

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Η εφαρμογή του ΕΕΔΙ και του ΕΕΟΙ στα πλοία της
Εμπορικής Ναυτιλίας

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Λαμπρινού Μαρία

Διπλωματική Εργασία

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

Πειραιάς, Νοέμβριος 2018

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

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

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

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

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Ερνέστος Τζαννάτος (Επιβλέπων)
- Τσελέντης Βασίλειος – Στυλιανός
- Σαμιώτης Γεώργιος

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

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος στη Ναυτιλία, του Πανεπιστημίου Πειραιώς, με στόχο την ανάλυση της εφαρμογής των δεικτών EEDI και EEOI στην Εμπορική Ναυτιλία.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ερνέστο Τζαννάτο για την επίβλεψη, την κατανόηση και την βοήθειά του, οι οποίες συνέβαλαν στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ευχαριστώ πάρα πολύ τους φίλους μου, οι οποίοι πάντα με ενθαρρύνουν και πιστεύουν στην πραγματοποίηση των στόχων μου. Οφείλω, επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την διαρκή συμπαράστασή τους και την υλική και ηθική τους στήριξη σε κάθε επιλογή μου.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των μέτρων τα οποία έχουν θεσπιστεί από τον IMO για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στην εμπορική ναυτιλία και συγκεκριμένα στην παρουσίαση του Σχεδιαστικού Δείκτη Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Design Index - EEDI) και του Σχεδίου Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης (Ship Energy Efficiency Management Plan - SEEMP) με την ανάλυση του Δείκτη Λειτουργικής Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Operating Index - EEOI) μετά την επιτακτική ανάγκη θέσπισης κανονισμών για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Σύμφωνα με την διερεύνηση των στοιχείων της Ναυτιλιακής Θεσμοθεσίας προκύπτει το συμπέρασμα ότι για να επιτυγχάνεται όσο το δυνατόν υψηλότερη λειτουργική ενεργειακή απόδοση θα πρέπει εφαρμοστεί ένα σχέδιο πρόληψης των υφιστάμενων περιβαλλοντολογικών κινδύνων μέσω της παρακολούθησης, έκθεσης και επαλήθευσης των προαναφερθέντων δεικτών από εκπαιδευμένους ναυτιλιακούς λειτουργούς. Πρακτικά τα πλοία θα πρέπει να ταξιδεύουν σε ταχύτητες χαμηλής κατανάλωσης καυσίμου στο μέγιστο της μεταφορικής τους ικανότητας με τη χρήση μέτρων και τεχνολογιών που έχουν στόχο τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και κατά συνέπεια συμβάλλουν στην βελτίωση των τιμών των δύο Δεικτών (EEDI – EEOI).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Εισαγωγή.....	8
Κεφάλαιο 1ο Κανονισμοί του IMO.....	10
1.1 Η συμβολή του IMO στην δημιουργία Δεικτών Ελέγχου Εκπομπών.....	10
1.1.1 Ιστορικό καθιέρωσης των δεικτών	10
1.1.2 Ανάπτυξη του Δείκτη Εκπομπών από τον IMO	11
1.1.3 Βέλτιστες πρακτικές αποδοτικής λειτουργίας πλοίων σε επίπεδο καυσίμων	13
Κεφάλαιο 2ο Ανάλυση δείκτη EEDI.....	16
2.1 Συζητήσεις MEPC περί θέσπισης του EEDI	16
2.2 Υπολογισμός των εκπομπών CO ₂ του υφιστάμενου στόλου: η προσέγγιση του EEDI μέσω του EVDI	17
2.3 Η Καθιέρωση του EEDI	18
2.4 Κατανάλωση καυσίμων, εκπομπές CO ₂ και ενεργειακή απόδοση	19
2.5 Σχεδιαστική και Λειτουργική Απόδοση	20
2.6 Δείκτης EEDI (ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX)	21
2.6.1 EEDI, ποιος είναι ο στόχος	23
2.6.2 EEDI, Χρονοδιάγραμμα	23
2.6.3 Εφαρμογή	24
2.6.4 Πιστοποίηση	25
2.6.5 Δομή του δείκτη EEDI	26
2.6.5.1 Δείκτης Σχεδιασμού Επιτευχθείσας Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI ATTAINED).	26
2.6.5.2 Δείκτης Σχεδιασμού Απαιτούμενης Ενεργειακής Απόδοσης (REQUIRED EEDI)	30
2.6.5.3 Υπολογισμός της τιμής του δείκτη EEDI	31
2.6.5.4 Υπολογισμός των παραμέτρων της γραμμής αναφοράς "A" και "C".	32
2.6.6 Συνοπτική περιγραφή του Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας (EEDI)	32
Κεφάλαιο 3ο Ανάλυση του δείκτη EEOI	40
3.1 Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Αποδοτικότητας Πλοίου (Ship EEnergy Efficiency Management Plan -SEEMP)	40
3.2 Δείκτης EEOI (ENERGY EFFICIENCY OPERATIONAL INDEX)	41
3.2.1 EEOI, ποιος είναι ο στόχος	43
3.2.2 EEOI Ορισμοί	43
3.2.2.1 Ορισμός Δείκτη	43
3.2.2.2 Κατανάλωση καυσίμου (Fuel Consumption)	43
3.2.2.3 Τύπος πλοίου και φορτίου. (Ship and Cargo types)	43
3.2.3 Χρήση κατευθυντηρίων γραμμών	44
3.3 Υπολογισμός του δείκτη EEOI	45
3.3.1 Διαδικασία υπολογισμού EEOI & EEOI AVERAGE	45
3.3.2 Δείκτης αναφοράς CO ₂	46
3.4 Η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και η συμβολή της στην μείωση των τοπικών αέριων ρύπων	47

3.4.1 Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίου (SEEMP)	47
Κεφάλαιο 4ο Διαχείριση Ενέργειας (MRV- Monitoring, Reporting, Verification)	49
4.1 Εισαγωγή	49
4.1.1 Παρακολούθηση και έλεγχος. (Monitoring & Verification)	50
4.1.2 Παρακολούθηση, Καταγραφή και Επαλήθευση (MRV)	51
4.1.3 Παρακολούθηση, Έκθεση και Επαλήθευση (MRV)	51
4.2 Κανονισμός παρακολούθησης, αναφοράς και επαλήθευσης της ΕΕ	52
4.3 Τα κοινά στοιχεία του EEDI, του EEOI (και του EVDI)	52
Κεφάλαιο 5ο Η εφαρμογή των Δεικτών στην εμπορική Ναυτιλία	56
5.1 Επισκόπηση των κινδύνων στους λιμένες και τερματικούς σταθμούς φορτηγών πλοίων	56
5.1.1 Σχέδιο Πρόληψης Κινδύνων	58
5.2 Οι Κίνδυνοι σε τερματικούς σταθμούς και λιμένες φορτηγών πλοίων	58
5.2.1 Τα στάδια των κινδύνων στο Σχέδιο Πρόληψης Κινδύνων	58
5.3 Η Ενεργειακά Αποδοτική λειτουργία του πλοίου στην προσέγγιση των κινδύνων	59
5.3.1 Μάθημα εκπαίδευσης εκπαιδευτών (EESO-TTT) και το έργο MariEMS	60
5.3.2 Καινοτόμες πτυχές του Έργου	61
5.3.3 Αναμενόμενος αντίκτυπος	65
Κεφάλαιο 6ο Ανακεφαλαίωση και συμπεράσματα	67
Βιβλιογραφία	70

Εισαγωγή

Είναι γενικά αποδεκτό ότι το 90% περίπου του παγκόσμιου εμπορίου πραγματοποιείται δια θαλάσσης. Οι θαλάσσιες μεταφορές εκπέμπουν περίπου 1000 μετρικούς τόνους CO₂ ετησίως, περίπου 2,5% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (3η μελέτη του IMO για τα αέρια θερμοκηπίου). Πράγματι, σύμφωνα με την έκθεση του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (International Maritime Organization - IMO) Στοιχεία και Αριθμοί της Διεθνούς Ναυτιλίας το 2012, ο αριθμός των μηχανοκίνητων πλοίων σε ολόκληρη την υδρόγειο, με ολική χωρητικότητα τουλάχιστον 100, ήταν 104.304, με τα πλοία μεταφοράς φορτίου να αντιστοιχούν σε 55.138 (Ziarati, 2016).

Με την αυξανόμενη συνειδητοποίηση και κατανόηση σχετικά με τις επιπτώσεις της ρύπανσης στο παγκόσμιο περιβάλλον, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) προσπάθησε να αντιμετωπίσει το επίπεδο και το είδος των εκπομπών που παράγει η ναυτιλιακή βιομηχανία μέσω νέων κανονισμών. Η πλειονότητα των απαιτήσεων του IMO για τις εκπομπές πλοίων περιέχεται στην σύμβαση MARPOL, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί το επίκεντρο του παραρτήματος VI. Οι κανονισμοί της MARPOL επιβάλλουν αυστηρά ανώτατα όρια εκπομπών σε δύο περιοχές ελέγχου εκπομπών, οι οποίες βρίσκονται (εν μέρει ή πλήρως) εντός της ΕΕ, η Βόρεια Θάλασσα και η Βαλτική Θάλασσα. Αυτά τα ανώτατα όρια εκπομπών προορίζονται για τον έλεγχο των κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων που περιέχονται στα καυσαέρια των πλοίων, συμπεριλαμβανομένων των εκπομπών CO₂, οξειδίων του θείου (SO) και οξειδίων του αζώτου (NO_x) και απαγορεύεται η σκόπιμη εκπομπή ουσιών που καταστρέφουν την στιβάδα του όζοντος.

Ενώ οι προσπάθειες του IMO και των πολλών ναυτιλιακών κοινοτήτων, ιδιαίτερα στην Ευρώπη, είναι αξιέπαινες, οι πρόσφατες αμερικανικές εκθέσεις για τα αποτελέσματα των πρόσφατων συμβάσεων για το κλίμα προκαλούν ανησυχίες, λαμβάνοντας ιδιαίτερα υπόψη ότι οι ΗΠΑ και η Κίνα είναι οι μεγαλύτεροι θαλάσσιοι ρυπαντές στον κόσμο (Sahayam, 2014).

Σε ένα πρόσφατο έγγραφο του IMO από τον αντιπρόεδρο της BIMCO (Baltic and International Maritime Council) (Kaptanoglu και Ziarati, 2015) αναφέρθηκε ότι η βασική πρόκληση που αντιμετωπίζει ο ναυτιλιακός κλάδος είναι τα ζητήματα ανταγωνιστικότητας και το περιβάλλον. Τονίζει ότι οι εκθέσεις του ίδιου του IMO (Επιτροπή Περιβαλλοντικής Προστασίας για το Θαλάσσιο Περιβάλλον (MEPC), 64η συνεδρίαση, σημείο 4 της ημερήσιας

διάταξης της 29ης Ιουνίου 2012) και παρόμοιες εκθέσεις από τις ναυτιλιακές κοινωνίες και τους νηογνώμονες δίνουν μια σαφή εικόνα του οδικού χάρτη για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών από τα πλοία.

Ο IMO έχει επίσης θεσπίσει κανονισμούς (DNV, 2014) όπως ο Δείκτης Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (EEDI - Energy Efficiency Design Index), το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Αποδοτικότητας Πλοίου (SEEMP - Ship Energy Efficiency Management Plan) και τον Λειτουργικό Δείκτη Ενεργειακής Αποδοτικότητας (EEOI - Energy Efficiency Operational Indicator) που τέθηκαν σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2013. Το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Αποδοτικότητας Πλοίου είναι ένα επιχειρησιακό μέτρο που καθιερώνει έναν οικονομικά αποδοτικό μηχανισμό για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του Πλοίου. Το μέτρο αυτό βοηθά επίσης τις ναυτιλιακές εταιρείες να παρέχουν μια προσέγγιση για την διαχείριση της απόδοσης των πλοίων και της αποτελεσματικότητας του στόλου με την πάροδο του χρόνου με την βοήθεια του Λειτουργικού Δείκτη Ενεργειακής Αποδοτικότητας ως εργαλείου παρακολούθησης.

Κεφάλαιο 1ο Κανονισμοί του IMO

1.1 Η συμβολή του IMO στην δημιουργία Δεικτών Ελέγχου Εκπομπών

Μετά από την εντολή που δόθηκε στον IMO με το πρωτόκολλο του Κιότο, ο IMO άρχισε να εργάζεται για την καθιέρωση ενός μέτρου ελέγχου των εκπομπών για τον περιορισμό της αύξησης του CO₂ από την ναυτιλιακή βιομηχανία. Έχει σχηματίσει μία διαφορετική ομάδα εργασίας για τον προσδιορισμό του συνολικού όγκου εκπομπών CO₂, ανάλογα με τον ρυθμό ανάπτυξης της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Αυτές οι μελέτες ήταν σημαντικές εκείνη την εποχή και συμβάλλουν στην κατανόηση των σημερινών επιπτώσεων στο περιβάλλον και στην πρόβλεψη για μελλοντικές επιπτώσεις εάν ο IMO δεν διαθέτει κανένα μέτρο ελέγχου των εκπομπών.

Οι ακόλουθες ενότητες περιγράφουν σύντομα την τρέχουσα κατάσταση και το υπόβαθρο πολλών δεικτών ελέγχου εκπομπών όπως αναπτύχθηκαν από τον IMO (Knapp, Bijwaard και Heij, 2011).

1.1.1 Ιστορικό καθιέρωσης των δεικτών

Με το πρωτόκολλο του Κιότο υπό την Σύμβαση Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την Αλλαγή του Κλίματος (UNFCCC), αποφασίστηκε ότι (Eide et al., 2009),

- Τα συμβαλλόμενα μέρη που περιλαμβάνονται στο Παράρτημα I επιδιώκουν τον περιορισμό ή την μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που δεν ελέγχονται από το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ στα καύσιμα των αερομεταφορών και τα ναυτιλιακά καύσιμα, μέσω του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO) και του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO).

- Τα συμβαλλόμενα μέρη που περιλαμβάνονται στο παράρτημα I εξασφαλίζουν ότι οι συνολικές τους ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων θερμοκηπίου με ισοδύναμο ανθρωπογενές διοξείδιο του άνθρακα δεν υπερβαίνουν τις ποσότητες που τους έχουν ανατεθεί, με σκοπό την μείωση των συνολικών εκπομπών αυτών των αερίων κατά τουλάχιστον 5% την περίοδο από το 2008 έως το 2012.

Με βάση το πρωτόκολλο του Κιότο, ο IMO έχει αναπτύξει κάποιες πολιτικές και πρακτικές ως εξής (Hoffmann, Eide και Endressen, 2012):

-Καθιέρωση βασικής γραμμής εκπομπών αερίων θερμοκηπίου

-Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την περιγραφή ενός δείκτη εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

- Ανάπτυξη κατευθυντήριων γραμμών για το σύστημα εντοπισμού εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου
- Αξιολόγηση τεχνικών, επιχειρησιακών και αγορακεντρικών λύσεων
- Ανάπτυξη σχεδίου εργασίας με χρονοδιάγραμμα
- Επανεξέταση των συνεχιζόμενων πολιτικών και πρακτικών του IMO
- Συνεργασία με την UNFCCC.

1.1.2 Ανάπτυξη του Δείκτη Εκπομπών από τον IMO

Ο IMO άρχισε να εργάζεται για την ανάπτυξη του δείκτη ελέγχου εκπομπών και κατά την διάρκεια αρκετών συναντήσεων της Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος - MEPC (Marine Environment Protection Committee), συζητήθηκε η πρόοδος και λήφθηκαν αποφάσεις. Τέλος, κατά την 62η σύνοδο MEPC, εγκρίθηκε νέος κανονισμός, ο οποίος είναι ο πρώτος παγκόσμιος δείκτης ελέγχου εκπομπών CO₂ σε επίπεδο βιομηχανίας. Η πρόοδος που σημειώθηκε στις συναντήσεις της MEPC περιγράφεται εν συντομία παρακάτω.

Τον Ιούλιο του 2005, η MEPC κατά την 53η σύνοδό της ενέκρινε ενδιάμεσες κατευθυντήριες γραμμές για την εθελοντική εκτίμηση εκπομπών CO₂ από τα πλοία, για χρήση σε δοκιμές με σκοπό την ανάπτυξη ενός απλού συστήματος που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί οικειοθελώς από τους φορείς εκμετάλλευσης πλοίων κατά την διάρκεια της δοκιμαστικής περιόδου.

Η MEPC συνεχίζει τις προσπάθειές της για την αντιμετώπιση των φαινομένων της κλιματικής αλλαγής και της υπερθέρμανσης του πλανήτη και υπό το πρίσμα της εντολής που δόθηκε στον IMO με το Πρωτόκολλο του Κιότο για την μείωση των αερίων θερμοκηπίου. Κατά την 58η σύνοδό της τον Οκτώβριο του 2008, αναπτύχθηκε ένας Δείκτης Αποδοτικού Ενεργειακού Σχεδιασμού για νέα πλοία και ένας Επιχειρησιακός (Λειτουργικός) Δείκτης Ενεργειακής Απόδοσης, ένα σχέδιο διαχείρισης της αποδοτικότητας κατάλληλο για όλα τα πλοία και ένας εθελοντικός κώδικας για τις βέλτιστες πρακτικές στην ενεργειακή απόδοση των εργασιών επί των πλοίων. Η MEPC συμφώνησε επίσης να συζητήσει μέτρα με βάση την αγορά σε μελλοντικές συνόδους.

Κατά την 59η συνεδρίαση της MEPC, τον Ιούλιο του 2009, συμφωνήθηκε η διάδοση των ακόλουθων μέτρων και η οποία περιορίστηκε στη χρήση για πειραματικούς σκοπούς μέχρι τη 60η σύνοδο της MEPC τον Μάρτιο του 2010.

- Ενδιάμεσες κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με την μέθοδο υπολογισμού και την εκούσια επαλήθευση του Δείκτη Αποδοτικού Ενεργειακού Σχεδιασμού (EEDI) για νέα πλοία.

- Κατευθυντήριες γραμμές για την εκπόνηση Σχεδίου Διαχείρισης Ενεργειακής Αποδοτικότητας πλοίων (SEEMP), καθώς και κατευθυντήριες γραμμές για την εκούσια χρήση του Λειτουργικού Δείκτη Ενεργειακής Αποδοτικότητας πλοίων (EEOI) για νέα και υπάρχοντα πλοία.

