollars per metric ton since 2007 and shipping industry strives to reduce fuel consumption while attaining its goals for profit. In this thesis, we provide the most used fuel saving techniques, operators and shipowners use, in order to reduce fuel consumption while lowering gas emissions.

keywords: Bunker saving, fuel consumption, slow steaming, trim/draft optimization, bulbous bow, hull maintenance, metric ton, HSFO, IFO, LNG propulsion, weather routing.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8-9
A' ΜΕΡΟΣ	10
1. Η ναυπήγηση του πλοίου.....	11
1.1 Το μέγεθος και οι διαστάσεις του πλοίου.....	12
1.2 Το μήκος του πλοίου.....	12
1.3 Πλάτος και ευστάθεια του πλοίου.....	13
1.4 Βάθος, βύθισμα και freeboard.....	13-14
1.5 Βολβοειδής πλώρη.....	14-16
1.6 Η πρύμνη.....	17-18
1.7 Λειτουργία μηχανής - Προπέλα.....	19-27
1.8 Βελτιώσεις στην απόδοση της έλικας.....	28-37
1.9 Κανονισμός IMO Annex VI - EEDI.....	38-43
B' ΜΕΡΟΣ	44
1. Ναυτιλιακά καύσιμα.....	44
1.1 Τα είδη των καυσίμων.....	45
1.2 High sulphur gas oil και Low sulphur gas oil.....	46
1.3 Marine diesel oil και Marine gas oil.....	47
1.4. Ναυτιλιακή εταιρεία- Καύσιμα στόλου.....	48
1.5 Εξοικονόμηση καυσίμων στην λειτουργία του πλοίου.....	52-53
1.6 Slow steaming.....	53-57
1.7 Weather routing.....	58-60

1.8 Έλεγχος καυσίμων.....	61
1.9 Συντήρηση κύτους.....	62
1.10 Συντήρηση χρωμάτων.....	63
1.11 Συντήρηση προπέλας.....	63-65
1.12. LNG Propulsion.....	65-66
1.13 Τύποι πλοίων LNG.....	67
1.14 Συστήματα πρόωσης LNG.....	68
1.15 Σχεδιάγραμμα χρήσης του LNG ως καύσιμο στη Ναυτιλία.....	69
1.16 Τύποι δεξαμενών LNG για την πρόωση του πλοίου.....	70
1.17 LNG bunkering.....	70-71
1.18 Χρήση αλεξιπτώτου για την υποβοήθηση πρόωσης.....	72-74
1.19 Trim optimization.....	75-78
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	79
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	80-81

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά την διάρκεια συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εργάστηκα ως ασκούμενος στην ναυτιλιακή εταιρεία HORIZON TANKERS LTD που εδρεύει στον Πειραιά, στο τμήμα Operation που διηύθυνε τον στόλο δώδεκα tankers, τέσσερα Suez-maxes, τέσσερα Mid- Range (MRs) και τέσσερα Long Range (LRs)¹.

Το τμήμα του operation έχει ως σκοπό να διευθύνει γενικά το πλοίο από τη στεριά, να βρει λύσεις σε προβλήματα όταν προκύπτουν κατά τη διάρκεια του ταξιδιού αλλά και κατά τη διάρκεια παραμονής του πλοίου σε λιμάνια, να παρέχει χάρτες στο καράβι όποτε χρειάζεται, να κανονίζει τις πετρελεύσεις και τους δεξαμενισμούς, τις επιθεωρήσεις, να βρίσκει πράκτορες και γενικά να παρέχει κάλυψη στο καράβι όταν απαιτείται.

Το πλοίο πρέπει να λειτουργεί σύμφωνα με τους κανονισμούς και να έχει όλα τα πιστοποιητικά του σύμφωνα με τον νηογνώμονα που είναι εγγεγραμμένο. Συνολικά όλη η ναυτιλιακή εταιρεία συμβάλλει στην διαχείριση και οργάνωση της λειτουργίας του στόλου της.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι κάθε τμήμα, προσπαθεί να μειώσει το κόστος, είτε είναι εξεύρεση φθηνών καυσίμων, είτε έκπτωση στα λιμανιάτικα έξοδα, είτε εύρεση των φθηνότερων ανταλλακτικών και επισκευών του στόλου. Αυτή η διαδικασία είναι δαπανηρή αν αναλογιστούμε ότι τα λιμανιάτικα έξοδα κοστίζουν χιλιάδες δολάρια, όπως και η σωστή επιλογή του μέρους πετρέλευσης ανάλογα με τον υπολογισμό ταξιδιού του πλοίου.

Αυτός είναι και ο στόχος της διαχείρισης ενός πλοίου για να είναι επικερδές στην ναυτιλιακή εταιρεία, να λειτουργεί όσο το δυνατόν πιο αποδοτικά και οικονομικά στα πλαίσια βεβαίως των διεθνών κανονισμών, με σεβασμό στο περιβάλλον και στις διεθνείς νομοθεσίες που αφορούν την

¹ [http://en.wikipedia.org/wiki/Tanker_\(ship\)#Tanker_capacity](http://en.wikipedia.org/wiki/Tanker_(ship)#Tanker_capacity)

Ναυτιλία. Ένα καράβι μπορεί να αποφέρει, ανάλογα με το επίπεδο των ναύλων, πολλά χρήματα αρκεί να μειωθούν όσο το δυνατόν περισσότερο τα λειτουργικά του έξοδα.

Στα λειτουργικά έξοδα περιλαμβάνονται τα καύσιμα, το πλήρωμα, τα λιμανιάτικα έξοδα, τα spare parts και η συντήρηση του πλοίου.

Η τιμή των ναυτιλιακών καυσίμων είναι τόσο υψηλή, ώστε η διεθνής ναυτιλία στρέφεται ολοένα και περισσότερο σε εναλλακτικά ήδη καύσιμου, όπως το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) ή αλλά και ντίζελ-ηλεκτρικές μηχανές που βασίζονται στην ίδια φιλοσοφία με αυτές της αυτοκίνησης. Η διεθνής ναυτιλία χρησιμοποιεί ήδη πολλές τεχνικές εξοικονόμησης καυσίμων όπως είναι το slow steaming.

Η ενασχόληση με την σύγχρονη ποντοπόρο ναυτιλία απαιτεί μείωση των λειτουργικών εξόδων του πλοίου με τρόπους αποτελεσματικούς και βιώσιμους. Η αύξηση της τιμής των καυσίμων από το 2007-2008 μέχρι και σήμερα έχουν οδηγήσει τον Κλάδο της ναυτιλίας σε μία νέα πορεία με βασική επιδίωξη την μείωση της κατανάλωσης καύσιμου και την μείωση των εκπομπών καυσαερίων αυξάνοντας την ίδια στιγμή τα κέρδη και τα έσοδα της εταιρείας.

Σκοπός της εργασίας είναι να ασχοληθεί με την οικονομία καυσίμων του πλοίου. Είτε είναι τεχνικοί, είτε λειτουργικοί το παρόν σύγγραμμα θα αποπειραθεί να ελέγξει την κατανάλωση ενός πλοίου από τον ανεφοδιασμό καυσίμων μέχρι τη λειτουργία του και την κατασκευή του.

Πειραιάς, Ιούνιος 2014

Γκαβέρας Πάνος

A' ΜΕΡΟΣ

1. Η ναυπήγηση νέου πλοίου

Η ναυπήγηση νέων πλοίων στοιχίζει εκατομμύρια δολάρια και η σχεδίαση τους θα πρέπει να γίνεται με γνώμονα την οικονομία, την αποδοτικότητα και την ασφάλεια.

Οικονομία σε ό,τι αφορά το σύστημα πρόωσης και των λειτουργικών εξόδων, αποδοτικότητα ώστε να λειτουργεί με όσο το δυνατόν καλύτερο τρόπο και ασφάλεια για την μεταφορά του φορτίου και του πληρώματος αλλά και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Στην οικονομική λειτουργία του πλοίου κατά την ναυπήγηση παίζουν ζωτικής σημασίας ρόλο η σωστή διαγωγή του πλοίου, η κατανάλωση καυσίμου από τη σωστή λειτουργία της μηχανής αλλά και η αποδοτικότητα της γάστρας (hull) μειώνοντας την τριβή. Τέλος η προπέλα, που μεταδίδει την κίνηση του πλοίου, θα πρέπει να αποδίδει το μέγιστο δυνατό έργο σύμφωνα με τις επιθυμίες του αγοραστή και του τρόπου λειτουργίας του.

Από την κατασκευή του το πλοίο θα πρέπει να λειτουργεί όσο το δυνατόν οικονομικότερα αλλά και αποδοτικότερα.

Για την απόδοτικότητά του εξετάζονται οι παρακάτω παράμετροι :

- ❖ Το μέγεθος και οι διαστάσεις του
- ❖ Οι σχεδιαστικές γραμμές του. (line design)
- ❖ Η βελτιστοποίηση της σχεδιαστικής γραμμής
- ❖ Η πρόωση του πλοίου.
- ❖ Η βελτιστοποίηση της πρόωσης.
- ❖ Ο υπολογισμός του κέντρου βάρους και της διαγωγής του.

1.1 Το μέγεθος και οι διαστάσεις του πλοίου

Οι κύριες διαστάσεις προσδιορίζουν πολλά από τα χαρακτηριστικά που θα έχει ένα πλοίο όπως η ευστάθεια, η χωρητικότητα, οι ενεργειακές απαιτήσεις, ακόμη και η αποδοτικότητά του. Για αυτό το λόγο είναι αποφασιστικής σημασίας οι κύριες διαστάσεις του πλοίου κατά την διάρκεια της ναυπήγησης.

Ένα πλοίο δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από όσο χρειάζεται ο αγοραστής. Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του πλοίου μπορούν να πραγματοποιηθούν χρησιμοποιώντας διάφορους συνδυασμούς διαστάσεων. Το επιθυμητό είναι να κατασκευαστεί ένα όσο τον δυνατόν οικονομικό πλοίο που να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του αγοραστή.²

Η διαδικασία που ακολουθείται για τα φορτηγά πλοία είναι η ακόλουθη:

1. Υπολογισμός του βάρους του πλοίου με πλήρες φορτίο (deadweight).
2. Επιλογή του μήκους (length).
3. Καθορισμός του συντελεστή γάστρας (block coefficient).³
4. Καθορισμός του πλάτους, του βυθίσματος και του βάθους του πλοίου.

Η επιλογή του μεγέθους του περιορίζεται από τις γέφυρες και τις διώρυγες που περνούν τα πλοία.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις μέγιστες επιτρεπόμενες διαστάσεις για ορισμένα κανάλια:

Διώρυγα	μέγιστο μήκος	μέγιστο πλάτος	μέγιστο βύθισμα	
Παναμά	289.5	32.30	12.04	
Σουέζ	-	-	28.39	
Κιελ	315	40	9.5	

² Ship design for efficiency and economy, Schneekluth and V. Bertram, 1998

³ Ο συντελεστής γάστρας ισούται με τον όγκο (V) διά του μήκους των υφάλων επί το πλάτος επί το βύθισμα $C_b = V / (LWL * B * T)$

Το πλάτος, το βύθισμα και το βάθος του πλοίου πρέπει να συνδυάζονται έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι εξής απαιτήσεις:⁴

1. Να υπάρχουν ικανοποιητικοί σε μέγεθος χώροι στο πλοίο
2. Να υπάρχει ευστάθεια
3. Να υπάρχει ικανοποιητικού μεγέθους freeboard⁵
4. Να διασφαλίζεται η σωστή διαγωγή του πλοίου.

1.2 Το μήκος του πλοίου

Τα επιθυμητά τεχνικά χαρακτηριστικά μπορούν να πραγματοποιηθούν με διαφορετικά μήκη.

Διαδικασίες Παραμετροποίησης θα παρουσιαστούν παρακάτω ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι όσο μεγαλώνει το μήκος του πλοίου (κρατώντας βέβαια τον ίδιο όγκο) τόσο αυξάνεται το βάρος της γάστρας και μειώνεται η απαιτούμενη ισχύς για την πρόωση του πλοίου.

Με άλλα λόγια για να αυξήσουμε την ταχύτητα ενός πλοίου μπορούμε να το επιτύχουμε, αυξάνοντας το μήκος του (LOA).⁶

Το μέγεθος ενός πλοίου θα πρέπει να αποφασίζεται και σύμφωνα με εξωτερικούς παράγοντες, αφού περιορίζεται λόγω του μεγέθους των αποβαθρών, των λιμανιών και των υδροφραγμάτων.⁷

Το μέγεθος των πλοίων θα πρέπει να ελεγχθεί με μαθηματικές φόρμουλες, που αποσκοπούν στην οικονομική απόδοση του πλοίου (Schneekluth's formula)⁸ και διαδικασίες ελέγχου που περιορίζουν το μήκος.

⁴ Ship design for efficiency and economy, Schneekluth and V. Bertram, 1998

⁵ Το ύψος της πλευράς ενός πλοίου μεταξύ της υφαλογραμμής και του καταστρώματος (Λεξικό Έκδοση 2.2.1 (156) © 2005-2011 Apple Inc.

⁶ Τζανάτος, Τεχνολογική Απόδοση Πλοίου

⁷http://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/egkatastaseis-prooses/files/EgP_k_3_SYMPLRWMATIKES_SHMEIWSEIS_ANTISTASHS.pdf

⁸http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.fpp.uni-lj.si%2Fmma_bin.php%3Fid%3D2012030910193104&ei=e6mEU6rCCc3DPNmWgeAF&usg=AFQjCNGjpES-jn961Mfgd10OUOAleqF6xw&bvm=bv.67720277,d.ZWU

Εάν ο αρχικός υπολογισμός δεν πληροί τις προδιαγραφές και το πλοίο παρουσιάζει έντονη αντίσταση (wave making resistance) τότε μπορεί να επανασχεδιαστεί είτε εναλλάσσοντας το μήκος είτε το σχήμα της γάστρας⁹

Η ταχύτητα του πλοίου καθορίζεται κυρίως από τις απαιτήσεις του πλοιοκτήτη και δεν αποτελεί απόφαση του σχεδιαστή. Η βέλτιστη ταχύτητα, από οικονομικής πλευράς, δεν άπτεται μονάχα της υδροδυναμικής. Παρακάτω θα αναφερθούμε σε θέματα βελτίωσης της απόδοσης του πλοίου.

1.3 Πλάτος και ευστάθεια του πλοίου

Το πλάτος του πλοίου, όταν δεν υπάρχει κάποια απαίτηση για συγκεκριμένο μέγεθος, θα διαμορφωθεί ανάλογα με τις επιταγές της ευστάθειας.

Το πλάτος του πλοίου, λοιπόν, καθορίζει και την ευστάθειά του. Αυξάνοντας την αναλογία μήκους (Length) προς το πλάτος (Beam) και μειώνοντας το συντελεστή γάστρας (Cb), μπορούμε να επιτύχουμε μείωση της κατανάλωσης καύσιμου έως και 5% και αυτό αφορά όλα τα είδη πλοίων.

1.4 Βάθος, βύθισμα και freeboard (ύψος εξάλλων)

Το βύθισμα συνήθως περιορίζεται από ρηγά νερά, κυρίως για tankers και bulk carriers όπως για banana carriers και κάποια επιβατηγά.

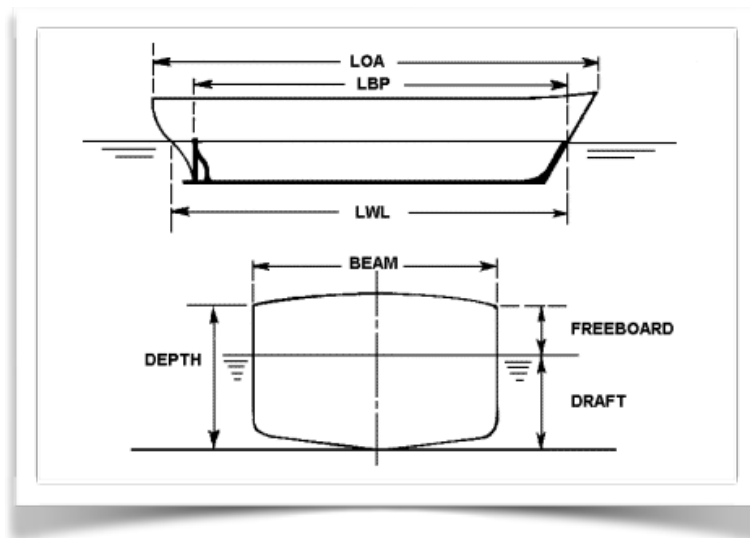
Το μεγάλο βύθισμα ενός πλοίου έχει ως αποτέλεσμα την χαμηλή αντίστασή του και την δυνατότητα εγκατάστασης μεγάλου μεγέθους προπέλας με επαρκή απόσταση (clearance) μεταξύ των άκρων της προπέλας και του κύτους.¹⁰ Το μεγαλύτερο βύθισμα σημαίνει και καλύτερη πλευστότητα του πλοίου και άρα αυξημένη αποδοτικότητα προπέλας.

⁹ Ship design for efficiency and economy, Schneekluth and V. Bertram, 1998

¹⁰ Ship design for efficiency and economy, Schneekluth and V. Bertram, 1998

Το βάθος καθορίζει τον όγκο του πλοίου και το μέγεθος του freeboard και γεωμετρικά σχετίζεται περισσότερο με το βύθισμα.

Το Ύψος εξάλλων, (freeboard), είναι ένα πολύ βασικό στοιχείο που αφορά την ασφάλεια των πλοίων και πρόκειται για το ύψος του κυρίου καταστρώματος από την ίσαλο, ή γραμμή θέρους.¹¹



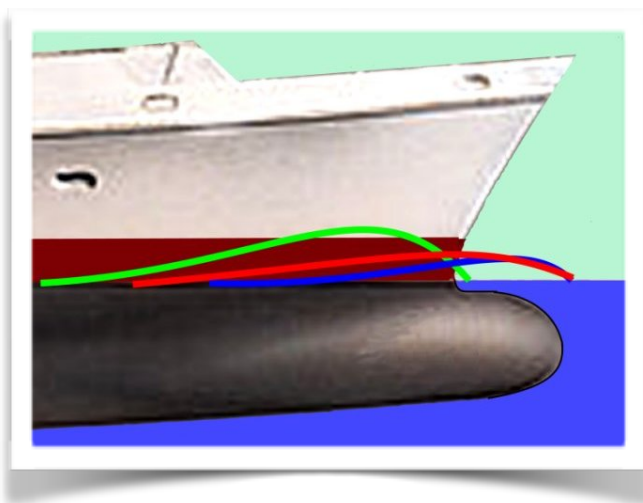
Εικόνα 1 Διαστάσεις πλοίου <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/measurement.htm>

1.5 Βολβοειδής πλώρη (Bulbous bow)

Η μείωση της αντίστασης των υφάλων του πλοίου στο νερό, της τριβής των εξάλλων του στον αέρα, η καλύτερη συμπεριφορά στους κυματισμούς και γενικά η βελτιστοποίηση των γραμμών και της υδροδυναμικής του, αποτελούσαν πάντα στόχο του σχεδιασμού των πλοίων. Τέτοιο παράδειγμα είναι η βολβοειδής πλώρη που προσφέρει κατά μέσο όρο 12%- 15% εξοικονόμηση καύσιμου. Σήμερα η βολβοειδής πλώρη αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της σύγχρονης ποντοπόρου ναυτιλίας στα φορτηγά πλοία. Συγκριτικά πειράματα δείχνουν ότι ένα πλοίο με βολβοειδή πλώρη χρειάζεται πολύ λιγότερη προωστική δύναμη και έχει πολύ καλύτερη συμπεριφορά σε ότι αφορά στην αντίσταση του νερού. Ανακαλύφθηκε πριν το 1900 όταν πολεμικά τορπιλικά πλοία που είχαν το torpedo tube στην πλώρη φάνηκε να έχουν καλύτερα χαρακτηριστικά αντίστασης και λιγότερες

¹¹http://el.wikipedia.org/wiki/Ύψος_εξάλλων

απαιτήσεις για την πρόωσή τους. Χρησιμοποιήθηκε το 1912 από το Πολεμικό Ναυτικό των Η.Π.Α. και από το 1929 και σε εμπορικά πλοία. Η ευρεία χρήση της βολβοειδούς πλώρης ξεκίνησε από το 1950 και ύστερα.



Εικόνα 2 <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/bulbous-bow.htm>

Στην εικόνα 2 βλέπουμε πώς η βολβοειδής πλώρη επεμβαίνει στην ενεργειακή αποδοτικότητα του πλοίου. Το πλοίο κινούμενο με ταχύτητα εκτοπίζει ποσότητες νερού. Η πράσινη γραμμή αντιπροσωπεύει το bow wave δηλαδή τις ποσότητες νερού που δεν προλαβαίνουν να απομακρυνθούν¹² και βρίσκονται σε σταθερή σχέση με το πλοίο. Οι υπόλοιπες ποσότητες αποκλίνουν προς τα κάτω, προς τα πλάγια και προς τα πίσω. Η μπλε γραμμή αντιπροσωπεύει το κύμα που δημιουργεί η βολβοειδής πλώρη η οποία αναγκάζει το νερό να περνάει από πάνω της μειώνοντας την αντίσταση (wave making resistance). Η κόκκινη γραμμή αντιπροσωπεύει το άθροισμα των δύο παραπάνω. Η χρήση του bulbous bow συνεισφέρει στην μείωση της κατανάλωσης καύσιμου λόγω της μειωμένης προωστικής δύναμης που απαιτεί το πλοίο για την κίνησή του. Η μείωση της κατανάλωσης καύσιμου με την χρήση της βολβοειδούς πλώρης κυμαίνεται από 12%- 15% και μπορεί να παρατηρηθεί και μία μικρή αύξηση ταχύτητας του πλοίου με την ίδια ισχύ.

¹²http://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/egkatastaseis-prooses/files/EgP_k_3_SYMPLRWMATIKES_SHMEIWSEIS_ANTISTASHS.pdf



Εικόνα 3 Βολβοειδής πλώρη container ship HAMMONIA POMERENIA - IMO 9339583

Σε συγκριτικά πειράματα σε μοντέλα πλοίων με ή χωρίς βολβοειδή πλώρη, τα πρώτα δείχνουν συνήθως καλύτερα χαρακτηριστικά πρόωσης. Αυτό συμβαίνει διότι η αντίσταση κύματος είναι μικρότερη και ο συντελεστής πρόωσης είναι χαμηλότερος που οδηγεί σε αποδοτικότερη λειτουργία της προπέλας. Αλλά ακόμα και σε ταχύτητες που οι αντίσταση είναι ίδια και η αποδοτικότητα της προπέλας όμοια, τα πλοία με bulbous bow είναι πιο συμφέροντα αφού η βολβοειδής πλώρη δημιουργεί αποτελεσματικό ομόρους (wake).¹³ Αν και συνήθως η τοποθέτηση bulbous bow εξετάζεται κυρίως από υδροδυναμικής απόψεως, θα πρέπει να μελετάται και από οικονομικής, αν συμφέρει η τοποθέτησή του.

¹³ Απόνερα πλοίου, Ομόρρους

1.6 Η πρύμνη

Η πρύμνη θα πρέπει, κατά την κατασκευή του πλοίου, να διέπεται από χαμηλή αντίσταση, υψηλή προωστική απόδοση, χωρίς να παρουσιάζονται απώλειες στην πρόωση και, τέλος, μειωμένες δονήσεις.

Υπάρχουν τρία βασικά είδη πρύμνης ανάλογα με την μορφή κατασκευής τους περί τα εξής.

- Η ελλειπτική
- Η πρύμνη καταδρομικού (cruiser)
- Η κάθετη πρύμνη (transom)

Ελλειπτική πρύμνη

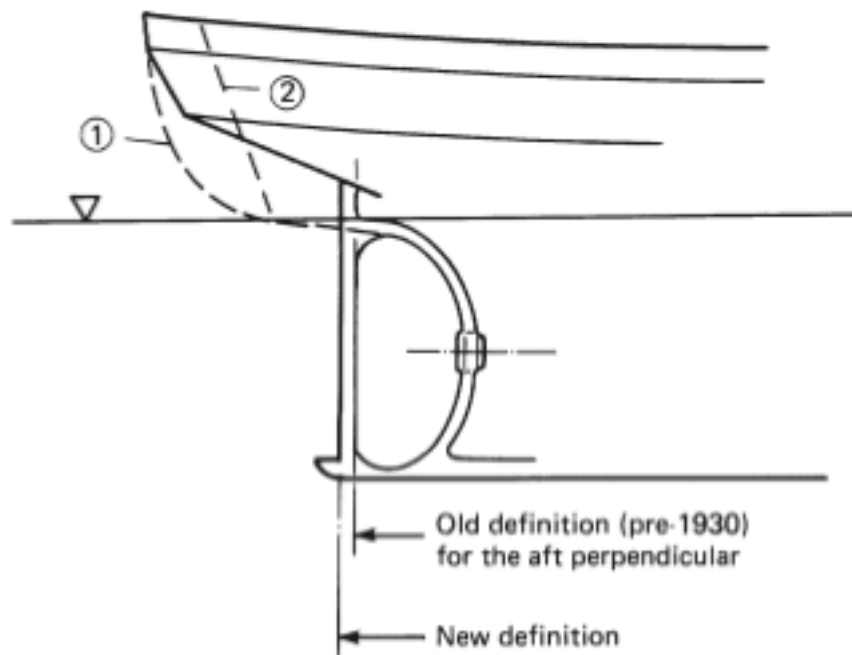
Είναι το είδος πρύμνης που χρησιμοποιούν η πλειοψηφία των εμπορικών πλοίων σήμερα.

