



ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΕΔΙ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΤΣΟΥΜΑΡΗ ΧΡΗΣΤΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ



ΜΑΡΤΙΟΣ 2015

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ABSTRACT	- 4 -
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 5 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ	- 7 -
1.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	- 7 -
1.2 Διεθνείς προσπάθειες για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών.	- 9 -
1.3 Εκπομπές αερίων στις Θαλάσσιες Μεταφορές.	- 10 -
1.4 Διαδικασίες IMO για την μείωση των εκπομπών GHG.	- 15 -
1.5 Εισαγωγή στην έννοια του EEDI.....	- 18 -
1.6 Ships Energy Efficiency Management Plan-SEEMP & EEOI.....	- 21 -
1.7 Κείμενες διατάξεις περί των οξειδίων του θείου και του αζώτου.....	- 23 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	- 26 -
2.1 Περιγραφή του τύπου και των παραγόντων υπολογισμού του (σύμφωνα με MEPC 66/21 Annex 5).	- 26 -
2.2 Γραμμές Αναφοράς (σύμφωνα με MEPC 63/23/Add.1 Annex 11).....	- 36 -
2.3 Υπολογισμός Γραμμών Αναφοράς (σύμφωνα με MEPC 63/23/Add.1 Annex 11).-	37 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ EEDI.....	- 43 -
3.1 Επιτευχθείς Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (attained EEDI).-	43 -
3.2 Απαιτούμενος Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (required EEDI).-	43 -
3.3 Πλοία εφαρμογής.....	- 46 -
3.4 Διαδικασία επιθεώρησης & πιστοποίησης.	- 47 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΥΤΩΝ.....	- 50 -
4.1 Εισαγωγικά	- 50 -
4.2 Τεχνολογίες που αφορούν την ενεργειακή αποδοτικότητα νεόκτιστων πλοίων κυρίως.	- 51 -
4.3 Βελτίωση απόδοσης των υπαρχόντων πλοίων, προτάσεις SEEMP.	- 55 -
4.4 Πρωτοποριακές τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας	- 68 -
4.5 Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας από τις βοηθητικές μηχανές (auxiliary engines), προτάσεις SEEMP.....	- 71 -
4.6 Μείωση της Ειδικής Κατανάλωσης της Μηχανής.	- 73 -
4.7 Τύπος καυσίμου.	- 73 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ Η ΘΑ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ.....	- 75 -
5.1 Προβλέψεις από την εφαρμογή τεχνικών μέτρων.	- 75 -
5.2 Ταχύτητα υπηρεσίας.	- 76 -
5.3 Sea Trials	- 78 -
5.4 Συντελεστής καιρού f_w	- 79 -
5.5 Πραγματική λειτουργία του πλοίου.....	- 81 -
5.6 Εγκατεστημένη Ισχύς.....	- 82 -
5.7 Power Take Offs.....	- 85 -
5.8 Βοηθητικές μηχανές.....	- 85 -
5.9 Μείωση του βάρους κενού σκάφους (Lightship).....	- 86 -
5.10 Εκπομπές CO ₂ κατά τη διάρκεια του ευρύτερου κύκλου ζωής του πλοίου.....	- 87 -
5.11 Καθορισμός συντελεστή R για τις τεχνολογίες μείωσης του CO ₂	- 89 -
5.12 EEDI για διάφορα μεγέθη και τύπους πλοίων.....	- 89 -
5.13 Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό του συντελεστή διόρθωσης EEDI, για τις ειδικές δομικές ενισχύσεις του πλοίου.	- 92 -
5.14 Ανάπτυξη οδηγιών για την ισχύ πρόωσης που απαιτείται για τη διατήρηση της ικανότητας ελιγμών του πλοίου υπό αντίξοες συνθήκες.....	- 93 -
5.15 Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό της μείωσης εκπομπών CO ₂ με χρήση συστημάτων πρόωσης με αιολική αέρα (wind propulsion systems).....	- 93 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ.....	- 94 -
6.1 Alpine Am&Aq (2010) EEDI.....	- 94 -
6.2 Stenaweco S (2012) EEDI.....	- 97 -
6.3 Stenaweco V (2014) EEDI.....	- 98 -
6.4 Ευαισθησία του EEDI σε σχέση με την εγκατεστημένη ισχύ πρόωσης MCR.-	100 -
6.5 Ευαισθησία του EEDI σε σχέση με την ταχύτητα πλοίου V_{ref}	- 101 -
6.6 Ευαισθησία του EEDI σε σχέση με την ειδική κατανάλωση SFOC.	- 102 -
6.7 Τεχνοοικονομική μελέτη.....	- 102 -
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ	- 115 -
ΕΠΙΛΟΓΟΣ/ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	- 118 -
ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΗ.....	- 121 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ/ΑΝΑΦΟΡΕΣ	- 123 -
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	- 126 -

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να απευθύνω θερμές ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Απόστολο Παπανικολάου, στον κ. Γκολφινόπουλο φίλο από την εταιρία Oceangold Tanker Ltd. για τις σημαντικές πληροφορίες που μου έδωσε, αλλά και σε όλη την εταιρία Oceangold Tanker Ltd.. Βεβαίως το μεγαλύτερο ευχαριστώ το απευθύνω στην οικογένεια μου που μου έδωσε την δυνατότητα και το κίνητρο να σπουδάσω στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Τσούμαρης Χρήστος-Κων/νος

Αθήνα, 13 Μαρτίου 2015

ABSTRACT

In the present thesis a broad approach is carried out to the marine sector from an environmental point of view. This thesis refers to the Energy Efficiency Design Index (EEDI) issues, undertaken by the International Maritime Organization (IMO) for limiting the Greenhouse Gas Emissions (GHG).

This paper identifies the historical development of EEDI, within the Marine Environmental Protection Committee (MEPC) of IMO. Then, the factors that constituting the index EEDI are recorded in detail, along with the effect of each one into the formula. Furthermore, in this thesis many new technologies and patents are written which are up-to-date for an environmental improvement to the world fleet. Also this work identifies the major or outstanding topics of EEDI within the maritime organizations and companies, along with their acid or insufficient impact in shipping. The scope of this analysis is to mitigate the negative impacts and to enhance the implementation of the index and finally the upgrade of the entire world fleet.

In the last sector of this dissertation, the results of the EEDI formula are given comparatively to the required EEDI values for 4 vessels of a Greek maritime company. Also you can see a study below which aims to the effect of the major EEDI formula's parameters on the index value. Finally, after the necessity for taking actions has become understood, a series of energy improvement methods are suggested to improve the efficiency of existing vessels, after a technoeconomical evaluation analysis from a strategic point of view. Those methods are the future keys for a more environmental and wealthy maritime operations.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη θεματική ενότητα του δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (Energy Efficiency Design Index, EEDI). Ο δείκτης αυτός δημιουργήθηκε στα πλαίσια της αναγκαιότητας του περιορισμού των αερίων του θερμοκηπίου. Θεσπίστηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Ναυτιλίας (IMO) σε συνεργασία με την παγκόσμια κοινότητα που είναι προσκείμενη σε ναυτιλιακά ζητήματα.

Στην εν λόγω εργασία αρχικά γίνεται αναφορά στην πορεία εξέλιξης της ιδέας του EEDI-και την σημασία που είχε η απόφαση αυτή, μέσα στα πλαίσια του περιβαλλοντικού προβλήματος. Αναφορικά, υπό τη αιγίδα της Επιτροπής Προστασίας Θαλασσίου Περιβάλλοντος (MEPC), του IMO, θεσπίζεται τόσο το υφιστάμενο ρυθμιστικό πλαίσιο, όσο και το μελλοντικό. Στη συνέχεια καταγράφονται αναλυτικά οι παράγοντες που συνιστούν τον δείκτη EEDI και αναλύεται η επίδραση αυτών στον τύπο του δείκτη EEDI. Στο επόμενο στάδιο της εργασίας αναφέρονται νέες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας και τον τρόπο που αυτές επιδρούν στον EEDI, καθώς και ανάλυση των θεμάτων προς συζήτηση που ανακύπτουν παράλληλα με την εφαρμογή των κανονισμών.

Πιο αναλυτικά, σήμερα, πληθώρα κανονισμών και ρυθμίσεων υφίστανται με τους κυριότερους εξ αυτών να είναι ο υποχρεωτικός Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI) για τα νεοκατασκευασμένα πλοία, το όριο περί ανώτατης περιεκτικότητας του καυσίμου σε θείο αλλά και το όριο περί ανώτατης εκπομπής οξειδίων του αζώτου. Η σημαντικότητα των παραπάνω μέτρων έγκειται και στο γεγονός ότι τα όρια που έχουν θεσπιστεί για καθένα από αυτά αναμένεται να μειώνεται σταδιακά με το πέρασμα του χρόνου, κάτι που καθιστά ολοένα και πιο σημαντική την επένδυση σε νέες τεχνολογίες που θα αποσκοπούν αφενός στη μείωση των εν λόγω εκπομπών και αφετέρου στην εξοικονόμηση σημαντικών κεφαλαίων για τον εκάστοτε πλοιοκτήτη ή διαχειριστή.

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων προϋποθέτει την εξέταση και αξιολόγηση του συνόλου των νέων τρόπων, μεθόδων, τεχνικών και εξοπλισμού, οι οποίοι θα αποτελέσουν την κοινή πρακτική του μέλλοντος. Ανατρέχοντας στα πρακτικά του IMO, μπορεί να συναντήσει μια εμπειριστατωμένη μελέτη, κατά την οποία μελετάται πληθώρα μεθόδων ενεργειακής βελτίωσης για όλους τους τύπους των πλοίων και δίνονται στοιχεία τόσο τεχνικής όσο και οικονομικής φύσης (IMO, 2011). Ωστόσο, η μελέτη αυτή αποσκοπεί κατά κύριο λόγο στον μακροσκοπικό προσδιορισμό της σχέσης κόστους-οφέλους κάθε μεθόδου, με το όφελος να ορίζεται κυρίως ως η συνολική προσδοκώμενη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα από την εφαρμογή της εκάστοτε μεθόδου στο σύνολο των πλοίων. Υπάρχουν βέβαια και άλλες μελέτες που συγκρίνουν τα αποτελέσματα που θα επιφέρει εφαρμογή δυο ή τριών μεθόδων σε ένα συγκεκριμένο τύπο πλοίου (π.χ. Germanischer Lloyd, 2012-2014).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τέλος, γίνεται ένα παράδειγμα εφαρμογής του κανονισμού σε πλοία της εταιρίας Oceangold Tankers Ltd.. Μαζί παρατίθενται συμπεράσματα και τρόποι βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας με γνώμονα την συμφιλίωση του στόλου με το περιβάλλον, μέσα στα ρεαλιστικά και αυστηρά πλαίσια της οικονομικής πολιτικής των ναυτιλιακών εταιριών.

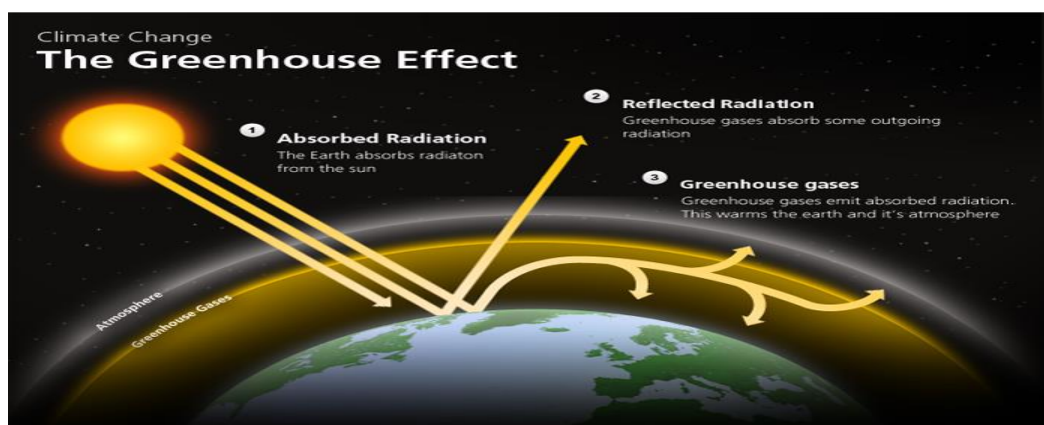
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΕΕΔΙ ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

1.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μία φυσική διαδικασία, η οποία εξασφαλίζει της διατήρησης της θερμοκρασίας στην Γη, σε επίπεδο τέτοιο ώστε να διασφαλίσετε η ζωή και η ανάπτυξη. Δίχως αυτό η Γη θα ήταν περίπου σε θερμοκρασία -18°C και δεν θα μπορούσε να υπάρχει ζωή σε αυτή. Αντιθέτως, η μέση θερμοκρασία της διατηρείται στο επίπεδο των 15°C περίπου, χάρις στο φαινόμενο αυτό.

Τα αέρια του θερμοκηπίου (που περιλαμβάνουν κυρίως το CO_2 και τους υδρατμούς) σχηματίζουν ένα 'στρώμα' πάνω από το έδαφος της Γης σε ένα ορισμένο ύψος, ώστε αφού επιτρέψουν να εισέλθει η υπέρυθρη ακτινοβολία του ήλιου, αυτή απορροφάται κατά ένα μέρος από τη γη και την ατμόσφαιρα. Η Γη δέχεται συνολικά ηλιακή ακτινοβολία, που αντιστοιχεί σε ροή περίπου 2000 W/m^2 , στο όριο της ατμόσφαιρας. Ένα μέρος αυτής απορροφάται από το σύστημα γη-ατμόσφαιρα, ενώ το υπόλοιπο διαφεύγει στο διάστημα.

Περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται, σε ποσοστό 6% από την ατμόσφαιρα, 3% από τα νέφη και 4% από την επιφάνεια της Γης. Το 70% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται, κατά 16% από την ατμόσφαιρα (συμπεριλαμβανομένου και του στρατοσφαιρικού στρώματος του όζοντος), κατά 3% από τα νέφη και κατά το μεγαλύτερο ποσοστό (51%) από την επιφάνεια και τους ωκεανούς. Ένα μέρος λοιπόν της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την είσοδο της, περνά αναλλοίωτη στην ατμόσφαιρα, φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους και ακτινοβολείται προς τα πάνω με μεγαλύτερο μήκος κύματος. Ένα μέρος αυτής απορροφάτε από την ατμόσφαιρα, τη θερμαίνει και επανεκπέμπεται στην επιφάνεια του εδάφους. Το στρώμα των αερίων λοιπόν, επιτρέπει τη διέλευση της ακτινοβολίας αλλά ταυτόχρονα την εγκλωβίζει, μοιάζει με τη λειτουργία ενός θερμοκηπίου και ο άλλος μαθηματικός Fourier το ονόμασε το 1822 *φαινόμενο του θερμοκηπίου*. Αποτελεί λοιπόν μια φυσική διεργασία που εξασφαλίζει στη Γη μία σταθερή θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους γύρω στους 15°C . Ακολουθεί μια εικόνα αναπαράστασης του φαινομένου. [1]

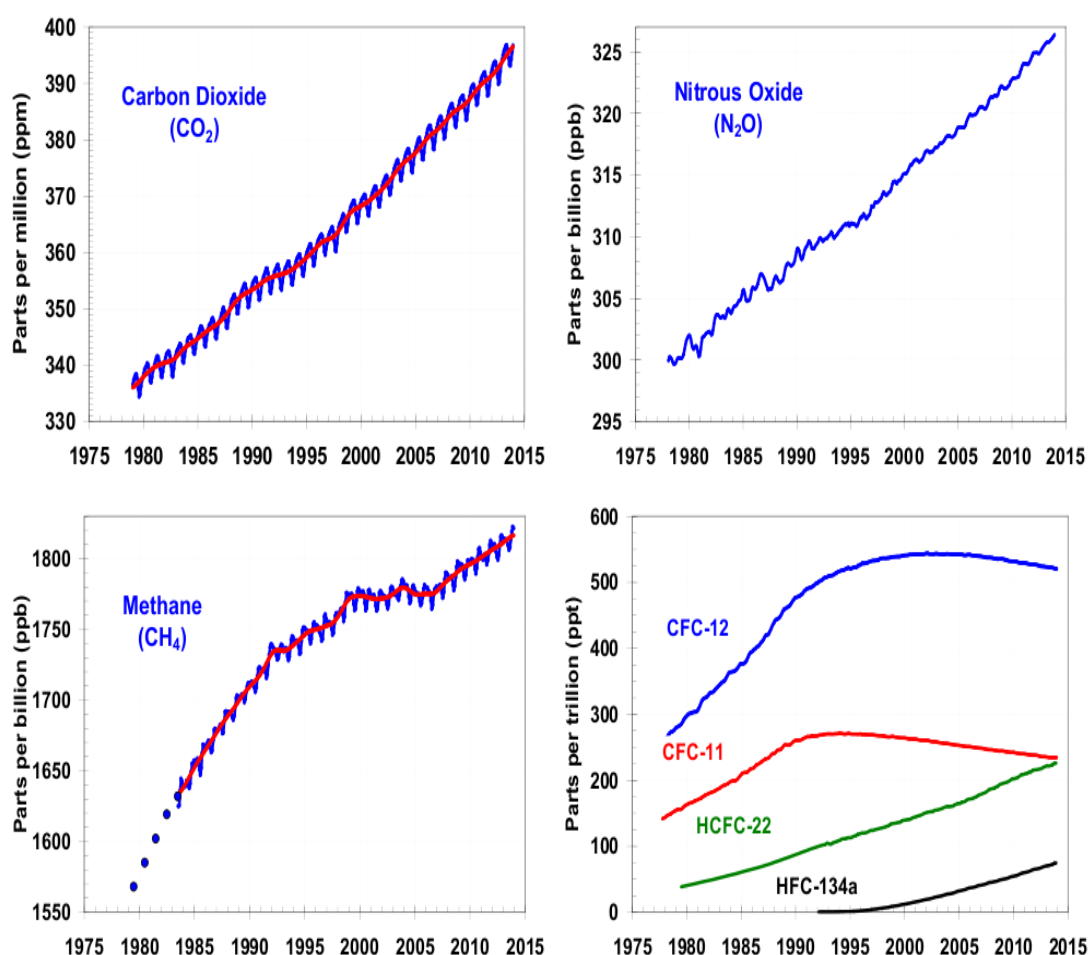


Εικόνα: Απλοποιημένο διάγραμμα του Φαινομένου του Θερμοκηπίου.

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

Τα τελευταία χρόνια λέγοντας Φαινόμενο του Θερμοκηπίου δεν αναφερόμαστε στη φυσική διεργασία, αλλά στην έξαρση αυτής, λόγω της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Υπάρχουν διάφορα αέρια που απορροφούν την υπέρυθη ακτινοβολία και ονομάζονται αέρια του θερμοκηπίου. Τα κυριότερα, με αντίστοιχη συμβολή τους στο φαινόμενο είναι: οι υδρατμοί H_2O (36-70%), το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 (9-26%), το μεθάνιο CH_4 (4-9%) και το όζον O_3 (3-7%). Άλλα αέρια του θερμοκηπίου με μικρότερη επιρροή στο φαινόμενο είναι το υποξείδιο του αζώτου N_2O , οι υδροχλωροφθοράνθρακες HCFCs οι υπερφθοράνθρακες PFCs, οι υδροφθοράνθρακες HFCs και το εξαφθοριούχο θείο (SF_6).

Τα τελευταία χρόνια, καταγράφεται μία αύξηση στη συγκέντρωση αρκετών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ ειδικότερα στην περίπτωση του διοξειδίου του άνθρακα, η αύξηση αυτή ήταν 31% την περίοδο 1998. Τα τρία τέταρτα της ανθρωπογενούς παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα, οφείλεται σε χρήση ορυκτών καυσίμων, ενώ το υπόλοιπο μέρος προέρχεται από αλλαγές που συντελούνται στο έδαφος, κυρίως μέσω των ξεριζωμών του παγκόσμιου δασικού πλούτου.[6]

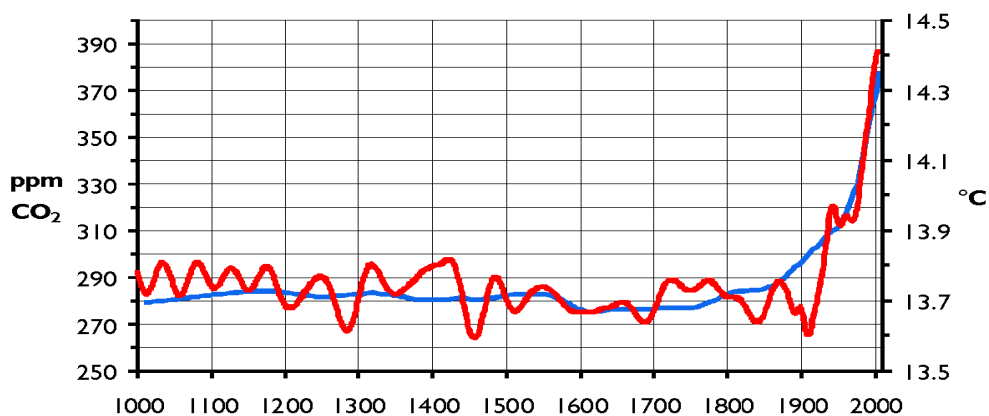


Εικόνα : Η αυξητική τάση στη συγκέντρωση των αερίων θερμοκηπίου.[3]

Υπολογίζεται ότι η σφαιρική συγκέντρωση του CO_2 στην ατμόσφαιρα πρέπει να κρατιέται σε περίπου 550 μέρη ανά εκατομμύριο (parts per million) για να αποφευχθεί η επιβλαβής αλλαγή

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

του κλίματος. Με βάση τα τρέχοντα στοιχεία, αυτό δημιουργεί την ανάγκη να μειωθούν τα τρέχοντα επίπεδα εκπομπών κατά 80%. [9]

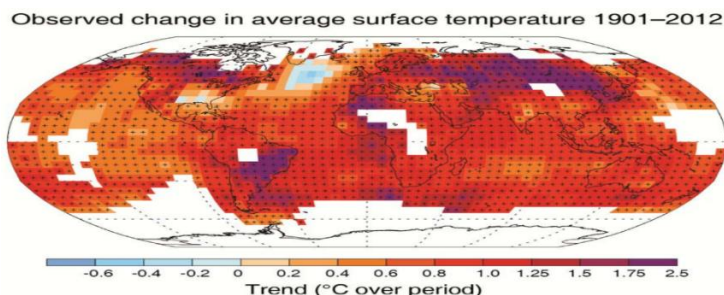


Εικόνα : Επίπεδα συγκέντρωσης του CO₂ τα τελευταία 1000 χρόνια (μπλε καμπύλη, άξονας τιμών αριστερά) σε σύγκριση με την διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας (κόκκινη γραμμή, άξονας τιμών δεξιά). [3]

1.2 Διεθνείς προσπάθειες για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών.

Οι πρώτοι που άρχισαν να κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου για την κλιματική μεταβολή που οφείλεται σε ανθρωπογενείς αιτίες ήταν οι επιστήμονες. Στοιχεία από τις δεκαετίες του 1960 και 1970 έδειχναν ότι οι συγκεντρώσεις CO₂ στην ατμόσφαιρα αυξάνονταν σημαντικά, γεγονός που οδήγησε τους επιστήμονες αρχικά και στη συνέχεια και άλλους επιστήμονες να πιέσουν για δράση. Δυστυχώς, πήρε πολλά χρόνια στη διεθνή κοινότητα, για να ανταποκριθεί στο αίτημά αυτό.

Το 1988, δημιουργήθηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας και το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) μία Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC). Αυτή η ομάδα παρουσίασε μια πρώτη έκθεση αξιολόγησης το 1990, η οποία απεικόνιζε τις απόψεις 400 επιστημόνων. Σύμφωνα με την αναφορά αυτή, το πρόβλημα της αύξησης της θερμοκρασίας ήταν υπαρκτό και όφειλε να αντιμετωπιστεί άμεσα. Τα συμπεράσματα της Διακυβερνητικής Επιτροπής ώθησαν τις κυβερνήσεις να δημιουργήσουν τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (United Nation Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). Η διαπραγμάτευση της Σύμβασης ήταν έτοιμη προς υπογραφή στη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (γνωστότερη ως συνάντηση κορυφής για την προστασία της γης) το 1992 στο Ρίο ντε Τζανέιρο. [10]



Εικόνα: Μεταβολή μέσης θερμοκρασίας παγκόσμιος.

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

Η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος, καθώς και το πρωτόκολλο του Κιότο που ακολούθησε, αποτελούν το μόνο διεθνές πλαίσιο για την καταπολέμηση των κλιματικών αλλαγών.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο, που εγκρίθηκε στο Κιότο της Ιαπωνίας το 1997, αποτελεί διεθνή συμφωνία που συνδέεται με τη σύμβαση/πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). Το κύριο χαρακτηριστικό του πρωτοκόλλου του Κιότο είναι ότι θέτει δεσμευτικούς στόχους για 37 βιομηχανικές χώρες και την Ευρωπαϊκή Κοινότητα, για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Οι αναλυτικοί κανόνες για την εφαρμογή του πρωτοκόλλου εγκρίθηκαν κατά την 7η Συνεδρίαση των μελών της UNFCCC (7th Conference of the Parties, COP 7) στο Μαρακές το 2001, και καλούνται "Συμφωνίες του Μαρακές". Το Πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005. Περιλαμβάνει διατάξεις για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις θαλάσσιες μεταφορές και αντιμετωπίζει αυτές με διαφορετικό τρόπο από τις άλλες πηγές, εξαιτίας του παγκόσμιου χαρακτήρα αυτών, προτρέποντας κατάλληλα το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO). Στο πλαίσιο αυτό, ο IMO υποβάλλει τακτικές εκθέσεις προόδου για τις εργασίες του στην UNFCCC.[2]



Εικόνα : Kyoto Protocol 1997.

1.3 Εκπομπές αερίων στις Θαλάσσιες Μεταφορές.

Κύρια πηγή ρύπων αποτελούν τα αέρια προερχόμενα από την καύση σε κύριες, βοηθητικές μηχανές και καυστήρες. Το διοξείδιο του άνθρακα CO₂ είναι το πιο σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου, που εκπέμπεται από τα πλοία, μέσω των καυσαερίων των μηχανών εσωτερικής καύσης αυτών. Εναλλακτικές πηγές αέριας ρύπανσης αποτελούν τα οξειδία του SO_x & NO_x, τα οποία θα αναφερθούν παρακάτω, οι διαρροές ψυκτικών ρευστών, κυρίως κατά τη διαδικασία του scarping, καθώς επίσης και η απελευθέρωση πτητικών οργανικών ενώσεων σε

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

συνδυασμό με τη μεταφορά ακατέργαστου πετρελαίου. Οι άλλες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι λιγότερο σημαντικές, τόσο από την άποψη της ποσότητας όσο και της δυνατότητας θέρμανσης του πλανήτη.

Οι εκπομπές αερίων από ψυκτικά στη διεθνή ναυτιλία προέρχονται από 3 κύριες πηγές:

- 1) Μονάδες ψύξης σε πλοία ψυγεία
- 2) Κλιματισμός και ψύξη μηχανολογικού εξοπλισμού
- 3) Ψυχόμενα containers σε πλοία.

Τα πιο συνηθισμένα ψυκτικά που χρησιμοποιούνται σε πλοία είναι τα HFCs (υδρογονοφθοράνθρακες), τα CFCs και HCFC-22 (χλωροφθοράνθρακες) καθώς επίσης και η αμμωνία R717. Τα CFCs και HCFC-22 αποτελούν κύριο παράγοντα της καταστροφής του όζοντος. Συγκεκριμένα, ο κανονισμός 12 του παραρτήματος VI του MARPOL απαγορεύει ρητά τις σκόπιμες εκπομπές των συγκεκριμένων ψυκτικών και προβλέπει την χρήση αυτών μέχρι την 1 Ιανουαρίου του 2020.

Επίσης έχουμε εκπομπές από εμπορεύματα πλοίων παραδείγματος χάρη οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) εκλύονται από τα εμπορεύματα των πλοίων. Μεγάλο ποσοστό αυτών αποτελούν οι εκπομπές CH₄ και NMVOC, οι οποίες προέρχονται από τη μεταφορά ακατέργαστου πετρελαίου. Οι αντίστοιχες εκπομπές από την μεταφορά LNG είναι αναλογικά πολύ μικρότερης τάξης, αφού οι δεξαμενές τους δεν έρχονται σε επαφή με την ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του πλοίου.

Οι εκπομπές των VOC λαμβάνουν χώρα κυρίως κατά την διάρκεια της φόρτωσης και της διαμετακόμισης. Σύμφωνα με την επιτροπή του ενεργειακού ινστιτούτου διαχείρισης υδρογονανθράκων (HMC4A), οι εκτιμήσεις για τις εκπεμπόμενες ποσότητες CH₄ και NMVOC από τη μεταφορά ακατέργαστου πετρελαίου για το έτος 2007 ανέρχονται σε 0,14 και 2,3 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα. Ωστόσο, οι ποσότητες αυτές εμπεριέχουν αρκετά μεγάλη αβεβαιότητα καθώς προέρχονται από μετρήσεις, οι οποίες λήφθηκαν στην Βόρεια Θάλασσα και δεν αντιπροσωπεύουν το σύνολο της παγκόσμιας ναυτιλίας.

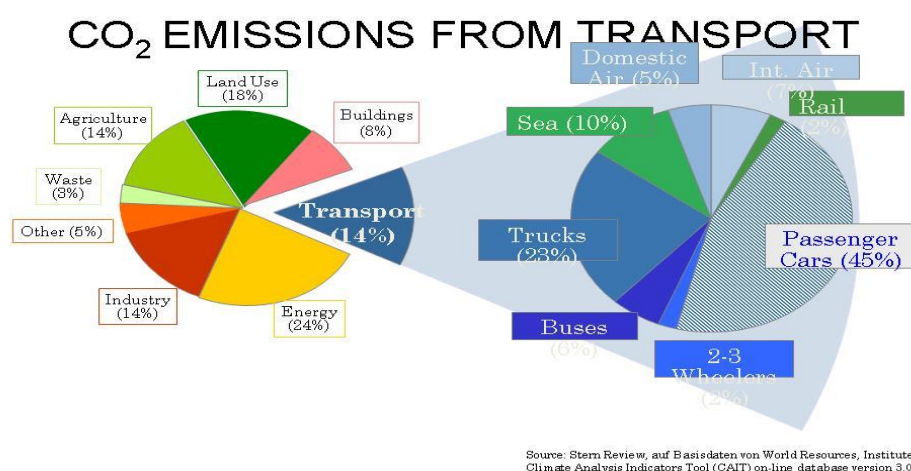
Οι υπερφθοράνθρακες (PFCs) αποτελούν ισχυρά αέρια του θερμοκηπίου. Η ουσία PFOS ανήκει στην ευρύτερη οικογένεια των χημικών ενώσεων αυτών. Στη ναυτιλία, η κύρια χρήση της ουσίας αναφέρεται σε πυροσβεστικούς αφρούς του τύπου AFFF (Aqueous Film-Forming Foam), παρότι η χρήση PFOS έχει καταργηθεί από τους κατασκευαστές. Ο αφρός συνήθως αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή, η οποία εξυπηρετεί ένα κεντρικό σύστημα αλλά υπάρχει πιθανώς και σε μικρότερες συσκευές, συνήθως στο μηχανοστάσιο. Η ποσότητα AFFF σε ένα πλοίο παίρνει τιμές από 100 μέχρι 10.000 λίτρα ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο του πλοίου. Η συγκέντρωση PFOS μέσα σε αυτό είναι της τάξης του 0,017 με 0,037 kg/liter. Παρακάτω μπορούμε να δούμε συγκεντρωτικά τα στοιχεία από τους ρύπους των πλοίων.[9]

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΕΕΔΙ ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

Πίνακας: Συνολικοί ρύποι του ναυτιλιακού κλάδου για το διάστημα 1990-2007.

Year	NO _x	SO _x	PM	CO	NM VOC	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1990	14	7.9	1.0	1.3	0.4	562	0.05	0.01
1991	15	8.2	1.0	1.4	0.4	587	0.06	0.02
1992	15	8.4	1.0	1.4	0.5	598	0.06	0.02
1993	16	8.7	1.1	1.5	0.5	624	0.06	0.02
1994	16	9.0	1.1	1.5	0.5	644	0.06	0.02
1995	16	9.3	1.1	1.6	0.5	663	0.06	0.02
1996	17	9.5	1.2	1.6	0.5	679	0.07	0.02
1997	18	10	1.2	1.7	0.5	717	0.07	0.02
1998	18	10	1.2	1.7	0.5	709	0.07	0.02
1999	18	10	1.2	1.7	0.6	722	0.07	0.02
2000	19	11	1.3	1.8	0.6	778	0.07	0.02
2001	19	11	1.4	1.8	0.6	784	0.08	0.02
2002	19	11	1.4	1.9	0.6	794	0.08	0.02
2003	21	12	1.5	2.0	0.6	849	0.08	0.02
2004	22	13	1.6	2.1	0.7	907	0.09	0.02
2005	23	13	1.6	2.3	0.7	955	0.09	0.02
2006	24	14	1.7	2.4	0.8	1,008	0.10	0.03
2007	25	15	1.8	2.5	0.8	1,050	0.10	0.03

Οι διεθνείς μεταφορές μέσω θαλάσσης έχει αποδειχθεί εν γένει, ότι είναι ο πιο ενεργειακά αποδοτικός τρόπος μαζικής μεταφοράς και συνεισφέρουν ελαφρώς στο σύνολο των εκπομπών CO₂ παγκοσμίως, ενώ μεταφέρουν το 90% του παγκόσμιου εμπορίου.



Εικόνα : Διάγραμμα αναλογίας εκπομπών CO₂.

Η πρώτη μελέτη του IMO, για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία, η οποία δόθηκε στη δημοσιότητα το 2000, εκτιμούσε ότι τα πλοία που χρησιμοποιούνταν στο διεθνές

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

εμπόριο το 1996, συνεισέφεραν περίπου 1,8% του παγκόσμιου συνόλου των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂. Η δεύτερη παρόμοια μελέτη του IMO, που εκδόθηκε το 2009, εκτίμησε ότι η διεθνής ναυτιλία εξέπεμψε 870 εκατομμύρια τόνους, ήτοι περίπου 2,7% του παγκόσμιου εκπομπών CO₂, το 2007.

Στην δεύτερη μελέτη του IMO, για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία (2nd GHG IMO Study 2009) έχει προσδιορίσει ένα ευρύ φάσμα επιλογών για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης, αλλάζοντας τη σχεδίαση και τη λειτουργία του πλοίου. Μια συνολική αξιολόγηση των δυνατοτήτων αυτών για μείωση των εκπομπών CO₂ παρουσιάζεται στον πίνακα. Δεδομένου ότι το πρωταρχικό μέσο για τη μείωση των εκπομπών CO₂ είναι η αυξημένη ενεργειακή απόδοση, αυτές οι δυνατότητες μείωσης γενικά εφαρμόζονται σε όλες τις εκπομπές των καυσαερίων από τα πλοία.[3]

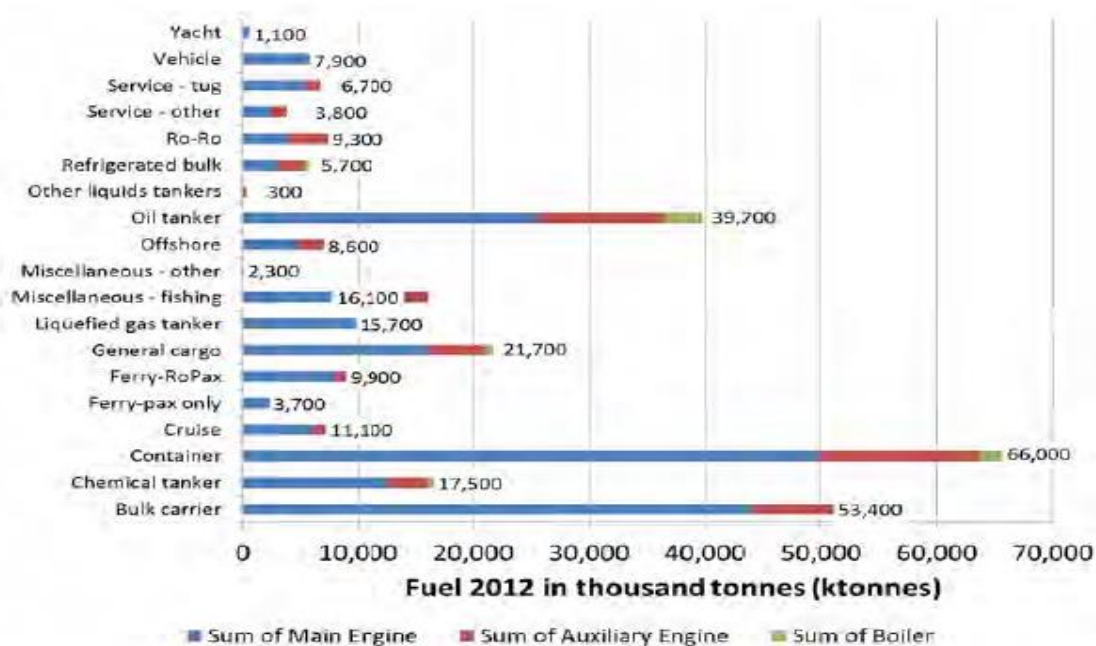
Η τρίτη μελέτη του IMO που εκδόθηκε το 2014 παρουσίασε τα παρακάτω στοιχεία:

Πίνακας: Εκπομπές CO₂ και CO_{2e} 2007-2014(Τρίτη μελέτη IMO GHG 2014).

Year	Global CO ₂ ¹	Third IMO GHG Study 2014 CO ₂			
		Total shipping	% of global	International shipping	% of global
2007	31,409	1,100	3.5%	885	2.8%
2008	32,204	1,135	3.5%	921	2.9%
2009	32,047	978	3.1%	855	2.7%
2010	33,612	915	2.7%	771	2.3%
2011	34,723	1,022	2.9%	850	2.4%
2012	35,640	949	2.7%	796	2.2%
Average	33,273	1,016	3.1%	846	2.6%

Year	Global CO _{2e} ²	Third IMO GHG Study 2014 CO _{2e}			
		Total shipping	% of global	International shipping	% of global
2007	34,881	1,121	3.2%	903	2.6%
2008	35,677	1,157	3.2%	940	2.6%
2009	35,519	998	2.8%	873	2.5%
2010	37,085	935	2.5%	790	2.1%
2011	38,196	1,045	2.7%	871	2.3%
2012	39,113	972	2.5%	816	2.1%
Average	36,745	1,038	2.8%	866	2.4%

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΕΕΔΙ ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ



Εικόνα : Κατανάλωση καυσίμου ανά κατηγορία πλοίου και συστήματος του πλοίου (Τρίτη μελέτη IMO GHG 2014).

Ο Διεθνής Θαλάσσιος Οργανισμός (IMO) άρχισε να εργάζεται για την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τον έλεγχο του αερίου θερμοκηπίου (GHG) από τα πλοία προς το τέλος της δεκαετίας του '80. Τα πρώτα κανονιστικά βήματα στόχευαν στην μείωση των αερίων μείωσης του όζοντος, όπως τα αέρια των ψυκτικών μονάδων και των συστημάτων πυρόσβεσης. Αργότερα η πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με τη μορφή των ατμών του μεταφερόμενου πετρελαίου και των καυσαερίων στόχευσε, μεταξύ άλλων, στην υιοθέτηση ορίων για τα οξειδία του αζώτου (No_x) και τα οξειδία του θείου από τα καυσαέρια των πλοίων. Τα τελευταία χρόνια οι προσπάθειες έχουν εστιαστεί στον έλεγχο των εκπομπών GHG από τα πλοία που συμμετέχουν στο διεθνές εμπόριο.

Πίνακας : Διαφορές στην μέθοδο μελέτης του IMO μεταξύ 2009 και 2014.[3]

Key variable	Differences	2009 study	2014 study	Overall effect
Days at sea	Data and method	Annual IHSF status indicator only	Uses quarterly IHSF status indicator to indicate if laid up for part of the year	Minor decrease in emissions
At sea main engine MCR	Data and method	AIS informed expert judgment	Uses AIS data extrapolation, quality checked using LRIT and noon reports	Minor increase in emissions
Auxiliary engine	Data and method	Expert judgment annual aggregates	Aux power outputs derived from vessel boarding data and applied specific to mode of operation	Minor increase in emissions

1.4 Διαδικασίες IMO για την μείωση των εκπομπών GHG.

Τον Σεπτέμβριο του 1997, το διεθνές συνέδριο των μελών για την σύμβαση MARPOL (Marine Pollution), η οποία υιοθέτησε το πρωτόκολλο του 1997 για να τροποποιήσει την σύμβαση MARPOL (MARPOL Annex VI), υιοθέτησε το ψήφισμα 8 για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα προερχόμενες από πλοία. Το ψήφισμα καλούσε την επιτροπή για την προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος (Marine Environment Protection Committee-MEPC) να συσχεφτεί για το ποιες θα είναι οι εφικτές στρατηγικές μείωσης του διοξειδίου του άνθρακα υπό το πρίσμα της σχέσης μεταξύ διοξειδίου του άνθρακα και λοιπών ατμοσφαιρικών και θαλάσσιων ρυπαντών. Το ψήφισμα καλούσε επίσης τον IMO, σε συνεργασία με την UNFCCC, να διεξάγει έρευνα για τη διαπίστωση του ποσού εκπομπών από τη ναυτιλία ως μέρος των διεθνών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Το 2000, εκδόθηκε η πρώτη μελέτη του IMO για τις εκπομπές GHG, η οποία και υπολόγισε ότι η διεθνής ναυτιλία συμμετείχε στις συνολικές παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα με ποσοστό 1,8%.

Το Δεκέμβριο του 2003, η συνέλευση του IMO υιοθέτησε το ψήφισμα A.963(23) στις πολιτικές και πρακτικές του IMO που έχουν να κάνουν με την μείωση των εκπομπών GHG από πλοία, κάτι που ώθησε την MEPC να αναγνωρίσει και να αναπτύξει τον απαραίτητο μηχανισμό για να επιτύχει την επιθυμητή μείωση εκπομπών στην διεθνή ναυτιλία. IMO, στο ψήφισμα A.963 (23) της Συνέλευσης του, σχετικά με πολιτικές και πρακτικές για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τα πλοία, καλούσε την Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) να προσδιορίσει και να αναπτύξει τους αναγκαίους μηχανισμούς, που απαιτούνται για να επιτύχει τον περιορισμό ή τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη διεθνή ναυτιλία, δίνοντας προτεραιότητα στα εξής:

- ❖ Στην δημιουργία μιας γραμμής αναφοράς για τις εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου.
- ❖ Στην ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας, για να περιγράψει την αποδοτικότητα των αερίων θερμοκηπίου των πλοίων, με όρους δείκτη αερίων θερμοκηπίου. Στο έργο αυτό η MEPC έπρεπε να αναγνωρίσει ότι το CO₂ είναι το κύριο αέριο θερμοκηπίου, που εκπέμπεται από τα πλοία.
- ❖ Στην ανάπτυξη κατευθυντήριων οδηγιών για την εφαρμογή του συστήματος του δείκτη στη πράξη και την επαλήθευση αυτού.
- ❖ Στην αξιολόγηση των τεχνικών, λειτουργικών και βασιζόμενων στην αγορά λύσεων.

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

Η συνέλευση ζήτησε επίσης η MEPC να αναπτύξει ένα σχέδιο εργασίας για τα αέρια του θερμοκηπίου με χρονοδιάγραμμα, για τον εντοπισμό και την ανάπτυξη των αναγκαίων μηχανισμών περιορισμού τους.

Τον Ιούλιο του 2005 στην 53η συνεδρίαση της MEPC, εγκρίθηκαν ενδιάμεσες οδηγίες για τον εθελοντικό υπολογισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και τη χρήση αυτών σε δοκιμές για την ανάπτυξη ενός απλού συστήματος, το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από τους διαχειριστές των πλοίων κατά την διάρκεια μια δοκιμαστικής περιόδου.

Στη πρώτη συνάντηση στο Όσλο της Νορβηγίας τον Ιούνιο του 2008, πρόοδος έγινε για την καθιέρωση ενός καθεστώτος για τον έλεγχο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη διεθνή ναυτιλία. Τη συνάντηση παρακολούθησαν περισσότεροι από 210 αντιπρόσωποι, πλαισιωμένοι από διεθνείς εμπειρογνώμονες όπου ανατέθηκε η ανάπτυξη μια τεχνικής βάσης για μηχανισμούς μείωσης, οι οποίοι θα αποτελέσουν το μελλοντικό καθεστώς ελέγχου των εκπομπών GHG από την διεθνή ναυτιλία και με αναπτυξιακά προσχέδια από πραγματικούς μηχανισμούς μείωσης.

Η πανσυνεδριακή συνάντηση ανέπτυξε περαιτέρω την φόρμουλα και μεθοδολογία, όπως επίσης και το προσχεδιακό κείμενο για το κανονιστικό πλαίσιο ενός προτεινόμενου υποχρεωτικού δείκτη σχεδίασης για νέα πλοία. Ο δείκτης σχεδίασης θα περιείχε ένα ελάχιστο απαιτούμενο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης σχετικό με μια βάση αναφοράς που καθιερώθηκε βασιζόμενη στην ενεργειακή απόδοση πλοίων, τα οποία παραδόθηκαν κατά την χρονική περίοδο 1995-2005. Το ελάχιστο αυτό επίπεδο εξετάστηκε από την MEPC 58. Οι χώρες-μέλη και οι παρατηρητές-οργανισμοί ενθαρρύνθηκαν να διαπιστώσουν την αξιοπιστία της συμφωνηθείσας φόρμουλας μέσω προσομοιώσεων και να καταθέσουν τα αποτελέσματα στην MEPC 58.

Στην 58η συνεδρίαση της MEPC, τον Οκτώβρη του 2008, εγκρίθηκε η χρήση των προσωρινών οδηγιών για τη μέθοδο υπολογισμού του Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Design Index-EEDI). Η συνεδρίαση συζήτησε επίσης επί των αγορακεντρικών μέτρων (Market Based Measures- MBMs) και συμφώνησε να επανασυσκεφτεί επί αυτών στην MEPC 59. Επίσης κατά τη διάρκεια της MEPC 58 πληροφορίες λήφθηκαν από την ανανεωμένη μελέτη του IMO για τις εκπομπές GHG από την διεθνή ναυτιλία αλλά και στοιχεία για την κατανάλωση καυσίμων.

Στην 59η συνεδρίαση της MEPC, τον Ιούλιο του 2009, η επιτροπή αποφάσισε να διαδώσει ένα πακέτο προσωρινών και εθελοντικών τεχνικών και λειτουργικών μέτρων για τη μείωση των

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

εκπομπών GHG. Επίσης συμφώνησε πάνω σε ένα πλάνο δράσης για περαιτέρω διαβούλευση σχετικά με προτεινόμενα MBMs.

Τα προτεινόμενα μέτρα προορίστηκαν για δοκιμαστική χρήση μέχρι την MEPC 60, κατά την οποία θα τελειοποιηθούν και θα μπου υποχρεωτικά σε χρήση. Τα μέτρα αυτά περιλάμβαναν:

- ❖ Προσωρινές οδηγίες για τον υπολογισμό του EEDI για νέα πλοία
- ❖ Οδηγίες για την ανάπτυξη ενός πλάνου διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης (Ships Energy Efficiency Management Plan-SEEMP) , το οποίο ενσωματώνει κατάλληλες πρακτικές στην λειτουργία του πλοίου αλλά και οδηγίες για την εθελοντική χρήση του EEOI (Energy Efficiency Operations Indicator).

Στην 60η συνεδρίαση της MEPC, το Μάρτιο του 2010, η επιτροπή αποφάσισε ότι θα χρειαστούν επιπλέον εργασίες πριν ολοκληρωθούν οι διαβουλεύσεις για την υποχρεωτική επιβολή των τεχνικών και λειτουργικών μέτρων. Επίσης συμφώνησε να καταρτίσει μια επιτροπή εμπειρογνομόνων για την εκτίμηση της επίπτωσης διαφόρων προτεινόμενων MBMs.

Παρόλο που η 61η συνεδρίαση της MEPC δεν οδήγησε σε αποφάσεις για τα επόμενα στρατηγικά βήματα περί κλιματικής αλλαγής, η επιτροπή έκανε πρόοδο και στα τρία στοιχεία της δουλειάς της, δηλαδή τα τεχνικά, τα λειτουργικά και τα οικονομικά (MBMs).

Στην 3η πανσυνεδριακή συνάντηση της ομάδας εργασίας του IMO περί εκπομπών GHG τον Μάρτιο του 2011, συζητήθηκαν και παρουσιάστηκαν στην MEPC 62 θέματα που αφορούσαν την κατηγοριοποίηση των MBMs, τα υπέρ και τα κατά των κατηγοριών, οι σχέσεις τους με διεθνείς συμβάσεις και οι πιθανές επιπτώσεις.

Στην 62η συνεδρίαση της MEPC, τον Ιούλιο του 2011, η επιτροπή εξέτασε και υιοθέτησε τροποποιήσεις στο παράρτημα MARPOL VI για την ενσωμάτωση των κανονισμών σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των πλοίων, οι οποίοι μπήκαν τελικά σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2013. Οι τροποποιήσεις προσέθεσαν το κεφάλαιο 4 στο Παράρτημα VI περί κανονισμών ενεργειακής απόδοσης, θέτοντας τα EEDI και SEEMP σε υποχρεωτική ισχύ. Οι νέοι κανονισμοί ισχύουν για πλοία 400 G.T και πάνω ανεξαρτήτως της σημαίας τους και της εθνικότητας του ιδιοκτήτη. Τέλος, στις συνεδριάσεις 63, 64, 65, 66 της MEPC νέες κατευθυντήριες γραμμές δόθηκαν μεταξύ άλλων για τον υπολογισμό του EEDI και την κατάρτιση του SEEMP (International Maritime Organization).

1.5 Εισαγωγή στην έννοια του EEDI.

Στο πλαίσιο των ανωτέρω κατευθυντήριων οδηγιών, η MEPC, μετά από αριθμό συνεδριάσεων ανέπτυξε τον δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (Energy Efficiency Design Index, EEDI). Ο EEDI αποτελεί ένα μαθηματικό τύπο, ο οποίος εκφράζει την αναλογία μεταξύ του κόστους (δηλ. εκπομπή CO₂) και του κέρδους που παράγεται, το οποίο εκφράζεται ως ικανότητα μεταφοράς αγαθών, από τη λειτουργία του πλοίου. Οι εκπομπές CO₂ θεωρείται ότι προέρχονται από τις κύριες μηχανές και από τις βοηθητικές μηχανές (δευτερεύουσες), μετά την αφαίρεση των εκπομπών που αναλογούν στην ισχύ που προσφέρεται από τη χρήση αντίστοιχων καινοτόμων τεχνολογιών. Το κέρδος που παράγεται θεωρείται ότι αποτελείται από το μεταφερόμενο φορτίο επί την ταχύτητα του πλοίου.

$$EEDI = \frac{CO_2 \text{ emission}}{\text{transport work}}$$

Εξίσωση: Απλουστευμένη σχέση EEDI.