Επίσης, διεξήχθη διεξοδική συζήτηση σχετικά με το μέσο που θα βασίζεται στην αγορά και συμφωνήθηκε ένα πρόγραμμα εργασίας για την ανάπτυξή του κατά τις επόμενες συνεδρίες (Jung,2011).

Τον Μάρτιο του 2010, κατά την διάρκεια της 60ης συνεδρίασης της MEPC, η επιτροπή συμφώνησε να συγκροτήσει μια διεθνή ομάδα εργασίας που θα ασχολείται με τους δείκτες EEDI, SEEMP και EEOI. Παρά το γεγονός ότι ήταν σε θέση να καταρτίσει ένα σχέδιο κειμένου σχετικά με τις υποχρεωτικές απαιτήσεις για τα EEDI και SEEMP, η επιτροπή κατανόησε ότι είναι σκόπιμο να οριστικοποιήσει τα ζητήματα που αφορούν στο μέγεθος του πλοίου, την χωρητικότητα, τον ρυθμό μείωσης της ταχύτητας των πλοίων και τις ημερομηνίες-στόχους που είναι σκόπιμο να εφαρμοστούν σε σχέση με τις απαιτήσεις του EEDI.

Όσον αφορά στην ιδέα μέτρων που θα βασίζονται στην αγορά, η επιτροπή συμφώνησε να συγκροτήσει ομάδα εμπειρογνομόνων για το θέμα αυτό, προκειμένου να πραγματοποιηθεί μία μελέτη σκοπιμότητας.

Περαιτέρω πρόοδος σημειώθηκε κατά την 61η σύνοδο και στους τρεις δείκτες και μέτρα, συγκεκριμένα τα σχεδιαστικά (EEDI), λειτουργικά (EEOI) και τα μέτρα που βασίζονται στην αγορά έχουν πλέον κατάλληλη μορφή. Ωστόσο, η απόφαση για το πώς θα λειτουργήσουν αυτά τα μέτρα δεν έχει ακόμη καθοριστεί. Παρ' όλα αυτά, η επιτροπή θα λάβει την απόφαση να εγκρίνει τα μέτρα αυτά ως υποχρεωτικά βάσει του παραρτήματος VI της MARPOL από την επόμενη συνεδρίαση της επιτροπής.

Έχει υποβληθεί η έκθεση της ομάδας εμπειρογνομόνων για τα κατάλληλα μέτρα που βασίζονται στην αγορά (MBM – Market Based Management) για την διεθνή ναυτιλία, η οποία είχε πραγματοποιήσει μελέτη σκοπιμότητας και εκτίμηση των επιπτώσεων των διαφόρων πιθανών μέτρων βασισμένων στην διαχείριση της αγοράς - MBM που υπέβαλαν κυβερνήσεις και παρατηρητές οργανισμοί. Σύμφωνα με τους όρους της διαδικασίας τροποποίησης που προβλέπεται στην σύμβαση MARPOL, οι προτεινόμενες τροποποιήσεις θα εξετάζονταν στην επόμενη συνεδρίαση της Επιτροπής Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του Οργανισμού, η οποία συνέρχεται τον Ιούλιο του 2011 (Lee and Doo, 2011). Μετά την έγκρισή τους, οι κανονισμοί θα αποτελούσαν το πρώτο υποχρεωτικό πρότυπο αποτελεσματικότητας σε έναν τομέα διεθνών μεταφορών, ανοίγοντας τον δρόμο για

σημαντική μείωση των εκπομπών από την ναυτιλία στο άμεσο μέλλον. Στην 62η σύνοδο της MEPC τον Ιούλιο του 2011, υιοθετήθηκαν υποχρεωτικά μέτρα για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την διεθνή ναυτιλία από τα συμβαλλόμενα μέρη του παραρτήματος VI της MARPOL που εκπροσωπούνται στην MEPC. Οι τροποποιήσεις των κανονισμών MARPOL του παραρτήματος VI για την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία, προσέθεσαν ένα νέο κεφάλαιο 4 στο παράρτημα VI σχετικά με τους κανονισμούς για την ενεργειακή απόδοση των πλοίων προκειμένου να γίνει υποχρεωτικός ο Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας (EEDI) για τα νέα πλοία και το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Αποδοτικότητας Πλοίου (SEEMP) για όλα τα πλοία. Άλλες τροποποιήσεις του παραρτήματος VI προσέθεσαν νέους ορισμούς και απαιτήσεις για την έρευνα και την πιστοποίηση, συμπεριλαμβανομένης της μορφής του Διεθνούς Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης. Οι κανονισμοί ισχύουν για όλα τα πλοία χωρητικότητας άνω των 400 GT και τέθηκαν σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2013 (Schinas and Stefanakos, 2014).

1.1.3 Βέλτιστες πρακτικές αποδοτικής λειτουργίας πλοίων σε επίπεδο καυσίμων

Όπως περιγράφεται στην εγκύκλιο με αριθμό 683 της MEPC (Schroder-Hinrichs et al., 2013) για την βέλτιστη πρακτική στην λειτουργία ενός πλοίου ως προς την αποδοτικότητα των καυσίμων, είναι σκόπιμο να πραγματοποιούνται τα ακόλουθα (Worrell, Karmeli και Galitsky, 2013):

- Βελτιωμένος προγραμματισμός του ταξιδιού
- Η βέλτιστη διαδρομή και η βελτιωμένη αποτελεσματικότητα μπορούν να επιτευχθούν μέσω του προσεκτικού σχεδιασμού και εκτέλεσης των ταξιδιών. Ο λεπτομερής προγραμματισμός του ταξιδιού χρειάζεται χρόνο, αλλά υπάρχουν διάφορα εργαλεία λογισμικού για προγραμματισμό
- Δρομολόγηση με βάση τις καιρικές συνθήκες.
- Η έγκαιρη επικοινωνία με τον επόμενο λιμένα είναι σκόπιμο να είναι ένας στόχος προκειμένου να δοθεί μέγιστη προειδοποίηση σχετικά με την διαθεσιμότητα των αγκυροβολίων και να διευκολυνθεί η χρήση της βέλτιστης ταχύτητας όταν οι επιχειρησιακές διαδικασίες του λιμένα υποστηρίζουν αυτή την προσέγγιση.
- Η βελτιστοποιημένη λειτουργία των λιμένων θα μπορούσε να συνεπάγεται αλλαγή των διαδικασιών που συνεπάγονται διαφορετικές ρυθμίσεις χειρισμού στους λιμένες. Οι λιμενικές αρχές είναι σκόπιμο να ενθαρρύνονται να

μεγιστοποιούν την αποτελεσματικότητα και να ελαχιστοποιούν τις καθυστερήσεις.

- Η βελτιστοποίηση της ταχύτητας μπορεί να αποφέρει σημαντική εξοικονόμηση. Ωστόσο, η βέλτιστη ταχύτητα σημαίνει την ταχύτητα με την οποία το χρησιμοποιούμενο καύσιμο ανά τόνο μιλίων είναι στο ελάχιστο επίπεδο για το συγκεκριμένο ταξίδι. Δεν σημαίνει ελάχιστη ταχύτητα, αλλά στην πραγματικότητα η ναυσιπλοΐα σε λιγότερη από την βέλτιστη ταχύτητα θα οδηγήσει σε περισσότερη κατανάλωση καυσίμων παρά λιγότερη. Είναι σκόπιμο να γίνεται αναφορά στην καμπύλη ισχύος/κατανάλωσης του κατασκευαστή του κινητήρα και στην καμπύλη της προπέλας του πλοίου. Οι πιθανές δυσμενείς συνέπειες της λειτουργίας χαμηλής ταχύτητας μπορεί να περιλαμβάνουν αυξημένες δονήσεις και αυτές είναι σκόπιμο να λαμβάνονται υπόψη.

- Τα περισσότερα πλοία έχουν σχεδιαστεί για να φέρουν καθορισμένη ποσότητα φορτίου με ορισμένη ταχύτητα για ορισμένη κατανάλωση καυσίμων. Αυτό προϋποθέτει τον προσδιορισμό του συνόλου των συνθηκών διαγωγής. Με φορτίο ή δίχως φορτίο, η διαγωγή ασκεί σημαντική επίδραση στην αντίσταση του πλοίου στο νερό και η βελτιστοποίηση της διαγωγής μπορεί να προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση καυσίμων. Για κάθε δεδομένο σχέδιο υπάρχει μια συνθήκη διαγωγής που δίνει ελάχιστη αντίσταση. Σε μερικά πλοία, είναι δυνατόν να εκτιμώνται συνεχώς οι βέλτιστες συνθήκες διαγωγής για την αποδοτικότητα των καυσίμων σε όλο το ταξίδι. Οι παράγοντες σχεδιασμού ή ασφάλειας ενδέχεται να αποκλείουν την πλήρη χρήση της βελτιστοποίησης της διαγωγής.

- Το έρμα είναι σκόπιμο να προσαρμόζεται λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις για την επίτευξη των βέλτιστων συνθηκών διαγωγής και πηδαλιούχησης και των βέλτιστων συνθηκών έρματος που επιτυγχάνονται με τον καλό σχεδιασμό του φορτίου. Η επιλογή της προπέλας καθορίζεται κατά κανόνα στο στάδιο σχεδιασμού και κατασκευής της ζωής ενός πλοίου, αλλά οι νέες εξελίξεις στον σχεδιασμό της προπέλας έχουν καταστήσει δυνατή την μετασκευή μεταγενέστερων σχεδίων για μεγαλύτερη εξοικονόμηση καυσίμων. Παρόλο που είναι βέβαιο ότι η προπέλα είναι μόνο ένα μέρος του συστήματος πρόωσης και η αλλαγή της προπέλας μόνο δεν μπορεί να έχει επίδραση στην απόδοση και μπορεί ακόμη και να αυξήσει την κατανάλωση καυσίμων (Worrell et al., 2011).

- Τα διαστήματα πρόσδεσης είναι σκόπιμο να ενσωματώνονται με την συνεχή εκτίμηση της απόδοσης του πλοίου από τον πλοιοκτήτη. Η αντοχή του κύτους μπορεί να βελτιστοποιηθεί με νέα τεχνολογικά συστήματα επίστρωσης, πιθανώς σε συνδυασμό με τα διαστήματα καθαρισμού. Συνιστάται τακτική υποθαλάσσια

επιθεώρηση της κατάστασης του κύτους.

- Ο καθαρισμός και η στίλβωση της προπέλας ή ακόμα και η κατάλληλη επίστρωση μπορεί να αυξήσει σημαντικά την απόδοση των καυσίμων. Η ανάγκη να διατηρείται η αποτελεσματικότητα των πλοίων μέσω του καθαρισμού του κύτους μέσα στο νερό είναι σκόπιμο να αναγνωρίζεται και να διευκολύνεται από τα κράτη λιμένα.

- Οι ναυτικοί πετρελαιοκινητήρες έχουν πολύ υψηλή θερμική απόδοση (~ 50%). Αυτή την εξαιρετική απόδοση ξεπερνάει μόνο η τεχνολογία κυψελών καυσίμου με μέση θερμική απόδοση 60%.

- Η συντήρηση σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή στο προγραμματισμένο πρόγραμμα συντήρησης της εταιρείας θα διατηρήσει επίσης την αποτελεσματικότητα. Η παρακολούθηση της κατάστασης του κινητήρα μπορεί να είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την διατήρηση υψηλής απόδοσης.

- Πρόσθετα μέσα για την βελτίωση της απόδοσης του κινητήρα ενδέχεται να περιλαμβάνουν: χρήση προσθέτων καυσίμων, ρύθμιση της κατανάλωσης των λιπαντικών ελαίων των κυλίνδρων, βελτιώσεις βαλβίδων, ανάλυση ροπής και αυτοματοποιημένα συστήματα παρακολούθησης του κινητήρα.

- Η ανάκτηση θερμότητας αποτελεί πλέον μια εμπορικά διαθέσιμη τεχνολογία για ορισμένα πλοία. Χρησιμοποιεί θερμικές απώλειες θερμότητας από τα καυσαέρια είτε για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είτε για πρόσθετη πρόωση με κινητήρα άξονα.

Κεφάλαιο 2ο Ανάλυση δείκτη EEDI

2.1 Συζητήσεις MEPC περί θέσπισης του EEDI

Τον Ιούλιο του 2011, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΙΜΟ) ενέκρινε τον «Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας» (EEDI), ο οποίος καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τα νέα πλοία που κατασκευάζονται μετά το 2013 (σε όρους CO₂ ανά τόνο χωρητικότητας-μιλίων). Ωστόσο, κατά την διάρκεια της MEPC 63, ορισμένα μέρη έλαβαν ισχυρή θέση κατά της εφαρμογής του τύπου EEDI για τα υπάρχοντα πλοία και η άποψη αυτή εγκρίθηκε από την επιτροπή.

Ο στόχος απαιτεί κλιμακούμενες βελτιώσεις στην απόδοση μεταξύ 10 και 30% μεταξύ 2013 και 2025. Ο δείκτης EEDI αποτελεί το πρώτο παγκόσμιο δεσμευτικό μέτρο για το κλίμα και θέτει παραμέτρους ενεργειακής απόδοσης στον σχεδιασμό νέων πλοίων. Η εισαγωγή ενός τέτοιου μέτρου έχει καθυστερήσει αρκετά. Οι ταχύτητες, η δοκός (το πλάτος ενός πλοίου) και ο αριθμός Froude (λόγος ταχύτητας-μήκους) των πλοίων που κατασκευάστηκαν τις τελευταίες δεκαετίες γενικά έχουν αυξηθεί με αποτέλεσμα οι μοναδικές βελτιώσεις στην αποδοτικότητα των πλοίων να οφείλονται στις οικονομίες κλίμακας (Rodrigo de Larrucea, 2013).

Εκτός από τα κενά εφαρμογής και τις πιθανότητες καθυστερήσεων του EEDI, υπάρχει ολοένα και μεγαλύτερη συνειδητοποίηση ότι το EEDI από μόνο του μπορεί να μην οδηγήσει στην υιοθέτηση των πλέον αποδοτικών διαθέσιμων τεχνολογιών. Υπάρχουν ήδη στην αγορά αρκετές τεχνολογίες πλοίων, οι οποίες είναι σημαντικά χαμηλότερες από το στόχο του 2025 του EEDI, αλλά ο δείκτης EEDI δεν απαιτεί την υιοθέτησή τους αφήνοντας τις ενδεχόμενες βελτιώσεις απραγματοποίητες (UPDATE, 2018).

Αναμφισβήτητα το μεγαλύτερο μειονέκτημα του δείκτη EEDI είναι ότι ισχύει μόνο για νέα πλοία. Κατά την διάρκεια της 63ης συνόδου της Επιτροπής Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC 63), διεξήχθη συζήτηση σχετικά με τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής των απαιτήσεων του EEDI στα υπάρχοντα πλοία ως τρόπος για τον καθορισμό ενός μέτρου αναφοράς για την αποτελεσματικότητα του στόλου. Η πρόταση αυτή αποκλείστηκε, αν και αναγνωρίστηκε ότι απαιτείται δράση για την μείωση των εκπομπών από όλα τα πλοία, όπου στην διάρκεια της MEPC 64 έγινε έκκληση για την λήψη «άμεσων

μέτρων» ξεκινώντας με τρόπους μέτρησης της κατανάλωσης καυσίμων και ενδεχομένως αργότερα την ανάπτυξη πρόσθετων μέτρων αποδοτικότητας.

Η παρούσα μελέτη εξετάζει τις ευκαιρίες για την θέσπιση μιας τέτοιας μέτρησης αναφοράς, διερευνά τα διαφορετικά μέτρα και προτάσεις που έχουν ήδη εξεταστεί από τον IMO ή την ΕΕ και προσδιορίζει πιθανές επιλογές στις τρέχουσες συζητήσεις της ΕΕ σχετικά με την παρακολούθηση, την αναφορά και την επαλήθευση (Karim, 2013).

2.2 Υπολογισμός των εκπομπών CO₂ του υφιστάμενου στόλου: η προσέγγιση του EEDI μέσω του EVDI

Σε μια προσπάθεια να αναπτυχθεί ένα μεμονωμένο μέτρο της αποδοτικότητας, η Carbon War Room, μαζί με την Right ship, ανέπτυξαν τον Δείκτη Σχεδιασμού Υφιστάμενων Πλοίων (EVDI). Ο δείκτης EVDI βασίζεται στην μεθοδολογία EEDI του IMO και μπορεί να υπολογιστεί απευθείας από την βάση δεδομένων IHS Fairplay (την βάση δεδομένων του IMO). Επομένως, ο τύπος EVDI αναπαράγει τον τύπο EEDI (αν και η Rightship δεν έχει αποκαλύψει ορισμένα βασικά στοιχεία των υπολογισμών του) (Private Standards in Reducing Greenhouse Gas Emissions from Shipping).

Η κύρια και σημαντική διαφορά μεταξύ του EEDI και του EVDI αφορά στην συλλογή δεδομένων. Τα στοιχεία του EEDI συλλέγονται από τα δεδομένα σχεδιασμού των νέων πλοίων μέσω των νηογνωμόνων κατά την στιγμή της πιστοποίησης, ενώ τα δεδομένα EVDI για τα υπάρχοντα πλοία προέρχονται από τα διαθέσιμα δεδομένα (π.χ. IHS Fairplay, ναυπηγεία, νηογνώμονες) και ενδεχομένως επαληθεύονται/διορθώνονται από πλοιοκτήτες ή διαχειριστές πλοίων, εφόσον το επιθυμούν. Οι δείκτες EVDI έχουν υπολογιστεί αναδρομικά για πάνω από 60.000 υπάρχοντα πλοία και είναι διαθέσιμοι στο διαδίκτυο. Η ακρίβειά τους έχει αμφισβητηθεί σε πολλές περιπτώσεις, ενδεχομένως συχνά περισσότερο ως ζήτημα αρχής, δηλαδή ως αντίρρηση στην εφαρμογή του EEDI σε υπάρχοντα πλοία (Taudal Poulsen, Rivas Hermann & Smink).