Πρύμνη cruiser

Χρησιμοποιήθηκε κυρίως στο δεύτερο μισό του 20ου αιώνα σε πολεμικά πλοία για να βρίσκεται η μηχανή του πλοίου κάτω από το ενισχυμένο κατάστρωμα. Αποδείχθηκε ότι έχει καλύτερη αντίσταση στο νερό από ότι η ελλειπτική και από το τέλος του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου και έπειτα χρησιμοποιείται και σε εμπορικά πλοία.

Πρύμνη transom

Η πρύμνη transom, είναι επίπεδη για λόγους απλότητας κατασκευής και επεκτείνεται μέχρι την ισαλογραμμή. Χρησιμοποιείται σήμερα στα εμπορικά πλοία.



Σχέδιο 1 : (1) Ελλειπτική πρόμνη και πρόμνη cruiser (2) Πρόμνη Transom

1.7 Η Προπέλα

Η προπέλα τοποθετείται στην πρύμνη του πλοίου και αποτελεί την μετάδοση της κίνησης της μηχανής του. Η τοποθέτηση προπέλας στην πλώρη είναι πολύ λιγότερο διαδεδομένη και χρησιμοποιείται μόνο¹⁴ :

- ❖ Στα παγοθραυστικά (Icebreakers) ώστε να σπάνε τον πάγο με το αρνητικό πεδίο πίεσης μπροστά από την προπέλα.¹⁵
- ❖ Στα πλοία δύο κατευθύνσεων (double- ended ferries) που αλλάζουν συχνά κατεύθυνση¹⁶
- ❖ Σε ποταμόπλοια και χρησιμοποιείται ως rudder propeller¹⁷.

1.5.1 Βασικοί τύποι προπέλας

Υπάρχουν δύο βασικά είδη προπέλας :

- Οι προπέλες ή Έλικες σταθερού βήματος – fixed pitch propeller (FP-propeller).¹⁸
- Οι προπέλες ή Έλικες μεταβλητού βήματος – controllable pitch propeller (CP-propeller).¹⁹

¹⁴ Ship design for efficiency and economy, Schneekluth and V. Bertram, 1998

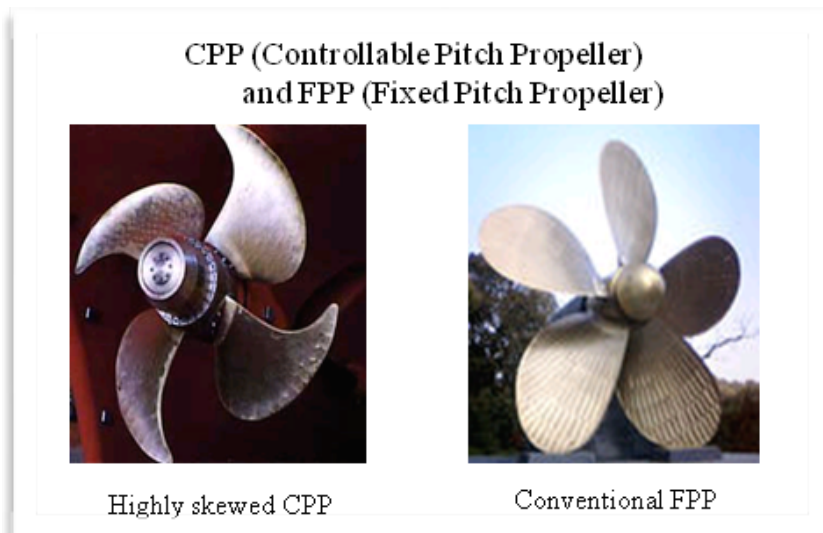
¹⁵ Ship design for efficiency and economy, Schneekluth and V. Bertram, 1998

¹⁶ Ship design for efficiency and economy, Schneekluth and V. Bertram, 1998

¹⁷ Ship design for efficiency and economy, Schneekluth and V. Bertram, 1998

¹⁸<http://www.marineinsight.com/sports-luxury/equipment/propeller-types-of-propellers-and-construction-of-propellers/>

¹⁹<http://www.marineinsight.com/sports-luxury/equipment/propeller-types-of-propellers-and-construction-of-propellers/>



Εικόνα 4 βασικοί τύποι προπέλας.

Προπέλες σταθερού βήματος

Σύμφωνα με τον Ν.Π Κυρτάτο, καθηγητή ΕΜΠ, (Κυρτάτος 2007), « οι έλικες σταθερού βήματος είναι ενιαία χυτά κομμάτια και συνήθως κατασκευάζονται απο κράμα χαλκού. Η θέση των πτερυγίων, και συνεπώς το βήμα της έλικας, είναι ίση και σταθερή για όλα, με ένα δεδομένο βήμα που δεν μπορεί να αλλάξει κατα την λειτουργία. Αυτό σημαίνει ότι όταν η έλικα λειτουργεί σε συνθήκες, για παράδειγμα άσχημου καιρού, οι καμπύλες απόδοσης της έλικας,²⁰ δηλαδή ο συνδιασμός ισχύος και ταχύτητας (*rpm*), θα αλλάζουν ακολουθώντας τους φυσικούς νόμους και η πραγματική καμπύλη της έλικας δεν μπορεί να μεταβληθεί απο το πλήρωμα. Τα περισσότερα πλοία που δεν χρειάζονται ειδικές καλές ελιγκτικές ικανότητες, είναι εφοδιασμένα με έλικες σταθερού βήματος.²¹ Χρησιμοποιούνται σε όλων των μεγεθών πλοία, φορτηγά, δεξαμενόπλοια, εμπορευματοκιβωτίων και χαρακτηρίζονται για την αντοχή τους λόγω της ενιαίας τους κατασκευής.»

²⁰http://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/egkatastaseis-prooses/files/basikes_arxes2.pdf

²¹http://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/egkatastaseis-prooses/files/basikes_arxes2.pdf

Προπέλες μεταβλητού βήματος

Οι έλικες μεταβλητού βήματος (Κυρτάτος 2007) «έχουν μεγαλύτερη πλήμνη²² σε σχέση με τις έλικες σταθερού βήματος, επειδή η πλήμνη πρέπει να έχει αρκετό χώρο για τον υδραυλικό μηχανισμό ελέγχου της γωνίας (βήματος) των πτερυγίων. ²³Οι έλικες μεταβλητού βήματος είναι σχετικά ακριβές, ίσως τρεις με 4 φορές ακριβότερες σε σχέση με τις έλικες σταθερού βήματος. Επιπλέον, λόγω της μεγαλύτερης πλήμνης, η απόδοση της έλικας είναι ελαφρώς χαμηλότερη.²⁴

Οι έλικες μεταβλητού βήματος συνήθως χρησιμοποιούνται στα κρουαζιερόπλοια και στα ferries που απαιτούν υψηλές ελεγκτικές ικανότητες. Για τα συνηθισμένα πλοία, όπως τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, φορτίου χύδην και τα δεξαμενόπλοια, που πλέουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε κανονική θάλασσα και με δεδομένη ταχύτητα, θα ήταν γενικά αντισυμβατικό να εγκατασταθούν έλικες μεταβλητού βήματος αντί για σταθερού.²⁵ Επίσης, μια έλικα μεταβλητού βήματος είναι πιο περίπλοκη και συνοδεύεται από υψηλότερο ρίσκο εμφάνισης προβλημάτων κατά την λειτουργία.²⁶»

²²Η πλήμνη (κέντρο) μιας έλικας είναι μια σταθερή κεντρική επιφάνεια, επικάλυμμα του άξονα της έλικας, στην οποία είναι προσαρμοσμένα τα πτερύγιά της.

<http://archive.in.gr/Reviews/imagegallery.asp?lngReviewID=12770&lngChapterID=13419&lngItemID=107651>

²³http://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/egkatastaseis-prooses/files/basikes_arxes2.pdf

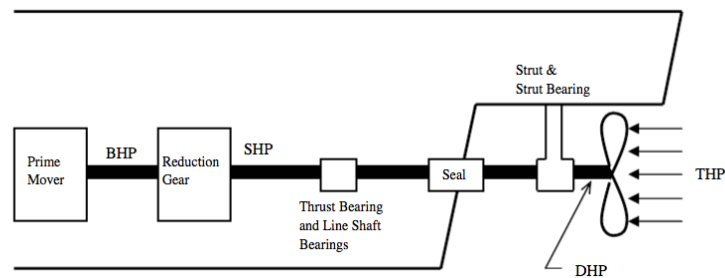
²⁴http://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/egkatastaseis-prooses/files/basikes_arxes2.pdf

²⁵http://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/egkatastaseis-prooses/files/basikes_arxes2.pdf

²⁶http://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/egkatastaseis-prooses/files/basikes_arxes2.pdf

Ο ρόλος της προπέλας στην εξοικονόμηση καυσίμων

Ο ρόλος της προπέλας στην εξοικονόμηση καυσίμων κατά την διάρκεια πλεύσης και όχι μόνο είναι καθοριστικής σημασίας για το πλοίο. Παρακάτω φαίνεται η μετάδοση της κίνησης από την κύρια μηχανή μέχρι την προπέλα.



Εικόνα 5 Άξονας ναυτιλιακής μηχανής πρόωσης

Παραπάνω στην εικόνα 5 βλέπουμε σχηματικά την λειτουργία της μηχανής για την πρόωση του πλοίου. Ξεκινάμε από την αποτελεσματική ιπποδύναμη, πάνω δεξιά, η οποία συμβολίζει το Effective Horse Power, το οποίο είναι η απαραίτητη ιπποδύναμη που χρειάζεται το πλοίο για να κινηθεί. Πρακτικά το EHP ισούται με το σύνολο των αντιστάσεων, για να μπορεί το πλοίο να κινείται, χωρίς να αλλάζει ταχύτητα.

Από αριστερά προς τα δεξιά, στη μηχανή, καίγεται το καύσιμο δίνοντας την απαραίτητη ενέργεια. Ένα μέρος της θερμικής αυτής ενέργειας χάνεται σε καυσαέρια τα οποία είναι παράγωγα των μηχανών εσωτερικής καύσεως και ό,τι μένει ασκείται στον άξονα μπροστά από τη μηχανή και συμβολίζεται ως BHP (Brake Horse Power.) Το BHP είναι η ιπποδύναμη που πρέπει να ασκηθεί σε ένα πλοίο για να σταματήσει τελείως, είναι δηλαδή η μέγιστη ιπποδύναμη που μπορεί να δώσει η μηχανή. Μερικά πλοία έχουν μειωτές (reduction gears). Οι μειωτές αυτοί λειτουργούν όπως το κιβώτιο ταχυτήτων στο αυτοκίνητο, με τη διαφορά ότι δεν υπάρχει η ευχέρεια επιλογής πολλών ταχυτήτων αλλά δύο και σε κάποιες περιπτώσεις τρεις.

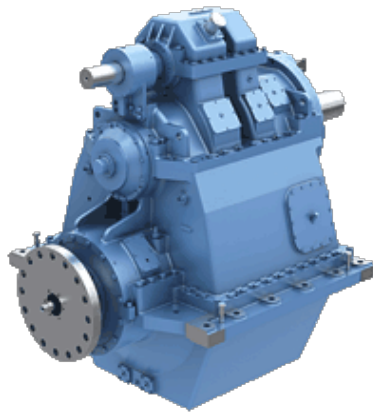
Χρήση μειωτών

Οι κύριες μηχανές της ναυτιλίας είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν βέλτιστα σε συγκεκριμένο αριθμό στροφών. Υπάρχουν, όμως, περιπτώσεις, στις οποίες χρειάζεται για ένα διάστημα να μειωθούν οι στροφές που παίρνει η προπέλα (π.χ λόγω τρικυμίας), χωρίς όμως να μειωθούν οι στροφές της μηχανής. Αυτό συμβαίνει διότι η λειτουργία της μηχανής θα αποκλίνει από το βέλτιστο (optimum) και για να επανέλθει η προπέλα στην επιθυμητή ταχύτητα, θα πρέπει να γίνει ακόμη περισσότερη κατανάλωση καύσιμου χωρίς να χαθεί χρόνος. Ο χειρισμός που απαιτείται πρέπει να είναι άμεσος για να μειωθούν οι στροφές στην προπέλα κρατώντας όμως τις optimum στροφές της μηχανής. Αυτό ακριβώς το πετυχαίνει ο μειωτήρας, ο οποίος έχει και τις δύο παραπάνω ιδιότητες, να είναι άμεσος και να μη χρειάζεται να μειώσουμε καθόλου τις στροφές στη μηχανή.

Λειτουργία μειωτήρα

Ο κύριος σκοπός της μηχανής είναι να στρέφει έναν άξονα. Αυτός ο άξονας στρέφεται με μια συγκεκριμένη ταχύτητα, την οποία μετράμε σε στροφές ανά λεπτό (rpm). Όταν η ιπποδύναμη που εφαρμόζουμε σε δύο άξονες είναι ίση και οι άξονες έχουν διαφορετική διάμετρο, τότε ο μικρότερος θα παίρνει περισσότερες στροφές από τον μεγαλύτερο. Αυτό οφείλεται σε νόμους της φυσικής που συνδέουν τη διάμετρο και την κυκλική ταχύτητα.

Ο μειωτήρας (εικόνα 7), σε μεσόστροφες και ταχύστροφες μηχανές, είναι πρακτικά ένας μηχανισμός από γρανάζια, τα οποία μεταφέρουν την ιπποδύναμη από έναν άξονα σε έναν άλλο. Χρησιμοποιείται για να μειώσει τις στροφές κρατώντας σταθερή την ισχύ, μεγαλώνοντας τη ροπή. Στα φορτηγά πλοία που δεν υπάρχουν τετράχρονοι αλλά δίχρονοι αργόστροφοι κινητήρες η σύνδεση μηχανή-έλικας γίνεται απευθείας χωρίς μειωτήρα. Ασφαλώς η μη ύπαρξη του μειωτήρα σε αυτές τις διατάξεις οδηγεί σε καλύτερο βαθμό απόδοσης του αξονικού συστήματος λόγω των λιγότερων συστημάτων που μεσολαβούν για να παραδώσουν τη ισχύ στη έλικα.



Εικόνα 6 Μειωτήρας μηχανής πλοίου Rolls Royce

Συνεχίζοντας, εφόσον παρεμβάλλεται μειωτήρας, η μετατροπή της κίνησης και η μείωση/αύξηση στις στροφές θα προκαλεί και άλλες απώλειες ενέργειας. Κατά συνέπεια αν παρεμβάλλεται μειωτήρας πρέπει αμέσως μετά να μετρηθεί η ιπποδύναμη που παράγεται από αυτόν και συμβολίζεται με SHP (Shaft Horse Power) που είναι και η πραγματική ιπποδύναμη που μεταδίδεται στον άξονα του πλοίου. Άρα εύλογα συμπεραίνεται ότι αν δεν υπάρχει μειωτήρας, ή αν ο μειωτήρας δε λειτουργεί, τότε BHP ισούται με SHP.

Ανάμεσα στην προπέλα και τον μειωτήρα, όπου υπάρχει, βρίσκονται ορισμένα ακόμα μέρη του συστήματος, που μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες. Τα μέρη που κρατούν τον άξονα σταθερό και τα μέρη που αφορούν την προπέλα. Τα κομμάτια που κρατούν τον άξονα (thrust-line shaft- Bearings) βρίσκονται εκεί για να βεβαιώσουν ότι ο άξονας δε χάνει ενέργεια μετακινούμενος από τη θέση του.

Βέβαια ενέργεια χάνεται σε αυτά τα σημεία λόγω τριβής, (θερμική ενέργεια και άλλες απώλειες) αλλά εξυπηρετούν και δύο ακόμα σκοπούς. Καταρχήν, εάν ο άξονας μετακινηθεί από τη θέση του υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να σταματήσει ή ακόμα και να καταστραφεί η μηχανή, κάτι το οποίο μέσα στη θάλασσα θα ήταν τρομερά χρονοβόρο, δύσκολο να επιδιορθωθεί και ασφαλώς επικίνδυνο. Κατά δεύτερον, ο άξονας δεν είναι ένα μεγάλο ενιαίο κομμάτι, αλλά τουλάχιστον δύο ξεχωριστά, για λόγους πρακτικούς (για τον καθαρισμό και την συντήρησή του), οπότε χρειαζόμαστε ένα μέσο για να τον κρατάει ενωμένο. Συνήθως αυτά τα Bearings έχουν μορφή Ω και λιπαίνονται στο εσωτερικό τους τμήμα για να ελαχιστοποιούν την απώλεια ενέργειας από την τριβή, αλλά και για να μειώσουν τις φθορές στα ίδια και τον άξονα.

Η δεύτερη κατηγορία που αφορά την προπέλα αποτελείται από το stern tube, δηλαδή την έξοδο που επιτρέπει στον άξονα να βγαίνει έξω από το καράβι και να συνδέεται με την προπέλα. Αυτή η δίοδος

είναι πολύ σημαντική γιατί εκτός από το γεγονός ότι πρέπει να λιπαίνεται μόνιμα για να αποφύγουμε όσο το δυνατόν απώλειες τριβής, είναι σημαντικό να υπάρχει και μια διαφορά πίεσης, προκειμένου να μην μπει μέσα στο μηχανοστάσιο νερό. Μια μικρή ποσότητα νερού πάντα θα μπαίνει, άλλωστε είναι αδύνατον να τη φράξουμε εντελώς, αλλιώς θα προκαλούσαμε και φθορές στον άξονα, αλλά πάντα σε λογικά επίπεδα αφού υπάρχουν συστήματα που θα την απομακρύνουν.

Στην εικόνα 6 υπάρχει ένα strut, το οποίο είναι πρακτικά μια δοκός στήριξης, όμοια με τα bearings που προαναφέρθηκαν, αλλά με τη διαφορά ότι είναι εκτός του καραβιού, στο νερό. Δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει σε όλα τα καράβια, εξαρτάται από την απόσταση που έχει η προπέλα από το stern tube.²⁷



Εικόνα 7 στήριξη του άξονα της προπέλας με strut

²⁷Το stern tube, όπως υποδηλώνει το όνομά του, είναι ένας κοίλος σωλήνας στην πρύμνη του πλοίου. Ένα πλοίο χρειάζεται μία προπέλα για να το κινήσει. Η έλικα, που βρίσκεται έξω από το πλοίο, πρέπει να συνδεθεί με τον κινητήρα μέσα στο μηχανοστάσιο του πλοίου.

Για την σύνδεση τους χρειάζεται ένας άξονας γνωστός ως άξονας της προπέλας και χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του κινητήρα του πλοίου και την προπέλα. Το stern tube είναι μία στενή δίοδος στο πίσω μέρος του κύτους (πρυμναίο τμήμα), μέσω του οποίου ο άξονας της προπέλας περνάει και συνδέει τον κινητήρα και την προπέλα.

Τέλος η κίνηση μεταδίδεται στην προπέλα και η ισχύς που μεταδίδεται εκεί συμβολίζεται με DHP (Delivered Horse Power) και είναι η ισχύς που η μηχανή δίνει στην προπέλα. Πρακτικά είναι η συνολική ισχύς της μηχανής (BHP) μείον τις διάφορες απώλειες από την μηχανή μέχρι την προπέλα. Ωστόσο η ισχύς του πλοίου υπόκειται σε μια ακόμα μείωση, αφού απώλειες ενέργειας υπάρχουν και στην προπέλα, κάτι που μας οδηγεί στο να μετρήσουμε στο τέλος του άξονα την THP- Thrust Horse Power, που είναι και η τελική προωστική δύναμη που δίνει η μηχανή μας.

Παρακάτω παρατίθενται οι σχέσεις των συντελεστών του άξονα και μια μικρή εξήγηση για κάθε έναν από αυτούς:

Αποδοτικότητα μειωτήρα

Ο συντελεστής αυτός μας δίνει το ποσοστό ενέργειας που μεταβιβάζεται από τον μειωτήρα στον άξονα. Παίρνει τιμές πάντα κάτω από 1 (επειδή πάντα $SHP < BHP$). Ένας καλός μειωτήρας έχει τιμές αποδοτικότητας 98-99%, το οποίο σημαίνει ότι μόλις 1 ή 2% της δύναμης της μηχανής χάνεται στον μειωτήρα. Αν δεν υπάρχει μειωτήρας ο συντελεστής παίρνει την τιμή 1, επειδή $SHP = BHP$.

Αποδοτικότητα άξονα

Ο συντελεστής μας δίνει το ποσοστό της ενέργειας που χάνεται στα bearings του άξονα. Λειτουργεί ακριβώς με τον ίδιο τρόπο με τον παραπάνω συντελεστή και λαμβάνει τιμές κάτω από 1. Ένας καλός άξονας έχει αποδοτικότητα 97-98%, το οποίο σημαίνει ότι χάνει 2-3% της δύναμης που έρχεται από τον μειωτήρα. Αν δεν υπάρχει μειωτήρας στην θέση του SHP τότε ισούται με το BHP, τα οποία σε αυτή την περίπτωση ταυτίζονται.

Αποδοτικότητα προπέλας

Μας δίνει το ποσοστό ενέργειας που χάνεται από την προπέλα. Λαμβάνει τιμές κάτω από 1. Οι απώλειες της προπέλας είναι σημαντικά μεγαλύτερες, αφού μια καλή προπέλα έχει τιμή συντελεστή 70-75%, δηλαδή χάνει το 25-30% της ενέργειας που φτάνει μέχρι αυτήν.

Αποδοτικότητα σχεδίασης

Συνδέει την ιπποδύναμη που χρειάζεται το πλοίο για να κινηθεί με την ιπποδύναμη που τελικά αποδίδει η προπέλα. Αυτός ο συντελεστής διαφέρει από τους υπόλοιπους με την έννοια ότι δεν είναι υποχρεωτικά κάτω από 1, αλλά μπορεί να πάρει και τιμές πάνω από αυτό. Αν σε πλοίο με μια μηχανή ο δείκτης δεν είναι τουλάχιστον 1, το πλοίο δε μπορεί να προχωρήσει. Σε πλοία με 2 μηχανές, αρκεί ένας δείκτης από 0,95 μέχρι 1,05.

Αποδοτικότητα πρόωσης

Συνδέει την ιπποδύναμη που χρειάζεται το πλοίο για να κινηθεί, με την δύναμη που περνάει στον άξονα. Από την στιγμή που βρίσκουμε τον δείκτη αυτόν (και εφόσον ξέρουμε τους υπόλοιπους δείκτες, άρα και τα ποσοστά της ενέργειας που χάνονται στο ενδιάμεσο στάδιο από τον άξονα στην προπέλα) μπορούμε να αρχίσουμε να μελετάμε θεωρητικά διάφορα μοντέλα μηχανών και τρόπων παραγωγής ενέργειας. Δεν υπάρχει κάποια σημαντική τιμή, ο δείκτης είναι καθαρά θεωρητικός και χρησιμοποιείται από τους ναυπηγούς για να αποφασίσουν τι μέγεθος μηχανής θα μπει σε κάθε καράβι, με βάση και τις επιθυμίες του πλοιοκτήτη.

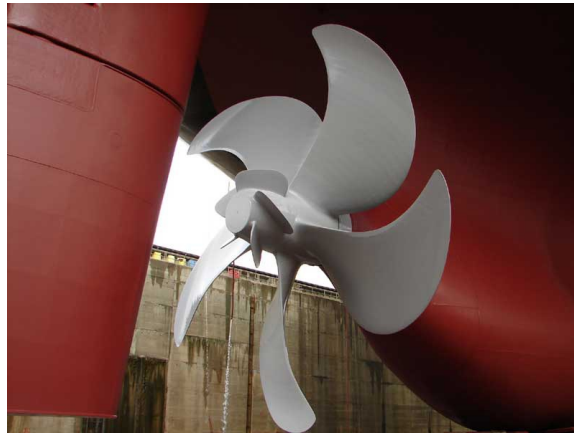
1.8 Βελτιώσεις στην απόδοση της έλικας

Μέχρι σήμερα η τεχνολογία των προπελών έχει εξελιχθεί ώστε να είναι διαθέσιμη και να κατασκευάζεται μια μεγάλη ποικιλία σχεδίων από προπέλες όπου κάθε τύπος προπέλας έχει τα δικά του πλεονεκτήματα, χαρακτηριστικά και μειονεκτήματα. Αυτοί οι τύποι έχουν τελειοποιηθεί με την εξειδίκευση, την γνώση και τη χρήση νέων τρόπων σχεδιασμού, ενώ οι κατασκευαστές και οι operators των πλοίων έχουν τη δική τους προτίμηση ως προς το τι είδους προπέλα θα χρησιμοποιηθεί για την πρόωση του πλοίου τους, βάσει της κατανάλωσης που μπορούν αυτές να επιτύχουν. Η σωστή λειτουργία της προπέλας κρίνεται απαραίτητη για την χαμηλότερη κατανάλωση του πλοίου και για να μας δώσει τη μέγιστη απόδοσή της θα πρέπει να ταιριάζει στις ανάγκες του. Η ανάγκη για εύρεση αποδοτικότερων προπελών ,που θα επιτυγχάνουν μικρότερη κατανάλωση και εν συνεχεία μείωση των λειτουργικών εξόδων του πλοίου, οδήγησε στην παραγωγή πιο εξελιγμένων προπελών οι οποίες επεμβαίνουν στην αλλαγή της κατανάλωσης καύσιμου. Παρακάτω αναφέρονται οι σημαντικότερες εξ' αυτών.

Προπέλες σταθερού βήματος (fixed pitch propeller)

Αποτελούν, όπως προαναφέρθηκε, συμβατικές προπέλες και χρησιμοποιούνται ευρέως στα περισσότερα πλοία που δεν χρειάζονται ειδικές καλές ελιγκτικές ικανότητες, σε όλων των ειδών πλοία (φορτηγά, δεξαμενόπλοια, containerships) και χαρακτηρίζονται για την αντοχή τους λόγω της ενιαίας τους κατασκευής. Οι βελτιώσεις που είθισται να γίνονται στις προπέλες σταθερού βήματος είναι οι εξής :

Προπέλα Boss Cap Fins (PBCF):



Εικόνα 8 Προπέλα με Boss cap fins

Η προπέλα boss cap fin κατασκευάζεται με μικρά πτερυγία (fins), όπως φαίνεται στην εικόνα 8, τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν εύκολα διότι βρίσκονται στο καπάκι της προπέλας.