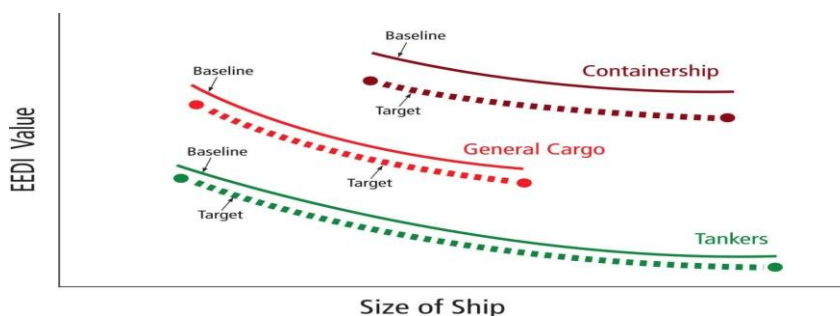
Το EEDI εκφράζει τις εκπομπές του CO₂ από ένα πλοίο κάτω από ειδικές συνθήκες (π.χ., φορτίο μηχανών, έλξη, αέρας, κύματα, κ.λπ.) σε σχέση με ένα ονομαστικό ποσοστό μεταφοράς. Η μονάδα του EEDI είναι "γραμμάρια CO₂ ανά χωρητικότητα-μίλι", όπου "χωρητικότητα" είναι μια έκφραση της ικανότητας μεταφοράς του φορτίου, για το οποίο το πλοίο έχει σχεδιαστεί να μεταφέρει. Για τα περισσότερα σκάφη, η "χωρητικότητα" εκφράζεται ως πρόσθετο βάρος (deadweight). Ο Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας είναι το προϊόν μιας οικουμενικής ανάγκης και στοχεύει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία, όπως εξηγεί Edmund Hughes από το τμήμα Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και την Κλιματικής Αλλαγής του IMO.

Ο πρωταρχικός σκοπός του EEDI είναι να μειώσει τις εκπομπές CO₂ από τη ναυτιλία, βελτιώνοντας την ενεργειακή αποδοτικότητα των νέων κατασκευών. Για το σκοπό αυτό ο EEDI υπολογίζεται για τα νέα πλοία, τα οποία είναι εξαναγκασμένα να έχουν EEDI μικρότερο, κατά ένα ποσοστό μείωσης, από μια γραμμή αναφοράς (baseline), η οποία αντιπροσωπεύει την μέση αποδοτικότητα για πλοία τα προηγούμενα χρόνια. Η βασική ιδέα είναι ότι η τιμή του EEDI ενός νέου πλοίου πρέπει να είναι ίση ή μικρότερη από την απαιτούμενη τιμή (target) του EEDI. Με βάση τον τύπο και το μέγεθος του πλοίου, η ενεργειακή απόδοση του πλοίου θα μετράται με το ποσοστό μείωσης που μπορεί να επιτευχθεί από την γραμμή αναφοράς.

Τα τελευταία χρόνια, οι συζητήσεις στο πλαίσιο του IMO έχουν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας (EEDI) που έχει την ευρεία και κατηγορηματική υποστήριξη των κυβερνήσεων, των βιομηχανικών ενώσεων και των οργανώσεων που εκπροσωπούν τα συμφέροντα της κοινωνίας των πολιτών. Όλα είναι ενωμένα με τον ίδιο σκοπό: να διασφαλίσει ότι ο EEDI συμβάλει σημαντικά, μέσω της ενίσχυσης των μέτρων ενεργειακής απόδοσης, στην μείωση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου από τα πλοία. Ο IMO έχει θέσει ποσοστά μείωσης του EEDI, ανά τύπο πλοίων, από την αντίστοιχη

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

γραμμή αναφοράς μέχρι την περίοδο 2025 έως 2030, όπου μια μείωση κατά 30% απαιτείται για τους περισσότερους τύπους πλοίων. Το επίπεδο μείωσης στην πρώτη φάση έχει τεθεί στο 10% και θα ρυθμίζεται κάθε πέντε χρόνια για να διατηρήσει τον ρυθμό με τις τεχνολογικές προόδους των νέων μέτρων αποδοτικότητας και μείωσης.[11]



Εικόνα : Baseline-Target EEDI value για διαφορετικές κατηγορίες και μεγέθη πλοίων.[11]

Πολλά ενδιαφερόμενα μέρη, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής, οι εφοπλιστές, οι ναυπηγοί, ταξικές κοινωνίες, κ.λπ. - συμβάλλουν σε αυτήν την προσπάθεια, παρέχοντας τεχνικές και άλλες πληροφορίες στις επικείμενες συζητήσεις. Φαίνεται ότι η διεθνής αυτή κοινότητα έχει αναπτύξει ένα εργαλείο από κοινού, το οποίο είναι κατάλληλο για τον προορισμό του από όλες τις απόψεις, αν και τα περιθώρια εξέλιξης είναι πολλά. Στην ναυτιλία καταβάλλουν συνεχώς προσπάθειες για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου. Και, ενώ τα πλοία αναγνωρίζεται παγκοσμίως ως ο πιο αποδοτικός τρόπος χύδην μεταφοράς, τα αέρια θερμοκηπίου στην δεύτερη μελέτη του IMO, το 2009, εντοπίστηκαν να επιδέχονται σημαντικές βελτιώσεις. Όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση, κυρίως μέσω της χρήσης των ήδη υφιστάμενων τεχνολογιών ή, με άλλα λόγια, μέσω τεχνικών και ο design-bases μέτρων μπορούμε να επιτύχουμε αξιοσημείωτη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και κατ' επέκτασιν των εκπομπών CO₂. Η μελέτη κατέληξε επίσης στο συμπέρασμα ότι οι πρόσθετες μειώσεις θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω επιχειρησιακών μέτρων, όπως η χαμηλότερη ταχύτητα, τη βελτιστοποίηση ταξίδι, κ.λπ.

Πίνακας : Δυνατότητες μείωσης του CO₂ χρησιμοποιώντας την υφιστάμενη τεχνολογία και τις υφιστάμενες πρακτικές [3].

Σχεδίαση (νέα πλοία)	Εξοικονόμηση CO ₂ /τόνο-μίλι	Συνδυασμός	Συνδυασμός
Ιδέα, ταχύτητα και ικανότητα	2 έως 50%*	10 έως 50%*	25 έως 75%*
Γάστρα και υπερκατασκευή	2 έως 20%		
Ισχύς και συστήματα πρόωσης	5 έως 15%		
Καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα	5 έως 15%*		
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	1 έως 10%		
Μείωση Καυσαερίων CO ₂	0 %	10 έως 50%*	
Λειτουργία (όλα τα πλοία)			
Διαχείριση στόλου, logistics και κίνητρα	5 έως 50%*		
Βελτιστοποίηση δρομολογίου	1 έως 10%		
Διαχείριση της ενέργειας	1 έως 10%		

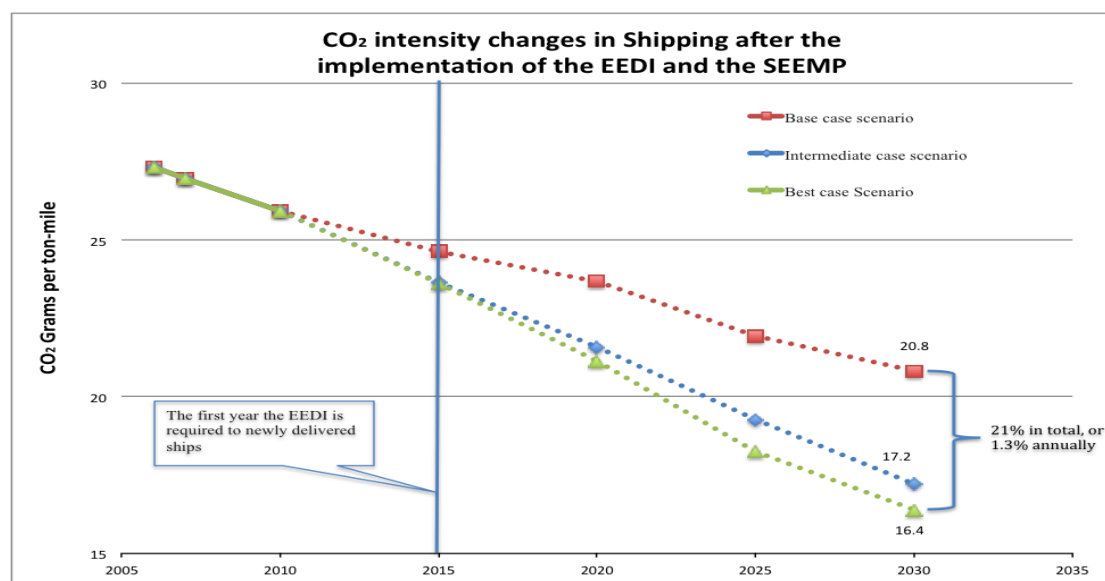
* Ισοδύναμο CO₂, που βασίζονται στη χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

† Οι μειώσεις σε αυτό το επίπεδο θα απαιτούσαν μειώσεις των επιχειρησιακών ταχύτητων.

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

Ο EEDI αντιμετωπίζει το πρώτο είδος των μέτρων, απαιτώντας ένα ελάχιστο επίπεδο energy efficiency για τα νέα πλοία, με πίεση για συνεχή τεχνολογική ανάπτυξη όλων των στοιχείων που επηρεάζουν την απόδοση των καυσίμων του πλοίου και με σαφή διαχωρισμό των τεχνικών και σχεδιαστικών μεθόδων του πλοίου από τις επιχειρησιακές και εμπορικές δράσεις. Για να καταστεί δυνατή η σύγκριση για την ενεργειακή απόδοση πρέπει να γίνει μεμονωμένα των πλοίων με παρόμοια του ίδιου μεγέθους που θα μπορούσαν να αναλάβουν το ίδιο μεταφορικό έργο (δηλαδή το ίδιο φορτίο). Ο τρόπος υπολογισμού του EEDI δεν θα έπρεπε να εφαρμόζεται σε όλα τα πλοία. Πράγματι, αναγνωρίζεται ρητά ότι δεν είναι κατάλληλο για όλους τους τύπους πλοίων (κυρίως εκείνων που δεν έχουν σχεδιαστεί για τη μεταφορά φορτίων) ή για όλους τους τύπους των συστημάτων πρόωσης (π.χ., τα πλοία με νίζελ-ηλεκτρικές, τουρμπίνα ή υβριδικά συστήματα πρόωσης θα χρειαστεί επιπλέον συντελεστές διόρθωσης).

Πράγματι, η πρώτη προσέγγιση του EEDI έχει σκόπιμα αναπτύχθηκε για το μεγαλύτερο τμήμα του παγκόσμιου εμπορικού στόλου, αγκαλιάζοντας έτσι 72% των εκπομπών από τα νέα πλοία και καλύπτουν τους ακόλουθους τύπους πλοίων: δεξαμενόπλοια πετρελαίου και φυσικού αερίου, πλοία χύδην φορτίου, πλοία γενικού φορτίου, ψυγεία φορτίου και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.



Εικόνα : Προβλέψεις μείωσης των εκπομπών CO₂ ως αποτέλεσμα της εφαρμογής του EEDI και SEEMP.

Ο EEDI σκοπεύει ειδικότερα στις παρακάτω ενέργειες:

- ❖ Να απαιτήσει ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής αποδοτικότητας από τα πλοία, εξαρτώμενο από τον τύπο και το μέγεθος αυτών.
- ❖ Να αυξήσει την ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων σταδιακά για τις επόμενες δεκαετίες.
- ❖ Να παρακινήσει για συνεχόμενη τεχνολογική ανάπτυξη σε όλους τους παράγοντες, που επηρεάζουν την αποδοτικότητα καυσίμου ενός πλοίου.

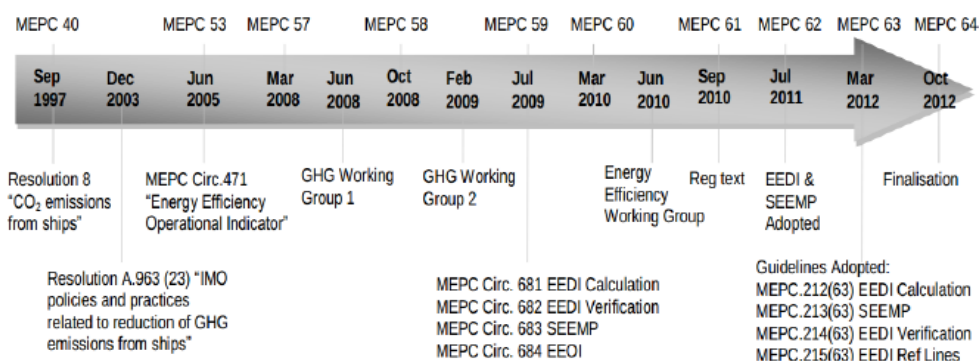
1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

- ❖ Να διαχωρίσει τα τεχνικά και τα σχεδιαστικά μέτρα από τα επιχειρησιακά και εμπορικά μέτρα.
- ❖ Να κάνει δυνατή μια σύγκριση της ενεργειακής αποδοτικότητας μεταξύ μεμονωμένων πλοίων του ίδιου μεγέθους, τα οποία μπορούν να μεταφέρουν το ίδιο φορτίο.

Ο EEDI είναι ένας μη καθοδηγητικός μηχανισμός, βασισμένος στην επίδοση, ο οποίος αφήνει την επιλογή των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν στο σχεδιαστή ή στο ναυπηγείο. Καθώς το απαιτούμενο επίπεδο ενεργειακής αποδοτικότητας επιτυγχάνεται, οι σχεδιαστές και οι κατασκευαστές είναι ελεύθεροι να χρησιμοποιήσουν τις πιο αποδοτικές από άποψη κόστους μεθόδους, προκειμένου το πλοίο να συμμορφώνεται με τους κανονισμούς.

Παρακάτω φαίνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή του EEDI

• IMO Timeline



Εικόνα : Ιστορική αναδρομή του EEDI μέσα από τις MEPC.

1.6 Ships Energy Efficiency Management Plan-SEEMP & EEOI.

Το SEEMP είναι ένα λειτουργικό μέτρο, το οποίο καθιερώνει έναν μηχανισμό βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου με κοστολογικά αποδοτικό τρόπο. Το SEEMP παρέχει επίσης μια μεθοδολογία στις ναυτιλιακές επιχειρήσεις, έτσι ώστε να διαχειρίζονται αποδοτικά τις λειτουργίες του πλοίου και του στόλου τους, όπως για παράδειγμα ο EEOI (Energy Efficiency Operations Indicator). Οι οδηγίες για την ανάπτυξη του SEEMP για νέα και υπάρχοντα πλοία εμπερικλείει τις καλύτερες πρακτικές για εξοικονόμηση καυσίμου κατά την λειτουργία του πλοίου. Ο EEOI επιτρέπει την μέτρηση της απόδοσης της κατανάλωσης καυσίμου σε ένα πλοίο,

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΕΕΔΙ ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

καθώς και μια εκτίμηση της επίδρασης των λειτουργικών αλλαγών που ενδέχεται να γίνουν σε αυτό.[57]

Η δομή και το πλαίσιο του SEEMP είναι η ακόλουθη:

- A.** Σχεδιασμός: Ο σχεδιασμός αποτελεί το πιο σημαντικό στάδιο του SEEMP, στο οποίο αποτυπώνεται η υπάρχουσα ενεργειακή κατάσταση του πλοίου και η αναμενόμενη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητάς του. Σε αυτό το στάδιο, με γνώμονα πάντα την ιδιαιτερότητα του κάθε πλοίου, αποφασίζεται η δεσμίδα των μέτρων που θα εφαρμοστούν, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει βελτίωση στα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου, στη λειτουργία της επιχείρησης ή ακόμα και στην ανάπτυξη του ανθρώπινου δυναμικού της. Τέλος καταρτίζονται οι στόχοι, οι οποίοι θα κατευθύνουν το σύνολο των εργαζομένων μια ναυτιλιακής επιχείρησης (IMO, 2012).
- B.** Εφαρμογή: Αφού μια ναυτιλιακή εταιρεία αποφασίσει για το ποια θα είναι τα μέτρα που θα εφαρμοστούν στο πλοίο, είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός κεντρικού σχεδιασμού για την εφαρμογή αυτών μέσω της ανάπτυξης διαδικασιών για την ενεργειακή διαχείριση και την ανάθεση καθηκόντων σε εξειδικευμένο προσωπικό. Το SEEMP θα πρέπει να περιγράφει πως θα εφαρμοστεί το κάθε προτεινόμενο μέτρο αλλά και να αναγράφει τις ημερομηνίες έναρξης και λήξης αυτού. Επιπλέον, η τήρηση αρχείου μετρήσεων για κάθε μέτρο μπορεί να σταθεί ευεργετική για την αυτό-αξιολόγηση σε μετέπειτα επίπεδο (IMO, 2012).
- C.** Παρακολούθηση: Η ενεργειακή απόδοση κάθε πλοίου θα πρέπει να ελέγχεται ποσοτικά. Ο ΕΕΟΙ είναι ένα από τα διεθνώς καθιερωμένα εργαλεία, τα οποία μετρούν ποσοτικά την ενεργειακή απόδοση ενός πλοίου αλλά και ενός στόλου σε λειτουργία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτό το σκοπό αν και ο IMO κάνει αποδεκτή τη χρήση και άλλων ποσοτικών εργαλείων μέτρησης. Ωστόσο, τονίζεται ότι η συνεχής και απρόσκοπτη συλλογή δεδομένων αποτελεί την θεμέλια βάση της ενεργειακής παρακολούθησης. Τέλος, θα πρέπει να ειπωθεί ότι για την αποφυγή ανεπιθύμητων διοικητικών προβλημάτων στο προσωπικό του πλοίου, το σύστημα παρακολούθησης προτείνεται να εφαρμοστεί από το προσωπικό στην ξηρά, αξιοποιώντας στοιχεία από υπάρχοντα αρχεία, όπως αυτά των καυσίμων, τις καταγραφές των μηχανικών κ.α. (IMO, 2012).
- D.** Αυτό-αξιολόγηση και βελτίωση: Αποτελεί την τελευταία φάση του διαχειριστικού κύκλου. Σε αυτό το στάδιο θα πρέπει να εξαγεται η κατάλληλη ανάδραση για την χρησιμοποίησή της στο επερχόμενο πρώτο στάδιο του σχεδιασμού. Ο σκοπός αυτού του σταδίου είναι να αξιολογήσει την αποδοτικότητα των εφαρμοσμένων μέτρων, να εμβαθύνει στην κατανόηση της λειτουργίας του πλοίου, να αντιληφθεί τις υπάρχουσες τάσεις στην ενεργειακή απόδοση και να αναπτύξει το SEEMP του επόμενου κύκλου (IMO, 2012).

Στην πιο απλή του μορφή ο δείκτης ΕΕΟΙ ορίζεται ως ο λόγος μάζας εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα προς μονάδες μεταφορικού έργου. Κύριες πηγές δεδομένων αποτελούν το ημερολόγιο γέφυρας, μηχανής, καταστρώματος και άλλα επίσημα έγγραφα (IMO, 2009).

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΕΕΟΙ ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

Η βασική έκφραση για τον ΕΕΟΙ ορίζεται ως:

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{cargo} \times D}$$

Εξίσωση: Σχέση υπολογισμού ΕΕΟΙ.

Όπου,

- ❖ FC_j , η συνολική κατανάλωση καυσίμου για κάθε καύσιμο j .
- ❖ C_{Fj} , ο συντελεστής μετατροπής για κάθε καύσιμο j .
- ❖ m_{cargo} , το βάρος του μεταφερόμενου φορτίου εμπορευματοκιβωτίων (αριθμός TEU), ή επιβατών ανάλογα με τον τύπο του πλοίου.
- ❖ D , η διανυόμενη απόσταση μεταφοράς του φορτίου σε ναυτικά μίλια.

Σε περίπτωση πολλαπλών ταξιδιών, λαμβάνεται ο μέσος όρος του ΕΕΟΙ:

$$\text{Average EEOI} = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} \times C_{Fj})}{\sum_i (m_{cargo,i} \times D_i)}$$

Εξίσωση: Σχέση υπολογισμού μέσου ΕΕΟΙ.

1.7 Κείμενες διατάξεις περί των οξειδίων του θείου και του αζώτου

Το 1997, προστέθηκε ένα νέο παράρτημα στη σύμβαση MARPOL. Οι κανονισμοί για την προστασία της εναέριας ρύπανσης (παράρτημα VI), στόχευαν στη μείωση των εναέριων εκπομπών από πλοία (SO_x, NO_x, ODS, VOC). Το παράρτημα VI τέθηκε σε ισχύ τον Μάιο του 2005 και αναθεωρήθηκε τον Οκτώβριο του 2008, όπου και θεσπίστηκαν αυστηρότερα όρια εκπομπών. Η αναθεώρηση αυτή τέθηκε σε ισχύ την πρώτη Ιουλίου του 2010 και οι στόχοι της θα αποτυπωθούν παρακάτω.

❖ Οξείδια του Θείου-SO_x

Οι έλεγχοι για οξείδια του Θείου ισχύουν για όλα τα καύσιμα και τον εξοπλισμό ανάφλεξης και συνεπώς περιλαμβάνουν τόσο τις κύριες όσο και τις βοηθητικές μηχανές.

Οι έλεγχοι και τα όρια που αναφέρονται, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

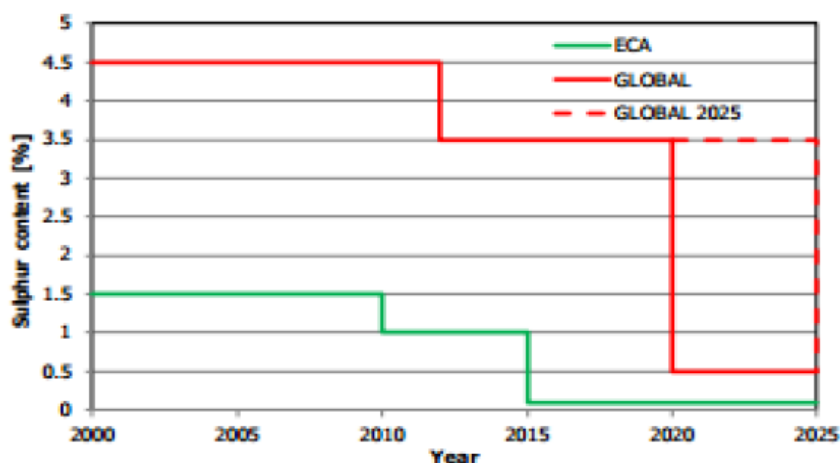
- 1) Εντός των περιοχών ελέγχου εκπομπών-Emission Control Areas (ECA): Ως ECA έχουν οριστεί μέχρι στιγμής η Βαλτική και η Βόρεια Θάλασσα και η περιοχή της Βορείου Αμερικής. Επίσης από 1η Ιανουαρίου του 2014 θα ενταχθεί και θάλασσα της Καραϊβικής.
- 2) Εκτός των περιοχών ελέγχου εκπομπών.

1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ



Εικόνα: Περιοχές ECA.

Παρακάτω παρουσιάζονται σχηματικά τα επιτρεπόμενα όρια οξειδίων του θείου μέσα στο καύσιμο (% βάρος κατά βάρος).



Εικόνα:

Επιτρεπόμενα όρια περιεκτικότητας θείου μέσα στο καύσιμο.

Η εφαρμογή ορίου ποσοστού 0,5% για περιοχές εκτός ECA αναμένεται να επανεξεταστεί το 2018, όπου και θα ληφθεί η οριστική απόφαση για την εφαρμογή του κατά το έτος 2020 ή 2025. Η απόφαση αυτή αναμένεται να λάβει υπ' όψιν την σε ποσότητα του απαραίτητου καυσίμου (International Maritime Organization).

❖ Οξείδια του Αζώτου-NO_x

Ο έλεγχος των μηχανών diesel όσον αφορά τις εκπομπές NO_x επιτυγχάνεται μέσω των απαιτήσεων μελέτης και διαπίστευσης, οι οποίες οδηγούν στην έκδοση του πιστοποιητικού EIAPP (Engine International Air Pollution Prevention Certificate). Οι απαιτήσεις αφορούν μηχανές άνω των 130 KW και διαμορφώνονται ανάλογα με τη χρονολογία κατασκευής του πλοίου σε διαφορετικά επίπεδα (Tiers). Ο υπολογισμός του ορίου (σε g/Kwh) γίνεται κάθε φορά σύμφωνα με τις στροφές (rpm) της μηχανής ως εξής:

1.ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΕΕΔΙ ΚΑΙ ΣΤΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΑΥΤΟ

Πίνακας: Επιτρεπόμενα όρια οξειδίων του αζώτου.

Tier	Ship construction date on or after	Total weighted cycle emission limit (g/kWh) n = engine's rated speed (rpm)		
		n < 130	n = 130 - 1999	n ≥ 2000
I	1 January 2000	17.0	$45 \cdot n^{-0.2}$ e.g., 720 rpm – 12.1	9.8
II	1 January 2011	14.4	$44 \cdot n^{-0.23}$ e.g., 720 rpm – 9.7	7.7
III	1 January 2016*	3.4	$9 \cdot n^{-0.2}$ e.g., 720 rpm – 2.4	2.0

Το επίπεδο III αναφέρεται σε πλοία που πλέουν εντός περιοχών ECA, όπως αυτές περιεγράφηκαν προηγουμένως (International Maritime Organization).[12]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

2.1 Περιγραφή του τύπου και των παραγόντων υπολογισμού του (σύμφωνα με MEPC 66/21 Annex 5).

Ο τελικός τύπος υπολογισμού του Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας, ο οποίος πήρε την τελική του μορφή στην MEPC 66, είναι ο ακόλουθος:

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^n f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + \left(P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE} \right) + \left(\prod_{j=1}^n f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{nEff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEff(i)} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE}}{f_i \cdot f_c \cdot f_i \cdot Capacity \cdot f_w \cdot V_{ref}} - \left(\sum_{i=1}^{nEff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)$$

Εξίσωση: Τύπος υπολογισμού EEDI.

* Εάν ένα μέρος από τη μέγιστη συνήθης βοηθητική ισχύς εν πλω παρέχεται από γεννήτριες άξονα, η SFC_{ME} και η C_{FME} μπορούν - για αυτό το μέρος της ισχύος- να χρησιμοποιηθεί η αντί της SFC_{AE} και της C_{FAE} .

**Στην περίπτωση που το $P_{PTI(i)} > 0$, για τον υπολογισμό του P_{eff} χρησιμοποιούμε την μέση τιμή των $(SFC_{ME} \cdot C_{FME})$ και $(SFC_{AE} \cdot C_{FAE})$.

Πιο αναλυτικά έχουμε:

- 1. C_f** : είναι ένας αδιάστατος συντελεστής μετατροπής μεταξύ της κατανάλωσης καυσίμου, μετρημένης σε γραμμάρια (gr) και των εκπομπών CO₂, μετρημένων επίσης σε γραμμάρια (gr), βασισμένα στην περιεκτικότητα του άνθρακα. Οι δείκτες ME_(i) και AE_(i) αναφέρονται αντίστοιχα στις κύριες μηχανές και στις βοηθητικές μηχανές. Ο συντελεστής C_f αντιστοιχεί στο χρησιμοποιούμενο καύσιμο, που αναγράφεται στο εφαρμοζόμενο πιστοποιητικό "Engine International Air Pollution Prevention Certificate" (EIAPP).

Η τιμή του C_f είναι σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας: Τιμές C_f .

Type of fuel	Reference	Carbon content	C_f (t-CO ₂ /t-Fuel)
1 Diesel/Gas Oil	ISO 8217 Grades DMX through DMB	0.8744	3.206
2 Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.8594	3.151
3 Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.8493	3.114
4 Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Propane	0.8182	3.000
	Butane	0.8264	3.030
5 Liquefied Natural Gas (LNG)		0.7500	2.750
6 Methanol		0.3750	1.375
7 Ethanol		0.5217	1.913

2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Στην περίπτωση που έχουμε μηχανές διπλού καύσιμου τότε πολλαπλασιάζουμε την κάθε κατανάλωση με τον αντίστοιχο συντελεστή C_f . Παράδειγμα:

$$\begin{aligned}C_{F, Gas} &= 2.750 \\C_{F, Pilotfuel} &= 3.114 \\SFC_{ME Pilotfuel} &= 6 \text{ g/kWh} \\SFC_{ME Gas} &= 160 \text{ g/kWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}EEDI &= (P_{ME} \times (C_{F Pilotfuel} \times SFC_{ME Pilotfuel} + C_{F Gas} \times SFC_{ME Gas})) + \dots \\EEDI &= (P_{ME} \times (3.114 \times 6 + 2.750 \times 160)) + \dots\end{aligned}$$

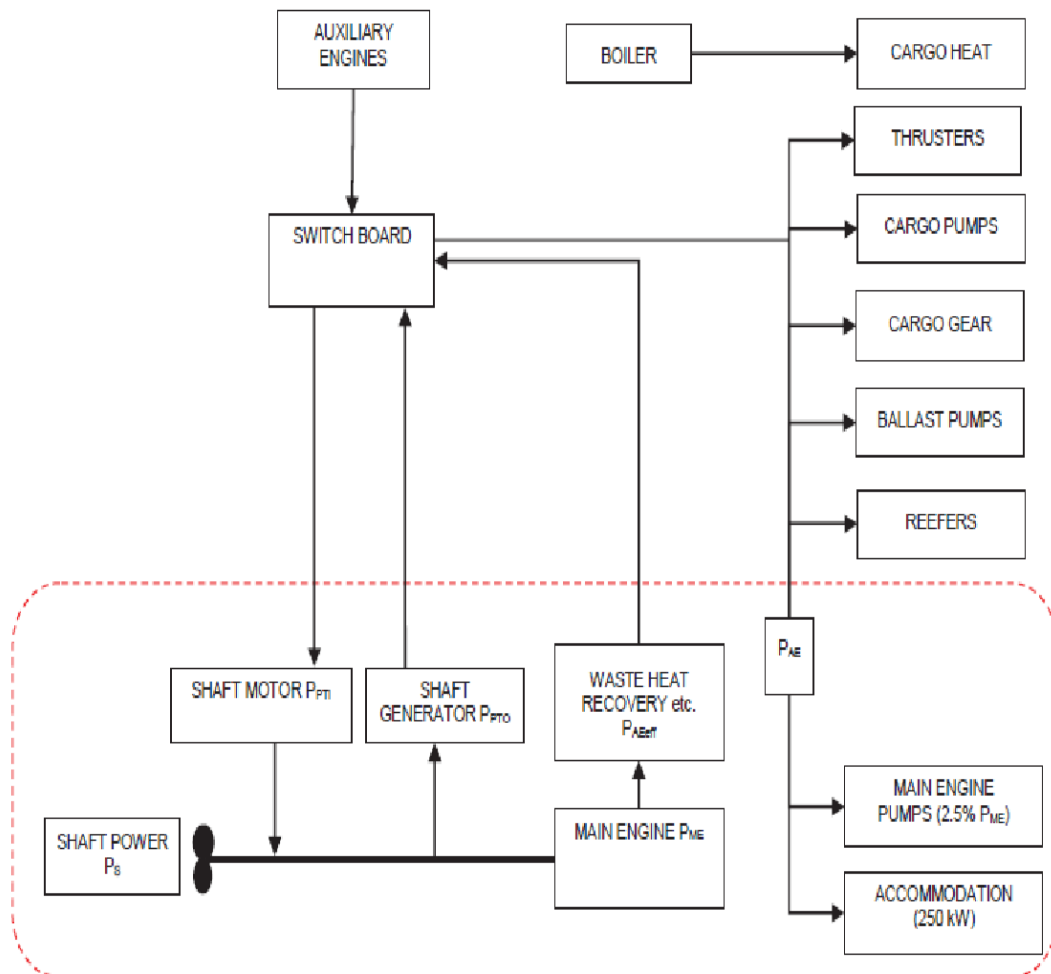
2. V_{ref} : είναι η ταχύτητα του πλοίου, μετρούμενη σε ναυτικά μίλια ανά ώρα (knot), σε βαθύ νερό, στη μέγιστη κατάσταση φόρτωσης (capacity), όπως ορίζεται στην κατωτέρω παράγραφο (3), στην ισχύ άξονα των μηχανών, όπως ορίζεται στην κατωτέρω παράγραφο (4), υποθέτοντας απουσία ανέμου και κυμάτων. Η μέγιστη κατάσταση φόρτωσης ορίζεται στο μέγιστο βύθισμα και στην αντίστοιχη διαγωγή, στην οποία το πλοίο είναι σχεδιασμένο να επιχειρεί. Τα στοιχεία αυτά παίρνονται από το Εγχειρίδιο Ευστάθειας.
3. **Capacity** (χωρητικότητα) ορίζεται ως ακολούθως:
 - a. Για bulk carriers, tankers, gas carriers, LNG carriers, Ro-Ro cargo ships (Οχηματαγωγά), Ro-Ro cargo ships, Ro-Ro passenger ships, general cargo ships, Refrigerated cargo carriers, το προσθετό βάρος (DWT) χρησιμοποιείται ως Capacity.
 - b. Για επιβατηγά πλοία και κρουαζιερόπλοια, η ολική χωρητικότητα (gross tonnage), σύμφωνα με την Διεθνή Συνθήκη Μέτρησης Ολικής Χωρητικότητας Πλοίων του 1969, Παράρτημα I, κανονισμός 3.
 - c. Για τα containership (πλοία μεταφοράς τυποποιημένων εμπορευματοκιβώτιων) η παράμετρος Capacity, θα λαμβάνεται ως το 70% του πρόσθετου βάρους (DWT).
4. Πρόσθετο βάρος (**DWT**): είναι η διαφορά, σε τόνους, μεταξύ του εκτοπίσματος ενός πλοίου, σε νερό με πυκνότητα $1,025 \text{ kg/m}^3$, στο μεγαλύτερο βύθισμα λειτουργίας και του βάρους κενού σκάφους του πλοίου (lightweight).
5. **P**: είναι η ισχύς των κύριων και βοηθητικών (main & auxiliary engines) μηχανών, μετρούμενη σε KW. Οι δείκτες $ME_{(i)}$ και $AE_{(i)}$ αναφέρονται αντίστοιχα στις κύριες και

2.ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

στις βοηθητικές μηχανές. Το άθροισμα (i) είναι για όλες τις μηχανές, με αριθμό μηχανών (nME).

Μια γενική και απλοποιημένη διάταξη προώσεως πλοίου [4] :

A GENERIC AND SIMPLIFIED MARINE POWER PLANT



- $P_{ME(i)}$: είναι το 75%(ή 83% εάν είναι συνδεδεμένη με steam turbine) της ορισμένης (rated) εγκατεστημένης ισχύος (MCR) για κάθε κύρια μηχανή(i).
- Στην περίπτωση που έχουμε γεννήτρια εγκατεστημένη στον άξονα (**shaft generator**):

$P_{PT0(i)}$: είναι το 75% της ισχύος εξόδου της κάθε εγκατεστημένης γεννήτριας άξονα, διαιρούμενης με τη σχετική απόδοση αυτής. Για τον υπολογισμό της επίδρασης των γεννητριών του άξονα δύο επιλογές υπάρχουν.

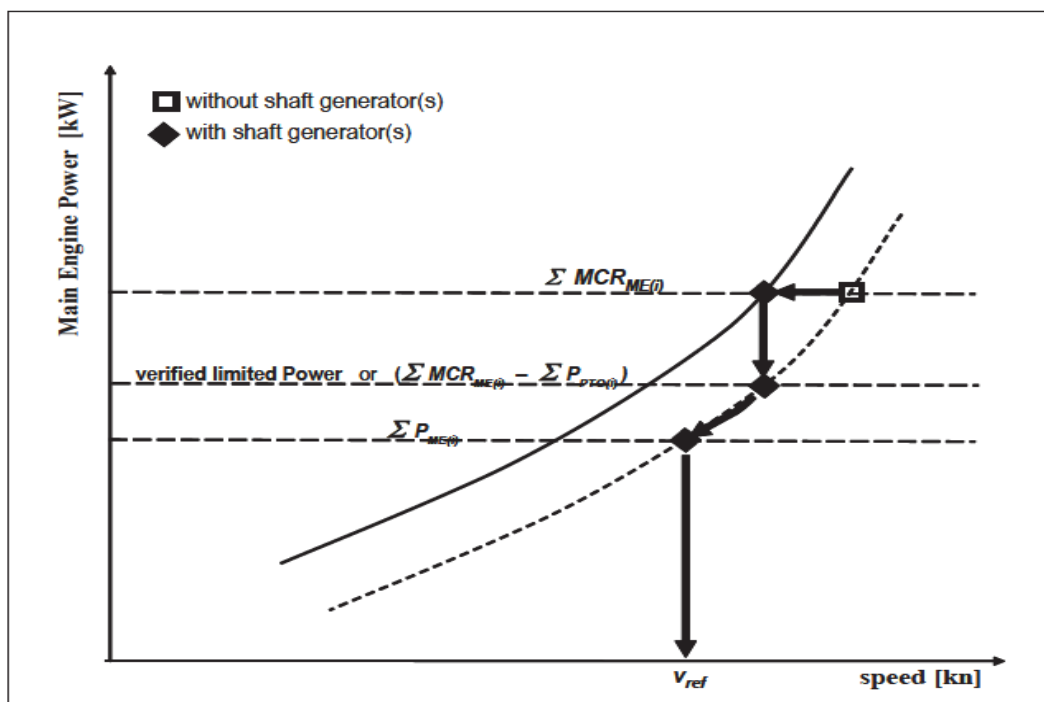
Περίπτωση 1: Ο όρος μείωσης του P_{ME} να μην είναι μεγαλύτερος του P_{AE} .

2.ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

$$\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} = 0.75 \times \left(\sum MCR_{ME(i)} - \sum P_{PTO(i)} \right) \quad \text{with } 0.75 \times \sum P_{PTO(i)} \leq P_{AE}$$

Περίπτωση 2: Όταν είναι εγκατεστημένος ένας κινητήρας με υψηλότερη ονομαστική ισχύ εξόδου από εκείνη που το σύστημα πρόωσης είναι περιορισμένο τότε η τιμή του $P_{ME(i)}$ είναι 75% της εν λόγω περιορισμένης ισχύος για τον προσδιορισμό της, V_{ref} και για τον υπολογισμό του EEDI.

Το επόμενο σχήμα παρέχει καθοδήγηση για τον προσδιορισμό της $P_{ME(i)}$:



Εικόνα: Καθοδήγηση για τον προσδιορισμό της $P_{ME(i)}$.

- c. Στην περίπτωση που έχουμε (βοηθητικό) κινητήρα εγκατεστημένο στον άξονα (**shaft motor**):

$P_{PTO(i)}$: είναι το 75%(ή 83% εάν είναι συνδεδεμένη με steam turbine) της ονομαστικής κατανάλωσης ισχύος του κάθε κινητήρα άξονα, διαιρούμενο με τη σταθμισμένη μέση απόδοση της(ων) γεννήτριας(ων).

- d. $P_{eff(i)}$: είναι το 75% της μείωσης της ισχύος της κ. μηχανής, εξαιτίας της ύπαρξης καινοτόμων τεχνολογιών ενεργειακής αποδοτικότητας. Μηχανικώς ανακτώμενη, εκλυόμενη ενέργεια, απευθείας συνδεδεμένη με τους άξονες δεν πρέπει να υπολογίζεται.

- e. $P_{AE\text{eff}(j)}$: είναι η μείωση της βοηθητικής ισχύος, εξαιτίας της ύπαρξης καινοτόμων ηλεκτρολογικών τεχνολογιών ενεργειακής αποδοτικότητας.
- f. P_{AE} : είναι η απαιτούμενη ισχύς της βοηθητική μηχανής(auxiliary engine(s)), για να παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια για τα συστήματα πρόωσης και ενδειατήσεων, πχ αντλίες της κύριας μηχανής, συστήματα και συσκευές ναυσιπλοΐας και οικιακές συσκευές, αλλά εξαιρούμενης της ισχύος των μηχανημάτων που δεν σχετίζονται με την πρόωση, π.χ. Thrusters, αντλίες, συσκευές συντήρησης φορτίου, όπως ψυκτικές και ανεμιστήρες αμπαριών, στην κατάσταση όπου το πλοίο ταξιδεύει με ταχύτητα (V_{ref}) στην σχεδιαστική κατάσταση φόρτωσης (**Capacity**).

Περίπτωση 1: Για πλοία μεταφοράς φορτίου με ισχύς πρόωσης

$$\left(\sum MCR_{ME(i)} + \frac{\sum P_{PTI(i)}}{0.75} \right) \text{ μεγαλύτερη από } 10.000\text{KW η ισχύς } P_{AE}$$

ορίζεται ως ακολούθως:

$$P_{AE(\sum MCR_{ME(i)} \geq 10000\text{KW})} = \left(0.025x \left(\sum_{i=1}^{nME} MCR_{ME(i)} + \frac{\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)}}{0.75} \right) \right) + 250$$

Περίπτωση 2: Για πλοία μεταφοράς φορτίου με ισχύς πρόωσης μικρότερη από 10.000 KW η ισχύς P_{AE} ορίζεται ως ακολούθως:

$$P_{AE(\sum MCR_{ME(i)} < 10000\text{KW})} = \left(0.05x \left(\sum_{i=1}^{nME} MCR_{ME(i)} + \frac{\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)}}{0.75} \right) \right)$$

Περίπτωση 3: Για τα πλοία μεταφοράς LNG με σύστημα re-liquefaction ή συμπιεστής(-ες), που προορίζονται να χρησιμοποιηθούν σε κανονική λειτουργία και απαιτούνται για να διατηρηθεί η πίεση των δεξαμενών φορτίου κάτω από το μέγιστο επιτρεπόμενο, ισχύουν οι παραπάνω σχέσεις με κάποιες ειδικές τροποποιήσεις. Για περαιτέρω ανάλυση βλέπε *MEPC 66/21 Annex 5, σελίδα 11*.

6. Τα μεγέθη V_{ref} , **Capacity** και P πρέπει να σχετίζονται μεταξύ τους (αυτό σημαίνει ότι, όταν υπολογίζεται ο EEDI, μια πλήρης έκθεση δοκιμών μοντέλου του πλοίου πρέπει να είναι διαθέσιμη για χρήση, αντί των γενικών στοιχείων του πλοίου).

7. **SFC** : είναι η πιστοποιημένη ειδική κατανάλωση πετρελαίου των μηχανών, μετρούμενη σε g/kWh. Οι δείκτες $ME^{(i)}$ και $AE^{(i)}$ αναφέρονται αντίστοιχα στις κύριες μηχανές και στις βοηθητικές μηχανές.

Για τις μηχανές που έχουν πιστοποιηθεί για κύκλο λειτουργίας E2 ή E3 του Τεχνικού Κώδικα NO_x 2008, η ειδική κατανάλωση αυτών SFC είναι η καταγεγραμμένη και συμπεριλαμβάνεται στον φάκελο NO_x των τεχνικών εγχειριδίων της μηχανής, στο 75% του MCR. Για τις μηχανές που έχουν πιστοποιηθεί για κύκλο λειτουργίας D2 ή C1 του Τεχνικού Κώδικα NO_x 2008, η ειδική κατανάλωση αυτών SFC είναι η καταγεγραμμένη και συμπεριλαμβάνεται στον φάκελο NO_x των τεχνικών εγχειριδίων της μηχανής, στο 50% του MCR.

Αν χρησιμοποιείται ως κύριο καύσιμο αέριο, σύμφωνα με το Guidelines on Survey and Certification of the Energy Efficiency design index (EEDI), πρέπει να χρησιμοποιείται ο δείκτης SFC. Αν δεν είναι καταγεγραμμένος στο φάκελο NO_x τότε θα πρέπει να δίνεται από τον κατασκευαστή και να πιστοποιείται από την κλάση.

Η SFC πρέπει να διορθώνεται κατά το πρότυπο ISO 15550:2002 και ISO 3046-1:2002, στην τιμή της που αντιστοιχεί στην τιμή της χαμηλότερης θερμογόνου δύναμης του καύσιμου.

Για πλοία όπου η βοηθητική ισχύς P_{AE} , υπολογιζόμενη με τους αναφερόμενους ανωτέρω τύπους, είναι αρκετά διαφορετική από τη συνολική βοηθητική ισχύς που χρησιμοποιείται για το συνήθη πλοίο του πλοίου, π.χ. στην περίπτωση συμβατικών επιβατηγών πλοίων, η ειδική κατανάλωση των γεννητριών SFC_{AE} είναι στο 75% της $MCR_{AE^{(i)}}$. SFC_{AE} , είναι ο σταθμισμένος κατασκευαστικός μέσος ανάμεσα στις $SFC_{AE^{(i)}}$, των αντίστοιχων βοηθητικών μηχανών πλήθους i .

Για τις μηχανές που δεν έχουν πιστοποιητικό, επειδή η ισχύς τους είναι κάτω από 130 kW, πρέπει να χρησιμοποιείται η **SFC** που εκτιμάται από τον κατασκευαστή και επικυρώνεται από κατάλληλη αρχή.

8. f_j : είναι ένας συντελεστής διόρθωσης για να λάβει υπόψη τα ειδικά σχεδιαστικά στοιχεία:

- a. Ο συντελεστής διόρθωσης της ισχύος f_j για ice-classed πλοία, πρέπει να λαμβάνεται ως η μεγαλύτερη τιμή από τα f_{j0} και $f_{j,min}$ του παρακάτω πίνακα, αλλά όχι μεγαλύτερος από $f_{j,max} = 1.0$.

Για περισσότερες πληροφορίες μπορεί κανείς να ανατρέξει στο site <http://www.helcom.fi>, στο HELCOM Recommendation 25/73.

2.ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Πίνακας: Συντελεστής διόρθωσης της ισχύος f_j για ice- classed πλοία.

Ship type	f_{j0}	$f_{j,min}$ depending on the ice class			
		IA Super	IA	IB	IC
Tanker	$\frac{0.308L_{PP}^{1.920}}{\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}}$	$0.15L_{PP}^{0.30}$	$0.27L_{PP}^{0.21}$	$0.45L_{PP}^{0.13}$	$0.70L_{PP}^{0.06}$
Bulk carrier	$\frac{0.639L_{PP}^{1.754}}{\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}}$	$0.47L_{PP}^{0.09}$	$0.58L_{PP}^{0.07}$	$0.73L_{PP}^{0.04}$	$0.87L_{PP}^{0.02}$
General cargo ship	$\frac{0.0227 \cdot L_{PP}^{2.483}}{\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}}$	$0.31L_{PP}^{0.16}$	$0.43L_{PP}^{0.12}$	$0.56L_{PP}^{0.09}$	$0.67L_{PP}^{0.07}$
Refrigerated cargo ships	$\frac{0.639L_{PP}^{1.754}}{\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}}$	$0.47L_{PP}^{0.09}$	$0.58L_{PP}^{0.07}$	$0.73L_{PP}^{0.04}$	$0.87L_{PP}^{0.02}$

b. Ο συντελεστής διόρθωσης f_j για δεξαμενόπλοια «shuttle» με «Περιθώριο ισχύος» (propulsion redundancy) πρέπει να είναι $f_j=0,77$. Αυτός ο συντελεστής εφαρμόζεται σε δεξαμενόπλοια «shuttle» με «Περιθώριο Ισχύος» μεταξύ 80.000 και 160.000 DWT. Δεξαμενόπλοια «Shuttle» είναι αυτά που μεταφέρουν αργό πετρέλαιο από πλατφόρμες σε παράκτιους αποθηκευτικούς χώρους. Είναι αρκετά διαφορετικά από τα συνήθη πετρελαιοφόρα, με πολύ μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ. Δεν καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις, είναι εξοπλισμένα με δυναμικά συστήματα εντοπισμού θέσης και έχουν σχεδιαστεί για πολύπλοκες επιχειρήσεις σε θαλασσοταραχή. Είναι εξοπλισμένα με δύο μηχανές και με δύο έλικες, για να πληρούν τις απαιτήσεις των χαρακτηριστικών κλάσης για « Δυναμική Τοποθέτηση» και «Περιθώριο ισχύος».

c. Για Ro-Ro ΕΓ/-ΟΓ ο f_{jRoRo} υπολογίζεται ως εξής:

$$f_{jRoRo} = \frac{1}{F_{n_L}^\alpha \cdot \left(\frac{L_{PP}}{B_z}\right)^\beta \cdot \left(\frac{B_z}{d_z}\right)^\gamma \cdot \left(\frac{L_{PP}}{\nabla^{1/3}}\right)^\delta} ; \quad \text{If } f_{jRoRo} > 1 \text{ then } f_j = 1$$

where the Froude number, F_{n_L} , is defined as:

$$F_{n_L} = \frac{0.5144 \cdot V_{ref}}{\sqrt{L_{PP} \cdot g}}$$

and the exponents α , β , γ and δ are defined as follows:

Ship type	Exponent:			
	α	β	γ	δ
Ro-ro cargo ship	2.00	0.50	0.75	1.00
Ro-ro passenger ship	2.50	0.75	0.75	1.00

d. Ο f_j για general cargo υπολογίζεται ως εξής:

$$f_j = \frac{0.174}{Fn_{\nabla}^{2.3} \cdot C_b^{0.3}} \quad ; \quad \text{If } f_j > 1 \text{ then } f_j = 1$$

Where

$$Fn_{\nabla} = \frac{0.5144 \cdot V_{ref}}{\sqrt{g \cdot \nabla^{\frac{1}{3}}}} \quad ; \quad \text{If } Fn_{\nabla} > 0.6 \text{ then } Fn_{\nabla} = 0.6$$

and

$$C_b = \frac{\nabla}{L_{pp} \cdot B_z \cdot d_s}$$

e. Για όλους τους άλλους τύπους πλοίων ο f_j λαμβάνεται 1.0.

9. f_w : είναι ένας αδιάστατος συντελεστής, ο οποίος δείχνει τη μείωση της ταχύτητας σε αντιπροσωπευτικές καταστάσεις θάλασσας, αναφορικά με το ύψος και τη συχνότητα κύματος και την ταχύτητα ανέμου (π.χ. κλίμακα Beaufort 6) και πρέπει να προσδιορίζεται ως ακολούθως:

a. Για τον επιτευχθεί δείκτη του EEDI που υπολογίζεται κάτω από τις συνθήκες 20 & 21 της *MAROPOL Annex VI*, $f_w = 1.0$.

Για τις παρακάτω περιπτώσεις ο υπολογιζόμενος επιτευχθείς δείκτης EEDI "attained EEDI" θα αναφέρεται ως "**attained EEDI_{weather}**".

b. Εκτελώντας προσομοίωση της συμπεριφοράς του πλοίου σε αντιπροσωπευτικές καταστάσεις θάλασσας. Η μέθοδος προσομοίωσης θα προδιαγραφεί από οδηγία που θα εκδοθεί από τον IMO και η μέθοδος και το αποτέλεσμα για κάθε μεμονωμένο πλοίο θα επιβεβαιώνονται από την Αρχή (σημαία) ή από οργάνωση αναγνωρισμένη από αυτή.

c. Στην περίπτωση που δεν εκτελείται προσομοίωση, ο συντελεστής f_w πρέπει να λαμβάνεται από τον πίνακα/καμπύλη «τυποποιημένου f_w ». Ένας πίνακας/καμπύλη « τυποποιημένου f_w », ο οποίος θα περιέχεται στις οδηγίες, θα δίνεται ανά τύπο πλοίου και θα εκφράζεται ως συνάρτηση της παραμέτρου "Capacity". Ο πίνακας/καμπύλη «τυποποιημένου f_w » προσδιορίζεται με συντηρητική προσέγγιση, π.χ. βασίζεται σε δεδομένα πραγματικής μείωσης της ταχύτητας, για όσα περισσότερα υφιστάμενα πλοία είναι δυνατόν, κάτω από αντιπροσωπευτικές καταστάσεις θάλασσας.

Ο f_w και ο **attained EEDI_{weather}**, θα πρέπει να αναγράφονται στον τεχνικό φάκελο ξεχωριστά από τις αντίστοιχες τιμές που υπολογίστηκαν για την περίπτωση a.

2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

10. $f_{eff(i)}$: είναι ο συντελεστής διαθεσιμότητας κάθε καινοτόμου τεχνολογίας ενεργειακής αποδοτικότητας. Για συστήματα μετατροπής της απολυόμενης ενέργειας, ο $f_{eff(i)}$ πρέπει να είναι 1.0.