Προς το παρόν, δεν υπάρχει ένα ενιαίο αποδεκτό μέτρο αποδοτικότητας που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για όλα τα πλοία προκειμένου να καταστεί δυνατή μια σαφής και αδιαμφισβήτητη συγκριτική αξιολόγηση του συνόλου του στόλου. Παρά την έλλειψη κατευθυντήριων γραμμών για την μέτρηση της ενεργειακής απόδοσης, τμήματα της ναυτιλιακής βιομηχανίας έχουν αναπτύξει τις δικές τους προσεγγίσεις για την μέτρηση της κατανάλωσης καυσίμων των πλοίων, ενώ οι δημόσιες αρχές βασίζονται σε μοντέλα εκπομπών για την

απογραφή των εκπομπών αερίων στην ναυτιλία. Είναι ενδιαφέρον ωστόσο ότι ορισμένοι πλοιοκτήτες έχουν ήδη ζητήσει την πιστοποίηση του EEDI για ολόκληρο τον στόλο τους (δηλαδή συμπεριλαμβανομένου του υφιστάμενου στόλου), προκειμένου να λάβουν πιο ενημερωμένες επιχειρηματικές αποφάσεις στο μέλλον. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα στην περίπτωση της Harag-Lloyd, της οποίας ολόκληρος ο στόλος έχει πιστοποιηθεί ως προς τον δείκτη EEDI από την Germanischer Lloyd.

Ωστόσο, η ανάγκη για μια εναρμονισμένη προσέγγιση στην μέτρηση της αποδοτικότητας των πλοίων καθίσταται ολοένα και πιο προφανής τόσο εντός του κλάδου (προκειμένου να προωθηθούν οι βέλτιστες πρακτικές και να λαμβάνονται πιο ενημερωμένες επιχειρηματικές αποφάσεις από τους πλοιοκτήτες, τους ιδιοκτήτες φορτίων, τους διαχειριστές στόλων κ.λπ.) ως δείκτης της απόδοσης των πλοίων και ενδεχομένως ως βάση για έναν κανονισμό σε σχέση με την αποδοτικότητα. Ένα ενιαίο μέτρο της αποδοτικότητας θα έχει επίσης την δυνατότητα να χρησιμεύσει ως ένα σαφές σημείο αναφοράς για την ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων.

2.3 Η Καθιέρωση του EEDI

Ένα από τα κύρια οφέλη της ναυτιλίας από την καθιέρωση ενός δείκτη ενεργειακής απόδοσης για το σύνολο του στόλου θα ήταν η δυνατότητα σύγκρισης της απόδοσης διαφορετικών πλοίων που θα επιτρέψουν στον κλάδο και στους φορείς εκμετάλλευσης να λαμβάνουν πιο ενημερωμένες αποφάσεις σχετικά με το πλοίο προς ναύλωση, τον τύπο του ταξιδιού κ.λπ.

Εκτός από τον δείκτη EEDI, όλες οι επιλογές που παρουσιάζονται μέχρι στιγμής (όπως για παράδειγμα προαναφέρθηκε ο EVDI) δεν βασίζονται σε γραμμές αναφοράς που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό στόχων σε επίπεδο απόδοσης. Η καθιέρωση μιας ιστορικής γραμμής ή μιας γραμμής αναφοράς για ολόκληρο τον κλάδο, για διαφορετικούς τύπους πλοίων ή μεγέθη πλοίων, θα μπορούσε ενδεχομένως να ελαχιστοποιήσει τα δεδομένα που απαιτούνται για να πραγματοποιούνται συγκρίσεις, π.χ. κατανάλωση καυσίμων/εκπομπές CO₂, διανυθείσα απόσταση (Johnson et al., 2013).

Για παράδειγμα, οι γραμμές αναφοράς του δείκτη EEDI αναπτύχθηκαν για να αντικατοπτρίζουν τις μέσες τιμές EEDI για τα πλοία που κατασκευάστηκαν μεταξύ 1999 και 2009, διαφοροποιούμενες ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου (νεκρό βάρος). Εάν όλα τα πλοία έπρεπε να αναφέρουν τις εκπομπές τους, τότε αυτά τα στοιχεία θα μπορούσαν να συγκριθούν με την γραμμή αναφοράς για να

διαπιστωθεί πόσο η πραγματική απόδοση του πλοίου διέφερε από την ιστορική αναφορά. Μια άλλη δυνατότητα δημιουργίας μιας γραμμής αναφοράς είναι η παρακολούθηση των μέσων εκπομπών ανά τύπο πλοίου ή μεγέθους του πλοίου κατά την διάρκεια ενός έτους αναφοράς προκειμένου να καθοριστεί ένας στόχος απόδοσης. Μέχρι στιγμής έχουν διεξαχθεί λίγες συζητήσεις σχετικά με τις συγκρίσεις σε επίπεδο απόδοσης ή την συγκριτική αξιολόγηση, αλλά αυτό είναι σκόπιμο να διερευνηθεί περαιτέρω. Το κύριο πλεονέκτημα αυτών των δύο επιλογών είναι η δυνατότητα να απομακρυνθεί το ζήτημα της χωρητικότητας (δεδομένου ότι ο μέσος συντελεστής φορτίου θα θεωρείται σταθερός) (Stevens et al., 2015).

Το πέρασμα του κανονισμού EEDI ήρθε με έναν σημαντικό συμβιβασμό που θα μπορούσε να επηρεάσει το μέγεθος των παροχών στο εγγύς μέλλον. Ως παραχώρηση σε χώρες που ανησυχούν για την ικανότητα των ναυπηγείων τους να αναπτύξουν και να αναπτύξουν τις απαραίτητες τεχνολογίες, οι επιμέρους διαχειριστές σημαίας θα επιτρέπεται να αναβάλλουν τις υποχρεωτικές απαιτήσεις του EEDI για διάστημα έως 4 ετών πέραν των προβλεπόμενων ημερομηνιών εφαρμογής. Είναι πιθανό ότι πολλές αρχές σημαίας θα ζητήσουν την καθυστέρηση, αλλά είναι πιο δύσκολο να εκτιμηθεί πόσα πλοία θα αναβάλλουν πράγματι τα πλοία που συμμορφώνονται με το EEDI. Το EEDI έρχεται σε μια εποχή που πολλοί τομείς αντιμετωπίζουν σημαντική ανάπτυξη και αναπτύσσουν μονομερώς πιο αποδοτικά πλοία για να εξυπηρετήσουν ζήτηση, έτσι ώστε το αποτέλεσμα οποιασδήποτε καθυστέρησης είναι πιθανό να μειωθεί.

Η γλώσσα ρύθμισης επιτρέπει την τακτική αναθεώρηση και προσαρμογή του τύπου για να βελτιωθεί η εφαρμογή του και η επίδρασή του. Συγκεκριμένα τεχνικά ζητήματα που συζητήθηκαν, καθώς εγκρίθηκε ο κανονισμός, αναβλήθηκαν σε ειδική ομάδα εργασίας που θα συγκληθεί στα τέλη Φεβρουαρίου 2012. Οι μελλοντικές αναθεωρήσεις του EEDI αναμένεται να ενισχύσουν την αποτελεσματικότητά του και την εφαρμογή του εγκρίνοντας νέα τεχνολογία αποδοτικότητας - συμπεριλαμβανομένων των πρόσθετων κατηγοριών πλοίων (Agnolucci, Smith and Rehmatulla, 2014) (Devanney and Beach, 2010).

2.4 Κατανάλωση καυσίμων, εκπομπές CO₂ και ενεργειακή απόδοση

Κατανάλωση καυσίμων: Το πιο άμεσο μέτρο της ενεργειακής κατανάλωσης ενός πλοίου είναι η κατανάλωση καυσίμων που μπορεί να διαπιστωθεί με διαφορετικές μεθόδους: με τον υπολογισμό της κατανάλωσης βάσει βιβλίων καυσίμων/δελτίων παράδοσης καυσίμων, χρησιμοποιώντας μετρητές ροής του

καυσίμου επί του πλοίου για την κύρια και τις βοηθητικές μηχανές, με βυθομέτρηση στις δεξαμενές κλπ. Η ακρίβεια εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού. Ενώ οι σύγχρονοι μετρητές ροής καυσίμου και τα συστήματα βυθομέτρησης των δεξαμενών (συστήματα ραντάρ/ηλεκτρικά συστήματα) μπορούν να είναι εξαιρετικά ακριβείς, ακόμη και δεδομένης της ευρείας ποικιλίας των χαρακτηριστικών του καυσίμου (π.χ. πυκνότητα καυσίμου, ιξώδες κ.λπ.), οι μέθοδοι που στηρίζονται αποκλειστικά σε γραπτά τεκμήρια (αρχεία καυσίμων, δελτία παράδοσης καυσίμων) είναι περισσότερο αμφισβητήσιμες (Psaraftis & Kontovas, 2013).

Εκπομπές CO₂: Οι εκπομπές CO₂ είναι άμεσα ανάλογες με την κατανάλωση καυσίμων: η ποσότητα CO₂ που εκπέμπεται από ένα πλοίο υπολογίζεται γενικά με βάση την κατανάλωση καυσίμων με την εφαρμογή ενός συντελεστή εκπομπών. Οι συντελεστές μετατροπής μάζας καυσίμου σε CO₂ έχουν καθοριστεί από τον IMO για το ντίζελ πλοίων, τα ελαφρά και βαρέα καύσιμα, το υγροποιημένο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο (Piric-Oršić & Faltinsen, 2012). Ως αποτέλεσμα, ο τύπος για τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂ είναι πολύ απλός: η κατανάλωση καυσίμου πολλαπλασιάζεται με την μετατροπή του άνθρακα (Al-Mulali & Sab, 2012).

Ενεργειακή απόδοση: Η ενεργειακή αποδοτικότητα ενός πλοίου εξαρτάται όχι μόνο από την κατανάλωση καυσίμων αλλά και από την ποσότητα των εργασιών μεταφοράς που πραγματοποιούνται και το επίπεδο και την ένταση των δραστηριοτήτων κλπ. Πράγματι, η απόδοση ορίζεται ως «η διαφορά μεταξύ της ποσότητας ενέργειας που τοποθετείται σε μια μηχανή με την μορφή καυσίμων, προσπαθειών κλπ. και την ποσότητα που προκύπτει από αυτήν με την μορφή κίνησης» (λεξικό Cambridge). Ο περιορισμός των απαιτήσεων παρακολούθησης μόνο στην κατανάλωση καυσίμων θα πληροί ένα μέρος της εξίσωσης (δηλαδή την ποσότητα ενέργειας που χρησιμοποιείται) δίχως να λαμβάνεται υπόψη η παραγωγή που παράγεται από την καύση, η οποία μπορεί να υπολογιστεί στην περίπτωση της ναυτιλίας από την άποψη της διανυθείσας απόστασης, της διαθέσιμης χωρητικότητας, του μεταφερόμενου φορτίου, της ταχύτητας του πλοίου κλπ. (Attah & Bucknall, 2015).

2.5 Σχεδιαστική και λειτουργική απόδοση

Υπάρχει μια σημαντική απόχρωση μεταξύ της απόδοσης του σχεδιασμού και της λειτουργικής απόδοσης, καθώς αυτές οι δύο προσεγγίσεις αναφέρονται σε διαφορετικές μετρήσεις. Η απόδοση του σχεδιασμού (γνωστή και ως τεχνική

απόδοση) βασίζεται στην τρέχουσα κατάσταση των μηχανών και του εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού του πλοίου, ενώ η λειτουργική απόδοση ποικίλλει ανάλογα με την πραγματική κατανάλωση καυσίμων υπό τις συνθήκες λειτουργίας και τις εργασίες μεταφοράς. Οι δύο προσεγγίσεις δεν αντικατοπτρίζουν μόνο τις μεθοδολογικές διαφορές στον υπολογισμό της αποδοτικότητας του πλοίου, αλλά αντιπροσωπεύουν επίσης θεμελιώδεις διαφορές σε ό,τι μετρείται (και στην συνέχεια συγκρίνεται).

Σχεδιαστική απόδοση - EEDI: Ο υπολογισμός του δείκτη EEDI αντικατοπτρίζει την θεωρητική απόδοση του σχεδιασμού ενός νέου πλοίου και παρέχει μια εκτίμηση των εκπομπών CO₂ ανά χωρητικότητα-μίλι (Duplex). Ο υπολογισμός του βασίζεται σε παραδοχές σχετικά με την ειδική κατανάλωση καυσίμων των μηχανών (σε g/kWh) σε σύγκριση με την ισχύ που έχει εγκατασταθεί στο πλοίο.

Ο πλήρης τύπος του EEDI (που περιγράφεται λεπτομερώς στο MEPC.1/Circ.681) περιλαμβάνει πολλές προσαρμογές και παράγοντες προσαρμοσμένους για συγκεκριμένες κατηγορίες πλοίων και εναλλακτικές διαμορφώσεις και συνθήκες λειτουργίας, αλλά εν συντομία ο τύπος μπορεί να συνοψιστεί όπως φαίνεται παρακάτω.

Για τα νέα πλοία, ο δείκτης EEDI αντιπροσωπεύει ένα μέτρο της αποδοτικότητας του σχεδιασμού του πλοίου, αλλά δεν δίνει καμία ένδειξη σχετικά με την λειτουργική αποδοτικότητά του. Από την άποψη αυτή, δύο αδελφά πλοία με τον ίδιο EEDI ενδέχεται να έχουν διαφορετικές εκπομπές ανάλογα με τον συντελεστή φορτίου, τις συνθήκες στην θάλασσα και τον τρόπο λειτουργίας του πλοίου. Ο δείκτης EEDI είναι ένας στατικός αριθμός, εκτός εάν το πλοίο υποστεί σημαντική μετατροπή:

EEDI = Εγκατεστημένη ισχύς • Ειδική κατανάλωση καυσίμων • Μετατροπή άνθρακα/Διαθέσιμη χωρητικότητα • Ταχύτητα

2.6 Δείκτης EEDI (ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX).

Στην 62η σύνοδο της MEPC (Ιούλιος 2011) ορίστηκε έγκριση τροποποίησης αναφορικά με το παράρτημα VI των κανονισμών σε σχέση με την πρόληψη της ρύπανσης του αέρα από τα πλοία. Οι εν λόγω καινοτομίες προσθέτουν ένα νέο κεφάλαιο (4) στο παράρτημα VI, που εμβαθύνει στην ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων ορίζοντας αυστηρότερες τιμολογήσεις στα νέα πλοία. (Poulsen, Ponte & Lister, 2016).

Αναφορικά με τον υπό μελέτη κανονισμό είναι σημαντικό τα καινούρια

πλοία να είναι 10 % με μεγαλύτερη απόδοση από το ξεκίνημα του 2015, 20 % από το 2020 και 30% από το 2025. Αν αυτές οι προσδοκίες γίνουν αληθινές

θα μειωθούν σύμφωνα με τα προσδοκώμενα 263 εκατομμύρια τόνοι (Mt) διοξειδίου του άνθρακα μέχρι και το 2030. Αν η εφαρμογή δείκτη EEDI θα σημειώσει άνοδο στα έξοδα αναφορικά με την σχεδίαση μετέπειτα γενιάς πλοίων θα αποσβεστούν κερδίζοντας μέχρι και 75 εκατ.

Ο δείκτης ενεργειακής σε σχέση με την ενέργεια (EEDI) αποτελεί δείκτη εκτίμησης το ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα που ένα πλοίο βγάζει κατά τις μεταφορές του. Το EEDI ενός πλοίου σημειώνεται και ως «attained EEDI»

Το πόρισμα είναι σκόπιμο να είναι υπό του κάτω ορίου του «required EEDI» όπως προβλέπεται από τη MARPOL. Με λίγα λόγια όσο πιο μικρή είναι η τιμή του δείκτη EEDI ,τόσο πιο αποδοτικό είναι το πλοίο.

Για τα υφιστάμενα πλοία, το EEDI στις πιο πολλές φορές δεν έχει εφαρμογή(1). Για τα νέα πλοία (2) θα πρέπει να προκληθεί ένας τεχνικός φάκελος προβάλλοντας το EEDI «attained EEDI» και τη φάση υπολογισμού του.

2.6.1 EEDI, ποιος είναι ο στόχος

Ο δείκτης εκπομπών CO₂ που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση του σχεδιασμού ενός σκάφους συγκρίνει τις θεωρητικές εκπομπές CO₂ και τις εργασίες μεταφοράς ενός σκάφους (gCO₂ / tnm). Ο στόχος είναι να σχεδιαστούν τα μελλοντικά πλοία με δείκτη σχεδιασμού που μειώθηκε σταδιακά κατά την περίοδο από το 2012 έως το 2018 σε ένα μέγιστο επίπεδο ίσο με το 70% σε σύγκριση με το δείκτη σχεδιασμού 100% που ισχύει για τα μέσου όρου σχεδιασμένα πλοία. Τον Αύγουστο του 2009, ο IMO δημοσίευσε κατευθυντήριες γραμμές για τον υπολογισμό και την επαλήθευση του EEDI. (Poulsen, Ponte & Lister, 2016).

Το EEDI εκφράζει τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη ναυτιλία, στο όφελος της κοινωνίας από την ναυτιλία. Ο τύπος EEDI λαμβάνει υπόψη ειδικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά και ανάγκες, συμπεριλαμβανομένης της αξιοποίησης της ανάκτησης ενέργειας, της χρήσης καυσίμων χαμηλών εκπομπών άνθρακα, των επιδόσεων των πλοίων σε κύματα και της ανάγκης για ενίσχυση των πάγων ορισμένων πλοίων. Ο χειρισμός ορισμένων χαρακτηριστικών του σχεδιασμού, όπως η ηλεκτρική πρόωση, υπόκειται ακόμη σε αξιολόγηση. Το EEDI έχει μια σταθερή τιμή που θα αλλάξει μόνο εάν αλλάξει ο σχεδιασμός.