Οι προπέλες Boss Cap Fin σχεδιάστηκαν την δεκαετία του 1980 και σύμφωνα με τον κατασκευαστή (Mitsui OSK Lines LTD) έχουν τοποθετηθεί μέχρι σήμερα σε παραπάνω από δύο χιλιάδες πλοία²⁸, έχοντας ένα εύκολο και διαρκές αποτέλεσμα χωρίς να χρειάζεται παραπάνω συντήρηση εκτός από το γυάλισμα της προπέλας κατά τον δεξαμενισμό.

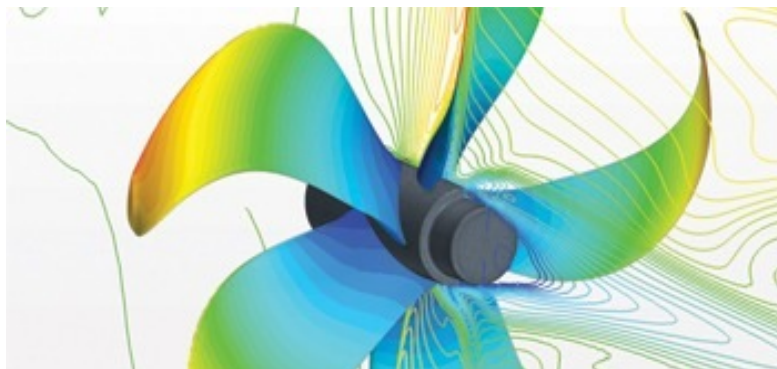
Βάσει μετρήσεων που έχουν διενεργηθεί σε περίπου δύο χιλιάδες πλοία, έχει υπολογιστεί ότι η εφαρμογή τους μπορεί να μειώσει τα επίπεδα CO₂, NO_x και SO_x αλλά και να μειώσει την κατανάλωση καυσίμου έως 5%.

Με την εγκατάσταση των πτερυγίων (fins) επιτυγχάνεται η μείωση της ενέργειας που χάνεται στη δίνη της πλήμνης, η οποία δημιουργείται γύρω από την προπέλα με τη ροή του νερού, αλλά ταυτοχρόνως μειώνονται οι δονήσεις στην πρύμνη και ο θόρυβος στην προπέλα προβλήματα που αντιμετώπιζαν ανέκαθεν οι ναυπηγοί. Τέλος, με την χρήση του PBCF γίνεται απόσβεση του κόστους εγκατάστασης σε μερικούς μήνες έως έναν χρόνο.²⁹

²⁸ <http://pbcf.motech.co.jp/english/index.html>

²⁹ <http://pbcf.motech.co.jp/english/index.html>

Οι προπέλες τύπου Kappel:



Εικόνα 9 Προπέλα τύπου Kappel

Οι προπέλες τύπου Kappel έχουν διαφορετικό σχεδιασμό (εικόνα 9) και τοποθετούνται σε νεότευκτα πλοία αλλά και σε πλοία που ήδη βρίσκονται σε λειτουργία. Υπάρχει η δυνατότητα να κατασκευαστούν fixed pitch kappel προπέλες και controllable pitch kappel προπέλες ανάλογα με το είδος και τις απαιτήσεις του πλοίου. Ο σχεδιασμός τους επιτυγχάνει σύμφωνα με την MAN Diesel and Turbo³⁰ μείωση της κατανάλωσης καυσίμου έως 4%³¹.

Μείωση της κατανάλωσης καυσίμου 4% μεταφράζεται, με τις σημερινές τιμές ναυτιλιακών καυσίμων στα \$600/MT για IFO 380³², σε μείωση λειτουργικών εξόδων του πλοίου κατά \$1296 ημερησίως, για ταξίδι laden (έμφορτο ταξίδι) με ταχύτητα 14,5 knots, σύμφωνα τα στοιχεία του AMC Weekly report (εικόνα 10).

³⁰<http://www.mandieselturbo.com/1019329/Press/Press-Releases/Trade-Press-Releases/PrimeServ/Kappel-Propeller-Retrofit-for-Indian-Oil-Tanker.html>

³¹ Η μείωση 4% σημειώθηκε στην χρήση της προπέλας στο Crude oil tanker Jag Lavanya IMO 9237412

³²<http://www.bunkerworld.com/prices/>

Assumptions used in this report

Vessel Specs				TCE Earnings calculation assumptions (basis round voyage)								
Uncoated	Typical DWT ('000)	Typical capacity ('000 cbm)	Ldt	Speed		Bunker Consumption					Port Days	
				Ballast (kts)	Laden (kts)	Ballast (t/d)	Laden (t/d)	Load (t/d)	Dsch (t/d)	Wait (t/d)	Load (d)	Dsch (d)
VLCC	>200	n/a	37,000	14.5	14.5	80	100	20	85	10	2	2
Suezmax	124.5 - 200	n/a	22,000	14.5	14.5	50	60	12	50	10	2	2
Aframax	84.5 - 124.5	n/a	16,000	14.5	14.5	48	54	10	43	5	2	2
Panamax	53.5 - 84.5	60 - 90	14,000	15.5	15.5	49	52	5	28	5	2	2
Coated												
LR2	84.5 - 124.9		16,000	14.5	14.5	48	54	10	43	5	2	2
LR1	53.5 - 84.5	60 - 90	14,000	15.5	15.5	49	52	5	28	5	2	2
MR2	41 - 56.5	46 - 60	9,000	14.5	14.5	30	36	5	12	5	2	2
Handy	25 - 41	24 - 46	-	14.5	14.0	30	36	5	12	5	2	2

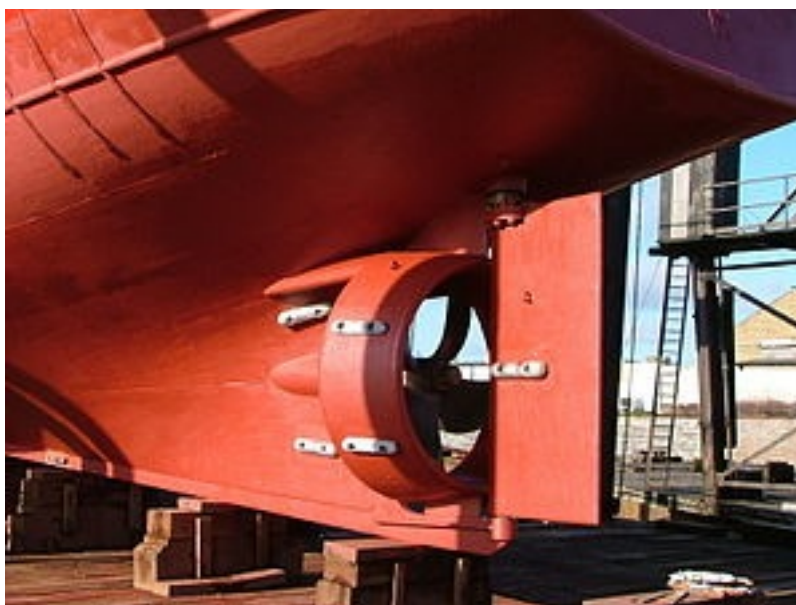
Includes IMO Type 1,2 and 3 chemical tankers and asphalt & bitumen Carriers but **excludes** all US built tonnage, government-owned tonnage not engaged in spot trades, shuttle tankers, gas carriers (apart from a couple of LPG carriers involved in CPP trades, fruit juice / water carriers, tankers in long-term storage, in yard for conversion, tankers too old (Marpol 13g) for mineral oil trade, tankers operating in restricted trades (i.e. not participating in spot market).

Εικόνα 10 AMC Weekly Report Tanker Market

Προπέλες Ducted:

Όπως φαίνεται στην εικόνα 11 η προπέλα τοποθετείται σε έναν ειδικά διαμορφωμένο δακτυλοειδή αγωγό ο οποίος την προστατεύει ενώ δημιουργεί ιδανικότερες συνθήκες ώστε η προπέλα να έχει μεγαλύτερη ροπή και προωστική δύναμη. Τα ducts τοποθετούνται στο πρυμναίο τμήμα της γάστρας με σκοπό την εξομάλυνση του ομόρρους, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα του προωστήριου συστήματος του πλοίου. Η παρουσία του αγωγού μειώνει τις δυνάμεις πίεσης που ασκούνται στο κύτος, ενώ ταυτόχρονα προστατεύει την προπέλα από ζημιές.

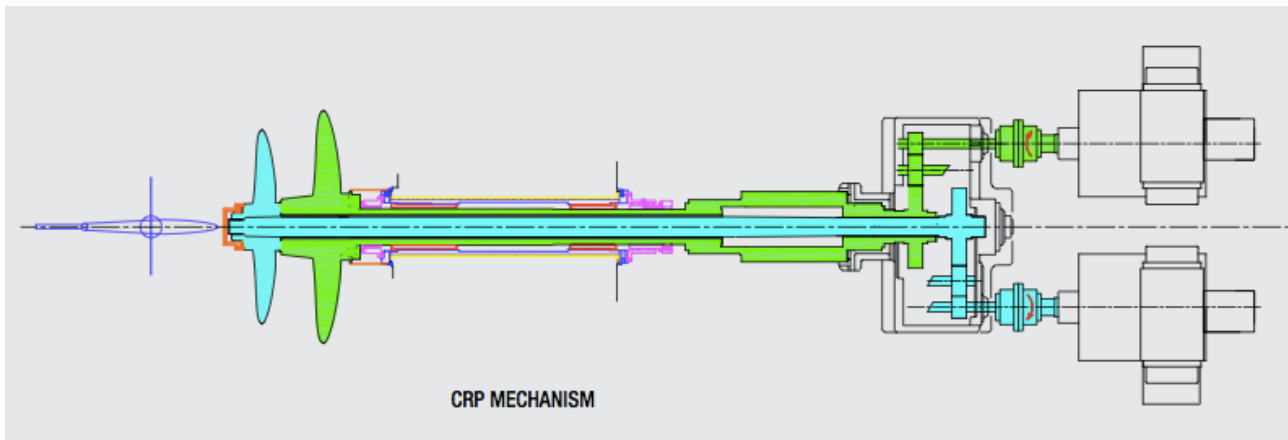
Τα ducts εξοικονομούν καύσιμα σε ποσοστό 8-9% για μεγάλου μεγέθους πλοία όπως tankers και bulk carriers ενώ 3% για μικρά πλοία γενικής χρήσης.³³



Εικόνα 11 προπέλα ducted

³³http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/4802/3/pagkalose_gas.pdf σελίδα 73

Αντίθετα περιστρεφόμενες προπέλες (Contra Rotating Propellers CRPs)



Εικόνα 12 Αντίθετα περιστρεφόμενες προπέλες

Οι αντίθετα περιστρεφόμενες προπέλες³⁴ όπως φαίνεται στην εικόνα 12 τοποθετούνται αντικριστά η μία από την άλλη, στον κύριο άξονα της μηχανής. Τέτοιες προπέλες χρησιμοποιούνται σε μεγάλου μεγέθους Container Ships και LNG carriers καθώς και σε Tankers. Πολλά από τα υπάρχοντα πλοία που έχουν το σύστημα CRP διαθέτουν υβριδικές μηχανές (diesel- ηλεκτρικές)³⁵ Σύμφωνα με τον Δρ. Ν. Νικιτάκο (Mari-tech News, 2012) «*Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στην ανάκτηση ενός μέρους των απωλειών ενέργειας από την οπίσθια προπέλα στο ρεύμα που δημιουργείται καθώς περιστρέφεται η εμπρόσθια προπέλα, παρέχοντας σημαντική βελτίωση στην αποδοτικότητα και μείωση στην κατανάλωση του καυσίμου. Η περιστροφή της οπίσθιας προπέλας γίνεται στον ίδιο οριζόντιο άξονα με την εμπρόσθια προπέλα χωρίς να είναι άμεσα συνδεδεμένες.*»

³⁴ Μεγάλη επιτυχία γνώρισε η εφαρμογή δύο ελίκων αντιθέτου περιστροφής στην ίδια προπελοφόρο μονάδα, με πρώτη εφαρμογή το έτος 1980 στους κινητήρες Volvo Penta, οι οποίες, ενώ αρχικά αντιμετώπισαν οξεία κριτική, εφαρμόστηκαν στη συνέχεια από την Mercruiser. Με την εφαρμογή ελίκων αντιθέτου περιστροφής οι επιδόσεις βελτιώνονται, προσφέροντας καλύτερη συμπεριφορά κυρίως στην εκκίνηση και το πλανάρισμα.

<http://archive.in.gr/Reviews/imagegallery.asp?lngReviewID=12770&lngChapterID=13419&lngItemID=107651>

³⁵<http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CFsQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.wartsila.com%2Ffile%2FWartsila%2F1278512476073a1267106724867-Wartsila-O-P-IHIMU-CRP.pdf&ei=ig6HU4ShBleX1AXgvICgCQ&usq=AFQjCNHdJlvKshl4UZniqRT6bSAHfhi-Wg&bvm=bv.67720277,d.d2k>

Τα θετικά και τα αρνητικά χαρακτηριστικά των Contra Rotating Propellers είναι (Νικιτάκος Mari tech News 2012):

- «Ανάκτηση των απωλειών ενέργειας από την περιστροφή της προπέλας με τη χρήση μιας προπέλας ανάποδης περιστροφής.
- Βελτίωση στην απόδοση πρόωσης κατά 10% έως 15%.
- Μείωση της σπηλαιώσης (cavitation).³⁶
- Μεγάλο όφελος κυρίως σε ταχύτητες επιχειρησιακής πλεύσης (service speed).
- Πολύπλοκο σχέδιο και υψηλότερο κόστος κατασκευής (περίπου 20%) σε σχέση με τις συμβατικές fixed pitched προπέλες.»

³⁶ Η σπηλαιώση είναι η δημιουργία φυσαλίδων ατμού σε ένα ρέον υγρό στο σημείο όπου η πίεσή του πέφτει χαμηλότερα από την πίεση ατμού του. Στην αδρανειακή σπηλαιώση, ένα κενό ή μια φυσαλίδα σε ένα υγρό καταρρέει και παράγει πίδακα υγρού ή κρουστικό κύμα. Η φθορά από αυτού του είδους τη σπηλαιώση είναι ορατή σε προπέλες πλοίων και υποβρυχίων, <http://el.wikipedia.org/wiki/Σπηλαιώση>

Προπέλες Azimuth

Οι προπέλες Azimuth (εικόνα 13) είναι ένα σύστημα πρόωσης πλοίων που τοποθετείται πάνω σε δύο άξονες οι οποίοι περιστρέφονται 360 μοίρες. Η έλικα περιβάλλεται από δακτύλιο (duct). Σε αυτές τις προπέλες δεν χρειάζεται να υπάρχει rudder και προσφέρουν στο πλοίο μεγαλύτερη ευελιξία από ότι ένα απλό σύστημα με προπέλα σταθερού βήματος (FPP).

Το οικονομικό πλεονέκτημα των συστημάτων Azimuth δεν έγκειται σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά την διάρκεια πλεύσης, αλλά στη μείωση εξόδων του πλοίου αφού δεν χρειάζεται το πλοίο ρυμουλκά για να δέσει στο λιμάνι εκτός από σπάνιες περιπτώσεις δυσπρόσιτων μερών.



Εικόνα 13 Προπέλα Azimuth

Bow thrusters



Εικόνα 14 Bow thruster

Τα bow thrusters (εικόνα 14) τοποθετούνται στην πλώρη του πλοίου και βοηθούν στις μανούβρες του πλοίου κυρίως μέσα στο λιμάνι και στις παράκτιες περιοχές κατά την πλεύση με χαμηλές ταχύτητες, χωρίς να χρειάζεται η χρήση της κύριας μηχανής. Χρησιμοποιούνται κυρίως ηλεκτροκίνητα και τοποθετούνται και από τις δύο πλευρές της πλώρης, μία προπέλα στο starboard side και μία στο port side ώστε να είναι εφικτοί οι ελιγμοί από και προς τις δύο πλευρές. Επίσης υπάρχουν υδραυλικά (hydraulic) και ντιζελοκίνητα (diesel bow thrusters) αλλά τα πρώτα παρουσιάζουν διαρροές υγρών και συχνές βλάβες οπότε δεν είναι ιδιαίτερος εύρηστο και τα δεύτερα απαιτούν ελέγχους πριν από την χρήση τους και παραπάνω προσωπικό για να τα ελέγχει στο thruster room. Τα bow thrusters βοηθούν τα ρυμουλκά για το δέσιμο του πλοίου (berthing) στο ντόκο (dock) και αυτό συνεισφέρει αφενός στο να μειώνεται η παραμονή του πλοίου στο λιμάνι αλλά και να μην δημιουργείται η ανάγκη ύπαρξης δύο ρυμουλκών για την πρόσδεση, γεγονός που μειώνει τα λιμανιάτικα έξοδά του πλοίου.

Λόγω της κατασκευής τους, τα bow thrusters που βρίσκονται κάτω από την γραμμή φόρτωσης (load line) χρειάζονται και απαραίτητους ελέγχους σωστής λειτουργίας. Όπως φαίνεται στην εικόνα,

για να τοποθετηθεί το bow thruster γίνεται μία σύραγγα στα ύφαλα της πλώρης του πλοίου και τοποθετούνται προπέλες και από τις δύο πλευρές του.

Για να λειτουργεί το σύστημα, θα πρέπει να ρέει σωστά το νερό και να μην το παρεμποδίζει τίποτα. Η διαδικασία καθαρισμού της σύραγγας γίνεται κατά τον δεξαμενισμό (dry docking). Τέλος η εγκατάσταση bow thrusters στο πλοίο αποτελεί μία δαπανηρή επένδυση όπως και η συντήρηση και η επισκευή τους.

1.6 Energy Efficiency Design Index (EEDI)

Η ναυτιλία είναι μόνιμα προσηλωμένη στις προσπάθειες για βελτιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου (bunker saving). Παρά το γεγονός ότι τα πλοία στον χώρο των μεταφορών είναι παγκοσμίως αναγνωρισμένα ως τα πιο οικονομικά, από απόψεως καυσίμων σε σχέση με τα άλλα μέσα μεταφοράς χύδην φορτίων, η δεύτερη έρευνα GHG³⁷ του IMO, η οποία δημοσιεύθηκε το 2009, διέκρινε ένα ευρύ πεδίο εξέλιξης για περαιτέρω εξοικονόμηση καυσίμου και για περαιτέρω βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση. Η εξοικονόμηση αυτή επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της χρήσης των ήδη υφιστάμενων τεχνολογιών, όπως πιο αποδοτικών κινητήρων και συστημάτων πρόωσης, βελτιωμένων σχεδίων κυτών και κατασκευής μεγαλύτερων πλοίων, δηλαδή μέσω του τεχνικών και σχεδιαστικών μέτρων, που μπορούν να επιτύχουν αξιοσημείωτη μείωση στην κατανάλωση καυσίμου και εκπομπών CO₂. Η μελέτη κατέληξε επίσης στο συμπέρασμα ότι οι πρόσθετες μειώσεις θα μπορούσαν να επιτευχθούν μέσω επιχειρησιακών μέτρων, όπως η χαμηλότερη ταχύτητα (slow steaming), η βελτιστοποίηση του ταξιδιού, κλπ που θα αναφερθούν αναλυτικά παρακάτω.

Με τον κανονισμό της MARPOL Annex IV που τέθηκε σε ισχύ από την 1η Ιανουαρίου 2013³⁸, είναι υποχρεωτικό οι πλοιοκτήτες και οι operators να εναρμονιστούν με τις απαιτήσεις του κανονισμού με σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των πλοίων της διεθνούς ναυτιλίας.

Ο EEDI³⁹ δεν αποσκοπεί σε συγκεκριμένα μέτρα που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε κάθε πλοίο, αλλά δίνεται η ελευθερία σε κάθε πλοιοκτήτη και ναυπηγό να χρησιμοποιήσει ακόμα και τα λιγότερο δαπανηρά μέσα αρκεί να συμμορφώνεται με τους κανονισμούς (κανονισμοί 20&21) και να πετύχει τα επιθυμητά επίπεδα ενεργειακής αποδοτικότητας.

³⁷<http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Greenhouse-Gas-Study-2009.aspx>

³⁸<http://www.imo.org/MediaCentre/PressBriefings/Pages/01-MARPOL-EEDI.aspx#.U38z5V6686U>

³⁹<http://www.imo.org/MediaCentre/HotTopics/GHG/Pages/default.aspx>

Το SEEMP (Ship Energy efficiency management plan) καθιερώνει έναν μηχανισμό για τους operators ώστε να βελτιώσουν την ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων. Σύμφωνα με τον κανονισμό 22 του EEDI θα πρέπει κάθε πλοίο να έχει συγκεκριμένο management plan (SEEMP).

Ο EEDI έχει ως στόχο να θεσμοθετήσει ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης για τα νέα πλοία, τονώνοντας τη συνεχή τεχνική ανάπτυξη όλων των συνιστωσών που επηρεάζουν την απόδοση των καυσίμων του πλοίου.

Το SEEMP παρέχει ένα πλαίσιο διαχείρισης, το οποίο μπορεί να αποτελεί μέρος του συστήματος ασφάλειας του πλοίου, για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, ενώ λειτουργούν στη θάλασσα και στο λιμάνι.

Εφαρμογή του EEDI

Ο EEDI πρέπει να εφαρμόζεται σε πλοία 400 τόνων και άνω που ασχολούνται με το διεθνές εμπόριο. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι κατάλληλο για όλους τους τύπους πλοίων, κυρίως για εκείνα που δεν έχουν σχεδιαστεί για τη μεταφορά εμπορευμάτων ή για όλους τους τύπους των συστημάτων πρόωσης (π.χ τα πλοία με ντίζελ-ηλεκτρικές μηχανές, τούρμπο μηχανές, ή υβριδικά συστήματα πρόωσης⁴⁰ χρειάζονται πρόσθετες διορθώσεις).

Η αρχική ανάπτυξη του EEDI αποσκοπεί, στην πραγματικότητα, στα μεγαλύτερα και πιο ενεργοβόρα πλοία του παγκόσμιου εμπορικού στόλου, συμπεριλαμβάνοντας το 70 τοις εκατό των εκπομπών από νεότευκτα πλοία που παράγουν υψηλό ενεργειακό αποτύπωμα, καλύπτοντας τους ακόλουθους τύπους: δεξαμενόπλοια μεταφοράς αερίου (LNG carriers), πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου (bulk carriers), πλοία γενικού φορτίου (general cargo), ψυγεία (refrigerated cargo ships) και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (container ships).

Για τους τύπους των πλοίων που δεν συμπεριλαμβάνονται στην παραπάνω λίστα, θα πρέπει να δημιουργηθούν κατάλληλα μέτρα μείωσης της ενεργειακής απόδοσης που θα αρμόζουν στον τύπο τους και μάλιστα θα πρέπει να αναπτυχθούν, εν ευθέτω χρόνω, οδηγίες για τα πλοία που είναι πιο ενεργοβόρα εξ αυτών.

⁴⁰http://www.mandieselturbo.com/files/news/filesof17642/Brochure_Hybrid_Propulsion.pdf

Η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του IMO (MEPC- Marine Environment Protection Committee) είναι έτοιμη να εξετάσει το θέμα εις βάθος κατά τις μελλοντικές συνόδους, με στόχο περαιτέρω αναθεωρήσεις του EEDI.

Όλα τα υπάρχοντα πλοία 400 κόρων και άνω, που ασχολούνται με το διεθνές εμπόριο, πρέπει να εφαρμόζουν και να διατηρούν ένα management plan (SEEMP), το οποίο θεσπίζει ένα μηχανισμό για τους διαχειριστές των πλοίων, αποσκοπώντας στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής τους. Αυτό θα πρέπει να επιτευχθεί μέσω της παρακολούθησης της απόδοσης της ενεργειακής απόδοσης του μεταφορικού έργου του πλοίου σε τακτά χρονικά διαστήματα και μέσω της εφαρμογής νέων τεχνολογιών και πρακτικών για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

Το SEEMP θα προσφέρει στις εταιρείες εκμετάλλευσης των υπαρχόντων πλοίων τη δυνατότητα να μειώσουν το κόστος άμεσα με την εξοικονόμηση καυσίμου. Δεδομένου ότι ο κανονισμός δεν καθορίζει συγκεκριμένες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, το θέμα είναι στο χέρι της διεθνούς ναυτιλίας να χρησιμοποιήσει προληπτικά το SEEMP ώστε να εξασφαλίσει μείωση στην κατανάλωση καυσίμων. Είναι προς το συμφέρον του κλάδου να αξιοποιήσει το SEEMP διότι τα καύσιμα αποτελούν ένα μεγάλο μέρος των λειτουργικών εξόδων του πλοίου και η μείωση της κατανάλωσης συνιστά ανάπτυξη για τον κλάδο της ναυτιλίας και μοχλό για περαιτέρω ανάπτυξη των οικονομικών της στόχων.