11. f_i : είναι ο συντελεστής χωρητικότητας για κάθε τεχνικό/ κανονιστικό περιορισμό της χωρητικότητας και μπορεί να υποτεθεί ως ένα (1.0), εάν καμία ανάγκη για τον παράγοντα δεν ανακύπτει.

a. Ο συντελεστής διόρθωσης της χωρητικότητας (capacity) f_i για ice-classed πλοία, πρέπει να λαμβάνεται ως η μικρότερη τιμή από τα f_{i0} και $f_{i,max}$ του παρακάτω πίνακα, αλλά όχι μικρότερος από $f_{i,min}=1.0$.

Πίνακας : Συντελεστής διόρθωσης της χωρητικότητας για iced-classed πλοία.

Table 2: Capacity correction factor f_i for ice-classed ships

Ship type	f_{i0}	$f_{i,max}$ depending on the ice class			
		IA Super	IA	IB	IC
Tanker	$\frac{0.00138 \cdot L_{PP}^{3.331}}{capacity}$	$2.10L_{PP}^{-0.11}$	$1.71L_{PP}^{-0.08}$	$1.47L_{PP}^{-0.06}$	$1.27L_{PP}^{-0.04}$
Bulk carrier	$\frac{0.00403 \cdot L_{PP}^{3.123}}{capacity}$	$2.10L_{PP}^{-0.11}$	$1.80L_{PP}^{-0.09}$	$1.54L_{PP}^{-0.07}$	$1.31L_{PP}^{-0.05}$

Ship type	f_{i0}	$f_{i,max}$ depending on the ice class			
		IA Super	IA	IB	IC
General cargo ship	$\frac{0.0377 \cdot L_{PP}^{2.625}}{capacity}$	$2.18L_{PP}^{-0.11}$	$1.77L_{PP}^{-0.08}$	$1.51L_{PP}^{-0.06}$	$1.28L_{PP}^{-0.04}$
Containership	$\frac{0.1033 \cdot L_{PP}^{2.329}}{capacity}$	$2.10L_{PP}^{-0.11}$	$1.71L_{PP}^{-0.08}$	$1.47L_{PP}^{-0.06}$	$1.27L_{PP}^{-0.04}$
Gas carrier	$\frac{0.0474 \cdot L_{PP}^{2.590}}{capacity}$	1.25	$2.10L_{PP}^{-0.12}$	$1.60L_{PP}^{-0.08}$	$1.25L_{PP}^{-0.04}$

Note: Containership capacity is defined as 70% of the DWT.

b. Ο συντελεστής f_i για πλοία που έχουν ειδικές εθελοντικές δομικές ενισχύσεις, επιβεβαιωμένες από τον ελεγκτή, είναι ίσος με πηλίκο (DWT πριν την ενίσχυση)/(DWT μετά την ενίσχυση):

$$f_{iVSE} = \frac{DWT_{referencedesign}}{DWT_{enhanceddesign}}$$

where:

$$DWT_{referencedesign} = \Delta_{ship} - lightweight_{referencedesign}$$

$$DWT_{enhanceddesign} = \Delta_{ship} - lightweight_{enhanceddesign}$$

2.ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Για του υπολογισμούς θεωρούμε Δ_{ship} (εκτόπισμα) πριν και μετά την ενίσχυση.

- c. Για bulk carriers και oil tankers που είναι χτισμένα σύμφωνα με τους κοινούς κανόνες δομής των νηογνώμων (CSR) και είναι και εγκεκριμένα από αυτούς τότε έχουμε την παρακάτω διόρθωση για τον συντελεστή:

$$f_{iCSR} = 1 + (0.08 \cdot LWT_{CSR} / DWT_{CSR})$$

- d. Για τις υπόλοιπες περιπτώσεις ο f_i λαμβάνει την τιμή 1.0 .

12. f_c : Είναι ο συντελεστής διόρθωσης τις χωρητικότητας μετρημένη σε μονάδες όγκου και μπορεί να υποτεθεί ως ένα (1.0), εάν καμία ανάγκη για τον παράγοντα δεν ανακύπτει.
13. L_{pp} : είναι το μήκος μεταξύ καθέτων, το οποίο ορίζεται ως το 96% του συνολικού μήκους της ισάλου γραμμής στο 85% του ελαχίστου βυθίσματος γάστρας, μετρούμενο από το άνω μέρος της τρόπιδας, ή το μήκος, αυτής της ισάλου, μετρούμενο από το εμπρόσθιο μέρος της στείρας μέχρι τον άξονα του πηδαλίου, οποιοδήποτε είναι μεγαλύτερο. Για πλοία, τα οποία έχουν σχεδιαστεί με κλίση της τρόπιδας η ίσαλος γραμμή πάνω στην οποία μετράται αυτή η απόσταση πρέπει να είναι παράλληλη στην ίσαλο σχεδίασης. Το μήκος μεταξύ καθέτων, L_{pp} , μετράται σε μέτρα.
14. f_i : Είναι συντελεστής για τα πλοία μεταφοράς γενικού φορτίου (general cargo), που είναι εξοπλισμένα με γεραμούς και λοιπά εξαρτήματα σχετικά με το φορτίο, και διορθώνει την απώλεια DWT λόγω του βάρους αυτών.

$$f_i = f_{cranes} \cdot f_{sideloader} \cdot f_{ro-ro}$$

$$\begin{aligned} f_{cranes} &= 1 && \text{If no cranes are present.} \\ f_{sideloader} &= 1 && \text{If no side loaders are present.} \\ f_{ro-ro} &= 1 && \text{If no ro-ro ramp is present.} \end{aligned}$$

Στην διπλωματική αυτή δεν θα χρειαστεί να το υπολογίσουμε θα λαμβάνει την τιμή 1.0 .

15. Summer load draught, d_s : είναι η κατακόρυφη απόσταση, σε μέτρα, από την προβαλλόμενη γραμμή βάσης, στο μέσο μήκος του πλοίου, ως την ίσαλο γραμμή που αντιστοιχεί στο σχέδιο εξάλων θέρους που διατίθεται για το πλοίο.
16. Breadth, B_s : είναι το μέγιστο προβαλλόμενο πλάτος του πλοίου, σε μέτρα, στην ή κάτω από την ίσαλο γραμμή φορτίου, d_s .

17. ∇ : είναι το ογκομετρικό εκτόπισμα, σε m^3 , μετρημένο στο d_s . Το βρίσκουμε στο ειδικό εγχειρίδιο του πλοίου “stability booklet/loading manual.
18. g : είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας και λαμβάνει την τιμή $9.81 m/s^2$.

2.2 Γραμμές Αναφοράς (σύμφωνα με MEPC 63/23/Add.1 Annex 11).

Οι γραμμές αναφοράς υφίστανται για τύπου πλοίων, στα οποία εφαρμόζεται ο κανονισμός 21 (Απαιτούμενος δείκτης EEDI) του παραρτήματος VI της MARPOL. Ο σκοπός του EEDI είναι να παρέχει μια εύλογη βάση δεδομένων για σύγκριση, ώστε να συμβάλει στην ανάπτυξη πιο αποδοτικών πλοίων σε γενικές γραμμές και να καθορίσει την ελάχιστη αποδεκτή απόδοση των νέων πλοίων ανάλογα, με τον τύπο και το μέγεθος τους. Ως εκ τούτου, οι γραμμές αναφοράς για κάθε τύπο πλοίου υπολογίζεται με διαφάνεια και αυστηρό τρόπο. Οι τύποι πλοίων ορίζονται στον κανονισμό 2 του παραρτήματος VI της MARPOL. Η γραμμή αναφοράς για κάθε τύπο πλοίου που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου δείκτη EEDI, όπως ορίζεται στον κανονισμό 21 του παραρτήματος VI της MARPOL.

Οι γραμμές αυτές αναφέρονται στους έξι τύπους πλοίων :

Bulk carrier, gas carrier, tanker, containership, general cargo ship, refrigerated cargo carrier και combination carrier. Σημειώνεται ότι η μέθοδος υπολογισμού των γραμμών αναφοράς δεν έχει καθοριστεί για τα πλοία Ro-Ro φορτηγά πλοία, Ro-Ro φορτηγά πλοία (οχηματαγωγά), Ro-Ro-επιβατηγά πλοία και τα επιβατηγά πλοία, καθώς και για τα πλοία ηλεκτρικής πρόωσης, με turbine προωθητικές και την υβριδικής πρόωσης.

Η γραμμή αναφοράς ορίζεται ως μια καμπύλη που αντιπροσωπεύει τη μέση τιμή του δείκτη, βασισμένη σε ένα σύνολο επιμέρους τιμών του δείκτη για μια καθορισμένη ομάδα πλοίων. Μια γραμμή αναφοράς έχει αναπτυχθεί, για κάθε τύπο πλοίου, εξασφαλίζοντας ότι μόνο δεδομένα από συγκρίσιμα πλοία περιλαμβάνονται στον υπολογισμό της κάθε γραμμή αναφοράς.

Η τιμή γραμμή αναφοράς είναι συνάρτηση της χωρητικότητας του πλοίου, και δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

$$\text{Reference_Line_value} = a \times (100\% \text{ _ of_DWT})^{-c}$$

Τα a και c είναι σταθερές, που προσδιορίζονται από την προσαρμογή της καμπύλης παλινδρόμησης. Σημειώνεται ότι η μορφή της γραμμής αναφοράς δεν έχει καθοριστεί για τα επιβατηγά οχηματαγωγά καθώς και για τα πλοία με αντισυμβατική πρόωσή, τουλάχιστον στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής.

Τα δεδομένα εισόδου για τον υπολογισμό των γραμμών αναφοράς φιλτράρονται μέσω μιας διαδικασίας, όπου τα στοιχεία που αποκλίνουν περισσότερο από δύο τυπικές αποκλίσεις από τη γραμμή παλινδρόμησης απορρίπτονται. Η παλινδρόμηση εφαρμόζεται στη συνέχεια και πάλι

2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

για να δημιουργήσει μια διορθωμένη γραμμή αναφοράς. Για τον υπολογισμό των γραμμών αναφοράς, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από υπάρχοντα πλοία, άνω των 400 GT, τα οποία έχουν παραδοθεί κατά την περίοδο από 1η Ιανουαρίου 1999 μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2009, από τη βάση δεδομένων του *Lloyd's Register Fairplay (IHSF)*.

Σε πλοία με τα συμβατικά συστήματα πρόωσης, χρησιμοποιούνται κατά τον υπολογισμό των γραμμών αναφοράς τα ακόλουθα στοιχεία από τη βάση δεδομένων IHSF:

- ❖ Η χωρητικότητα των πλοίων ως «Χωρητικότητας» (**Capacity**).
- ❖ Η συνήθης ταχύτητα των πλοίων ως ταχύτητα αναφοράς V_{ref} .
- ❖ Η συνολικά εγκατεστημένη ισχύ ως **MCRME(i)**.

Για κάποια πλοία, ορισμένες καταχωρήσεις δεδομένων μπορεί να είναι κενές ή να περιέχουν ένα μηδέν (0) στη βάση δεδομένων. Το σύνολο των δεδομένων με κενό για τα παραπάνω δεδομένα θα πρέπει να αφαιρεθεί από τους υπολογισμούς της γραμμής αναφοράς. Για λόγους μελλοντικών αναφορών, τα πλοία που παραλείπονται θα πρέπει να παρατίθενται στον κατάλογο με τον αριθμό IMO τους.

Για να εξασφαλιστεί η ομοιόμορφη ερμηνεία, όλοι οι τύποι των πλοίων που ορίζονται στον κανονισμό 2 του παραρτήματος VI της MARPOL, παρουσιάζονται στο προσάρτημα της παρούσας διπλωματικής. Ο πίνακας 1 απαριθμεί τα είδη πλοίων από IHSF που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των γραμμών αναφοράς. Ο πίνακας 2 παραθέτει τους τύπους πλοίων IHSF δεν χρησιμοποιούνται κατά τον υπολογισμό των γραμμών αναφοράς.

2.3 Υπολογισμός Γραμμών Αναφοράς (σύμφωνα με MEPC 63/23/Add.1 Annex 11).

Ο υπολογισμός της γραμμής αναφοράς βασίζεται στην τιμή του δείκτη για κάθε μεμονωμένο πλοίο, που περιλαμβάνεται στο σύνολο των πλοίων, ανά τύπο πλοίου. Ο υπολογισμός του δείκτη αυτού υπολογίζεται με βάση τις ακόλουθες υποθέσεις:

- 1) Ο συντελεστής εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα είναι σταθερός για όλους τους κινητήρες, δηλαδή:

$$C_{F,ME} = C_{F,AE} = C_F = 3,1144 \text{ gCO}_2 / \text{g fuel}$$

- 2) Η ειδική κατανάλωση καυσίμου για όλους τους τύπους πλοίων είναι σταθερή για όλους τους κύριους κινητήρες, δηλαδή:

$$SFC_{ME} = 190 \text{ g/kWh}$$

- 3) $P_{ME(i)}$ είναι η εγκατεστημένη κύρια ισχύ όπως ορίστηκε στην ανωτέρω παράγραφο 2.1 (5).

2.ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

- 4) Η ειδική κατανάλωση καυσίμου για όλους τους τύπους πλοίων είναι σταθερή για όλα τα βοηθητικές μηχανές, δηλαδή:

$$SFC_{AE} = 15 \text{ g/kWh}$$

- 5) P_{AE} είναι η εγκατεστημένη βοηθητική ισχύς και για τα φορτηγά πλοία υπολογίζεται σύμφωνα με την ανωτέρω παράγραφο 2.1 (5).
- 6) Όλοι οι συντελεστές διόρθωσης, f , λαμβάνονται ίσοι με 1.0 .
- 7) Οι πρωτοποριακές μηχανικές τεχνολογίες ενεργειακής αποδοτικότητας, κινητήρες αξόνων και άλλες καινοτόμες και ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες, εξαιρούνται από τον υπολογισμό της γραμμής αναφοράς, δηλαδή: $P_{AE\text{eff}} = 0$, $P_{\text{eff}} = 0$, $P_{PTI} = 0$.

Η εξίσωση για τον υπολογισμό της εκτιμώμενης αξίας του δείκτη για κάθε πλοίο (εξαιρουμένων των containership) έχει ως εξής:

$$\text{Estimated Index Value} = 3.1144 \cdot \frac{190 \cdot \sum_{i=1}^{NME} P_{MEi} + 215 \cdot P_{AE}}{\text{Capacity} \cdot V_{ref}}$$

Για τα containership, το 70% του DWT χρησιμοποιείται ως Capacity οπότε:

$$\text{Estimated Index Value} = 3.1144 \cdot \frac{190 \cdot \sum_{i=1}^{NME} P_{MEi} + 215 \cdot P_{AE}}{70\%DWT \cdot V_{ref}}$$

Για όλους τους τύπους πλοίων που υφίστανται αυτή η μελέτη, οι παράμετροι "a" και "c" καθορίζονται από την ανάλυση παλινδρόμησης πλοτάροντας την παραπάνω εκτιμώμενη τιμή του δείκτη ως προς την χωρητικότητα.

Ενδεικτικές τιμές φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, μαζί στον ίδιο πίνακα φαίνεται ο συντελεστής συσχέτιση R, ο αριθμός του δείγματος των πλοίων και ο αριθμός των πλοίων που έχουν εξαιρεθεί.

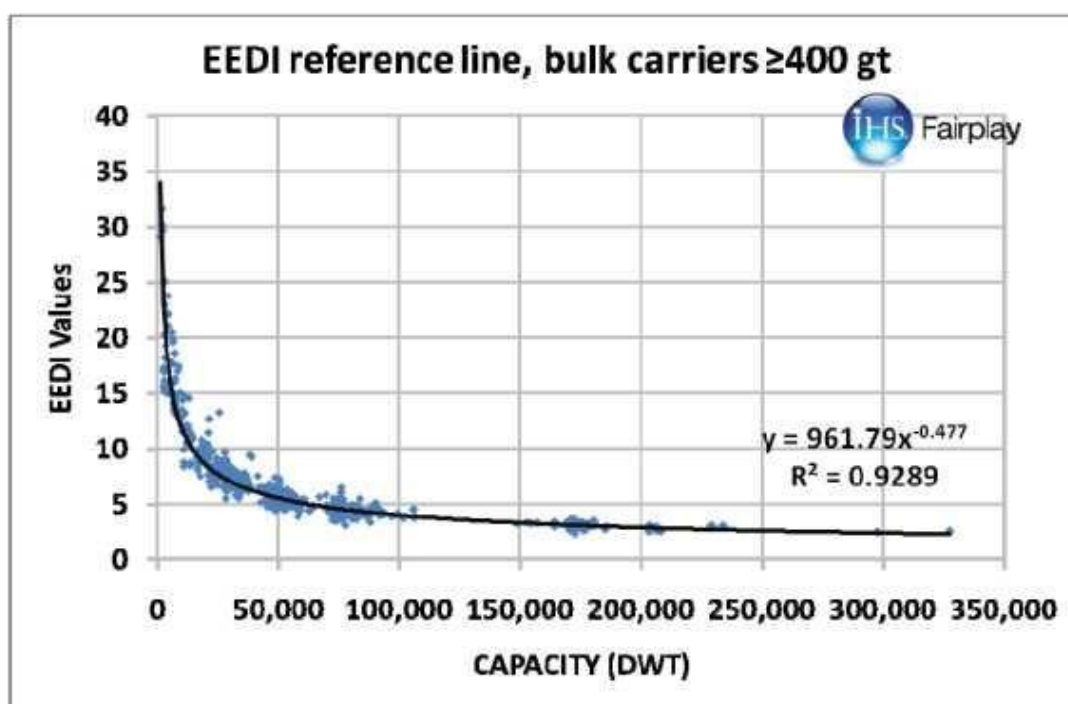
Πίνακας: συντελεστής συσχέτιση R.

Τύπος Πλοίου	Μέγεθος Πλοίου	Σταθερές		R ²	Αριθμός Δείγματος	Αριθμός Εξαιρούμενων πλοίων
		a	c			
Bulk carriers	≥400 GT	961.79	0.477	0.9289	2512	16

2.ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

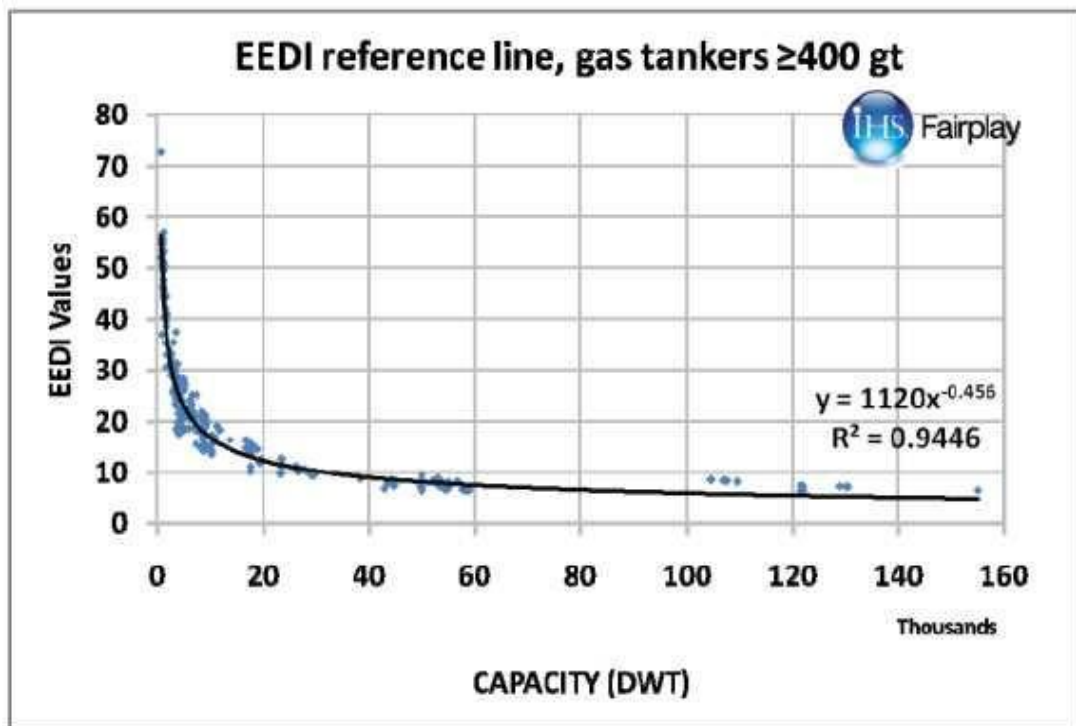
Gas Tankers	≥400 GT	1120.00	0.456	0.9446	354	0
Tankers	≥400 GT	1218.80	0.488	0.9574	3655	14
Containerships	≥400 GT	174.22	0.200	0.6191	2406	32
General Cargo carries	≥400 GT	107.48	0.216	0.3344	2086	47
Refrigerated Cargo carriers	≥400 GT	227.01	0.244	0.5130	61	1
Combination carriers	≥400 GT	1219.00	0.488	0.9575	6	0

Στις επόμενες σελίδες έχουμε γραφικά τις γραμμές αναφοράς διάφορων πλοίων:

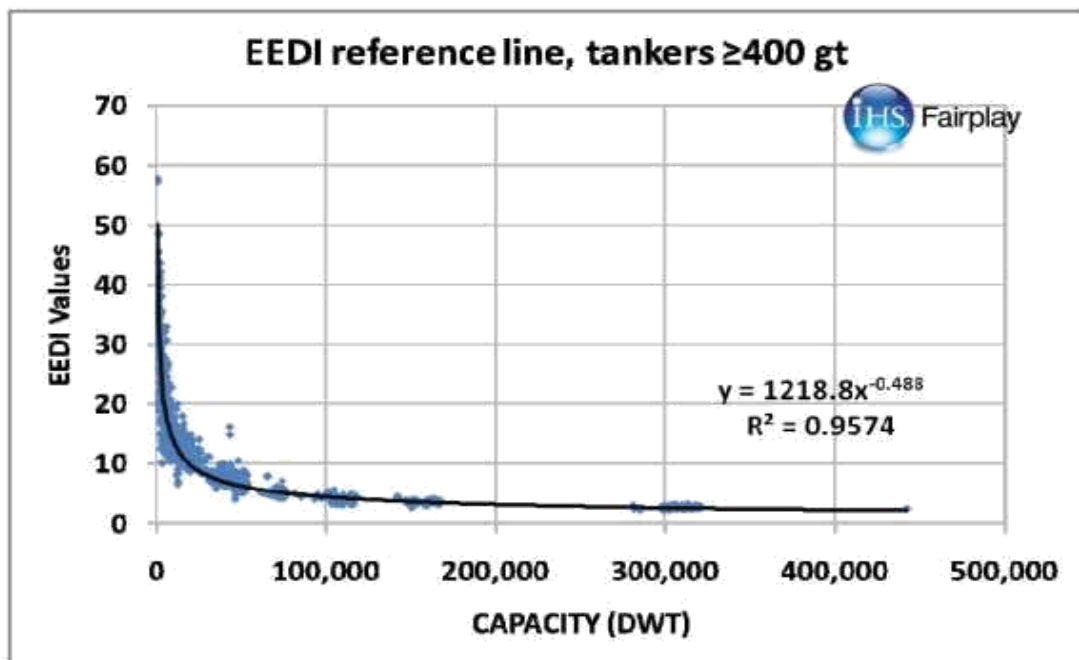


Εικόνα: Γραμμή αναφοράς για πλοία μεταφοράς χύδην φορτιού.

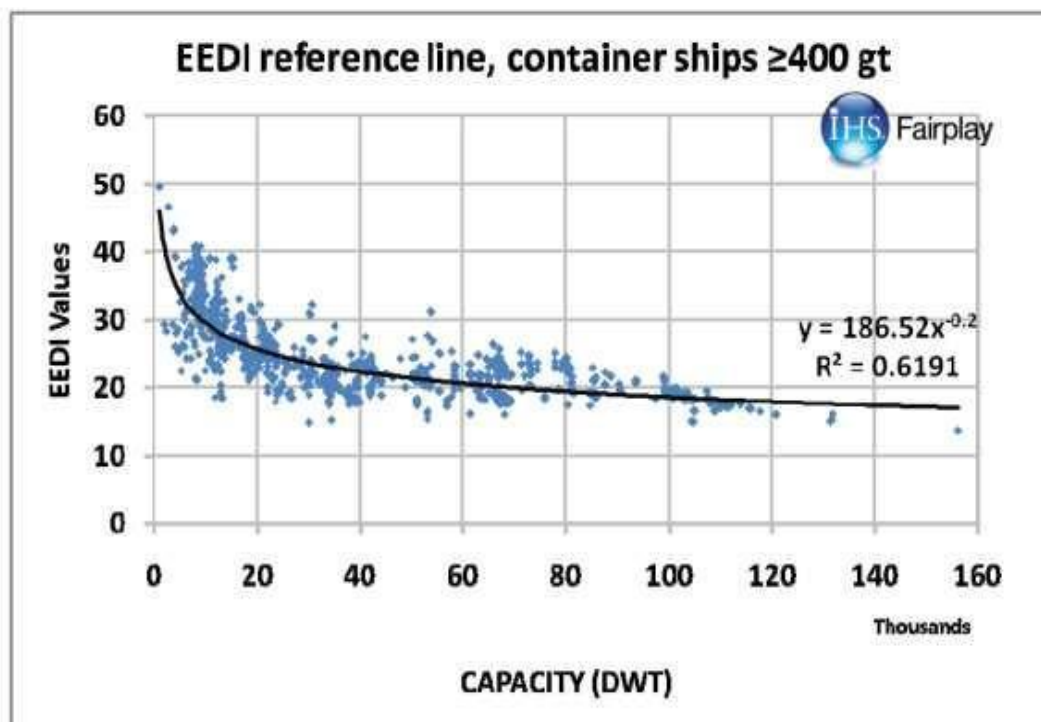
2.ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ



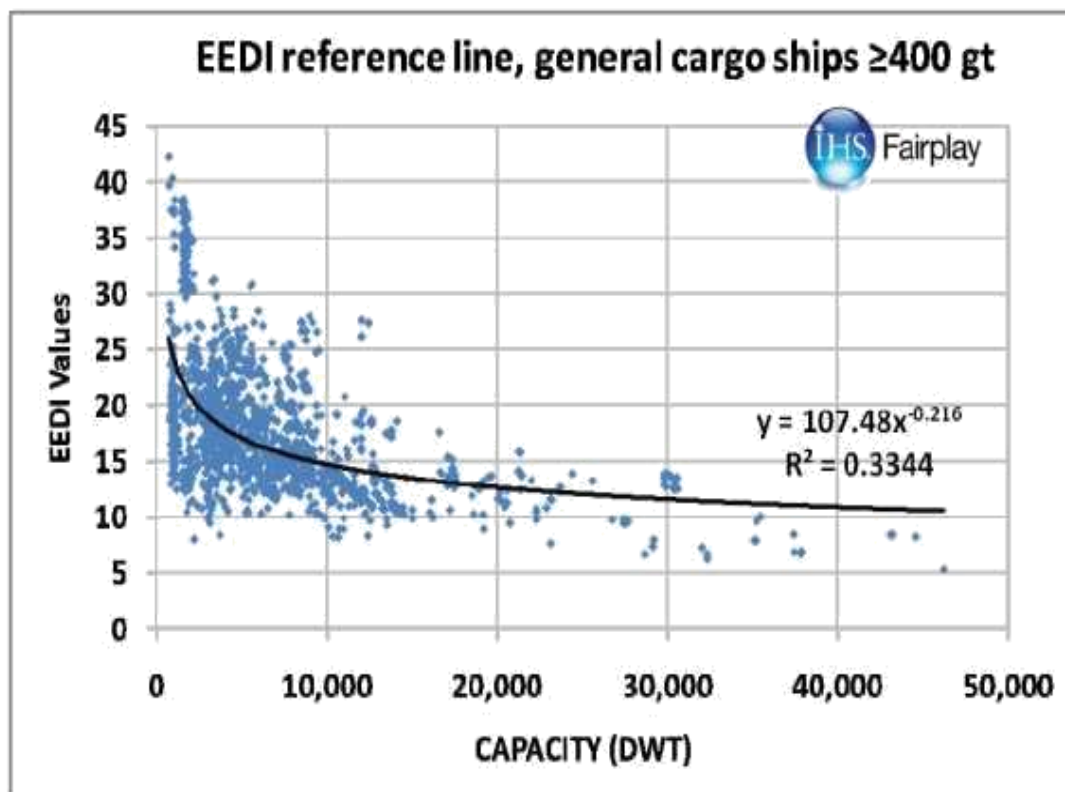
Εικόνα: Γραμμή αναφοράς για πλοία μεταφοράς αέριου φορτιού.



Εικόνα: Γραμμή αναφοράς για δεξαμενόπλοια.

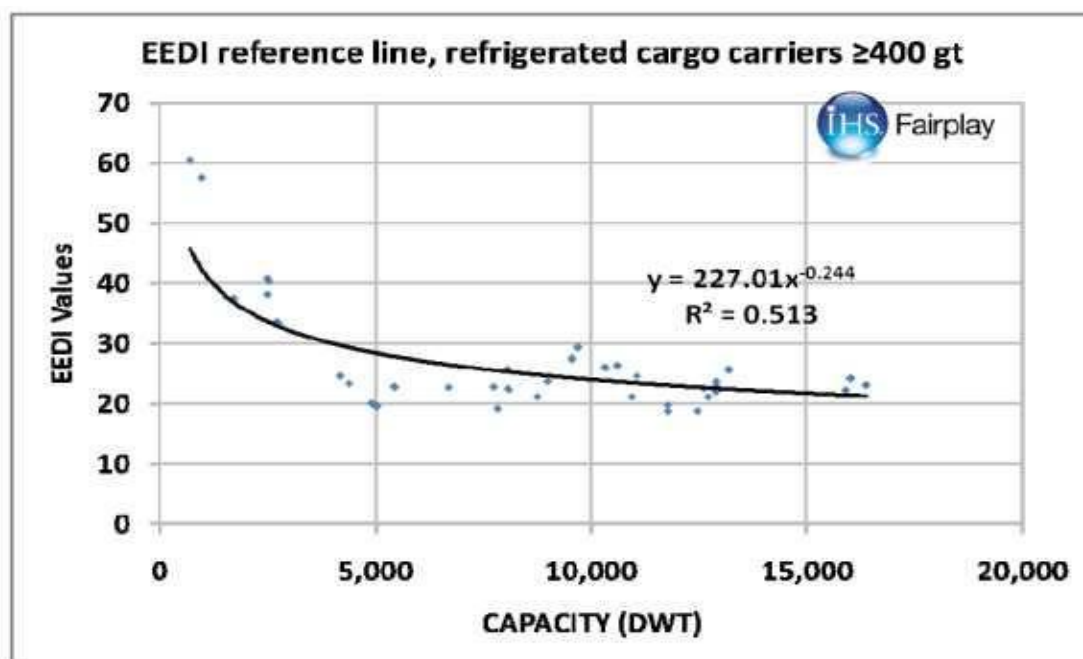


Εικόνα: Γραμμή αναφοράς για containerships.

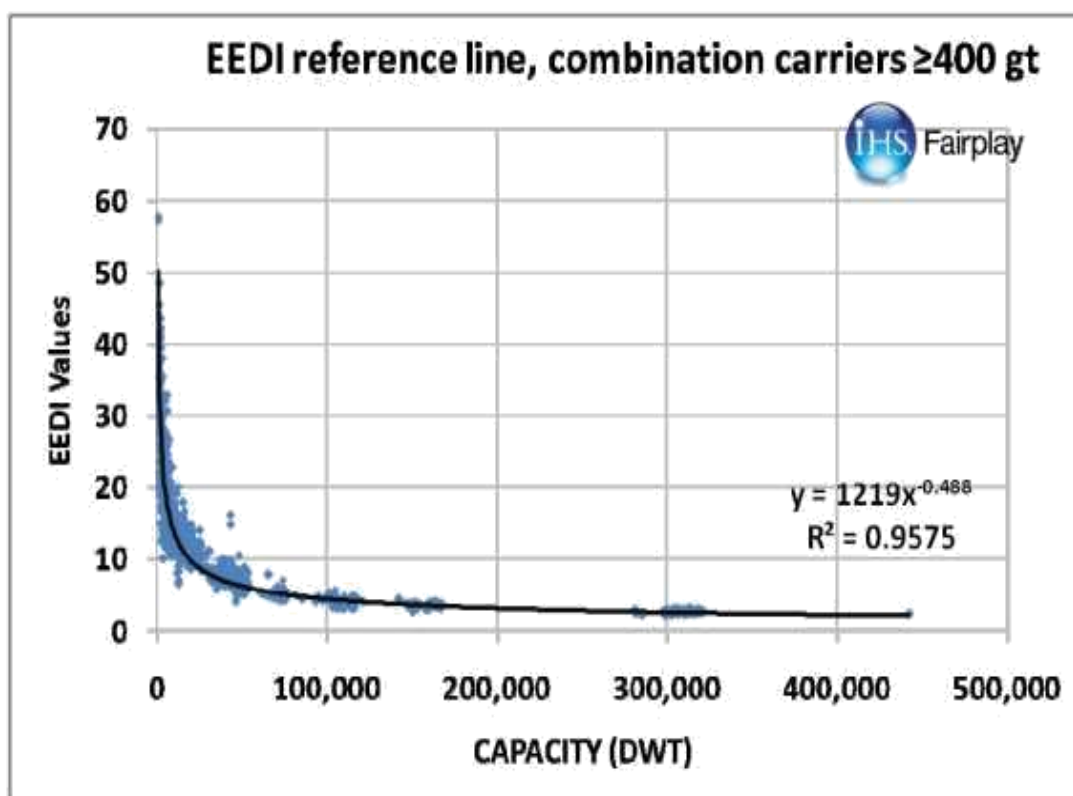


Εικόνα: Γραμμή αναφοράς για πλοία μεταφοράς γενικού φορτίου.

2.ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ EEDI ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΑΝΑΦΟΡΑΣ



Εικόνα: Γραμμή αναφοράς για πλοία μεταφοράς κατεψυγμένου φορτίου



Εικόνα: Γραμμή αναφοράς για πλοία συνδυασμένων μεταφορών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ EEDI.

3.1 Επιτευχθείς Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (attained EEDI).

Επιτευχθείς EEDI (attained EEDI) είναι η τιμή του EEDI, που πραγματικά υπολογίζεται σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο κεφάλαιο 2 της παρούσας διπλωματικής. Ο EEDI είναι συγκεκριμένος για κάθε ένα πλοίο και δείχνει την απόδοση του πλοίου από την άποψη της ενεργειακής αποδοτικότητας. Θα συνοδεύεται από τεχνικό αρχείο, που θα περιέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για τον υπολογισμό του και θα παρουσιάζει τη διαδικασία του υπολογισμού. Ο Επιτευχθείς EEDI θα ελέγχεται, με βάση το τεχνικό αρχείο, από κατάλληλα εξουσιοδοτημένο φορέα.

Ο Επιτευχθείς EEDI θα υπολογίζεται για:

- ❖ κάθε νέο σκάφος
- ❖ κάθε νέο σκάφος, το υπέστη σημαντική μετατροπή
- ❖ κάθε νέο ή υφιστάμενο πλοίο, το οποίο υπέστη σημαντική μετατροπή, η οποία είναι τόσο εκτεταμένη, ώστε το πλοίο να θεωρείται από την Αρχή (σημαία) ως νεοκατασκευαζόμενο πλοίο.

Ο ανωτέρω υπολογισμός αφορά τις παρακάτω κατηγορίες πλοίων (Κανονισμός 20 της MARPOL Annex VI με 400 GT και πάνω):

- ❖ bulk carriers(Φορτίου Χύδην),
- ❖ tankers(Δεξαμενόπλοια),
- ❖ gas carriers(Δεξαμενόπλοια Αερίου),
- ❖ LNG carriers(Πλοία μεταφοράς LNG),
- ❖ container ships(Εμπορευματοκιβωτίων),
- ❖ general cargo ships(Γενικού Φορτίου),
- ❖ refrigerated cargo ships(Μεταφοράς Κατεψυγμένου Φορτίου),
- ❖ combination carriers(Συνδυασμένων Μεταφορών),
- ❖ Ro-Ro cargo ships (μεταφοράς οχημάτων),
- ❖ Ro-Ro cargo,
- ❖ Ro-Ro passenger ships(Επιβατηγά πλοία),
- ❖ Cruise passenger ships (Κρουαζιερόπλοια)

3.2 Απαιτούμενος Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (required EEDI).

Απαιτούμενος EEDI είναι η μέγιστη τιμή του Επιτευχθέντος EEDI, που επιτρέπεται για κάθε νέο πλοίο συγκεκριμένης κατηγορίας και μεγέθους.

3.ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ EEDI

Ο Απαιτούμενος EEDI θα υπολογίζεται για:

- ❖ νέο σκάφος.
- ❖ νέο σκάφος, το οποίο υπέστη σημαντική μετατροπή.
- ❖ νέο ή υφιστάμενο πλοίο, το οποίο υπέστη σημαντική μετατροπή, η οποία είναι τόσο εκτεταμένη, ώστε το πλοίο να θεωρείται από την Αρχή(σημαία) ως νεοκατασκευαζόμενο πλοίο.

Ο ανωτέρω υπολογισμός αφορά τις παρακάτω κατηγορίες πλοίων (Κανονισμός 20 της MARPOL Annex VI με 400 GT) και πάνω:

- ❖ bulk carriers(Φορτίου Χύδην),
- ❖ tankers(Δεξαμενόπλοια),
- ❖ gas carriers(Δεξαμενόπλοια Αερίου),
- ❖ LNG carriers(Πλοία μεταφοράς LNG),
- ❖ container ships(Εμπορευματοκιβωτίων),
- ❖ general cargo ships(Γενικού Φορτίου),
- ❖ refrigerated cargo ships(Μεταφοράς Κατεψυγμένου Φορτίου),
- ❖ combination carriers(Συνδυασμένων Μεταφορών),
- ❖ Ro-Ro cargo ships (μεταφοράς οχημάτων),
- ❖ Ro-Ro cargo,
- ❖ Ro-Ro passenger ships(Επιβατηγά πλοία),
- ❖ Cruise passenger ships (Κρουαζιερόπλοια)

Στο σημείο πρέπει να διευκρινίσουμε ότι :

Η εφαρμογή της απαίτησης συμμόρφωσης του EEDI των πλοίων, σε σχέση με την αντίστοιχη γραμμή αναφοράς επιτυγχάνεται μέσω των όρων «Επιτευχθείς Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας» (attained EEDI) και « Απαιτούμενος Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας» (required EEDI) και αφορά τα «νέα πλοία» ή πλοία που υπέστησαν «σημαντική μετατροπή».

«Σημαντική μετατροπή» ενός πλοίου σημαίνει καθένα από τα παρακάτω ή και συνδυασμό:

- ❖ μεταβάλλει ουσιαστικά τις διαστάσεις, τη μεταφορική ικανότητα.
- ❖ την ισχύ των μηχανών του πλοίου.
- ❖ αλλάζει τον τύπο του πλοίου.
- ❖ σκοπεύει, κατά την Αρχής, ουσιαστικά να παρατείνει τη διάρκεια ζωής του πλοίου.
- ❖ αλλάζει έτσι το πλοίο έτσι ώστε, αν ήταν ένα νέο πλοίο, θα υπόκειται στις σχετικές διατάξεις της παρούσας απαίτησης, οι οποίες δεν εφαρμόζονται σε αυτό, ως υπάρχον πλοίο.

3.ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ EEDI

- ❖ αλλοιώνει σημαντικά την ενεργειακή απόδοση του πλοίου και περιλαμβάνει τις τυχόν τροποποιήσεις, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν το πλοίο να υπερβεί τον αντίστοιχο απαιτούμενο EEDI.

Επιτευχθείς EEDI \leq Απαιτούμενος EEDI = $(1-X/100) \times$ Τιμή γραμμής Αναφοράς, όπου το X είναι ο παράγοντας μείωσης, όπως καθορίζεται στον παρακάτω πίνακα για τον απαιτούμενο EEDI έναντι του EEDI της γραμμής αναφοράς.

Πίνακας: Παράγοντας X για τους διάφορους τύπους πλοίων, ανάλογα με την φάση που χτίστηκε αυτό.

Ship type	Size in GT	Phase 0 1 Jan 2013 – 31 Dec 2014	Phase 1 1 Jan 2015 – 31 Dec 2019	Phase 2 1 Jan 2020 – 31 Dec 2024	Phase 3 1 Jan 2025 and onwards
Cruise passenger ships ⁴	25.000 – 85.000	n/a	0-5	0-20	0-30
Ro-Ro passenger ships	1.000 – 4.000	n/a	0-5	0-20	0-30

Ship type	Size in DWT	Phase 0 1 Jan 2013 – 31 Dec 2014	Phase 1 1 Jan 2015 – 31 Dec 2019	Phase 2 1 Jan 2020 – 31 Dec 2024	Phase 3 1 Jan 2025 and onwards
Bulk carriers	10.000 – 20.000	n/a	0-10	0-20	0-30
Tankers	2.000 – 10.000	n/a	0-10	0-20	0-30
Gas carriers	4.000 – 20.000	n/a	0-10	0-20	0-30
Container ships	10.000 – 15.000	n/a	0-10	0-20	0-30
General cargo ships	3.000 – 15.000	n/a	0-10	0-20	0-30
Refrigerated cargo ships	3.000 – 5.000	n/a	0-10	0-20	0-30
Combined carrier	4.000 – 20.000	n/a	0-10	0-20	0-30
Vehicle / car carriers ²	10.000 and above	n/a	5	15	30
Ro-Ro cargo ships	1.000 – 2.000	n/a	0-5	0-20	0-30
LNG carriers ³	10.000 and above	n/a	10	20	30



Εικόνα: Ro-Ro passenger ship Blue Star Delos.

Ο συντελεστής μείωσης θα βρίσκεται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των δύο τιμών, εξαρτώμενος από το μέγεθος του σκάφους. Η χαμηλότερη τιμή του συντελεστή μείωσης να εφαρμόζεται στο μικρότερο μέγεθος πλοίου. Οι τιμές της γραμμής αναφοράς ανά τύπο πλοίου υπολογίζονται σύμφωνα ε τα αναφερόμενα στο Κεφάλαιο 2. Εάν η σχεδίαση του πλοίου επιτρέπει σε αυτό να περιέλθει σε περισσότερους του ενός από τους ανωτέρω τύπους σκαφών, ο απαιτούμενος EEDI για το πλοίο θα είναι ο πιο αυστηρός (ο χαμηλότερος) απαιτούμενος EEDI.

Για κάθε σκάφος, στο οποίο η παρούσα απαίτηση εφαρμόζεται, η εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης πρέπει να μην είναι λιγότερη από την ισχύ πρόωσης που απαιτείται για να διατηρήσει την ικανότητα ελιγμών του πλοίου υπό δυσμενείς συνθήκες, όπως καθορίζεται στις οδηγίες που θα αναπτυχθούν από την IMO. Στην αρχή της Φάσης 1, και στο μέσο της Φάσης 2 η οργάνωση θα αναθεωρήσει τη κατάσταση των τεχνολογικών εξελίξεων και εάν κριθεί απαραίτητο θα τροποποιήσει τα χρονικά διαστήματα, τους παραμέτρους των σχετικών γραμμών αναφοράς και τους ρυθμούς μείωσης, όπως αναφέρθηκαν ανωτέρω.

3.3 Πλοία εφαρμογής.

Η εφαρμογή του EEDI θα ισχύσει για όλα τα σκάφη με ακαθάριστη χωρητικότητας (gross tonnage) 400 τόνων και άνω όπως έχει αναφερθεί. Ακόμα η απαίτηση δεν θα ισχύσει για τα πλοία, που έχουν ηλεκτροπρόωση, πρόωση με στρόβιλο ή υβριδικά συστήματα πρόωσης, έως ότου εκδοθούν οδηγίες για τη μέθοδο υπολογισμού του Επιτευχθέντος EEDI και καθιερωθούν γραμμές αναφοράς EEDI αυτών των σκαφών. Επίσης δεν θα ισχύσει για τα μεμονωμένα σκάφη που συμμετέχουν απλώς σε ταξίδια μέσα σε ύδατα υποκείμενα στην κυριαρχία ή στην αρμοδιότητα του κράτους, με τη σημαία του οποίου αυτά έχουν δικαίωμα να ταξιδέψουν. Τα κράτη μέλη της MARPOL έχουν όμως την υποχρέωση να εξασφαλίζουν με την εφαρμογή

κατάλληλων μέτρων, ότι τα πλοία κατασκευάζονται και ενεργούν με τρόπο σύμφωνα με τις εν λόγω απαιτήσεις, όσο είναι δυνατό και εφαρμόσιμο.

Κατά παρέκκλιση των προβλεπόμενων, οποιαδήποτε Αρχή (σημαία) μπορεί να παραιτηθεί από την απαίτηση συμμόρφωσης ενός πλοίου με την σχετική απαίτηση του EEDI. Η εξαίρεση αυτή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα τέσσερα χρόνια, από την ημερομηνία κανονικής εφαρμογής των απαιτήσεων του EEDI (Ιανουάριος 2013). Η Αρχή η οποία επιτρέπει την εφαρμογή της ανωτέρω εξαίρεσης ή που αναστέλλει, ανακαλεί ή αρνείται την εφαρμογή της, σε ένα πλοίο που φέρει τη σημαία της, ανακοινώνει τη σχετική απόφαση στον IMO, για ενημέρωσή των μερών της MARPOL.

3.4 Διαδικασία επιθεώρησης & πιστοποίησης.

Τα σκάφη για τα οποία εφαρμόζεται ο κανονισμός του EEDI, υπόκεινται στις επιθεωρήσεις που αναφέρονται παρακάτω:

- a. Μια αρχική επιθεώρηση, πριν το νέο πλοίο τεθεί σε υπηρεσία και πριν από την έκδοση του Διεθνούς Πιστοποιητικού Ενεργειακής Αποδοτικότητας αυτού. Η επιθεώρηση θα επιβεβαιώνει ότι ο Επιτευχθείς EEDI του πλοίου είναι σύμφωνος με τις σχετικές απαιτήσεις.
- b. Μια γενική ή μερική επιθεώρηση, ανάλογα με την περίπτωση, μετά από μια μεγάλη μετασκευή του σκάφους. Η επιθεώρηση θα εξασφαλίζει ότι ο Επιτευχθείς EEDI υπολογίζεται εκ νέου και ικανοποιεί τις απαιτήσεις, με το ποσοστό μείωσης που εφαρμόζεται στο συγκεκριμένο τύπο και μέγεθος του μετατρεπόμενου πλοίου, στη Φάση που αντιστοιχεί στην ημερομηνία του συμβολαίου ή τοποθέτηση της καρίνας ή παράδοσης, όπως καθορίζονται για το αρχικό πλοίο).
- c. Σε περιπτώσεις όπου μια σημαντική μετατροπή ενός νέου ή υπάρχοντος πλοίου είναι τόσο εκτενής, που το πλοίο θεωρείται από την Αρχή (σημαία) ως πρόσφατα κατασκευασμένο, η Αρχή (σημαία) θα καθορίσει την ανάγκη για αρχική επιθεώρηση του Επιτευχθέντος EEDI. Μια τέτοια επιθεώρηση, εάν κριθεί απαραίτητη θα εξασφαλίζει ότι ο Επιτευχθείς EEDI υπολογίζεται και καλύπτει τις σχετικές απαιτήσεις, με το ποσοστό μείωσης που εφαρμόζεται στο συγκεκριμένο τύπο και μέγεθος του μετατρεπόμενου πλοίου, στη Φάση που αντιστοιχεί στην ημερομηνία του συμβολαίου μετατροπής ή έναρξης της μετατροπής.

Ένα **Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Αποδοτικότητας** για το πλοίο θα εκδίδεται μετά από επιθεώρηση, σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις, πριν αυτό μπορεί να συμμετέχει σε ταξίδια, σε λιμένες ή παράκτιους τερματικούς σταθμούς, κάτω από την αρμοδιότητα άλλων Συμβαλλόμενων Μερών. Το πιστοποιητικό θα εκδίδεται ή θα επικυρώνεται είτε από την Αρχή είτε οποιαδήποτε οργάνωση που εξουσιοδοτείται κατάλληλα για αυτό. Σε κάθε περίπτωση, η Αρχή φέρει την πλήρη ευθύνη για το πιστοποιητικό.

3. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ EEDI

Ένα Συμβαλλόμενο Μέρος μπορεί, κατά απαίτηση της Αρχής, να αναγκάσει ένα πλοίο να επιθεωρηθεί και εάν διαπιστώσει ότι τηρούνται οι σχετικές διατάξεις, να εκδώσει ή να εξουσιοδοτήσει την έκδοση ενός Διεθνούς Πιστοποιητικού Ενεργειακής Αποδοτικότητας στο πλοίο και όπου απαιτείται να επικυρώσει ή να εξουσιοδοτήσει για επικύρωση αυτού του πιστοποιητικού στο σκάφος. Ένα αντίγραφο του πιστοποιητικού και ένα αντίγραφο της αναφοράς επιθεώρησης θα διαβιβάζονται, το συντομότερο δυνατόν, στην αιτούσα Αρχή. Ένα πιστοποιητικό που εκδίδεται έτσι, θα περιέχει μια αναφορά στο γεγονός ότι έχει εκδοθεί κατά απαίτηση της Αρχής και θα έχει την ίδια δύναμη και την ίδια αναγνώριση με το πιστοποιητικό που εκδίδεται από την Αρχή. Κανένα Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Αποδοτικότητας δεν θα εκδίδεται για πλοίο, που έχει καθοριστεί να φέρει τη σημαία ενός κράτους που δεν είναι Συμβαλλόμενο Μέρος.

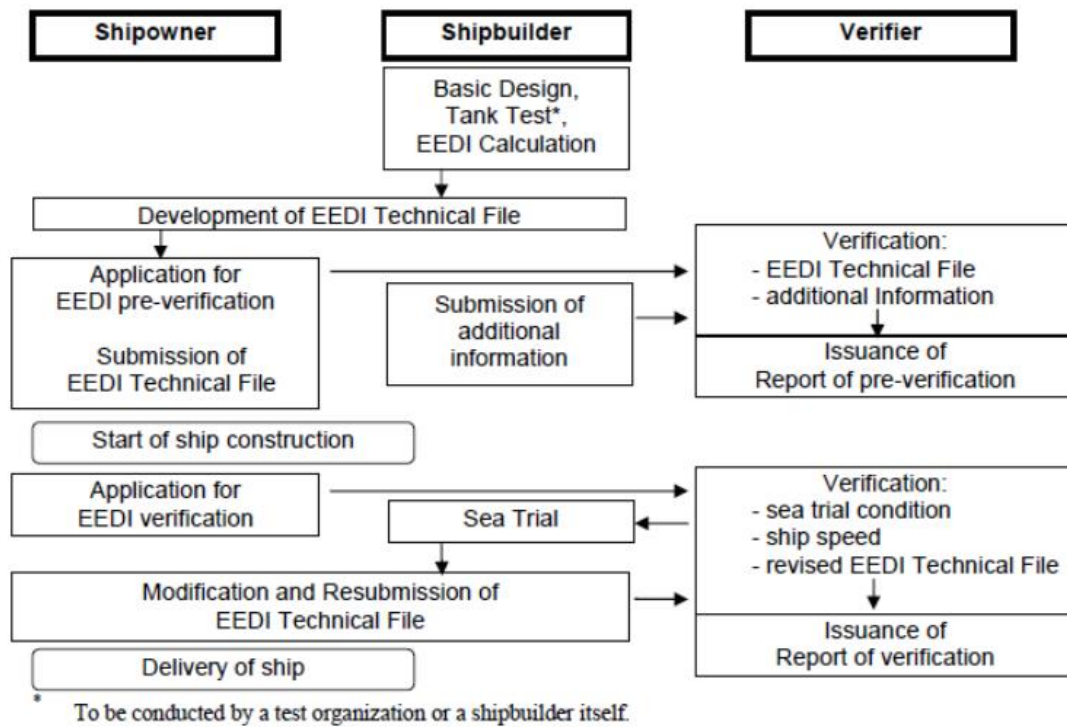
Το Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Αποδοτικότητας θα συντάσσεται σε μια μορφή που αντιστοιχεί στο υπόδειγμα του σχετικού κανονισμού και θα είναι τουλάχιστον στα Αγγλικά, Γαλλικά ή Ισπανικά. Εάν μια επίσημη γλώσσα της χώρας έκδοσης χρησιμοποιείται επίσης, αυτή θα επικρατεί σε περίπτωση διαφωνίας. Το Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Αποδοτικότητας θα ισχύει καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του πλοίου, υποκείμενο στις διατάξεις της παρακάτω παραγράφου.