Υπάρχουν ορισμένοι τύποι πλοίων όπου το EEDI, σε μονάδες ανά ναυτικό μίλι, μπορεί να θεωρείται λιγότερο σημαντικό ή σχετικό. Αυτό και η

πιθανή ανάγκη για ένα κατώτατο ελάχιστο όριο μεγέθους υποδηλώνουν ότι οι μονάδες στις οποίες μετριέται το EEDI ενδέχεται να χρειάζονται τροποποίηση προκειμένου να αντιμετωπιστούν ορισμένοι τύποι πλοίων και μεγέθη πλοίων και ότι ο EEDI ενδέχεται να μην είναι πρακτικά εφαρμόσιμος σε όλους τους τύπους πλοίων. Ωστόσο, τα μεγάλα φορτηγά πλοία μπορούν να καλυφθούν και τα πλοία αυτά αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό μερίδιο εκπομπών (Poulsen, Ponte & Lister, 2016). (Poulsen, Ponte & Lister, 2016).

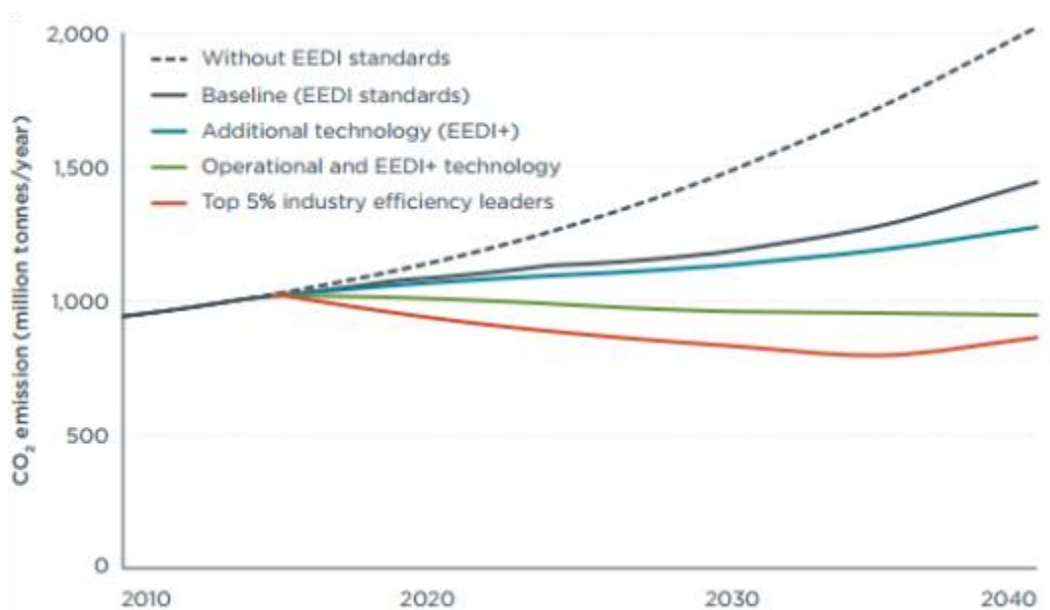
2.6.2 EEDI, Χρονοδιάγραμμα

Ο κανονισμός για τον EEDI θα απαιτήσει 10% έως το 2020 και κατά 30% θα είναι πιο αποδοτικό το 2025. Εάν υλοποιηθεί σύμφωνα με το εν λόγω χρονοδιάγραμμα, η ICCT προβλέπει ότι μέχρι το 2030 θα μειωθούν μέχρι 263 εκατομμύρια τόνοι (Mt) CO₂. Ενώ ο EEDI θα προσθέσει κεφάλαιο στα έξοδα που σχετίζονται με τα σχέδια και την τεχνολογία των πλοίων της επόμενης γενιάς.

Το κόστος αυτό αντισταθμίζεται περισσότερο από τις προβλεπόμενες εξοικονομήσεις μέχρι 75 Mt και 52 δισεκατομμύρια δολάρια καυσίμων ετησίως.

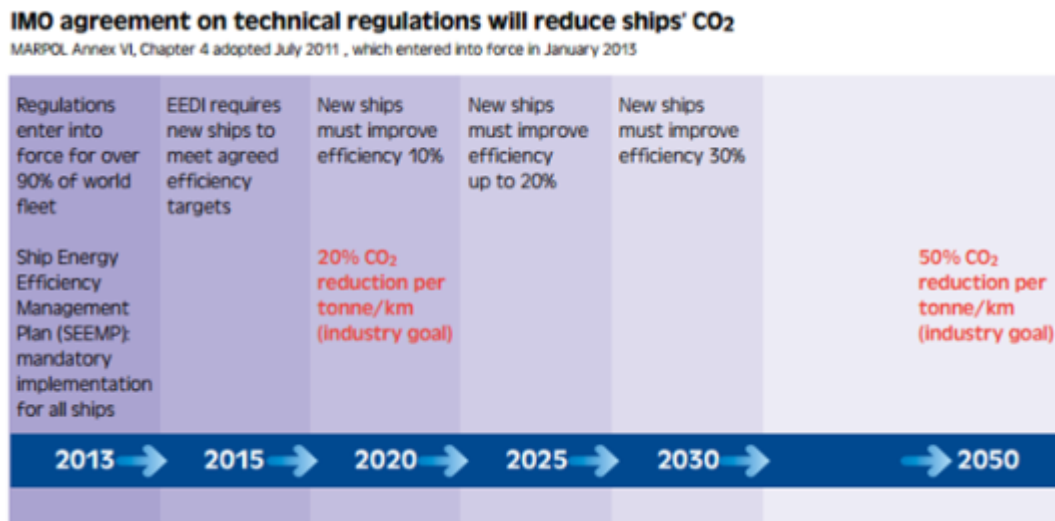
Ο EEDI εκτιμά τις εκπομπές CO₂ του πλοίου ανά τόνο μιλίων των εμπορευμάτων που μεταφέρονται σε σχέση με τον μέσο όρο αναφοράς παρόμοιων πλοίων. Η πλήρης εξίσωση περιλαμβάνει αρκετούς συντελεστές προσαρμογής και προσαρμογής για συγκεκριμένες κατηγορίες σκαφών και εναλλακτικές διαμορφώσεις και συνθήκες λειτουργίας. (Bellassen et al., 2015).

Ο δείκτης EEDI έχει δημιουργηθεί για τα πιο μεγάλα πλοία με στόχο να ενσωματώσει το 72% των εκπομπών των νέων πλοίων που εμπεριέχουν τύπους όπως : πετρελαιοφόρα, πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου, κ ψυγεία κα.



Διάγραμμα 1: Πρόβλεψη εξέλιξης εκπομπών CO₂ με βάση τη χρήση

τεχνολογιών και πρακτικών για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων.
 Πηγή: Long-term potential for increased shipping efficiency through the adoption of industry-leading practices. Authors: Haifeng Wang and Nic Lutsey (ICCT).



Ποσοστά μείωσης του δείκτη EEDI με την πάροδο του χρόνου.

Πηγή: <http://www.ics-shipping.org/shipping-facts/environmental-performance/imo-agreement-on-technical-regulations-to-reduce-ships'-co2>

2.6.3 Εφαρμογή

Ο κανονισμός καθορίζει τη μεθοδολογία υπολογισμού του απαιτούμενου EEDI και όλων των σχετικών λεπτομερειών. Ο απαιτούμενος EEDI είναι το ρυθμιστικό όριο για τον EEDI και ο υπολογισμός του προϋποθέτει τη χρήση «γραμμών αναφοράς» και «συντελεστών μείωσης». Οι βασικές έννοιες που περιλαμβάνονται στον παρόντα κανονισμό είναι οι εξής:

- Γραμμή αναφοράς: Ένας EEDI βάσης για κάθε τύπο πλοίου, που αντιπροσωπεύει το EEDI αναφοράς ως συνάρτηση του μεγέθους του πλοίου.
- Συντελεστής μείωσης: Αυτό αντιπροσωπεύει τις εκατοστιαίες μονάδες για τη μείωση του EEDI σε σχέση με τη γραμμή αναφοράς, όπως ορίζεται από τον κανονισμό για τα επόμενα έτη. Αυτός ο παράγοντας χρησιμοποιείται για τη σύσφιξη των κανονισμών EEDI σε φάσεις με την πάροδο του χρόνου αυξάνοντας την αξία του. Επίπεδα αποκοπής: Τα σκάφη μικρότερου μεγέθους εξαιρούνται από την ύπαρξη εξουσιοδοτημένου EEDI για ορισμένους τεχνικούς λόγους. Έτσι, το κανονιστικό κείμενο καθορίζει τα όρια μεγέθους. Αυτό το όριο μεγέθους αναφέρεται ως επίπεδα αποκοπής.

• Φάσεις υλοποίησης: το EEDI θα εφαρμοστεί σε φάσεις. Επί του παρόντος, είναι στη φάση 1 που εκτείνεται από το έτος 2015 έως το 2019. Το Phase 2 θα διαρκέσει από το έτος 2020 έως το 2024 και η φάση 3 θα είναι από το έτος 2025 και μετά (Stevens et al., 2015).



Πηγή: <http://www.mandieselturbo.us.com/files/news/files7791/EEDI.pdf>

2.6.4 Πιστοποίηση

Κάθε πλοίο άνω από 400 κόρους που πραγματοποιεί διεθνείς διαδρομές, θα είναι σκόπιμο να λαμβάνει πιστοποιητικό (IEE/International Energy Efficiency Certificate). Οι επιμελητές των πλοίων θα μπορούν σκόπιμα να επαληθεύσουν ότι το συγκεκριμένο πιστοποιητικό (IEE Certificate) διατίθεται κατά την πρώτη ενδιάμεση επιθεώρηση σύμφωνα με τα προβλεπόμενα (Bellassen et al., 2015).

2.6.5 Δομή του δείκτη EEDI

2.6.5.1 Δείκτης Σχεδιασμού Επιτευχθείσας Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI ATTAINED).

Ο δείκτης EEDI προσφέρει μια καθορισμένη τιμή για κάθε μοναδικό σχεδιασμό πλοίου, που αναφέρεται σε γραμμάρια CO₂ ανά τόνο-μίλια (g-CO₂/ton-mile).

Η εξίσωση δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

Main engine(s)	Aux. engine(s)	Energy saving tech. for auxiliary power	Energy saving tech. for main power
----------------	----------------	---	------------------------------------

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + \left(P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE} \right) + \left[\left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPE} P_{PE(i)} - \sum_{i=1}^{nEFF} f_{eff(i)} \cdot P_{AEeff(i)} \right) \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE} \right] - \left(\sum_{i=1}^{nEFF} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

Ο οποίος είναι δυνατόν να παρουσιαστεί σε πιο απλή μορφή:

$$EEDI = \frac{CO_2 \text{ Emission}}{\text{Transportwork}}$$

$$= \frac{\text{Power} \cdot \text{Specific fuel consumption} \cdot CO_2 \text{ conversion factor}}{\text{Capacity} \cdot \text{Speed}}$$

$$= \frac{\text{Emission from Main Engine} + \text{Emission from Auxiliary engine} + \text{Emission for Running shaft motor} - \text{Efficient Tech. Reduction}}{\text{Capacity} \cdot \text{Reference Speed}}$$

Όπου:

C_f είναι ένας παράγοντας μετατροπής, που εκφράζει τη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών του CO₂. (Bellassen et al., 2015). Οι τιμές του συντελεστή C_f εκφράζονται στον κάτωθι πίνακα:

Πίνακας 1: τιμές C_f ανά κατηγορία καυσίμου.

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 Butane	0.8182	3.000
	Butane	0.8264	3.030
5 Liquefied Natural Gas	(LNG)	0.7500	2.750

Πηγή: [http://www.imo.org/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Documents/MEPC%20-%20Marine%20Environment%20Protection/212\(63\).pdf](http://www.imo.org/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Documents/MEPC%20-%20Marine%20Environment%20Protection/212(63).pdf)

V_{ref} είναι η ταχύτητα του πλοίου, μετρούμενη σε ναυτικά μίλια ανά ώρα (κόμβος), σε βαθιά νερά στην κατάσταση που αντιστοιχεί στην ικανότητα όπως ορίζεται στις παραγράφους 2.3.1 και 2.3.3 της συνθήκης (στην περίπτωση επιβατηγών πλοίων και κρουαζιερόπλοιων, αυτή η συνθήκη (Stevens et al., 2015) θα πρέπει να είναι φορτίο όπως προβλέπεται στην παράγραφο 2.4) στην ισχύ του κινητήρα όπως ορίζεται στην παράγραφο 2.5 και υποθέτοντας ότι ο καιρός είναι ήρεμος χωρίς ανέμους και χωρίς κύματα.

Οι μεταφορές χύδην στον κόσμο έχουν φθάσει σε τεράστιες διαστάσεις: το 2005, 1,7 δισεκατομμύρια τόνοι άνθρακα, σιδηρομεταλλεύματος, σιτηρά, βωξίτης και φωσφορικά μεταφέρθηκαν με πλοίο. Σήμερα, ο στόλος του παγκόσμιου φορτίου χύδην περιλαμβάνει 6.225 πλοία άνω των 10.000 DWT και αντιπροσωπεύει το 40% όλων των πλοίων όσον αφορά τη χωρητικότητα και το 39.4% όσον αφορά τα πλοία.

Συμπεριλαμβανομένων των μικρότερων πλοίων, τα πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην έχουν συνολική χωρητικότητα περίπου 346 εκατομμυρίων DWT. Οι συνδυασμένοι μεταφορείς είναι ένα πολύ μικρό τμήμα του στόλου, που αντιπροσωπεύει λιγότερο από το 3% αυτής της ικανότητας. Τα φορτηγά πλοία συνολικού ύψους 3,2 εκατομμυρίων DWT, παρά το γεγονός ότι σχηματίζουν ένα μικρό κλάσμα του συνολικού στόλου κατά ποσότητα και λειτουργούν μόνο 10 μήνες το χρόνο, έφεραν το ένα δέκατο του χύδην φορτίου παγκόσμια λόγω της μικρής απόστασης. Περίπου το 41% όλων των πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην ήταν ηλικίας κάτω των δέκα ετών, το 33% ήταν άνω των είκοσι ετών και το υπόλοιπο 26% ήταν μεταξύ δέκα και είκοσι ετών. Όλα τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου που είναι εγγεγραμμένα στο εμπόριο των Μεγάλων Λιμνών είναι άνω των 20 ετών και η παλαιότερη ακόμη ιστιοπλοΐα το 2009 ήταν 106 ετών

1. $PME(i)$ είναι η εγκατεστημένη ισχύς (MCR) για κάθε κύρια μηχανή (i).
2. $PPTO(i)$ (Γεννήτρια άξονα/ Shaft generator) .
3. $PPTI(i)$ (βοηθητικός κινητήρας / Shaft motor)

Εφόσον υπάρχει βοηθητικός κινητήρας με ισχύ στον κεντρικό άξονα του πλοίου, τότε η τιμή του $PPTI(i)$ είναι το 75% της ονομαστικής ισχύος κάθε κινητήρα διαιρεμένο με το βαθμό απόδοσης της γεννήτριας.

4. $P_{eff}(i)$ αφορά την απόδοση από τη χρήση μίας ενεργειακής, τεχνολογίας.
5. $PAE_{eff}(i)$ Είναι η ελάττωση της βοηθητικής ισχύος που υπολογίζεται σε $PME(i)$.
6. PAE Είναι η απαιτούμενη βοηθητική ισχύς, που προκύπτει από τον βοηθητικό κινητήρα. (Bellassen et al., 2015).

f_J (αδιάστατος διορθωτικός συντελεστής για λογαριασμό πλοίου ειδικού σχεδιασμού).

Πίνακας 2 : Διορθωτικός συντελεστής ισχύος f_i για πλοία κλάσης πάγου.

Ship type	f_{i0}	$f_{i,max}$ depending on the ice class			
		IA Super	IA	IB	IC
Tanker	$\frac{0.00138 \cdot L_{PP}^{3.331}}{capacity}$	$210 L_{PP}^{-0.11}$	$171 L_{PP}^{-0.08}$	$147 L_{PP}^{-0.06}$	$127 L_{PP}^{-0.04}$
Bulk carrier	$\frac{0.00403 \cdot L_{PP}^{3.123}}{capacity}$	$210 L_{PP}^{-0.11}$	$180 L_{PP}^{-0.09}$	$154 L_{PP}^{-0.07}$	$131 L_{PP}^{-0.05}$
General cargo ship	$\frac{0.0377 \cdot L_{PP}^{2.625}}{capacity}$	$218 L_{PP}^{-0.11}$	$177 L_{PP}^{-0.08}$	$151 L_{PP}^{-0.06}$	$128 L_{PP}^{-0.04}$
Containership	$\frac{0.1033 \cdot L_{PP}^{2.329}}{capacity}$	$210 L_{PP}^{-0.11}$	$171 L_{PP}^{-0.08}$	$147 L_{PP}^{-0.06}$	$127 L_{PP}^{-0.04}$
Gas carrier	$\frac{0.0474 \cdot L_{PP}^{2.590}}{capacity}$	125	$210 L_{PP}^{-0.12}$	$160 L_{PP}^{-0.08}$	$125 L_{PP}^{-0.04}$

Πηγή: <http://www.imo.org/MediaCentre/HotTopics/GHG/Documents/eedi%20amendments%20RESOLUTION%20MEPC203%2062.pdf> (resolution Mepc.203 (62) 15/07/2011)

Για τα πλοία άλλου τύπου ο f_j θα είναι σκόπιμο να παίρνει την τιμή $f_j = 1.0$ f_w είναι ένας συντελεστής ο οποίος δείχνει την μείωση της ταχύτητας σε αντιπροσωπευτικές θαλάσσιες συνθήκες.

$f_{eff}(i)$ είναι ο συντελεστής ενεργειακής αποδοτικότητας.

f_i είναι ο συντελεστής χωρητικότητας για κάθε τεχνικό περιορισμό όσον αφορά τη χωρητικότητα

Πίνακας 3: f_{j0} και $f_{j,min}$ για τα πλοία κλάσης πάγου.