Ελάχιστη ισχύς πρόωσης

Στα πλαίσια του EEDI δημιουργήθηκε η ανάγκη ύπαρξης μίας ελάχιστης προωστικής δύναμης που θα πρέπει να έχει το πλοίο και για αυτόν τον σκοπό προσαρτήθηκε η ρύθμιση 21.5 στον annex VI της MARPOL που αναφέρει ότι «Για κάθε πλοίο στο οποίο εφαρμόζεται ο παρών κανονισμός, η εγκατεστημένη ισχύς προώσεως δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την ισχύ πρόωσης που απαιτείται για να διατηρηθεί η ικανότητα ελιγμών του πλοίου κάτω από αντίξοες συνθήκες, όπως ορίζεται στις κατευθυντήριες γραμμές του IMO για την ασφάλεια του πλοίου και του πληρώματος.»

Είναι σαφές ότι ο IMO υποστηρίζει πλήρως την άποψη ότι μια ελάχιστη εγκατεστημένη ισχύς, για την διατήρηση ασφαλούς ναυσιπλοΐας σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες, είναι κρίσιμης σημασίας για να εξασφαλιστεί τόσο η ασφάλεια όσο και η αποτελεσματικότητα της διεθνούς ναυτιλίας.

Αποδοτικότητα των καυσίμων και της ισχύος του κινητήρα

Ο ευκολότερος τρόπος για τη βελτίωση της κατανάλωσης καυσίμων στη ναυτιλία είναι, πράγματι, να μειωθεί η ταχύτητα, για αυτό το λόγο και πολλές εταιρείες ελαττώνουν την ταχύτητα των πλοίων τους. Υπάρχει όμως ένα όριο στη μείωση της κατανάλωσης, αν μειωθεί περαιτέρω η ταχύτητα. Υπάρχουν και άλλες τεχνικές και μέθοδοι για τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων, όπως γεννήτριες ανάκτησης θερμότητας ⁴¹, οι οποίες δεν επηρεάζουν την ταχύτητα. Πράγματι, η βελτίωση της αποδοτικότητας των οδικών μεταφορών έχει γίνει χάρη στις προόδους της τεχνολογίας, χωρίς όμως να υπάρχει μείωση της ταχύτητας.

Έχει λανθασμένα υποστηριχθεί ότι ο EEDI περιορίζει την εγκατεστημένη προωστική ισχύ και έτσι προτρέπει τους ιδιοκτήτες και operators να χρησιμοποιούν μικρού διαμετρήματος κινητήρες υψηλών στροφών ⁴², αυξάνοντας έτσι την κατανάλωση καυσίμου. Ωστόσο, η μείωση της εγκατεστημένης ισχύος δεν απαιτεί μείωση στην διάμετρο των κυλίνδρων του κινητήρα και αύξηση των στροφών της μηχανής. Ο ευκολότερος τρόπος για να μειωθεί η ισχύς γίνεται με προσθήκη ορίου μέγιστων στροφών (rpm)⁴³. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης της έλικας αφού η απόδοσή της αυξάνεται όταν μειώνονται οι στροφές της μηχανής. Ένας άλλος πρακτικός τρόπος για τη μείωση της εγκατεστημένης ιπποδύναμης είναι η εγκατάσταση συστημάτων κινητήρων με δυνατότητα απενεργοποίησης μη χρησιμοποιούμενων κυλίνδρων. ⁴⁴ Για πλοία που έχουν περισσότερους από έναν turbochargers μπορεί να χρησιμοποιηθεί σύστημα cut-out το οποίο απενεργοποιεί έναν υπερσυμπιεστή όταν δεν χρειάζεται μεγάλη ισχύς πρόωσης. Για πλοία με αργόστροφες μηχανές (π. χ tankers) γίνεται να χρησιμοποιηθεί

⁴¹[http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/5f7cac28e876a9cbc1257a8a003cc6dc/\\$file/ABB%20Generations_28%20Achieving%20improved%20fuel%20efficiency%20with%20waste%20heat%20recovery.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot293.nsf/veritydisplay/5f7cac28e876a9cbc1257a8a003cc6dc/$file/ABB%20Generations_28%20Achieving%20improved%20fuel%20efficiency%20with%20waste%20heat%20recovery.pdf)

⁴² MAN B&W Low Speed Small Bore Engines.pdf

⁴³ Ιπποδύναμη = Ροπή x RPM (στροφές ανά λεπτό)

⁴⁴ Το σύστημα επεμβαίνει ηλεκτρονικά στη μηχανή απενεργοποιώντας τους κυλίνδρους που δεν χρειάζονται σε συνθήκες μη απαιτητικών επιδόσεων της μηχανής, δηλαδή σε αργές ταχύτητες και στο λιμάνι.

σύστημα ECT (Engine control tuning) το οποίο χρησιμοποιεί διαφορετικές ρυθμίσεις ψεκασμού καυσίμου και στον χρονισμό ανακυκλοφορίας των καυσαερίων ανάλογα με το φορτίο της μηχανής⁴⁵.

Φυσικά, υπάρχουν « οικονομίες κλίμακας » στην αποδοτικότητα των καυσίμων των πλοίων. Όσο μεγαλύτερο είναι το πλοίο (σε μια δεδομένη ταχύτητα), τόσο χαμηλότερη η κατανάλωση καυσίμου ανά μονάδα φορτίου. Ωστόσο, οι εν λόγω οικονομίες κλίμακας περιορίζονται από τις απαιτήσεις του εμπορίου και τους φυσικούς περιορισμούς στους λιμένες. Ως εκ τούτου, τα πλοία τείνουν να είναι σχεδιασμένα για να είναι τόσο μεγάλα όσο χρειάζονται στο είδος του εμπορίου που λειτουργούν.

Αποτελεσματικότητα του EEDI και SEEMP τη μείωση των εκπομπών από τα πλοία

Ο EEDI, καθιερώνοντας την ελάχιστη απαίτηση ενεργειακής απόδοσης για τα νέα πλοία, ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος του πλοίου, παρέχει έναν ισχυρό μηχανισμό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων, σταδιακά, ώστε να συμβαδίζει με τις τεχνολογικές εξελίξεις για πολλές δεκαετίες ακόμη. Πρόκειται για έναν προαιρετικό μηχανισμό που αφήνει την επιλογή στους operators να επιλέξουν εκείνοι ποιες τεχνικές θα χρησιμοποιήσουν για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου τους.

Ο EEDI είναι προαιρετικός ως προς τις μεθόδους που θα ακολουθηθούν, εφόσον το απαιτούμενο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης επιτυγχάνεται, επιτρέποντας στους πλοιοκτήτες να χρησιμοποιήσουν τις πιο οικονομικά αποδοτικές λύσεις.

⁴⁵«Η τεχνική ανακυκλοφορίας των καυσαερίων (exhaust gas recirculation) χρησιμοποιείται για την μείωση των οξειδίων του αζώτου (NOx) στα καυσαέρια των κινητήρων εσωτερικής καύσης. Η λειτουργία της βαλβίδας EGR συνίσταται στο να ανοίγει, υπό ορισμένες συνθήκες, μια μικρή δίοδο ανάμεσα στην πολλαπλή εξαγωγής και στην πολλαπλή εισαγωγής, οπότε ένα μέρος των καυσαερίων (πολλαπλή εξαγωγής) αναρροφάται στο προς καύση μίγμα (πολλαπλή εισαγωγής). Η ποσότητα των αδρανών αυτών καυσαερίων αντικαθιστά ένα μέρος του ατμοσφαιρικού αέρα στο προς καύση μίγμα με αποτέλεσμα την μείωση της θερμοκρασίας καύσης, άρα και την μείωση των οξειδίων του αζώτου. Στα σύγχρονα συστήματα ψεκασμού η βαλβίδα EGR, πέρα από την μείωση εκπομπής των οξειδίων του αζώτου, χρησιμεύει επίσης στην μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά την λειτουργία με μεσαία και χαμηλά φορτία.»

http://el.wikipedia.org/wiki/Ανακυκλοφορία_καυσαερίων

Οι κανονισμοί του IMO οδηγούν σε αυξανόμενο ενδιαφέρον στους χώρους της ναυτιλίας για ζήτηση καινοτομιών βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, που με τη σειρά τους οδηγεί σε σημαντικές επενδύσεις σε έρευνα και ανάπτυξη.

Η κατανάλωση καυσίμου πετρελαίου αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό στοιχείο του κόστους λειτουργίας ενός πλοίου σήμερα. Η αποτελεσματική εφαρμογή του SEEMP σε πλοία, θα μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση των καυσίμων που χρησιμοποιούνται με αποτέλεσμα τις μειώσεις εκπομπών καυσαερίων από τη λειτουργία των πλοίων.

Β' ΜΕΡΟΣ

1. Ναυτιλιακά καύσιμα

«Τα καύσιμα ενός πλοίου αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των λειτουργικών εξόδων του. Η παγκόσμια αγορά καταναλώνει περίπου 200 χιλιάδες τόνους το χρόνο πετρελαίου μαζούτ (*residual fuel oil*) ενώ η αγορά πετρελαίου *diesel* τριάντα πέντε χιλιάδες τόνους το χρόνο. Γενικά τα υγρά καύσιμα του πλοίου, δηλαδή το πετρέλαιο (*fuel oil*), καθιερώθηκαν διεθνώς να λέγονται "μπάνκερς" (*bunkers*) από την αγγλική ονομασία της δεξαμενής καυσίμων *μπάνκερ* (*bunker*). Παλαιότερα ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούνταν το κάρβουνο (*coal*) που σιγά σιγά εκτόπισε τα ιστοφόρα.⁴⁶»

Τα ναυτιλιακά καύσιμα υπολογίζονται ανά ταξίδι και η κατανάλωση διαφοροποιείται από πολλούς παράγοντες όπως το οδηγικό στυλ του κάθε καπετάνιου, η απόσταση του ταξιδιού, τον τύπο της μηχανής του πλοίου και την ιπποδύναμή της, την υπηρεσιακή ταχύτητα (*service speed*), την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι, την αλλαγή πορείας (*deviation*) εάν ζητηθεί από τον ναυλωτή, τις τυχόν τεχνικές προσθήκες στο πλοίο κλπ.

«Έτσι τα συνολικά έξοδα καυσίμων για κάθε πλοίο υπολογίζονται συνήθως σε ετήσιες περιόδους. Ο υπολογισμός αυτός για κάθε πλοίο παριστάνεται από ειδικό μαθηματικό τύπο, που περισσότερο αποδίδει την ακριβέστερη οικονομική εικόνα του πλοίου ως οικονομική μονάδα εκμετάλλευσης και λιγότερο αυτό καθ' αυτό το κόστος των καυσίμων του.

Ο ειδικός αυτός τύπος είναι: $S_n: T X \tau X \mu X \beta X \kappa$.

Όπου S_n = Όνομα πλοίου (*Ship's name*), T = η χωρητικότητα πλοίου σε *d.w.t.*, τ = ο αριθμός ταξιδιών του πλοίου μέσα στο έτος (*trips*), μ = ο τύπος και το μέγεθος του πλοίου (αφορά διεθνές στατιστικό στοιχείο, συντελεστή, εκμετάλλευσης κατά τύπο και μέγεθος πλοίου), β = η μέση ταχύτητα πλοίου που ανέπτυξε στα ταξίδια του έτους και τέλος κ = το κόστος των καυσίμων ανάλογα με την τιμή αγοράς του. Αυτός ο υπολογισμός γίνεται μόνο στα πλοία του εμπορικού ναυτικού όπου αναζητείται κάθε φορά το "βέλτιστο" της οικονομικής απόδοσης.»⁴⁷

http://el.wikipedia.org/wiki/Καύσιμα_πλοίου

⁴⁷http://el.wikipedia.org/wiki/Καύσιμα_πλοίου

1.1 Τα είδη των καυσίμων

Τα ναυτιλιακά καύσιμα είναι πολλών ειδών και είναι παράγωγα του πετρελαίου. Σύμφωνα με τον Κ. Κορδάλη (Κ. Κορδάλης, Επιπτώσεις της μεταβολής των προδιαγραφών στις εκπομπές πλοίων-Τεχνολογίες της μείωσης διοξειδίου του Θείου, Αθήνα 2010)

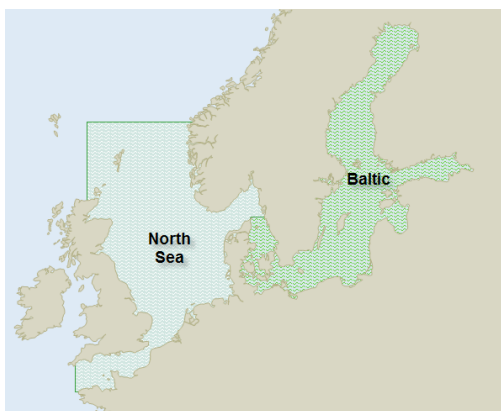
“Από τις αρχές του 20ού αιώνα, οι μηχανές εσωτερικής καύσης, έχουν κυριαρχήσει στις θαλάσσιες μεταφορές. Η αρχή της μηχανής πετρελαίου, ήταν 1892 από τον Rudolf Diesel όπου δώδεκα χρόνια αργότερα κατασκευάστηκε και η πρώτη τετράχρονη diesel μηχανή που χρησιμοποιήθηκε για την πρόωση του πλοίου. Αργότερα το 1930, άρχισαν να κατασκευάζονται δίχρονες μηχανές diesel, μεγαλύτερες και με πολύ καλύτερη απόδοση. Το 1950 με μία σειρά καινοτομιών που εφαρμόστηκαν, επέτρεψε τη χρήση Heavy Fuel Oil σε ναυτικούς κινητήρες (M/V Princess of Vancouver) καθώς χρησιμοποιήθηκαν λιπαντικά ιδιαίτερα αλκαλικά, ικανά να ουδετεροποιήσουν τα οξέα που παράγονται κατά την καύση καυσίμων με υψηλό αριθμό θείου (residual fuel). Σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό του παγκόσμιου στόλου της εμπορικής ναυτιλίας κινείται με heavy fuel oil.”

Το καύσιμο heavy fuel oil (και άλλα καύσιμα) που χρησιμοποιείται για την πρόωση των πλοίων αποτελεί προϊόν διύλισης ακατέργαστου πετρελαίου (crude oil). Στην ναυτιλία χρησιμοποιούνται τα παρακάτω προϊόντα διύλισης.

1.2 High Sulphur Fuel Oil (HSFO) και Low Sulphur fuel Oil (LSFO)

Η κύρια μηχανή του πλοίου χρησιμοποιεί diesel (High sulphur fuel oil) κυρίως για την πρόωση του πλοίου ενώ μέσα στο λιμάνι (Low Sulphur fuel oil) το οποίο είναι χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Η τιμή του HSFO την περίοδο που συγγράφεται η παρούσα διπλωματική εργασία είναι από 592 -603 δολάρια/μετρικό τόνο (USD/MT) και η τιμή του LSFO από 614 - 635.50 δολάρια/μετρικό τόνο.⁴⁸

Τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (LSFO) χρησιμοποιούνται κατά την διάρκεια της παραμονής του πλοίου στα λιμάνια και όταν το πλοίο βρίσκεται σε SECAs (Sulphur emission controlled areas) και ECAs (emission controlled areas) στις οποίες θα πρέπει να καίει καύσιμο με χαμηλή περιεκτικότητα θείου. SECAs είναι μέχρι την συγγραφή της παρούσας διπλωματικής, η Βαλτική, η Βόρεια Θάλασσα, η Κορέα, από το 2013 οι Η.Π.Α. και ο Καναδάς, η Μεσόγειος θα έχει ενταχθεί μέχρι το 2015 όπως και το Τόκιο, το Χονγκ- Κονγκ και η Σιγκαπούρη. Για την Νότιο Αμερική δεν έχει ακόμα γίνει κάποια διαδικασία και είναι αρκετά απίθανο να υπάρξει ένταξη της στις SECAs μέχρι το 2015.⁴⁹



Εικόνες 15,16 Περιοχές ECA

<http://www.bunkerworld.com/prices/>

WORLDWIDE SULPHUR LIMITS FOR MARINE FUELS					
Effective Date	Sulfur Limit (% m/m)	Product	Operating Area	Engines	Reference
Currently in Place	4.50	In Practice IFO	Global Limit	All Machinery	MARPOL Annex VI
	1.50	IFO / MDO / MGO	Passenger vessels in trade between EU ports	All Machinery	Directive 1999/32/EC as amended by Regulation 1882/2003 and Directive 2005/33 MARPOL Annex VI
Currently in Place	1.50	MGO (DMA)	California waters and 24 NM of the California baseline	All Machinery	CARB (mandatory use of either MGO or MDO with the set maximum sulphur limits to main propulsion engines and boilers)
	0.50	MDO (DMB)		All Machinery	
Currently in Place	0.10	IFO / MDO / MGO (in practice MGO only meets .1 standard at present)	EU inland waterways and at berth > 2 hours	All Machinery except main engine if maneuvering	Directive 1999/32/EC as amended by Regulation 1882/2003 and Directive 2005/33 MARPOL Annex VI
Currently in Place	1.00	IFO / MDO / MGO	Baltic ECA	All Machinery	Revised MARPOL Annex VI adopted by Resolution MEPC.176(58)
			North Sea ECA	All Machinery	
August 1, 2011	1.00	IFO / MDO / MGO	USA / Canada	All Machinery	The amendment to MARPOL Annex VI will enter into force on August 1, 2011 but the ECA status on these sea areas will become applicable on August 1, 2012 - within 200 miles of coast
January 1, 2012	3.50	IFO	Global limit	Main Aux	Revised MARPOL Annex VI adopted by Resolution MEPC.176(58)
January 1, 2012	0.10	MGO (DMA) MDO (DMB)	California waters and 24 NM of the California baseline	All Machinery	CARB (mandatory use of either MGO or MDO with the set maximum sulphur limits to all engines)
August 1, 2012	1.00	IFO / MDO / MGO	USA / Canada ECA	All Machinery	ECA enforced - within 200 miles of coast
August 1, 2013**	0.10	IFO / MDO / MGO	Puerto Rico/USVI	All Machinery	ECA enforced approx. 40 miles of coast
January 1, 2015	0.10	IFO / MDO / MGO	USA / Canada ECA	All Machinery	Decreased in line with Baltic / North Sea ECA - within 200 miles of coast
January 1, 2015	0.10	IFO / MDO / MGO	Baltic ECA	All Machinery	Revised MARPOL Annex VI adopted by Resolution MEPC.176(58)
			North Sea ECA	All Machinery	
January 1, 2020	0.50*	IFO / MDO / MGO	Global Limit	All Machinery	Revised MARPOL Annex VI adopted by Resolution MEPC.176(58)

*A review, to be completed by 2018, will establish whether this grade of fuel will be available. If not, this implementation date may change to January 1, 2025

** Subject to final ratification

At this time it is unlikely that IFO with a sulphur content of <0.5% will be available by 2020

MGO: ISO 8217 - DMA and DMX
MDO: ISO 8217 - DMB and DMC

Εικόνα 17 Παγκόσμια όρια θείου για ναυτιλιακά καύσιμα

1.3 Marine Diesel Oil (MDO) και Marine Gas oil (MGO)

Εκτός από το τα HSFO και LSFO χρησιμοποιούνται και τα καύσιμα MDO (Marine Diesel Oil) και MGO (Marine Gas oil). Το MDO αποτελείται από πρόσμιξη πετρελαίου diesel και κατάλοιπα πετρελαίου ενώ το MGO έχει την χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο και αποτελεί το πρώτο καύσιμο που χρησιμοποιούνταν στις μηχανές ντίζελ. Λόγω της χαμηλής του περιεκτικότητας σε θείο είναι και το πιο ακριβό ναυτιλιακό καύσιμο. Την περίοδο που συγγράφεται η παρούσα διπλωματική εργασία η τιμή του MGO ανέρχεται στα 903 δολάρια/ μετρικό τόνο (Singapore) έως 999 δολάρια/

μετρικό τόνο (Long Beach/Los Angeles). Από την 1η Ιανουαρίου 2015 τα MGO και MDO θα χρησιμοποιούνται αποκλειστικά στις ECAs (IMO regulation 14- Sulphur oxides).⁵⁰

1.4 Ναυτιλιακή εταιρεία - Κατανάλωση στόλου

Σκοπός κάθε ναυτιλιακής εταιρείας είναι να μειώσει την κατανάλωση καυσίμου. Γενικά μπορεί να υπολογιστεί ότι εάν για ένα ταξίδι πχ 1600 ναυτικών μιλίων ένα πλοίο tanker καταναλώνει 35 μετρικούς τόνους⁵¹ την ημέρα με ταχύτητα 12.0 κόμβους (knots) και η τιμή ανά μετρικό τόνο είναι περίπου 600 δολάρια τότε την μέρα καταναλώνει περίπου 21.000 δολάρια για καύσιμα. Εάν το πλοίο ταξιδεύει με 12.0 κόμβους, διανύει 12 ναυτικά μίλια την ώρα, άρα την ημέρα 288 ναυτικά μίλια. Έτσι εάν διαιρέσουμε την συνολική απόσταση που έχει να διανύσει (1600 N. M) με την απόσταση που διανύει την ημέρα (288ν.μ) θα φτάσει σε 5,5 μέρες. Έτσι τα καύσιμα διαμορφώνονται στην τιμή των USD 117.000.

Η κατανάλωση της κύριας μηχανής αλλάζει ανάλογα με την περίπτωση δηλαδή εάν το πλοίο είναι πλήρως φορτωμένο (laden voyage), εάν δεν μεταφέρει φορτίο αλλά έρμα (ballast voyage) και πολλοί άλλοι παράγοντες που θα πρέπει να αξιολογούνται ενδελεχώς, αναλόγως με την περίπτωση.

Ένας κύριος τρόπος οικονομίας καυσίμων είναι η ανεύρεση φθηνών καυσίμων. Είναι μία διαδικασία που στις ναυτιλιακές εταιρείες απασχολεί αποκλειστικά τουλάχιστον έναν εργαζόμενο ή σε κάποιες περιπτώσεις και ομάδα ανθρώπων που προσπαθούν να βρουν φθηνότερα καύσιμα ανάλογα με την τοποθεσία του πλοίου και το ταξίδι.

Ανάλογα με το ταξίδι του πλοίου σχεδιάζεται και η πετρέλευση όπως γίνεται και με τον δεξαμενισμό σύμφωνα με το που είναι κοντά το πλοίο ή που προσφέρεται φθηνότερη τιμή για την ίδια υπηρεσία. Μία διαφορά της τάξης των 11 δολαρίων δίνει τελική διαφορά στα καύσιμα ανάμεσα σε δύο λιμάνια της τάξης περίπου των 2000 ευρώ για την ίδια ποσότητα καυσίμων.

⁵⁰ [http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-\(SOx\)---Regulation-14.aspx](http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)---Regulation-14.aspx)

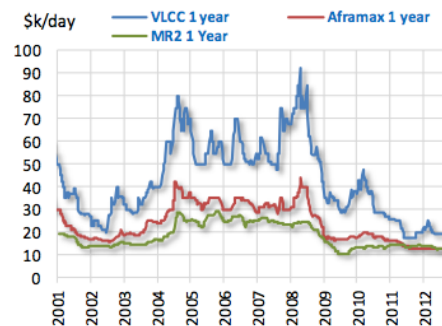
⁵¹ υπολογισμός για πλοίο tanker, μεγέθους MR2, με πλήρες φορτίο.

Οι ναυτιλιακές εταιρείες καθημερινά λαμβάνουν market reports και πληροφορούνται για τις τιμές των καυσίμων σε real time ώστε να μπορούν να επιλέγουν και να συντονίζουν τις πετρελεύσεις των πλοίων. Ενδεικτικά παρακάτω παρουσιάζεται ένα Market Report της ACM⁵² που εκτός των άλλων π. χ τιμές των ναύλων, τιμές αγοράς μεταχειρισμένων πλοίων και νεότευκτων (new buildings), εμφανίζονται οι τιμές των καυσίμων σε πολλά λιμάνια.

SIZE	1 YR	2YRS	3YRS	5YRS
VLCC	18,750	20,000	24,000	30,000
SUEZMAX	16,000	18,000	20,000	24,000
AFRAMAX 115 DWT	14,000 ↑	14,500 ↑	15,500 ↑	18,000
LR2* COATED 115 DWT	15,000	15,500	16,500	18,000
LR1 COATED	14,250	14,750	15,500	17,000
MR 47 DWT	13,500 ↑	14,000 ↑	14,250	15,250
HANDY 37 DWT	12,500	13,000	13,750	14,500

These rates are what we perceive to be the fair market assessment for modern tonnage based on fairly early delivery but do not necessarily reflect what owners/charterers will accept.

*Rates are based on vessels willing to trade in DIRTY



Recent Period Fixtures

Charterer	Vessel	DWT	Built	Period	Rate	Delivery	Notes
GARD	PROPONTIS - DTY LR2-	117	2006	2 YEARS	\$19,850	PROMPT	AUGUSTA - ICE 1A
P66	DHT CATHY	112	2004	12 MOS	\$12,500		
VITOL	JO PINARI - CORR- LR1	74	2012	12 MOS	\$14,500	FEB/MAR 13	GIB
PENFIELD	STENA CALLAS - P'MAX	72	2004	12/12 MOS	\$13,250/RNR	Feb-13	CARIBS
STENA WECO	STI EMERALD	51	N/B	40-120 DAYS	\$19,250	Mar-13	EX YARD - PALM OIL WEST
STENA WECO	STI BERYL	51	N/B	40-120 DAYS	\$19,250	APRIL 13	EX YARD - PALM OIL WEST
VALERO	SINGAPORE STAR	50	2007	3-4 MOS	\$13,500	6-8FEB	FLORIDA
KOCH	PRISCO ELIZAVETA	50	2009	12/12 MOS	\$13,800/14,800	EXTENSION	ATLANTIC BASIN - ICE 1A
CNR	MISS LUCY	50	2008	12/12 MOS	\$13,500	Feb-13	ATLANTIC BASIN
IOC	PREM MALA	47	2000	12/3/4 MOS	\$13,750	EXTENSION	INDIAN COASTWISE
IOC	VEDIKA PREM	42	1993	12/3/4 MOS	\$13,500	EXTENSION	INDIAN COASTWISE
SHELL	NORD PRINCESS	38	2006	12 MOS	\$12,750	EXTENSION	

Εικόνα 18 (acm weekly period report 1η Φεβρουαρίου 2013) Στην παραπάνω εικόνα από την επισκόπηση της ACM αναλύεται η τιμή του ναύλου για πλοία tanker υγρού dirty φορτίου μεγέθους Aframax, Medium range 2 και Very Large Crude Carrier με χρονοναύλωση για 1 έως 5 χρόνια.