Ένα Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Αποδοτικότητας παύει να ισχύει σε οποιοσδήποτε από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- a. Εάν το πλοίο αποσύρεται από την υπηρεσία ή ένα νέο πιστοποιητικό εκδίδεται μετά από σημαντική μετασκευή του πλοίου.
- b. Εφόσον γίνει αλλαγή σημαίας του πλοίου σε σημαία άλλου Κράτους. Νέο πιστοποιητικό εκδίδεται μόνον όταν η Κυβέρνηση, η οποία εκδίδει το νέο πιστοποιητικό είναι απόλυτα ικανοποιημένη ότι το πλοίο βρίσκεται σε πλήρη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις των σχετικών κανονισμών. Σε περίπτωση αλλαγής σημαίας μεταξύ Μερών, αν ζητηθεί εντός 3 μηνών μετά την πραγματοποίηση της αλλαγής, η Κυβέρνηση του Μέρους του οποίου έφερε τη σημαία πριν το πλοίο πρέπει να διαβιβάσει το συντομότερο δυνατόν στην Αρχή αντίγραφο του πιστοποιητικού που έφερε το πλοίο πριν την αλλαγή σημαίας και εφόσον είναι διαθέσιμα, αντίγραφα των εκθέσεων επιθεώρησης.

Τέλος ένα πλοίο όταν βρίσκεται σε λιμένα ή παράκτιο τερματικό σταθμό ενός άλλου Μέρους υπόκειται σε επιθεώρηση από αξιωματούχους δεόντως εξουσιοδοτημένους από το Μέρος αυτό, προκειμένου διαπιστωθεί η συμμόρφωση του με τους σχετικούς κανονισμούς. Κάθε τέτοια επιθεώρηση πρέπει να εξασφαλίζει ότι υπάρχει στο πλοίο το Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Αποδοτικότητας.

3. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ EEDI

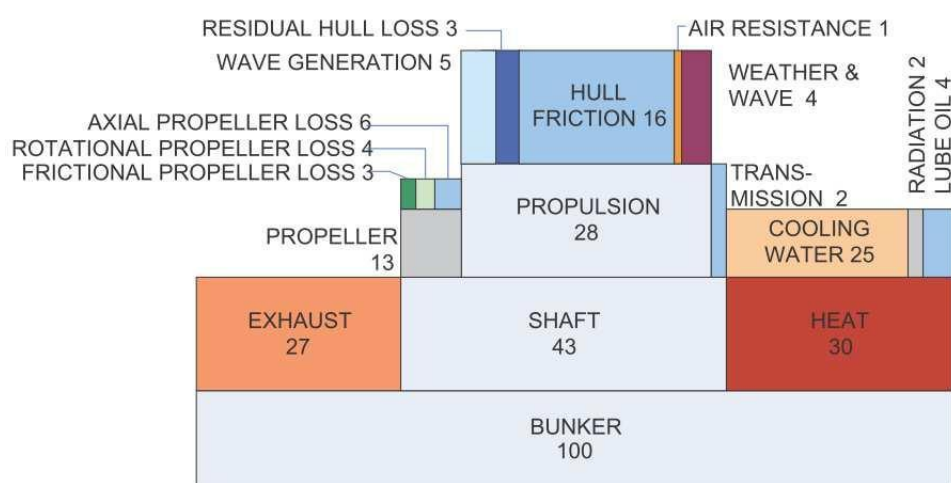


Εικόνα: Βασική ροή διαδικασίας πιστοποίησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΥΤΩΝ

4.1 Εισαγωγικά

Από την ενέργεια του καυσίμου που εισέρχεται στις κύριες μηχανές του πλοίου, μόνο ένα μέρος αυτής καταλήγει στην πραγματικότητα να παράγει ενέργεια πρόωσης. Αυτό φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, η οποία αντιπροσωπεύει ένα μικρό καλά διατηρημένο φορτηγό πλοίο, που κινείται περίπου με 15 κόμβους και με πρωραίο άνεμο 6 Beaufort.



Εικόνα: Κατανομή ενέργειας εντός του πλοίου.

Σε αυτό το διάγραμμα, η κάτω ράβδος αντιπροσωπεύει την εισερχόμενη ενέργεια (bunkers) από το καύσιμο στην κύρια μηχανή. Το 43% της ενέργειας του καυσίμου μετατρέπεται σε ισχύ στον άξονα, ενώ το υπόλοιπο της ενέργειας χάνεται στα καυσαέρια ή στις απώλειες θερμότητας. Λόγω περαιτέρω απωλειών στην έλικα και στο σύστημα μετάδοσης, μόνο το 28% της ενέργειας από το καύσιμο που τροφοδοτείται στην κύρια μηχανή παράγει ώθηση πρόωσης σε αυτό το παράδειγμα. Το υπόλοιπο της ενέργειας καταλήγει ως θερμότητα, καυσαέρια και απώλειες στο σύστημα μετάδοσης και στην έλικα. Η πλειοψηφία αυτού του παραμένοντος 28% δαπανάται για να υπερνικήσει το πλοίο την τριβή τους σκάφους, ενώ το υπόλοιπο της ενέργειας δαπανάται για την υπέρβαση την αντίσταση του καιρού και του αέρα, καθώς και τις υπόλοιπες απώλειες. Οι παραπάνω μορφές απωλειών ισχύουν για όλους τους τύπους πλοίων, με διαφορετικά ποσοστά ανά πλοίο. Επιπλέον της ενέργειας του καυσίμου που εισέρχεται στις κύριες μηχανές ενός πλοίου, εισέρχεται η ενέργεια των καυσίμων που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία των βοηθητικών μηχανών.

Οι τεχνολογίες ή συσκευές εξοικονόμησης ενέργειας στοχεύουν στον περιορισμό των απωλειών ενέργειας, που παρουσιάστηκαν στην παραπάνω κατανομή της ενέργειας του χρησιμοποιούμενου καυσίμου. Υπάρχουν ποικίλες καινοτομίες εξοικονόμησης ενέργειας και τα

4.ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΥΤΩΝ

χαρακτηριστικά αυτών καθορίζουν τον τρόπο ενσωμάτωσης των αποτελεσμάτων τους στον υπολογισμό του Επιτευχθέντος EEDI.

Για τον υπολογισμό αυτών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- ❖ Όσες έχουν ήδη επηρεάσει άλλες παραμέτρους του τύπου υπολογισμού του EEDI, δεν πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ξανά στον υπολογισμό του, έτσι ώστε να αποφευχθεί η διπλή καταμέτρηση.
- ❖ Πρέπει να θεωρείται ότι χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της συνήθους κατάστασης εν πλω.
- ❖ Όπου ενεργεί ο συνδυασμός πάνω από δύο συσκευών ή/και τεχνολογιών, η συνολική επίδραση των εν λόγω συνδυασμών θα πρέπει να αφαιρείται μόνο μια φορά, επειδή το άθροισμα του αποτελέσματος των αντίστοιχων συσκευών ή /και τεχνολογιών, δεν μπορεί να είναι ίσο με τη συνολική επίδραση των εν λόγω συνδυασμού.

Επιπλέον θα αναφερθούν πρακτικές όπως τις προτείνει ο IMO στο SEEMP. Η ανάλυση αυτή, πέρα από το θεωρητικό υπόβαθρο, θα εμπλουτιστεί με στοιχεία όπως η προβλεπόμενη μείωση καυσίμου που θα επιφέρει κάθε πρόταση, το εκτιμώμενο αρχικό κόστος καθώς επίσης και ο αριθμός των περιπτώσεων που έχουν εφαρμόσει καθεμία από αυτές. Κάποια από τα στοιχεία θα χρησιμοποιηθούν στο επόμενο κεφάλαιο για την ανάλυση που θα πραγματοποιηθεί. Τα στοιχεία αυτά έχουν προκύψει αφενός από βιβλιογραφικά στοιχεία και δημοσιεύσεις εταιρειών και οργανισμών και αφετέρου από απευθείας επικοινωνία με τις εκάστοτε εταιρείες που διαθέτουν τις βελτιωτικές μεθόδους και τον απαραίτητο σχετικό εξοπλισμό στην αγορά.

4.2 Τεχνολογίες που αφορούν την ενεργειακή αποδοτικότητα νεόκτιστων πλοίων κυρίως.

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται μόνιμες τεχνολογίες ενεργειακής αποδοτικότητας οι οποίες έχουν αλληλεπίδραση με τον συνδυασμό των **P** και **V**. Συνήθως είναι μια βελτιωμένη σχεδίαση γάστρας και έλικας, νέου τύπου έλικα και πηδάλιο και οποιαδήποτε συσκευή/ τεχνολογία μειώνει τη συνολική αντίσταση του πλοίου. Με την εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών, η συνολική αντίσταση του πλοίου μειώνεται και/ή η αποδοτικότητα του συστήματος πρόωσης βελτιώνεται. Έτσι πραγματοποιείται μετατόπιση της καμπύλης ισχύος δεξιότερα της αρχικής. **Οι τεχνολογίες αυτές αφορούν κυρίως νεόκτιστα πλοία.**

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι παρακάτω καινοτόμες τεχνολογίες [10] :

1) Βάρος κενού σκάφους (lightship) πλοίου.

Η χρήση κατασκευών με μικρό βάρος μειώνει το συνολικό βάρος του πλοίου (lightweight). Σε τμήματα της κατασκευής που δεν συμβάλλουν στην ολική αντοχή του πλοίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το αλουμίνιο ή κάποιο άλλο ελαφρύ μέταλλο, για

μείωση του βάρους της μεταλλικής κατασκευής. Σε ένα συμβατό πλοίο το βάρος του χάλυβα μπορεί να μειωθεί κατά 5-20%, αναλόγως του ποσοστού του χάλυβα υψηλής αντοχής που χρησιμοποιείται. Μια μείωση κατά 20% στο βάρος του χάλυβα μπορεί να επιφέρει μείωση της απαίτησης ισχύος πρόωσης κατά 9% περίπου. Ωστόσο, μια αποταμίευση κατά 5% είναι πιο ρεαλιστική, καθώς χάλυβες υψηλής αντοχής χρησιμοποιούνται ήδη σε κάποιο βαθμό σε πολλές περιπτώσεις.

2) Βελτιστοποίηση κυρίων διαστάσεων.

Η εύρεση του βέλτιστου μήκους και του συντελεστή C_b έχει μεγάλη επίδραση στην αντίσταση του πλοίου. Μεγάλος λόγος L/B σημαίνει ότι το πλοίο θα έχει απαλές γραμμές και χαμηλή αντίσταση κυματισμού. Από την άλλη πλευρά όταν αυξάνεται το μήκος αυξάνεται και η βρεχόμενη επιφάνεια, η οποία μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στη συνολική αντίσταση.

Ένας μεγάλος συντελεστής εκτοπίσματος C_b κάνει τις γραμμές της γάστρας πολύ απότομες και οδηγεί σε αυξημένη αντίσταση. Με τη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς του σκάφους σε ήρεμο νερό, είναι δυνατό να επιτευχθεί μείωση των καυσίμων κατά 5-20%. Η συμπεριφορά όμως σε κατάσταση κυματισμού μεταβάλλεται αρκετά μεταξύ των πλοίων. Η προσθήκη 10-15% επιπλέον μήκους σε ένα τυπικό δεξαμενόπλοιο μπορούν να μειώσουν τη απαίτηση ισχύος περισσότερο από 10%.

3) Επιμήκυνση της πρυμναίας ισάλου.

Είναι δυνατή η επιμήκυνση της πρύμνης του πλοίου με την τοποθέτηση μιας “φτερούγας” πίσω από αυτή, μήκους συνήθως 3-6 μέτρων. Βασική ιδέα της κατασκευής είναι να επιμηκύνει την ενεργή ίσαλο γραμμή και να καταστεί το βρεχόμενο μέρος του ποδοστήματος μικρότερο. Αυτό έχει θετικές επιπτώσεις στην αντίσταση του πλοίου. Με την κατασκευή αυτή δύναται να επιτευχθεί 4-10% χαμηλότερη απαίτηση ισχύος πρόωσης, που αντιστοιχεί σε βελτίωση κατά 3-7% στη συνολική κατανάλωση ενέργειας για ένα τυπικό οχηματαγωγό.

4) Σχήμα πτέρνας της τρόπιδας.

Η πτέρνα της τρόπιδας (skeg) θα πρέπει να σχεδιάζεται για να κατευθύνει τη ροή ομοιόμορφα στο δίσκο της έλικας. Σε χαμηλότερες ταχύτητες είναι συνήθως ωφέλιμο να υπάρχει περισσότερος όγκος στο κάτω μέρος του skeg και όσο το δυνατόν λεπτότερο πάνω από τον ελικοφόρο άξονα. Στο πίσω μέρος του skeg η ροή θα πρέπει να επικολλάται σε αυτό, αλλά με όσο το δυνατό χαμηλή ταχύτητα ροής. Με καλό σχεδιασμό, μπορεί να επιτευχθεί 1,5% -2% χαμηλότερη απαίτηση ισχύος, η οποία αντιστοιχεί σε βελτίωση κατανάλωσης μέχρι 2% για ένα containership. Ακόμα νέες

τεχνικές σχεδίασης εμφανίζονται τον τελευταίο καιρό απασχολώντας μεγάλους οργανισμούς (π.χ. Lloyds, DNV-GI)

5) Διάταξη των ελικοφόρων αξόνων.

Οι ελικοφόροι άξονες πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένοι σε υδροδυναμική κατεύθυνση. Επιπλέον τα στηρίγματα αυτών πρέπει να έχουν υδροδυναμικό σχήμα. Διαφορετικά αυξάνεται η αντίσταση και η ροή στην έλικα διαταράσσεται. Μέχρι 3% διαφορά στην απαίτηση ισχύος, μπορεί να επιτευχθεί, μεταξύ ενός κακού και ενός καλού σχεδιασμού, που αντιστοιχεί σε βελτίωση κατανάλωσης έως και 2% για ένα τυπικό οχηματαγωγό πλοίο.

6) Ελαχιστοποίηση των ανοιγμάτων του σκάφους.

Η διατάραξη της ροής του νερού από τα ανοίγματα στις σήραγγες του πρωραίου ωθητήρα και τα ανοίγματα των αναροφήσεων θαλάσσης μπορεί να είναι υψηλή. Ως εκ τούτου, είναι ευεργετική η εγκατάσταση ενός χτενιού πίσω από το κάθε άνοιγμα. Εναλλακτικά, ένα πλέγμα που είναι κάθετο με την τοπική διεύθυνση της ροής μπορεί να εγκατασταθεί. Η θέση του ανοίγματος είναι επίσης σημαντική. Ο καλός σχεδιασμός όλων των ανοιγμάτων, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θέση μπορεί να δώσει έως και 5% χαμηλότερη απαίτηση κατανάλωσης ενέργειας, σε σχέση με τους κακούς σχεδιασμούς, η οποία αντιστοιχεί σε βελτίωση της συνολικής κατανάλωση ενέργειας περίπου κατά 5%.

7) Χρήση Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG).

Η χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου (Liquefied Natural Gas-LNG) φαίνεται να γίνεται ιδιαίτερα δημοφιλής τα τελευταία χρόνια τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ασία και τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Υπολογίζεται ότι κατά το έτος 2010, γύρω στο 9% του παραγόμενου ανά τον κόσμο αερίου μεταφέρθηκε μέσω της ναυτιλίας, δηλαδή μέσω των άνω των 350 ειδικά διαμορφωμένων δεξαμενόπλοιων (Barry Rogliano Salles, 2012). Υπάρχουν τρεις βασικοί λόγοι, οι οποίοι συντελούν στην ανάδειξη του υγροποιημένου αερίου ως ένα από τα προσφιλή καύσιμα του μέλλοντος.

- 1) Η χρήση LNG μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των οξειδίων του θείου κατά 90-95% και σε μείωση 80% των οξειδίων του αζώτου, συμβαδίζοντας με τις απαιτήσεις που έχει θέσει ο IMO.
- 2) Μείωση 20-25% μπορεί να επιτευχθεί στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, με την προϋπόθεση ότι δεν θα υπάρξει διαρροή μεθανίου κατά τον ανεφοδιασμό καυσίμων.

- 3) Το κόστος του LNG αναμένεται να είναι μικρότερο σε σχέση με τα υπόλοιπα που προϋπάρχουν στον κλάδο λαμβάνοντας υπόψη τόσο την παρούσα τιμή σε Ευρώπη και Ηνωμένες Πολιτείες όσο και τη μικρή κλίμακα διασπορά του καυσίμου (Germanischer Lloyd, 2012).

Μη χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), ως καύσιμο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας, λόγω της χαμηλότερης ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση του πλοίου. Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση προέρχονται από την εξάλειψη της απαίτησης διαχωρισμού και θέρμανσης του βαρέως πετρελαίου (HFO). Το κρύο LNG στους -162°C μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες κλιματισμού του πλοίου, προκειμένου εξοικονομηθεί η ισχύς των αντίστοιχων συμπιεστών. Η εξοικονόμηση της συνολικής ενέργειας μπορεί να φτάσει μέχρι 4% για ένα τυπικό οχηματαγωγό. Για λειτουργία εν πλω με ταχύτητα 22 kn, η διαφορά στο ηλεκτρικό φορτίο είναι περίπου 380 kW, το οποίο έχει σημαντική επίδραση στις εκπομπές καυσαερίων.

Ωστόσο, άλλες ευρωπαϊκές πηγές αναφέρουν μεγάλη αβεβαιότητα για τον τρόπο που θα διαμορφωθεί τελικά η τιμή του LNG, αφού μέχρι στιγμής οι προμηθευτές αερίου δεν προχωρούν σε επενδύσεις σε εγκαταστάσεις εξαιτίας της χαμηλής ζήτησης, ενώ οι πλοιοκτήτες αντίστοιχα θέτουν το ζήτημα της μη επάρκειας φυσικού αερίου για τροφοδοσία (περιορισμένος αριθμός αν εφοδιαστικών κέντρων).

Μέχρι στιγμής στην Ευρώπη υπάρχουν μεγάλοι σταθμοί εισαγωγής αερίου στο Ηνωμένο Βασίλειο, στην Ολλανδία, στο Βέλγιο και αναμένεται μέχρι το 2020 να δημιουργηθούν ακόμα στη Γαλλία, στη Φινλανδία, στη Γερμανία, στην Πολωνία και στις χώρες της Βαλτικής και τις Μεσογείου. Ωστόσο, τέτοιοι σταθμοί εξυπηρετούν κυρίως το δίκτυο αερίου και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδότηση των πλοίων. Για την επίτευξη του δεύτερου χρειάζεται η εφαρμογή στρατηγικών τροφοδότησης από πλοίο σε πλοίο (STS) για ποσότητες άνω των 100 m^3 , από φορτηγό σε πλοίο (TTS) για ποσότητες μέχρι 200 m^3 αλλά και μέσω αγωγών (TPS) για μεγαλύτερες ποσότητες (Danish Maritime Authority, 2012).



Εικόνα : Πλοίο νέα τεχνολογίας LNG

8) Βελτιστοποίηση της αλληλεπίδρασης έλικας και σκάφους.

Η έλικα και το πλοίο αλληλοεπιδρούν. Η επιτάχυνση του νερού που οφείλεται στη δράση της έλικας μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στην αντίσταση του πλοίου ή των εξαρτημάτων. Η επίδραση αυτή μπορεί σήμερα να προβλεφθεί και να αναλυθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια, με τη χρήση υπολογιστικών τεχνικών. Επανασχεδιασμός της γάστρας, των εξαρτημάτων και της έλικας ως σύνολο, οδηγεί σε βελτίωση των επιδόσεων έως και 4%.

9) Αντιστρεφόμενες έλικες.

Οι ομοαξονικές αντίστροφα περιστρεφόμενες έλικες είναι μια συσκευή για ανάκτηση μέρους της ενέργειας περιστροφής. Για την αποφυγή προβλημάτων σπηλαιώσης, η πίσω έλικα συνήθως έχει μικρότερο διάμετρο από την μπροστινή. Η οπίσθια έλικα, συνεπώς, δεν λειτουργεί στο πλήρες πεδίο της περιστρεφόμενης ροής από την εμπρόσθια έλικα. Επιπλέον, η περίπλοκη διάταξη του αξονικού συστήματος έχει ως αποτελέσματα την αύξηση των μηχανικών απωλειών, οι οποίες αναιρούν μέρος από το κέρδος που προκύπτει από την ανάκτηση της ενέργειας περιστροφής. Έχει επίσης αναφερθεί ότι οι μειωτήρες των αντίστροφα περιστρεφόμενων ελίκων μπορεί να εμφανίσουν προβλήματα. Έχουν αναφερθεί κέρδη σε κατανάλωση ενέργειας με εύρος από 6% έως 20%. Από δύο διαφορετικές πλήρους κλίμακας μετρήσεις έχουν αναφερθεί κέρδη 15% και 16%. Οι εν λόγω έλικες απαιτούν μικρή γραμμή άξονα και, συνεπώς, είναι κατάλληλες κατά κύριο λόγο για μονέλικά πλοία. Η διάταξη είναι ιδιαίτερα ευεργετική για έλικες σχετικά μεγάλου φορτίου και τα καλύτερα αποτελέσματα (υπό μορφή κατανάλωσης ενέργειας) έχουν βρεθεί σε γρήγορη φορτηγά πλοία, επιβατηγά οχηματαγωγά πλοία και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Η ανάλυση των απωλειών περιστροφικής ενέργειας δείχνει ότι η τα δυναμικά οφέλη που θα μπορούσαν να επιτευχθούν είναι περίπου 3-6%.

4.3 Βελτίωση απόδοσης των υπαρχόντων πλοίων, προτάσεις SEEMP.

Ολόκληρη η ναυτιλιακή βιομηχανία βρίσκεται αντιμέτωπη με πολλές προκλήσεις: το υψηλό κόστος καυσίμων, τις συνεχώς αυξανόμενες ρυθμίσεις(π.χ. EEDI) - και, ιδιαίτερα για τους εφοπλιστές, τη ζωτική ανάγκη να ληφθούν αντίμετρα για τον έλεγχο και τη μείωση του κόστους.

Γιατί κάθε πλοίο είναι διαφορετικό, με το δικό του λειτουργικό προφίλ, και ειδικά σχεδιασμένο για την διεκπεραίωση των συγκεκριμένων καθηκόντων του, δεν υπάρχει μία μοναδική λύση, ώστε ο στόλος να παραμένει στην πρώτη γραμμή των αγώνων. Ότι είναι αποτελεσματικό για ένα πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων μπορεί να μην είναι κατάλληλο για ένα δεξαμενόπλοιο και αντίστροφα. Ορισμένα από τα μέτρα που εφαρμόζονται είναι γρήγορα και άλλα είναι πιο περίπλοκα και χρονοβόρα. Κάποια από αυτά απαιτούν δεξαμενισμό και μπορεί

να χαρακτηρίζουν το πλοία ως μετασκευή και άλλα είναι λύσεις που μπορεί να θεωρηθούν αντιπαραγωγικά σε ορισμένες περιπτώσεις.

Παρακάτω παρατίθενται οι πιο ρεαλιστικές βελτιώσεις σύμφωνα με το SEEMP (IMO) και τον Germanischer Lloyd (GL) [3],[25],[34]:

1) Σχεδιασμός ταξιδιού-Πλοήγηση με τη χρήση μετεωρολογικών προβλέψεων (Weather routing)

Οι καιρικές συνθήκες, όπως ο κυματισμός, τα υδάτινα ρεύματα και ο άνεμος, έχουν πολύ σημαντική επίδραση στην κατανάλωση καυσίμου του πλοίου. Χαρακτηριστικά, μπορεί να ειπωθεί ότι η αντίσταση του πλοίου μπορεί να αυξηθεί έως και 50-100% όταν κινείται κόντρα στον καιρό σε σύγκριση με όταν αυτό πλέει σε ήρεμη θάλασσα.

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 υπόψη τις υπάρχουσες καιρικές συνθήκες κατά την διάρκεια του ταξιδιού.

Ο προσδιορισμός αυτός μπορεί να έχει ως στόχο:

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

Το weather routing πραγματοποιείται μέσω προηγμένων υπολογιστών, οι οποίοι συνδυάζουν δεδομένα από το ραντάρ του πλοίου, τις μετεωρολογικές προβλέψεις και τον εκάστοτε σχεδιασμό πλοήγησης και προτείνουν τη βέλτιστη διαδρομή στον καπετάνιο. Μελέτες εκ μέρους του IMO και GL αλλά και άλλων οργανισμών έχουν δείξει ότι η εφαρμογή ενός συστήματος weather routing μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου της τάξης του 0,5-4% κατά τον IMO. Επίσης έχουμε μείωση στην καθυστέρηση του πλοίου λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών. Η μείωση αυτή ανέρχεται σε 80%, ενώ επίσης έχουμε παρόμοια μείωση στα κόστη λόγω δομικών ζημιών σε επιμέρους τμήματα του πλοίου αλλά και φθορές στο φορτίο. Έπειτα από επικοινωνία με την εταιρεία AWT, δόθηκαν τα εξής κοστολογικά στοιχεία: Ενδεικτικό κόστος απόκτησης της άδειας χρήσης 400\$ και λειτουργικό κόστος 2640\$ ανά χρόνο. Η εν λόγω εταιρεία αποτελεί κορυφαία εταιρεία του κλάδου και έχει εφαρμόσει το παρόν λογισμικό σε πάνω από 3000 πλοία. Το κόστος απόκτησης ενός τέτοιου λογισμικού ανέρχεται σε 15000\$-100000\$ ανάλογα της ιδιαιτερότητας του προφίλ του πλοίου αλλά και τον αριθμό των εφαρμοζόμενων πλοίων μιας εταιρίας, καθώς επίσης και τον κατασκευαστή.

2) Βέλτιστη διαγωγή και ερματισμός πλοίου (Trim optimization).

Όταν το πρωραίο βύθισμα είναι διάφορο του πρυμναίου, τότε λέμε ότι το πλοίο δεν είναι ζυγοσταθμισμένο και τη διαφορά των δύο βυθισμάτων ονομάζουμε διαγωγή (trim). Η βελτιστοποίηση της διαγωγής του πλοίου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το βύθισμα, την ταχύτητα του πλοίου, την ισχύς προώσεως, την ταχύτητα του ανέμου, την κατάσταση της θάλασσας κ.α. Επίσης, ο σχεδιασμός των σύγχρονων πλοίων απαιτεί τη σε βάθος κατανόηση της υδροδυναμικής και τη τήρηση βάσης δεδομένων πειραμάτων και προσομοιώσεων CFD για καθένα από αυτά. Η βάση δεδομένων σε συνδυασμό με την εκάστοτε κατάσταση του πλοίου εν λειτουργία, αποτελούν τα στοιχεία, τα οποία είναι απαραίτητα για την εκτίμηση της βέλτιστης κάθε φορά διαγωγής του πλοίου.

Πολλές εταιρείες διαθέτουν λογισμικό βελτιστοποίησης διαγωγής στην αγορά. Μερικές από αυτές είναι οι Eniram, Green Steam, GL Group, Force Technology, Interschalt, και το διαθέσιμο λογισμικό κοστολογείτε γύρω στα 150.000\$. Επίσης, εκ των περίπου οκτακοσίων πλοίων που χρησιμοποιούν ένα από τα λογισμικά των παραπάνω εταιρειών, παρατηρήθηκε κατά μέσο όρο 1-5% (Fantom-ctech) μείωση στην κατανάλωση καυσίμου, με τα πλοία χύδην φορτίου και δεξαμενόπλοια να λαμβάνουν τις χαμηλότερες τιμές του εύρους.

Να σημειωθεί, ότι ο ερματισμός (ballasting) αποτελεί κοινή πρακτική για να επιτευχθεί η επιθυμητή διαγωγή του πλοίου και συνεπώς δεν θα εξετασθεί σαν ξεχωριστή πρακτική βελτιστοποίησης της κατανάλωσης. Ωστόσο, έχει ευρεθεί ότι η ελαχιστοποίησή του μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης της τάξης του 0,11%.

3) Βελτίωση χωρητικότητας των container.

Μερικά πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων που μεταφέρουν έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίσουν εκ νέου την ικανότητα φορτίου εντός ενός δεδομένου πλαισίου κανονισμών, επιτρέποντας τη μεταφορά των πρόσθετων container. Η βελτίωση των συσκευών αποθήκευσης (ημιαυτόματες και αυτόματες περιστρεφόμενες ασφάλειες) τα τελευταία χρόνια έχουν οδηγήσει την αύξηση του αριθμού των βαθμίδων φόρτωσης. Σε ορισμένα σκάφη, το ύψος του υπερστεγάσματος είναι αρκετό για να επιτρέψει επιπλέον βαθμίδες. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για πλοία κάθε ηλικίας, με σχετικά γρήγορη εφαρμογή της μεθόδου και άμεση απόσβεση (1-5 μήνες η απόσβεση και χρόνος προετοιμασίας 0-3 μήνες).

4) Αύξηση βυθίσματος.

Τα βυθίσματα σχεδίασης της κατασκευής ενός σκάφους μπορούν να αυξηθούν, με αποτέλεσμα να βελτιωθεί η χωρητικότητα και το deadweight. Το αποτέλεσμα είναι πιο αποτελεσματική λειτουργία του πλοίου, ειδικά για τους για τα containerhips που χρησιμοποιούνται για μεταφορά βαρέων container σε πιο χαμηλές ταχύτητες. Με την χωρητικότητα και το deadweight να αυξάνεται, την εγκατεστημένη ισχύ να παραμένει σταθερή, έχουμε υψηλότερη αποδοτικότητα καθώς η κατανάλωση ανά τόνο (DWT) μειώνεται. Επισημαίνω εδώ ότι η εφαρμογή αυτής της μεθόδου για Ice Class πλοία ενδέχεται να υποβαθμίσουν το πλοίο ή να λήξουν την πιστοποίηση αυτού ως Ice Classed. Η μέθοδος αυτή ταιριάζει σε όλες τις ηλικίες πλοίων, έχει σχετικά άμεση απόσβεση και εφαρμογή από την στιγμή που θα επιλεγεί(1-5 μήνες η απόσβεση και χρόνος προετοιμασίας 0-3 μήνες).

5) Εξειδικευμένη σχεδίαση διάταξης εμπορευματοκιβωτίων.

Εξέταση της επιτρεπόμενης διάταξης των container , ανάλογα με την περιοχή δράσης του πλοίου, δηλαδή μελέτη σύμφωνα με τα κύματα και τους ανέμους που θα επιβληθούν στο σκάφος. Αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερη ευελιξία και φορτωμένα εμπορευματοκιβώτια επί του σκάφους.

Παραδοσιακά, οι κανονισμοί διάταξης αναφέρονται γενικώς στα κύματα και ανέμους που έχουν βασιστεί σε συνθήκες διαδρομή του Βόρειου Ατλαντικού. Οι φόρμουλες υπολογισμού σύμφωνα με τις Αρχές, βασίζονται στις μέγιστες επιταχύνσεις που προκύπτουν, περιορίζοντας έτσι τις δυνατότητες διάταξης εμπορευματοκιβωτίων σε διαδρομές με πιο ήπιες καιρικές συνθήκες. Νέοι, καινοτομικοί υπολογισμοί επιτρέπουν τον εντοπισμό και την εκμετάλλευση πιο ευέλικτων σχεδίων διάταξης εμπορευματοκιβωτίων ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες.

Η μέθοδος είναι κατάλληλη για πλοία όλων των ηλικιών με πολύ γρήγορα αποτελέσματα στην απόσβεση της μεθόδου. Μπορεί να πραγματοποιηθεί σε όλες τις φάσεις που βρίσκεται το πλοίο με μια απλή προετοιμασία για την μελέτη που διαρκεί από 0-3 μήνες.

4) Ανύψωση του υπερστέγασματος.

Υπό ορισμένες συνθήκες, η ανύψωση του υπερστέγασματος μπορεί να είναι μια ελκυστική επιλογή για αύξηση της χωρητικότητας του καταστρώματος. Η επένδυση συνίσταται για σχετικά νέα πλοία ηλικίας 3-7 χρόνων και αποδίδει σε 3-5 χρόνια. Η μετασκευή γίνεται σε δεξαμενισμό και απαιτείται μελέτη 9-12 μήνες πριν εφαρμοστεί.

5) Επιμήκυνση του πλοίου.

Επιμήκυνση του σκάφους μπορεί να αυξηθεί σημαντικά τη φέρουσα μεταφορική ικανότητα. Αυτό οδηγεί σε πιο αποτελεσματική-αποδοτική λειτουργία του πλοίου. Η μέθοδος αναφέρεται σε διάφορους τύπους πλοίων, μέσης προς νεαρής ηλικίας. Χρειάζεται προετοιμασία με μελέτη 9-12 μήνες πριν, η μετασκευή γίνεται σε δεξαμενισμό (dry docking) και απόσβεση έχουμε σε 3-5 χρόνια.

6) Συντήρηση γάστρας.

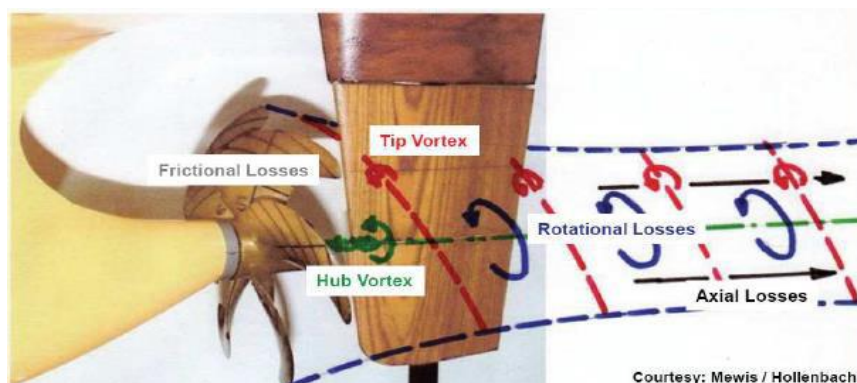
Για την συντήρηση-προστασία της γάστρας έχουμε εκτός από τους κλασικούς υποβρυχίους καθαρισμούς, τις αντιρρυπαντικές επιστρώσεις. Όσο αναφορά το κομμάτι των επιστρώσεων θα γίνει αρχικά μια επισκόπηση των σύγχρονων μεθόδων. Έτσι διακρίνουμε δύο μεγάλες κατηγορίες επιστρώσεων:[32]

1. **Οι αντιρρυπαντικές επιστρώσεις (Antifouling)**, οι οποίες χρησιμοποιούνται από το 90-95% των πλοίων, χρησιμοποιούν τον χαλκό και άλλα βιοκτόνα για να εξοντώσουν τους μικροοργανισμούς που προσκολλούνται στα ύφαλα του πλοίου. Αυτού του τύπου οι επιστρώσεις απελευθερώνουν σε 3-5 χρόνια τις τοξικές τους ουσίες, περίοδο κατά την οποία απαιτείται ξανά εφαρμογή τους. Λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο με τις απαγορευμένες από το 2001 επιστρώσεις τριβουτυλίνης, αλλά χρησιμοποιούν διαφορετικά βιοκτόνα από τον κασσίτερο. Τυπικές χρησιμοποιούμενες μορφές αντιρρυπαντικών επιστρώσεων είναι τα ελεγχόμενης διάλυσης πολυμερή (CDP), τα αυτοστιλπούμενα συμπολυμερή (SPC) και οι επιστρώσεις αποδέσμευσης ρύπων. Οι επιστρώσεις αποδέσμευσης ρύπων (Fouling Release), λειτουργούν με το σκεπτικό ότι οι ρύποι δεν προσκολλούνται εύκολα στα τοιχώματα και σε περίπτωση που αυτό γίνει, είναι εύκολο να απομακρυνθούν είτε με την κίνηση του πλοίου ή με έναν απλό καθαρισμό. Οι περισσότερες αυτών έχουν βάση τη σιλικόνη, ενώ άλλες χρησιμοποιούν **φλουοροπολυμερή**. Υπολογίζεται ότι περίπου ένα 10% των νέα κατασκευασμένων πλοίων θα χρησιμοποιήσουν επιστρώσεις αποδέσμευσης ρύπων.
2. Μια δεύτερη μεγάλη κατηγορία αποτελούν οι σκληρές, αδρανής, μη τοξικές επιστρώσεις (hard coatings). Αποτελούνται κυρίως από εποξικά, πολυεστέρες ή βινυλεστέρες. Ορισμένες από αυτές τις επιστρώσεις μπορούν να ενταχθούν στην κατηγορίας των σύνθετων κατεργαζόμενης επιφάνειας (STC), εξαιτίας της ικανότητάς τους να απαιτούν ελάχιστο καθαρισμό για την απομάκρυνση των ρύπων.

Όσον αφορά την επίστρωση, περίπου 500 πλοία έχουν κάνει χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας με τη μείωση στην κατανάλωση του καυσίμου να ανέρχεται στο 6-9% κατά μέσο όρο.

7) Βέλτιστη ροή γύρω από την προπέλα.

Η επιλογή της κατάλληλης προπέλας του πλοίου αποφασίζεται κατά κανόνα στο στάδιο του σχεδιασμού και κατασκευής αυτού. Ωστόσο, μεγάλη βελτίωση στην απόδοση μιας προπέλας μπορεί να προέλθει μέσω ρυθμίσεων και επεμβάσεων που στοχεύουν κυρίως στη μείωση του tip και hub vortex.



Εικόνα: Φαινόμενα γύρω από την προπέλα του πλοίου.

Τοποθέτηση εξαρτημάτων προ-στροβιλισμού (pre-swirl or ducts) μπορεί να επιφέρουν μέχρι και 5% εξοικονόμηση καυσίμων, ενώ εξαρτήματα μετά του στροβιλισμού τα πτερύγια πάνω στο καπάκι της έλικας και βολβοί πάνω στο πηδάλιο, όπως οι ονομαζόμενοι “Costa bulbs”, μπορεί να επιφέρουν μέχρι 2-3% εξοικονόμηση καυσίμων.

Ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και επιχειρησιακό τομέα, ποικίλες συσκευές εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να τοποθετηθούν για να βελτιωθεί η κατανομή της ταχύτητας του νερού προς την έλικα και να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες λόγω του στροβιλισμού στην εκροή της προπέλας. Οι συσκευές προ-στροβιλισμού στοχεύουν στη βελτίωση των συνθηκών εισροής στην έλικα. Οι δακτύλιοι (ducts) μπορεί να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα πρόωσης, π.χ. με τη βελτίωση της εισροής στην προπέλα. Οι συσκευές μετά-στροβιλισμού χρησιμοποιούνται για να ανακτηθεί τμήμα της περιστροφικής ενέργειας του ρευστού.

Οι μέθοδοι αυτοί είναι κατάλληλοι για όλα σχεδόν τα εμπορικά πλοία, κάθε ηλικίας και ειδικά για bulk carriers και tankers. Χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται σε 3-4 χρόνια. Πιο αναλυτικά παρουσιάζονται οι παρακάτω μέθοδοι για καλύτερη κατανόηση.

❖ *Boss cap fins*

Στη γενικότητά της, η πλήμνη μιας προπέλας δημιουργεί δίνες, οι οποίες οδηγούν σε απώλειες της κινητικής ενέργειας αλλά και σε αύξηση του ρίσκου ανάπτυξης σπηλαιώσης γύρω από αυτή. Η εγκατάσταση ισάριθμων με αυτά της προπέλας

4.ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΥΤΩΝ

πτερυγίων, μπορεί να οδηγήσει σε επανάκτηση της απολεσθείσας στροφικής ενέργειας. Η τεχνική αυτή αναπτύχθηκε από Ιάπωνες κατασκευαστές και άρθρα και μελέτες έχουν δημοσιευθεί από τις Mitsui O.S.K Lines Ltd., West Japan Fluid Engineering Laboratory Co Ltd. και Mikado Propeller Co Ltd. , οι οποίες έχουν από κοινού κατοχυρώσει και τα δικαιώματα της πατέντας (DNV-SDARI).

Σε έρευνα της DNV παρουσιάζονται τα παρακάτω ποσοστά μείωσης της κατανάλωσης για πλοίο με έρμα (ballast) και χωρίς.

Πίνακας: Ποσοστά μείωσης της κατανάλωσης με μέθοδο fins με έρμα και χωρίς.

Source	Ship type	Design draught	Ballast draught	Comments
HSVA /9/		3%		
Mewis and Hollenbach /4/		3%		
Mewis /1/		2-4%		
Gearhart and McBride /5/		5%		
ITTC /7/		5%		
Ship Propulsion Solutions /13/			2-4%	
Svardal and Mewis /23/			3-4%	

Το κόστος απόκτησης ανέρχεται στα περίπου 80.000\$, με την εταιρεία MOTech Mitsui O.S.K Techno-Trade Ltd να δηλώνει πως άνω των 2000 πλοίων έχουν εγκαταστήσει τα πτερύγια αυτά (DNV-SDARI).



Εικόνα : Boss cap fins.

❖ Αγωγός Mewis

Εφευρέθηκε από τον Friedrich Mewis για μονέλικα πλοία και η ανάπτυξη και κατασκευή του προϊόντος έγινε από την εταιρεία Becker Marine Systems, η οποία και το διαθέτει

4.ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΥΤΩΝ

στην αγορά. Αποτελείται από έναν συνδυασμό ενός αγωγού μικρότερου της προπέλας που τοποθετείται πριν από αυτήν και ενσωματωμένων ασύμμετρα τοποθετημένων περυγίων που βρίσκονται μέσα στον αγωγό. Με τον παραπάνω συνδυασμό επιτυγχάνεται η βελτίωση των χαρακτηριστικών της ροής αλλά και η δημιουργία αυτοπρόωσης. Ο εφευρέτης έχει δημοσιεύσει ότι η χρήση του αγωγού αυτού συνίσταται για πλοία με ταχύτητα κάτω των 21 κόμβων και συντελεστή προωστικής φόρτισης άνω του 1.00 (DNV-SDARI). Συνεπώς προτείνεται για πλοία χύδην και δεξαμενόπλοια φορτίου όλων των μεγεθών.

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, ο αγωγός επιτυγχάνει 6% μείωση της κατανάλωσης, με άλλες πηγές να δημοσιεύουν αποτελέσματα στο εύρος του 4-9% (DNV-SDARI). Το κόστος σχεδιασμού και αγοράς ενός αγωγού Mewis ανέρχεται σε 140.000\$ και 210.000\$ αντίστοιχα, ενώ δεν αναμένεται κάποια ιδιαίτερη επιβάρυνση κατά τον δεξαμενισμό για τη συντήρηση αυτού. Τέλος, να σημειωθεί ότι άνω των 400 πλοίων έχουν εφαρμόσει την παρούσα μέθοδο εξοικονόμησης.



Εικόνα: Mewis Duct Becker Marine Systems.

❖ *Ducted propeller*

Εφευρέθηκε το 1931 από τον Luigi Stipa και το 1934 από τον Ludwig Kort. Τα ακροφύσια τύπου Kort αποτελούνται από έναν δακτύλιο σε μορφή αεροτομής, ο οποίος βελτιστοποιεί τη ροή μέσα στην προπέλα. Υπάρχουν δύο τύποι τέτοιων ακροφυσίων, πιο γνωστά ως MARIN 19A και MARIN 31, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως κυρίως σε αλιευτικά πλοία. Η αύξηση της ταχύτητας του πλοίου προκαλεί αύξηση της

4.ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΥΤΩΝ

αντίστασης στο ακροφύσιο και κατά συνέπεια πτώση της απόδοσής του. Για αυτόν τον λόγο τα ακροφύσια χρησιμοποιούνται κυρίως σε πλοία αργής πλεύσης, όπως τα δεξαμενόπλοια και τα πλοία χύδην φορτίου.



Εικόνα: Ακροφύσιο προπέλας.

Βιβλιογραφικά μπορεί να διαπιστώσει κανείς ότι η τοποθέτηση ενός ακροφυσίου μπορεί να επιτύχει μείωση της κατανάλωσης καυσίμου της τάξης του 2-10%, με τις μέγιστες τιμές να παρουσιάζονται σε περιπτώσεις που το πλοίο πλέει ερματισμένο. Η Wartsila υποστηρίζει ότι το νέο της ακροφύσιο μπορεί να επιτύχει μείωση της τάξης του 10% σε ταχύτητες πλεύσης κοινές για πλοία χύδην φορτίου. Το συγκεκριμένο ακροφύσιο έχει κοστολογηθεί στα περίπου 150.000\$ (DNV-SDARI).

❖ *Costa bulb*

Το περύγιο συνεστραμμένης ροής (twisted flow rudder) μπορεί να αποτελέσει μέθοδο βελτίωσης της προωστικής αποδοτικότητας, αφού η συστροφή του πηδαλίου μπορεί να προσαρμόσει τη ροή από την προπέλα σε αυτό, μειώνοντας τη γωνία εισόδου της ροής στο πηδάλιο αλλά και ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα ανάπτυξης σπηλαιώσης.

Ο συνδυασμός του παραπάνω πηδαλίου με ένα εξάρτημα βολβοειδούς μορφής (Costa bulb) μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 2-4 % και κοστολογείται στα περίπου από 160.000\$-300.000\$. Η εφαρμογή ενός Costa bulb έχει γίνει σε άνω των 300 πλοίων (DNV-SDARI). Επίσης, το αντίστοιχο προϊόν από την εταιρεία Rolls-Royce Marine, το οποίο όμως προσφέρει και επανασχεδιασμό και τοποθέτηση προπέλας κοστολογείται στα 1.000.000\$ και έχει εφαρμοσθεί σε περίπου 30 πλοία, οδηγώντας σε μείωση της κατανάλωσης κατά 6-9%.

❖ *Αναχαιπιστικά ελάσματα διαγωγής (interceptor trim plates).*

Το αναχαιπιστικό (interceptor) είναι μια μεταλλική πλάκα που τοποθετείται κάθετα προς την πρύμνη του πλοίου, καλύπτοντας το μεγαλύτερο εύρος αυτής. Αυτή η πλάκα αλλάζει τη ροή στο πρυμναίο τμήμα του πλοίου προς τα κάτω, δημιουργώντας ένα παρόμοιο φαινόμενο ανύψωσης, όπως μια συμβατική σφήνα διαγωγής, λόγω της υψηλής πίεσης στην περιοχή πίσω από τις νεολικές. Επιφέρουν 1-5% χαμηλότερη απαίτηση ισχύος πρόωσης, που αντιστοιχεί σε βελτίωση έως και 4% της συνολικής ζήτησης ενέργειας για ένα τυπικό οχηματαγωγό πλοίο.

7) **Μετατροπή πρωραίου βολβού.**

Η αλλαγή βολβού με ένα βελτιωμένο σχέδιο μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη αντίσταση και για περίπου 3-6% εξοικονόμηση καυσίμων. Τρέχοντα λειτουργικά χαρακτηριστικά (ταχύτητα-βύθισμα) για πολλά σκάφη, αποκλίνουν σημαντικά από το προφίλ ή σχεδιασμό που καθορίζει τον αρχικό σχεδιασμό τους. Ως εκ τούτου, το προφίλ του κύτους του πλοίου δεν έχει βελτιστοποιηθεί για τις τρέχουσες εργασίες. Για τα υπάρχοντα πλοία, όπου οι βαθμοί ελευθερίας στις μετατροπές της μορφής του κύτους περιορίζονται σε σύγκριση με ένα νέο κατασκευαστικό έργο, μετασκευή του βολβού μπορεί να επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου.

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για όλα σχεδόν τα εμπορικά πλοία, κυρίως όμως για containerhips, ηλικίας μικρότερης αυτής των 10 ετών. Χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται σε 3-4 χρόνια.

8) **Μετατροπή έλικας.**

Αναβάθμιση σε έλικα υψηλής απόδοση μπορεί να επιφέρει περίπου 2-3% εξοικονόμηση καυσίμων. Με την μεταβολή των λειτουργικών χαρακτηριστικών σε διάφορες ταχύτητες συχνά οδηγούν σε μη-βέλτιστες συνθήκες για τα υπάρχοντα πλοία. Οι έλικες συνήθως έχουν σχεδιαστεί για μέγιστη ταχύτητα και χαμηλή σπηλαίωση. Η αλλαγή της έλικας με ένα αναβαθμισμένο σχεδιασμό εξασφαλίζει τη λειτουργία στη μέγιστη αποδοτικότητα.

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για όλα σχεδόν τα εμπορικά πλοία, κυρίως όμως για containerhips, ηλικίας μικρότερης αυτής των 10 ετών. Χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται σε 2-3 χρόνια.

9) Βελτιστοποίηση βοηθητικών συστημάτων.

Η βελτιστοποίηση των βοηθητικών συστημάτων σε πραγματικά επιχειρησιακά προφίλ οδηγεί σε σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Οι βοηθητικοί κινητήρες και τα συστήματα συχνά έχουν σχεδιαστεί για ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος ή το 100% του φορτίου του κινητήρα, γεγονός που σπάνια συμβαίνει. Τα μέτρα αυτά περιλαμβάνουν τον έλεγχο της ταχύτητας των αντλιών και ανεμιστήρων, στρατηγικές ελέγχου των συστημάτων ψύξης νερού, τον εξερισμό των δωματίων, επανασχεδιασμό των σωληνώσεων και οργάνων, τον προηγμένο υπολογισμό της κατανομής των θερμοκρασιών του αέρα/αερίων με μειωμένο εξερισμό και με βελτιστοποιημένα συστήματα εξερισμού.

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για όλα σχεδόν τα εμπορικά πλοία, κυρίως όμως για containerhips, ηλικίας μικρότερης αυτής των 12 ετών. Χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται σε 1-2 χρόνια.

10) De-rating κύριας μηχανής (Λειτουργία στη βέλτιστη ταχύτητα/ισχύ).

Ο πλέον εύκολος και διαδεδομένος τρόπος να επιτευχθεί μείωση της κατανάλωσης καυσίμου είναι η μείωση της ταχύτητας του πλοίου και κατ' επέκταση της απαιτούμενης ισχύος προώσεως. Ωστόσο, η απαιτούμενη ισχύς σχετίζεται με την ταχύτητα μέσω κυβικής εξάρτησης. Αυτό σημαίνει ότι μια μείωση της ταχύτητας κατά 10% αποφέρει μείωση της απαραίτητης ισχύος κατά 27%. Συνυπολογίζοντας ότι η μείωση αυτή θα οδηγήσει και σε αύξηση της διάρκειας του ταξιδιού κατά 11%, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως η μείωση της ταχύτητας κατά 10% οδηγεί σε μείωση της απαιτούμενης ισχύος κατά περίπου 19% κατά IMO.

Παρότι οι παραπάνω υπολογισμοί είναι ορθοί σε θεωρητικό επίπεδο, θα πρέπει να ειπωθεί πως πληθώρα προβλημάτων τεχνικής κυρίως φύσεως μπορούν να ανακύψουν κατά τη λειτουργία εκτός βέλτιστου φάσματος φορτίου (κάτω του 70% της μέγιστης συνεχούς λειτουργίας). Συγκεκριμένα, σε αυτά τα προβλήματα ανήκουν οι χαμηλότερες ροές αέρα και συνεπώς ελλιπής ψύξη, η αναποτελεσματική καύση, η διάβρωση από συμπυκνώματα αναθυμιάσεων καθώς επίσης και η ρύπανση του συστήματος αποβολής καυσαερίων και των στροβιλοσυμπιεστών.