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

Πηγή: <http://www.imo.org/MediaCentre/HotTopics/GHG/Documents/eedi%20amendments%20RESOLUTION%20MEPC203%2062.pdf> (resolution Mepc.203 (62) 15/07/2011)

f_iVSE είναι ο συντελεστής για πλοία με συγκεκριμένη εθελοντική ενίσχυση και εκφράζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$f_iVSE = \frac{DWT_{reference\ design}}{DWT_{enhanced\ design}}$$

Όπου :

$$DWT_{reference\ design} = \Delta_{ship-lightweight\ reference\ design}$$

$$DWT_{reference\ design} = \Delta_{ship-lightweight\ enhanced\ design}$$

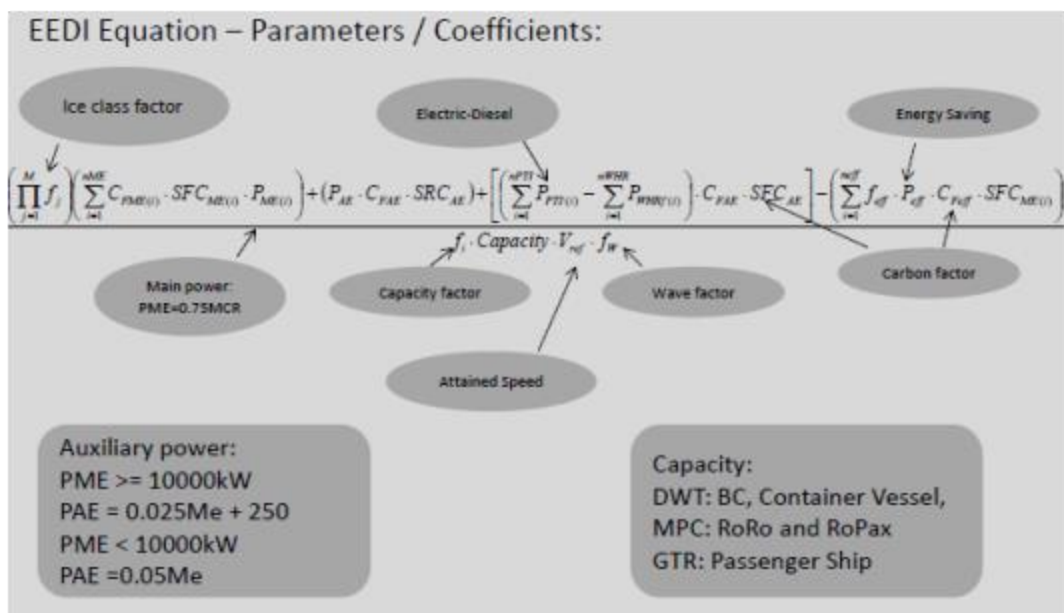
Για τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου και για τα πετρελαιοφόρα με κατασκευαστικό κανόνα (CSR, Common Structural Rules) των νηογνομόνων, θα είναι σκόπιμο να είναι σε ισχύ ο παρακάτω συντελεστής διόρθωσης χωρητικότητας :

$$f_iCSR = 1 + (0.08 \cdot LWTCSR / DWTCSR)$$

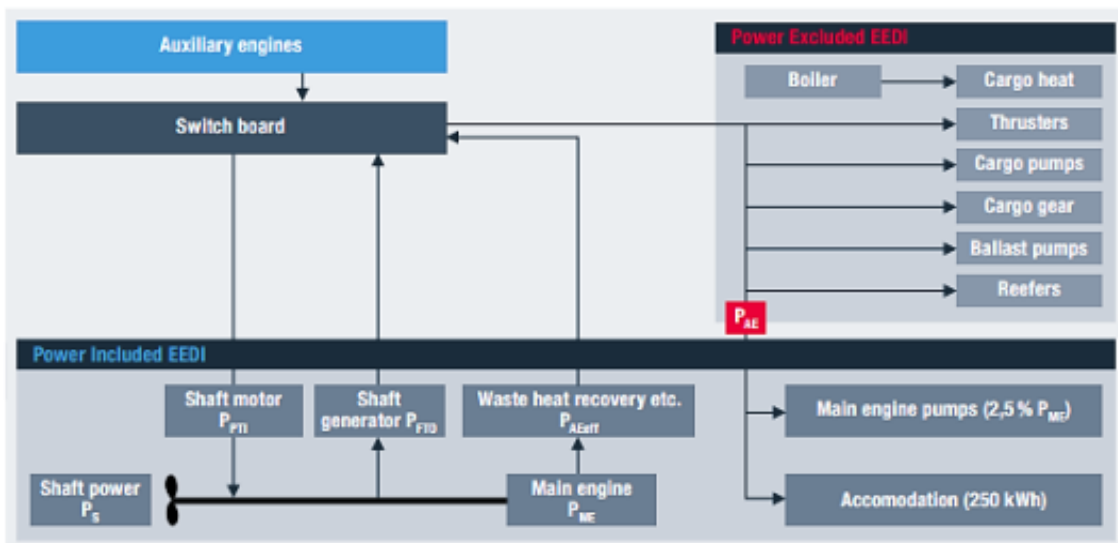
Όπου, $DWTCSR$ ορίζεται το Deadweight (DWT) και $LWTCSR$ το lightweight (LWT) του πλοίου .

Για κάθε άλλο τύπο πλοίων το f_i θα είναι σκόπιμο να παίρνει την τιμή $f_i = 1.0$ f_c είναι ο συντελεστής χωρητικότητας (σε κυβικά) όπου θα είναι σκόπιμο να παίρνει την τιμή $f_c = 1.0$ όταν η αναγκαιότητά του ως παράγοντα δεν είναι δεδομένη και LPP (Μήκος μεταξύ καθέτων).

Εξίσωση (EEDI) – παράμετροι και συντελεστές



Πηγή: Alpha Marine Services Ltd. – Ship Energy Efficiency Management.



Πηγή: <http://www.mandieselturbo.us.com/files/news/files0f7791/EEDI.pdf>

2.6.5.2 Δείκτης Σχεδιασμού Απαιτούμενης Ενεργειακής Απόδοσης (REQUIRED EEDI)

Αναφορικά με το Παράρτημα VI της MARPOL, κεφάλαιο 4, κανονισμός 21, ως Δείκτης Σχεδιασμού Απαιτούμενης Ενεργειακής Απόδοσης (required EEDI) ορίζεται (Stevens et al., 2015):

$$\text{Attained EEDI} \leq \text{Required EEDI} = (1-x/100) \times \text{τιμή της γραμμής αναφοράς}$$

Όπου X είναι ο συντελεστής μείωσης ο οποίος καθορίζεται στον παρακάτω πίνακα για το απαιτούμενο EEDI σε σχέση με τη γραμμή αναφοράς EEDI.

Πίνακας 4: Συντελεστές μείωσης (σε ποσοστό) για το απαιτούμενο EEDI σε σχέση με την γραμμή αναφοράς EEDI.

Ship Type	Size	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 Carrier	20.000 DWT and above	0	10	20	30
	10.000 - 20.000 DWT	n/a	0-10	0-20	0-30
Gas Carrier	10.000 DWT and above	0	10	20	30
	2.000 - 10.000 DWT	n/a	0-10	0-20	0-30
Tanker	20.000 DWT and above	0	10	20	30
	4.000 - 20.000 DWT	n/a	0-10	0-20	0-30
Container Ships	15.000 DWT and above	0	10	20	30
	10.000 - 15.000 DWT	n/a	0-10	0-20	0-30
General Cargo Ships	15.000 DWT and above	0	10	15	30
	3.000 - 15.000 DWT	n/a	0-10	0-15	0-30
Refrigerate d Cargo carrier	5.000 DWT and above	0	10	15	30
	3.000 - 5.000 DWT	n/a	0-10	0-15	0-30
Combinatio n carrier	20.000 DWT and above	0	10	20	30
	4.000 -20.000 DWT	n/a	0-10	0-20	0-30

Πηγή:<http://www.imo.org/MediaCentre/HotTopics/GHG/Documents/eedi%20amendments%20RESOLUTION%20MEPC203%2062.pdf> (resolution Mepc.203 (62) 15/07/2011)

2.6.5.3 Υπολογισμός της τιμής του δείκτη EEDI

Για να υπολογιστεί η γραμμής αναφοράς, η τιμή του δείκτη για κάθε τύπο πλοίου, υπολογίζεται ως εξής:

1. Ο συντελεστής εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα είναι σταθερός για κάθε κινητήρα CF , $ME = CF$, $AE = CF = 3.1144G-CO_2/g-fuel$
2. Η ειδική κατανάλωση καυσίμου (SFC) για τους τύπους πλοίων είναι σταθερή για όλες τις κύριες μηχανές $SFC_{ME} = 190 g/k Wh$.
3. $PME(i)$ είναι το 75% της συνολικής εγκατεστημένης κύριας ισχύς ($MCRE(i)$)
4. Η κατανάλωση καυσίμου (SFC) για όλους τους τύπους πλοίων είναι

σταθερή για όλες τις βοηθητικές μηχανές $SFC_{AE} = 215 g/k Wh$

5. Δεν χρησιμοποιείται κανένας διορθωτικός συντελεστής.
6. Δεν χρησιμοποιείται καμία καινοτόμος ενεργειακά αποδοτική τεχνολογία
 $PAE_{eff}=0, PPTI=0, P_{eff}=0$

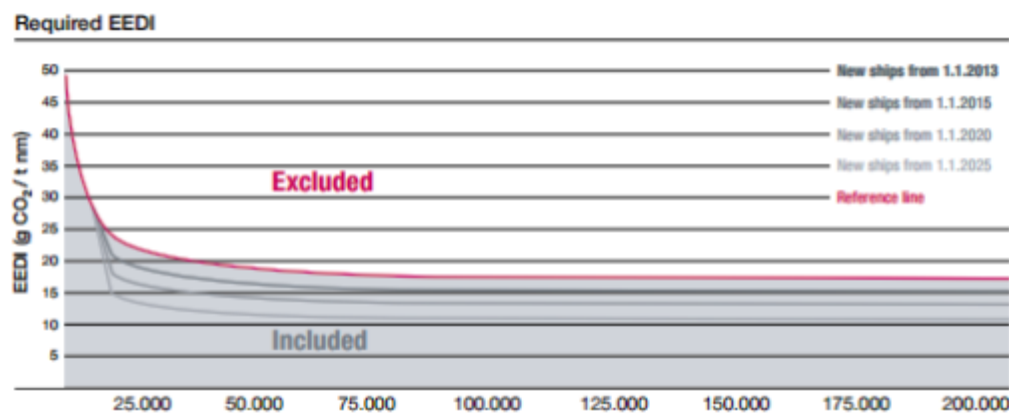
Η εξίσωση για τον υπολογισμό της εκτιμώμενης τιμής του δείκτη για εκάστοτε πλοίο έχει ως εξής (Bellassen et al., 2015):

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

2.6.5.4 Υπολογισμός των παραμέτρων της γραμμής αναφοράς "A" και "C".

Για κάθε τύπο πλοίων που ισχύουν οι κατευθυντήριες γραμμές, οι παράμετροι "a" και "c" προσδιορίζονται από την ανάλυση της παλινδρόμησης εκφράζοντας σε χ-ψ γράφημα τις υπολογισμένες τιμές του δείκτη (g-CO₂/ton-mile) σε σχέση με τη χωρητικότητα του πλοίου DWT, ανά τύπο.

Διάγραμμα 2: Γραμμή αναφοράς απαιτούμενου EEDI



Πηγή: http://www.iacs.org.uk/document/public/Publications/Procedural_requirements/PDF/PR_38_pdf2107.pdf

2.6.6 Συνοπτική περιγραφή του Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας (EEDI)

Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 2.1, το EEDI μπορεί να περιγραφεί ως εξής (Psaraftis and Kontovas, 2010):

$$EEDI = \frac{CO\ Emission}{Transport\ work}$$

EEDI περιέχει διαφορετικές σταθερές και συντελεστές. Ο ορισμός και η σημασία αυτών είναι σκόπιμο να γίνουν κατανοητά με σαφήνεια πριν εφαρμοστούν.

Οι τιμές των συντελεστών μετατροπής C_F , παρατίθενται στον πίνακα 3-6.

Πίνακας 5: Τιμές CF για διαφορετικούς τύπους καυσίμων.

Τύπος καυσίμου	Παραπομπή	Περιεκτικότητα σε άνθρακα	CF (t-CO ₂ /t-fuel)
Πετρέλαιο ντίζελ / φυσικό αέριο	ISO 8217 Βαθμοί DMX - DMC	0.875	3.206
Ελαφρύ μαζούτ (LFO)	ISO 8217 Βαθμοί RMA - RMD	0.86	3.15104
Βαρύ μαζούτ (HFO)	ISO 8217 Βαθμοί RME - RMK	0.85	3.1144
Υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG)	Προπάνιο	0.819	3.0
	Βουτάνιο	0.827	3.03
Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (ΥΦΑ)		0.75	2.75

Το V_{ref} είναι η ταχύτητα του πλοίου, μετρούμενη σε ναυτικά μίλια ανά ώρα (κόμβος), σε βαθιά νερά στη μέγιστη κατάσταση σχεδιασμού φορτίου (χωρητικότητα) (όπως ορίζεται στο σημείο 3) τη δύναμη άξονα του κινητήρα(-ων) (όπως ορίζεται στο σημείο 5) και υποθέτοντας ότι ο καιρός είναι ήρεμος δίχως ανέμους και δίχως κύματα. Η μέγιστη κατάσταση σχεδιασμού φορτίου ορίζεται από το βύθισμα μέγιστης φόρτωσης με την σχετική διαγωγή του πλοίου, στο οποίο επιτρέπεται να λειτουργήσει το πλοίο. Η προϋπόθεση αυτή προκύπτει από το βιβλιάριο σταθερότητας που εγκρίνεται από την διοίκηση (Devanney, 2011).

Η χωρητικότητα ορίζεται ως εξής:

- Για πλοία μεταφοράς ξηρού φορτίου, πετρελαιοφόρα, πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου, πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, πλοία ro-ro και πλοία γενικού φορτίου, το νεκρό βάρος είναι σκόπιμο να χρησιμοποιείται ως χωρητικότητα.
- Για τα επιβατηγά πλοία και τα επιβατηγά οχηματαγωγά πλοία, η ολική χωρητικότητα σύμφωνα με την διεθνή σύμβαση για τον υπολογισμό της χωρητικότητας πλοίων του 1969, Παράρτημα I, Κανονισμός 3 είναι σκόπιμο να χρησιμοποιείται ως χωρητικότητα.
- Για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, η παράμετρος της χωρητικότητας είναι σκόπιμο να καθορίζεται στο 70% του νεκρού βάρους.

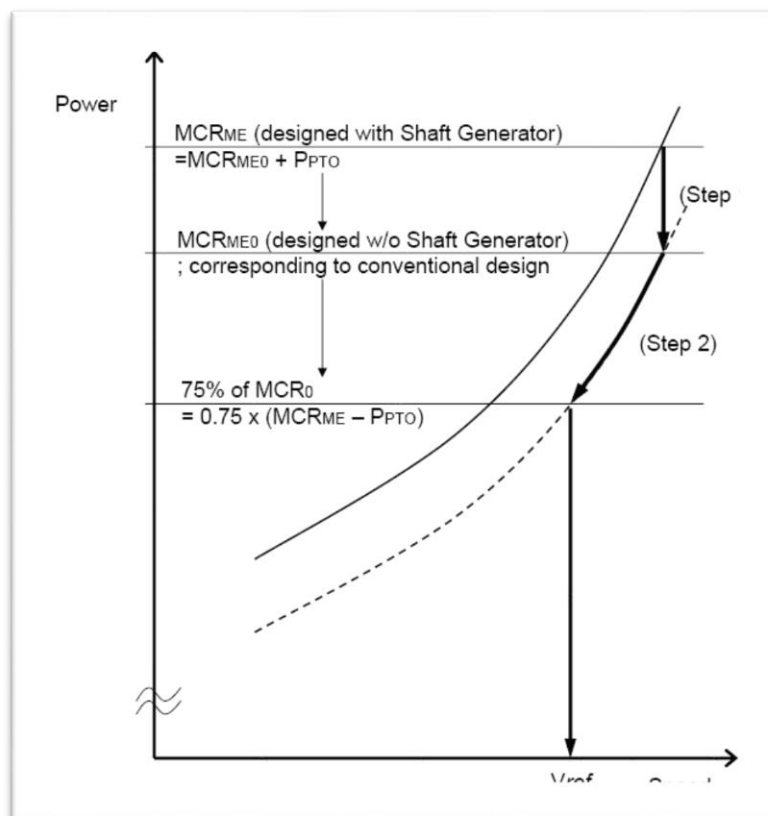
Ως νεκρό βάρος νοείται η διαφορά σε τόνους μεταξύ της μετατόπισης ενός πλοίου σε νερό σχετικής πυκνότητας 1,025 kg/m³ στο βαθύτερο λειτουργικό βύθισμα και το απόβαρο του πλοίου .

Το P είναι η δύναμη των κύριων και βοηθητικών κινητήρων, μετρούμενο σε kW. Οι δείκτες ME και AE αναφέρονται στον κύριο και βοηθητικό κινητήρα, αντίστοιχα. Η άθροιση στο i είναι για όλους τους κινητήρες με τον αριθμό των κινητήρων (nME).

Το $P_{ME(i)}$ είναι το 75% της ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος (MCR) για κάθε κύριο κινητήρα (i) μετά από αφαίρεση κάθε εγκατεστημένης γεννήτριας(-ών) άξονα:

$$P_{ME(i)} = 0.75 \times (MCR_{MEi} - P_{PTO(i)})$$

Το ακόλουθο Σχήμα 3-1 παρέχει καθοδήγηση για τον προσδιορισμό του $P_{ME(i)}$



Σχήμα 1: Υπολογισμός του PME, όπως περιγράφεται στην εγκύκλιο 681 του IMO.

ff is a correction factor to account for ship specific design elements. For ice-classed ships are determined by the standard ff in Table 2. For other ship types, ff should be taken as 1.0.

Το $P_{PTO(i)}$ είναι το 75% της παραγωγής κάθε εγκατεστημένης γεννήτριας άξονα διαιρούμενο με την σχετική απόδοση αυτής της γεννήτριας άξονα.

Το P_{PTO} είναι το 75% της ονομαστικής κατανάλωσης ισχύος κάθε κινητήρα

άξονα διαιρούμενο με την σταθμισμένη μέση απόδοση της γεννήτριας. Σε περίπτωση συνδυασμού *PTI/PTO*, ο κανονικός τρόπος λειτουργίας στην θάλασσα θα καθορίσει ποια από αυτά θα είναι χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό.