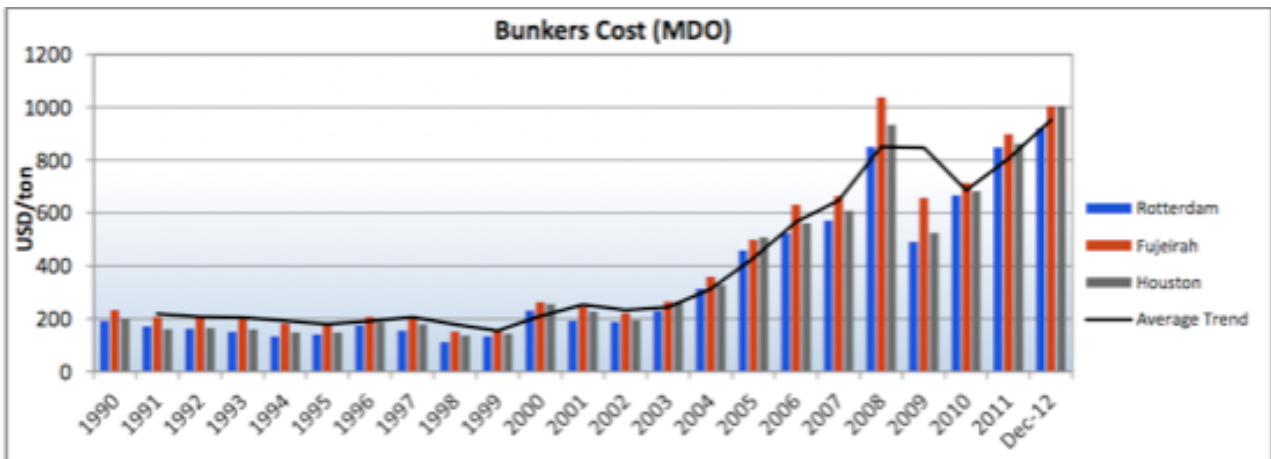
⁵²<http://www.acmshipping.co.uk>

Σε αυτού του είδους reports δίδεται και η κατανάλωση διαφόρων μεγεθών πλοίων. Οι τιμές που παρουσιάζονται γίνονται βάσει κάποιων υποθέσεων (assumptions). Αυτές οι υποθέσεις αφορούν το μέγεθος του φορτίου του πλοίου, την ταχύτητά του, το είδος του φορτίου, το μέγεθος του πλοίου, το ταξίδι που κάνει κ.α.

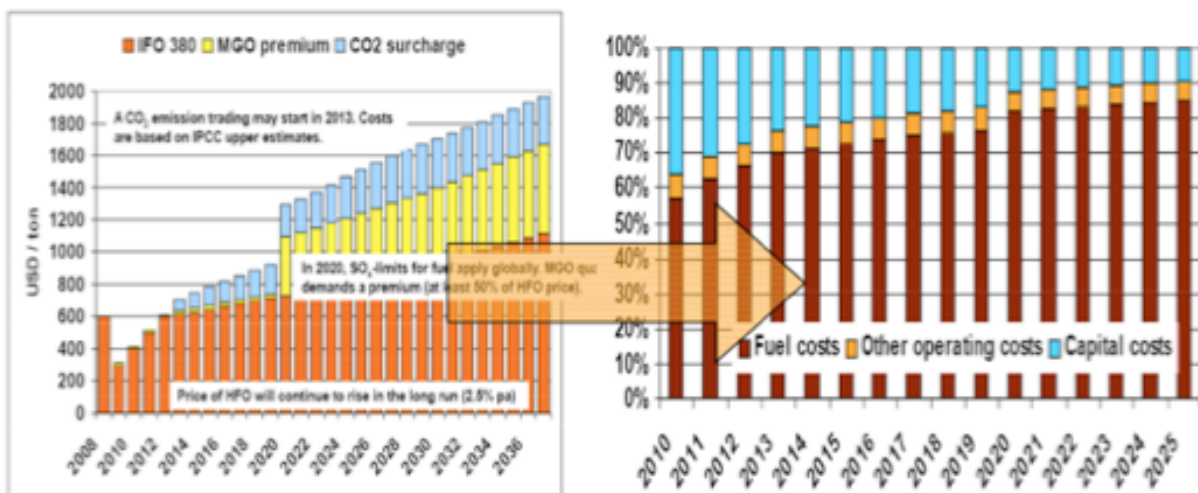
Bunker Prices (\$/tonne)

	<i>IFO 380</i>	<i>MDO</i>	<i>MGO</i>
Singapore	655	-	970
Fujairah	635	-	1,005
Gibraltar	661	-	1,045
Houston	645	1,050	-
Los Angeles	668	-	1,050
Philadelphia	660	1,065	-
Piraeus	652	-	1,010
Rotterdam	629	-	975
Yosu	697	998	-

Εικόνα 19 Τιμές καυσίμων ναυτιλιακών καυσίμων



Εικόνα 20 Athenian Shipbrokers S.A Monthly Report December 2012 (www.atheniansa.gr)



Εικόνα 21 Germanischer Lloyd (Energy saving in Ship Operations: Solutions, experiences) www.gl-group.com

1.5 Εξοικονόμηση καυσίμων κατά τη λειτουργία

Αφού μία ναυτιλιακή εταιρεία εξασφαλίσει μία διαδικασία εξεύρεσης φθηνών καυσίμων η αμέσως επόμενη διαδικασία είναι να διασφαλίσει ότι ο στόλος της είναι ενεργειακά αποδοτικός. Αυτό σημαίνει ότι τα πλοία πρέπει να βρίσκονται σε καλή κατάσταση και οι μηχανές του πλοίου να είναι σωστά συντηρημένες.

Όσο περνάνε οι ώρες λειτουργίας μίας μηχανής εκείνη τείνει να παράγει το ίδιο έργο με περισσότερη κατανάλωση καυσίμου. Η σωστή συντήρησή της θεωρείται απαραίτητη. Για να καταλάβουμε αυτή την τακτική θα πρέπει να ανατρέξουμε σε ένα πραγματικό παράδειγμα της καθημερινότητας μας. Ένα Ι.Χ αυτοκίνητο του εμπορίου έχει μία εργοστασιακή τιμή κατανάλωσης καυσίμου και ο κατασκευαστής την έχει δοκιμάσει με κάποια κριτήρια. Εάν εμείς όμως δεν τηρούμε τις οδηγίες του κατασκευαστή όσον αφορά τη χρήση της μηχανής και το οδηγικό μας στυλ τότε η κατανάλωση μπορεί να αυξηθεί κατακόρυφα. Στην περίπτωση των Ι. Χ αυτοκινήτων η κατανάλωση για ένα αυτοκίνητο 1.200 κ.ε. που η εργοστασιακή μεικτή κατανάλωση είναι 6λ/100km εάν οδηγούμε με αλλαγές ταχυτήτων στις 3.000 στροφές και όχι στις 2.000 στροφές που συνιστά ο κατασκευαστής μπορούμε να αυξήσουμε την κατανάλωση και στα 8λ/100χλμ.

Με τα ίδια δεδομένα στον χώρο της ναυτιλίας που η κατανάλωση κοστίζει χιλιάδες δολάρια, μία τέτοια μεταχείριση θα έχει οικονομικές επιπτώσεις για την ναυτιλιακή εταιρεία. Πρέπει λοιπόν το πλοίο να έχει αξιόλογο καπετάνιο αλλά και ικανό Α' Μηχανικό καθώς και να ελέγχεται τακτικά η συνολική κατάσταση του πλοίου. Μπορεί δύο ίδια πλοία (sister vessels) της ίδιας εταιρείας να παρουσιάζουν διαφορετικές καταναλώσεις καυσίμου λόγω διαφορετικής εμπειρίας, αντίληψης και εκπαίδευσης του καπετάνιου.

Εκτός όμως από αυτόν καθεαυτόν τον χειρισμό του πλοίου και τη συντήρηση της μηχανής αλλά και οι τυχόν τροποποιήσεις που θα κάνουν την μηχανή αποδοτικότερη ή και οικονομικότερη, παίζουν καθοριστικό ρόλο για την αποφυγή παραπάνω κατανάλωσης καυσίμου.

Η MAERSK LINE του ομίλου A.P MØLLER - MAERSK έλαβε την απόφαση να μειώσει την χρήση του turbo στις μηχανές του στόλου της στις χαμηλές ταχύτητες (slow steaming) με την προσθήκη συστήματος που απενεργοποιεί ένα από αυτά στις χαμηλές ταχύτητες, (turbo cut off)⁵³ μία κίνηση που της εξοικονόμησε τρία εκατομμύρια δολάρια το 2011⁵⁴. Η προσθήκη του συστήματος μπορεί να γίνει και κατά την διάρκεια του ταξιδιού, χωρίς να χρειαστεί να βγει το πλοίο off-hire⁵⁵

1.6 Slow steaming

Η πρακτική του slow steaming⁵⁶ που εφαρμόζουν οι ναυτιλιακές εταιρείες ήταν μία ουσιαστική λύση στην ραγδαία αύξηση των καυσίμων του 2007, αλλά ταυτόχρονα έφερε και ως αποτέλεσμα την μείωση των ρύπων των πλοίων ειδικά σε μία περίοδο που οι κανονισμοί για το περιβάλλον τείνουν να γίνονται αυστηρότεροι. Οι περισσότερες πλέον εταιρείες επενδύουν στην σωστή συντήρηση των μηχανών, την λίπανση της μηχανής και την βελτίωση του συστήματος πρόωσης και της προπέλας. Μέχρι τον Αύγουστο του 2007 η τιμή του καυσίμου IFO 380 ήταν από USD 358/μετρικό τόνο (mt)⁵⁷ στο Ρότερνταμ ενώ σήμερα κοστίζει USD 580/μετρικό τόνο (mt).⁵⁸ Η Wartsila, εταιρεία κατασκευής μηχανών πλοίων, υπολόγισε ότι η κατανάλωση σε ένα container-ship μπορεί να μειωθεί έως 59% εάν μειώσει την ταχύτητά του από 27 σε 18 κόμβους κάνοντας μία εβδομάδα επιπλέον ταξίδι σε διαδρομές από την Ασία στην Ευρώπη (Asia-Europe routes)⁵⁹. Σύμφωνα με την ABS⁶⁰ ⁶¹, έναν από τους μεγαλύτερους νηογνώμονες, η μείωση της ταχύτητας κατά 10% μπορεί να φέρει μείωση της κατανάλωσης έως 20% σε όλους τους τύπους πλοίων.

⁵³ <http://www.mandieselturbo.com/1010719/Press/Press-Releases/Trade-Press-Releases/Marine-Power/Low-Speed/Turbocharger-Cut-off-System-Benefits-Engine-Performance.html>

<http://preview.thenewsmarket.com/Previews/MAER/DocumentAssets/240639.pdf>

⁵⁵ Off-hire, είναι η διακοπή ενοικίου, σύμφωνα με την οποία ο ναυλωτής δεν πληρώνει ενοίκιο για το πλοίο εάν υπάρχει λόγος διακοπής της φυσιολογικής λειτουργίας του.

https://en.wikipedia.org/wiki/Slow_steaming

⁵⁷ <http://info.jctrans.net/jcnet/industryresearch/article/2007811496568.shtml>

<http://www.bunkerworld.com/prices/>

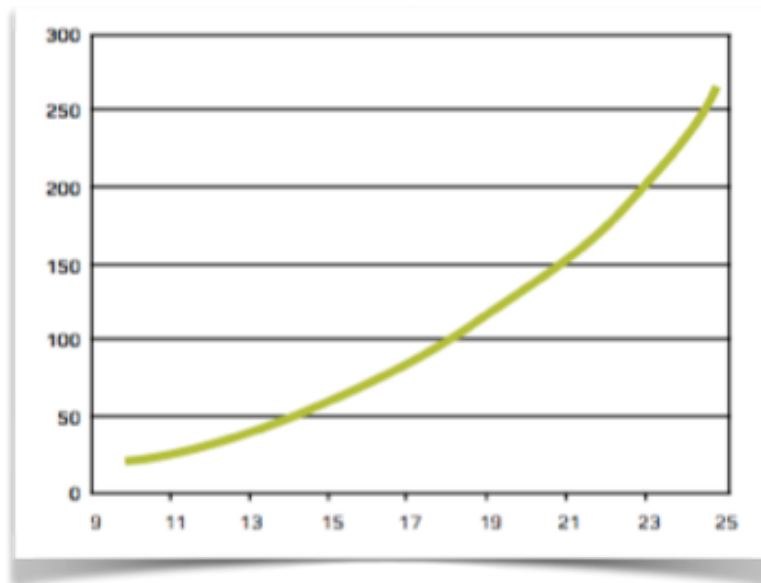
^ Slow steaming – a viable long-term option?, Wärtsilä

⁶⁰ <http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/>

⁶¹ Ο Αμερικανικός νηογνώμονας, "American Bureau of Shipping", ιδρ. το 1862 με έδρα την Νέα Υόρκη.

Το container-ship Emma Maersk υπολογίστηκε από το τεχνικό τμήμα της εταιρείας ότι μπορεί σε μία διαδρομή μετ' επιστροφής από την Ευρώπη στη Σιγκαπούρη να εξοικονομήσει 4.000 μετρικούς τόνους εφαρμόζοντας slow steaming. Με την τιμή του IFO 380 περίπου στα 600 δολάρια αυτό μεταφράζεται ως εξοικονόμηση 2.400.000 δολαρίων ⁶²! Μέχρι σήμερα η τιμή των καυσίμων δεν έχει πέσει επουδενί στα επίπεδα της προ 2007 εποχής και εξακολουθούν να έχουν αυξομειώσεις από 580 δολάρια/MT έως 660 δολάρια /μτ. Επίσης, η Maersk Line εφάρμοσε και την τακτική να ελέγχει και να εγκαθιστά τον εξοπλισμό που απαιτείται στα πλοία της κατά την διάρκεια του δεξαμενισμού ώστε να μην χρειάζεται να βγαίνουν τα πλοία της off-hire για τέτοιες περιπτώσεις.

MT/24ω
κατανάλωση

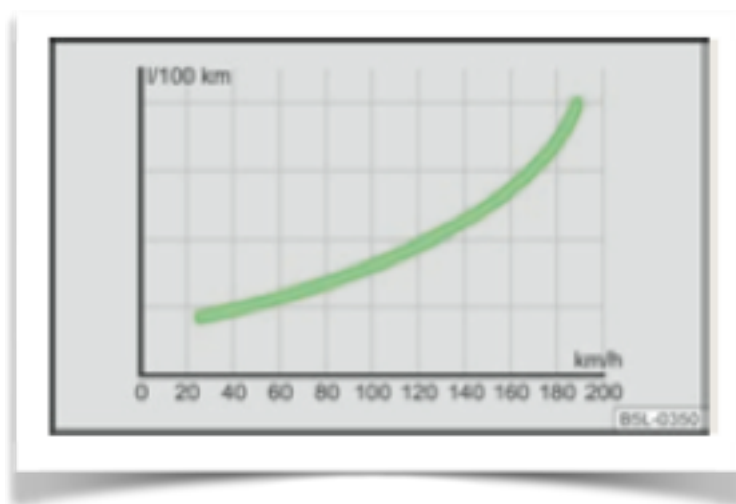


Κόμβοι(knots)

Εικόνα 22 Κατανάλωση Καυσίμου /ταχύτητα

<http://www.maersk.com/Innovation/WorkingWithInnovation/Documents/Slow%20Steaming%20-%20the%20full%20story.pdf>

Το παραπάνω γράφημα μας δείχνει την σχέση της κατανάλωσης σε μετρικούς τόνους ανά 24 ώρες για ένα container-ship 8.160 TEU με βύθισμα (draught) 12 μέτρα. Φαίνεται ότι, μετά την ταχύτητα των 19 κόμβων, η κατανάλωση αυξάνεται ραγδαία από 100 mt στους 19 κόμβους σε 150 Mt. μόλις στους 21 κόμβους. Αυτή η καμπύλη κατανάλωσης ισχύει για κάθε πλοίο και για κάθε συνθήκη απλά θα αλλάξουν τα νούμερα. ⁶³ Και πράγματι αυτή είναι η πραγματικότητα ότι η καμπύλη ισχύει για όλους τους τύπους πλοίων ακόμα και για την κατανάλωση των κινητήρων των αυτοκινήτων. Η κατανάλωση των I. X ⁶⁴ φαίνεται από την παρακάτω καμπύλη η οποία ακολουθεί την ίδια μορφή με αυτήν των μηχανών πλοίου. Σε υψηλές ταχύτητες η κατανάλωση διπλασιάζεται. ⁶⁵



Εικόνα 23 Κατανάλωση I. X αυτοκινήτων

<http://preview.thenewsmarket.com/Previews/MAER/DocumentAssets/240639.pdf> page 11

⁶⁴ Skoda fabia tsi 1.200 κυβικά, κατανάλωση 6,5λ/100χλμ

https://mediaportal.skoda-auto.com/resource/documentation/manuals/gr/Fabia/05-2012/Manual/A05_Fabia_OwnersManual.pdf

Το slow steaming παρά το γεγονός ότι αποτελεί μία πολύ αποτελεσματική τακτική ενάντια στην αύξηση των καυσίμων μπορεί και να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην λειτουργία του πλοίου καθώς και στην συντήρηση της μηχανής. Σύμφωνα με την DNV, η μακροχρόνια χρήση του πλοίου σε ποσοστό μείωσης 40% από την MCR (Maximum Continuous Revolution) μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες και να συνδράμει στην πρόωρη γήρανση και φθορά (wear out) του κινητήρα γιαυτό και θα πρέπει να γίνονται στα πλαίσια και στα όρια που ορίζει ο κατασκευαστής. Οι πιο σημαντικές από τις συνέπειες είναι :

- ❖ Κατάλοιπα άνθρακα στο σύστημα turbo της μηχανής.
- ❖ Υπερβολική χρήση λιπαντικών.
- ❖ Επιβάρυνση των συστημάτων της μηχανής λόγω θερμότητας κ.α.
- ❖ Μείωση αποδοτικότητας του turbocharger λόγω λειτουργίας σε χαμηλές στροφές.
- ❖ Οι υπέρ-συμπιεστές λειτουργούν εκτός των ορίων που θέτουν οι κατασκευαστές και αυτό συντελεί στην πρόωρη φθορά τους.
- ❖ Μειώνεται η εισροή συμπιεσμένου αέρα και δεν γίνεται σωστή καύση στην μηχανή.

Όσον βέβαια αφορά τα καράβια που κάνουν voyage chartering όπως πολλά tankers, συνήθως στο ναυλοσύμφωνο υπάρχει μία συμφωνημένη ταχύτητα που πρέπει να ακολουθεί το πλοίο (charter-party speed) και μάλιστα ορίζονται και η εκτιμώμενη ώρα άφιξης (ETA- Estimated time ofArrival) μεταξύ του πλοιοκτήτη και του ναυλωτή. Το πλοίο θα πρέπει να πλέει με αυτή την ταχύτητα και να φτάσει την ώρα και την ημέρα που έχει ορισθεί στο ναυλοσύμφωνο ώστε να αποφύγει τυχόν ποινές ο ιδιοκτήτης. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει διαθέσιμη θέση να πέσει το πλοίο και να ξεφορτώσει τότε υπάρχει κίνδυνος να πληρώσει ο ναυλωτής demurrage penalty⁶⁶. Οι παραπάνω όροι δεν αφήνουν χώρο ούτε για εφαρμογή του slow steaming ούτε για μείωση της ταχύτητας.

⁶⁶ Ένα πλοίο βρίσκεται σε demurrage, σε ταξίδι voyage charter, όταν αργεί η διαδικασία της φόρτωσης και της εκφόρτωσης συνολικά πέρα από τις ώρες που ορίζει το ναυλοσύμφωνο. Συνήθως οι ώρες είναι 72 ή 84. Από τη στιγμή που το καράβι δώσει σήμα NOR (Notice of readiness) ο ναυλωτής έχει έξι ώρες έως ότου αρχίσει να μετράει το laytime (72 συνήθως ώρες). Μόλις εκπνεύσουν οι εβδομήντα-δύο ώρες από εκεί και ύστερα το πλοίο βρίσκεται σε demurrage και χρεώνεται σύμφωνα με ό,τι έχει συμφωνηθεί στο voyage charter party. Παράδειγμα: Εάν ένα πλοίο φτάσει στις 21/07/2013-15.00μμ στο λιμάνι(E.O.S.P-End of sea passage) και στείλει notice of readiness στις 15.10 τότε ξεκινάει να μετράει το laytime μετά από έξι ώρες δηλαδή στις 21.00 έως και τρεις μέρες αργότερα στις 24/07/2013-21.00μμ. Από 21.01 ξεκινάει να μετράει το demurrage με την τιμή που αναγράφεται στο ναυλοσύμφωνο. Για υπολογιστεί το demurrage, θα πρέπει να ανατρέξουμε στο Statement of facts (SOF), ένα έγγραφο του πλοίου που αναγράφει όλους τους χρόνους και τις διαδικασίες που γίνονται κατά την διάρκεια των επιχειρήσεων του πλοίου στο λιμάνι.

Βέβαια, είθισται, σε πάρα πολλές περιπτώσεις, οι πλοιοκτήτριες εταιρείες να εκμεταλλεύονται τους όρους του charter- party, οι οποίοι ορίζουν ότι όταν το καράβι πλέει με ταχύτητα του ανέμου πάνω από 5 μποφόρ τότε δεν ισχύει το charter party speed και αρκετές φορές οι πλοιοκτήτες μειώνουν την ταχύτητα χρησιμοποιώντας τις κακές καιρικές συνθήκες ως δικαιολογία. Έτσι αποποιούνται της ευθύνης τους και προβάλλουν ως δικαιολογία αργοπορίας την αδυναμία του καραβιού να αναπτύξει ταχύτητες ο οποίες θα μπορούσαν να προκαλέσουν ζημία στο πλοίο.

Maersk Triple E class

Η Maersk triple E class⁶⁷ είναι η σειρά πράσινων πλοίων της Maersk Line (είκοσι σε αριθμό) τα οποία είναι τα μακρύτερα πλοία σε λειτουργία και τα πιο ενεργειακά αποδοτικά. Το Triple E αποδίδεται ως «Economy of scale, Energy efficient and Environmentally improved» δηλαδή ως «Οικονομία κλίμακας, ενεργειακή αποδοτικότητα και περιβαλλοντική καινοτομία».

Τα πλοία Triple E class έχουν μήκος 400 μ (LOA)⁶⁸ και πλάτος (beam) 59μ, εξοπλίζονται με δύο δίχρονες- αργόστροφες μηχανές με ικανότητα πλεύσης στους 19 κόμβους στις 80 στροφές ανά λεπτό. Κάθε μηχανή μεταδίδει κίνηση σε μία προπέλα και είναι κατασκευασμένη ώστε να λειτουργεί σε υπηρεσιακή ταχύτητα 19 κόμβων εκμεταλλευόμενη την τεχνική του slow steaming. Αν και τα πλοία του ανταγωνισμού λειτουργούν με ταχύτητα 26 κόμβων στις 90 στροφές ανά λεπτό, τα triple E class κάνοντας slow steaming εξοικονομούν καύσιμο έως και 37%⁶⁹ σε σχέση με τη συμβατική υπηρεσιακή ταχύτητα του ανταγωνισμού στους 26 κόμβους και 50%⁷⁰ μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Τέλος επιτυγχάνονται οικονομίες κλίμακας, αφού όσο μεγαλύτερο είναι το πλοίο (σε μια δεδομένη ταχύτητα), τόσο χαμηλότερη η κατανάλωση καύσιμου ανά μονάδα φορτίου.

⁶⁷<http://www.maerskline.com/en-us/shipping-services/dry-cargo/our-network/triple-e-card-cascading>

⁶⁸ Length over all- Το συνολικό μήκος του πλοίου από την πρύμνη μέχρι την πλώρη.