Για την εξάλειψη των παραπάνω προβλημάτων έχουν υιοθετηθεί πολλές λύσεις, όπως η αποκοπή ενός από τους στροβιλοσυμπιεστές, ο επανασχεδιασμός του χρονισμού των βαλβίδων ή η αποδιαβάθμιση (de-rating) της κύριας μηχανής. Με το de-rating του κινητήρα προσφέρεται η δυνατότητα να αλλάξει η καθορισμένη μέγιστη ονομαστική συνεχής ισχύς MCR σε χαμηλότερα σημεία του φορτίου, με αποτέλεσμα την υψηλότερη απόδοση με μειωμένη την ειδική κατανάλωση πετρελαίου (SFOC) και την μείωση της μέγιστης ταχύτητας.

Η αποδιαβάθμιση μιας μηχανής επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση ενός επιπλέον κυλίνδρου σε αυτήν κατά κύριο λόγο αλλά και με την επίτευξη της βέλτιστης συνεργασίας της νέας μηχανής με την προπέλα (πιθανόν να χρειαστεί αύξηση της διαμέτρου αυτής). Από στοιχεία που δίδονται από τις δυο μεγαλύτερες κατασκευάστριες μηχανών (Wartsila, MAN) υπολογίζεται ότι μπορεί να προκύψει μείωση της τάξης του 2-6% κατά την αποδιαβάθμιση μιας δίχρονης μηχανής. Το κόστος είναι ανάλογο της μηχανής και υπολογίζεται από 500.000 \$ μέχρι 2.000.000\$ περίπου.

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για όλα σχεδόν τα εμπορικά πλοία, κυρίως όμως για containership και ηλικίες πλοίων κάτω από 10 χρόνια. Χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται σε 2-3 χρόνια.

11) Μετατροπή του κινητήρα για λειτουργία σε χαμηλότερες στροφές.

Τροποποίησης της κύριας μηχανής για λειτουργία σε χαμηλότερες στροφές, για παράδειγμα με αποκοπή του υπερσυμπιεστή και ρυθμίσεις στον τρόπο ψεκασμού των καυσίμων για τη βελτίωση της καύσης, μειώνεται το κόστος συντήρησης και η κατανάλωση καυσίμου.

Η λειτουργία του κινητήρα σε χαμηλά φορτία προκαλεί στους υπερσυμπιεστές λειτουργία κάτω από τη βέλτιστη επίπεδο, περιορίζοντας τις δυνατότητες εξοικονόμησης καυσίμων. Επιπλέον προκαλεί την παραγωγή άνθρακα από της παραδοσιακές βαλβίδες καυσίμου κατά την εξάμιση των αερίων, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση του κόστους συντήρησης. Τροποποιώντας τον κινητήρα για ταχύτητες τόσο χαμηλές όσο το 50% της ταχύτητας του σχεδιασμού μπορεί να αποτρέψει την ενδιάμεση βλάβη και αύξηση της αποτελεσματικότητας της καύσης, προκαλώντας σημαντική εξοικονόμηση καυσίμων. Πιθανά μέτρα περιλαμβάνουν αποκοπή του υπερσυμπιεστή, εγκατάσταση βαλβίδων καυσίμου ολίσθησης και ρύθμιση της λίπανσης κυλίνδρου.

Με ένα ευέλικτο turbocharger cut-off, επιτρέπει στους υπόλοιπους υπερσυμπιεστές να λειτουργούν σε υψηλότερες, πιο αποτελεσματικές στροφές. προσαρμόζεται λοιπόν σε αργές στροφές τις μηχανής, όταν χρειάζεται, ενώ διατηρεί την ικανότητά του να εκτελεί αποτελεσματικά σε υψηλότερες ταχύτητες και φορτία. Βαλβίδες καυσίμου τύπου ολίσθησης συνιστώνται ιδιαίτερα για μεγάλης κλίμακας, slow steaming, βελτιώνοντας τις διεργασίες καύσης και την εξάλειψη των εκροών του άνθρακα στα καυσαέρια.

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για όλα σχεδόν τα εμπορικά πλοία, κυρίως όμως για containerships με δίχρονο κινητήρα και με τουλάχιστον δύο turbochargers. Χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται σε 1-2 χρόνια.

12) LNG καύσιμό.

Μια μετατροπή του πλοίου για δυνατότητα διπλού καυσίμου μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά οικονομικά οφέλη όταν οι πράξεις περιλαμβάνουν ταξίδια σε περιοχές ελέγχου των εκπομπών (ECAs). Λόγω των επερχόμενων στόχων μείωσης των εκπομπών στον ναυτιλιακό κλάδο, τα εναλλακτικά καύσιμα, όπως το LNG είναι στο επίκεντρο. Προσφέρει την προοπτική του 25% στην μείωση των εκπομπών CO₂, με σχεδόν πλήρη εξάλειψη των οξειδίων του θείου (SO_x) και τις εκπομπές σωματιδίων, και μείωση κατά 90% των οξειδίων του αζώτου (NO_x). Ανάλογα με την έκθεση σε περιοχές ελέγχου των εκπομπών (ECAs) χρόνο απόσβεσης κάτω των τεσσάρων ετών που προβλέπεται για μικρά σκάφη. Πρέπει να τονιστεί ότι από τους βασικούς λόγους της διεύθυνσης του έργου μετατροπής είναι η σωστή εφαρμογή των κανόνων της κλάσης, για την ασφάλεια της κατασκευής, και διασφάλιση ότι οι κατασκευαστές εξοπλισμού εφαρμόζουν σωστά τις απαιτήσεις της κατηγορίας.

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για όλα σχεδόν τα εμπορικά πλοία, κυρίως όμως για tankers και ηλικίες πλοίων κάτω από 10 χρόνια. Χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται σε 4-5 χρόνια. Σύμφωνα με μελέτες για μικρά σκάφη η απόσβεση είναι υπολογισμένη σε τέσσερα χρόνια. Για ένα πλοίο 2500 TEU, για παράδειγμα, μια ανάλυση του χρόνου αποπληρωμής για ένα σύστημα LNG και καταλύτη δείχνει ότι το LNG είναι ελκυστικό όσο η τιμή του είναι μικρότερη ή ίση με το μαζούτ (HFO).

Όσον αφορά την καθατή μετατροπή του εξεταζόμενου πλοίου θα στηριχτούμε σε δημοσίευση, η οποία μελετά διάφορες μεθόδους μετατροπής με στόχο τη συμμόρφωση με τις διατάξεις του IMO περί των οξειδίων του αζώτου σε περιοχές ελεγχόμενων ρύπων. Μια από τις μεθόδους είναι η μετατροπή της 6S50MC-C MAN μηχανής του εξεταζόμενου δεξαμενόπλοιου σε μηχανή ME-GI διπλού καυσίμου (LNG, MGO). Η μετατροπή αυτή μπορεί να θεωρηθεί σε μεγάλο βαθμό αντίστοιχη με αυτή που θα εξετασθεί στη δική μας περίπτωση.

Κατά την μετατροπή αυτή, και για κατανάλωση καυσίμου HFO 6000t/y, υπολογίζεται ότι αντιστοιχούν περίπου 4900t/y LNG (θερμογόνος δύναμη υγροποιημένου αερίου: 48-55GJ/t, βαρέως μαζούτ: 40-44GJ/t). Η ποσότητα αυτή ισοδυναμεί με 10.888.000 l LNG (με πυκνότητα 450kg/m³) και ενεργειακά με 238.140 mmBTU (μονάδα κοστολόγησης LNG). Υπολογίζεται ότι για την τήρηση φορτίου καυσίμου 20 ημερών απαιτείται δεξαμενή της τάξης των 1000m³. Στην παρούσα διπλωματική εργασία δε θα μελετηθεί η δυνατότητα τοποθέτησης της δεξαμενής (θα θεωρηθεί ότι είναι εφικτή). Σε κάθε περίπτωση, όπως ειπώθηκε, η μετατροπή της μηχανής θα επιτρέπει τη χρησιμοποίηση δύο καυσίμων.

Το συνολικό κόστος μετατροπής ανέρχεται σε περίπου 10 εκατομμύρια \$ για πλοίο *afamax*, ποσό που περιλαμβάνει τον απαραίτητο μηχανολογικό εξοπλισμό, τη μετατροπή της μηχανής, την αγορά του χάλυβα, τον σχεδιασμό και τη μελέτη καθώς επίσης και το κόστος των περίπου 40 ημερών εκτός λειτουργίας. Υπολογίζεται πως άνω των 40 πλοίων πέρα των δεξαμενόπλοιων υγροποιημένου αερίου χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο καύσιμο (Green Ship of the Future, 2012). Πολλά στοιχεία μπορούν να ληφθούν από το πλοίο *Bit Viking*, το οποίο κατά το έτος 2011 προχώρησε στην μετατροπή αυτή και αποτελεί το μεγαλύτερο εμπορικό πλοίο που κάνει χρήση υγροποιημένου αερίου.



Εικόνα : Πλοίο *Bit Viking*.

4.4 Πρωτοποριακές τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας

Οι τεχνολογίες αυτές μειώνουν την απαιτούμενη ισχύ προώσεως. Τα αποτελέσματά τους δεν μπορούν να εκφραστούν στην καμπύλη ισχύος (συνδυασμός P_{ME} και V_{rel}). Αντιθέτως τα αποτελέσματά τους εκφράζονται με τον παράγοντα P_{eff} (75% της μείωσης της ισχύος της κ. μηχανής από τις τεχνολογίες ενεργειακής αποδοτικότητας), ο οποίος πολλαπλασιάζεται με τους παράγοντες C_{FME} , SFC_{ME} και f_{eff} και στη συνέχεια αφαιρείται από τον αριθμητή του τύπου EEDI, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Μερικές τεχνολογίες μπορεί να χρειάζεται να χρησιμοποιήσουν πρόσθετη ισχύ για τη λειτουργία του συστήματος, όπως στην περίπτωση της μεθόδου λίπανσης αέρα, όπου βοηθητική ενέργεια είναι απαραίτητη για την παραγωγή των πολύ μικρών φυσαλίδων που ρέουν κατά μήκος του κάτω μέρους της γάστρας, για τη μείωση της αντίστασης τριβής. Σε μια τέτοια περίπτωση, η πρόσθετη ισχύς που απαιτείται για τη λειτουργία του συστήματος θα πρέπει να υπολογίζεται ως αρνητική P_{MEff} , ώστε να αντισταθμίζονται τα "καθαρά" αποτελέσματα του συστήματος.

Αυτή η κατηγορία των τεχνολογιών μπορεί να διαιρεθεί σε δύο υποκατηγορίες, με κριτήριο την εφαρμογή του συντελεστή διαθεσιμότητας (f_{eff}), ως εξής:

- ❖ Τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιούνται σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του πλοίου και συνεπώς ο συντελεστής διαθεσιμότητας τους (f_{eff}) είναι 1.00 .

- ❖ Τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πλήρη παραγωγή μόνο κάτω από περιορισμένες συνθήκες. Για παράδειγμα, η παραγωγή τους εξαρτάται από την κατάσταση του περιβάλλοντος, κάτω από οποίο το πλοίο λειτουργεί, όπως ο καιρός στην περίπτωση της χρήσης της αιολικής ενέργειας για την πρόωση. Η ρύθμιση του συντελεστή διαθεσιμότητας τους (f_{eff}) πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά.

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι παρακάτω καινοτόμες τεχνολογίες [47]:

1) Λίπανση με αέρα.

Ο πεπιεσμένος αέρας παρέχεται μέσα σε μια εσοχή του κάτω μέρος του κύτους του πλοίου. Ο αέρας δημιουργεί ένα "χαλί", το οποίο μειώνει την αντίσταση τριβής μεταξύ του νερού και της επιφάνεια της γάστρας. Αυτό μειώνει την απαιτούμενη ισχύς πρόωσης. Η δυσχέρεια είναι να εξασφαλιστεί ότι ο αέρας παραμένει κάτω από τη γάστρα του πλοίου και δεν διαφεύγει. Παράλληλα απαιτείται μερική ισχύς για την λειτουργία των αεροσυμπιεστών. Με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατόν να επιτευχθεί εξοικονόμηση καυσίμου μέχρι 15% για τα δεξαμενόπλοια, 7,5% για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, 3,5% για τα οχηματαγωγά και μέχρι 8,5% για τα πλοία μεταφοράς οχημάτων.

2) Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους σε πλοία για να παρέχει πρόσθετη ώση. Μερικοί από αυτούς αναφέρονται παρακάτω :

a) Αετοί.

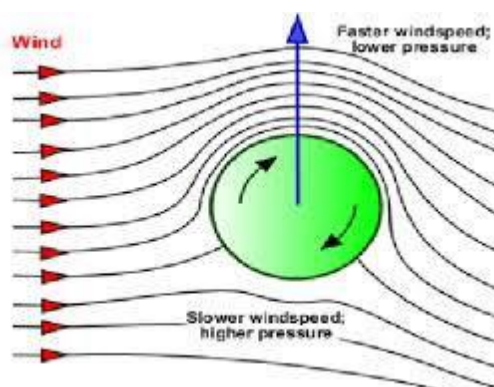
Οι αετοί διαφέρουν από τις άλλες ιδέες εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, έχοντας μικρό αποτύπωμα κατά την εγκατάστασή τους και ως εκ τούτου είναι αρκετά εύκολο να γίνει η μετασκευή τοποθέτησής τους. Τα μειονεκτήματα των συστημάτων αετών είναι ότι απαιτούν πολύπλοκα συστήματα εκτόξευσης, ανάκτησης και ελέγχου. Επίσης, η αντοχή του εξοπλισμού που είναι απαραίτητος για τους αετούς είναι ένα θέμα προς εξέταση. Σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρεία «SkySails» με τη χρήση των αετών μπορεί να επιτευχθεί μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 50% τις καλές ημέρες, με ετήσια μείωση καυσίμου από 10 έως 15 %.



Εικόνα: Πλοίο με χρήση αετού.

b) Οι κινητήρες τύπου «Flettner»

Οι κινητήρες τύπου «Flettner» είναι κατακόρυφοι περιστρεφόμενοι ρότορες, εγκατεστημένοι επί του πλοίου, που μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε ώση σε διεύθυνση κάθετη του ανέμου, χρησιμοποιώντας το φαινόμενο Magnus ή Φαινόμενο Δυναμικής Άνωσης. Αυτό σημαίνει ότι το πλοίο επωφελείται από την πρόσθετη ώση, με αποτέλεσμα την μειωμένη κατανάλωση καυσίμου.



Εικόνα: Φαινόμενο Magnus.

Σύμφωνα με βιβλιογραφικά στοιχεία προτείνεται η τοποθέτηση τεσσάρων ροτόρων για πλοία χύδην φορτίου. Το κόστος επένδυσης υπολογίζεται σε περίπου 1.200.000 \$ με τη μείωση σε καύσιμα να παίρνει τιμές στη κλίμακα 8-12%. Μέχρι στιγμής, πέρα από τις μελέτες που διεξάγονται από πλευράς της εταιρείας Greenwave, μόνο ένα πλοίο κάνει χρήση της μεθόδου αυτής. Το συγκεκριμένο πλοίο ονομάζεται E-ship 1 και ανήκει στην εταιρεία Enecon, μια από τις κορυφαίες στον κλάδο της αιολικής ενέργειας (IMO, 2011).



Εικόνα: Πλοίο(E-ship 1) με εγκατεστημένους κινητήρες Flettner.

Για ένα φορτηγό Supramax (55.000 tn dwt), εξοπλισμένο με σύστημα τεσσάρων αιολικών κινητήρων (με ύψος ρότορα 20 μέτρα και διάμετρο ρότορα 2,3 m), που είναι 246 ημέρες στη θάλασσα ετησίως, έχει εκτιμηθεί μέση εξοικονόμηση της κατανάλωσης καυσίμων ύψους 1023 τόνων ετησίως. Ανάλογες δυνατότητες μείωσης ισχύουν και για τους άλλους τύπους πλοίων, ανά ημέρα και ανά ρότορα ίδιου μεγέθους.

4.5 Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας από τις βοηθητικές μηχανές (auxiliary engines), προτάσεις SEEMP.

Οι τεχνολογίες αυτές μειώνουν την απαιτούμενη βοηθητική ισχύ. Τα αποτελέσματά τους, που σχετίζονται με την βοηθητική ισχύ, είναι ανεξάρτητα από την καμπύλη ισχύος. Οι επιπτώσεις τους μπορούν να ενσωματωθούν στον EEDI εκφράζοντας την παραγωγή τους ως P_{AEff} , η οποία πολλαπλασιάζεται με τους παράγοντες C_{FME} , SFC_{ME} και στη συνέχεια αφαιρείται από τον αριθμητή του τύπου EEDI, όπως έχει αναφερθεί.

Η παρακολούθηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης του πλοίου αποτελεί μια πολύ καλή μέθοδο, με την οποία μπορεί να προκύψει μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κυρίως από τις βοηθητικές μηχανές. Η διαπίστωση αυτή θα πρέπει να συνδυάζεται τόσο με τον κατάλληλο εξοπλισμό, με τον οποίο θα καθίσταται δυνατή η παρακολούθηση των κάθε στιγμή καταναλώσεων, όσο και με την ενεργειακή συνείδηση εκ μέρους του πληρώματος. Για το δεύτερο μέρος απαιτείται η κατάλληλη εκπαίδευση του πληρώματος, με τέτοιον τρόπο έτσι ώστε να μπορούν να κατανοηθούν οι λόγοι αλλά και οι τρόποι με τους οποίους θα επιτευχθούν συγκεκριμένοι στόχοι. Σε παρουσίασή της η εταιρεία Wartsila (Pleiss-Wartsila, 2011) αναφέρει ότι η ενεργειακή συνείδηση εκ μέρους του πληρώματος μπορεί να οδηγήσει σε μείωση κατανάλωσης έως και 7%. Ωστόσο καθίσταται αρκετά δύσκολο να κοστολογηθεί η παραπάνω μέθοδος, καθώς επίσης και να τεθούν τα χρονικά πλαίσια στα οποία μπορεί να προκύψει κάποιο αποτέλεσμα. Για αυτόν τον λόγο, η παρούσα μέθοδος δεν θα αξιολογηθεί περαιτέρω.

Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να διαιρεθούν σε δύο υποκατηγορίες, με κριτήριο την εφαρμογή του συντελεστή διαθεσιμότητας (f_{eff}) ως εξής:

- ❖ Τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιούνται σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του πλοίου και συνεπώς ο συντελεστής διαθεσιμότητας τους (f_{eff}) είναι 1.
- ❖ Τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πλήρη παραγωγή μόνο κάτω από περιορισμένες συνθήκες. Για παράδειγμα, η παραγωγή των ηλιακών συλλεκτών εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες. Η ρύθμιση του συντελεστή διαθεσιμότητας τους (f_{eff}) πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά.

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι παρακάτω τεχνολογίες [37]:

1) Συστήματα Ανάκτησης Απολυόμενης Θερμότητας.

Τα συστήματα ανάκτησης απολυόμενης θερμότητας ανακτούν τη θερμική ενέργεια των καυσαερίων και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρική. Η ενέργεια που απομένει μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άλλες χρήσεις στο πλοίο, όπως στον λέβητα αυτού.

Μέσω των συστημάτων ανάκτησης θερμότητας, γίνεται δυνατή η αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας των καυσαερίων (αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος των υφιστάμενων απωλειών, περίπου το 25%), η οποία μέσω στροβίλων μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, ενώ ένα άλλο μέρος χρησιμοποιείται για την κάλυψη των θερμικών αναγκών του πλοίου.

Διάφορα συστήματα ανάκτησης ενέργειας έχουν χρησιμοποιηθεί τις τελευταίες δεκαετίες σε πλοία με εξαιρετικά αποτελέσματα. Παρόλο που τέτοια συστήματα συνιστώνται κυρίως για πλοία με ισχύς κύριας μηχανής άνω των 20.000 KW, τελευταίες δημοσιεύσεις εταιρειών δείχνουν ότι η τεχνολογία αναμένεται να χρησιμοποιηθεί και σε μικρότερης κλίμακας περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, σε μελέτη για το πράσινο πλοίο του μέλλοντος (Green Ship of the Future, 2009), η οποία διεξήχθη από κορυφαίες τεχνολογικές εταιρείες, μελετάται μεταξύ άλλων η εφαρμογή ενός συστήματος ανάκτησης θερμότητας σε πλοίο χύδην φορτίου με ισχύ κύριας μηχανής 7410 KW. Με βάση τη μελέτη αυτή, η εγκατάσταση ατμοστροβίλου ισχύος 500 KW αναμένεται να οδηγήσει σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου κατά 8-10%. Άλλες πηγές επίσης επιβεβαιώνουν το παραπάνω ποσοστό με το εύρος της μείωσης να ανέρχεται σε 8-12%. Το κόστος της μεθόδου ανέρχεται σε 1.000.000-2.000.000 \$.

Η ανάκτηση της απολυόμενης θερμότητας στο προσεχές μέλλον μπορεί να φτάσει μέχρι το 15% της ισχύος της κ. μηχανής, ενώ στα καινούργια συστήματα υπάρχει δυνατότητα μέχρι 20%.

2) Ηλιακή Ενέργεια.

Ηλιακοί συλλέκτες εγκατεστημένοι στο κατάστρωμα του πλοίου μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για χρήση σε ηλεκτρικό κινητήρα πρόωσης ή στα βοηθητικά συστήματα του πλοίου. Ανάλογα με το διαθέσιμο χώρο στο κατάστρωμα, οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να μειώσουν τη συνολική κατανάλωση καυσίμων μέχρι 3.5% για δεξαμενόπλοια, μέχρι 2.5% για πλοία μεταφοράς οχημάτων και μέχρι 1.0% για οχηματαγωγά.

Μια δοκιμή αυτή της τεχνολογίας αποτελεί το πλοίο «Leader Auriga», ένα καθαρό φορηγό μεταφοράς αυτοκίνητων, ολικής χωρητικότητας 60.213 GT, που αναπτύχθηκε

από κοινού από την «NYK» και τη «Nippon Oil Corporation». Το πλοίο είναι εξοπλισμένο με 328 ηλιακούς συλλέκτες και έχει χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή των συστημάτων πρόωσης που εν μέρει λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια. Η παραγόμενη ηλιακή ενέργεια μετρήθηκε ότι αντιστοιχεί στο 0.05% της ισχύος πρόωσης του πλοίου και στο 1% των καθημερινών απαιτήσεων ισχύος, όπως το μαγειρείο και ο φωτισμός των ενδιαίτησεων (NYK, 2009).

4.6 Μείωση της Ειδικής Κατανάλωσης της Μηχανής.

Η ειδική κατανάλωση των κ. μηχανών και των βοηθητικών μηχανών ενσωματώνονται στον τύπο του δείκτη EEDI μέσω των συντελεστών SFC_{ME} και SFC_{AE} αντίστοιχα. Η μεταβολή της τιμής του δείκτη EEDI είναι ανάλογη με την τιμή αυτών των συντελεστών. Η ειδική κατανάλωση πετρελαίου εξαρτάται κατά βάση από την επιλογή της μηχανής. Οι δίχρονες μηχανές έχουν διαφορετική ειδική κατανάλωση από τις τετράχρονες και η διαφορά εξαρτάται από το μέγεθος αυτών. Όταν επιλεγεί ο τύπος της μηχανής, υπάρχουν μικρές δυνατότητες να επηρεαστεί η πραγματική ειδική κατανάλωση. Για μείωση της ειδικής κατανάλωσης (SFC) των πετρελαιοκινητήρων χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τεχνολογίες από τους κατασκευαστές:

- ❖ Ηλεκτρονικός έλεγχος των καυστήρων και των βαλβίδων.
- ❖ Μεταβλητής ρύθμισης του πεδίου λειτουργίας των στροβιλοσυμπιεστών.

Αύξησης του λόγου της μέγιστης πίεσης καύσης διά της μέσης πίεσης καύσης $p_{max}/p_{μερ}$. Τα περιθώρια για περαιτέρω μείωση της ειδικής κατανάλωσης των πετρελαιοκινητήρων είναι όμως μειωμένα, καθόσον υπολογισμοί και μετρήσεις έχουν δείξει ότι είμαστε κοντά στην υψηλότερη δυνατή απόδοση, σύμφωνα με τον κύκλο Carnot, για την τυπικό σχεδιασμό του κινητήρα που είναι διαθέσιμος σήμερα, χωρίς επιπλέον εξοπλισμό. Αυτό σημαίνει επίσης ότι αν θέλουμε να αυξήσουμε την απόδοση του κινητήρα και κατ' επέκταση να μειώσουμε με το εκπεμπόμενο CO₂, πρέπει να εξεταστούν άλλες μέθοδοι και τεχνικές, που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τους πετρελαιοκινητήρες.

4.7 Τύπος καυσίμου.

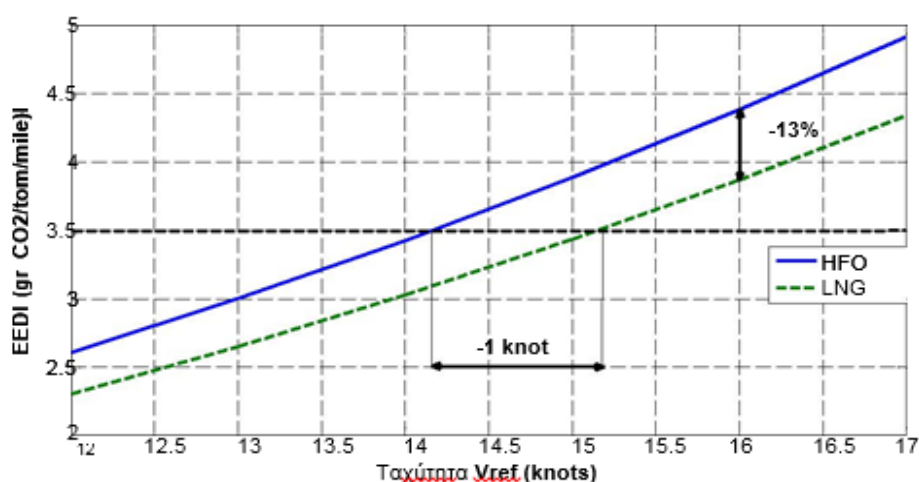
Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενες παραγράφους τύπος του χρησιμοποιούμενου καυσίμου επηρεάζει τις εκπομπές CO₂ και την τιμή του δείκτη EEDI. Με τη χρήση αερίων καυσίμων επιτυγχάνεται αξιόλογη μείωση του εκπεμπόμενου CO₂. Το LPG και το LNG είναι καύσιμα υδρογονανθράκων με χαμηλές εκπομπές άνθρακα και το αποτέλεσμα της μείωσης του CO₂ ανά Kwh, είναι περίπου 20% χαμηλότερα από το HFO.

4.ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΥΤΩΝ

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται σύγκριση των εκπομπών CO₂ μεταξύ μιας μηχανής που χρησιμοποιεί αέριο καύσιμο και μια ισοδύναμης που χρησιμοποιεί βαρύ πετρέλαιο:

Πίνακας: Σύγκριση εκπομπών CO₂ ανάμεσα σε διαφορετικά καύσιμα.

Φορτίο (%)	SFOC (gr/Kwh)	Pilot Oil (%)	Αέριο (%)	Εκπομπές CO ₂ με χρήση HFO (gr/Kwh)	Εκπομπές CO ₂ με χρήση Αερίου (gr/Kwh)
100	170	5	95	559	472
75	166	7	93	546	461
50	179	10	90	557	470



Εικόνα: Παράδειγμα σύγκρισης τιμών EEDI πλοίου με χρήση HFO και LNG.

Εκτός των αερίων καυσίμων η χρήση των βιοκαυσίμων, ως καύσιμα στους ναυτικού κινητήρες, αποτελεί μια δυνατότητα μείωσης των εκπομπών CO₂. Η δυνατότητα αυτή είναι προς το παρόν περιορισμένη. Αυτό οφείλεται, όχι μόνο σε τεχνολογικούς παράγοντες αλλά και εξαιτίας του κόστους και της έλλειψης διαθεσιμότητας καθώς και τη χρήση των βιοκαυσίμων και άλλων παραγόντων που σχετίζονται με την παραγωγή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ Η ΘΑ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ

5.1 Προβλέψεις από την εφαρμογή τεχνικών μέτρων.

Στην αναφορά του IMO για τα κύρια γεγονότα της συνάντησης για τη μείωση των εκπομπών GHG κατά τον Οκτώβριο του 2011, περιγράφονται μεταξύ άλλων σενάρια για τις μελλοντικές εκπομπές GHG από την διεθνή ναυτιλία, τα οποία θα προκύψουν ως αποτέλεσμα των μέτρων που λήφθηκαν (EEDI, SEEMP).

Για την παραπάνω έρευνα λήφθηκαν επίσης υπόψη η άνοδος των νέων τεχνολογιών μείωσης των ρύπων, η χρονολογία κατασκευής των πλοίων καθώς επίσης και ο ρυθμός απόσυρσης αυτών. Παρακάτω παρουσιάζονται οι συνδυασμοί των διάφορων σεναρίων, τα οποία είναι βασισμένα στα μελλοντικά σενάρια εκπομπών του, οι ετήσιες προβλεπόμενες μειώσεις εκπομπών για τις επόμενες τέσσερις δεκαετίες καθώς επίσης και η διαφορά αυτών με τις BAU (Business As Usual) εκπομπές.[57]

Πίνακας: Μελλοντικά σενάρια εκπομπών.

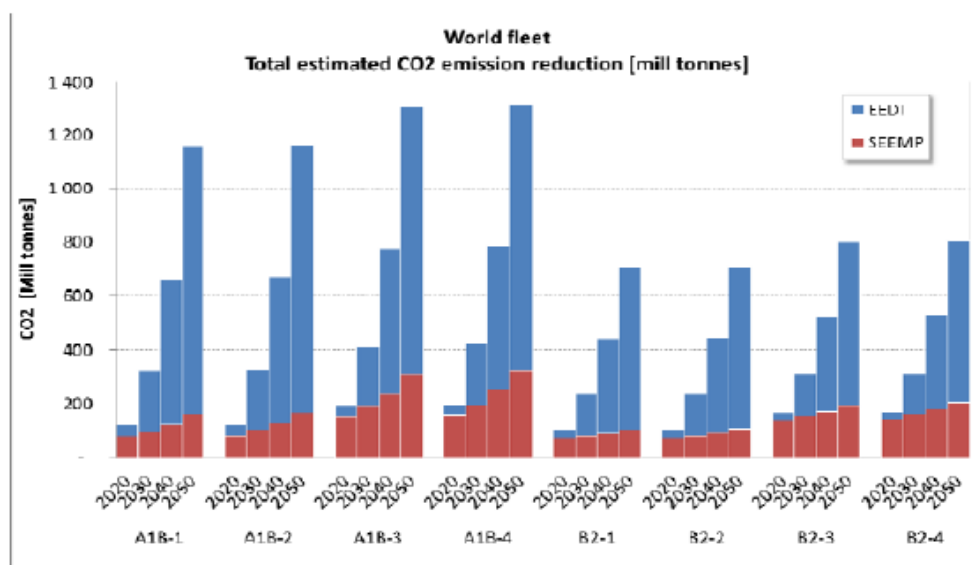
Scenario	IPCC growth scenario	EEDI Uptake scenario	SEEMP uptake	Fuel price scenarios	Waiver scenario
A1B-1	A1B	Regulation	Low*	Reference	5%
A1B-2	A1B	Regulation	Low	High	5%
A1B-3	A1B	Regulation	High**	Reference	5%
A1B-4	A1B	Regulation	High	High	5%
B2-1	B2	Regulation	Low	Reference	5%
B2-2	B2	Regulation	Low	High	5%
B2-3	B2	Regulation	High	Reference	5%
B2-4	B2	Regulation	High	High	5%
A1B-3W	A1B	Regulation	High	Reference	30%

* 30% ** 60%

Πίνακας: Ετήσιες προβλεπόμενες μειώσεις εκπομπών για τις επόμενες τέσσερις δεκαετίες.

Year	BAU Mill tonnes	Reduction Mill tonnes	New level Mill tonnes
2020	1103	152	951
2030	1435	330	1105
2040	1913	615	1299
2050	2615	1013	1602

5. ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ Η ΘΑ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ



Εικόνα: Διάγραμμα μείωσης CO₂ παγκόσμιου στόλου.

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι το SEEMP επιδρά θετικά κυρίως στα μέσα της περιόδου (2020), ενώ ο EEDI έχει πιο μακροπρόθεσμα ευεργετικό χαρακτήρα. Ωστόσο, κανένα από τα σενάρια δε δείχνει απόλυτη μείωση των εκπομπών διοξειδίου σε σχέση με το έτος 2010, κάτι που αποτυπώνεται και στο παρακάτω διάγραμμα.

5.2 Ταχύτητα υπηρεσίας.

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4, η τιμή του δείκτη EEDI επηρεάζεται δραστικά από την ταχύτητα V_{ref} . Ως εκ τούτου και προκειμένου να επιτευχθεί συμμόρφωση ενός πλοίου με την σχετική απαίτηση του EEDI, ενδέχεται ορισμένοι πλοιοκτήτες ή ναυπηγεία να περιορίσουν την ταχύτητα V_{ref} (περιορίζοντας την εγκατεστημένη ισχύς) των πλοίων τους, χωρίς τροποποίηση ή βελτίωση του σχεδιασμού.

Η επιλογή αυτή δύναται να επιφέρει τις ακόλουθα ανεπιθύμητες παρενέργειες:

- ❖ Εάν τα νέα πλοία δεν μπορούν να πιάσουν τις απαιτούμενες ταχύτητες για την κάλυψη των αναγκών μεταφοράς, τα παλαιά πλοία, τα οποία δεν εντάσσονται στην απαίτηση αυτού, θα παραμείνουν στην κυκλοφορία, με αποτέλεσμα να μην επιτευχθεί η αναμενόμενη μείωση των ρύπων και να έχουμε τα αντίθετα αποτελέσματα.
- ❖ Ναυπήγηση περισσότερων πλοίων για να καλύψουν τη ζήτηση μεταφοράς αγαθών. Αυτό συνεπάγεται αύξηση των εκπομπών CO₂, που παράγονται κατά τη

5.ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ Η ΘΑ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ

- διαδικασία της ναυπήγησης και της διάλυσης. Επιπλέον μεγαλύτερη θαλάσσια κίνηση, με αρνητικές συνέπειες στην ασφάλεια.
- ❖ Αύξηση του κόστους αποθήκευσης, εξαιτίας της καθυστέρησης στην παράδοση.
 - ❖ Αύξηση των ναύλων, εξαιτίας της μείωσης ικανότητας μεταφοράς (ton- mile capacity).
 - ❖ Μετατόπιση των μεταφορών αγαθών σε άλλου είδους μεταφορές, πλην των θαλασσίων.
 - ❖ Για τα πλοία μικρών αποστάσεων, όπως τα Ro-Ro και Ferries, τα οποία συχνά επιχειρούν σε καθορισμένα δρομολόγια, η ταχύτητα αποτελεί πρωτεύον χαρακτηριστικό τους, προκειμένου μειωθεί η διάρκεια του ταξιδιού και επιτευχθεί η προβλεπόμενη ώρα αναχώρησης και άφιξης. Ως εκ τούτου, σε περίπτωση μείωσης αυτής μέσω του EEDI, υφίσταται κίνδυνος να επιλεγεί άλλο μέσο μεταφοράς, όπως οι οδικοί άξονες ή οι αερομεταφορές.

Προκειμένου να αποφευχθεί μια τέτοια στρεβλή εφαρμογή του κανονισμού και να ενθαρρυνθούν τα ναυπηγεία για τη βελτίωση του συνολικού σχεδιασμού για τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού πλοίου, θα ήταν προτιμότερο να υπολογίζεται ο EEDI σε μια συγκεκριμένη ταχύτητα που εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου. Σε αυτή την περίπτωση ο συνολικός σχεδιασμός του κάθε συγκεκριμένου πλοίου και ιδιαίτερα η γάστρα θα βελτιστοποιείται ως προς την αποδοτικότητα και οι απαιτήσεις σε ισχύ θα εκτιμώνται με βάση την απαίτηση για την επίτευξη της καθορισμένης αυτής ταχύτητας.

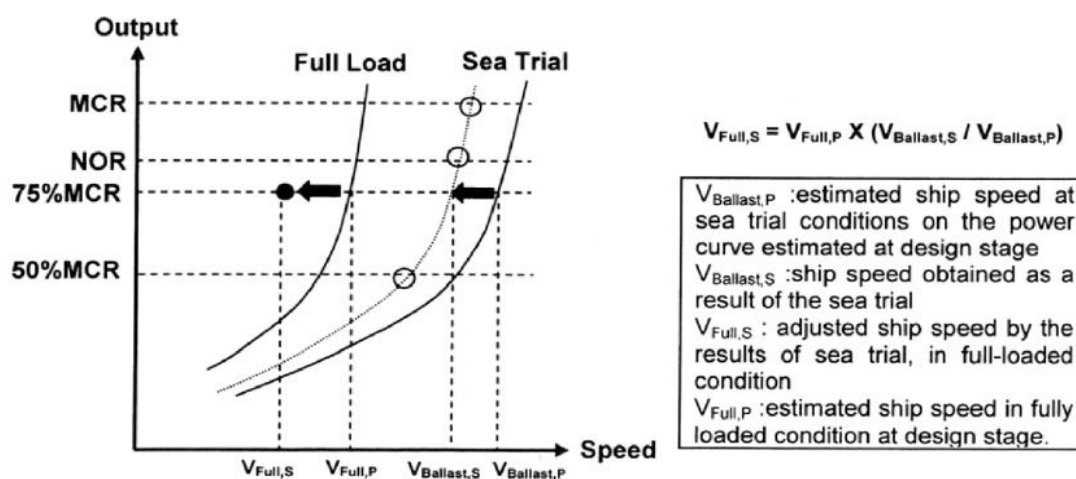
Στη σφαίρα του EEDI και το σχεδιασμό του πλοίου, ένας σημαντικός ερευνητής ο Hans Otto Kristensen, στο 11ο Διεθνές Συνέδριο Ναυτιλίας Σχεδίαση προέβαλε τα αποτελέσματα τις έρευνας που είχε διεξάγει στην περιοχή των δεξαμενόπλοιων και πλοίων μεταφοράς χύδην, όσον αφορά τα σχεδιασμό και τις επιπτώσεις του σχεδιασμού για τον EEDI. Η μελέτη του Kristensen επικεντρώθηκε στις αλλαγές στις κύριες διαστάσεις (μήκος, πλάτος, το βύθισμα και εκτόπισμα) κατά τα τελευταία 30-40 χρόνια. Η έρευνα έθεσε ως στόχο να αποδείξει ότι με την προσαρμογή του σχεδιασμού του σκάφους, δηλαδή τις βασικές παραμέτρους, και τη μεταβολή της ταχύτητας, είναι δυνατό να παρατηρηθεί σημαντική επίδραση των διαφόρων παραμέτρων σχετικά με τη ζήτηση σε ενέργεια και κατ' επέκτασιν μείωση του EEDI. Παρότι με την μείωση της ταχύτητας, ή το slow steaming, παρατηρείται μείωση των τιμών EEDI, δεν είναι επαρκείς τρόποι για τις μετέπειτα φάσεις(π.χ. Phase 3, 2025). Απαιτείται συνδυασμός αυτών με την κατάλληλη σχεδίαση των προαναφερόμενων διαστάσεων. Ο μακροπρόθεσμος πολυκριτηριακός σχεδιασμός θα πρέπει να διενεργείται από τους πλοιοκτήτες και τα ναυπηγεία, για να εξασφαλίσει ότι τα σκάφη τους πληρούν τις αυστηρές απαιτήσεις για τις τιμές EEDI τα επόμενα χρόνια. Σε κάθε περίπτωση η ταχύτητα και το μήκος φαίνεται να επηρεάζουν περισσότερο τον δείκτη EEDI .[59]

5.3 Sea Trials

Όπως έχει αναφερθεί, η ταχύτητα V_{ref} του πλοίου είναι η μετρούμενη ταχύτητα του πλοίου σε βαθύ νερό, στη μέγιστη κατάσταση φόρτωσης, στη 75% της εγκατεστημένης ισχύος, απουσία ανέμων και κυμάτων. Επιπλέον, σύμφωνα με τις σχετικές κατευθυντήριες οδηγίες, η τιμή του *επιτευχθέντος δείκτη EEDI*, που υπολογίζεται κατά το στάδιο του σχεδιασμού, θα πρέπει να επαληθεύεται τελικά στις δοκιμές εν πλω (sea trials). Όμως κατά την διάρκεια των δοκιμών εν πλω του πλοίου, αυτό συνήθως βρίσκεται σε κατάσταση ερματισμού και πλέει στο 85-100% του MCR. Ως εκ τούτου η ταχύτητα, που μετράται και καταγράφεται αποκλίνει σημαντικά από την ταχύτητα αναφοράς στο 75% του MCR στο μέγιστο βύθισμα, όπως προσδιορίζεται από τις δοκιμές του μοντέλου ή από τους υπολογισμούς.

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών εν πλω χρησιμοποιείται το πρότυπο ISO 15016 ή άλλη ισοδύναμη μέθοδο για:

- ❖ Τη μέτρηση της κατάστασης θάλασσας.
- ❖ Τη μέτρηση της ταχύτητας πλοίου.
- ❖ Την διόρθωση των μετρηθέντων τιμών της ταχύτητας, για μη ιδανικές συνθήκες, όπως η παρουσία ανέμου, κυμάτων, ρευμάτων και περιορισμένων υδάτων, προκειμένου να κατασκευαστεί η καμπύλη ισχύος του πλοίου.



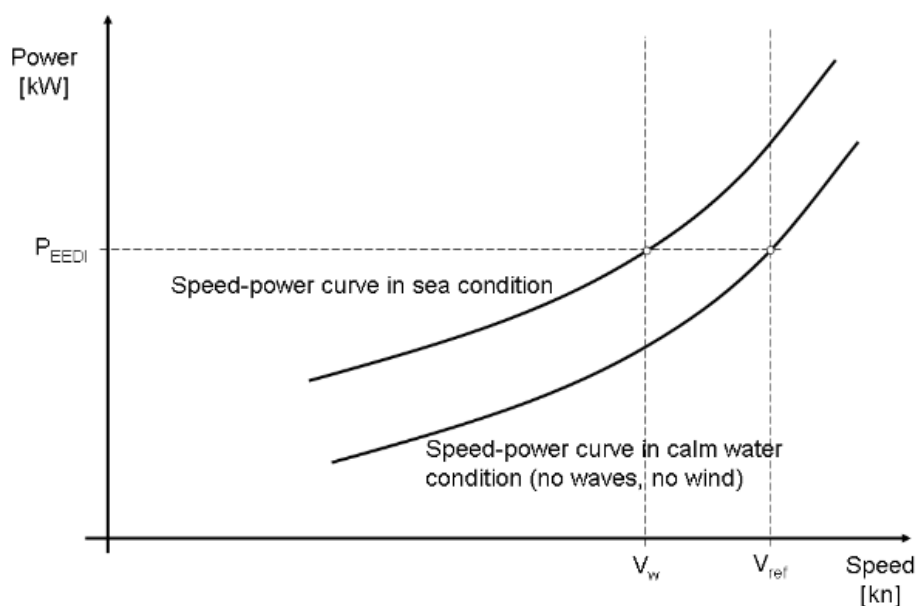
Εικόνα: Παράδειγμα διορθώσεων ταχύτητας δοκιμών.

Επίσης αναφέρεται ότι στην περίπτωση που οι δοκιμές εν πλω εκτελούνται σε κατάσταση ερματισμού, τα αποτελέσματα αυτών θα μετατρέπονται στην κατάσταση μεγίστου φορτίου σχεδίασης χρησιμοποιώντας μια κατάλληλη μέθοδο διορθώσεων. Η σημασία των ανωτέρω διορθώσεων είναι σημαντική, καθόσον η ταχύτητα του πλοίου είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για τον προσδιορισμό του δείκτη EEDI.

5.4 Συντελεστής καιρού f_w .

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, η υποχρεωτική εφαρμογή του δείκτη EEDI μπορεί να οδηγήσει στην εξάπλωση του σχεδιασμού πλοίων με κινητήρες μικρότερου κυβισμού και επομένως με χαμηλότερη ταχύτητα σχεδίασης. Τα πλοία αυτά υφίστανται περαιτέρω μείωση της ταχύτητάς τους όταν πλέουν σε αντίξορες συνθήκες στη θάλασσα, λόγω της αύξησης της πρόσθετης αντίστασης (αντίσταση κυματισμού και αντίσταση ανέμου). Η υπερβολική μείωση της ταχύτητας, δύναται να επιφέρει αδυναμία του πλοίου να ξεφύγει από τη θαλάσσια ζώνη κινδύνου γρήγορα και απώλεια της ικανότητας ελιγμών του. Για την αποφυγή αυτού του κινδύνου και για την αύξηση της ασφάλειας κάτω από δυσμενείς καιρικές συνθήκες καθορίστηκε η χρήση του συντελεστή καιρού f_w . Ο συντελεστής f_w είναι ένας αδιάστατος συντελεστής, που δείχνει την εκτιμώμενη μείωση της ταχύτητας, ανάλογα με τις αντιπροσωπευτικές καταστάσεις θάλασσας, που σχετίζονται με το ύψος κύματος, τη συχνότητα κύματος και την ταχύτητα του ανέμου.

Ο συντελεστής διόρθωσης f_w ισούται με το λόγο της ταχύτητας του σκάφους σε αντιπροσωπευτικές καταστάσεις θάλασσας (V_w) δια της ταχύτητας του σκάφους σε ήρεμο νερό (V_{ref}), στην ίδια ισχύ της κύριας μηχανής. Συνεπώς για την ταχύτητα V_w ισχύει $V_w = V_{ref} * f_w$.



Εικόνα: Παράδειγμα υπολογισμού f_w .

Με βάση τη σχέση αυτή, συμπεραίνεται ότι, με τη χρήση του συντελεστή καιρού, ο υπολογισμός του δείκτη EEDI ανάγεται από την κατάσταση δοκιμών θαλάσσης στις συνθήκες καιρικές συνθήκες λειτουργίας του πλοίου. Με άλλα λόγια ο συντελεστής f_w είναι ένα μέσο για να εξαναγκάσει τον σχεδιαστή να βελτιστοποιήσει το πλοίο στις πραγματικές καταστάσεις θάλασσας και όχι στην κατάσταση των θαλάσσιων δοκιμών (sea trials), όπου μετράται η ταχύτητα V_{ref} , καθόσον η μείωση της ταχύτητας είναι μικρότερη στην περίπτωση ενός βελτιστοποιημένου πλοίου στις καταστάσεις αυτές από ένα βελτιστοποιημένο στο ήρεμο νερό.

5.ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ Η ΘΑ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ

Ο συντελεστής f_w είναι διαφορετικός από κάθε άλλο συντελεστή διόρθωσης, με την έννοια ότι ο παράγοντας εφαρμόζεται στο σύνολο του πληθυσμού των πλοίων, ενώ οι άλλοι παράγοντες εφαρμόζονται σε μια συγκεκριμένη ομάδα πλοίων, που παρουσιάζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (όπως τα ice-class), για τους λόγους ίσων όρων ανταγωνισμού των συγκεκριμένων πλοίων με τα άλλα πλοία.

❖ Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό του συντελεστή καιρού f_w .

Ο συντελεστής f_w πρέπει να λαμβάνεται ίσος με ένα (1.00) μέχρι να εκδοθούν οι ειδικές οδηγίες για την προσομοίωση της συμπεριφοράς του πλοίου σε αντιπροσωπευτικές καταστάσεις θάλασσας ή ο πίνακας/ καμπύλη f_w ανά τύπο πλοίου, προκειμένου να υπολογίζεται ο εν λόγω συντελεστής. Οι τιμές του συντελεστή, ανά τύπο πλοίου, θα είναι στην περιοχή του 0.85. Επειδή οι τιμές αυτές είναι μικρότερες από την προσωρινή τιμή του $f_w = 1.00$, έπεται ότι τα πλοία που θα σχεδιαστούν με τις πιο ρεαλιστικές τιμές του συντελεστή θα είναι περισσότερο αποδοτικά από τα πλοία που θα σχεδιαστούν χρησιμοποιώντας την προσωρινή τιμή $f_w = 1.00$.

Λόγω της δυσκολίας δοκιμών σε δεξαμενή μπορούμε να υπολογίσουμε προσεγγιστικά τον συντελεστή από f_w από υπάρχοντα δεδομένα για ομάδες πλοίων, δηλαδή από καμπύλες f_w συναρτήσει του Capacity.

Πρότυπες καμπύλες f_w είναι διαθέσιμες για τρεις τύπους πλοίων:

- ❖ πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην
- ❖ δεξαμενόπλοια
- ❖ Πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων

Για τα πλοία αυτά λοιπόν υπολογίζουμε $f_w = a \cdot \ln(\text{capacity}) + b$, όπου a & b παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας: a & b για τον υπολογισμό του f_w , για τρεις τύπους πλοίων.

Ship type	a	b
Bulk carrier	0.0429	0.294
Container ship	0.0208	0.633
Tanker	0.0238	0.526

5.5 Πραγματική λειτουργία του πλοίου.

Η χρήση του EEDI είναι για να προωθηθεί τη σχεδίαση και την κατασκευή περισσότερο ενεργειακά αποτελεσματικών νέων σκαφών. Το EEDI δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος αξιολόγησης οποιοδήποτε υφιστάμενου σκάφους μετά από την παράδοσή του και την έναρξη της εμπορικής λειτουργίας του και δεν αντιπροσωπεύει την πραγματική απόδοσή του. Τα σκάφη, ανάλογα με τις καταστάσεις φόρτωσης τους, συνήθως βρίσκονται σε κατάσταση hogging ή sagging. Επιπλέον καθώς ηλικιώνονται, η τραχύτητα επιφάνειας της γάστρας και η παραμόρφωση των ελασμάτων της γάστρας αυξάνεται. Όλα αυτά αλλάζουν την πραγματική υδροδυναμική της γάστρας και επομένως την αντίσταση.

Ο δείκτης δεν λαμβάνει υπόψη του τίποτα από την πραγματική λειτουργία του πλοίου και ειδικότερα :

- ❖ Τα πραγματικά καυσαέρια που εκπέμπονται.
- ❖ Τον χρονικό διάστημα που το πλοίο λειτουργεί.
- ❖ Το πραγματικά μεταφερόμενο φορτίο.

Από την άλλη, τα σκάφη με αποδοτικότερες μορφές σχεδιασμού γάστρας και ισχύος είναι εν γένει περισσότερο ενεργειακά αποδοτικά, σε όλο το προβλεπόμενο φάσμα της ταχύτητας λειτουργίας τους, από άλλα σκάφη με λιγότερο ενεργειακά αποδοτική σχεδίαση γάστρας και ισχύος. Με άλλα λόγια εάν το σκάφος A και το σκάφος B είναι καθόλα ίδια, εκτός από το γεγονός ότι σκάφος A, λόγω της καλύτερης σχεδίασης της γάστρας και της ισχύος, καταναλώνει τα λιγότερα καύσιμα από το σκάφος B, ας πούμε στην ταχύτητα των 14 κόμβων, κατά πάσα πιθανότητα θα καταναλώνει λιγότερα καύσιμα από το σκάφος B σε όλο το εύρος λειτουργίας του, ας πούμε από 10 κόμβους έως 15 κόμβους (εκτός αν η σχεδίαση του σκάφους έχει βελτιστοποιηθεί για μια συγκεκριμένη ταχύτητα, το οποίο δεν είναι πολύ ρεαλιστικό, ιδιαίτερα για δεξαμενόπλοια και πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου).

Στην πράξη η βέλτιστη ταχύτητα δεν είναι στο 75% του MCR, καθώς τα πλοία πλέον με την ταχύτητα που μεγιστοποιεί τις αποδοχές τους. Έχει παρατηρηθεί ότι, όταν οι δαπάνες των καυσίμων είναι σημαντικές, τα σκάφη ταξιδεύουν σε μεγαλύτερη ή μικρότερη ταχύτητα, ανάλογα με την τιμή του πηλίκου του ναύλου δια της τιμής του καυσίμου. Η ταχύτητα των πλοίων αυξάνεται όταν η ζήτηση για μεταφορές από την κοινωνία αυξάνεται, αντιθέτως, επιβραδύνει σημαντικά όταν ζήτηση είναι ισχνή ή πέφτει.