Το P_{eff} είναι το 75% της μείωσης της ισχύος του κύριου κινητήρα χάρη στην καινοτόμο αποδοτική τεχνολογία μηχανικής ενέργειας. Η μηχανική ανακτώμενη απορριπτά ενέργεια που συνδέεται απευθείας με τους άξονες δεν χρειάζεται να μετρηθεί.

Το $P_{AE(eff)}$ είναι η βοηθητική μείωση ισχύος λόγω καινοτόμου τεχνολογίας ενεργειακής απόδοσης που μετράται στο $P_{ME(i)}$.

Το P_{AE} είναι η απαιτούμενη βοηθητική ισχύς κινητήρα για την παροχή κανονικού μέγιστου φορτίου θαλάσσης, συμπεριλαμβανομένης της αναγκαίας ισχύος για μηχανές/συστήματα πρόωσης και χώρους διαμονής, π.χ. κεντρικές αντλίες κινητήρων, συστήματα πλοήγησης και εξοπλισμό και καταλυμάτων επί του πλοίου, εξαιρουμένης όμως της ισχύος που δεν προορίζεται για μηχανές/συστήματα πρόωσης, π.χ. προωθητήρες, αντλίες φορτίου, εργαλεία φορτίου, αντλίες έρματος, διατήρηση φορτίου, π.χ. ανεμιστήρες ψυγείων και αμπαριών, στην περίπτωση όπου το πλοίο πραγματοποίησε ταξίδι με ταχύτητα (V_{ref}) υπό τις συνθήκες σχεδιασμού φόρτωσης της χωρητικότητας (Attah and Bucknall, 2015).

Για φορτηγά πλοία με κύρια ισχύ κινητήρα 10000 kW ή παραπάνω, το P_{AE} προσδιορίζεται ως εξής:

$$P_{AE(MCRME_{10000} kW)} = \left(0.025 * \sum_{i=1}^{nME} MCR_{MEi} \right) + 250$$

Για τα φορτηγά καράβια με κύρια ισχύ κινητήρα κάτω των 10000 kW, το P_{AE} προσδιορίζεται ως εξής:

$$P_{AE(MCRME_{10000kW})} = 0.05 * \sum_{i=1}^{nME} MCR_{MEi}$$

Για τους τύπους πλοίων όπου η τιμή P_{AE} που υπολογίζεται από τις δύο παραπάνω εξισώσεις διαφέρει σημαντικά από την συνολική ισχύ που χρησιμοποιείται σε κανονικές συνθήκες ναυσιπλοΐας, π.χ. σε περιπτώσεις επιβατηγών πλοίων, η τιμή P_{AE} είναι σκόπιμο να υπολογίζεται από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (εκτός από την πρόωση) όταν το πλοίο συμμετέχει σε ένα ταξίδι με ταχύτητα αναφοράς (V_{ref}) όπως αναφέρεται στον πίνακα ηλεκτρικής ενέργειας, διαιρούμενο με την σταθμισμένη μέση απόδοση της γεννήτριας(-ών). Η V_{ref} , η χωρητικότητα και το P θα είναι σκόπιμο να είναι συνεπείς μεταξύ τους.

Το *SFC* είναι η πιστοποιημένη ειδική κατανάλωση καυσίμων των

κινητήρων μετρούμενη σε g/kWh. Οι δείκτες $ME(i)$ και $AE(i)$ αναφέρονται στους κύριους και βοηθητικούς κινητήρες αντίστοιχα. Για κινητήρες που είναι πιστοποιημένοι σύμφωνα με τους κύκλους λειτουργίας E2 ή E3 του τεχνικού κώδικα NO. 2008, η ειδική κατανάλωση καυσίμου κινητήρα ($SFC_{ME(i)}$) είναι εκείνη που καταγράφεται στο πιστοποιητικό EIAPP στο 75% της ισχύος MCR ή της βαθμολογίας ροπής του κινητήρα. Για κινητήρες που είναι πιστοποιημένοι σύμφωνα με τους κύκλους λειτουργίας D2 ή C1 του τεχνικού κώδικα NO. 2008, η ειδική κατανάλωση καυσίμων κινητήρα ($SFC_{AE(i)}$) είναι εκείνη που καταγράφεται στο πιστοποιητικό EIAPP στο 50% της ισχύος MCR ή της βαθμολογίας ροπής του κινητήρα.

Για πλοία όπου η τιμή P_{AE} που υπολογίζεται στα σημεία 2.6.6 διαφέρει σημαντικά από την συνολική ισχύ που χρησιμοποιείται στην κανονική ναυσιπλοΐα, π.χ. συμβατικά επιβατηγά πλοία, η ειδική κατανάλωση καυσίμου ($SFCAE$) των βοηθητικών γεννητριών είναι αυτή που καταγράφεται στο πιστοποιητικό EIAPP για τον κινητήρα στο 75% της ισχύος P_{AE} MCR της βαθμολογίας ροπής του. Το SFC_{AE} είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος μεταξύ των τιμών $SFC_{AE(i)}$ των αντίστοιχων κινητήρων i .

Για τους κινητήρες εκείνους που δεν διαθέτουν πιστοποιητικό EIAPP επειδή η ισχύς τους είναι κάτω από 130 kW, θα είναι σκόπιμο να χρησιμοποιείται το SFC που καθορίζεται από τον κατασκευαστή και εγκρίνεται από την αρμόδια αρχή (Agnolucci, Smith and Rehmatulla, 2014).

Το ff είναι ένας συντελεστής διόρθωσης για την κατανομή στοιχείων σχεδιασμού του πλοίου. Τα πλοία τύπου ice-class καθορίζονται από το πρότυπο ff του Πίνακα 3-7. Για άλλους τύπους πλοίων, το ff είναι σκόπιμο να λαμβάνεται ως 1.0.

Πίνακας 6. Συντελεστής διόρθωσης για την ισχύ ff για πλοία τύπου ice-class

Τύπος καραβιού	ff	Όρια ανάλογα με το ice-class			
		IC	IB	IA	IA Super
Δεξαμενόπλοιο		{max 1.0 min 0.72 }	{max 1.0 min 0.61 }	{max 1.0 min 0.5 }	{max 1.0 min 0.4 }
Καράβι μεταφοράς ξηρού φορτίου		{max 1.0 min 0.89 }	{max 1.0 min 0.78 }	{max 1.0 min 0.68 }	{max 1.0 min 0.58 }
Καράβι μεταφοράς γενικού φορτίου		{max 1.0 min 0.85 }	{max 1.0 min 0.7 }	{max 1.0 min 0.54 }	{max 1.0 min 0.39 }

Το f_w είναι ένας μη διαστατικός συντελεστής ο οποίος υποδεικνύει την μείωση της ταχύτητας σε αντιπροσωπευτικές θαλάσσιες συνθήκες του ύψους του κύματος, της συχνότητας του κύματος και της ταχύτητας του ανέμου (π.χ. 6 σε κλίμακα Μποφόρ) και θα είναι σκόπιμο να προσδιορίζεται ως εξής:

Μπορεί να προσδιοριστεί με την διεξαγωγή της ειδικής προσομοίωσης της απόδοσης του πλοίου σε αντιπροσωπευτικές θαλάσσιες συνθήκες. Η μεθοδολογία προσομοίωσης θα είναι σκόπιμο να περιγράφεται στις κατευθυντήριες γραμμές που έχει εκπονήσει ο οργανισμός και η μέθοδος και τα αποτελέσματα για ένα μεμονωμένο πλοίο θα επαληθεύονται από την διοίκηση ή από αναγνωρισμένο από την διοίκηση οργανισμό (Johnson, Johansson and Andersson, 2014).

Σε περίπτωση που η προσομοίωση δεν διεξαχθεί, το f_w είναι σκόπιμο να ληφθεί από τον πίνακα/καμπύλη «Standard f_w ». Ένας πίνακας/καμπύλη «Standard f_w », ο οποίος είναι σκόπιμο να περιέχεται στις κατευθυντήριες γραμμές, δίδεται από τον τύπο του πλοίου (το ίδιο πλοίο με την «βασική γραμμή» παρακάτω) και εκφράζεται σε συνάρτηση με την παράμετρο της χωρητικότητας (π.χ. DWT). Ο πίνακας/καμπύλη «Standard f_w » καθορίζεται με συντηρητική προσέγγιση, δηλαδή βάσει δεδομένων πραγματικής μείωσης της ταχύτητας σε όσο το δυνατόν περισσότερα υφιστάμενα πλοία υπό αντιπροσωπευτικές θαλάσσιες συνθήκες.

Το f_w θα είναι σκόπιμο να λαμβάνεται ως ένα (1.0) έως ότου καταστούν διαθέσιμες οι κατευθυντήριες γραμμές για την προσομοίωση του πλοίου ή υπάρξει διαθέσιμος ο πίνακας/καμπύλη f_w .

Το $f_{\text{επι}}$ είναι ο συντελεστής διαθεσιμότητας κάθε καινοτόμου τεχνολογίας ενεργειακής απόδοσης. Το $f_{\text{επι}}$ για το σύστημα ανάκτησης ενέργειας είναι σκόπιμο να είναι 1.

Το f_i είναι ο συντελεστής χωρητικότητας για οποιονδήποτε τεχνικό/κανονιστικό περιορισμό της χωρητικότητας και μπορεί να είναι (1.0), εάν δεν υπάρχει ανάγκη για τον συντελεστή.

Το f_i για πλοία τύπου ice-class καθορίζεται από το πρότυπο f_i στον Πίνακα 3. Για άλλους τύπους πλοίων, το f_i είναι σκόπιμο να λαμβάνεται ως 1.0. Πίνακας 7. Συντελεστής διόρθωσης χωρητικότητας f_i για πλοία τύπου ice-class

Τύπος καραβιού	f_i	Όρια ανάλογα με το ice-class			
		IC	IB	IA	IA Super
Δεξαμενόπλοιο		{max 1.0 min 0.72 }	{max 1.0 min 0.61 }	{max 1.0 min 0.5 }	{max 1.0 min 0.4 }
Καράβι μεταφοράς ξηρού φορτίου		{max 1.0 min 0.89 }	{max 1.0 min 0.78 }	{max 1.0 min 0.68 }	{max 1.0 min 0.58 }
Καράβι μεταφοράς γενικού φορτίου		{max 1.0 min 0.85 }	{max 1.0 min 0.7 }	{max 1.0 min 0.54 }	{max 1.0 min 0.39 }

Το μήκος μεταξύ καθέτων, L_{pp} αναφέρεται στο 96% του συνολικού μήκους στην ίσαλο γραμμή στο 85% του ελάχιστου πλευρικού βάθους που μετράται από την κορυφή της τρόπιδας ή το μήκος από το εμπρόσθιο τμήμα της πλώρης του πλοίου μέχρι τον άξονα του πηδαλίου στην εν λόγω ίσαλο γραμμή αν αυτό είναι μεγαλύτερο. Στα πλοία που έχουν σχεδιαστεί με επικλινή τρόπιδα, η ίσαλος γραμμή στην οποία μετριέται αυτό το μήκος είναι σκόπιμο να είναι παράλληλη με την σχεδιασμένη ίσαλο γραμμή. Το μήκος μεταξύ των καθέτων (L_{pp}) μετράται σε μέτρα.

Ο υπολογισμένος δείκτης EEDI για ένα πλοίο ονομάζεται επιτευχθείς δείκτης EEDI. Αυτός ο δείκτης EEDI είναι σκόπιμο να είναι μικρότερος από τον δείκτη EEDI αναφοράς ή γραμμής αναφοράς. Αυτή η γραμμή αναφοράς γίνεται αυστηρή σε διαφορετικές φάσεις (Devanney and Beach, 2010).

Οι τιμές της γραμμής αναφοράς υπολογίζονται ως εξής:

Τιμή γραμμής αναφοράς = $a \times b^c$

Όπου τα a, b και c είναι οι παράμετροι που δίνονται στον Πίνακα 3-9.

Πίνακας 8. Παράμετροι για τον προσδιορισμό τιμών αναφοράς για τους διάφορους τύπους πλοίων

<u>Τύπος πλοίου που ορίζεται στον κανονισμό</u>	<u>A</u>	<u>b</u>	<u>c</u>
2.25 Πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου	961.79	DWT του πλοίου	0.477
2.26 Δεξαμενόπλοιο μεταφοράς αερίου	1,120.00	DWT του πλοίου	0.456
2.27 Δεξαμενόπλοιο	1,218.80	DWT του πλοίου	0.488
2.28 Πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	174.22	DWT του πλοίου	0.201
2.29 Πλοίο μεταφοράς γενικού φορτίου	107.48	DWT του πλοίου	0.216
2.30 Πλοίο- ψυγείο	227.01	DWT του πλοίου	0.244
2.31 Φορηγό πλοίο συνδυασμένου φορτίου	1,219.00	DWT του πλοίου	0.488

* Εάν ο σχεδιασμός ενός πλοίου του επιτρέπει να εμπίπτει σε περισσότερους από έναν από τους παραπάνω ορισμούς τύπου πλοίου, ο απαιτούμενος δείκτης EEDI για το πλοίο θα είναι ο πιο αυστηρός (χαμηλότερος) απαιτούμενος δείκτης EEDI.

Η γραμμή αναφοράς βασίζεται στην βάση δεδομένων πλοίου του Lloyd's Register Fairplay, που κατασκευάστηκε τα τελευταία 10 χρόνια και η βασική ιδέα του τύπου παλινδρόμησης προτάθηκε από την Δανία (Figari, D'Amico και Gaggero, 2011). Το Σχήμα 2 παρουσιάζει ένα δείγμα γραμμής αναφοράς για ένα

φορτηγό πλοίο μεταφοράς φορτίου χύδην.

Σχήμα 2: Δείγμα γραμμής αναφοράς για φορτηγό πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου, από έγγραφο MEPC 62/6/4.

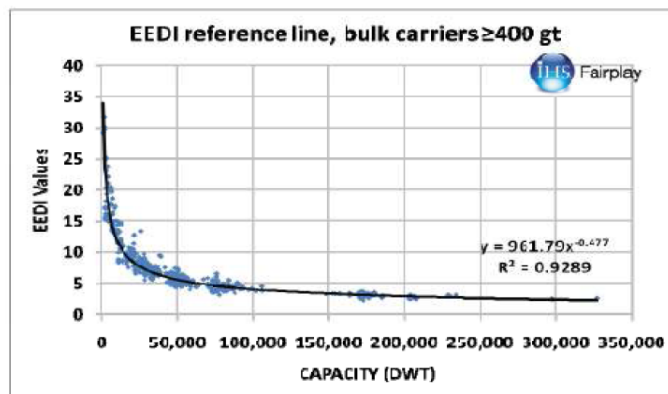
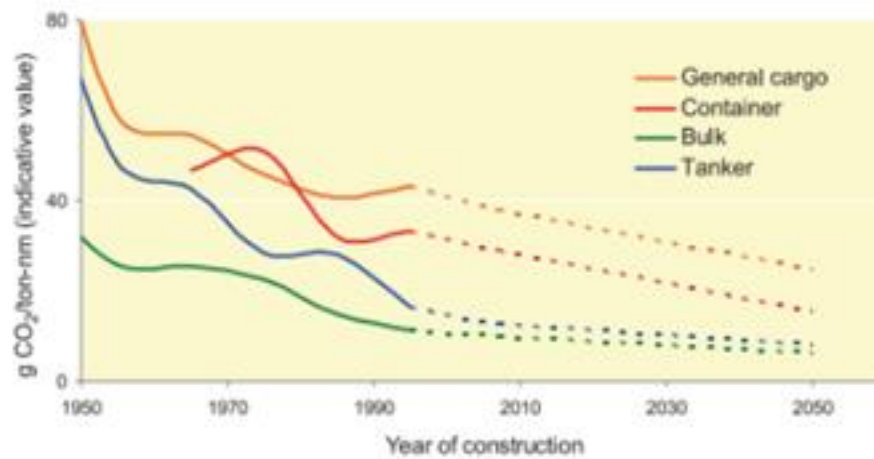


Figure 4: Reference line sample for bulk carrier, from MEPC 62/6/4 document.

The present EEDI rules will be more stringent in different phases. The phases and stringency level is described in table 11.

Οι παρόντες κανόνες για τον δείκτη EEDI θα είναι αυστηρότεροι σε διάφορες φάσεις. Οι φάσεις και το επίπεδο αυστηρότητας περιγράφονται στο διάγραμμα 3.



Κεφάλαιο 3^ο Ανάλυση του δείκτη ΕΕΟΙ

3.1 Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Αποδοτικότητας Πλοίου (Ship energy efficiency management plan -SEEMP).

Ο IMO έχει επίσης τον Λειτουργικό Δείκτη Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΕΟΙ), έναν δείκτη που παρέχει πληροφορίες σχετικά με την αποδοτικότητα του πλοίου στις επιχειρήσεις του. Ο υπολογισμός βασίζεται στην κατανάλωση καυσίμων ενός μεμονωμένου πλοίου και στα δεδομένα σχετικά με τις πραγματοποιηθείσες εργασίες των μεταφορών (π.χ. φορτίο, αριθμός μεταφερόμενων επιβατών κ.λπ.), με αποτέλεσμα την εκπομπή CO₂ ανά τόνο ναυτικού μιλίου. Η πλήρης εξίσωση ΕΕΟΙ περιλαμβάνεται στην εγκύκλιο MEPC.1/Circ.684 και μπορεί να συνοψισθεί όπως φαίνεται παρακάτω (Johnson et al., 2013).

Σε αντίθεση με τον δείκτη EEDI, ο δείκτης ΕΕΟΙ δεν περιορίζεται στα νέα πλοία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της «πραγματικής» απόδοσης ενός πλοίου σε λειτουργία και για την μέτρηση των επιπτώσεων οποιωνδήποτε αλλαγών, όπως ο καθαρισμός του κύτους και της έλικας, η μείωση της ταχύτητας (slow steaming), βελτιωμένος σχεδιασμός ταξιδιού, κ.λπ. (Ballou, 2013). Ο δείκτης ΕΕΟΙ μπορεί να βελτιωθεί αυξάνοντας την ποσότητα του μεταφερόμενου φορτίου ή εφαρμόζοντας οποιοδήποτε μέτρο που αποσκοπεί στην μείωση της κατανάλωσης καυσίμων (π.χ. μείωση της ταχύτητας, μετατροπές πλοίων, δρομολόγηση βάσει μετεωρολογικών συνθηκών κ.λπ.). Ωστόσο, καθώς ο υπολογισμός του ΕΕΟΙ εξαρτάται από τις δραστηριότητες και τις επιχειρήσεις των πλοίων, θα ποικίλει, ενδεχομένως σημαντικά, με την πάροδο του χρόνου και μεταξύ των ταξιδιών. Συνεπώς, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καθιέρωση ενός σταθερού αριθμού - π.χ. μια «ετικέτα» που να αντικατοπτρίζει την συνεχή απόδοση ενός πλοίου .