⁶⁹<http://www.maerskline.com/en-us/shipping-services/dry-cargo/our-network/triple-e-card-cascading>

⁷⁰<http://www.maerskline.com/en-us/shipping-services/dry-cargo/our-network/triple-e-card-cascading>

1.7 Weather routing

Η προετοιμασία ταξιδιού των πλοίων βάσει πρόγνωσης του καιρού είναι μία πρακτική που εφαρμόζεται εδώ και πάρα πολλά χρόνια. Τα τελευταία σαράντα χρόνια η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών συνδράμουν ουσιαστικά στην πρόγνωση του καιρού και ταυτόχρονα στον σχεδιασμό του ταξιδιού βάσει καιρικών συνθηκών. Ο στόχος είναι να σχεδιαστεί έτσι το ταξίδι του πλοίου ώστε να βρεθεί από το λιμάνι αναχώρησης (departure port) μέχρι το λιμάνι αφίξεως (Arrival port) η ασφαλέστερη διαδρομή βάσει καιρικών συνθηκών.⁷¹

Το πλοίο εάν διανύσει μία γρηγορότερη διαδρομή χειρότερων καιρικών συνθηκών για να μπορέσει να διατηρήσει την συμφωνηθείσα ταχύτητα του ναυλοσυμφώνου, (charter party speed) θα πρέπει να καταβάλλει περισσότερο έργο για να διατηρεί την ίδια ταχύτητα π.χ 12 κόμβους. Θα αυξάνονται οι στροφές της μηχανής (rpm) για να αναπτύξει την ίδια ταχύτητα. Οι ανάγκες για μείωση των καυσίμων έχουν οδηγήσει τις ναυτιλιακές εταιρείες να στρέφονται από την τακτική του γρηγορότερου και ασφαλέστερου ταξιδιού, στο ασφαλέστερο και πιο οικονομικό ταξίδι από την σκοπιά της κατανάλωσης καυσίμου. Έτσι γίνεται μία προσπάθεια να συνδυαστεί η ασφάλεια του πληρώματος, του φορτίου και του πλοίου με την μειωμένη κατανάλωση.⁷²

Το δελτίο πρόβλεψης του καιρού αποστέλλεται καθημερινά στο καράβι, ώστε να υπάρχει η γνώση και η δυνατότητα να προβλέπονται τυχόν εμπόδια που θα συναντήσει. Η αποστολή της πρόβλεψης μπορεί πλέον να γίνει πάρα πολύ εύκολα, ακόμα και με την αποστολή ενός email, αφού όλα τα πλοία είναι εξοπλισμένα με δορυφορικό internet, εκτός από άλλα συστήματα που τα βοηθούν στην ασφαλή πλοήγηση, όπως οι ηλεκτρονικοί χάρτες του συστήματος ECDIS (Electronic Chart Display and Information System)⁷³ χάρη στο οποίο το πλοίο δεν χρειάζεται να προμηθεύεται χάρτες μια διαδικασία που και αυτή συμβάλλει στη μείωση των εξόδων της ναυτιλιακής εταιρείας.

Η αποστολή χαρτών και publications μέσω courier είναι αρκετά δαπανηρή και η βιασύνη πολλές φορές για άμεση αποστολή χαρτών στο πλοίο πριν τις επιθεωρήσεις είτε του port state control είτε

⁷¹ ABS ShipEnergyEfficiency.pdf page 56

⁷² ABS ShipEnergyEfficiency.pdf page 57

⁷³ Το ECDIS (Electronic Chart Display and Information Systems) είναι σύστημα ηλεκτρονικής απεικόνισης χαρτών και πληροφοριών και βρίσκεται στην γέφυρα του πλοίου. Το ECDIS έχει πολλαπλές λειτουργίες για την πλοήγηση του πλοίου αφού περιλαμβάνει ηλεκτρονικούς χάρτες, ραντάρ, gps, πυξίδα και βυθόμετρο.

του vetting⁷⁴ στα tankers προκαλεί επιπλέον φόρτωση στην ήδη δύσκολη λειτουργία του operation του πλοίου. Η πρόβλεψη του καιρού γίνεται με την διαδικασία του weather routing.

Ως weather routing ορίζεται η διαδικασία προσδιορισμού της διαδρομής που θα πρέπει να ακολουθήσει ένα πλοίο για την μετάβασή του από ένα σημείο (λιμάνι) αναχώρησης σε κάποιο άλλο σημείο (λιμάνι) άφιξης λαμβάνοντας υπόψιν τις υπάρχουσες καιρικές συνθήκες κατά την διάρκεια του ταξιδιού. Ο προσδιορισμός αυτός μπορεί να έχει σαν στόχο:⁷⁵

- ❖ Την ελαχιστοποίηση του χρόνου μετάβασης
- ❖ Την ελαχιστοποίηση του κόστους μετάβασης
- ❖ Την μεγιστοποίηση της ασφάλειας των επιβαινόντων και του φορτίου
- ❖ Οποιοδήποτε συνδυασμό των παραπάνω

Το weather routing προσομοιάζει έναν αριθμό διαφορετικών διαδρομών λαμβάνοντας υπόψιν τις συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περιοχή (ταχύτητα του αέρα, κύματα, ρεύμα). Τα δεδομένα αυτά αναλύονται και ανανεώνονται ανάλογα με την θέση του πλοίου και μελετάται το κατά πόσον είναι ασφαλές το ταξίδι για το πλήρωμα, το φορτίο και το πλοίο. Η ανάλυση των παραπάνω δεδομένων εν τέλει μας δίνει και την την βέλτιστη διαδρομή που πρέπει να διαλέξει το πλοίο για το ταξίδι. Έτσι υπολογίζεται και η δυνατότητα του πλοίου να διατηρήσει την ταχύτητά του. Εάν καθ' όλη την διαδικασία του routing δεν ισχύουν τα όρια ασφαλείας που έχουν ορισθεί τότε η διαδρομή απορρίπτεται και ξεκινάει πάλι μία νέα διαδρομή. Τα προγράμματα αυτά αν και δεν είναι προφανώς 100% ακριβή έχουν καλή αξιοπιστία αφού οι μετεωρολογικές

⁷⁴ Το Vetting είναι επιθεώρηση πλοίων υγρού φορτίου οι οποίες διενεργούνται ανά χρονικά διαστήματα για να επιβεβαιωθεί η καταλληλότητα του πλοίου και η καλή κατάστασή του. Vetting μπορεί να διενεργείται από 1. πετρελαιοικές εταιρείες (Oil majors) π.χ BP, Shell, Chevron κ.α 2. Από επιθεωρητές του SIRE (Ships Inspection Reporting Program) και 3. επιθεωρητές του CDI (Chemical Distribution Institution). Ο λόγος που γίνονται επιθεωρήσεις είναι ότι ο πλοιοκτήτης είναι υπεύθυνος για την συντήρηση και καλή κατάσταση του πλοίου οπότε για να είναι αξιόπλοο το καράβι και να μπορεί να λειτουργεί θα πρέπει να έχει τα απαραίτητα πιστοποιητικά.

⁷⁵ Ανάπτυξη αλγορίθμου Weather Routing, Ιωάννης Βογιατζόγλου, σελίδα 1, ΕΜΠ

προγνώσεις που χρησιμοποιούνται είναι 3 έως 5 ημερών με πολύ καλό ποσοστό πρόβλεψης. Επίσης μέσω των μακροπρόθεσμων μετεωρολογικών προβλέψεων δίνεται η δυνατότητα να αποφευχθούν τυχόν θαλασσοταραχές που μπορεί να προκύψουν ή καταιγίδες και να σχεδιαστούν από πριν οι αποκλίσεις στην πορεία του πλοίου ώστε να συνεχίσει το ταξίδι του αποδοτικά.⁷⁶

Χωρίς την χρήση προσομοιωτών το καράβι θα έπρεπε να πλέει σύμφωνα με τις υπάρχουσες συνθήκες και να παίρνει αποφάσεις την τελευταία στιγμή χωρίς μεγάλο περιθώριο αντίδρασης κάτι που μπορεί να αποβεί δαπανηρό για την εταιρεία και την διαχείριση του πλοίου.

Τα καύσιμα είτε βαρύνουν τον ναυλωτή στο time chartering⁷⁷ είτε τον πλοιοκτήτη στην spot⁷⁸ αγορά αποτελούν το μεγαλύτερο λειτουργικό έξοδο του πλοίου. Για να μπορούν να ελέγχουν τη χρήση των καυσίμων οι ναυτιλιακές εταιρείες, ζητούν από τον καράβι να στέλνει reports κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του πλοίου.

Είθισται να αποστέλλονται τρεις αναφορές (reports) κατά την διάρκεια της ημέρας, κάθε μέρα. Το noon report, το arrival report και το departure report και ένα daily report αλλά όχι σε όλες τις περιπτώσεις.

Αυτά τα reports περιέχουν πληροφορίες για την κατάσταση του πλοίου, την ταχύτητά του, τις στροφές της μηχανής, τον άνεμο και την ταχύτητά του, τα αποθέματα σε νερό και καύσιμα και γενικότερα περιέχουν στοιχεία που βοηθούν το τμήμα του operation να λειτουργεί σωστά το πλοίο. Από αυτά τα reports φαίνεται και η κατανάλωση του καραβιού ώστε να ελέγχεται και από τη στεριά εκτός από τους μετρητές που βρίσκονται on board και να υπάρχει αρχειοθετημένη ανά πάσα στιγμή η κατανάλωση του πλοίου.

ABS ShipEnergyEfficiency.pdf page 57

⁷⁷ time chartering, χρονονάυλωση: Πρόκειται στη πραγματικότητα για μίσθωση (ενοικίαση) του πλοίου μαζί με το υφιστάμενο πλήρωμα και τον εξοπλισμό του.

⁷⁸ Spot market, Ναύλωση ανά ταξίδι, Ο ναυλωτής πληρώνει ενοίκιο για ένα ταξίδι μεταφοράς του φορτίου του από ένα λιμάνι φόρτωσης μέχρι το λιμάνι εκφόρτωσης.

1.8 Έλεγχος Καυσίμων

Κατά την διάρκεια των ταξιδιών που το καράβι εφοδιάζεται με καύσιμα, πρέπει να γίνεται έλεγχος των καυσίμων που λαμβάνει (quality survey) αλλά και έλεγχος της ποσότητας (quantity survey). Πρέπει δηλαδή η ναυτιλιακή εταιρεία να εξασφαλίσει ότι η ποσότητα καυσίμων που αγοράζει είναι η ίδια με αυτή που ανεφοδιάζεται το καράβι. Καθώς η τιμή των καυσίμων είναι αρκετά υψηλή, τυχόν αποκλίσεις στην ποσότητα καθίστανται επιζήμιες για την ιδιοκτήτρια εταιρεία.

Για αυτό το λόγο ο ανεφοδιασμός των καυσίμων γίνεται υπό την επίβλεψη ενός ανεξάρτητου φορέα, του surveyor ο οποίος εξασφαλίζει ότι η ποσότητες των καυσίμων είναι οι πραγματικές και ελέγχει ολόκληρη την διαδικασία.

Η DNV⁷⁹, η ABS και όλοι οι νηογνώμονες ⁸⁰ διεξάγουν ελέγχους καυσίμων ποιοτικούς και ποσοτικούς και οι surveyors βρίσκονται παρόντες κατά την διαδικασία ώστε να διασφαλιστεί ότι η διαδικασίες διεξάγονται ομαλά.

Εκτός από την μέτρηση της ποσότητας των καυσίμων, γίνεται και έλεγχος ποιότητας ώστε να εξασφαλιστεί ότι ο ενδιαφερόμενος αγοράζει ποιοτικά καύσιμα. Αυτό γίνεται με την λήψη δείγματος καυσίμου από τον ελεγκτή, ο οποίος το μεταφέρει στο πλησιέστερο εργαστήριο της εταιρείας και αφού ελεγχθεί το δείγμα, εκδίδει ένα πιστοποιητικό ποιότητας το οποίο είναι σύμφωνο με τις διατάξεις της MARPOL (Annex VI) και της Singapore SS:600 (Singapore Standard Code of Practice for Bunkering).

Η διαδικασία της πετρέλευσης διέπεται από κανόνες και μέτρα ασφαλείας ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε διαρροή καυσίμου στη θάλασσα και ώστε να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια η διαδικασία σύμφωνα με του κανονισμούς της MARPOL (Annexes I & VI. SOLAS Chapter VI Regulation 5.1) και του SOLAS (Chapter VI Regulation 5-1) που απαιτεί να εφοδιάζεται το πλοίο πριν την διαδικασία του bunkering με το Material Safety Data Sheet (MSDS) το οποίο περιέχει λεπτομερειακά πληροφορίες για το είδος του φορτίου και οδηγίες για το πλήρωμα και κάθε ενδιαφερόμενο κατά την διάρκεια του φορτώματος ή του ξεφορτώματος.

⁷⁹ Ο Νορβηγικός νηογνώμονας, "Det Norske Veritas", ιδρύθηκε το 1864, έδρα: Όσλο

⁸⁰ Νηογνώμονας είναι ναυτιλιακός τεχνικός οργανισμός που καταρτίζει κανονισμούς ασφαλείας, τόσο επί της ναυπήγησης των πλοίων όσο και επί του εξοπλισμού τους, κατατάσσοντας αυτά σε κλάση (classification). Με ειδικούς δε επιθεωρητές (surveyors) τα παρακολουθεί καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, είτε με περιοδικές είτε με έκτακτες επιθεωρήσεις. <http://el.wikipedia.org/wiki/Νηογνώμονας>

1.9 Συντήρηση κότους (Hull Cleaning)

Τα ύφαλα των πλοίων αποτελούν το 80% των μερών του πλοίου και θα πρέπει να συντηρούνται σε καλή κατάσταση ούτως ώστε το πλοίο να μην έχει απώλειες στις ταχύτητες που αναπτύσσει αλλά και να μην συντελεί σε προβλήματα μόλυνσης των υδάτων μεταφέροντας βιο-εισβολείς οργανισμούς που προκαλούν προβλήματα στους εγχώριους βιοτόπους.

Για αυτό το λόγο θα πρέπει η καρίνα του πλοίου να ελέγχεται και να διατηρείται σε καλή κατάσταση. Τα Πλοία σύμφωνα με τον IMO θα πρέπει να πηγαίνουν για dry-docking κάθε 2 χρόνια (πιο παλαιά κάθε 5 χρόνια) ώστε να ελέγχονται τα ύφαλα και η κατάστασή τους, να καθαρίζονται και να βάζονται. Μετά από έξι μήνες από το dry-docking η απόδοση του πλοίου αρχίζει να μειώνεται σταδιακά αναπτύσσοντας φύκια (sea grass) στα ύφαλα του πλοίου με συνέπεια την αύξηση της κατανάλωσης. Εκτός από το dry-docking γίνεται έλεγχος και καθαρισμός των υφάλων, υποβρύχια από εξειδικευμένους δύτες.

Ένα νέο VLCC Tanker (Very Large Crude Carrier) καταναλώνει περίπου την ημέρα 96 μετρικούς τόνους καυσίμου σε ένα διάστημα 24 ωρών. Το κόστος ανά ημέρα για αυτήν την κατανάλωση θα ήταν περίπου \$ 30.000 με ένα επιπλέον κόστος \$20.000 για λειτουργικά έξοδα ανά ημέρα. Σε ένα ταξίδι 15.000 ναυτικών μιλίων, το καράβι θα διένυε την παραπάνω απόσταση σε 25 ημέρες εάν η γάστρα του (Hull) ήταν καθαρή και σωστά συντηρημένη, ενώ εάν η γάστρα είχε πιάσει φύκια πάχους μόλις 0,5 της ίντσας (1,27 cm) το ίδιο ταξίδι θα γινόταν σε 28 ημέρες. Η απώλεια αυτή αντιστοιχεί σε δύο κόμβους ή σε τρεις ημέρες. Μια καθυστέρηση 3 ημερών θα κόστιζε περίπου \$90,000 σε κατανάλωση καυσίμου μόνο.

1.10 Επιλογή χρωμάτων

Η σωστή χρονικά εφαρμογή υφαλοχρωμάτων προλαμβάνει την αυξημένη τριβή στα ύφαλα του πλοίου, τη μείωση της ταχύτητας, την κατανάλωση καυσίμου και τις αυξημένες ατμοσφαιρικές εκπομπές.

Τα χρώματα silicon της Jotun σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρεία μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της συνολικής τριβής του πλοίου ως και 3% τη χρονική περίοδο ανάμεσα σε δύο δεξαμενισμούς κάτι που συμβάλει στην συνολική μείωση των καυσίμων κατά την λειτουργία του πλοίου.

1.11 Συντήρηση προπέλας

Αλλά και η προπέλα του πλοίου είναι πολύ ευπαθής και είναι αρκετά εύκολο να πιάσει φύκια διότι από τον κατασκευαστή της είναι φτιαγμένη έτσι ώστε να μην επιδέχεται κανένα coating ή βάνιμο ώστε να λειτουργεί σωστά και να μην δημιουργούνται απώλειες.

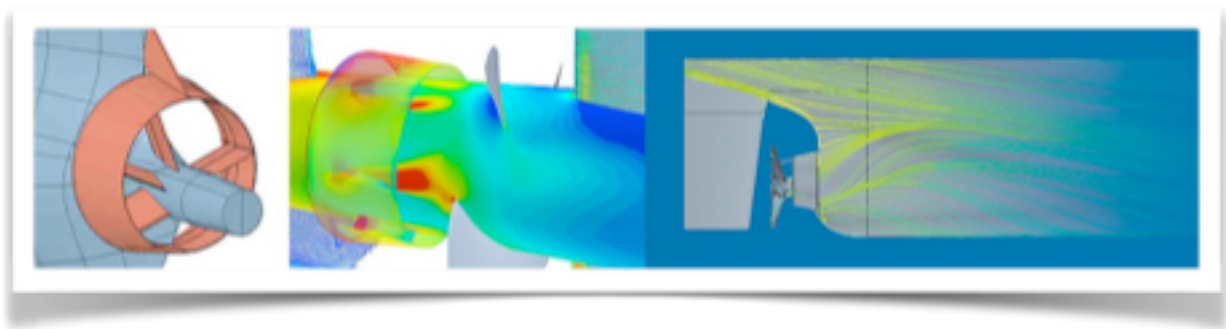
Γενικά η προπέλα θα πρέπει να καθαρίζεται πιο συχνά από όσο η γάστρα του πλοίου καθώς οι απώλειες θα είναι πολύ σημαντικές. Για την σωστή συντήρηση της προπέλας, θα πρέπει να γυαλίζεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να διασφαλιστεί η εύρυθμη και σωστή λειτουργία της με όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες.

Ακόμα και με πολύ τακτική συντήρηση η επιφάνεια της προπέλας μπορεί να τραχύνει λόγω διάβρωσης και γενικότερα λόγω της συνεχούς επαφής με το νερό κάτι που μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου περίπου 10%.

Βελτίωση του συστήματος Πρόωσης με την χρήση Propeller Ducts και fins.

Για την πρόωση του πλοίου πρέπει όπως προαναφέρθηκε, να είναι σωστά συντηρημένη η προπέλα του πλοίου και η γάστρα του (hull). Η προπέλα για την πρόωση του πλοίου λειτουργεί κάτω από δυσμενείς συνθήκες και παρουσιάζει απώλειες στην ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει το πλοίο λόγω του νερού που βρίσκεται στο πρυμναίο τμήμα της γάστρας. Τα ducts τοποθετούνται στο πρυμναίο τμήμα της γάστρας με σκοπό την εξομάλυνση του ομόρρου βελτιώνοντας την αποδοτικότητα το προωστήριου συστήματος του πλοίου.⁸¹

Τα ducts εξοικονομούν καύσιμα σε ποσοστό 8-9% για μεγάλου μεγέθους πλοία όπως tankers και bulk carriers ενώ 3% για μικρά πλοία γενικής χρήσης.⁸²



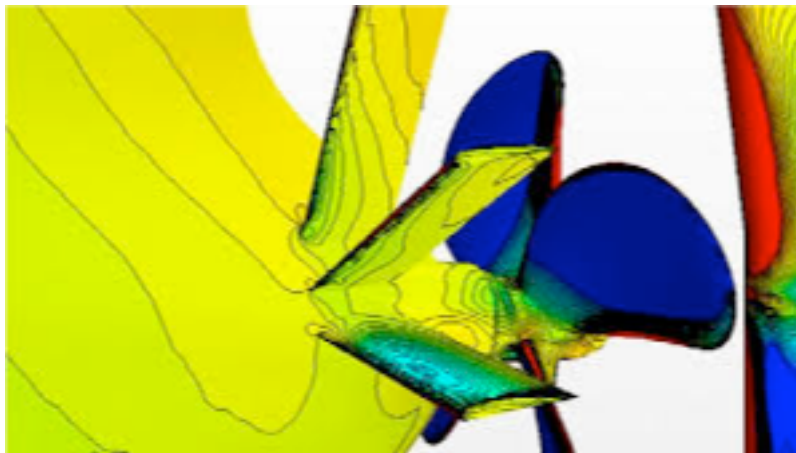
Εικόνα 24 Τοποθέτηση duct στην προπέλα

⁸¹http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/4802/3/pagkalose_gas.pdf σελίδα 72

⁸²http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/4802/3/pagkalose_gas.pdf σελίδα 73

Βελτίωση της προπέλας με pre-swirls.

Επίσης τοποθετούνται pre-swirl stators με σκοπό την ανάκτηση της ενέργειας swirl στην ροή προς την προπέλα δίνοντας έτσι μεγαλύτερη αποδοτικότητα στην προπέλα και κατ' επέκταση μεγαλύτερη ώθηση. Χρησιμοποιήθηκε στο H5297 ένα VLCC της Kristen Tankers χωρητικότητας 320,000 dwt και είχε οφέλη την αύξηση την δύναμης κατά 0,2 knots και την μείωση της κατανάλωσης κατά 4%.



Εικόνα 25 Τοποθέτηση pre swirls στην προπέλα

1.12 LNG propulsion

Η συνεχής αύξηση της τιμής των καυσίμων (εικόνα) και οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις του IMO (MARPOL IV- EEDI &SEEMP) για τη μείωση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου αλλά και η διεύρυνση των περιοχών ECA's και SECA's, στρέφουν τους κατασκευαστές των μηχανών πλοίων αλλά και τους πλοιοκτήτες προς την χρήση του LNG (Liquified Natural Gas) για την πρόωση των πλοίων.

Το LNG εάν χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο, μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα(CO₂) 25-30 % περίπου και μηδενίζει τις εκπομπές οξειδίων του θείου (SO_x) ενώ μειώνει και έως 80% τις



εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x) πράγμα που το καθιστά ιδιαίτερα αποτελεσματικό για την πρόωση και οικονομικό συμβάλλοντας στην μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος του πλοίου. Για τους παραπάνω λόγους αξίζει να μελετηθεί η χρήση του για την πρόωση και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως για στόλους που ταξιδεύουν σε ECAs (1,0% sulphur από 1η Ιουλίου 2010 και 0,10% sulphur μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2015) και SECAs αλλά και στους κανόνες της Ευρωπαϊκής Ένωσης που ορίζουν χρήση καύσιμου περιεκτικότητας θείου 0.1%(sulphur 0,1%) αλλά και όλων των τύπων πλοίων.⁸³

Η χρήση του LNG σαν καύσιμο φαίνεται να αποκτά όλο και περισσότερο έδαφος στην παγκόσμια Ναυτιλία. Οι παραγγελίες των πλοίων που διαθέτουν σύστημα πρόωσης LNG ολοένα και αυξάνονται κυρίως στις Ηνωμένες Πολιτείες όπου και η αγορά του LNG αναπτύσσεται με γοργούς ρυθμούς.

⁸³<http://www.intertanko.com/upload/presentations/Intertanko%2016%20Nov%202010%20%20LNG%20as%20fuel%20for%20ship%20propulsion%20-%20external%20PDF.pdf>

Το LNG αν και δεν είναι πιο ενεργειακά αποδοτικό από το πετρέλαιο έχει χαμηλότερη τιμή από αυτή του HSFO και πολύ μεγάλη προοπτική μείωσης τα επόμενα 30 με 35 χρόνια όπως αναφέρει ο Johan Sperling, αντιπρόεδρος της Jensen Naval Architects and Marine Engineers.⁸⁴

Τα νεότευκτα πλοία πρόωσης LNG έχουν την δυνατότητα να κινούνται και με την χρήση πετρελαίου όταν δεν είναι δυνατός ο ανεφοδιασμός με LNG.

Ωστόσο για να θεωρηθεί ένα πλοίο ως 100% πράσινο θα πρέπει να κινείται εξολοκλήρου και μόνο με LNG.

Το dual fuel propulsion όπως ονομάζεται η εναλλαγή καυσίμου για την πρόωση μπορεί να έχει πολλά οφέλη για το πλοίο. Ένα ζήτημα όμως που παρουσιάζεται είναι το πως θα διευθετηθούν οι δεξαμενές του LNG και πως να μην πιάσουν πολύ χώρο στο πλοίο. Με την χρήση του dual fuel propulsion καθίσταται δυνατή η χρήση του LNG μόνο στις ECA areas και στο λιμάνι όπου οι διεθνείς κανονισμοί επιτάσσουν χρήση καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο και ως αποτέλεσμα την αποφυγή καυσίμου MDO το οποίο είναι και το πιο ακριβό καύσιμο που χρησιμοποιείται στην σύγχρονη ναυτιλία.

⁸⁴<http://shipandbunker.com/news/am/187288-very-big-market-coming-for-lng-fuelled-ships>

1.13 Τύποι πλοίων LNG

Από τότε που η ναυτιλία ασχολήθηκε με την μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου υπήρξαν πολλές προτάσεις για το πως μπορεί να κατασκευαστεί ένα πλοίο LNG και παρουσιάστηκαν διαφορετικές προσεγγίσεις για την επίτευξη του σκοπού αυτού ωστόσο δύο τύποι LNG carriers έχουν καθιερωθεί ως οι πλέον αποδοτικοί :

❖ **Kvaerner Moss LNG Carrier** : Αυτός ο τύπος είναι ο πλέον διαδεδομένος και κυρίως αυτός που ξεχωρίζει λόγω των σφαιρικών δεξαμενών του. Οι δεξαμενές τους στην αρχή ήταν φτιαγμένες από ατσάλι και νικέλιο αλλά στην συνέχεια αντικαταστάθηκαν από δεξαμενές από αλουμίνιο καθώς το δεύτερο είναι πιο ανθεκτικό στις καταπονήσεις (stress) και πιο εύκολο να το φέρουν σε σφαιρική μορφή κατά την επεξεργασία. Σφαιρικού τύπου LNGs ήταν από τα πρώτα που δημιουργήθηκαν όπως το Norman Lady (1973).⁸⁵

❖ **Membrane type LNG Carrier** : Τα LNG carriers με μεμβράνη ξεκίνησαν να κατασκευάζονται την δεκαετία του 1960 και αποτελούν τον δεύτερο πιο διαδεδομένο τύπο LNG Carrier. Οι δεξαμενές (tanks) του πλοίου βρίσκονται στην ίδια θέση όπως και στα tankers όπως περιέχουν μία λεπτή εύκαμπτη μεμβράνη η οποία έρχεται σε επαφή με το καύσιμο και το συμπιέζει.