Πρέπει επίσης να υπογραμμιστεί ότι, ο ιδιοκτήτης έχει κάθε κίνητρο για να βελτιώσει την ταχύτητα και να μειώσει την κατανάλωση καυσίμων του σκάφους του, επειδή αυτό θα καταστήσει το σκάφος ανταγωνιστικότερο μέσα στην αγορά και ενδεχομένως πιο κερδοφόρο. Οι ιδιοκτήτες αλλάζουν την ταχύτητα και την περιγραφή της κατανάλωσης καυσίμων για το σκάφος κατά διαστήματα κατά τη διάρκεια της ζωής του, για την καλύτερη προσέγγιση της πραγματικής απόδοσης του. Οι σημαντικές παράμετροι είναι η ταχύτητα και η κατανάλωση

5. ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ Η ΘΑ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ

καυσίμου για το σκάφος. Αυτό δίνεται από τον πλοιοκτήτη, προκειμένου να προσελκυστεί ενδιαφέρον για ναύλωση και διαφημίζεται στην αγορά από τους μεσίτες. Αυτή η περιγραφή συμπεριλαμβάνεται έπειτα στις συμφωνίες μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών, μαζί με τις ποινικές ρήτρες εάν δεν επιτυγχάνεται.

Επομένως αφότου παραδοθεί το σκάφος, ο EEDI του είναι για διάφορους πρακτικούς λόγους, άσχετος, με την πραγματική κατανάλωση του πλοίου σε καύσιμα. Για αυτό τον λόγο έχει δημιουργηθεί ο δείκτης EEOI ο οποίος δεν χρησιμοποιείται ευρέως ακόμα.

5.6 Εγκατεστημένη Ισχύς.

Οι τιμές του δείκτη EEDI βρίσκονται σε ευθεία αναλογία με την εγκατεστημένη στο πλοίο ισχύς πρόωσης, όπως αναφέρθηκε κεφάλαιο 4. Προκειμένου να επιτευχθεί συμμόρφωση ενός πλοίου με την σχετική απαίτηση του EEDI, ενδέχεται ορισμένοι πλοιοκτήτες να περιορίσουν την εγκατεστημένη ισχύ.

Περιορίζοντας την εγκατεστημένη ισχύ, χρησιμοποιούνται μηχανές με έμβολα μικρότερης διαμέτρου και υψηλότερων στροφών. Αυτοί οι κινητήρες έχουν υψηλότερη ειδική κατανάλωση καυσίμου και το πιο σημαντικό απαιτούν μικρότερη έλικα η οποία εν γένει είναι λιγότερο αποδοτική. Επιπλέον οι εκπομπές CO₂ δεν είναι ανάλογες της εγκατεστημένης ισχύος, αλλά του ποσοστού της εγκατεστημένης ισχύος που χρησιμοποιείται για την κίνηση του πλοίου κατά τη διάρκεια του πλου του, σε συνδυασμό με την ειδική κατανάλωση της μηχανής σε αυτή την ισχύ. Η ισχύς αυτή είναι μικρότερη της εγκατεστημένης και καθορίζεται σε συνάρτηση με την κατάσταση στην αγορά. Εκτιμάται δε ότι ένα πλοίο κάνει χρήση της μέγιστης εγκατεστημένης ισχύος του μόνο κατά το 10 % του χρόνου ζωής του, όταν η αγορά βρίσκεται σε έκρηξη, ενώ τον υπόλοιπο χρόνο χρησιμοποιεί ποσοστό αυτής. Αυτό σημαίνει ότι τα συμμορφούμενα, με αυτόν τον τρόπο, πλοία καταναλώνουν περισσότερα καύσιμα, καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, οπότε έχουμε το αντίθετο αποτέλεσμα από το επιδιωκόμενο.

Στον υπολογισμό του δείκτη EEDI χρησιμοποιείται το 75% της εγκατεστημένης ισχύος. Για δεδομένη ταχύτητα, η κατανάλωση πετρελαίου μειώνεται με την αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος. Ειδικότερα, με την εγκατάσταση μεγαλύτερης μηχανής (π.χ. με ένα επιπλέον κύλινδρο) επιτυγχάνεται μικρότερη κατανάλωση, κατά τη λειτουργία της μηχανής σε σημείο μικρότερο του MCR («derated» engine). Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την χρήση, στον τύπο υπολογισμού του EEDI, της ονομαστικής (rated) εγκατεστημένης ισχύος, καθόσον η μείωση της κατανάλωσης δεν αντανακλάται αντίστοιχα σε μείωση της τιμής του δείκτη EEDI. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει ένα πραγματικό παράδειγμα ενός δεξαμενόπλοιου 75.000 DWT, στο οποίο η χρήση μεγαλύτερης (κατά ένα κύλινδρο) μηχανής επιφέρει μείωση της κατανάλωσης κατά 1.14 τόνους ανά ημέρα ή 2.9 % συνολικά. Για τις δύο αναφερόμενες περιπτώσεις υπολογίστηκαν και οι αντίστοιχες τιμές του δείκτη EEDI, όπως φαίνονται στον ίδιο πίνακα.

5.ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ Η ΘΑ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ

Πίνακας: Σύγκριση Κατανάλωσης Πλοίου με Χρήση Μηχανής Ονομαστικής και Μειωμένης (derated). Ισχύος.

75.000 DWT Panamax Product Carrier		
	Nominal engine	Derated engine
Main Engine	MAN 5S60MC	MAN 6S60 MC
Installed power	11,900 KW at 105 RPM	14,280 at 105 RPM
Power at 15.1 knots	11,900 KW at 105 RPM	11,900 at 105 RPM
Consumption	49.7 TPD	48.5 TPD
Fuel Saving	1.14 TPD	
EEDI	4,62	5,39

Από τον ανωτέρω πίνακα διαπιστώνεται ότι στην περίπτωση της εγκατάστασης μεγαλύτερης μηχανής (κατά ένα κύλινδρο) από την ονομαστική, μειώνεται η κατανάλωση καυσίμου ενώ παραδόξως αυξάνεται η τιμή του δείκτη EEDI.

Στον EEDI χρησιμοποιείται το 75% της εγκατεστημένης ισχύος. Εάν η βελτιστοποίηση της πρόωσης γίνει χωρίς την μείωση του μεγέθους της μηχανής, το κέρδος από την μειωμένη ισχύς άξονα σε συγκεκριμένη ισχύς, μεταφράζεται σε αλλαγή ταχύτητας στο 75% του MCR. Το όφελος από την άποψη του EEDI, στην περίπτωση που η βελτιστοποίηση δεν επιτρέπει μικρότερη μηχανή, είναι μόνο η κυβική ρίζα της μείωσης της ισχύος, καθόσον ισχύς και ταχύτητα σχετίζονται με την τρίτη δύναμη. Για παράδειγμα μια βελτίωση στη ισχύς της έλικας κατά 10% δίνει μια αύξηση στην ταχύτητα κατά 3,6%. Εάν η εγκατεστημένη ισχύς διατηρείται σταθερή η βελτίωση του EEDI είναι μόνο 3,6%.

Επιπρόσθετα η εγκατάσταση κινητήρα μικρότερης ισχύος ενδέχεται να επιφέρει επιπτώσεις στην ασφάλεια του πλοίου, καθόσον δεν εξασφαλίζεται η ικανότητα ελιγμών και η ικανοποιητική συμπεριφορά του σε θαλασσοταραχή. Για την απαλοιφή του ανωτέρω ενδεχομένου, αναγνωρίστηκε από τις τελευταίες συνεδριάσεις της MEPC, ότι στα πλοία που εφαρμόζεται η απαίτηση του EEDI, η εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την ισχύ πρόωσης, που απαιτείται για τη διατήρηση της ικανότητας ελιγμών του πλοίου κάτω από αντίξοες συνθήκες, όπως ορίζεται στις κατευθυντήριες γραμμές, που θα αναπτυχθούν από τον IMO.

Αυτή η ελάχιστη ισχύς είναι αντικείμενο μελέτης τα τελευταία χρόνια και από την πλευρά τις προσομοίωσης σε καιρικές συνθήκες, μέσω λογισμικών και δεξαμενών πειραμάτων, αλλά και από την πλευρά βελτιστοποίησης τις γάστρας για καλύτερη συμπεριφορά του πλοίου σε αντίξοες συνθήκες κυματισμών. Για τον υπολογισμό της πρόσθετης αντίσταση κυματισμού και αέρα να τονίσουμε ότι μέσω πειραμάτων δεξαμενών μπορούμε σε κάποιες περιπτώσεις να εξάγουμε συμπεράσματα, παρόλα αυτά δεν είναι αποδοτικό να γίνονται μελέτες για όλους τους τύπους και μεγέθη πλοίων. Σε κάθε περίπτωση αυτή η διαδικασία είναι χρονοβόρα και αρκετά δαπανηρή. Όσον αφορά τους εμπειρικούς τύπους όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη

5.ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ Η ΘΑ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ

παράγραφο μπορούμε να υπολογίσουμε για παράδειγμα την μείωση της ταχύτητας άρα και τη χαμένη ισχύ, όμως σε κάθε περίπτωση αυτό δεν αποτελεί ακριβής πρακτική και ούτε υπάρχουν στοιχεία για όλους τους τύπους και μεγέθη των πλοίων.

Όλοι φαίνεται να στρέφονται σε πατέντες προσδιορισμού μέσω λογισμικών η οποία μέθοδος μελλοντικά , αφού πρώτα γίνουν επενδύσεις στην έρευνα και την ανάπτυξη σε προχωρημένο επίπεδο. Ήδη μέσω των λογισμικών, για παράδειγμα CFD και Newdrift (Παπανικολάου) γίνονται μελέτες για υπολογισμό προσθετής αντίστασης σε κυματισμούς/αέρα και βελτιστοποίησή γάστρας έναντι κυματισμών. Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να υπολογίσουμε την αντίσταση είτε με υπολογισμό από τις υδροστατικές πιέσεις στη γάστρα, είτε προσεγγίζοντας το σήμα της αντανάκλασής του κυματισμού σε κάποιο μακρινό σημείο.[14]

Στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο γίνεται διαρκείς έρευνα μέσω του προγράμματος **SHOPERA** με εμπνευστές και καθοδηγητές του καθηγητές του κύριους Παπανικολάου και Ζαραφωνίτη και σε συνεργασία με διεθνώς καταξιωμένους φορείς όπως οι νηογνώμονες GL, DNV, Lloyds Register και εγκεκριμένα πανεπιστημιακές κοινότητες όπως DTU, TU Berlin, TUDelft σε επίκαιρα ζητήματα που αφορούν την μελέτη και εξέλιξη ζητημάτων εφαρμογής του EEDI. Μια πτυχή της προσπάθειας αυτής είναι η ανάπτυξη νέων κατευθυντήριων γραμμών για την ελάχιστη απαιτούμενη ισχύ πρόωσης και την απόδοση του συστήματος διεύθυνσης για να διατηρηθεί η ικανότητα ελιγμών σε αντίξοες συνθήκες. Θέσπιση ελάχιστων δύναμη πρόωσης και πιθανόν νέες απαιτήσεις EEDI διασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας για διάφορους τύπους πλοίων. Προετοιμασία και υποβολή στον IMO μια σύνοψη των αποτελεσμάτων και συστάσεις για περαιτέρω εξέταση αναμένεται στο τέλος του έργου, το έτος 2016.[15]

Το SHOPERA εξετάζει τον βέλτιστο σχεδιασμό του πλοίο με βάση την οικονομία την ασφάλεια και την τήρηση των επικείμενων κανονισμών. Πιο αναλυτικά οι στόχοι του είναι:

- ❖ Η βελτίωση των υφιστάμενων λογισμικών για τον προσδιορισμό της ελάχιστης ισχύς για ασφάλεια έναντι αντίξων καιρικών φαινομένων.
- ❖ Διεξαγωγή μελέτης αξιοπλοΐας και δοκιμές ελιγμών για διάφορους τύπους πλοίων
- ❖ Την επικύρωση των λογισμικών για τον προσδιορισμό της ελάχιστης ισχύς για ασφαλή λειτουργία
- ❖ Η συνεργασία με τα ενδιαφερόμενα Μέρη, όπως οι νηογνώμονες , ναυπηγεία , ομάδες σχεδιασμού, ιδιοκτήτες πλοίων κτλ, για την πρόταση κατευθυντήριων γραμμών σε σχέση με τους κανονισμούς MEPC 64/4/13.
- ❖ Την ανάπτυξη νέων κατευθυντήριων γραμμών όσον αφορά τη ελάχιστη ισχύ και την ευελιξία στην ικανότητα ελιγμών. Θέσπιση ελάχιστης δύναμη πρόωσης και πιθανόν νέες απαιτήσεις του EEDI σε σχέση με την διασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας για διάφορους τύπους πλοίων.
- ❖ Με την ολοκλήρωση των παραπάνω την υποβολή στον IMO.

5.7 Power Take Offs.

Σύμφωνα με τις οδηγίες υπολογισμού του δείκτη EEDI, το 75% της εγκατεστημένης ισχύος των Βοηθητικών Εξόδων Ισχύος (PTO) μπορεί να αφαιρεθεί από την ισχύ των κύριων μηχανών. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η εγκατάσταση μιας Βοηθητικής Εξόδου Ισχύος (PTO) είναι επωφελής για την τιμή του δείκτη EEDI και όσο μεγαλύτερη είναι τόσο καλύτερα. Αυτό όμως μπορεί να οδηγήσει σε εγκατάσταση μιας Βοηθητικής Εξόδου Ισχύος (PTO) μεγάλου μεγέθους, η ισχύς της οποίας δεν θα χρησιμοποιείται για κάλυψη των φορτίων εν πλω, με αποτέλεσμα την μείωση της τιμής του δείκτη EEDI, χωρίς να επιτυγχάνεται η αντίστοιχη μείωση των εκπομπών καυσαερίων.

Ομοίως θα ήταν δυνατό να εγκατασταθεί μια μεγάλη Βοηθητική Είσοδος(PTI)/Εξοδος Ισχύος(PTO) για μια μηχανή και να προκύψει ιδιαίτερο όφελος στον υπολογισμό EEDI, με τον ισχυρισμό ότι η συσκευή θα χρησιμοποιείται ως Βοηθητική Έξοδος Ισχύος κάτω από κανονική πλεύση, ενώ ως Βοηθητική Είσοδος Ισχύος θα χρησιμοποιείται μόνο σε έκτακτες ανάγκες, π.χ. για είσοδο σε λιμένα. Εντούτοις, θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθεί η ίδια συσκευή ως συμπληρωματική μηχανή για την επίτευξη υψηλότερων ταχυτήτων, οι οποίες προφανώς θα σήμαιναν επίσης υψηλότερες εκπομπές για το σκάφος. Το απόθεμα παραγωγής ισχύος "θα κρυβόταν" σε υψηλότερη εγκατεστημένη ισχύς της βοηθητικής μηχανής, αφού αυτή δεν λαμβάνεται υπόψη από τον δείκτη EEDI.

5.8 Βοηθητικές μηχανές.

Ο τύπος υπολογισμού του δείκτη EEDI υπολογίζει την βοηθητική ισχύ P_{AE} , με βάση την εγκατεστημένη ισχύ της κύριας μηχανής, χωρίς να λαμβάνει υπόψη του την πραγματική ζήτηση βοηθητικής ισχύος. Για λόγο αυτό και προκειμένου να επιτευχθούν χαμηλότερες τιμές στον δείκτη EEDI, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρικές αντλίες εξυπηρέτησης των κ. μηχανών, αντί των εξαρτημένων. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η εγκατεστημένη ισχύς και η ειδική κατανάλωση της μηχανής αυτής και κατ' επέκταση η τιμή του EEDI, ενώ η αύξηση του ηλεκτρικού φορτίου δεν λαμβάνεται υπόψη.

Επιπρόσθετα δεν λαμβάνονται υπόψη τα αποτελέσματα ορισμένων καινοτόμων τεχνολογιών μείωσης της απαιτούμενης βοηθητικής ισχύος. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι παρακάτω τεχνολογίες:

- a) **Παροχή ρεύματος ξηράς:** Όταν ένα πλοίο σε λιμάνι, η απαραίτητη ισχύς για το ξενοδοχειακό φορτίο του (δηλ. φωτισμό, έλεγχο και εξοπλισμό επικοινωνιών, υδραντλίες, κ.λπ.) παρέχεται συνήθως από τις βοηθητικές μηχανές του. Προκειμένου

να μειωθούν οι εκπομπές των ελλιμενισμένων σκαφών, μερικοί λιμένες έχουν αρχίσει να προσφέρουν στα σκάφη την δυνατότητα παροχή ρεύματος ξηράς, μέσω κατάλληλης λήψης. Μόλις συνδεθεί ο κύριος ηλεκτρικός πίνακας του σκάφους με την παροχή της ξηράς, το σκάφος δεν λειτουργεί πλέον τις βοηθητικές μηχανές του. Ειδικότερα για πλοία με αυξημένη κατανάλωση ισχύος εν όρμω, συχνούς ελλιμενισμούς και με μεγάλη διάρκεια, η εν λόγω δυνατότητα δύναται να συμβάλλει αρκετά στην μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, με σημαντικά οφέλη υγείας για τους γειτονικούς πληθυσμούς.

- b) **Χρήση φωτισμού εξοικονόμησης ενέργειας:** Χρησιμοποιώντας φωτισμό, ο οποίος είναι περισσότερο ηλεκτρικά και θερμικά αποδοτικός και βελτιστοποιώντας τη χρήση του φωτισμού, μειώνεται η απαίτηση της ηλεκτρικής ισχύος και του κλιματισμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μικρότερο ξενοδοχειακό φορτίο και κατά συνέπεια μειωμένη απαίτηση βοηθητικής ισχύος. Για ένα οχηματαγωγό η εξοικονόμηση καυσίμου μπορεί να φτάσει στο 1%.
- c) **Ανεμιστήρες και αντλίες μεταβλητής ταχύτητας:** Οι αντλίες και οι ανεμιστήρες ενός πλοίου είναι μεγάλοι καταναλωτές ενέργειας για αυτό. Η λειτουργία των συσκευών αυτών με μεταβλητή ταχύτητα, σύμφωνα με την πραγματικές ανάγκες σε ροή, μειώνει την αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 0.1-1 %.

5.9 Μείωση του βάρους κενού σκάφους (Lightship).

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4, η μείωση του βάρους κενού σκάφους ωφελεί την τιμή του δείκτη EEDI, καθόσον αυξάνει το πρόσθετο βάρος (DWT), για δεδομένο εκτόπισμα. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει τους σχεδιαστές ή τους πλοιοκτήτες να μειώσουν το βάρος του χάλυβα όσο το δυνατόν περισσότερο. Επιπλέον αποτρέπει όσους επιθυμούν να ενισχύσουν οικειοθελώς τη δομική κατασκευή του πλοίου, πάνω από την ελάχιστη επιτρεπόμενη, όπως ορίζεται από τους κανονισμούς, καθόσον αυτές οι βελτιώσεις προσθέτουν βάρος χάλυβα και συνεπώς μειώνουν το πρόσθετο βάρος (DWT).

Τα στιβαρά πλοία είναι όμως σημαντικά για την προστασία της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα και την πρόληψη της ρύπανσης των θαλασσών. Για την αποφυγή των ανωτέρω επιδράσεων, θα εκδοθούν κατευθυντήριες οδηγίες για τον προσδιορισμό των εθελοντικών δομικών ενισχύσεων και την ενσωμάτωση αυτών μέσω του συντελεστή διόρθωσης Μεταφορικής Ικανότητας f_i . Μέχρι την έκδοση των οδηγιών ο συντελεστής θα είναι 1.00 .

5.10 Εκπομπές CO₂ κατά τη διάρκεια του ευρύτερου κύκλου ζωής του πλοίου.

Ο τύπος υπολογισμού του EEDI λαμβάνει υπόψη τις εκπομπές καυσαερίων που δημιουργούνται από τη λειτουργική διάρκεια ζωής του πλοίου. Όμως εκτός από τις εκπομπές που παράγονται από την καύση του καυσίμου στη θάλασσα είτε στα λιμάνια, κατά τη διάρκεια της επιχειρησιακής ζωής του πλοίου, παράγονται εκπομπές CO₂ και από τις ακόλουθες δραστηριότητες, που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής του πλοίου:

- ❖ Κατασκευή χάλυβα.
- ❖ Ναυπήγηση πλοίου.
- ❖ Επισκευές πλοίου.
- ❖ Ανακύκλωση πλοίου.
- ❖ Μεταφοράς των πρώτων υλών και του χάλυβα.

Καμία από τις εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με τις δραστηριότητες αυτές δεν συμπεριλαμβάνεται στον τύπο του δείκτη EEDI. Αυτό σημαίνει ότι ένα πλοίο με εκπομπές CO₂ κύκλου ζωής υψηλότερες από αυτές ενός άλλου πλοίου, μπορεί να επιτύχει μια χαμηλότερη (πιο ευνοϊκή) τιμή EEDI.

Ένα πλοίο που κατασκευάστηκε με μεγαλύτερα περιθώρια διάβρωσης, από ένα άλλο πλοίο, με το ίδιο εκτόπισμα, ίδια ταχύτητα και ισχύ, θα έχει μικρότερο πρόσθετο βάρος (DWT) και ως εκ τούτου, θα έχει υψηλότερη τιμή δείκτη EEDI. Υπ' αυτή την έννοια, το πιο στιβαρό πλοίο θα εμφανίζονται λιγότερο φιλικό προς το περιβάλλον από ό,τι το λιγότερο στιβαρό ομόλογό του. Ωστόσο, δεν είναι ευρέως γνωστό ότι το ισχυρότερο πλοίο μπορεί να παράγει λιγότερο CO₂ κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, εάν ληφθούν υπόψη και οι εκπομπές κατά τη φάση της ναυπήγησης, επισκευής και ανακύκλωσης. Τα πλοία που έχουν ναυπηγηθεί με μεγαλύτερες ανοχές διάβρωσης είναι δυνατόν να επιτύχουν χαμηλότερες συνολικά εκπομπές CO₂, κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους.

Μελέτη συνέκρινε τις εκπομπές CO₂ του κύκλου ζωής δύο Panamax και δύο Handymax πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην, τα οποία ναυπηγήθηκαν με δύο διαφορετικές στρατηγικές σχεδίασης. Το πλοίο Α ναυπηγήθηκε σύμφωνα με την ιδέα του χαμηλού αρχικού κόστους, με ελαφρύτερο βάρος κενού σκάφους, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η ικανότητα μεταφοράς φορτίου, και με τα περιθώρια διάβρωσης σύμφωνα με τους κοινούς κατασκευαστικούς κανονισμούς (Common Structural Rules) του IACS. Το πλοίο Β είναι ένα πλοίο με την ίδια μορφή και εκτόπισμα με το πλοίο Α, αλλά με μεγαλύτερο βάρος κενού σκάφους, ως αποτέλεσμα των αυξημένων περιθωρίων διάβρωσης, ιδιαίτερα σε επιλεγμένους τομείς, σύμφωνα με την υφιστάμενη σχετική εμπειρία, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι ανανεώσεις χάλυβα. Το Πλοίο Β έχει συνολικά παρόμοια περιθώρια διάβρωσης με τα πλοία που ναυπηγούνταν πριν την εφαρμογή των κοινών κατασκευαστικών κανονισμών (CSR) (συνήθως ισοδυναμούν με 20-25% του αρχικού πάχους ελάσματος), με περαιτέρω αυξήσεις σε ορισμένες περιοχές όπου αυτά

5. ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ Η ΘΑ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ

τα περιθώρια αποδείχθηκαν ανεπαρκή (όπως τα πλαίσια των αμπαριών των πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην, χαμηλά εγκάρσια ενισχυτικά, κατασκευαστικά στοιχεία των δεξαμενών έρματος, κλπ). Τα πλοία είναι κατά τα άλλα πανομοιότυπα, έχουν παρόμοια βαφή, υλικά, ίδια πολιτική λειτουργίας και συντήρησης και υποτίθεται ότι απασχολούνται σε παρόμοιες αποστολές. Οι ταχύτητες των πλοίων είναι επίσης οι ίδιες και η μελέτη απαιτεί ότι και οι δύο τύποι πλοίων μεταφέρουν τις ίδιες ποσότητες φορτίου (σε τόνους-χιλιόμετρα) ανά έτος.[56]

Μετά από υπολογισμούς, που έλαβαν υπόψη διαφορετικά ωφέλιμα φορτία και διαφορετικές λειτουργικές ημέρες ανά χρόνο, το καθαρό αποτέλεσμα είναι ότι περισσότερα πλοία του τύπου A (σε ποσοστό της τάξης του 1,5% για τα Panamax και 1,1% για τα Handymax) θα απαιτηθούν, έτσι ώστε η συνολική ετήσια μεταφερόμενη ποσότητα (τόνος- χιλιόμετρο) να είναι η ίδια. Οι περιβαλλοντικές επιδόσεις του κύκλου ζωής του πλοίου A είναι καλύτερες από εκείνες του πλοίου B, αλλά αν ληφθεί υπόψη μόνο το CO₂ που παράγεται από το καύσιμο που καίγεται μέσω της λειτουργίας του πλοίου κατά τη διάρκεια της ζωής του. Η διαφορά ανέρχεται σε λιγότερο από 600 τόνους CO₂, ανά πλοίο και έτος, για τα Panamax και λιγότερο από 200 τόνους CO₂ για τα Handymax. Ωστόσο, συγκρίνοντας τις εκπομπές CO₂ που οφείλονται σε άλλες δραστηριότητες που σχετίζονται με τον κύκλο ζωής ενός πλοίου, όπως η παραγωγή του χάλυβα, η ναυπηγική κατασκευή, οι επισκευές και η ανακύκλωση, βρέθηκε ότι το πλοίο B είναι καλύτερο από το πλοίο A. Συγκεκριμένα, από τις δραστηριότητες αυτές κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του πλοίου, παράγονται, κατά μέσο όρο, 342 τόνοι CO₂ ετησίως περισσότεροι για το A πλοίο τύπου Panamax και 183 τόνοι CO₂ ετησίως περισσότεροι για το A πλοίο τύπου Handymax.

Τα αποτελέσματα αυτά φαίνεται να είναι περιορισμένα, στη βάση ενός πλοίου (μια διαφορά της τάξης του 1% μεταξύ του πλοίου A και του πλοίου B), μπορούν όμως να είναι ουσιαστικά και καθολικά, αν λάβει κανείς υπόψη τον αριθμό των πλοίων του στόλου. Το 2007, σύμφωνα με την βάση δεδομένων πλοίων Lloyds-Fairplay, υπήρχαν 1.383 πλοία τύπου Panamax και 1.732 τύπου Handymax στον παγκόσμιο στόλο (ανάμεσα σε συνολικά 6.462 πλοία μεταφοράς ξηρού φορτίου χύδην). Με βάση τα δύο αυτά μεγέθη των πλοίων και με βάση τον αριθμό αυτών, ως αναφέρθηκε ανωτέρω, η λειτουργία πλοίων τύπου A παράγει περίπου 790.000 τόνους CO₂ ανά έτος περισσότερο από ό,τι τα πλοία του τύπου B. Η ποσότητα των 790.000 τόνων δεν είναι αμελητέα ποσότητα (περίπου 0,1% των συνολικών ετήσιων εκπομπών CO₂ από τη ναυτιλία).

Καθώς οι τρέχουσες λειτουργικές εκπομπές CO₂ του παγκόσμιου στόλου εκτιμώνται στην τάξη του ενός δισεκατομμυρίου τόνων ανά έτος, 5-6% είναι περίπου 50 με 60 εκατομμύρια τόνοι επιπλέον CO₂ ετησίως, στο βαθμό που το ίδιο ποσοστό ισχύει και σε παγκόσμιο επίπεδο. Ομοίως, το 1% (η διαφορά μεταξύ του πλοίου A και B του πλοίου), στο βαθμό που ισχύει επίσης και για τους άλλους τύπους πλοίων και για τα άλλα μεγέθη, είναι μείωση περίπου 10 εκατομμυρίων τόνων CO₂ ετησίως. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην εν λόγω μελέτη δεν ελήφθησαν υπόψη άλλες δραστηριότητες, που παράγουν επίσης εκπομπές, όπως η εξόρυξη των πρώτων υλών, τα χρώματα που χρησιμοποιούνται για το πλοίο και άλλες, οι οποίες αν λαμβάνονταν υπόψη θα έγειραν τα αποτελέσματα περισσότερο υπέρ του πλοίου B. Παρόλα αυτά, η σύγκριση

5.ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ Η ΘΑ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ

των τιμών EEDI για τα πλοία αυτά επιφέρουν ακριβώς το αντίθετο αποτέλεσμα, βλέποντας τον παρακάτω πίνακα βγάζουμε τα συμπεράσματα μας.

Πίνακας : Σύγκριση τιμών δείκτη EEDI.

PANAMAX	Ship A	Ship B
75% of MCR (kW)	6.750	6.750
Speed at 75% MCR	13.30	13.30
DWT	73.000	72.200
EEDI	4,439	4,488
HANDYMAX	Ship A	Ship B
75% of MCR (kW)	5.732	5.732
Speed at 75% MCR	13.30	13.30
DWT	46.500	45.900
EEDI	5.918	5.996

Μπορεί κανείς να δει ότι από την άποψη της τιμής του EEDI, το πλοίο A είναι καλύτερο από το πλοίο B και για τα δύο σχέδια. Αυτό οφείλεται αποκλειστικά στη διαφορά DWT μεταξύ των δύο πλοίων. Αλλά αυτό σημαίνει ότι ένα πλοίο με υψηλότερες εκπομπές CO₂ στον κύκλο ζωής του είναι καλύτερο στα χαρτιά, καθώς η τιμή του EEDI του είναι χαμηλότερη.

5.11 Καθορισμός συντελεστή R για τις τεχνολογίες μείωσης του CO₂.

Στον τύπο υπολογισμού του δείκτη EEDI δεν λαμβάνονται υπόψη οι συσκευές/τεχνολογίες κατακράτησης του CO₂, ανάλογες με τα συστήματα καθαρισμού των καυσαερίων (scrubbers). Οι συσκευές αυτές βρίσκονται ακόμη σε στάδιο ανάπτυξης και η αποτελεσματικότητά τους πρέπει να αποδειχθεί επιστημονικά, πριν χρησιμοποιηθούν. Ο τρόπος υπολογισμού της συνεισφοράς αυτών των συσκευών/τεχνολογιών στην κατακράτηση του CO₂ είναι εξαιρετικά δύσκολο να προσδιοριστεί, λόγω της πληθώρας αυτών και της δυσχέρειας παρακολούθησης της συμπεριφοράς αυτών σε πραγματικές συνθήκες εν πλω.

Η αποτελεσματικότητά τους θα μπορούσε να μετρηθεί ανάλογα με το ποσοστό αφαίρεσης CO₂, που μπορούν να επιτύχουν, από ένα ρεύμα καυσαερίων και να ενσωματωθεί στον τύπο του EEDI με την απλή προσθήκη ενός συντελεστή μείωσης R. Απαιτείται από τον IMO η έκδοση κατευθυντήριων οδηγιών για τον τρόπο ενσωμάτωσης των, αναφερόμενων στην παρούσα παράγραφο, συσκευών/ τεχνολογιών στον τύπο υπολογισμού του EEDI, μέσω ενός συντελεστή μείωσης R ή μιας άλλης μεθόδου.

5.12 EEDI για διάφορα μεγέθη και τύπους πλοίων.

Η χρήση μεγαλύτερων πλοίων είναι ενεργειακά αποδοτικότερη έναντι της χρήσης μικρότερων πλοίων, καθόσον με αυτά επιτυγχάνεται μικρότερη κατανάλωση καυσίμου. Με αύξηση του

5.ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ Η ΘΑ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ

μεγέθους του πλοίου κατά 10% μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση καυσίμου κατά 4-5 %, για όσο χρόνο υπάρχει επαρκής ζήτηση για μεταφορές.

Παρά ταύτα όμως τα πλοία μεγάλης χωρητικότητας είναι πιο δύσκολο να συμμορφωθούν με το απαιτούμενο EEDI. Επιπρόσθετα για όλα τα πλοία με πρόσθετο βάρος (DWT) άνω των 20.000 τόνων ισχύουν τα ίδια ποσοστά μείωσης από τις αντίστοιχες γραμμές αναφοράς. Η απλότητα του να υπάρχει μια ενιαία γραμμή αναφοράς, για όλο το εύρος του μεγέθους ενός τύπου πλοίου, έχει το μειονέκτημα ότι δεν αντιπροσωπεύει κατάλληλα τα μεγαλύτερα μεγέθη. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα ορισμένες αντιπροσωπευτικές στις MEPC είχαν προτείνει στο παρελθόν να αναπτυχθεί μια ξεχωριστή γραμμή αναφοράς για κάθε ξεχωριστό εύρος μεγέθους πλοίων, με βάση τα αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία. Αυτό όμως, θεωρήθηκε πολύ χρονοβόρο και έτσι η συμφωνία που επιτεύχθηκε ήταν ότι τέτοιου είδους διαφορές θα αντιμετωπιστούν με την κατάλληλη προσαρμογή των ποσοστών μείωσης, ανά μέγεθος πλοίου. Τελικά η προσαρμογή αυτή δεν έγινε.

Ως αποτέλεσμα της δυσμενέστερης θέσης που βρίσκονται τα μεγάλα πλοία, ενδέχεται αυτά να αναγκαστούν να μειώσουν την ταχύτητα τους, προκειμένου να συμμορφωθούν με την απαίτηση της αντίστοιχης γραμμής αναφοράς. Μια τέτοια μείωση, για τα ήδη «αργά» πλοία, ενδεχομένως να επηρεάσει την ικανότητα τους να πλεύσουν ασφαλώς. Για την αποτροπή της ανωτέρω δυσχέρειας είναι δυνατή η καθιέρωση διαφορετικών (πιο μικρών) ποσοστών μείωσης ανά φάση, για πλοία με χωρητικότητα πάνω από ένα συγκεκριμένο μέγεθος (π.χ. DWT= 200.000 tonnes).

Λαμβάνοντας υπόψη την απότομη κλίση των γραμμών αναφοράς για μικρού μεγέθους σκάφη (σε αυτό το φάσμα DWT) δεν είναι εφικτό να αναπτυχθεί μια γραμμή τάσης, που θα χρησιμοποιηθεί ως βάση για την ανάπτυξη μιας γραμμής αναφοράς. Η μεγάλη διακύμανση των τιμών του δείκτη EEDI για τα εν λόγω σκάφη είναι το αποτέλεσμα της μεγάλης εξάπλωσης των κριτηρίων σχεδιασμού αυτών, τα οποία προέρχονται από τον ειδικό σκοπό, την αποστολή και το ειδικό πλαίσιο κυκλοφορίας αυτών, μέσα στο οποίο έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν.

Επιπρόσθετα, λόγω της απότομης κλίσης της γραμμής αναφοράς, ακόμη και μια μικρή μείωση της χωρητικότητας, θα οδηγούσε σε μεγαλύτερη τιμή απαιτούμενου δείκτη EEDI και κατ'επέκταση μεγαλύτερη ευχέρεια συμμόρφωσης με την απαίτηση της γραμμής αναφοράς. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε τεχνητή χειραγώγηση της χωρητικότητας του πλοίου, με ευκολότερο τρόπο επίτευξης αυτής την ελαχιστοποίηση των δεξαμενών καυσίμων. Με βάση τα ανωτέρω διαφαίνεται ότι η εφαρμογή της απαίτησης του EEDI για τα μικρά πλοία δεν θα είναι εύστοχη. Για να καταστεί επιτυχής, απαιτείται μια μεθοδολογία για τη δημιουργία κατάλληλης γραμμής αναφοράς και αντίστοιχων ποσοστών μείωσης, που θα λαμβάνει υπόψη τις επιπτώσεις των ειδικών χαρακτηριστικών σχεδίασης και την καλύτερη αντανάκλαση της πραγματικής συμπεριφοράς του πλοίου.

5.ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ Η ΘΑ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ

Επιπροσθέτως απασχολούν θεματολογίες ανάλογα με τους τύπους των πλοίων, όπως θα δούμε στις επόμενες σελίδες:

❖ EEDI και containerships

Τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων έχουν υψηλή ταχύτητα σχεδίασης, περί τα 20-25 knots. Επομένως μπορούν εύκολα να συμμορφωθούν με την απαίτηση του EEDI, επεμβαίνοντας με μια μικρή μείωση της ταχύτητας κατά 2 κόμβους ή ακόμα λιγότερο, χωρίς μάλιστα να επηρεαστεί η ικανότητα τους για ασφαλή πλεύση. Λόγω αυτής της δυνατότητας δεν παρέχεται ισχυρό κίνητρο για την βελτίωση του σχεδιασμού τους.

Λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη ότι τα ποσοστά μείωσης ανά φάση είναι τα ίδια για όλα τα πλοία με πρόσθετο βάρος (DWT) άνω των 20.000 tonnes, διαπιστώνεται ότι τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων βρίσκονται σε ευμενέστερη θέση, έναντι υπολοίπων πλοίων, αναφορικά με την απαίτηση συμμόρφωσης με τον δείκτη EEDI. Η απαλοιφή των ανωτέρω διακρίσεων δύναται να εκτελεστεί με τη θέσπιση υψηλότερων ποσοστών μείωσης ανά φάση για τα εν λόγω πλοία.

❖ Γραμμή Αναφοράς πλοίων General Cargo.

Η γραμμή αναφοράς για τα πλοία γενικού φορτίου παρουσιάζει πολύ μεγάλη διασπορά των τιμών του Επιτευχθέντος EEDI και τη χειρότερη συσχέτιση $R^2=0.3344$, από όλους τους τύπους πλοίων για τα οποία υπολογίστηκε η γραμμή αναφοράς τους.

Ειδικότερα, μεταξύ των σκαφών κάτω των 15.000 dwt υφίστανται αρκετά παραδείγματα τιμών EEDI που υπερβαίνουν τη γραμμή αναφοράς περισσότερο από 100%. Οι αποκλίσεις αυτές δεν μπορούν να αποδοθούν στον κακό σχεδιασμό, όσον αφορά την ενεργειακή αποδοτικότητα, αλλά αποδίδονται στις ιδιαιτερότητες του σχεδιασμού και του εξοπλισμού κάθε πλοίου. Απαιτείται, λοιπόν, να βρεθεί μια κατάλληλη κατηγοριοποίηση (ανά εύρος μεγέθους) αυτών των πλοίων, ώστε να παραχθούν γραμμές αναφοράς με αποδεκτή συσχέτιση. Οι τύποι των πλοίων θα πρέπει να υποδιαιρεθούν συστηματικά μέχρι να δημιουργηθεί όσο το δυνατό υψηλότερη τιμή για την συσχέτιση R^2 .

❖ Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό κυβικού συντελεστή διόρθωσης για τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών.

Κατά τη διάρκεια της MEPC 62 αναγνωρίστηκε η αναγκαιότητα για την εισαγωγή στον τύπο του δείκτη EEDI ενός κυβικού συντελεστή διόρθωσης για τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών και αερίων. Η αναγκαιότητα αυτή προέκυψε επειδή αναγνωρίστηκε ότι τα εν λόγω πλοία μεταφέρουν φορτία των οποίων τα χαρακτηριστικά ποικίλλουν πάρα πολύ, με τον κώδικα IBC να περιέχει πάνω από 800 φορτία με ένα ευρύ φάσμα ειδικών βαρών. Στην MEPC 63 καθορίστηκαν με ειδικό τύπο οι συντελεστές για χημικά φορτία και LNG.

5.ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΣΧΟΛΟΥΝ Η ΘΑ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΟΥΝ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ

Διαλύματα ύδατος όπως τα οξέα, παραδείγματος χάριν, μπορεί να έχουν ειδικό βάρος μέχρι και 2.0 και τα σκάφη που προορίζονται για τη μεταφορά αυτών των φορτίων, έχουν ανάγκη να ενισχυθούν αναλόγως, οδηγώντας σε αυξανόμενες διαστάσεις των χρησιμοποιούμενων ελασμάτων. Αυτό, μαζί με τον υψηλό αριθμό διαχωρισμών δεξαμενών φορτίου, αυξάνει τη μάζα χάλυβα. Ένα άλλο κοινό χαρακτηριστικό του σχεδιασμού των πλοίων αυτών είναι το μεγάλο πλάτος και το μικρό βύθισμα, τα οποία και τα δύο επιτρέπουν τη μεγιστοποίηση της μεταφορικής ικανότητας για τη μεταφορά ελαφρών φορτίων μεγάλου όγκου, όπως η μεθανόλη, παράλληλα με τη δυνατότητα πρόσβασης σε συχνά μακρινούς και περιορισμένου βυθίσματος λιμένες των αναπτυσσόμενων χωρών,

- ❖ *Καθιέρωση γραμμών αναφοράς και ποσοστών μείωσης για επιβατηγά πλοία, Ro-Ro (μεταφοράς οχημάτων, μεταφοράς όγκου, και βάρους) και επιβατηγά-οχηματαγωγά.*

Θα υπολογίζεται ο επιτευχθείς δείκτης *EEDI* των επιβατηγών πλοίων, των φορτηγών-οχηματαγωγών (Ro-Ro) πλοίων (μεταφοράς οχημάτων, μεταφοράς όγκου και βάρους) και επιβατηγών-οχηματαγωγών (εκτός από εκείνα που έχουν ηλεκτροπρόωση, πρόωσης με στρόβιλο ή υβριδικά συστήματα πρόωσης). Ωστόσο, για τα εν λόγω πλοία δεν υφίσταται ο « απαιτούμενος *EEDI*», καθώς δεν έχουν θεσπιστεί ακόμα οι γραμμές αναφοράς. Ως εκ τούτου, είναι αναγκαίο να θεσπιστούν γραμμές αναφοράς και τα αντίστοιχα ποσοστά μείωσης για τα πλοία αυτά. Αναθεώρηση των απαιτήσεων για μικρά πλοία και της ρύθμιση των χρονικών περιόδων μετά των αντίστοιχων ποσοστών μείωσης για τις φάσεις 2 και 3. Στην αρχή της φάσης 1 και στα μισά της φάσης 2 ο IMO θα αναθεωρήσει τη κατάσταση των τεχνολογικών εξελίξεων και εάν κριθεί απαραίτητο, θα ρυθμίσει τα χρονικά διαστήματα, τις παραμέτρους των γραμμών αναφοράς και τα αντίστοιχα ποσοστά μείωσης.

- ❖ *Πλοία με ηλεκτροπρόωση, στροβίλους, υβριδικά συστήματα και άλλα συστήματα πρόωσης.*

Τα εν λόγω πλοία, προς το παρόν, από την απαίτηση για συμμόρφωση με τον απαραίτητο *EEDI*. Για τα πλοία αυτά δεν έχουν εκδοθεί ακόμα οδηγίες για τη μέθοδο υπολογισμού του Επιτευχθέντος *EEDI* και δεν έχουν καθιερωθεί γραμμές αναφοράς *EEDI*, μαζί με τα αντίστοιχα ποσοστά μείωσης.

5.13 Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό του συντελεστή διόρθωσης *EEDI*, για τις ειδικές δομικές ενισχύσεις του πλοίου.

Ο συντελεστής χωρητικότητας f_i θα λαμβάνεται ίσος με 1.00 μέχρι να εκδοθούν οι κατευθυντήριες οδηγίες από τον IMO για τον ακριβή τρόπο υπολογισμού του.

5.14 Ανάπτυξη οδηγιών για την ισχύς πρόωσης που απαιτείται για τη διατήρηση της ικανότητας ελιγμών του πλοίου υπό αντίξοες συνθήκες.

Για κάθε σκάφος, στο οποίο εφαρμόζεται ο κανονισμός του δείκτη EEDI, η εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης πρέπει να μην είναι λιγότερη από την ισχύ πρόωσης που απαιτείται για να διατηρήσει την ικανότητα ελιγμών του πλοίου υπό δυσμενείς συνθήκες, όπως θα καθοριστεί στις οδηγίες που θα αναπτυχθούν από την IMO.

Υφίσταται δυσχέρεια προσδιορισμού της ελάχιστης αυτής ισχύος, για τη διατήρηση της ικανότητας ελιγμών του πλοίου υπό δυσμενείς συνθήκες, διότι:

- ❖ Δεν υφίστανται πρότυποι ελιγμοί, οι οποίοι εάν εκτελεστούν ικανοποιητικά σε αντίξοες συνθήκες, θα αποδεικνύουν ότι το πλοίο είναι ικανό να εκτελέσει ασφαλώς αυτούς στις εν λόγω συνθήκες.
- ❖ Οι αντίξοες συνθήκες δεν είναι καθορισμένες με σαφήνεια.
- ❖ Είναι δυνατή η εκτέλεση πειραμάτων με προσομοίωση των δυσμενών κυμάτων και ανέμων, αλλά μπορεί να μην είναι εφαρμόσιμα για λόγους συνήθων πλοίων, καθώς υπάρχουν λίγες τέτοιες εγκαταστάσεις.
- ❖ Τα εργαλεία αριθμητικής προσομοίωσης δεν θεωρούνται αρκετά ώριμα για σκοπούς σχεδιασμού συνηθών πλοίων.

Λόγω της πολυπλοκότητας του θέματος και την απουσία μιας καθιερωμένης πρακτικής, προσδοκάτε ότι οι εργασίες για την κατανόηση και την αξιολόγηση της δυνατότητας ελιγμών των πλοίων σε αντίξοες συνθήκες θα συνεχιστούν για ένα εύλογο χρονικό διάστημα πριν συσταθούν οι κατάλληλες μέθοδοι και γίνουν διαθέσιμα τα εργαλεία προσομοίωσης.

5.15 Ανάπτυξη οδηγιών για τον υπολογισμό της μείωσης εκπομπών CO₂ με χρήση συστημάτων πρόωσης με αιολική αέρα (wind propulsion systems).

Η απόδοση των συστημάτων πρόωσης με χρήση της αιολικής ενέργειας (ιστία, αετοί, πτερύγια) εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά την πλεύση του πλοίου. Ως εκ τούτου η τιμή του συντελεστή διαθεσιμότητας αυτών απαιτεί προσεκτική εξέταση. Για το σκοπό αυτό απαιτείται έκδοση οδηγιών για ενιαίο υπολογισμό της ωφέλιμης ισχύος από τα συστήματα προώσεως με αιολική ενέργεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Η μελέτη αφορά πλοία ναυτιλιακής εταιρίας, τα στοιχεία της οποίας αναγράφονται στο τέλος της εργασίας, καθώς και τα αναφερόμενα πλοία.

6.1 Alpine Am&Aq (2010) EEDI

Για τα αδερφά πλοία της Alpine Am&Aq έχουμε παρακάτω τα έξης στοιχεία με τα οποία μπορούμε να υπολογίσουμε τον δείκτη επιτευχθεί EEDI καθώς και τον απαιτούμενο δείκτη EEDI

MCR_{ME}	14282	Kw
SFC_{ME}	17.2	g/KWh
C_{FME}	3.1144	
P_{ME}	10712	kW
SFC_{AE}	190	g/KWh
C_{Fae}	3.206	
SFC_{AE}	190	g/KWh
C_{fAE}	3.206	
P_{AE}	607	kW
n_{GEN}	0.96	
P_{PTO}	0	kW
P_{PTI}	0	kW
Shaft power P_{PTI}	0	kW
f_i for ice class	1	
f_i for voluntary enhancements	1	
f_{cranes}	1	
f_i for CSR built ships	1.0141	
f_j for ice class	1	
f_c cubic capacity correction	1	
DWT in EEDI conditon	105292	ton
Speed in EEDI condition	15.32	knots
Attained EEDI	3.737	g/DWTxnm
Required EEDI for compliance phase	4.315	g/DWTxnm
Compliance phase selected	Phase 0 (01/01/2013-31/12/2014)	

6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Επίσης για να υπολογιστεί η V_{ref} στην κατάσταση scantling, στην οποία έχουμε και την μέγιστη μεταφορική ικανότητα, πήραμε στοιχεία από τα SEA TRIALS του πλοίου. Χρησιμοποιώντας τον τύπο του αγγλικού Ναυαρχείου :

$$P = c_{AD} \cdot \Delta^{2/3} \cdot v^3$$

Βρίσκουμε ότι:

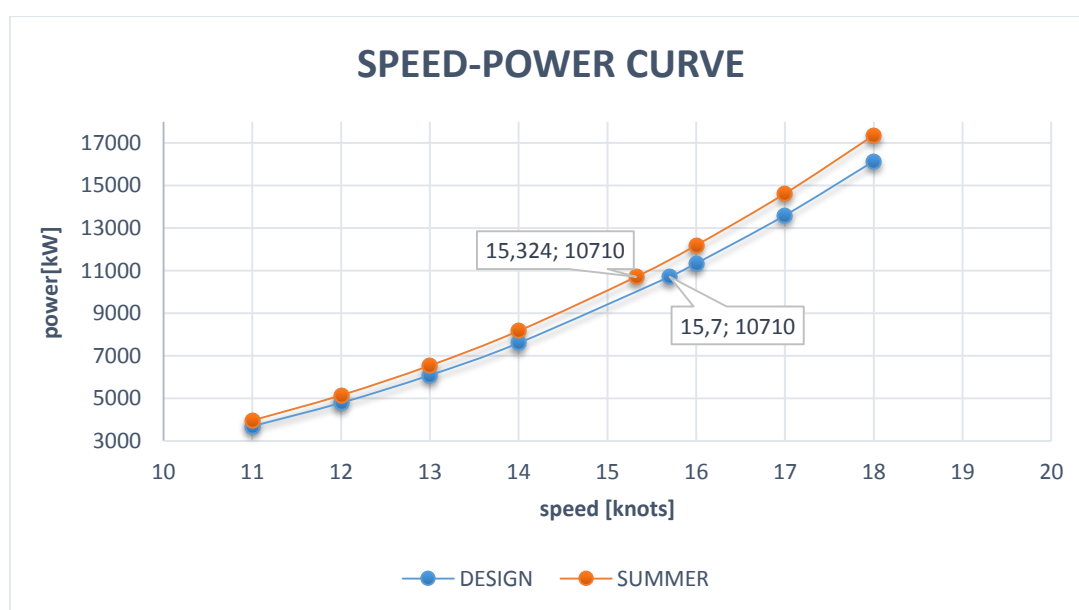
$$c_{AD} = 1.2 \cdot 10^{-3}$$

Οπότε για $\Delta_{scantling}=123.892$ tonnes (summer) και για τις διάφορες τιμές της V , έχουμε:

Πίνακας: V_{ref} -P

DESIGN		SUMMER	
Vref	P	Vref	P
11	3683.566962	11	3961.57867
12	4782.271758	12	5143.206568
13	6080.237877	13	6539.134739
14	7594.07043	14	8167.22154
15.7	10710	15.324	10710
16	11335.75528	16	12191.30446
17	13596.81779	17	14623.01728
18	16140.16718	18	17358.32217

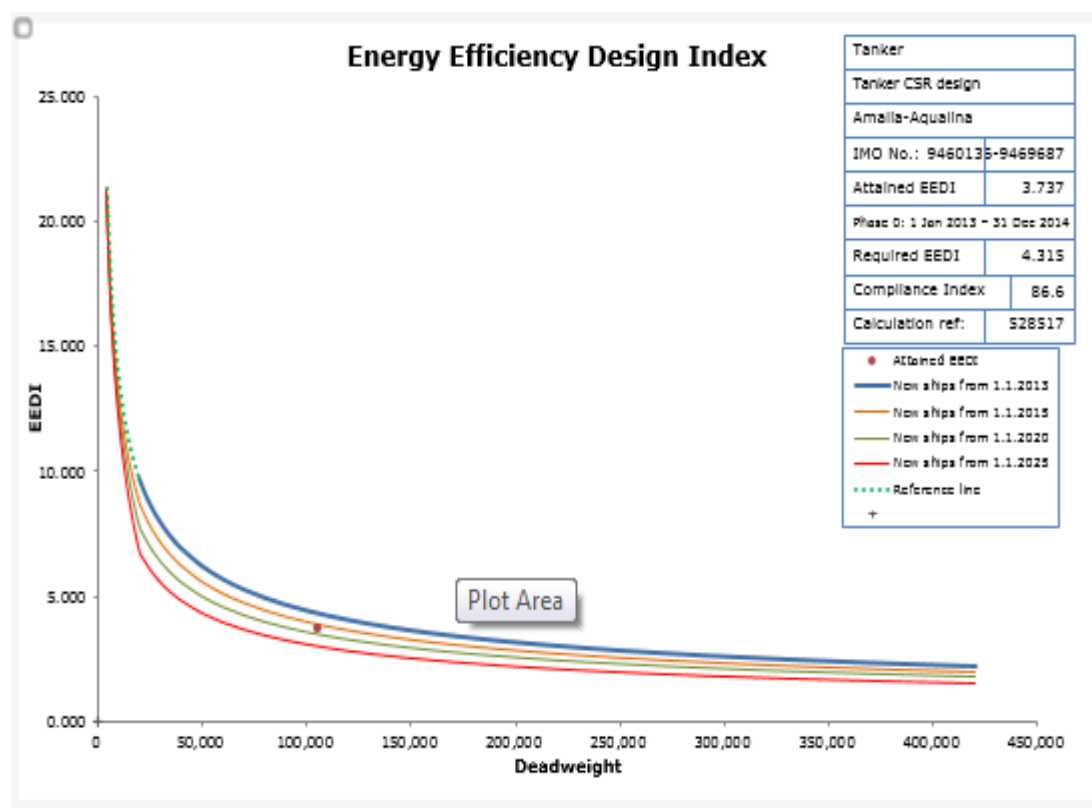
Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται αναλυτικά για τα δύο διαφορετικά βυθίσματα οι διάφορες ταχύτητες. Στα σχέδια των πλοίων βρέθηκε μόνο η μπλε καμπύλη (t design) , την οποία πλοτάραμε για να την δούμε συγκριτικά με την κόκκινη (t scantling). Όσον αφορά την δεύτερη κατάσταση, την επιλέξαμε ώστε η τιμή του EEDI να είναι πιο ρεαλιστική. Με την βοήθεια τη C_{ad} σχεδιάσαμε την κόκκινη καμπύλη και βρήκαμε την V_{ref} για το 75% την MCR.