ΕΕΟΙ = Κατανάλωση καυσίμου • Μετατροπή άνθρακα/ Διανυθείσα Απόσταση • μεταφερόμενο φορτίο

Η εφαρμογή του δείκτη ΕΕΟΙ παραμένει μη υποχρεωτική, αλλά ο δείκτης ΕΕΟΙ έχει επίσης συμπεριληφθεί στο σχέδιο διαχείρισης της ενεργειακής απόδοσης πλοίων (SEEMP) ως ένας πιθανός δείκτης για την επαλήθευση και την μέτρηση της αποτελεσματικότητας του SEEMP (Cichowicz, Theotokatos & Vassalos, 2015).

Το SEEMP ορίζει έναν μηχανισμό για τη καλυτέρευση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων. Επιπλέον προσεγγίζει τις ναυτιλιακές εταιρίες ώστε να διαχειρίζονται τον στόλο τους αποδοτικότερα όσον αφορά το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μεθόδων επιτήρησης

Οι κατευθυντήριες γραμμές για το SEEMP, εγκαθιστούν τις καλύτερες

πρακτικές αναφορικά την ουσιαστική χρήση των καυσίμων, όπως και εθελοντική χρήση της μεθόδου EEOI για τα καινούρια και τα υφιστάμενα πλοία. (Devanney and Beach, 2010).

Ενώ ο IMO αποφάσισε να μην χρησιμοποιήσει τον δείκτη EEOI ως βάση για τον κανονισμό λειτουργίας, οι Ηνωμένες Πολιτείες πρότειναν (MEPC 64/5/6) την μέτρηση της αποδοτικότητας των πλοίων κατά την χρήση ή ως «επιτυχάνουσα» αποδοτικότητα πλοίου, χρησιμοποιώντας κυρίως τον τύπο EEOI. Υπάρχει έντονη αντίθεση από τον κλάδο στο να καταστεί υποχρεωτικός ο δείκτης EEOI, επειδή ορισμένα από τα απαιτούμενα δεδομένα ενδέχεται να είναι εμπορικά ευαίσθητα (συντελεστής φορτίου κ.λπ.) ή επειδή η ευθεία σύγκριση πλοίων που μεταφέρουν πολύ διαφορετικούς τύπους φορτίου μπορεί να είναι παραπλανητική. Ωστόσο, η βασική αντίσταση πιθανότατα να βασίζεται στην έντονη αποστροφή του κλάδου για κανονισμούς στις δραστηριότητές του, ειδικά εάν αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει στην δημοσιοποίηση συγκρίσεων σε επίπεδο επιδόσεων (Lu et al., 2015).

3.2 Δείκτης EEOI (ENERGY EFFICIENCY OPERATIONAL INDEX)

Ο Λειτουργικός Δείκτης Ενεργειακής Απόδοσης (EEOI) αναπτύχθηκε προκειμένου να επιτραπεί στα πλοία να παρακολουθούν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των ναυτιλιακών δραστηριοτήτων τους. Ο EEOI είναι οι συνολικές εκπομπές άνθρακα σε μια δεδομένη χρονική περίοδο ανά μονάδα εσόδων ανά τόνο-μίλια. Οι διακυμάνσεις του δείκτη οφείλονται κυρίως σε τρεις παράγοντες: την σχεδιαστική απόδοση του πλοίου, την ποσότητα του μεταφερόμενου φορτίου ανά μονάδα χρόνου και τις διακυμάνσεις της ταχύτητας. Ωστόσο, καθώς ο EEOI είναι ένας συνολικός αριθμός, είναι δύσκολο να προσδιοριστεί η επίδραση αυτών των παραγόντων. Η μελέτη επιτρέπει στο RBSA:

- Δημιουργία μίας γνωμοδότησης βασισμένης σε στοιχεία σχετικά με τα πλεονεκτήματα των διαφόρων επιχειρησιακών δεικτών ενεργειακής απόδοσης.
- Κατανόηση των συνέπειών των διαφορετικών ενδεικτικών δεικτών του δημόσιου τομέα και των εξελίξεων της πολιτικής MRV.
- Προετοιμασία για προβλέψιμες μελλοντικές αλλαγές στον κλάδο.
- Υποστήριξη στην ανάπτυξη μιας οικονομικά αποδοτικής πολιτικής για τη ναυτιλία στα ναυτιλιακά ευρήματα.

Με βάση τις δύσκολες προοπτικές για τη ναυτιλιακή βιομηχανία στα τέλη του 2008 (το πρώτο έτος της χρονικής περιόδου της μελέτης) και τις υψηλές τιμές των καυσίμων έως το 2013, η μελέτη ήταν βραδεία στον ατμό μέχρι το 2013

τουλάχιστον, καθώς η εξοικονόμηση κόστους ήταν πιο πολύτιμη από την εξοικονόμηση χρόνου. Η χρησιμοποίηση του ωφέλιμου φορτίου (πραγματική μάζα του φορτίου / DWT) ακολούθησε παρόμοια τάση μείωσης, ανάλογα με τις επιδεινούμενες συνθήκες της αγοράς. Οι τεχνικοί και υλικοτεχνικοί παράγοντες αποτελούν τους βασικούς μοχλούς του Λειτουργικού Δείκτη Ενεργειακής Απόδοσης (EEOI). Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI) και του EEOI σε διαφορετικά μεγέθη πλοίων, αλλά υπάρχει μεγάλη διασπορά τιμών EEOI σε μια κατηγορία μεγέθους πλοίου. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από τη διακύμανση των υλικοτεχνικών παραγόντων με ελάχιστες ενδείξεις συσχέτισης μεταξύ του EEOI και οποιουδήποτε από τους λογιστικούς παράγοντες. Για όλους τους τύπους και τα μεγέθη που εξετάζονται, οι διακυμάνσεις του EEOI μπορούν να εξηγηθούν μόνο με την εξέταση των συνεισφορών από ένα συνδυασμό των υλικοτεχνικών παραγόντων (χρησιμοποίηση του ωφέλιμου φορτίου και κατανομή χρήσης).

Διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στο φορτωμένο EEOI (εξαιρουμένης της κατανάλωσης καυσίμων σε ταξίδια έρματος και του λιμένα) όταν ένα πλοίο λειτουργούσε στην επί τόπου αγορά σε σύγκριση με την χρονοναύλωση, με αποτέλεσμα υψηλότερο φορτωμένο EEOI για τα πλοία με χρονοναύλωση (Agnolucci, Smith and Rehmatulla, 2014).

Για τους διαφορετικούς τύπους και μεγέθη πλοίων, οι εναλλακτικοί δείκτες ενεργειακής απόδοσης (οι οποίοι συζητούνται επί του παρόντος στον ΔΝΟ) παρουσιάζουν διαφορετικά επίπεδα συμφωνιών ή διαφωνιών. Συχνά, οι τρεις εναλλακτικοί δείκτες παρήγαγαν διαφορετικές τάσεις στον ΕΟΕΑ. Αυτό δείχνει ότι α) καμία εναλλακτική μέτρηση ενεργειακής απόδοσης δεν αποτελεί αξιόπιστη υποκατηγορία του EEOI και β) η επιλογή της μετρικής ενεργειακής απόδοσης είναι συνάρτηση των πληροφοριών που πιστεύεται ότι έχουν μεγαλύτερη σημασία. Από τους εν λόγω δείκτες, ο EEOI είναι ο μοναδικός δείκτης που αντιπροσωπεύει την ένταση άνθρακα των πραγματικών εργασιών μεταφοράς (όταν μετριέται σε t.nm), όλοι οι άλλοι δείκτες προσεγγίζουν τις εργασίες μεταφοράς που πραγματοποιούνται με κάποιο τρόπο (Devanney and Beach, 2010).

Η εκτιμώμενη τάση στην EETI (η EETI είναι η εκτιμώμενη τεχνική αποτελεσματικότητα του πλοίου σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας σε συγκεκριμένο χρονικό σημείο) φαίνεται να είναι σύμφωνη με τις προσδοκίες ότι η απόδοση ενδέχεται να επιδεινωθεί με την πάροδο του χρόνου (π.χ. επιδείνωση της επίστρωσης και ρύπανσης). Οι βελτιώσεις EEOI επιτυγχάνονται κατά τη διάρκεια

της μελέτης (μείωση του ΕΕΟΙ με την πάροδο του χρόνου) παρά την υποκείμενη επιδείνωση της σχεδιαστικής απόδοσης - κυρίως λόγω της εκτεταμένης εφαρμογής του αργού ατμού (Agnolucci, Smith and Rehmatulla, 2014)

3.2.1 ΕΕΟΙ, ποιος είναι ο στόχος

Κύριος στόχος των κατευθυντήριων γραμμών είναι να μπορεί να προσφέρεται στους χρήστες ο μηχανισμός εκείνος ο οποίος θα είναι σε θέση περιορίσει ή ακόμα και να μειώσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου από τη λειτουργία των πλοίων.

3.2.2 ΕΕΟΙ Ορισμοί

3.2.2.1 Ορισμός Δείκτη

Στην πιο απλή μορφή ο δείκτης ΕΕΟΙ (Energy Efficiency Operational Indicator) αναφέρεται ως ο λόγος της μάζας της εκπεμπόμενης ποσότητας CO₂ ανά μονάδα μεταφορικού έργου .

$$ΕΕΟΙ = \frac{MCo_2}{(Transportation\ Work)}$$

3.2.2.2 Κατανάλωση καυσίμου (Fuel Consumption)

Η κατανάλωση καυσίμου, (Fuel Consumption/FC), είναι το σύνολο κατανάλωσης καυσίμων, στη διάρκεια του ταξιδιού στη θάλασσα.

Απόσταση πλεύσης (Distance Sailed)

Πρόκειται για τη συνολική απόσταση πλεύσης σε ναυτικά μίλια αναφορικά με τα δεδομένα του βιβλίου καταστρώματος για καθορισμένο ταξίδι (Devanney and Beach, 2010).

3.2.2.3 Τύπος πλοίου και φορτίου. (Ship and Cargo types)

Οι κατευθυντήριες γραμμές έχουν ισχύ για όλα τα πλοία που εκτελούν μεταφορικό έργο.

Πλοία:

- Ξηρού φορτίου
- Δεξαμενόπλοια
- Μεταφοράς υγροποιημένων αερίων (LNGs,LPGs)
- Εμπορευματοκιβωτίων Φορτηγά πλοία Ro-Ro (Roll on – Roll off)
- Πλοία γενικού φορτίου
- Επιβατικά πλοία, συμπεριλαμβανομένων των επιβατικών πλοίων Ro- Ro.

Μεταφορικό έργο ή Μαζική μεταφορά φορτίου η οποία

πραγματοποιήθηκε. (Work Done or Cargo Mass Carried).

Γενικά, η μάζα φορτίου που μεταφέρεται εκφράζεται ως εξής:

.1 για τους φορτωτές ξηρού φορτίου, τα δεξαμενόπλοια υγρών καυσίμων, τα πετρελαιοφόρα, τα φορτηγά πλοία go-go και τα πλοία γενικού φορτίου, πρέπει να χρησιμοποιούνται μετρικοί τόνοι (t) του μεταφερόμενου φορτίου.

.2 για πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων που μεταφέρουν αποκλειστικά εμπορευματοκιβώτια, πρέπει να χρησιμοποιείται αριθμός εμπορευματοκιβωτίων (TEU) ή μετρικοί τόνοι (t) της συνολικής μάζας φορτίου και εμπορευματοκιβωτίων ·

.3 για τα πλοία που φέρουν συνδυασμό εμπορευματοκιβωτίων και άλλων φορτίων, μάζα TEU 10 τόνων θα μπορούσε να εφαρμοστεί για φορτωμένα TEU και 2 τόνους για κενά TEU. και

.4 για τα επιβατηγά πλοία, συμπεριλαμβανομένων των επιβατηγών πλοίων go-go, ο αριθμός των επιβατών ή οι ακαθάριστοι τόνοι του πλοίου πρέπει να χρησιμοποιούνται. Σε ορισμένες συγκεκριμένες περιπτώσεις, η εργασία μπορεί να εκφραστεί ως εξής: .

5 για τα οχηματαγωγά πλοία και τους μεταφορείς αυτοκινήτων, τον αριθμό των μονάδων αυτοκινήτων ή τους μετρητές λωρίδων που χρησιμοποιούνται,

. 6 για πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, αριθμός TEU (άδεια ή πλήρης) και

.7 για τα πλοία σιδηροδρόμων και πλοίων go-go, τον αριθμό των σιδηροδρομικών οχημάτων και των φορτηγών οχημάτων ή τους μετρητές λωρίδων που χρησιμοποιούνται. Για τα πλοία όπως π.χ. ορισμένα πλοία go-go τα οποία φέρουν μείγμα επιβατών σε αυτοκίνητα, επιβάτες και φορτία, οι φορείς εκμετάλλευσης ενδέχεται να θελήσουν να εξετάσουν κάποια μορφή σταθμισμένου μέσου όρου με βάση τη σχετική σημασία αυτών των συναλλαγών για τη συγκεκριμένη υπηρεσία τους ή τη χρήση άλλων παραμέτρων ή δεικτών όπως κατάλληλος Ταξίδι (Voyage). Το ταξίδι καλείται ως η περίοδος μεταξύ της αναχώρησης από το λιμάνι αναχώρησης μέχρι το επόμενο λιμάνι.

3.2.3 Χρήση κατευθυντηρίων γραμμών.

Ο ΕΕΟΙ είναι παρόμοιος με τον ΕΕΔΙ δεδομένου ότι πρόκειται για έναν υπολογισμό που παρουσιάζει τον λόγο των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται για τη χρήσιμη εργασία που έχει πραγματοποιηθεί (μεταφορά μεταφορικής ικανότητας).

Οι μονάδες παρουσιάζονται σε γραμμάρια CO₂ ανά χιλιόμετρο

χωρητικότητα. Ωστόσο, αυτή τη φορά η εξίσωση επηρεάζεται από λειτουργικές μεταβλητές και όχι από σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του πλοίου.

3.3 Υπολογισμός του δείκτη EEOI

Οι πρωτογενείς πηγές δεδομένων θα είναι σκόπιμο να είναι το ημερολόγιο του πλοίου (ημερολόγιο γέφυρας, ημερολόγιο μηχανής, και άλλα επίσημα έγγραφα).

Οι συντελεστές μετατροπής της μάζας του καυσίμου (C_f) σε μάζα του CO_2 .

Ο συντελεστής μετατροπής C_f είναι ένας αδιάστατος συντελεστής μετατροπής μεταξύ της κατανάλωσης καυσίμου η οποία μετριέται σε (g) και της εκπομπής του CO_2 η οποία επίσης μετριέται σε (g) με βάση την περιεκτικότητα σε άνθρακα. Οι τιμές του συντελεστή C_f αναφέρονται ως εξής : (Agnolucci, Smith and Rehmatulla, 2014).

Πίνακας 9: Συντελεστής C_f ανά κατηγορία καυσίμου.

Type of fuel	Reference	Carbon content	C_f (t – CO ₂ / t - Fuel)
1 Diesel / Gas Oil	ISO 8217 Grades DMX through DMC	0.875	3.206000
2 Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.860	3.151040
3 Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.850	3.114400
4 Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Propane	0.819	3.000000
	Butane	0.827	3.030000
5 Liquefied Natural Gas (LNG)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.750	2.750000

Πηγή:(IMO Ref.T5/1.01) Guidelines for voluntary use of the ship Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) MEPC.1 Circ.684 17.08.2009 / http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=26531&filename=684.pdf

3.3.1 Διαδικασία υπολογισμού EEOI & EEOI AVERAGE.

Η βασική μορφή του δείκτη EEOI για ένα ταξίδι ορίζεται ως εξής:

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

Ενώ για το μέσο μιας περιόδου ή για έναν αριθμό ταξιδιών ο Δείκτης υπολογίζεται ως εξής:

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

Όπου:

- j ορίζεται ως ο τύπος του καυσίμου,
- i ορίζεται ως ο αριθμός των ταξιδιών,
- FC ij είναι ο όγκος του καυσίμου που έχει καταναλωθεί j κατά το ταξίδι i,
- m cargo είναι το μεταφερόμενο φορτίο (σε τόνους) ή το μεταφορικό έργο (αριθμός TEU ή επιβατών),
- D είναι η απόσταση σε ναυτικά μίλια που αντιστοιχούν στο φορτίο που μεταφέρεται και
- CF j είναι ένας αδιάστατος παράγοντας μετατροπής ανάμεσα στην κατανάλωση μετρούμενη σε γραμμάρια και στην αντίστοιχη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα μετρούμενη επίσης σε γραμμάρια για το καύσιμο j.

Η μονάδα μέτρησης του EEOI εξαρτάται από τη μέτρηση του φορτίου που μεταφέρεται.

Κινητός μέσος όρος

Ο κινητός μέσος όρος μπορεί να υπολογιστεί για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. (Agnolucci, Smith and Rehmatulla, 2014). Στα στατιστικά στοιχεία, ένας κινητός μέσος όρος (κυλιόμενος μέσος όρος ή μέσος όρος) είναι ένας υπολογισμός για την ανάλυση δεδομένων με τη δημιουργία μέσων όρων διαφορετικών υποσυνόλων του πλήρους συνόλου δεδομένων. Ονομάζεται επίσης κινητός μέσος (MM) ή κυλιόμενος μέσος και είναι ένας τύπος φίλτρου πεπερασμένης παλμικής απόκρισης. Οι παραλλαγές περιλαμβάνουν: απλές και σωρευτικές ή σταθμισμένες φόρμες. Ένας κινητός μέσος όρος χρησιμοποιείται συνήθως με δεδομένα χρονοσειρών για την εξομάλυνση των βραχυπρόθεσμων διακυμάνσεων και την επισήμανση μακροπρόθεσμων τάσεων ή κύκλων. Για παράδειγμα, χρησιμοποιείται συχνά στην τεχνική ανάλυση οικονομικών δεδομένων, όπως οι τιμές των μετοχών, οι αποδόσεις ή οι όγκοι συναλλαγών. Χρησιμοποιείται επίσης στα οικονομικά για να εξετάσει το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν, την απασχόληση ή άλλες μακροοικονομικές χρονοσειρές.