Εικόνα 26 Membrane type LNG carrier



Εικόνα 27 Kvaerner Moss LNG Carrier

⁸⁵<http://www.hoeghlng.com/shipping/fleet/pages/norman-lady.aspx>

Η μεταφορά LNG σε όλο τον κόσμο, η δημιουργία terminals σε πολλά λιμάνια και η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για χρήση του υγραερίου σε όλες της δραστηριότητες του ανθρώπου (οικιακή χρήση, αυτοκίνηση κλπ) γέννησε και την ανάγκη εκμετάλλευσης του υγραερίου στην ναυτιλία και πιο συγκεκριμένα για την πρόωση των πλοίων ιδίως σε περιόδους όπως σήμερα που η τιμές των ναυτιλιακών καυσίμων έχουν αυξηθεί ραγδαία.

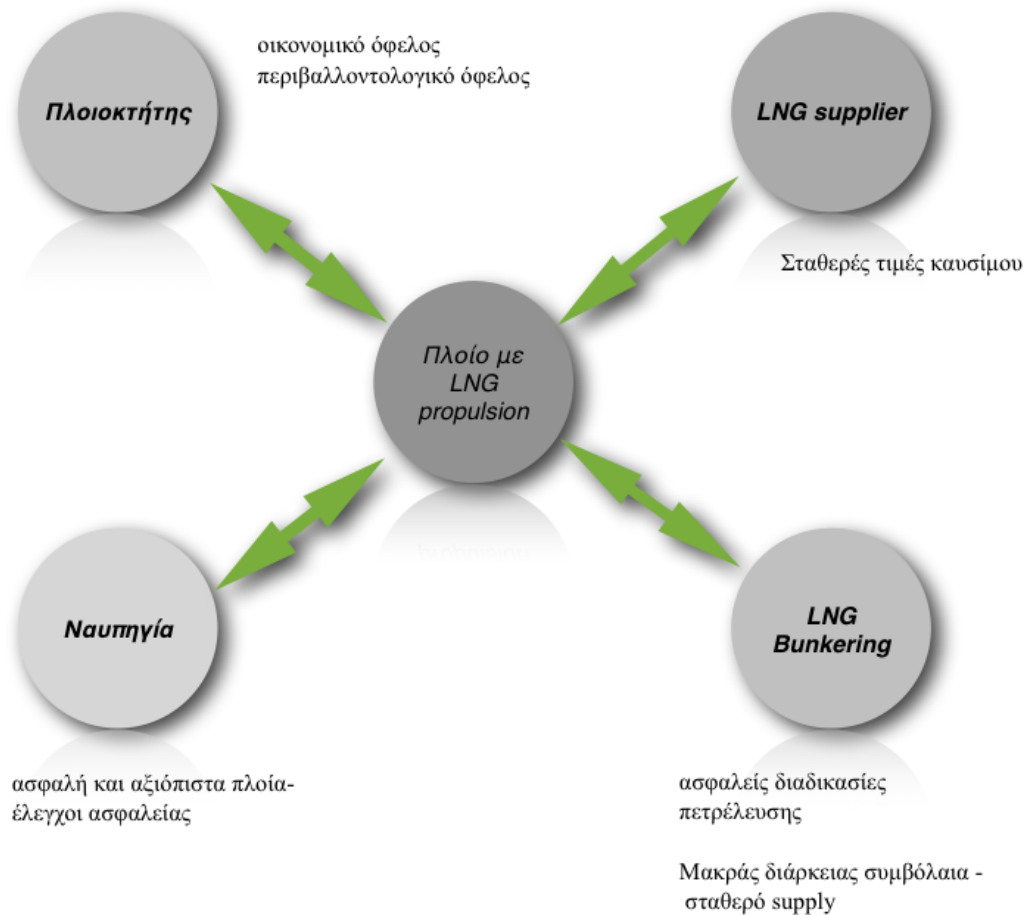
Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) ως καύσιμο στις προωσθήριες εγκαταστάσεις των πλοίων είναι μία νέα τάση με μειωμένες εκπομπές ρύπων και μας φέρνει πιο κοντά στην επίτευξη ενός πράσινου πλοίου. Μάλιστα τα υποσχόμενα οφέλη της χρήσης του LNG και η οικονομία αλλά και η φιλικότητα του προς το περιβάλλον δείχνει ότι σε 5 έως 10 χρόνια η πλειοψηφία της ακτοπλοΐας θα κάνει το μεταβατικό βήμα από την χρήση του IFO σε LNG.

Το φυσικό αέριο είναι κυρίως μεθάνιο (CH₄) το οποίο περιέχει την υψηλότερη ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα του άνθρακα σε σύγκριση με όλα τα άλλα ορυκτά καύσιμα. Η ποσότητα σε οξείδια NO_x είναι 85%, ενώ η ποσότητα σε SO_x και αιωρούμενα σωματίδια που περιέχονται στα καυσαέρια είναι αμελητέα. Επίσης η μείωση στα επίπεδα εκπομπών CO₂ είναι κατά 30% σε σύγκριση με τα καύσιμα ντίζελ.

1.14 Συστήματα Πρόωσης LNG

❖ **2 Stroke dual fuel engine** (Δίχρονη μηχανή διπλού καυσίμου): Πρόκειται για δίχρονες, αργόστροφες μηχανές οι οποίες χρησιμοποιούν είτε ντίζελ ως καύσιμο είτε LNG. Το πλοίο εξοπλίζεται με δύο είδη fuel tanks και για ντίζελ και για LNG.

❖ **4 Stroke dual fuel engine** (Τετράχρονη μηχανή διπλού καυσίμου) : Ομοίως και οι τετράχρονες μηχανές, προσφέρουν χαμηλούς ρύπους με την χρήση του LNG με την διαφορά ότι είναι μεσαιόστροφες. Το πλοίο και με αυτό τον τύπο μηχανής είναι εξοπλισμένο με δύο είδη δεξαμενών για τα δύο είδη καυσίμου.



Σχέδιο 2

1.15 Σχέδιο αλληλεπίδρασης χρήσης του LNG ως καύσιμο στη Ναυτιλία

Στο παραπάνω σχέδιο φαίνεται η σχέση που δημιουργείται μεταξύ των μερών της ναυτιλιακής αγοράς. Ένα πλοίο λοιπόν, που χρησιμοποιεί για την πρόωσή του LNG για καύσιμο αποδίδει αρχικά στον πλοιοκτήτη οικονομικό όφελος αφού μειώνει τα έξοδα του πλοίου (λόγω χαμηλής τιμής του LNG) και εναρμονίζεται η πλοιοκτήτρια εταιρεία με τις επιταγές του IMO για μείωση των ρύπων.

Οι σταθερές τιμές του καυσίμου δίνουν την δυνατότητα για σταθερές σχέσεις μεταξύ των προμηθευτών καυσίμου και της εταιρείας με την δυνατότητα σύναψης μακροχρόνιων συνεργασιών. Η πετρελεύσεις γίνονται με ασφαλείς διαδικασίες λόγω κλειστού κυκλώματος του εφοδιασμού καυσίμου μέσω pipes από το terminal απευθείας στο πλοίο και τέλος φαίνεται ότι σε ότι αφορά τα ναυπηγία θα δημιουργούνται πλοία σύμφωνα με όλους τους κανόνες ασφαλείας και θα διατηρείται η αξιοπιστία του πλοίου.

1.16 Τύποι δεξαμενών LNG για την πρόωση του πλοίου.

Όπως και στην μεταφορά του LNG δεξαμενές του καυσίμου LNG είναι δύο τύπων:

❖ **Membrane type tanks** : Λειτουργούν κατά την ίδια φιλοσοφία όπως αυτές των LNG Carriers (βλ. σελ 26)

❖ **IMO Independent type B tank - prismatic type** : Είναι κατασκευασμένη από αφρολέξ πολυουρεθανίου και έχει μία πρισματική μορφή με δυνατότητα συμπίεσης του υγραερίου-καυσίμου.

1.17 LNG Bunkering

Ο Δεξαμενισμός των πλοίων που χρησιμοποιούν LNG για πρόωση μπορούν να ανεφοδιαστούν καύσιμο μέσα από το ήδη υπάρχον δίκτυο terminals αλλά και με STS operations (ship to ship) με μικρότερα LNG carriers.

Η Δυσκολία ανεφοδιασμού του LNG

Τα LNG terminals είναι διαθέσιμα σε σε πολλά λιμάνια όλου του κόσμου και για εξαγωγή (export) και για εισαγωγή (import). Όμως αν και υπάρχουν terminals με διαθεσιμότητα σε LNG παρατηρείται μία λανθασμένη αντίληψη ότι το LNG είναι άμεσα διαθέσιμο σε όλο τον κόσμο.

Στην πραγματικότητα, τα terminals που ανεφοδιάζουν μεμονωμένα πλοία είναι αρκετά περιορισμένα και αυτό συμβαίνει διότι μπορεί η ανάλυση κινδύνου (Risk analysis) να μην επιτρέπει την αύξηση της κίνησης στο terminal, τα jetties (προβλήτες) δεν επαρκούν για τέτοια πλοία και έτσι η απευθείας πρόσβαση σε LNG για bunkering δεν είναι τόσο προσιτή.

Ωστόσο όμως η κατάσταση τείνει να αλλάξει γιατί και αυτό φαίνεται από τα εξής:

❖ Το LNG terminal της Σιγκαπούρης μπορεί να ανεφοδιάσει πλοία

από το 2013.

❖ Η Shell και η Wartsila προσπαθούν από κοινού να προωθήσουν την διαθεσιμότητα LNG στην Βόρεια Αμερική.

❖ Το Gate Terminal στο Rotterdam έχει ήδη ξεκινήσει από το 2011 την εμπορική διάθεση LNG.

1.18 Χρήση αλεξίπτωτου στο Πλοίο για εξοικονόμηση ενέργειας

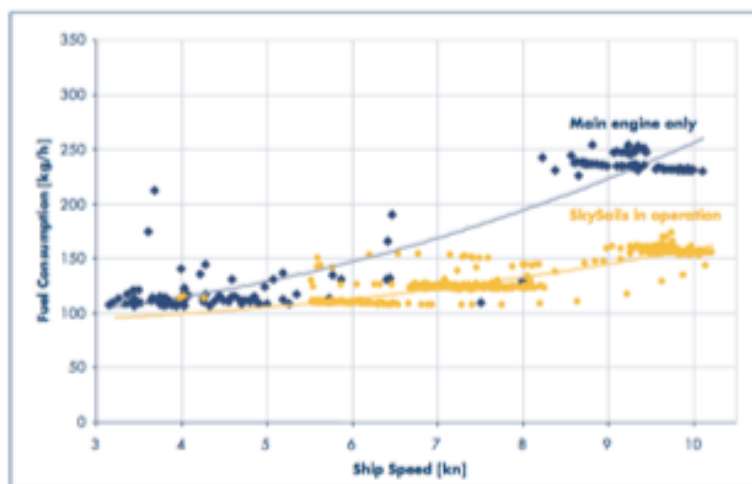
Μία νέα τεχνολογία που βασίζεται στην χρήση ιστίων όπως ακριβώς γινόταν πριν τα ατμόπλοια. Εφαρμόστηκε πρώτη φορά στο πλοίο Beluga Skysails στο ταξίδι του από το Μπρεμερχάφεν της Γερμανίας προς την Βενεζουέλα το 2008⁸⁶. Στην πρύμνη του container ship Beluga Skysails τοποθετήθηκε ένα πανί αλεξίπτωτου εμβαδού 160 τ. μ και δυνατότητα να ανεβαίνει έως 300 μέτρα ψηλά. Παράλληλα με την χρήση των μηχανών του πλοίου, το προσδεμένο αλεξίπτωτο λειτουργεί ακριβώς όπως και το ιστίο δίνοντας ώθηση στο πλοίο και εξοικονομώντας καύσιμα έως και 10-15 % ή \$1000-1500 την ημέρα, σύμφωνα με τον Verena Frank, project manager του πλοίου και την έρευνα που διεξήχθη για την αποτελεσματικότητα του project. Μαζί με τα οφέλη ωστόσο στην κατανάλωση καυσίμου, η χρήση του αλεξίπτωτου μειώνει και τις εκπομπές ρύπων του πλοίου. Ωστόσο υπάρχουν και δυσκολίες στην λειτουργία του αλεξίπτωτου για την υποβοήθηση της πρόωσης του πλοίου όπως :

- ❖ Χρειάζεται εκπαίδευση και κατάρτιση του πληρώματος
- ❖ Η εφαρμογή του συστήματος δεν θα έχει οφέλη για τα μεγαλύτερα πλοία
- ❖ Η εφαρμογή του μέτρου θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση την κατανάλωσης αλλά ταυτόχρονα η αύξηση της αγοράς νέων πλοίων λόγω της μείωσης καυσίμου θα επιφέρει ουσιαστικά αύξηση των ρύπων.⁸⁷

Πέραν όμως των παραπάνω περιορισμών η εφαρμογή του αλεξίπτωτου σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας, δηλαδή μείωση της κατανάλωσης κατά 10-15%, καθιστούν την χρήση αλεξίπτωτου ως μία εφαρμόσιμη λύση η οποία έχει απτά αποτελέσματα και άρα σημαντική μείωση στην κατανάλωση καυσίμου.

⁸⁶<http://www.tovima.gr/world/article/?aid=225880>

⁸⁷<http://www.triplepundit.com/2008/02/ms-beluga-skysails-completes-her-maiden-voyage/>



Εικόνα 28 Οπτική σύγκριση της κατανάλωσης καυσίμου με και χωρίς τη χρήση του αλεξιπτώτου της Skysails (www.skysails.com) στο πλοίο M/V “Theseus” της εταιρείας MLB Χωρητικότητας 2,500 dtw.⁸⁸

Η χρήση του Skysales® σύμφωνα με εκτιμήσεις του IMO⁸⁹ μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως κατά 100 εκατομμύρια τόνους το χρόνο και αυτό μονάχα με την χρήση του αλεξιπτώτου, ένα ποσοστό που ισοδυναμεί με το 11% των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα της Γερμανίας.

Τα οφέλη και η χρησιμότητα του αλεξιπτώτου είναι ποικίλα :

- ❖ Όλος ο εξοπλισμός που χρειάζεται για να λειτουργήσει το αλεξίπτωτο βρίσκεται στην πλώρη, οπότε δεν καταλαμβάνει χώρο από την φορτωτική ικανότητα του πλοίου.
- ❖ Παράλληλα με την οικονομία καυσίμου επιτυγχάνεται μείωση των εκπομπών του πλοίου σε θειώδη (sulphur) και οξειδίων του άνθρακα (COx)
- ❖ Η χρήση του συστήματος είναι αυτοματοποιημένη και χρησιμοποιεί ένα control panel στην γέφυρα του πλοίου όπου οι αξιωματικοί του πλοίου μπορούν εύκολα να ανυψώσουν και να υποστείλουν “τον αετό”.

⁸⁸ http://www.skysails.info/fileadmin/user_upload/Downloads/130829_EN_SkySails_Product_Brochure.pdf
σελίδα 4

⁸⁹ http://www.skysails.info/fileadmin/user_upload/Downloads/130829_EN_SkySails_Product_Brochure.pdf
σελίδα 6

- ❖ Δεν απαιτούνται ιδιαίτερες ενέργειες από το πλήρωμα για την λειτουργία του συστήματος
- ❖ Εμπεριέχεται στο σύστημα, software αυτόματου πιλότου, ώστε να ελέγχεται η σωστή και πιο ωφέλιμη πτήση του αλεξιπτωτου, σύμφωνα με την διεύθυνση και την ταχύτητα του αέρα.
- ❖ Μπορεί να εγκατασταθεί και σε υπάρχοντα και σε νεότευκτα πλοία.
- ❖ Σε περίπτωση κακοκαιρίας η υποστολή του αλεξιπτώτου μπορεί να γίνει γρήγορα και να αποθηκευτεί με ασφάλεια σε ειδικό μέρος φύλαξης (storage compartment).

Η χρηστικότητα και η αποδοτικότητα του skysails το καθιστούν μία αποτελεσματική λύση για την μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και την μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος του πλοίου. Είναι μία αποτελεσματική λύση που μπορεί έμπρακτα μία ναυτιλιακή εταιρεία να χρησιμοποιήσει για να επιτύχει τους στόχους της. Από οικονομικής απόψεως η χρήση του skysails κυμαίνεται από \$600,000 έως και \$3,300,000 ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο του πλοίου. Βάσει των τρεχόντων τιμών των καυσίμων και των υπολογισμών του IMO αν η χρήση του αλεξιπτώτου μπορεί να επιφέρει μία μείωση της τάξεως των \$1000-\$1500 την ημέρα τότε αξίζει η περαιτέρω έρευνα από την πλευρά των εταιρειών καθώς η χρήση του skysails είναι μία βιώσιμη λύση στην μείωση της κατανάλωσης καυσίμου.

1.19 Trim/ draft optimization

Τα κύτη των πλοίων σχεδιάζονται βάσει ενός ή δύο βυθισμάτων με μηδενική διαγωγή⁹⁰. Στην πλώρη και στην πρύμνη του πλοίου όπως προαναφέρθηκε δημιουργούνται περίπλοκες συνθήκες ροών και για αυτό τα πλοία ζυγοσταθμίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην παρουσιάζουν απόκλιση.⁹¹ Πολλές φορές συμβαίνει ένα πλοίο με χαμηλότερο βύθισμα και λανθασμένη ζυγοστάθμιση να παρουσιάζει μεγαλύτερη αντίσταση στο νερό από ότι ένα πλοίο με μεγαλύτερο βύθισμα και σωστή ζυγοστάθμιση.

Ένα πλοίο μπορεί να ταξιδεύει με βύθισμα διαφορετικό από αυτό που έχει σχεδιαστεί. Όμοια και η προσθήκη φορτίου, έρματος και αναλώσιμων εφοδίων πολλές φορές οδηγεί σε αποκλίσεις ζυγοστάθμισης από την αρχική. Νέα πλοία που έχουν ρυθμιστεί να λειτουργούν ακόμα και με πολλά διαφορετικά βυθίσματα μπορεί να παρουσιάσουν αποκλίσεις από τις βέλτιστες ρυθμίσεις. Είναι πολύ σημαντικό να δίνονται στον καπετάνιο και τους operators του πλοίου όλες οι πληροφορίες που χρειάζονται για να επιλέξουν τον αποδοτικότερο συνδυασμό βυθίσματος και ζυγοστάθμισης ανάλογα με το φορτίο και τα αναλώσιμα που θα έχει το πλοίο (εφόδια, νερά, spare parts κ λ π). Για κάθε ταξίδι θα πρέπει να γίνεται σωστός προγραμματισμός ερματισμού στις κατάλληλες δεξαμενές έρματος (ballast tanks) ώστε να πετυχαίνει βέλτιστο βύθισμα και ζυγοστάθμιση.

Στην αγορά τα τελευταία χρόνια υπάρχουν πολλά εργαλεία για trim optimization. Στο σύνολό τους, αποτελούν ένα πρόγραμμα software το οποίο απεικονίζει ένα δισδιάστατο ψηφιακό πλοίο και ανάλογα με τις πληροφορίες βυθίσματος, έρματος, φορτίου και αναλώσιμων που δίνει ο χειριστής, παρουσιάζεται η καλύτερη δυνατή ζυγοστάθμιση και διανομή του φορτίου ή του έρματος στα cargo ή ballast tanks αντίστοιχα. Υπάρχουν δύο είδη software για trim optimization, στα πρώτα οι μετρήσεις βασίζονται σε θεωρητικούς υπολογισμούς και τα δεύτερα σε μετρήσεις κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του πλοίου.

⁹⁰ Με τον όρο διαγωγή πλοίου, εννοούμε την κατάσταση της ζυγοστάθμισης του όταν εκείνο δεν είναι ισοβύθιστο. Δύο είναι οι μορφές διαγωγής ενός πλοίου: 1. Όταν το πρωραίο βύθισμα είναι μικρότερο του πρυμναίου, οπότε και καλείται έμπρυμνο (by the stern) και 2. Όταν το πρωραίο βύθισμα είναι μεγαλύτερο του πρυμναίου, οπότε το πλοίο χαρακτηρίζεται έμπρωρο (by the bow).

⁹¹ Εάν το βύθισμα στην πλώρη είναι υψηλότερο ακόμα και μισό μέτρο σε σχέση με την πρύμνη, η αντίσταση μπορεί να αυξηθεί σε αρκετό βαθμό ώστε να αυξήσει την κατανάλωση καυσίμου.

Θεωρητική προσέγγιση και μετρήσεις

Η θεωρητική προσέγγιση βασίζεται σε πειράματα προσομοίωσης ⁹² σε δεξαμενές με ήρεμο νερό, ώστε να εκτιμηθεί η αντίσταση σε διαφορετικά σενάρια βυθίσματος και ζυγοστάθμισης. Αναπτύσσονται έτσι καμπύλες που δείχνουν τις ρυθμίσεις με την μικρότερη αντίσταση για το πλοίο και ύστερα τα δεδομένα εισάγονται στο πρόγραμμα ζυγοστάθμισης.

Κατά τα πειράματα προσομοίωσης είναι σημαντικό, για να υπολογιστεί σωστά η ζυγοστάθμιση του πλοίου, το μέγεθος του μοντέλου. Όσο μεγαλύτερη η κλίμακα του μοντέλου του πλοίου τόσο μικρότερες αποκλίσεις θα έχουν τα αποτελέσματα από την πραγματικότητα. Μεγαλύτερη κλίμακα και δεξαμενή όμως σημαίνει και πιο δαπανηρή έρευνα.

Για να εξάγουμε αποτελέσματα αντιπροσωπευτικά της πραγματικής λειτουργίας του πλοίου, θα πρέπει τα πειράματα κλίμακας να γίνονται με αυτοκίνητα μοντέλα ⁹³. Με αυτόν τον τρόπο μελετάται και η προωστική δύναμη του πλοίου ανάλογα με τις ρυθμίσεις βυθίσματος και ζυγοστάθμισης του κάθε πειράματος ⁹⁴

Τα πειράματα προσομοίωσης, για πλοία που ήδη βρίσκονται σε λειτουργία, έχουν κόστος από \$50.000 έως \$100.000. Για εκείνα που βρίσκονται στο στάδιο της ναυπήγησης, επειδή συνήθως υπάρχει μοντέλο σε κλίμακα ήδη, συνιστάται να γίνονται κατά την ναυπήγηση τα πειράματα προσομοίωσης.

Τα πειράματα κλίμακας τείνουν να αντικαθίστανται με προγράμματα H/Y που μετρούν την υδροδυναμική (CFD software- computational fluid dynamics). Αυτό συνέβη με την αύξηση της επεξεργαστικής ισχύος των H/Y και της εξέλιξης του προγραμματισμού καθώς σήμερα υπάρχει η

⁹² Τα περισσότερα πειράματα κλίμακας σε δεξαμενές έγιναν από τον William Froude (1810-1879) τα οποία και χρησιμοποιήθηκαν ευρέως έως το 1970 μέχρι την ευρεία χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ο William Froude, μηχανικός και ναυπηγός, διατύπωσε και τον ομώνυμο νόμο (Froude number) σύμφωνα με τον οποίο ένα πλοίο σε κλίμακα παρουσιάζει την ίδια αντίσταση στο νερό με το πρωτότυπο πλοίο (σε πραγματικό μέγεθος) όταν η ταχύτητα είναι ανάλογη με την τετραγωνική ρίζα του μήκους του. $V \propto (L)^{1/2}$, $V = k (L)^{1/2}$

⁹³ Τα αυτοκίνητα πειράματα (self- propulsion tests) γίνονται με την τοποθέτηση μοτέρ πρόωσης στο μοντέλο του πλοίου υπό δοκιμασία. Διαφέρουν από τα τεστ όπου η κίνηση του πλοίου στην δεξαμενή γίνεται με την δημιουργία τεχνητών κυμάτων που κινούν το υπό μελέτη πλοίο (towed resistance tests)

⁹⁴ Κατά την διαδικασία του trim optimization γίνονται πολλαπλά τεστ ζυγοστάθμισης του πλοίου σύμφωνα με τις υπηρεσιακές του ανάγκες, ανάλογα δηλαδή με την υπηρεσιακή του ταχύτητα, το βύθισμα, το είδος του φορτίου κ λ π.

δυνατότητα για πιο εξελιγμένους κώδικες προγραμματισμού που θα μπορούν να προσομοιώσουν αποδοτικότερα τα πειράματα υδροδυναμικής.

Στην πλειοψηφία τους αυτά τα προγράμματα μπορούν με ακρίβεια να προβλέψουν τις μικρές διακυμάνσεις αντίστασης στην πρύμνη και στην πλώρη. Όμως σε μεγάλες διακυμάνσεις αντίστασης που υπάρχουν μεγάλες αλλαγές στην ροή του νερού δεν είναι δυνατή η ακριβής πρόβλεψη της αντίστασης. Για αυτό το λόγο η χρήση CFD προγραμμάτων υδροδυναμικής θα πρέπει να γίνεται με γνώμονα τους περιορισμούς που παρουσιάζουν ώστε να γίνεται με τον σωστό τρόπο η ανάλυση υδροδυναμικής.