Εικόνα: Διάγραμμα Ισχύος-Ταχύτητας για τα αδερφά πλοία

6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Με βάση τα άνωθεν στοιχεία έχουμε τελικά:



Εικόνα: Επιτευχθείς και Απαιτούμενος δείκτης EEDI , για τα αδερφά πλοία Am&Aq.

- ❖ **Επιτευχθείς EEDI** =3.737 gr CO₂/tn*mile
- ❖ **Απαιτούμενος EEDI** =4.315 gr CO₂/tn*mile

Παρατηρούμε ότι attained EEDI < required EEDI.

Παρότι τα πλοία χτίστηκαν πριν θεσπιστούν οι κανονισμοί του EEDI , η σχεδίαση τους είναι τέτοια ώστε τα πλοία να είναι σχετικά φιλικά ως προς το περιβάλλον και σχετικά οικονομικά στην λειτουργία τους . Αυτό βέβαια δεν ισχύει για όλα τα πλοία και τα μεγέθη δυστυχώς.

Μολονότι τα πλοία δεν υποχρεούνται να προσαρμοστούν σε απαιτήσεις , με κατάλληλες μεθόδους μπορούν να γίνουν ακόμα πιο οικονομικά και φιλικά ως προς το περιβάλλον.

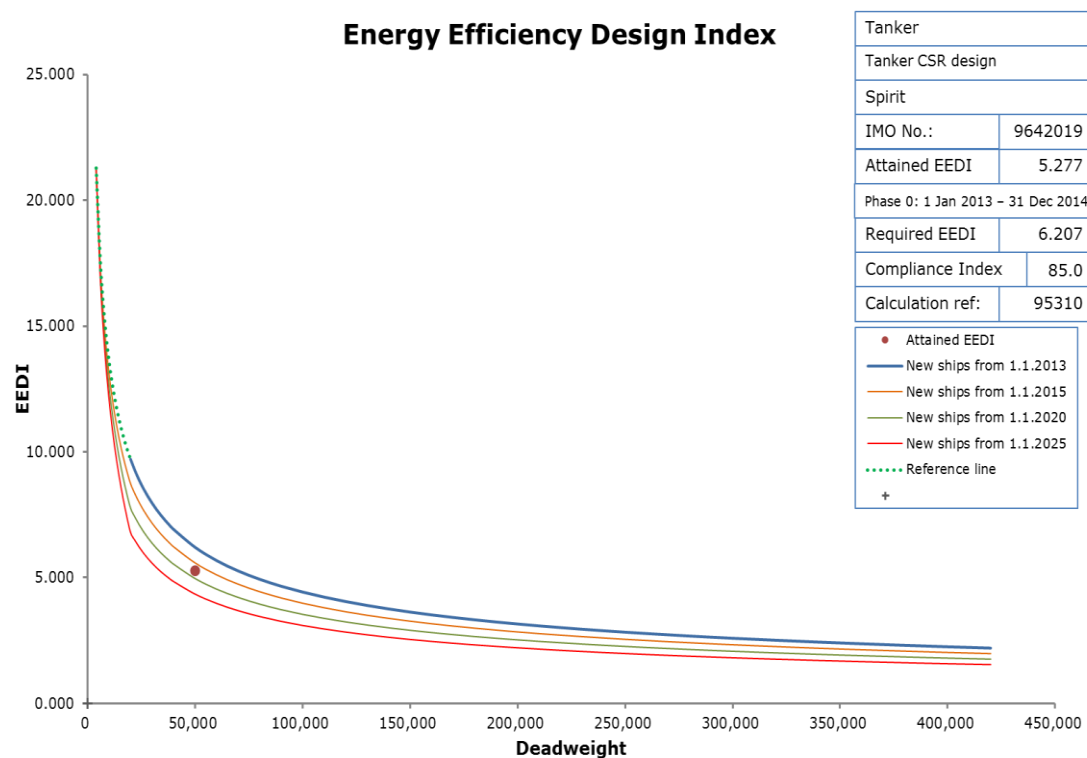
Παρακάτω θα δούμε πως επηρεάζεται ο δείκτης EEDI σε σχέση με τις μεταβλητές αναλυτικά με βάση τα προαναφερθείσα πλοία.

6.2 Stenaweco S (2012) EEDI.

Για το πλοίο Stenaweco S έχουμε παρακάτω τα έξης στοιχεία με τα οποία μπορούμε να υπολογίσουμε τον δείκτη επιτευχθεί EEDI καθώς και τον απαιτούμενο δείκτη EEDI.

MCR _{me}	8950	Kw
SFC _{me}	169	g/KWh
Cf _{me}	3.1144	
P _{me}	6713	kW
SFC _{ae}	221.4	g/KWh
Cf _{ae}	3.206	
SFC _{ae}	221.4	g/KWh
C _{fae}	3.206	
P _{ae}	448	kW
η _{gen}	0.95	
P _{pto}	0	kW
P _{pti}	0	kW
Shaft power P _{pti}	0	kW
fi for ice class	1	
fi for voluntary enhancements	1	
f _{cranes}	1	
fi for CSR built ships	1.0172	
fj for ice class	1	
fc cubic capacity correction	1	
DWT in EEDI conditon	49995	ton
Speed in EEDI condition	14.35	knots
Attained EEDI	5.277	g/DWTxnm
Required EEDI for compliance phase	6.207	g/DWTxnm
Compliance phase selected		Phase 0

6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ



Εικόνα: Επιτευχθείς και Απαιτούμενος δείκτης EEDI , για το πλοίο Stenaweco S.

- ❖ **Επιτευχθείς EEDI** =5.277 gr CO₂/tn*mile
- ❖ **Απαιτούμενος EEDI** =6.207 gr CO₂/tn*mile

Παρατηρούμε ότι attained EEDI < required EEDI.

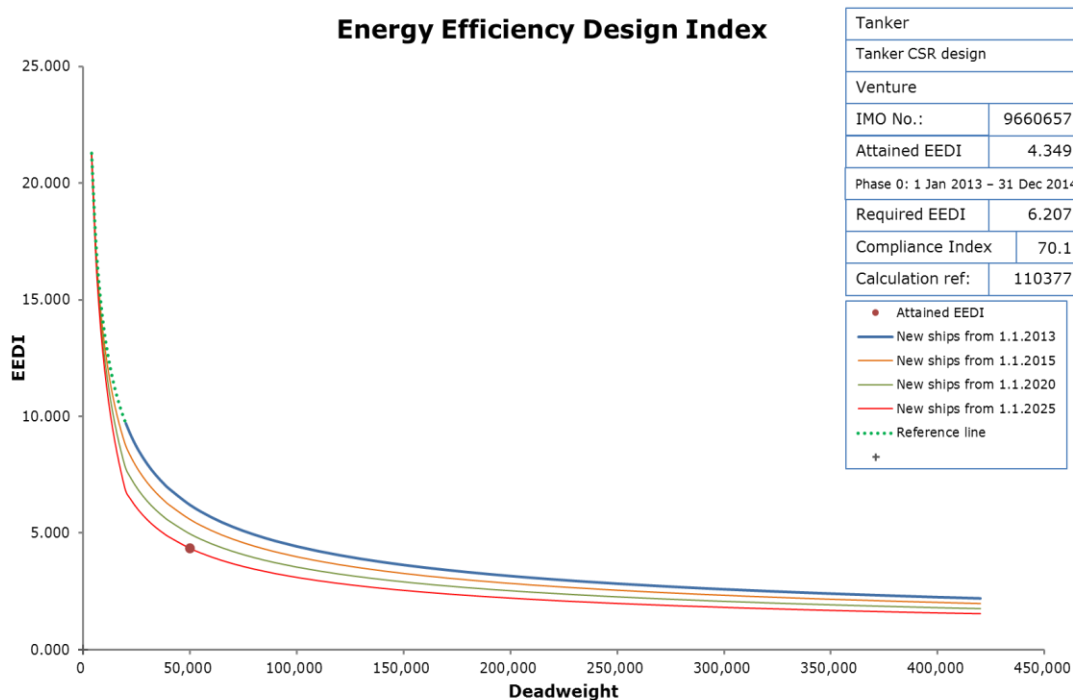
Πάλι παρατηρούμε ότι το πλοίο παρότι χτίστηκε πριν την ημερομηνία για συμμόρφωση στους εν λόγω κανονισμούς έχει σχετικά χαμηλό δείκτη. Σε κάθε περίπτωση όμως με της υφιστάμενες τεχνολογίες και κατάλληλες τροποποιήσεις μπορούμε να πάρουμε ακόμα καλύτερα αποτελέσματα ως προς την οικονομία και τους ρύπους.

6.3 Stenaweco V (2014) EEDI.

Για το πλοίο Stenaweco V έχουμε παρακάτω τα έξης στοιχεία με τα οποία μπορούμε να υπολογίσουμε τον δείκτη επιτευχθεί EEDI καθώς και τον απαιτούμενο δείκτη EEDI.

6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

MCR _{me}	7240	Kw
SFC _{me}	167.2	g/KWh
C _{fme}	3.1144	
P _{me}	5430	kW
SFC _{ae}	232	g/KWh
C _{fae}	3.206	
SFC _{ae}	232	g/KWh
C _{fae}	3.206	
P _{ae}	362	kW
N _{gen}	0.95	
P _{pto}	0	kW
P _{pti}	0	kW
Shaft power P _{pti}	0	kW
f _i for ice class	1	
f _i for voluntary enhancements	1	
f _{cranes}	1	
f _i for CSR built ships	1.0171	
f _j for ice class	1	
f _c cubic capacity correction	1	
DWT in EEDI conditon	49995	ton
Speed in EEDI condition	14	knots
Attained EEDI	4.349	g/DWTxnm
Required EEDI for compliance phase	6.207	g/DWTxnm
Compliance ophase selected	Phase 0	



Εικόνα: Επιτευχθείς και Απαιτούμενος δείκτης EEDI , για το πλοίο Stenaweco V.

6.ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

- ❖ **Επιτευχθείς EEDI** =4.349 gr CO₂/tn*mile
- ❖ **Απαιτούμενος EEDI** =6.207 gr CO₂/tn*mile
- ❖ Για την φάση 3, **Απαιτούμενος EEDI** =4.345 gr CO₂/tn*mile

Παρατηρούμε ότι attained EEDI<required EEDI.

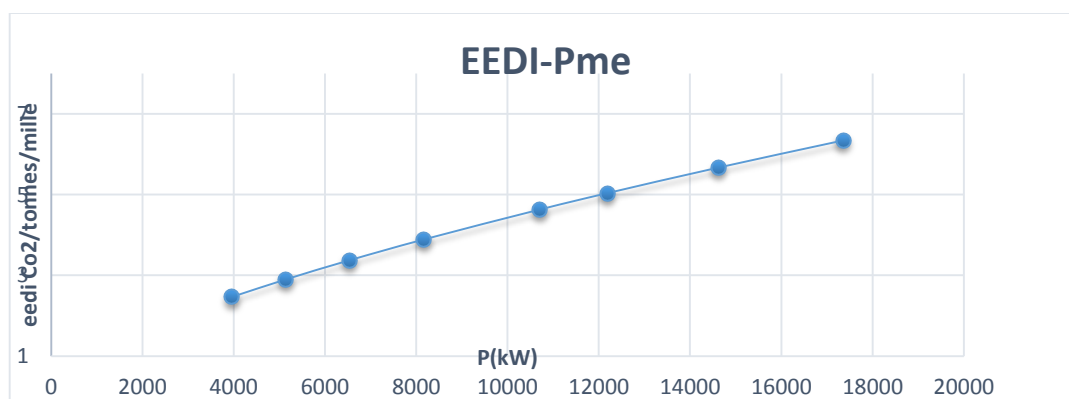
Παρατηρούμε επίσης ότι παρότι τα πλοία Stenaweco S&V παρότι έχουν κατασκευαστεί από το ίδιο ναυπηγείο το πρώτο για το έτος 2012 και το δεύτερο για το έτος 2014, για συμφέροντα της ίδια εταιρίας με την ίδια μεταφορική ικανότητα έχουν σημαντική διαφορά στην απόδοσή τους με βάση τον δείκτη του EEDI.

Το Stenaweco V είναι σχεδιασμένο με οικονομικά κριτήρια και φιλικά προς το περιβάλλον. Βέβαια εάν συνυπολογίσουμε τις τεχνολογίες και τις πατέντες που είναι εφαρμόσιμες για πλοία, τότε βγάζουμε το συμπέρασμα ότι τα πλοία μπορούν να σχεδιάζονται με οικολογικά-οικονομικά κριτήρια αρκεί να υπάρχει η διάθεση και η απαραίτητη τεχνολογία.

6.4 Ευαισθησία του EEDI σε σχέση με την εγκατεστημένη ισχύ πρόωσης MCR.

Η εν λόγω προσέγγιση θα γίνει με τα αριθμητικά στοιχεία των Alpine Am-Aq.

Η απαιτούμενη ισχύς κύριας μηχανής προσδιορίζεται, μεταξύ άλλων κριτηρίων σχεδίασης, από αυτή την ταχύτητα. Συνήθως, η ταχύτητα δίνεται ως κριτήριο σχεδίασης και οι επιλογές για την ισχύ εξαρτώνται από την ικανότητα του σχεδιαστή και τους βαθμούς ελευθερίας για υδροδυναμική βελτιστοποίηση. Αντικαθιστώντας την ταχύτητα στο δείκτη EEDI, σύμφωνα με τον τύπο του Αγγλικού Ναυαρχείου, όπως δόθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, κατασκευάζουμε το παρακάτω γράφημα:



Εικόνα: Διάγραμμα σχέσης EEDI με MCR.

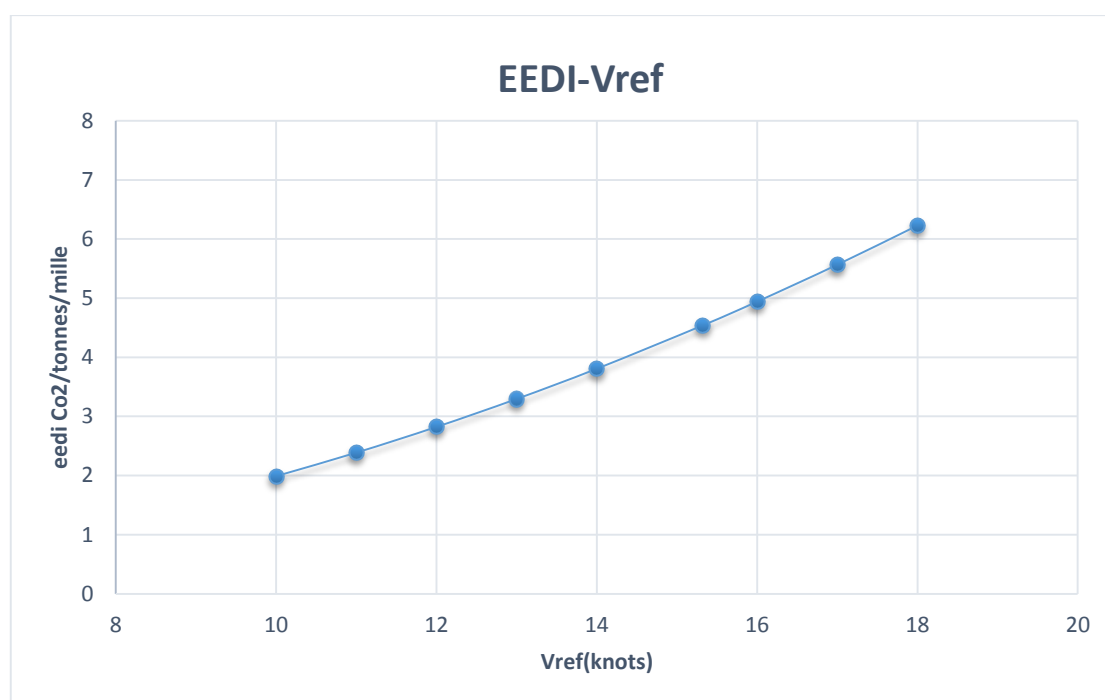
6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Παρατηρούμε ότι η τιμή του EEDI είναι σχεδόν ευθέως ανάλογη της εγκατεστημένης ισχύος και αύξηση της ισχύος προώσεως οδηγεί σε υψηλότερες τιμές EEDI. Ενδεικτικά αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος κατά 2500 Kw επιφέρει αύξηση του EEDI κατά 19%.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στους εν λόγω υπολογισμούς η μεταβολή της εγκατεστημένης ισχύος πρόωσης λαμβάνεται υπόψη διπλά στον υπολογισμό του EEDI, καθώς επηρεάζει και την τιμή της βοηθητικής ισχύος P_{AE} , οποία υπολογίζεται ως ποσοστό της εγκατεστημένης ισχύος πρόωσης.

6.5 Ευαισθησία του EEDI σε σχέση με την ταχύτητα πλοίου V_{ref} .

Η ταχύτητα είναι εξαρτημένη από την ισχύ P (75% MCR) και ειδικότερα συνδέονται μέσω του τύπου του Αγγλικού Ναυαρχείου. Αντικαθιστώντας την ισχύ στο δείκτη EEDI, κατασκευάζουμε το παρακάτω διάγραμμα:



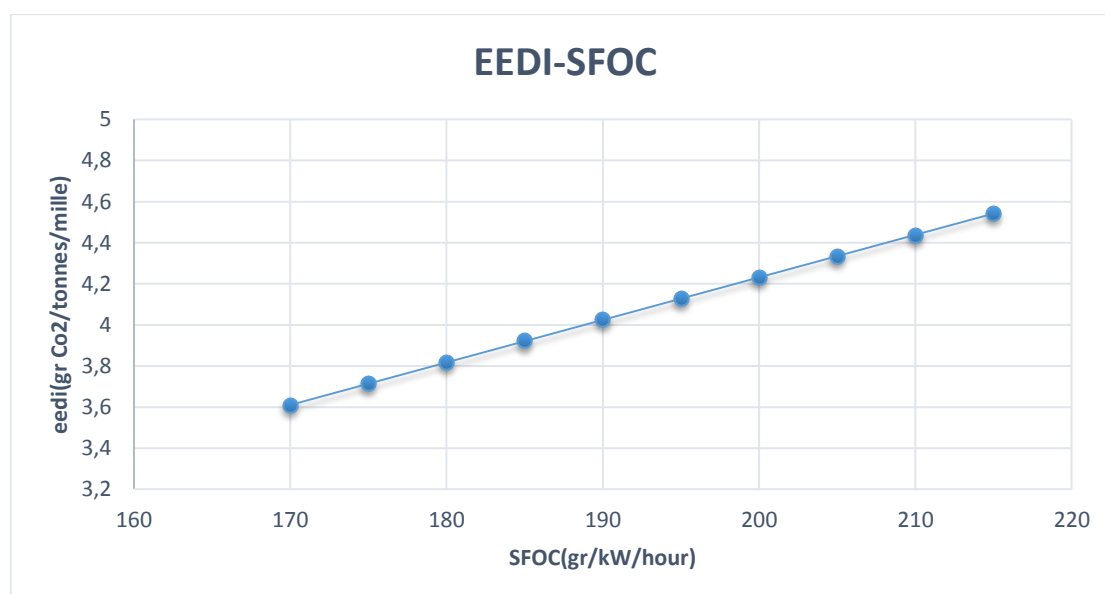
Εικόνα: Διάγραμμα σχέσης EEDI με V_{ref} .

Το ανωτέρω γράφημα επεξηγεί σαφώς την ευαισθησία του δείκτη για την επιλεγμένη ταχύτητα σχεδίασης. Η τιμή του δείκτη για 12 κόμβους είναι 2.822 και εάν η ταχύτητα αυξηθεί κατά 2 knots ο δείκτης γίνεται 3.81, δηλαδή αυξάνεται κατά 35%. Παρατηρούμε δε ότι η καμπύλη άρα και η μεταβολή του EEDI γίνεται πιο απότομη σε υψηλότερες ταχύτητες. Η μείωση της ταχύτητας σχεδίασης αποτελεί μια δελεαστική λύση για συμμόρφωση με τη σχετική απαίτηση.

6.6 Ευαισθησία του EEDI σε σχέση με την ειδική κατανάλωση SFOC.

Την εν λόγω παράγραφο την αναφέρω όχι τόσο γιατί παίζει σημαντικό ρόλο στην σχεδίαση, όσο στην κατανόηση του ότι μια καλή συντήρηση της μηχανής δίνει και οικονομία και οικολογική συνεισφορά σε βάθος χρόνου. Επίσης η καλή συντήρηση των μηχανημάτων γενικότερα συνεισφέρει στην μείωση των εξόδων από ανταλλακτικά καθώς και εξοικονόμηση εργατωρών.

Υποθέτοντας ότι όλοι οι παράγοντες στον τύπο υπολογισμού του EEDI είναι σταθεροί, πλην της ειδικής κατανάλωσης της κύριας μηχανής κατασκευάζουμε το παρακάτω γράφημα.



Εικόνα: Διάγραμμα σχέσης EEDI με SFOC.

6.7 Τεχνοοικονομική μελέτη.

Η μελέτη έγινε με την βοήθεια του προγράμματος Microsoft Excel και η αξιολόγηση με βάση την τεχνογνωσία που αποκτήθηκε από το μάθημα που προσφέρεται κατ' επιλογήν από την σχολή Ναυπηγών Μηχ.Μηχ. "Εργαστήριο επιχειρησιακής έρευνας".

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε αποτελείται από τα εξής:

- ❖ Ενδεικτική επιλογή μεθόδων που έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.
- ❖ Προσδιορισμός επιχειρησιακού προφίλ του πλοίου.
- ❖ Προσδιορισμός των τιμών των bunkers.
- ❖ Προσδιορισμός της τιμής του i_{wacc} .

6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

- ❖ Υπολογισμός των δεικτών αξιολόγησης NPV, IRR, PI.
- ❖ Αποτύπωση αυτών σε διαγράμματα.
- ❖ Αξιολόγηση αποτελεσμάτων.

Πιο αναλυτικά, παρακάτω βλέπουμε τον πίνακα με της **ενεργειακές μετατροπές-βελτιώσεις**, τα στοιχεία του οποίου αναφέρονται στο κεφάλαιο 4.

Πίνακας: Μέτρα ενεργειακής βελτίωσης.

ΜΕΤΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ							
	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ \$	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ \$	ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛ ΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ %	ΜΕΣΗ %	ΜΕΓΙΣΤΗ %	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΠΛΟΙΩΝ
1	WEATHER ROUTING	60000	2500	0,50%	2,00%	4%	3000
2	DE-RATE ME	1000000	33000	2,00%	4,00%	6%	-
3	TRIM OPTIMISATION	150000	4500	1,00%	3,00%	5%	800
4	FINS	80000	2400	2,00%	3,50%	5%	2000
5	DUCTS	150000	4500	2,00%	6,00%	10%	-
6	COSTAS BULB	250000	8100	2,00%	3,00%	4%	300
7	BULBOUS BOW	1000000	30000	3,00%	4,50%	6%	30
8	MEWIS DUCT	350000	10500	4,00%	6,50%	9%	400
9	ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΦΛΟΥΡΟΠΟΛΥΝΕΡΩΝ	400000	11700	5,00%	7,00%	9%	500
10	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ Κ.ΜΗΧΑΝΗΣ	40000	1200	1,00%	1,50%	3%	-
11	HIGH-EFFICIENCY PROPELLER	1300000	39000	2,00%	2,50%	3%	-
12	ΧΑΡΤΑΕΤΟΙ ΡΥΜΟΥΛΚΗΣΗΣ	1400000	42000	4,00%	8,00%	12%	10
13	ΑΙΟΛΙΚΟΙ ΡΟΤΟΡΕΣ	1200000	36000	8,00%	10,00%	12%	1
14	LNG	10000000	228000	-	-	-	400

Έχει ληφθεί λειτουργικό κόστος σε κάθε μέθοδο για συντήρηση ή καθαρισμό ή επισκευή ή βλάβη ή μη επίτευξη του επιθυμητού στόχου ή απροσδιόριστο λόγο. Έτσι καθίσταται η μέθοδος πιο ρεαλιστική. Σε περιπτώσεις που δεν βρέθηκε λειτουργικό κόστος τέθηκε το 3% της αρχικής επένδυσης.

Για το **επιχειρησιακό προφίλ** χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από ναυτιλιακή εταιρία, πληροφορίες για την οποία αναγράφονται στο τέλος της διπλωματικής.

Συνοπτικά έχουμε:

6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Πίνακας: Επιχειρησιακό προφίλ πλοίου.

ALPINE AM	
AFRAMAX 105000 mt	
ΗΜΕΡΕΣ ΠΛΕΥΣΗΣ ΕΤΗΣΙΟΣ	360
ΗΜΕΡΕΣ ΠΛΕΥΣΗΣ ΣΕ ECA	50
ΗΜΕΡΕΣ ΠΛΕΥΣΗΣ ΕΚΤΟΣ ECA	310
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ Κ.ΜΗΧΑΝΗΣ T/DAY	40
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΣ	-

Για τις τιμές των **bunkers** υπολογιστήκαν οι μέση όροι των τελευταίων δέκα ετών, από τα κυριότερα λιμάνια. Φυσικά υπάρχει αβεβαιότητα για τις μελλοντικές τιμές, παρόλα αυτά τα τελευταία δέκα χρόνια έχουμε λάβει όλες τις στάθμες των τιμών και με πολλαπλές διακυμάνσεις συνεπώς οι μέση όροι θεωρούνται καλή προσέγγιση στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας. Η τιμή του LNG υπολογίστηκε ως το 85% του HFO.[58]

Πίνακας: Τιμές bunkers ανά tn που προέκυψαν από μέσω όρων των τελευταία 10 ετών.

HFO	\$	504.11
MGO	\$	844.23
LSHFO	\$	613.60
LNG	\$	428.50
HFO-LNG	\$	75.62
LSHFO-LNG	\$	185.10

Επίσης υπολογισμοί θα γίνουν λαμβάνοντας υπόψιν οι το 2025 θα εφαρμοστεί ο νομός για τις περιοχές εκτός ECA στις οποίες τα πλοία θα υποχρεούνται να καίνε πετρέλαιο LSHFO (<0.5%). Υπάρχει και το σενάριο για να ισχύσει από το 2020, αλλά λαμβάνουμε την λιγότερο ευνοϊκή όσον αφορά της επενδύσεις.

Συγκεντρωτικά έχουμε :

Πίνακας: Χρησιμοποιούμενο καύσιμο σύμφωνα με τις διατάξεις περί οξειδίου του θείου.

ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΝ ΚΑΥΣΙΜΟ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟ 2025	2016-2025	2025-2035
ΕΚΤΟΣ ECA	HFO	LSHFO(<0.5%)
ΕΝΤΟΣ ECA	MGO	MGO

6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Για να υπολογίσουμε τον δείκτη NPV (καθαρή παρούσα αξία) απαιτείται να προσδιορίσουμε των δείκτη i_{wacc} . Η τυπική προσέγγιση για τον υπολογισμό του επιτοκίου αναγωγής είναι η χρήση του Μέσου Σταθμικού Κόστους Κεφαλαίου (Weighted Average Cost of Capital-WACC) εταιρειών του κλάδου, στον οποίο ανήκει η εταιρεία. Το Μέσο Σταθμικό Κόστος εκφράζει το συνολικό κόστος των κεφαλαίων της εταιρείας λαμβάνοντας υπόψη τόσο την αξία όσο και την αναλογία κάθε πηγής χρηματοδότησης και υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο, χωρίς να λαμβάνεται ο συντελεστής φορολόγησης:

$$i_{wacc} = \frac{D}{D + E} \cdot R_D + \frac{E}{D + E} \cdot R_{oe}$$

Εξίσωση : Μέσο Σταθμικό Κόστος.

D: αξία δανειακών κεφαλαίων.

E: αξία ιδίων κεφαλαίων.

R_D : επιτόκιο δανεισμού.

R_{oe} : επιτόκιο επενδυτών.

Για της επενδύσεις στον ναυτιλιακό κλάδο η μέση τιμή του είναι γύρω στο **9%**. Την ίδια μέση τιμή έδωσε και η ναυτιλιακή εταιρεία. Ευκολά αποδεικνύεται για τις ακόλουθες τιμές:

D= 60%

E= 40%

R_D = 5%

R_{oe} = 15%

Ως καθαρή παρούσα αξία NPV ορίζεται η τιμή που προκύπτει από την αφαίρεση του συνόλου των προεξοφλημένων ταμειακών ροών μιας επένδυσης με το σύνολο των αντίστοιχων εκροών (Aravossis K, 2012). Το κριτήριο οριακής αποδοχής μιας επένδυσης είναι η τιμή της NPV να είναι μεγαλύτερη του μηδενός. Για τον δείκτη NPV(καθαρή παρούσα αξία) έχουμε τον τύπο:

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{R_t}{(1+i)^t}$$

Εξίσωση: Καθαρή Παρούσα Αξία.

Όπου :

i : το επιτόκιο αναγωγής

N: ο συνολικός αριθμός των περιόδων (ετών)

R_t : η ταμειακή ροή κατά το έτος t

t : το έτος της ταμειακής ροής R_t

6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Ως Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (Internal Rate of Return) ορίζεται η τιμή που πρέπει να λάβει το επιτόκιο αναγωγής ώστε η Καθαρή Παρούσα Αξία να λαμβάνει μηδενική τιμή. Συμπερασματικά, για να γίνει αποδεκτή η εξεταζόμενη επένδυση θα πρέπει η τιμή του IRR να είναι μεγαλύτερη αυτής του επιτοκίου αναγωγής.

Τέλος, η τιμή του δείκτη αποδοτικότητας (Profitability Index) μιας επένδυσης υπολογίζεται από την παρούσα αξία των καθαρών ταμειακών εισροών διαιρούμενη προς την καθαρή παρούσα αξία των εκροών. Συνεπώς, μια επένδυση γίνεται οριακά αποδεκτή εάν και εφόσον η τιμή του PI είναι μεγαλύτερη του 1. Στις αδυναμίες της NPV αναφέρεται το γεγονός ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις, κατά τις οποίες συγκρίνονται δύο ή περισσότερες επενδύσεις με διαφορετικό αρχικό κεφάλαιο.

Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι τιμές των δεικτών για **κεντρικό σενάριο** (μέσες τιμές της εφαρμογής των μεθόδων) αλλά και για το **δυσμενέστερο σενάριο** (χαμηλότερες τιμές μειώσεις της κατανάλωσης). Ακόμα το κεντρικό από το δυσμενέστερο διαφοροποιούνται στις τιμές των bunkers, του i_{wacc}

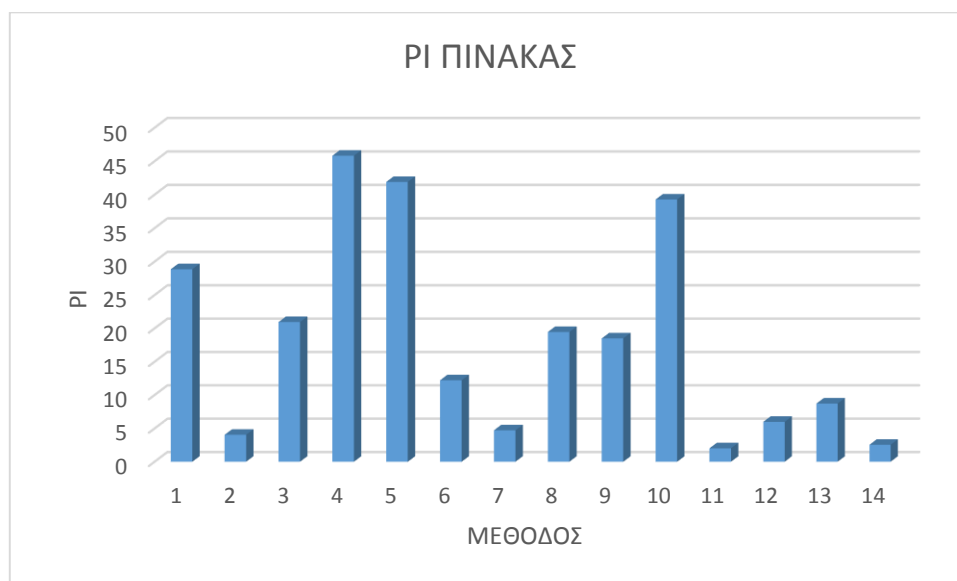
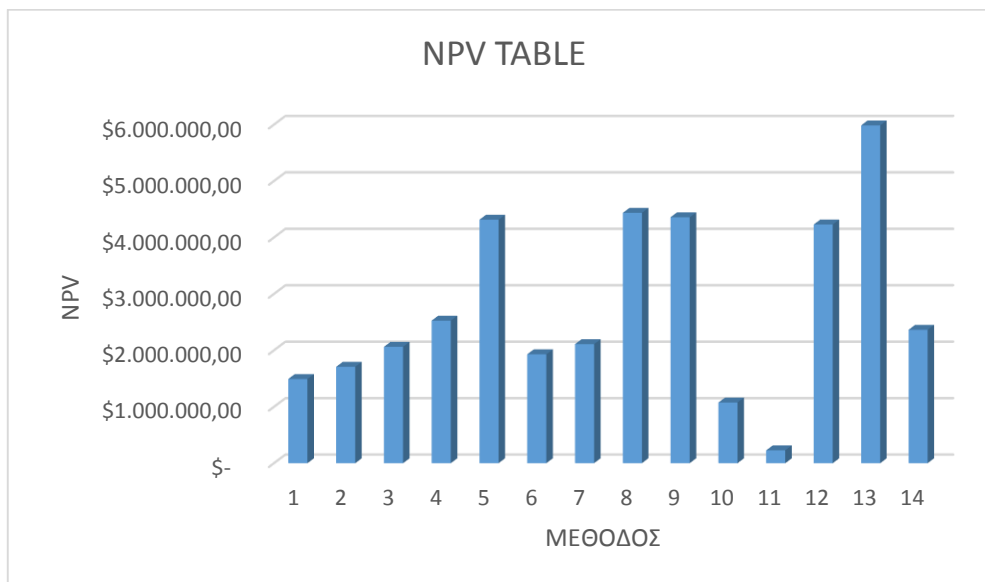
Κεντρικό σενάριο

Πίνακας: Μετατροπές σύμφωνα με το κεντρικό σενάριο.

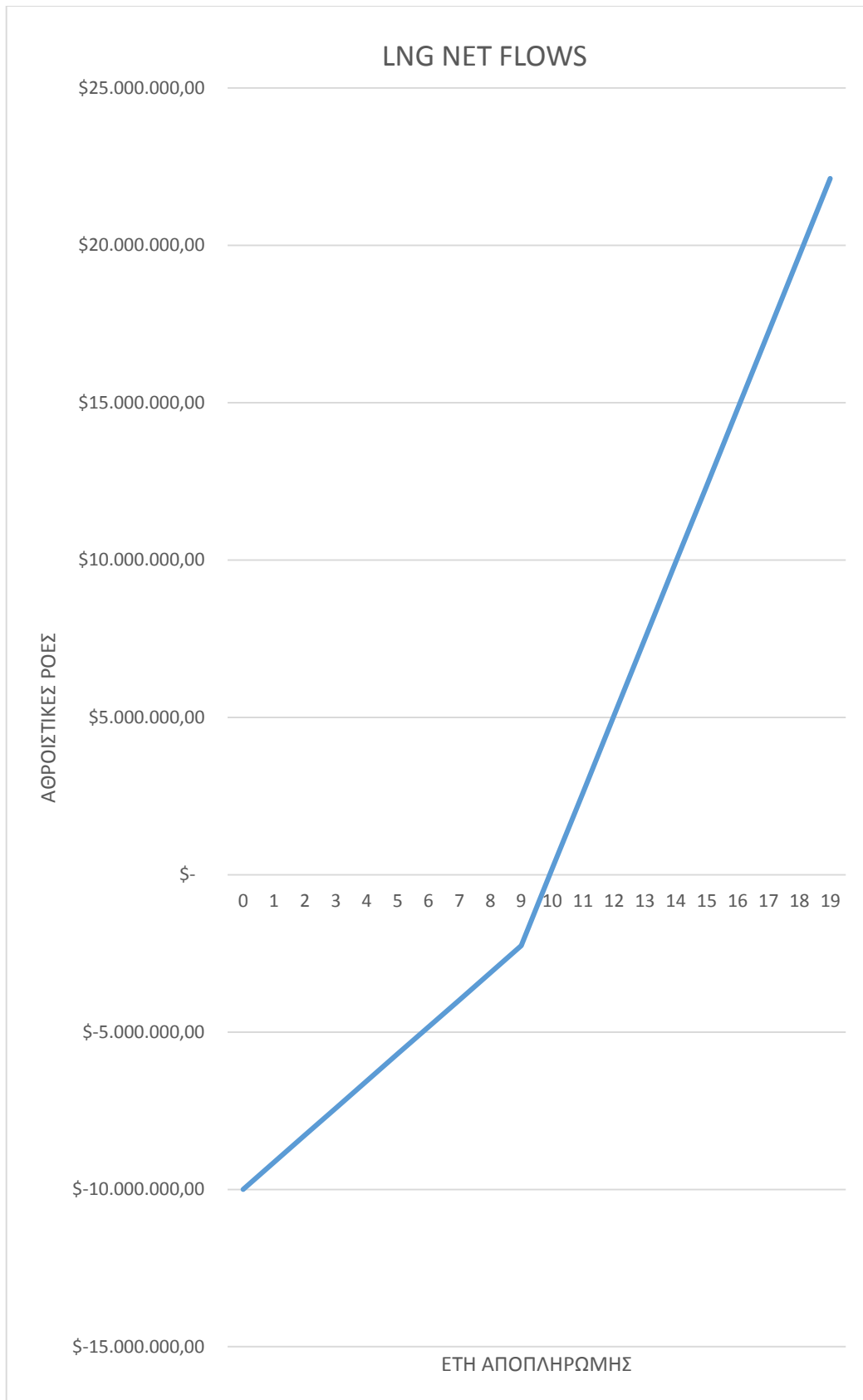
	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	NPV	IRR	PI
1	WEATHER ROUTING	\$ 1.491.566,50	260%	32,8741
2	DE-RATE ME	\$ 1.707.480,99	29%	4,04
3	TRIM OPTIMISATION	\$ 2.061.850,57	156%	20,95
4	FINS	\$ 2.526.000,16	344%	45,82
5	DUCTS	\$ 4.313.976,65	315%	41,89
6	COSTAS BULB	\$ 1.929.630,15	92%	12,21
7	BULBOUS BOW MODIFICATION	\$ 2.109.685,68	33%	4,71
8	MEWIS DUCT	\$ 4.435.630,31	144%	19,45
9	ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΦΛΟΥΡΟΠΟΛΥΝΕΡΩΝ	\$ 4.358.022,50	136%	18,50
10	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ Κ.ΜΗΧΑΝΗΣ	\$ 1.075.322,90	295%	39,27
11	HIGH-EFFICIENCY PROPELLER	\$ 227.717,26	11%	2,01
12	ΧΑΡΤΑΕΤΟΙ ΡΥΜΟΥΛΚΗΣΗΣ	\$ 4.229.764,74	43%	5,98
13	ΑΙΟΛΙΚΟΙ ΡΟΤΟΡΕΣ	\$ 5.984.882,82	63%	8,73
14	LNG	\$ 2.363.717,69	11%	2,54

6.ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΕΔΙ & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

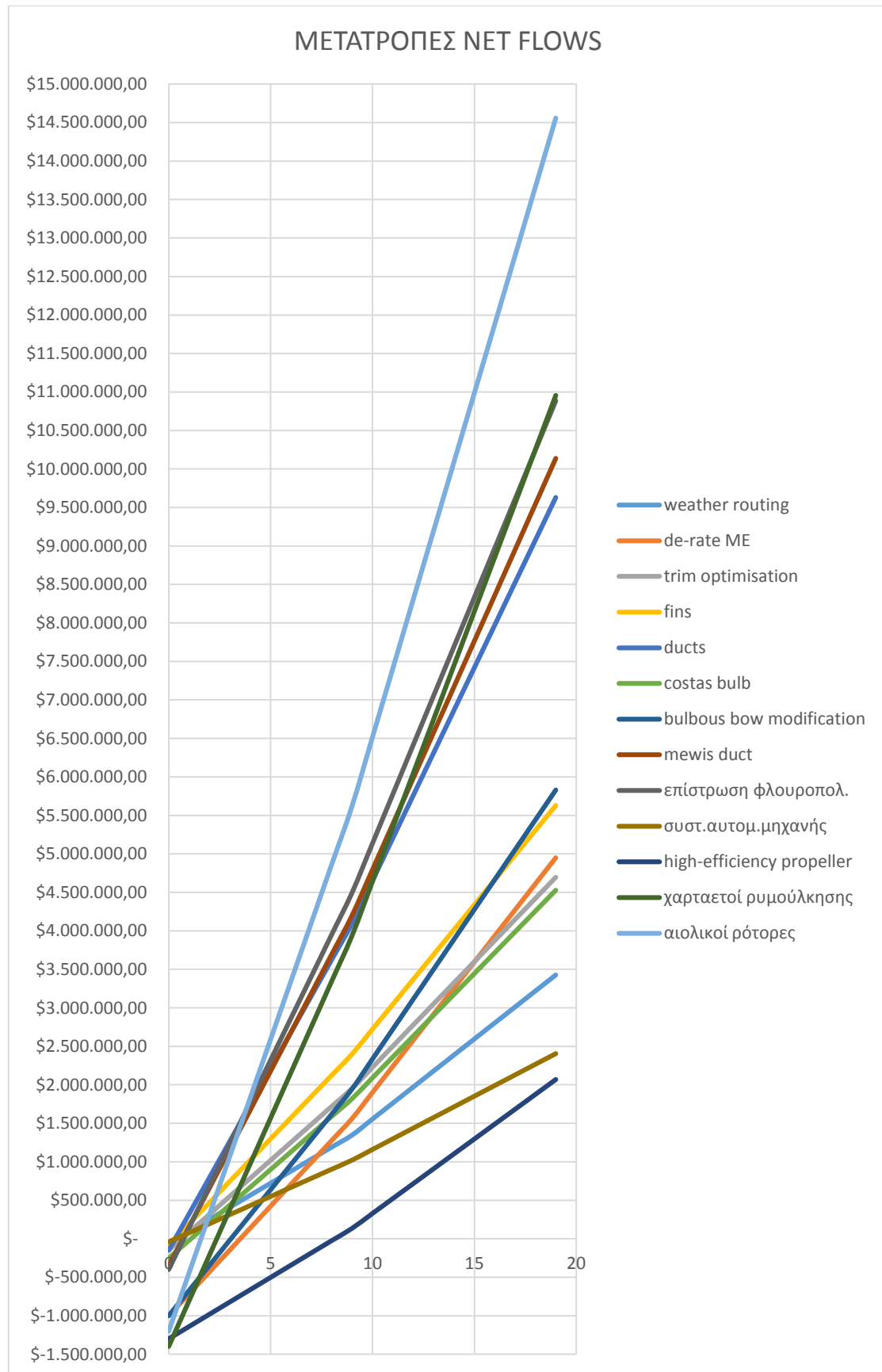
Ακολουθούν τα διαγράμματα NPV,PI και καθαρών ροών.



6.ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ



6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΕΔΙ & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ



6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Μελετώντας τα άνωθεν αποτελέσματα παρατηρούμε σε πρώτη φάση ότι όλες οι επενδύσεις πληρούν τις βασικές απαιτήσεις ώστε να θεωρηθούν βιώσιμες. Για τον δείκτη NPV θετικά αποτελέσματα μόνο, με χαμηλότερη τιμή αυτή της μεθόδου του *high-efficiency propeller* (υψηλής απόδοσης προπέλα) και υψηλότερη αυτή της μεθόδου με αιολικούς ρότορες. Για τον δείκτη IRR έχουμε τιμές μεγαλύτερες από το επιτόκιο αναγωγής, με χαμηλότερες τιμές αυτές των μεθόδων *high-efficiency propeller* και *Ing*, σε επίπεδο οριακό 11% και τέλος για τον δείκτη PI έχουμε για όλες τις επενδύσεις τιμές μεγαλύτερες του 1.00, με χαμηλότερες τιμές αυτές των μεθόδων *high-efficiency propeller* και *Ing*.

Όσον αφορά την απόσβεση της κάθε μεθόδου παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία αποσβένεται σε διάστημα εντός 5 ετών, με της μεθόδους *high-efficiency propeller* να αποσβένεται σε 8 χρόνια και *Ing* 10 περίπου χρόνια. Απόσβεση από τον πρώτο χρόνο λειτουργία παρουσιάζουν 8/14 μεθόδους. Επίσης παρατηρείται μια αλλαγή στην κλίση των καμπύλων η οποία δικαιολογείται από την αλλαγή του καυσίμου το 2025 στις περιοχές εκτός ECA, από HFO σε LSHFO (<0.5% περιεκτικότητα σε θείο). Αυτό ευνοεί την επένδυση καθώς το κέρδος που θα έχει η ναυτιλιακή από την εξοικονόμηση καυσίμου θα είναι μεγαλύτερα καθώς το LSHFO είναι ακριβότερο καύσιμο.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι υπάρχει αβεβαιότητα στις μεταβλητές της μελέτης μας με κυριότερες αυτές των τιμών των καυσίμων, του επιτοκίου αναγωγής αλλά και τις απόδοσης της κάθε μεθόδου. Για παράδειγμα αν η τιμές του πετρελαίου μειώνονται διαρκώς δεν θα συμφέρει τις ναυτιλιακές να επενδύσουν σε πρακτικές εξοικονόμησης καυσίμου γιατί τα κεφάλαια που θα δαπανήσουν στις πλειοψηφία των μεθόδων θα επιστρέφουν πολύ λιγότερα έσοδα ($PI < 1.00$). Ωστόσο μελετώντας τις τιμές των καυσίμων τα τελευταία χρόνια φαίνεται ότι αυτές δεν είναι σταθερές και ότι μετά από μειώσεις των τιμών έχουμε αύξηση με την ιστορία να επαναλαμβάνεται. Στο σενάριο μας έχουμε πάρει τον μέσο όρο από τις τιμές των κυριότερων λιμανιών κάθε μήνα από το 2005, σε μια ενδεχόμενη πραγματική επένδυση θα πρέπει να μελετηθούν και οι τάσεις μεταβολών των τιμών των καυσίμων, σε συνάρτηση με την παγκόσμια οικονομία και τις τεχνολογικές εξελίξεις.

Όσον αφορά την απόδοση της κάθε μεθόδου θα πρέπει να γίνει επακριβής μελέτη για το εκάστοτε πλοίο ώστε να προσδιοριστεί το πεδίο της μείωσης της κατανάλωσης, για να είναι σε θέση η ναυτιλιακή να κρίνει αν θα προχωρήσει σε επένδυση ή όχι. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής αυτό δεν είναι εφικτό όμως μπορούμε να υπολογίσουμε τους δείκτες για τις πιο απαισιόδοξες προβλέψεις μείωσης της κατανάλωσης. Θα υπολογίσουμε ξανά θεωρώντας ότι το πετρέλαιο θα παραμείνει στην χαμηλή που έχει αυτή την περίοδο 350 \$/tn, οπότε και τα άλλα καύσιμα θα κυμανθούν σε ανάλογες τιμές, το επιτόκιο αναγωγής θα ληφθεί ίσο με 10% και όπως προαναφέρθηκε οι υπολογισμοί θα γίνουν με τις χαμηλότερες μειώσεις της κατανάλωσης που έχουμε.

6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Απαισιόδοξο σενάριο

Πίνακας: Μεταβλητές σεναρίου.

hfo	\$ 350.00
mgo	\$ 590.96
lshfo	\$ 429.52
LNG	\$ 290.50
HFO-LNG	\$ 59.50
LSHFO-LN	\$ 139.02
i	10%

Πίνακας: Μετατροπές σύμφωνα με το απαισιόδοξο σενάριο.

	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΠΑ	ΕΣΑ	PI
1	WEATHER ROUTING	\$ 188.666,53	46%	5,95
2	DE-RATE ME	\$ -176.984,65	8%	1,72
3	TRIM OPTIMISATION	\$ 299.958,07	34%	4,87
4	FINS	\$ 875.124,62	135%	18,28
5	DUCTS	\$ 787.558,29	71%	9,75
6	COSTAS BULB	\$ 657.444,58	41%	5,68
7	BULBOUS BOW	\$ 211.853,04	13%	2,19
8	MEWIS DUCT	\$ 1.512.569,20	60%	8,36
9	ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΦΛΟΥΡΟΠΟΛΥΝΕΡΩΝ	\$ 1.763.755,92	66%	9,22
10	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ Κ.ΜΗΧΑΝΗΣ	\$ 437.562,31	135%	18,28
11	HIGH-EFFICIENCY PROPELLER	\$ -449.951,30	5%	1,38
12	ΧΑΡΤΑΕΤΟΙ ΡΥΜΟΥΛΚΗΣΗΣ	\$ 199.074,22	12%	2,09
13	ΑΙΟΛΙΚΟΙ ΡΟΤΟΡΕΣ	\$ 2.399.664,60	34%	4,87
14	LNG	\$ -1.756.130,62	8%	1,93

Παρατηρούμε ότι αποκλείονται τώρα οι μέθοδοι de-rate μηχανής, high-efficiency propeller και lng. Οι μετατροπές του παρακάτω πίνακα μας έδωσαν τιμές αποδεκτές και στα δύο σενάρια και είναι ταξινομημένες ως προς το PI_{min} .

6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Πίνακας: Μετατροπές κατά αύξουσα σειρά του δείκτη IRR_{min}.