Η προσέγγιση χρήσης προγραμμάτων μελέτης της υδροδυναμικής εκτιμούν με την χρήση αλγορίθμων την διαγωγή που θα παρουσιάζει το πλοίο όπως προαναφέραμε χωρίς την εκτέλεση πειραμάτων σε δεξαμενές. Όσον αφορά τα πειράματα σε δεξαμενές υπάρχει και η αντίθετη άποψη, ότι δηλαδή, το πλοίο, σε συνθήκες πραγματικού ταξιδιού, δεν θα έχει την ίδια συμπεριφορά με αυτή του πειράματος, ιδίως σε κλυδωνισμούς, ταλαντώσεις και παρεκκλίσεις (στραβοτιμονιές).

Για να εξαλειφθεί αυτή η αμφιβολία της συμπεριφοράς του πλοίου σε πραγματικές συνθήκες, πραγματοποιούνται και μελέτες ζυγοστάθμισης κατά την λειτουργία του.

Μετρήσεις κατά την υπηρεσία (In- service Measurements)

Οι μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο υπηρεσίας του πλοίου σαν θεωρία αποτελεί την πιο ακριβή μέθοδο υπολογισμού της κατανάλωσης καυσίμου ανάλογα με την ζυγοστάθμιση και το βύθισμα του πλοίου. Όμως, επειδή κατά την λειτουργία του πλοίου είναι πολύ δύσκολη η ακριβής εξαγωγή συμπερασμάτων λόγω πολλών παραμέτρων, ακολουθούνται οι δύο παρακάτω μέθοδοι :

- Η πρώτη μέθοδος γίνεται με την χρήση μετρητών ακριβείας κατανάλωσης καυσίμου. Έτσι το πλοίο μετρά την κατανάλωση ενώ ταυτοχρόνως επανατοποθετείται έρμα στα αμπάρια ώστε να
- υπολογιστεί η πιο αποτελεσματική ρύθμιση trim. Απαραίτητες προϋποθέσεις είναι η σταθερή η ταχύτητα του ανέμου και οι καλές καιρικές συνθήκες.
- Η δεύτερη μέθοδος και πιο συνήθης είναι οι μετρήσεις σε πλήρη κλίμακα και σε ελεγχόμενες συνθήκες. Αυτή η μέθοδος μοιάζει με τα πειράματα κλίμακας σε δεξαμενή, ουσιαστικά, με την

- διαφορά όμως ότι οι μετρήσεις σε πραγματική κλίμακα γίνονται, είτε εν πλω, είτε σε καθορισμένη χρονική στιγμή, σε παράκτιες περιοχές, με σταθερές καιρικές συνθήκες και την βοήθεια μηχανικών.

Το trim optimization ενός πλοίου μπορεί να μειώσει την κατανάλωση έως και 2% και ενδείκνυται για πλοία που διανύουν μεγάλες αποστάσεις.

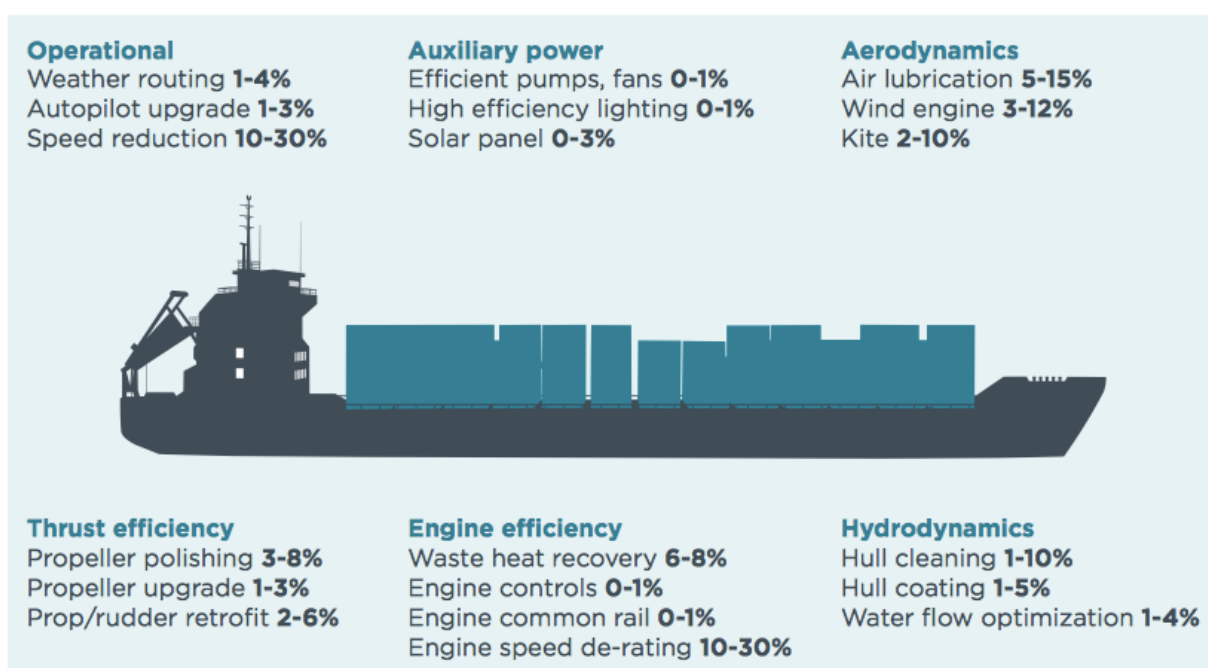
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συγκεντρωτικά, βασική επιδίωξη των ναυτιλιακών εταιρειών είναι η μεγιστοποίηση των κερδών τους μέσα από την μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. Οι operators σήμερα έχουν στην φαρέτρα τους πολλά εφόδια για να το επιτύχουν. Από το στάδιο της ναυπήγησης επιλέγονται ανάλογα με την επιθυμία του πλοιοκτήτη τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας όπως οικονομικότερες μηχανές πρόωσης, υδροδυναμικά σχεδιασμένες πλώρες και τοποθετούνται συστήματα στο πλοίο που εξοικονομούν περαιτέρω ενέργεια. Διαφορετικά είδη προπελών και υφαλοχρωμάτων, ηλεκτρικές-ντίζελ μηχανές κ.α. Όλα τα συστήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω δημιουργούν ένα πιο οικονομικό πλοίο και θέτουν την βάση για τα πράσινα πλοία του μέλλοντος. Όλες οι μέθοδοι που αναφέρθηκαν στην παρούσα εργασία παρατίθενται στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα:

ΜΕΣΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΙΩΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ/ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΑΠΟΣΒΕΣΗ
HULL-CLEANING	ΔΙΑΤΗΡΕΙ ΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΧΩΡΙΣ ΜΕΙΩΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	\$30,000-40,000	ΑΜΕΣΗ
SLOW STEAMING	20-37%	ΧΩΡΙΣ ΚΟΣΤΟΣ ΟΜΩΣ ΑΥΞΑΝΕΙ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ(LUBES)	-
SKYSAILS	2-15%	\$600,000.00-3,000,000.00	3- 5 ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΜΕΓΑΛΑ ΠΛΟΙΑ
PROPELLER POLISHING	3-8%	\$1,900.00-\$6,000.00	ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΤΑΞΙΔΙ
LNG PROPULSION	10-20%	ΥΨΗΛΟ ΚΟΣΤΟΣ	2,5 -5 χρόνια
TRIM OPTIMIZATION	2-10%	\$50.000-\$100.000,00	ΣΤΟΝ ΠΡΩΤΟ ΜΗΝΑ
TURBO CUT-OFF	10-30%	\$14,000.00-\$132,000.00	ΣΕ 5 ΜΗΝΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
DUCTED PROPELLERS	5%	\$275,000.00	\$1,000 ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ
AZIMUTH PROPELLER	-	\$300,000.00	ΣΕ ΕΝΑ ΧΡΟΝΟ
WEATHER ROUTING	1-4%	0,00 \$	Δ/Α

Η Διεθνής βιομηχανία στρέφεται σε λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας και η στροφή αυτή φαίνεται στην καθημερινότητα. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες στρέφονται στο downsizing των κινητήρων τους, αυξάνοντας τις επιδόσεις και μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου, οι εταιρείες ηλεκτρονικών συσκευών παρουσιάζουν ολοένα και νέες τεχνολογίες μείωσης ενέργειας και σε αυτόν τον ρυθμό βρίσκεται και η διεθνής ναυτιλία η οποία εξαρτάται από την αγορά πετρελαίου.

Η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου εκτός από τα πολύ υψηλά κέρδη, αποφέρει και συνολική μείωση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου και με αυτόν τον τρόπο η ναυτιλία έρχεται πιο κοντά σε μία πιο ολοκληρωμένη πολιτική προστασίας του περιβάλλοντος.



Εικόνα 29 Μειώσεις κατανάλωσης καυσίμου (%) από την εφαρμογή βελτιώσεων/μέτρων

ECO-SHIPS

The basics

Pre-swirl duct (Mewis duct) Maximises propeller thrust	✓	4.5%
Rudder bulb Designed to reduce energy from hub vortex and drag	✓	€1%-3%
Kappel Propeller Curved to reduce tip vortex flow energy loss	✓	€2%-4%
Optimised hull form Improved bow and stern line hydrodynamics	✗	€1%
G-Type engine Longer bore stroke, lower engine speed (RPM)	✗	€2%-4%
Savings retrofit		7.5%-11.5%
Savings newbuilding		10.5%-16%

- ✓ Retrofit possible
- ✗ Retrofit not possible

Source: Charles R Weber

ECO-SHIPS

The savings

Approximate savings if bunkers cost \$630
mt/day non-eco modern capesize 60 mt/day at 14 knots

Daily savings with retrofits

Bunkers **4.5 mt to 6.9 mt**
which equates to: **\$2,835 to \$4,347**

Daily savings for eco newbuilding

Bunkers **6.3 mt to 9.3 mt**
which equates to: **\$3,969 to \$5,859**

Daily breakeven rates

(assuming acquisition cost, debt servicing and OPEX)

Five-year-old capesize with modifications **\$14,900**

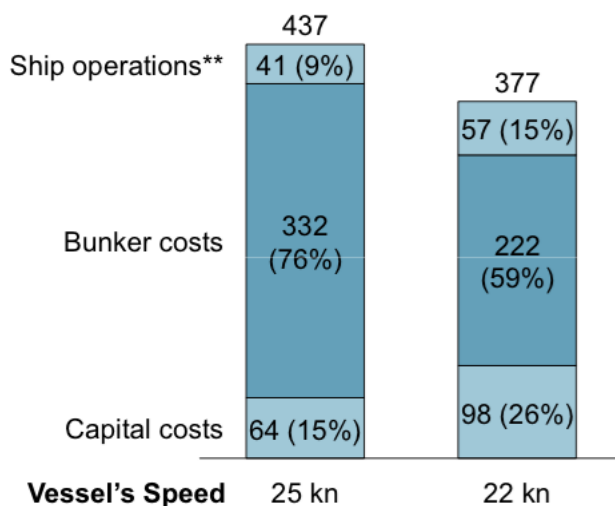
Newbuilding eco capesize **\$18,600**

Source: Charles R Weber

Εικόνες 30,31 Βελτιώσεις και εξοικονόμηση στα λειτουργικά έξοδα.

Annual costs per trade* (at 450 USD/ton)

in mio USD

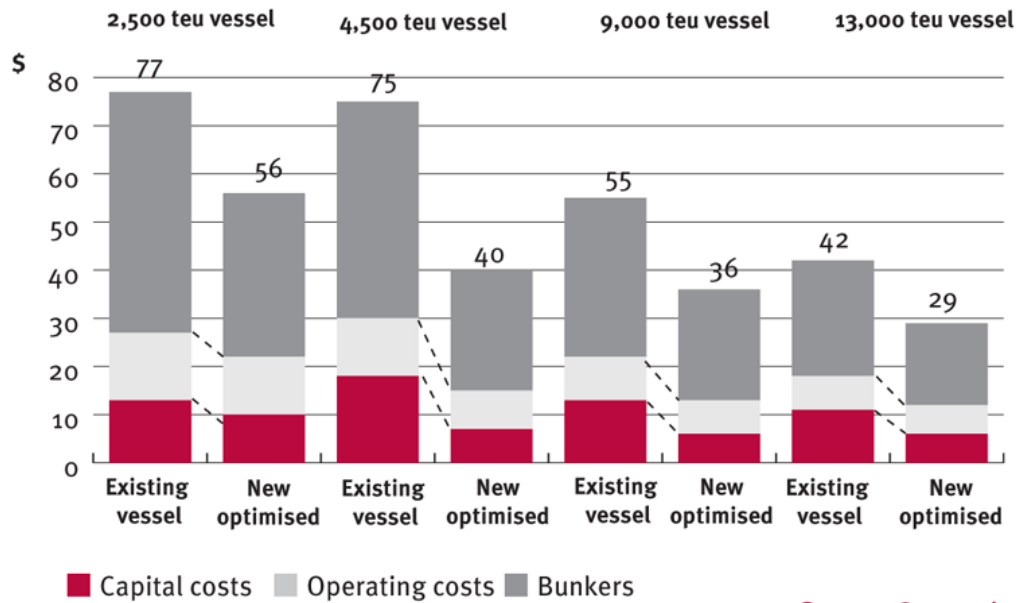


- Positive effect on bunker cost partly compensated by need for more ships in trade
- Today's ships often not designed and equipped for slow speeds

Εικόνα 32 Τα καύσιμα ως ποσοστό των λειτουργικών εξόδων ενός πλοίου 9.000 TEU, στη διαδρομή Απω Ανατολής- Ευρώπης με ή χωρίς slow-steaming (Στα λειτ. έξοδα περιλαμβάνονται maintenance, Lubes και dry-docking)

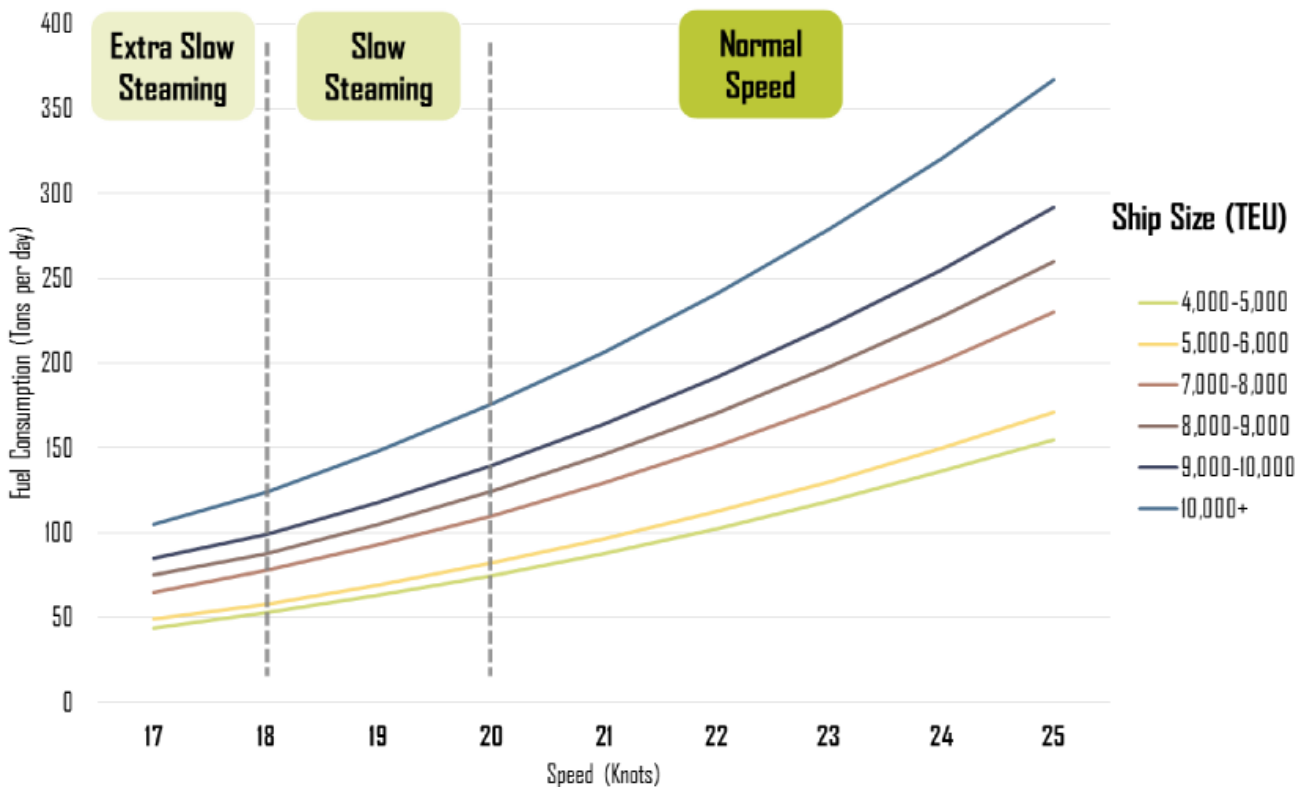
COST PER 1,000 CONTAINER MILES

Bunkers at \$750 per tonne, sailing at 19 knots and excluding port/canal fees



Source: Germanischer Lloyd

Εικόνα 33 Τα καύσιμα ως ποσοστό (%) των λειτουργικών εξόδων διαφορετικών μεγεθών πλοίων



Εικόνα 34 Slow steaming: Κατανάλωση σε containerships διαφόρων χωρητικότητας.

Αρχική αγορά πλοίου	Optimization	Αποτελέσματα
Δύο εταιρείες αγοράζουν πλοία container 9.000 TEU από Κινέζικο ναυπηγείο	η βελτιστοποίηση θα γίνει σύμφωνα με τα αρχικά σχέδια	Η συνολική αντίσταση θα μπορούσε να μειώσει την συνολική αντίσταση 10%.
Ο αρχικός σχεδιασμός του κύτους θα γινόταν από μία μεγάλη εταιρεία στην Κίνα	έγινε μελέτη διαγωγής του πλοίου και απόδοσης της προπέλας	Μείωση MCR μηχανής: α) μείωση κατανάλωσης 30 MTPD β) μείωση λιπαντικών 30t τον χρόνο
Για να μειώσουν οι αγοραστές την αντίσταση του πλοίου αποφασίζουν να κάνουν τέστ για το trim optimization και βελτιστοποίηση της προπέλας και του rudder.	έγινε συγκριτική μελέτη στην HSVA	Το optimization θα αποδώσει σε περίοδο ενός μήνα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

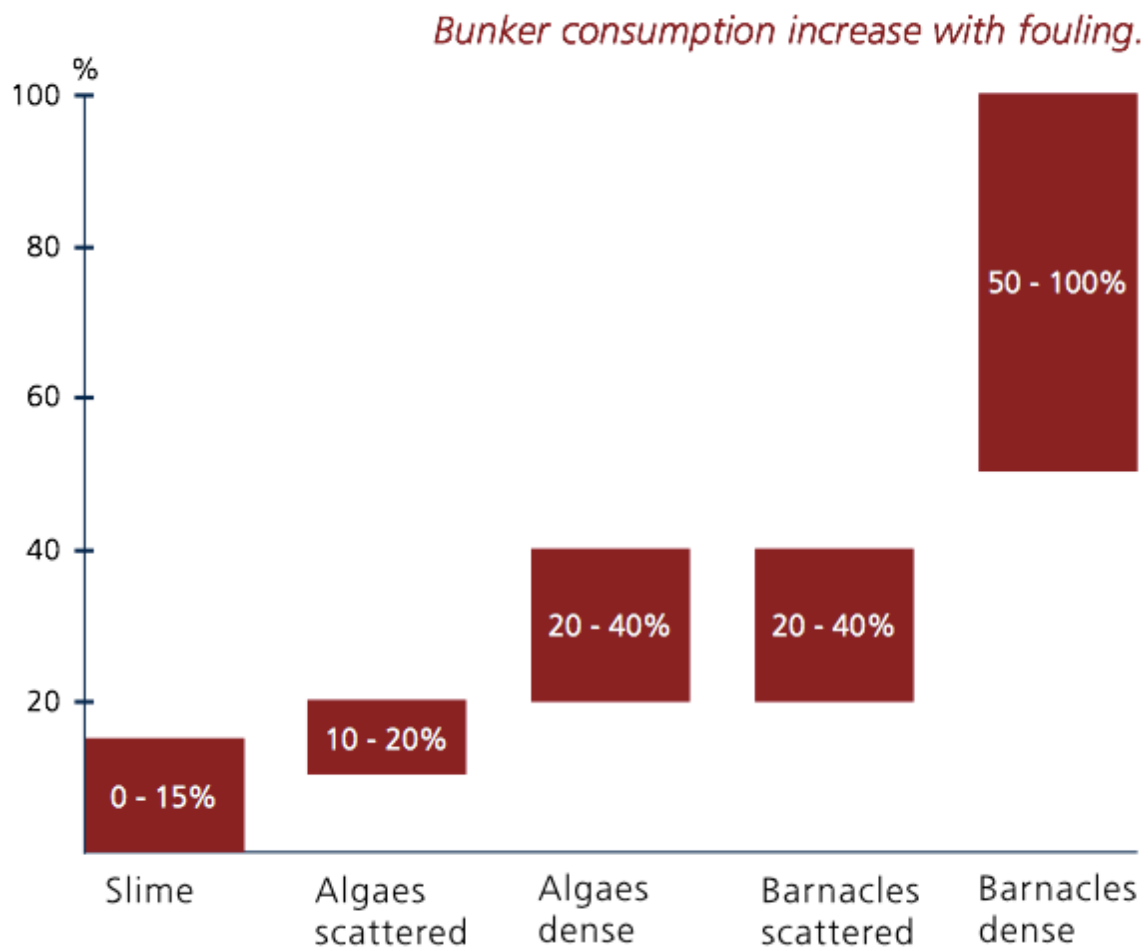
"ECO Solutions" / Schulte, 9.000 TEU vessel

Impact of bunker price:

ca. 200 t Fuel/Day x 365 Days = 73.000 t Fuel/Year

	BEFORE	AFTER	
Bunker Cost (in MioUS\$)	Optimization	Optimizazation	Δ
2004: 73.000 t x 150 US\$/t =	10,95	8.87	2.08
2007: 73.000 t x 492 US\$/t =	35,92	29.19	5.37
2011: 73.000 t x 590 US\$/t =	43,01	34.84	6.17
Over life of ship @ 25 years =	1.077.000	872.37	204.63

Trim optimization, πλοίων 9.000 TEU, Bernard Schulte, www.dnvgl.com



Εικόνα 35 *Αύξηση κατανάλωσης καυσίμων λόγω fouling στο hull πριν από hull cleaning*

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ship design for efficiency and economy, Schneekluth and V. Bertram, 1998

Β. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βασικές Αρχές Πρόωσης Πλοίων, Ν.Π Κυρτάτος, Αθήνα, 2007
- Ευστάθεια - Φόρτωση, Π/χος Ιωάννης Εμ. Κολλινιάτης, ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ, Αθήνα 2005
- Ερνέστος Τζανάτος, Τεχνολογική απόδοση πλοίου, Σημειώσεις, μαθήματος, 2012

Γ. ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- http://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/egkatastaseis-prooses/files/EgP_k_3_SYMPLRWMATIKES_SHMEIWSEIS_ANTISTASHS.pdfhttp://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.fpp.uni-lj.si%2Fmma_bin.php%3Fid%3D2012030910193104&ei=e6mEU6rCCc3DPNmWgeAF&usg=AFQjCNGjpES-jn961Mfgd10OUOAlqF6xw&bvm=bv.67720277,d.ZWU8 Ship design for efficiency and economy, Schneekluth and V. Bertram, 1998
- http://el.wikipedia.org/wiki/Υψος_εξάλωνhttp://www.lme.ntua.gr:8080/academic-info-1/prospheromena-mathemata/egkatastaseis-prooses/files/EgP_k_3_SYMPLRWMATIKES_SHMEIWSEIS_ANTISTASHS.pdf
- <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/bulbous-bow.htm>
- <http://pbcf.motech.co.jp/english/index.html>
- <http://www.marineinsight.com/sports-luxury/equipment/propeller-types-of-propellers-and-construction-of-propellers/>

- http://www.skysails.info/fileadmin/user_upload/Downloads/130829_EN_SkySails_Product_Brochure.pdf
- www.DNV.com
- www.ABS.com
- www.bunkerworld.com/prices
- <http://perialos.blogspot.gr/2014/02/blog-post.html>
- www.IMO.com
- www.wikipedia.org
- http://en.wikipedia.org/wiki/Froude_number
- <http://www.tovima.gr/world/article/?aid=225880>
- <http://www.triplepundit.com/2008/02/ms-beluga-skysails-completes-her-maiden-voyage/>
- <http://preview.thenewsmarket.com/Previews/MAER/DocumentAssets/240639.pdf>
- <http://www.volkswagen.co.uk/technology/petrol/tsi>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Slow_steaming54
- <http://info.jctrans.net/jcnet/industryresearch/article/2007811496568.shtml>
- <http://www.bunkerworld.com/prices/>
- [^ Slow steaming – a viable long-term option?, Wärtsilä57](http://www.wartsila.com/press/2014/02/20140214_slow_steaming_a_viable_long_term_option_wartsila57)
- <http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/>
- <http://www.atheniansa.gr>
- <http://pon-cat.com/en/Pon-Power--Pon-Equipment/Pon-Power/Pon-Power-Netherlands-unpublish/Caterpillar-dealer-Pon-Power-Netherlands/About-us/Sustainability/Emissies-in-de-scheepvaart/Emissie-eisen/>
- <http://shipandbunker.com/news/am/187288-very-big-market-coming-for-Ing-fuelled-ships>
- [76http://www.hoeghIng.com/shipping/fleet/pages/norman-lady.aspx](http://www.hoeghIng.com/shipping/fleet/pages/norman-lady.aspx)
- http://www.mandieselturbo.com/files/news/files_of17642/Brochure_Hybrid_Propulsion.pdf