	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	NPV		IRR		PI	
		min	max	min	max	min	max
12	ΧΑΡΤΑΕΤΟΙ ΡΥΜΟΥΛΚΗΣΗΣ	\$ 199.074,22	\$ 4.229.764,74	12%	43%	2,09	5,98
7	BULBOUS BOW MODIFICATION	\$ 211.853,04	\$ 2.109.685,68	13%	33%	2,19	4,71
3	TRIM OPTIMISATION	\$ 299.958,07	\$ 2.061.850,57	34%	156%	4,87	20,95
13	ΑΙΟΛΙΚΟΙ ΡΟΤΟΡΕΣ	\$ 2.399.664,60	\$ 5.984.882,82	34%	63%	4,87	8,73
6	COSTAS BULB	\$ 657.444,58	\$ 1.929.630,15	41%	92%	5,68	12,21
1	WEATHER ROUTING	\$ 188.666,53	\$ 1.491.566,50	46%	260%	5,95	32,87
8	MEWIS DUCT	\$ 1.512.569,20	\$ 4.435.630,31	60%	144%	8,36	19,45
9	ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΦΛΟΥΡΟΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	\$ 1.763.755,92	\$ 4.358.022,50	66%	136%	9,22	18,50
5	DUCTS	\$ 787.558,29	\$ 4.009.415,00	71%	315%	9,75	41,89
4	FINS	\$ 875.124,62	\$ 2.348.207,52	135%	344%	18,28	45,82
10	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ Κ.ΜΗΧΑΝΗΣ	\$ 437.562,31	\$ 1.075.322,90	135%	295%	18,28	39,27

Παρατηρούμε ότι υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ των δύο σεναρίων. Βεβαία να σημειωθεί ότι έχουμε λάβει ακραίες παραδοχές στο απαισιόδοξο σενάριο. Παρόλα αυτά θα μπορούσαν, αφού βέβαια γίνει σχετική μελέτη να εφαρμοστούν και οι 11 μετατροπές του παραπάνω πίνακα σε θεωρητικό επίπεδο. Για να γίνει ένα αποτελεσματικό πακέτο μετατροπών, ελαχιστοποιώντας τις πιθανότητες να αποδώσουν κατά τα προβλεπόμενα θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η τεχνολογική ωρίμαση των μεθόδων, το πόσα πλοία έχουν προβεί σε παρόμοιες μετατροπές και το αρχικό κόστος.

Πίνακας: Αριθμός πλοίων ανά μετατροπή.

BULBOUS BOW	30
COSTAS BULB	300
MEWIS DUCT	400
LNG	400
ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΦΛΟΥΡΟΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	500
TRIM OPTIMISATION	800
FINS	2000
WEATHER ROUTING	3000

6.ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

Πίνακας: Τεχνολογική ωρίμανση με κλίμακα από το 1-5(5 το πιο ώριμο) για κάθε μέθοδο.

ΧΑΡΤΑΕΤΟΙ ΡΥΜΟΥΛΚΗΣΗΣ	1
ΑΙΟΛΙΚΟΙ ΡΟΤΟΡΕΣ	1
DE-RATE ME	2
COSTAS BULB	3
ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΦΛΟΥΡΟΠΟΛΥΝΕΡΩΝ	3
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ Κ.ΜΗΧΑΝΗΣ	3
LNG	3
WEATHER ROUTING	4
TRIM OPTIMISATION	4
DUCTS	4
BULBOUS BOW	4
MEWIS DUCT	4
HIGH-EFFICIENCY PROPELLER	4
FINS	5

Πίνακας: Κόστος επενδύσεων.

LNG	\$ 10.000.000,00
ΧΑΡΤΑΕΤΟΙ ΡΥΜΟΥΛΚΗΣΗΣ	\$ 1.400.000,00
HIGH-EFFICIENCY PROPELLER	\$ 1.300.000,00
ΑΙΟΛΙΚΟΙ ΡΟΤΟΡΕΣ	\$ 1.200.000,00
DE-RATE ME	\$ 1.000.000,00
BULBOUS BOW	\$ 1.000.000,00
ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΦΛΟΥΡΟΠΟΛΥΝΕΡΩΝ	\$ 400.000,00
MEWIS DUCT	\$ 350.000,00
COSTAS BULB	\$ 250.000,00
TRIM OPTIMISATION	\$ 150.000,00
DUCTS	\$ 150.000,00
FINS	\$ 80.000,00
WEATHER ROUTING	\$ 60.000,00
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ Κ.ΜΗΧΑΝΗΣ	\$ 40.000,00

Για παράδειγμα επιλέγουμε τις καλύτερες μεθόδους, σύμφωνα με τις παραπάνω κατανομές, δηλαδή:

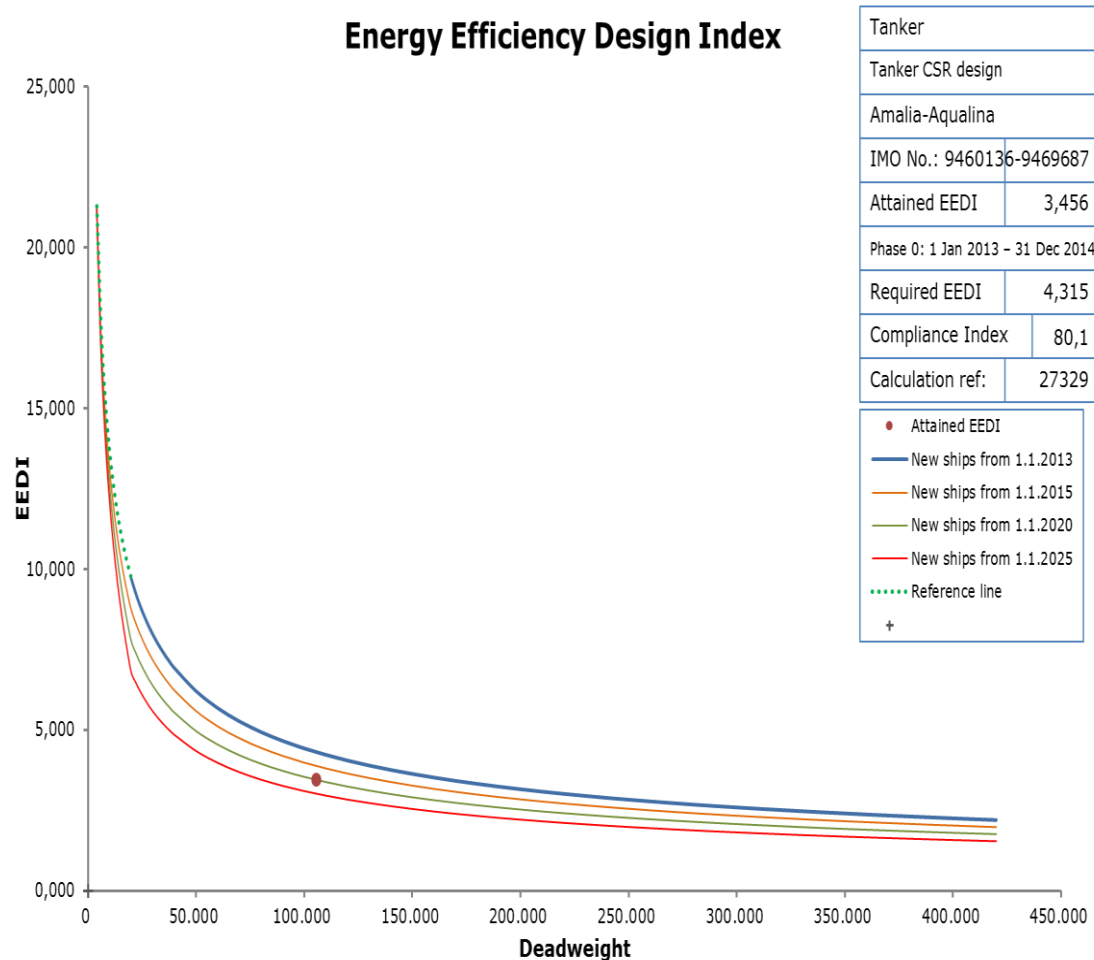
- ❖ Bulbous bow modification
- ❖ Επίστρωση φλουροπολυμερών

6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ EEDI & ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ

- ❖ Trim optimization
- ❖ Fins
- ❖ Weather routing

Συνολικό κόστος ανέρχεται σε \$1.690.000,00. Λαμβάνοντας υπόψιν την προσέγγιση του κεντρικού σεναρίου η συνολική μείωση στην κατανάλωση ανέρχεται σε 20%. Ωστόσο στον δείκτη του EEDI μειώνουμε την κατανάλωση κατά 8%. Με άλλα λόγια επιφέρει κέρδη στην τσέπη του εφοπλιστή, χωρίς όμως να επηρεάζει τον δείκτη EEDI ιδιαίτερα.

Στην επόμενη σελίδα ακολουθεί το διάγραμμα υπολογισμού του EEDI μαζί με τις διάφορες γραμμές αναφοράς για να έχουμε ένα μετρώ σύγκρισης σε σχέσεις με τις απαιτήσεις του κανονισμού τώρα αλλά και στο μέλλον.



- ❖ Αρχικό **Attained EEDI=3.737 gr CO₂/tn*mile.**
- ❖ Μετά τις μετατροπές, **Attained EEDI=3.456 gr CO₂/tn*mile.**

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ

Προσεγγίζοντας λοιπόν προσεκτικά τα ενεργειακά-περιβαλλοντικά ζητήματα τις ναυτιλίας, αλλά και όχι μόνο, μπορούμε να βρούμε μια χρυσή τομή στο επίκαιρο ζήτημα κέρδος ή περιβαλλοντική συνειδηση. Ο σκοπός τις παρούσας διπλωματικής είναι να γεφυρώσει το χάσμα αναμεσα στην εφοπλιστική κοινότητα και τους διεθνείς οργανισμούς που επιβάλλουν περιβαλλοντικά μετρά (IMO).

Μετά την ανάλυση που έγινε, τα συμπεράσματα είναι καθαρά και υποδεικνύουν ότι με την κατάλληλη τεχνογνωσία και μελέτη μπορούμε να έχουμε περισσότερο αποδοτικούς στόλους και τώρα και ακόμα περισσότερο στο μέλλον. Ήδη τα ναυπηγεία και οι μεγάλες βιομηχανίες προτείνουν ελκυστικές προτάσεις για την κατασκευή νέων πλοίων, αλλά και μετασκευή του υπάρχοντος στόλου. Μεγάλοι οργανισμοί όπως Lloyds register, DNV, ABS κλπ., αλλά και μεγάλων βιομηχανιών όπως η Wartsila, έχουν επενδύσεις αρκετούς πόρους στην ερευνα και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που είναι πλέον διαθέσιμες στην αγορά για αναβάθμιση των νεόκτιστων και υπάρχοντων πλοίων. Στην παρούσα διπλωματική έχει γίνει αναφορά στην πλειοψηφία των μεθόδων/τεχνολογιών τόσο αυτών που δεν έχουν ωριμάσει τεχνολογικά ακόμα, όσο και αυτών που χρησιμοποιούνται κατά κόρων.

Τα πλοία της εταιρίας που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική, έδωσαν τιμές EEDI αρκετά χαμηλές, κάτω από τα προβλεπόμενα όρια. Παρόλα αυτά για το λιγότερα αποδοτικά πλοία Alpine Am&Aq έγινε μελέτη με βάση στατιστικά στοιχεία αλλά και στοιχεία υπάρχοντα, των χαρακτηριστικών και του επιχειρησιακού προφίλ αυτών των πλοίων. Στο κεντρικό σενάριο όλες οι μέθοδοι που μελετήσαμε έδωσαν ικανοποιητικές τιμές στους οικονομοτεχνικούς δείκτες, ενώ στο απαισιόδοξο σενάριο που θεωρηθήκαν ακραίες παραδοχές κάποιες έδωσαν μη αποδεκτές τιμές, όπως έχει γίνει αναφορά στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στον πραγματικό κόσμο και μια ολοκληρωμένη τεχνοοικονομική ανάλυση λαμβάνονται πολυκριτηριακά σενάρια, με ποσοστά αποδοχής η μη με βάση την ευαισθησία του κάθε δείκτη στις μεταβολές των δεικτών, ανάλογα με το εκάστοτε σενάριο.

Παρατηρώντας την μελέτη για μετατροπές που δίνουν καλά αποτελέσματα, αλλά απαιτούν υψηλό αρχικό κεφάλαιο, μπορούμε να τονίσουμε ότι πρέπει να αναλυθούν πολλοί παράγοντες σε βάθος για μια εύστοχη αξιολόγηση. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί για παράδειγμα, ότι η μετατροπή του πλοίου σε dual fuel με lng καύσιμο, παρότι εμπεριέχει κινδύνους λόγω υψηλού κόστους επένδυσης και αβεβαιότητας ως προς τις τιμές των καυσίμων, θα μπορούσε να αποτελέσει καλή επένδυση, ανάλογα βέβαια και το επιχειρησιακό προφίλ του πλοίου(καθώς δεν υπάρχουν παντού μονάδες ανεφοδιασμού. Να τονιστεί δε ότι γύρω στα 400 πλοία έχουν προχωρήσει ήδη σε μια τέτοια επένδυση υπολογίζοντας ότι η τιμή του πετρελαίου θα ανεβεί. Αυτή την περίοδο, λόγω των χαμηλών τιμών του HFO και τις αβεβαιότητας της ποριάς εξέλιξης αυτού του ζητήματος, η ναυτιλιακή κοινότητα είναι αρνητική σε μια τόσο δαπανηρή και αβέβαιη

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ

επένδυση. Όπως προαναφέραμε οι πλειοψηφία των μεθόδων είναι ελκυστική για επενδύσεις και πρέπει να εξεταστεί για την κάθε εταιρία αναλυτικά το ενδιαφερόμενο πακέτο, σύμφωνα με το budget και το επιχειρησιακό προφίλ του στόλου.

Επίσης θετικό είναι το γεγονός ότι η πλειοψηφία των επενδύσεων-μετατροπών, μέσα από τα διαγράμματα καθαρών ροών μας πληροφορούν για πολύ σύντομη απόσβεση (κάτω από 5 χρόνια). Αν εξαιρέσουμε την μετατροπή της προπέλας και την μετατροπή σε dual fuel, όλες οι άλλες δείχνουν πολύ γρήγορη απόσβεση γεγονός το οποίο σημαίνει ότι μπορούν να εφαρμοστούν και σε πλοία μεγαλύτερης ηλικίας.

Σε κάθε περίπτωση όμως οι μέθοδοι που έδωσαν στην δικιά μας σύντομη ανάλυση, και στις δύο σενάρια αρκετά καλές τιμές, είναι και οι μέθοδοι που σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία χρησιμοποιούνται ήδη σε αρκετά πλοία. Το γεγονός αυτό είναι ενθαρρυντικό και την περαιτέρω μελέτη για επένδυση με αυτές τις μεθόδους σε αληθινό περιβάλλον. Παρατηρούμε ότι με τις άνωθεν επενδύσεις μπορούμε να φτάσουμε το πλοίο μας σε επίπεδο που σχεδόν ικανοποιεί και της αυστηρές απαιτήσεις για τα νεοκατασκευασμένα πλοία του 2025, δίνοντας και πιο χαμηλούς ρύπους αλλά και εξοικονομώντας αρκετά μεγάλα πόσα στην ναυτιλιακή. Πάντως η τιμή του δείκτη είναι χαμηλότερη ξεκάθαρα από την γραμμή αναφοράς (required eedi) για πλοία που κατασκευάζονται ή, όπως στην περίπτωση μας, υπόκεινται σε σημαντικές μετατροπές.

Είναι λογικό πάντως οι ναυτιλιακές την τρέχουσα περίοδο να είναι επιφυλακτικές σε επενδύσεις και ειδικά όσο ανεβαίνει το κόστος επένδυσης τόσο να υπάρχει αβεβαιότητα. Άρα σε πραγματικές συνθήκες ίσως προτιμηθούν οι μετατροπές που έχουν χαμηλότερο κόστος.

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι μέθοδοι που επιλέξαμε:

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	NPV		IRR		PI		ΚΟΣΤΟΣ	ΑΡ.ΠΛΟΙΩΝ	ΤΕΧΝ.ΩΡ ΙΜΑΝΣΗ
	min	max	min	max	min	max			
BULBOUS BOW MODIFICATION	\$ 211.853,04	\$ 2.109.685,68	13%	33%	2,19	4,71	\$ 1.000.000,00	30	4
ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΦΛΟΥΡΟΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	\$ 1.763.755,92	\$ 4.358.022,50	66%	136%	9,22	18,50	\$ 400.000,00	500	3
TRIM OPTIMISATION	\$ 299.958,07	\$ 2.061.850,57	34%	156%	4,87	20,95	\$ 150.000,00	800	4
FINS	\$ 875.124,62	\$ 2.348.207,52	135%	344%	18,28	45,82	\$ 80.000,00	2000	5
WEATHER ROUTING	\$ 188.666,53	\$ 1.491.566,50	46%	260%	5,95	32,87	\$ 60.000,00	3000	4

Πρέπει να τονιστεί ότι μόνο το η μετατροπή bulbous bow modification boss cap fins επηρεάζουν τον δείκτη EEDI μέσω της κατανάλωσης με μείωση κατά 8% στην SFOC. Συνολικά όμως έχουμε μείωση στην ημερησία κατανάλωση κατά 20%. Για να μειώσουμε λοιπόν θεωρητικά τον δείκτη

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ

κάτω και από την φάση τρία χρειάζεται να μειώσουμε την V_{ref} . Όπως έχει ήδη αναφερθεί η μείωση της V_{ref} είναι ιδιαίτερα δραστική μέθοδος. Η μέθοδος που θα χρησιμοποιούσαμε είναι το de-rate κυρίας μηχανής, η οποία μάλιστα στο κεντρικό σενάριο μόνο έδωσε αποδεκτές τιμές στους οικονομικούς δείκτες.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ/ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο IMO, ανταποκρινόμενος στην επιτακτική ανάγκη για μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και προκειμένου να περιορίσει τις εκπομπές αυτών από τη ναυτιλία, ανέπτυξε τον Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (Energy Efficiency Design Index, EEDI). Η απαίτηση για συμμόρφωση με τον δείκτη EEDI, υιοθετήθηκε από τον IMO τον Αύγουστο του 2011, ως υποχρεωτικό μέτρο, για τα νεότευκτα πλοία που θα παραδοθούν από 01/01/2013.

Ο EEDI αποτελεί ένα μαθηματικό τύπο, ο οποίος εκφράζει την αναλογία μεταξύ του κόστους (δηλ. εκπομπή) και των μεταφερομένων αγαθών(δηλ. κέρδος), από τη λειτουργία ενός πλοίου. Ο EEDI καθιερώνει μια ελάχιστη απαίτηση ενεργειακής αποδοτικότητας για τα νέα πλοία, εξαρτώμενη από τον τύπο του πλοίου και το μέγεθος του. Τα νέα πλοία είναι εξαναγκασμένα να έχουν EEDI μικρότερο, κατά ένα ποσοστό μείωσης, από μια γραμμή αναφοράς, η οποία αντιπροσωπεύει την μέση αποδοτικότητα για πλοία χτισμένα μεταξύ 1999 και 2009.

Ο IMO έχει θέσει ποσοστά μείωσης του EEDI, ανά τύπο πλοίων, από την αντίστοιχη γραμμή αναφοράς μέχρι την περίοδο 2025 έως 2030 για να διατηρήσει το ρυθμό μείωσης με την πρόοδο των νέων τεχνολογιών/μηχανημάτων και σχεδιαστικών στρατηγικών ενεργειακής αποδοτικότητας, καθώς και τη μείωσης των εκπομπών CO₂. Το ποσοστό μείωσης για πρώτη φάση (2015 έως 2020) έχει τεθεί στο 10%, για τη δεύτερη φάση (2020 έως 2025) στο 20% και για την τρίτη και τελευταία φάση(2025 έως 2030) στο 30%.Από την εφαρμογή αυτών των ποσοστών μείωσης, αναμένεται ότι θα αφαιρεθεί από την ατμόσφαιρα κάθε χρόνο μεταξύ 45-50 εκατομμυρίων τόνων CO₂, ενώ τελικά από το 2030, η αντίστοιχη μείωση αναμένεται να κυμανθεί από 150 και 250 εκατομμύρια τόνοι ετησίως. Για να ικανοποιηθούν αυτές οι απαιτήσεις, ιδίως για την τρίτη φάση πολύ πιθανών να πρέπει να αλλάξει η φιλοσοφία σχεδίασης και ως προς την ταχύτητα σχεδίασης, αλλά και ως προς τις βασικές σχεδιαστικές παραμέτρους (μήκος, πλάτος, κοίλο και εκτόπισμα). Φαίνεται ότι η ταχύτητα και το μήκος να επηρεάζουν περισσότερο τον δείκτη EEDI, μετά το πλάτος και τα υπόλοιπα λιγότερο.

Ο τύπος υπολογισμού του δείκτη EEDI καθώς και οι γραμμές αναφοράς με τις οποίες συγκρίνεται η τιμή αυτού υπέστησαν διάφορες τροποποιήσεις και διορθώσεις από την αρχική τους μορφή μέχρι σήμερα, προκειμένου περιοριστούν οι αρνητικές επιπτώσεις και οι στρεβλώσεις που θα επέφερε η εφαρμογή του. Ο εν λόγω τύπος αρχικά αποτελείτο από 6 παράγοντες ενώ στη σημερινή του μορφή αποτελείται από 16 παράγοντες, χωρίς ακόμα να έχουν αρθεί όλες οι εκκρεμείς υποθέσεις που αφορούν στην τελική του μορφή. Όταν ολοκληρωθούν οι υφιστάμενες εκκρεμότητες και ενσωματωθούν σε αυτόν όλα τα εκκρεμή ζητήματα (τύποι πλοίων, μεγέθη, τεχνολογίες και συστήματα πρόωσης που δεν καλύπτονται από τις σημερινές απαιτήσεις EEDI) αναμένεται ότι θα αυξηθεί ο αριθμός των παραγόντων αυτού και ότι θα γίνει περισσότερο σύνθετος και περίπλοκος.

Λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη και τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- ❖ Για προκαταρκτικό υπολογισμό του Επιτευχθέντος δείκτη EEDI κατά το στάδιο της σχεδίασης.
- ❖ Για τελική επαλήθευση του Επιτευχθέντος δείκτη EEDI κατά τις δοκιμές εν πλω.
- ❖ Για σύγκριση της τιμής του Επιτευχθέντος EEDI με την αντίστοιχη γραμμή αναφοράς για το αντίστοιχο πλοίο.

συμπεραίνεται ότι η διαδικασία εξακρίβωσης της συμμόρφωσης ενός νέου πλοίου με την απαίτηση του EEDI θα είναι μια περίπλοκη και σύνθετη διαδικασία, που όμως έχει υγιή κριτήρια για τόσο για το περιβάλλον, όσο και για τους εφοπλιστές.

Το γεγονός αυτό είναι αποτέλεσμα της προσπάθειας που καταβλήθηκε από τον IMO και τις συμμετέχουσες στις MEPC αντιπροσωπείες για την οριστική μορφή του εν λόγω τύπου. Ο τύπος EEDI, όπως είναι προς το παρόν διατυπωμένος, δεν είναι εφαρμόσιμος σε όλα τα πλοία. Στην παρούσα έκδοση του έχει σκόπιμα αναπτυχθεί για το μεγαλύτερο και πιο ενεργοβόρο τμήμα του παγκόσμιου εμπορικού στόλου και καλύπτει τους ακόλουθους τύπους πλοίων: δεξαμενόπλοια μεταφοράς πετρελαίου και αερίου, πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην, πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, πλοία γενικού φορτίου, πλοία μεταφοράς καταψυγμένου φορτίου και συνδυασμένων μεταφορών κλπ. Η εφαρμογή της απαίτησης δεν περιλαμβάνει τα πλοία που έχουν ηλεκτροπρόωση, πρόωση με στρόβιλο ή υβριδικά συστήματα πρόωσης. Για τους τύπους πλοίων που δεν καλύπτονται από το σημερινό τύπο, θα αναπτυχθούν κατάλληλοι τύποι και αντίστοιχες οδηγίες από την Επιτροπή Προστασίας του Θαλασσιού Περιβάλλοντος (MEPC) του IMO, στις προσέχεις συνεδριάσεις.

Κατά τη διάρκεια των συζητήσεων για την καθιέρωση του EEDI, διατυπώθηκαν αρκετές επιφυλάξεις για τυχόν αρνητικές παρενέργειες που ενδεχομένως θα επιφέρει η εφαρμογή του. Οι σημαντικότερες αφορούσαν το ενδεχόμενο μείωση της ταχύτητας και της εγκατεστημένης ισχύος, των νεότευκτων πλοίων, με επιπτώσεις στην ικανότητα αυτών να πλεύσουν ασφαλώς, καθόσον οι μειώσεις αυτές αποτελούν τον ευκολότερο τρόπο για να συμμορφωθεί ένα πλοίο με την απαίτηση του EEDI. Για την αποφυγή των αρνητικών παρενεργειών που δύναται να επιφέρει η εφαρμογή του EEDI καθώς και για την τακτοποίηση των εκκρεμοτήτων, όπως αυτές έχουν αναγνωριστεί κατά τη διάρκεια της τελευταίας συνεδρίασης του IMO αναμένεται η έκδοση από τον IMO σχετικών κατευθυντήριων οδηγιών.

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων και κατά συνέπεια η μείωση των εκπομπών CO₂, ανά μεταφερόμενο τόνο και μίλι, δύναται να επέλθει μέσω καινοτόμων τεχνικών και σχεδιαστικών μέτρων προς την κατεύθυνση την αύξησης της απόδοσης των μηχανών και των συστημάτων πρόωσης, τη βελτίωση της σχεδίασης της γάστρας, την εκμετάλλευση της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας και την ανάκτηση της απολυόμενης θερμότητας. Πολλές τεχνολογίες υφίστανται ήδη και απομένει η ευρύτερη χρήση αυτών στα μελλοντικά πλοία.

Με την εισαγωγή του δείκτη EEDI στον κλάδο της ναυτιλίας, αναμένεται ότι η "ενεργειακή απόδοση" ενός νεότευκτου πλοίου θα γίνει αναπόσπαστο μέρος της ναυπήγησης του. Παράλληλα θα εξαναγκάσει τα ναυπηγεία να βελτιστοποιήσουν την ενεργειακή απόδοση των πλοίων που κατασκευάζουν, τα οποία μέχρι σήμερα βελτιστοποιούν τα πλοία με σκοπό την αύξηση του μεταφερόμενου φορτίου, χρησιμοποιώντας τυπικούς σχεδιασμούς γάστρας και συστημάτων πρόωσης. Συνεπώς αναμένεται να γίνεται σχεδίαση με βάση την χρυσή τομή αυτών των δύο κριτηρίων. Η ναυτιλιακή κοινότητα (περισσότερο από το 80% των κρατών μελών του IMO) εξέφρασε την υποστήριξη της στο δείκτη EEDI και την πεποίθηση της ότι θα οδηγήσει τα πλοία σε υψηλότερη ενεργειακή απόδοση με αποτέλεσμα τη τόσο την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και την αναχαίτιση της κλιματικής αλλαγής, όσο και την πολυπόθητη οικονομία που αναζητούν οι πλοιοκτήτες.

Συνοψίζοντας ανεξαρτήτως της αποτελεσματικότητας του EEDI, μέσω του δείκτη αναμένεται ότι η ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων θα αποτελέσει, για τα προσεχή χρόνια, κομμάτι αναπόσπαστο όλης της ναυτιλιακής οικογενείας, με τελικό όφελος την αύξηση της αποδοτικότητας των πλοίων-εταιριών συνάρτηση της μείωσης των εκπομπών CO₂. Παράλληλα όμως θα δούμε τομείς γύρω από την έρευνα και ανάπτυξη, για την βελτιστοποίηση των παραγόντων κατασκευής και την λειτουργίας του πλοίου, καθώς και νέες θέσεις εργασίας για περισσότερους επιστήμονες και καταρτισμένους επαγγελματίες να ευδοκούν δίνοντας ανάσα στην παγκόσμια οικονομία που υπονομεύεται τα τελευταία χρόνια ολοένα και περισσότερο.

ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΗ

Λίγα λόγια για την εταιρία, Oceangold Tankers Inc.

Η OceanGold Tankers Inc. είναι μια πλοιοκτήτρια εταιρία, διαχείρισης στόλου, που ιδρύθηκε το 2007 και ειδικεύεται στον τομέα των δεξαμενοπλοίων. Βρίσκεται στο εμπορικό "STATUS", επί της λεωφόρου Αθηνάς στο νούμερο 41, περιοχή Βουλιαγμένη. Η εταιρία διευθύνεται από επαγγελματίες του κλάδου Tanker, με πολλά χρόνια εμπειρίας στον τομέα της ναυτιλίας. Ο στόλος της αποτελείται από δεξαμενόπλοια προϊόντων LR2, LR1 και τύπου MR2, που το εμπορεύονται σε όλο τον κόσμο. Ανήκει στην οικογένεια Δράγνη και είναι η πιο καινούρια του group (Goldenport holdings ltd. , Golden Yachts). Ο στόλος της αποτελείται από 10 πλοία και όλου του group ξεπερνά τα 40 πλοία , αναμένονται να γίνουν και καινούριες επενδύσεις.

Πλοία της Oceangold που μελετήθηκαν:

Πίνακας : Χαρακτηριστικά Πλοίων που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς.

Specifications			
AQUALINA	AMALIA	VENTURE	SPIRIT
D/H, Product Carrier	D/H, Product Carrier,	D/H Oil/Chemical Tanker	D/H Oil/Chemical Tanker
DWT 105304 MT (Type LR2)	DWT 105291 MT (Type LR2)	DWT 50,000 m.t. (Type MR2)	DWT 50,000 m.t. (Type MR2)
Liberia Flag, LR Class	Liberia Flag, LR Class	Liberia Flag, LRS Class	Liberia Flag, LRS Class
HYUNDAI-B&W 6S60MC-C8, 2 Kangrim Boilers, 3 Hyundai-Himsen AEs	HYUNDAI-B&W 6S60MC-C8, 2 Kangrim Boilers, 3 Hyundai-Himsen AEs	MAN-B&W 6S50ME-C8.2 (TIER II), 2 SPP MACHINE TECH - PARAT Boilers, 3 Yanmar AEs	MAN-B&W 6S50ME-C8.2 (TIER II), 2 SPP MACHINE TECH - PARAT Boilers, 3 Yanmar AEs
Built in 07/2011 at HH/S.Korea	Built in 06/2010 at HH/S.Korea	Built in 2013 at SPP/S. Korea	Built in 2012 at SPP/S. Korea



Stenaweco Spirit Chemical/Product Carrier 50,000 m.t. (Type MR2)



Stenaweco Venture Chemical/Product Carrier 50,000 m.t. (Type MR2)



Alpine Amalia D/H, Product Carrier, DWT 105291 MT(Type LR2)



Alpine Aqualina D/H, Product Carrier, DWT 105291 MT(Type LR2)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ/ΑΝΑΦΟΡΕΣ

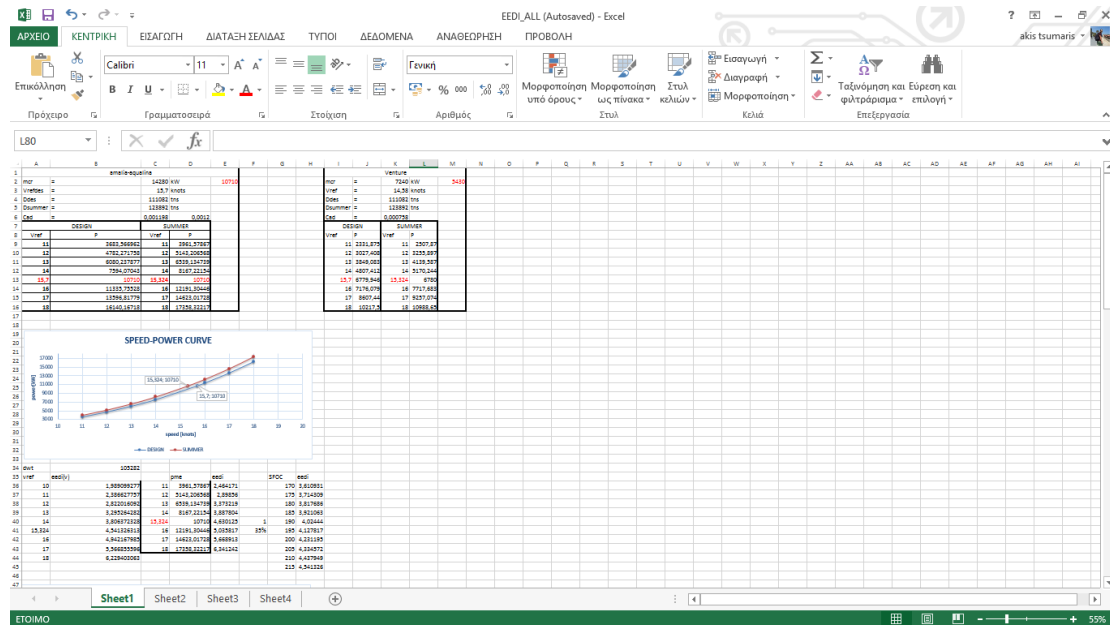
- [1] Φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ανάκτηση από <http://en.wikipedia.org/>.
- [2] Πρωτόκολλο του Κιότο. Ανάκτηση από <http://en.wikipedia.org/>.
- [3] International Maritime Organization (IMO). (2009/2014): 2nd & 3rd GHG IMO Study 2009/2014. Ανάκτηση από <http://www.imo.org/>.
- [4] International Maritime Organization (IMO): (MEPC 57, MEPC 58, MEPC 59, MEPC 60, MEPC 61, MEPC62, MEPC63, MEPC64, MEPC65, MEPC66). Ανάκτηση από <http://www.imo.org/>.
- [5] Earth_System_Research_Laboratory. Ανάκτηση από <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/>.
- [6] Αέρια του θερμοκηπίου. Ανάκτηση από <http://en.wikipedia.org/wiki>.
- [7] IMO: Pollution_Prevention. Ανάκτηση από <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx>.
- [8] McKinset & Company: energy efficiency a compelling global resource.
- [9] IMO. (2011): Main events in IMO's work on limitation and reduction of greenhouse gas emissions from international shipping issue 2011.
- [10] IPCC. (2014): Climate Change 2014.
- [11] IMO. (2011): Marginal Abatement Costs and Cost Effectiveness of Energy-Efficiency Measures.
- [12] Dr. Fai Cheng, Head of Strategic Research Group, Lloyd's Register: IMO Technical Measures in Reducing Greenhouse Gas Emissions from Ships: A Lloyd's Register Perspective
- [13] Germanischer Lloyd. 2013: Rules for Classification and Construction VI Additional Rules and Guidelines.
- [14] SHOPERA. 2014. Ανάκτηση από <http://shopera.org/>
- [15] Shukui Liu, Apostolos Papanikolaou, George Zaraphonitis. 2010: Prediction of added resistance of ships in waves.
- [16] IMO. (2013): 2013 GUIDANCE ON TREATMENT OF INNOVATIVE ENERGY EFFICIENCY TECHNOLOGIES FOR CALCULATION AND VERIFICATION OF THE ATTAINED EEDI.
- [17] Lloyd's Register Marine. (2014): EEDI Verification, Requirements and procedures
- [18] The Ship efficiency: Insight issue 03.2014.
- [19] Lloyd's Register: Horizons issue 40. June 2014.
- [20] Lloyd's Register: Global Technology Centre 2014 issue 2014.
- [21] Lloyd's Register Marine: Ship performance and efficiency issue 2014.
- [22] Dnv-Gl: Tanker Update issue 01.2014.
- [23] Lloyd's Register Marine: Gas technology issue 2014.
- [24] Lloyd's Register Marine: Ship performance and efficiency issue 2014.
- [25] Lloyd's Register Marine: Future Fuels issue 2014.
- [26] Dnv-Gl: Tanker Update issue 01.2014.
- [27] Germanischer Lloyd. (2014): Enhance performance control cost issue 2014.
- [28] Invensys: Reducing the Cost of Tank Farm and Terminal Operations

- [29]Barry Rogliano Salles. (2012): History, trends and prospects for LNG shipping.
- [30]Becker Marine Systems. Ανάκτηση από http://www.becker-marine-systems.com/03_products/products_mewis.html.
- [31]The Wartsila LNGPACTm ISO.
- [32]Wartsila. (2012). Boosting Energy Efficiency. Energy Efficiency Catalogue/Ship Power R&D.
- [33]MAN Diesel. (2014). Green Technology for Two Stroke Marine Diesels.
- [34]Corbett J, W. J. (2010): Energy and GHG Emissions Savings Analysis of Fluoropolymer Foul Release Hull Coating. Energy and Environmental Research Associates.
- [35]Danish Maritime Authority. (2012): A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations. Copenhagen.
- [36]DNV-SDARI.: Guideline for fuel saving measures, Rev. 1.
- [37]Fantom-ctech. Ανάκτηση από http://fathom-ctech.com/search/tech_type/3/include/3/
- [38]Germanischer Lloyd. (2012): Costs and benefits of LNG as ship fuel for container vessels. Hamburg, Germany.
- [39]Green Ship of the Future. (2009): 35.000 dwt bulk carrier exhaust gas emission reduction concept study.
- [40]Green Ship of the Future. (2009): Green Ship Project Exploits Existing Technology. DIESELFACTS.
- [41]Green Ship of the Future. (2012): Vessel Emission Study: Comparison of Various Abatement Technologies to meet Emission Levels for ECA's. Copenhagen.
- [42]Τσερεκλάς Άγγελος, Κωνσταντίνος Αραβώσης.(2014): Τεχνικοοικονομική αξιολόγηση της εφαρμογής μεθόδων ενεργειακής βελτίωσης σε εμπορικό πλοίο υπό το πρίσμα των επικείμενων περιβαλλοντικών εξελίξεων στον κλάδο της ναυτιλίας.
- [43]IMO. (2011): Marginal Abatement Costs and Cost Effectiveness of Energy-Efficiency Measures.
- [44]Kawamura T, Ouchi K, Nojiri T. (2012). Model and full scale CFD analysis of propeller boss cap fins (PBCF). JASNAOE.
- [45]MAN. (2009). MAN B&W S50MC-C7 Project Guide 6th Edition.
- [46]MAN Diesel: PMI Auto-Tuning for MC.
- [47]Wartsila: Integrating Life-Cycle Solutions for Maximum Return on Investment. New Orleans, LA.103 issue 2012.
- [48]Sherbaz, S. (2012). Operational Options for Green Ships. Harbin Engineering University, College of Shipbuilding Engineering. Harbin 150001, China: J. Marine Sci. Appl.
- [49]Skysails.: Wind Power .Ανάκτηση από www.skysails.info
- [50]The Hydrex Group. (2011): Ship Hull Coating Systems Simplified.
- [51]UNCTAD. (2012): Review of Maritime Transport.
- [52]Wartsila Corporation: Derating: a solution for high fuel savings and lower emissions.
- [53]Wartsila. (2014): Slow steaming
- [54]MAN. (2014). Improved Efficiency and Reduced CO₂.
- [55]Important issues from MEPC 67.
- [56]Hamdy A.Taha. (2010): Εισαγωγή στην επιχειρησιακή έρευνα 9^η έκδοση.
- [57]Dr Stauros T.Ponis. (2010): Επίλυση προβλημάτων επιχειρησιακής έρευνας με τη χρήση του λογισμικού MS EXCEL.

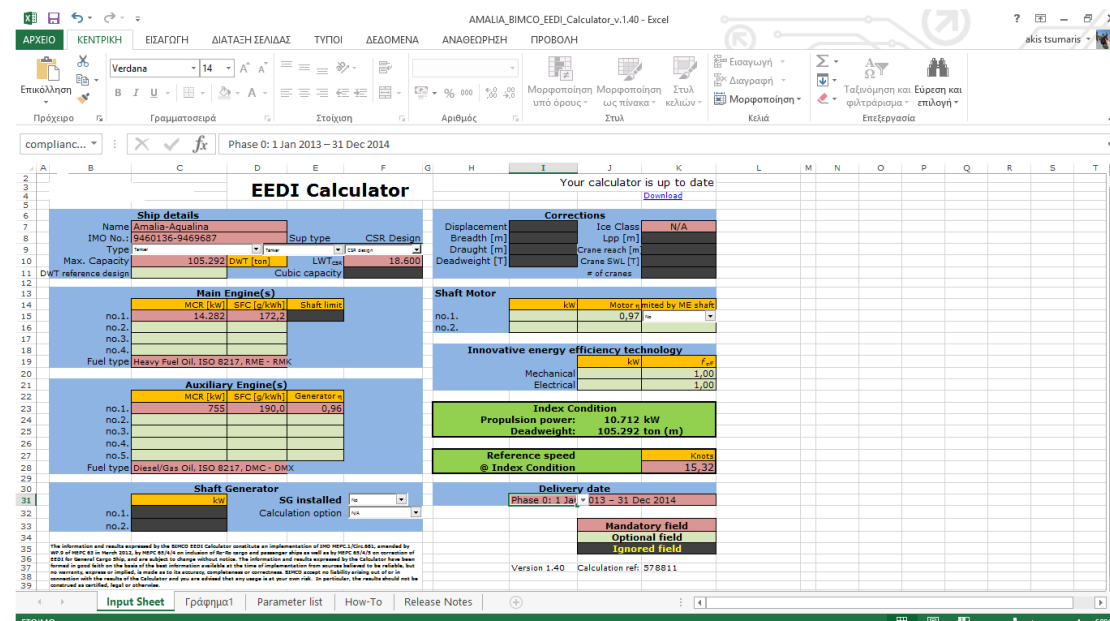
- [58] IMO. (2010). The Energy Efficiency Design Index (EEDI) and Life Cycle Considerations, MEPC 60/4/16.
- [59] IMO. (2011). Note by the International Maritime Organization to the thirty-fifth session of the Subsidiary Body for Scientific and Technical Advice (SBSTA 35).
- [60] Bunker prices. (2015). Statistics from 1973 until today. Ανάκτηση από <https://sin.clarksons.net>.
- [61] Fathom. Ship&Bunker news and intelligence for the marine fuels industry. (2014). [Ανάκτηση από http://shipandbunker.com/news/features/fathom-spotlight/774776-fathom-spotlight-the-impact-of-eedi-on-ship-design](http://shipandbunker.com/news/features/fathom-spotlight/774776-fathom-spotlight-the-impact-of-eedi-on-ship-design).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στιγμιότυπα από το MS excel.

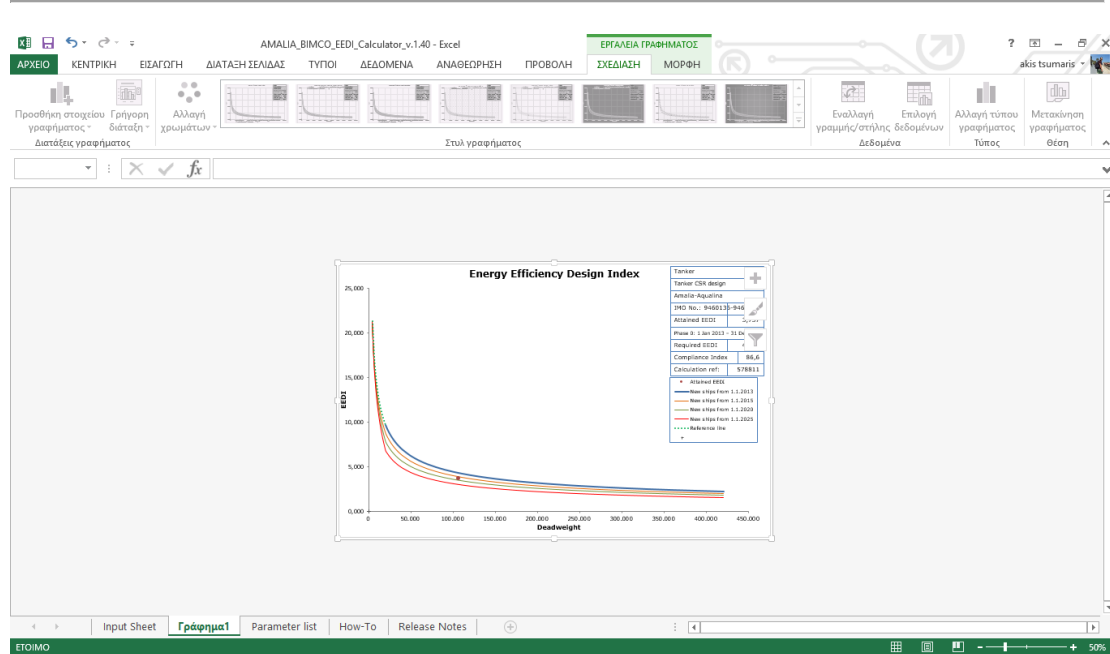


Εικόνα: Στιγμιότυπο κατά την διαδικασία υπολογισμού του EEDI AM&AQ.



Εικόνα: Στιγμιότυπο από τον υπολογισμό του τύπου και γραμμής αναφοράς του EEDI.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

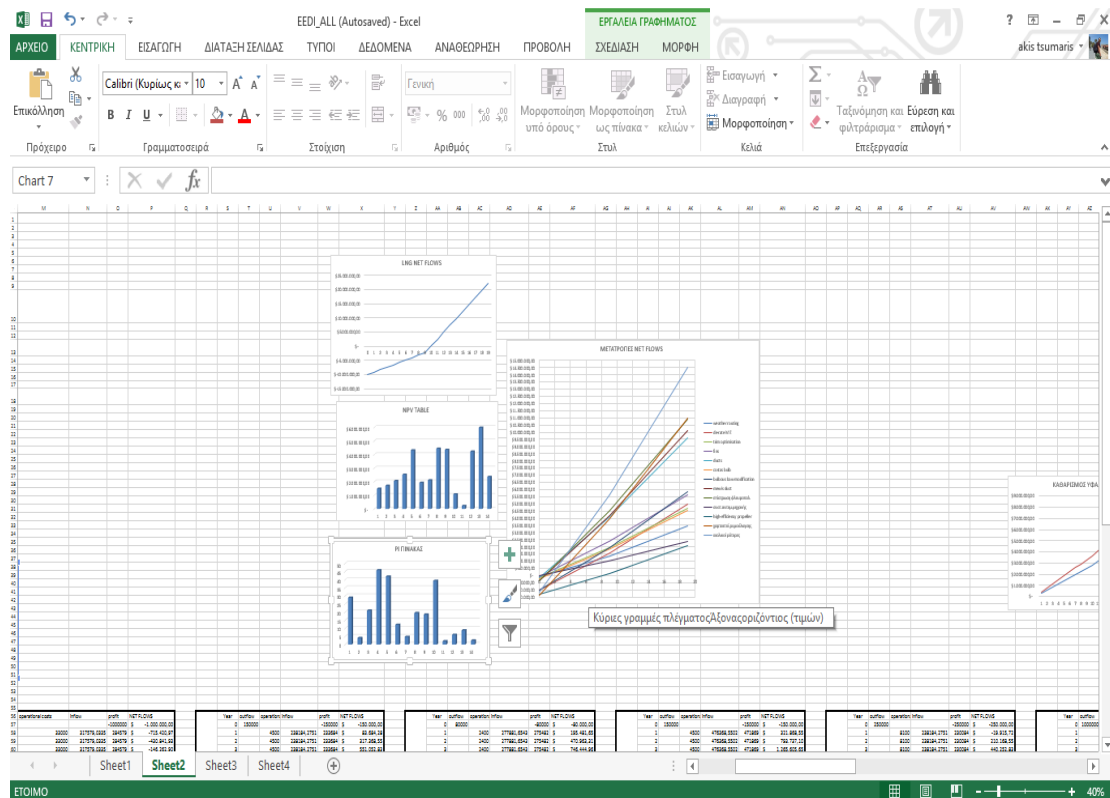


Εικόνα: Στιγμιότυπο από τον υπολογισμό του τύπου και γραμμής αναφοράς του EEDI.

Year	outflow	operational costs	inflow	profit	NET FLOWS
0	60000			-60000	\$ -60.000,00
1		2500	158789,5167	156289,5167	\$ 96.289,52
2		2500	158789,5167	156289,5167	\$ 252.579,03
3		2500	158789,5167	156289,5167	\$ 408.868,55
4		2500	158789,5167	156289,5167	\$ 565.158,07
5		2500	158789,5167	156289,5167	\$ 721.447,58
6		2500	158789,5167	156289,5167	\$ 877.737,10
7		2500	158789,5167	156289,5167	\$ 1.034.026,62
8		2500	158789,5167	156289,5167	\$ 1.190.316,13
9		2500	158789,5167	156289,5167	\$ 1.346.605,65
10		2500	210486,3756	207986,3756	\$ 1.554.592,03
11		2500	210486,3756	207986,3756	\$ 1.762.578,40
12		2500	210486,3756	207986,3756	\$ 1.970.564,78
13		2500	210486,3756	207986,3756	\$ 2.178.551,15
14		2500	210486,3756	207986,3756	\$ 2.386.537,53
15		2500	210486,3756	207986,3756	\$ 2.594.523,90
16		2500	210486,3756	207986,3756	\$ 2.802.510,28
17		2500	210486,3756	207986,3756	\$ 3.010.496,66
18		2500	210486,3756	207986,3756	\$ 3.218.483,03
19		2500	210486,3756	207986,3756	\$ 3.426.469,41
			NPV	=NPV(B82;G58:G76)+G57	260%
	1,19% (15-Ing-diafora)	380	315,4	NPV(επιτόκιο; αριθμός1; [αριθμός2]; ...)	\$ 32,87
Info	504,1138626	2016	384,522	319,15326	65,36874

Εικόνα: Στιγμιότυπο υπολογισμού οικονομικών δεικτών για weather routing.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα: Στιγμιότυπο δημιουργίας διαγραμμάτων και πινάκων.

The screenshot shows a detailed table in an Excel spreadsheet. The table has columns for 'ONOMASIA' (Name), 'ΑΡΙΘΜΟΣ' (Number), 'ΠΡΟΣΤΑΣΗ' (Proposal), 'ΑΡΧΗ' (Start), 'ΤΕΛΟΣ' (End), 'ΑΡΙΘΜΟΣ' (Number), and 'ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ' (Technology). The rows list various pieces of equipment such as 'ΧΑΡΤΑΕΤΟΙ ΡΥΜΟΥΛΚΗΣ', 'ΑΙΟΛΙΚΟΙ ΡΟΤΟΡΕΣ', 'DE-RATE ME', 'COSTAS BULB', 'ΕΠΙΤΡΟΣΗ ΦΑΝΥΡΟΠΛΥΝΕΡΩΝ', 'ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ Κ.ΜΗΧΑΝΗΣ', 'LNG', 'WEATHER ROUTING', 'TRIM OPTIMISATION', 'DUCTS', 'BULBOUS BOW', 'MEWIS DUCT', 'HIGH-EFFICIENCY PROPELLER', and 'FINS'. A summary table at the bottom right provides a breakdown of costs and other metrics for these items.

ONOMASIA	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΡΟΣΤΑΣΗ	ΑΡΧΗ	ΤΕΛΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΧΑΡΤΑΕΤΟΙ ΡΥΜΟΥΛΚΗΣ	1					
ΑΙΟΛΙΚΟΙ ΡΟΤΟΡΕΣ	1					
DE-RATE ME	2					
COSTAS BULB	3					
ΕΠΙΤΡΟΣΗ ΦΑΝΥΡΟΠΛΥΝΕΡΩΝ	3					
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ Κ.ΜΗΧΑΝΗΣ	3					
LNG	3					
WEATHER ROUTING	4					
TRIM OPTIMISATION	4					
DUCTS	4					
BULBOUS BOW	4					
MEWIS DUCT	4					
HIGH-EFFICIENCY PROPELLER	4					
FINS	5					

Εικόνα: Στιγμιότυπο ταξινόμησης κατά τις δευτερεύουσες παραμέτρους.