Δεδομένα

Για ένα ταξίδι ή μία περίοδο, τα δεδομένα π.χ. για μία μέρα, η κατανάλωση καυσίμου σε σχέση με το μεταφορικό έργο και η συνολική απόσταση πλεύσης σε ένα συνεχές μοτίβο πλεύσης μπορούν να καταγραφούν στο φύλλο αναφοράς παρακάτω.

3.3.2 Δείκτης αναφοράς CO₂

Πίνακας 10: Φύλλο αναφοράς δείκτη CO₂

NAME AND TYPE OF SHIP						
Voyage or day (i)	Fuel consumption (FC) at sea and in port in tonnes				Voyage or time period data	
	Fuel type ()	Fuel type ()	Fuel type ()		Cargo (m) (tonnes or units)	Distance (D) (NM)
1						
2						
3						

Πηγή: (IMO Ref.T5/1.01) Guidelines for voluntary use of the ship Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) MEPC.1 Circ.684 17.08.2009 http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=26531&filename=684.pdf

Μετατροπή από τη μονάδα μέτρηση g-CO₂/ton-mile σε g-CO₂/ton-km. Ο Δείκτης CO₂ θα είναι σκόπιμο να μετατρέπεται από τη μονάδα μέτρησης g-CO₂/ton-mile σε g-CO₂/ton-km πολλαπλασιάζοντας με 0.54 (Kontovas & Psaraftis, 2009).

3.4 Η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και η συμβολή της στην μείωση των τοπικών αέριων ρύπων

Κύριος στόχος της χρήσης των ενεργειακών δεικτών είναι μέσω της σωστής απεικόνισης και αξιολόγησης της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων να οριστούν σημεία αναφοράς και να θεσπιστούν όρια με σκοπό την βελτίωσή τους με το πέρασμα του χρόνου. Επίσης, είναι εμφανές ότι η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου η οποία προκύπτει από τη χρήση της μεθόδου συμβάλει άμεσα στην μείωση των τοπικών αέριων ρύπων. (Kontovas & Psaraftis, 2009).

3.4.1 Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίου (SEEMP)

Για το λειτουργικό μέτρο απόδοσης, έχει αναπτυχθεί το SEEMP για την ναυτιλιακή βιομηχανία, έτσι προκειμένου να μπορούν να λειτουργούν τα πλοία με τον πιο ενεργειακά αποδοτικό τρόπο. Ο δείκτης EEOI θεωρείται ότι είναι το βασικό κριτήριο του SEEMP. Το SEEMP μπορεί να θεωρηθεί ως μια προσέγγιση για την «παρακολούθηση της απόδοσης του πλοίου και του στόλου με την πάροδο του χρόνου, με την χρήση του EEOI ως εργαλείου παρακολούθησης το οποίο χρησιμεύει ως εργαλείο αναφοράς». Η βασική έκφραση για τον δείκτη EEOI για ένα ταξίδι ορίζεται ως εξής (Schroder-Hinrichs et al., 2013). Όπου

επιτυγχάνεται ο μέσος όρος του δείκτη για μια περίοδο ή για ορισμένα ταξίδια, ο δείκτης υπολογίζεται ως:

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

όπου,

- j είναι ο τύπος καυσίμου,
- i είναι ο αριθμός του ταξιδιού,
- F_{cij} είναι η μάζα του αναλωμένου καυσίμου j στο ταξίδι i ,
- CF_j είναι ο συντελεστής μετατροπής μάζας καυσίμου προς CO₂ για το καύσιμο j ,
- M_{cargo} είναι το φορτίο που μεταφέρεται (σε τόνους) ή το έργο που πραγματοποιείται (αριθμός TEU ή επιβατών) ή μικτοί τόνοι για τα επιβατηγά πλοία και
- D είναι η απόσταση σε ναυτικά μίλια που αντιστοιχεί στο μεταφερόμενο φορτίο ή στο έργο που πραγματοποιείται .

Κεφάλαιο 4^ο Διαχείριση Ενέργειας (MRV- Monitoring, Reporting, Verification)

4.1 Εισαγωγή

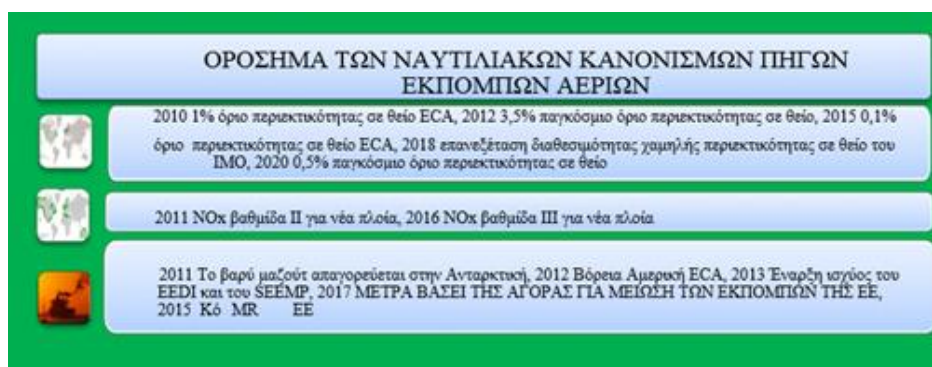
Η βοήθεια για την ανάπτυξη του επιχειρησιακού μέτρου του Σχεδίου Διαχείρισης Ενεργειακής Αποδοτικότητας Πλοίου για νέα και υπάρχοντα πλοία περιλαμβάνει βέλτιστες πρακτικές για την αποτελεσματική λειτουργία του πλοίου , καθώς και διαδικασίες για σκόπιμη χρήση του Λειτουργικού Δείκτη Ενεργειακής Αποδοτικότητας σε νέα και ήδη υπάρχοντα πλοία (MEPC.1/Circ.684). Ως εκ τούτου, το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Αποδοτικότητας Πλοίου είναι ένα σχέδιο βελτίωσης της εφαρμογής της ενεργειακής απόδοσης στην λειτουργία ενός πλοίου , το οποίο αναφέρεται ότι προσφέρει εξοικονόμηση κόστους περίπου 5 έως 15% και συμβάλλει στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Έχει αναφερθεί ένα σχέδιο μείωσης του κόστους καυσίμων (πρόβλεψη μείωσης κατά 35-65%) του λειτουργικού κόστους (Ziarati και Akdemir, 2015; Sahayam, 2014) με μια σειρά λιμενικών τελών με βάση τον αντίκτυπο στο περιβάλλον και ούτω καθεξής.

Οι Kollamthodi κ.ά. (2008) ισχυρίζονται από μία συνέντευξη με την Νορβηγική ένωση πλοιοκτητών ότι οι ναυλωτές (εργολάβοι) είναι έτοιμοι να πληρώσουν υψηλότερα ποσά για ενεργειακά αποδοτικά πλοία σε σύγκριση με άλλα κανονικά πλοία (Sustainable shipping, 2012). Από την άλλη πλευρά, οι Faber κ.ά. (2011) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι πλοιοκτήτες που επενδύουν σε πλοία που είναι αποδοτικά ως προς τα καύσιμα, δεν θα είναι σε θέση να ανακτήσουν τις επενδύσεις τους, εκτός εάν λειτουργούν τα δικά τους πλοία ή εάν έχουν μακροπρόθεσμες συμφωνίες με ναυλωτές. Όμως, ένα επιχείρημα από την άλλη πλευρά αναφέρει ότι οι επενδύσεις σε πλοία ενεργειακής απόδοσης αυξάνουν τον ρυθμό επιτυχίας στην σύναψη συμβάσεων και ως εκ τούτου παρέχουν καλύτερη αξιοποίηση των πλοίων.

Η διαχείριση της ενέργειας χαρακτηρίζεται από την συλλογική ευθύνη και απαιτεί ομαδική εργασία. Επομένως, ο ρόλος του ατόμου που έχει οριστεί για την διαχείριση της ενέργειας θα είναι σκόπιμο να εμπλέξει όλα τα άτομα που βρίσκονται επί του πλοίου και να ενσωματώνει τις βελτιώσεις τόσο στον μετασχηματισμό όσο και στην χρήση της ενέργειας, προκειμένου να μειωθούν επίσης οι επιβλαβείς ρύποι. Υπάρχουν ορισμένοι συναφείς τομείς, όπως ο νέος

κανονισμός σχετικά με την περιεκτικότητα σε θείο, ο οποίος από μόνος του απαιτεί την πλήρη απασχόληση του χειριστή ενέργειας επί του πλοίου, όταν το πλοίο ταξιδεύει μέσα από Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών (ECA).

Οι αρχές που είναι υπεύθυνες για την επίβλεψη της εφαρμογής του κανονισμού στις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών, όπως η USCG και ο EMSA, εκδίδουν μία προειδοποίηση ασφαλείας σχετικά με την αλλαγή καυσίμων. Πολλές απώλειες πρόωσης έχουν συμβεί σε διάφορους λιμένες και έχουν συσχετιστεί με τις διαδικασίες της αλλαγής. Σε πρόσφατη συνάντηση στο EMSA κατέστη σαφές ότι ο ρυπαίνων μπορεί να εντοπιστεί και να προσαχθεί στην δικαιοσύνη με βάση στοιχεία που συγκεντρώνει ο οργανισμός. Μια ανασκόπηση των πρόσφατων νομοθεσιών (Sahayam, 2014) έδειξε ξεκάθαρα ότι από την άποψη της νομοθεσίας μέχρι στιγμής υπάρχουν στην πραγματικότητα μόνο δύο προσπάθειες όσον αφορά στο όριο σε περιεκτικότητα θείου στις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών για το 2010 και το επίπεδο II για NO_x του 2011 για οποιαδήποτε σημαντική τιμή που είναι πολύ μικρότερη από αυτήν που απαιτείται για την αποτελεσματική μείωση των επιβλαβών ρύπων, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 3 - Ορόσημα των ναυτιλιακών κανονισμών των πηγών εκπομπών αερίων

4.1.1 Παρακολούθηση και έλεγχος. (Monitoring & Verification)

Το Σχέδιο Παρακολούθησης και Επαλήθευσης (M & V) είναι ένας ολοκληρωμένος μηχανισμός για τη συνεχή παρακολούθηση των διαφόρων προγραμμάτων, συμπεριλαμβανομένων των διαχωρισμένων μέτρων ενεργειακής απόδοσης, της μέτρησης του αντικτύπου τους όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας και την επαλήθευση των μετρούμενων επιπτώσεων.

Ένα πρόγραμμα M & V μπορεί να αναλάβει την παρακολούθηση, τη μέτρηση και την επαλήθευση ενός προγράμματος εντός συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Το πρόγραμμα θα μπορούσε, για παράδειγμα, να αποτελείται από τρία διαφορετικά μέτρα ενεργειακής απόδοσης: 1) την εφαρμογή 40.000 παρεμβάσεων

ενεργειακής απόδοσης στα νοικοκυριά (π.χ. υψηλής απόδοσης κουφώματα, μόνωση, λέβητες υψηλής απόδοσης κλπ.), 2) (π.χ. υψηλής απόδοσης κινητήρες και λέβητες κ.λπ.) και 3) την προώθηση 15.000 αυτοκινήτων υψηλής απόδοσης στον τομέα των μεταφορών (Agnolucci, Smith and Rehmatulla, 2014).

4.1.2 Παρακολούθηση, Καταγραφή και Επαλήθευση (MRV)

Οι Ziarati και Akdemir (2015) υποστήριξαν ότι για να υπάρξει πραγματικός αντίκτυπος στην μείωση των εκπομπών κινητήρων είναι σκόπιμο να υπάρξει μια συνδυασμένη προσπάθεια που να εφαρμόζει μια σειρά επιλογών όπως: α) μεγιστοποίηση της θερμικής απόδοσης, β) εξέταση της προσαρμογής της υβριδικής πρόωσης, γ) χρήση εναλλακτικών καυσίμων και/ή κυβελών καυσίμων/μπαταρίες, δ) ενσωμάτωση νέων καταλυτών, συστημάτων ανακύκλωσης καυσαερίων και επεξεργασίας, ε) συμπεριλαμβανομένης της πολλαπλής βαθμίδας δια-ψύξης, ζ) χρήση στρόβιλο συμπιεστών μεταβλητής γεωμετρίας, η) εξέταση χρήσης ελαφρύτερων υλικών, θ) χρήση πιο αποδοτικών εδράνων πλοίου, ι) έγχυση νερού μετά το τέλος της καύσης για την μείωση του σχηματισμού NO_x και για την ψύξη του κινητήρα μειώνοντας έτσι τις απώλειες θερμότητας κυρίως μέσω της αγωγιμότητας, κ) χρήση νέων μεκ ψεκασμού με υψηλές πιέσεις έγχυσης ως μέρος των κοινών συστημάτων σιδηροτροχιάς.

4.1.3 Παρακολούθηση, Έκθεση και Επαλήθευση (MRV)

Η διαχείριση και η εποπτεία οποιασδήποτε ανάμιξης καυσίμου πετρελαίου που μπορεί να αποτελεί μέρος της διαδικασίας αλλαγής, συμπεριλαμβανομένου του κατάλληλου ελέγχου και μείωσης της θερμοκρασίας λειτουργίας του παρεχόμενου καυσίμου, των διάφορων αναλογιών των μεικτών καυσίμων και ο έλεγχος του ιξώδους του μικτού καυσίμου στους κινητήρες είναι σκόπιμο να πραγματοποιούνται πριν το πλοίο εισέλθει στις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών ή αφού το πλοίο εγκαταλείψει τις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών.

Η ΕΕ έχει ως στόχο να μειώσει τις εκπομπές CO₂ από την ναυτιλία και δημιούργησε ένα σύστημα με τίτλο Παρακολούθηση, Καταγραφή και Επαλήθευση (MRV) για τον έλεγχο των εκπομπών CO₂ σε πλοία μεγαλύτερα από 5000 GT και που προσεγγίζουν οποιοδήποτε λιμένα της ΕΕ. Οι ναυτιλιακές εταιρείες είναι σκόπιμο να καταρτίσουν ένα σχέδιο παρακολούθησης για καθένα

από τα πλοία τους, το οποίο είναι σκόπιμο να συμμορφώνεται με τον κανονισμό MRV. Ο κανονισμός MRV εγκρίθηκε τον Απρίλιο του 2015 και τέθηκε σε ισχύ τον Ιούλιο του 2015.

Έως τον Αύγουστο του 2017, οι ναυτιλιακές εταιρείες έπρεπε να έχουν υποβάλει τα σχέδια παρακολούθησης στην διοίκηση ή τον διαπιστευμένο φορέα. Από τον Ιανουάριο του 2018, κάθε πλοίο που εκτελεί δρομολόγια θα είναι σκόπιμο να καταγράφει μέχρι τον Δεκέμβριο του ίδιου έτους. Το επόμενο έτος η ΕΚ θα δημοσιεύσει τα δεδομένα του MRV. Οι παράμετροι που είναι σκόπιμο να παρακολουθούνται ανά ταξίδι είναι: αναχώρηση και άφιξη σε λιμένα, συμπεριλαμβανομένης της ημερομηνίας και της ώρας αναχώρησης και άφιξης, του τύπου των καυσίμων που καταναλώνονται και των συντελεστών ποσότητας και εκπομπών εκάστου, εκπεμπόμενο CO₂, διανυθείσα απόσταση, μεταφορές που υλοποιήθηκαν και εργασίες μεταφοράς.

4.2 Κανονισμός παρακολούθησης, αναφοράς και επαλήθευσης της ΕΕ

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αποφάσισε πρόσφατα να αποφύγει την εισαγωγή μιας πρότασης για την άμεση ρύθμιση των εκπομπών CO₂ από την ευρωπαϊκή ναυτιλία και ως πρώτο βήμα να καθιερώσει ένα σύστημα παρακολούθησης, αναφοράς και επαλήθευσης εκπομπών (MRV). Αυτή η ανακοίνωση προκάλεσε ιδιαίτερη απογοήτευση, καθώς αναβάλλει αποτελεσματικά την δράση για την αντιμετώπιση του ζητήματος των εκπομπών από την ναυτιλία. Οι ακριβείς απαιτήσεις που είναι σκόπιμο να περιληφθούν στο σύστημα MRV της ΕΕ δεν είναι ακόμη γνωστές και η νομοθετική πρόταση δεν αναμένεται πριν από το πρώτο τρίμηνο του 2013. Ο ακόλουθος πίνακας εξετάζει 5 πιθανά μέτρα της απόδοσης που η ΕΕ θα μπορούσε να υιοθετήσει και να αξιολογήσει καθένα από αυτά καθώς και τον τύπο και την ποσότητα των δεδομένων που θα απαιτούνται (Bellassen et al., 2015).

Οι ειδικές λεπτομέρειες για το MRV της ΕΕ δεν έχουν ακόμη δημοσιοποιηθεί, αλλά γίνεται κατανοητό ότι το σύστημα θα βασίζεται στον έλεγχο από το κράτος λιμένα και συνεπώς θα απαιτεί δεδομένα κατανάλωσης καυσίμων για ταξίδια σε λιμένες της ΕΕ (ενδεχομένως πλοία προερχόμενα από λιμένες της ΕΕ) κατά την περίοδο αναφοράς. Οι εκπομπές θα υπολογίζονται πιθανώς με βάση το πλοίο, για όλους τους τύπους πλοίων και για ολόκληρο το

ταξίδι. Για όλες τις επιλογές, η κατανάλωση καυσίμων μπορεί να παρακολουθείται συνεχώς επί του σκάφους χρησιμοποιώντας μετρητές ροής καυσίμων, βυθομέτρηση δεξαμενών κ.λπ. (Oldham, Scott & Voss, 2012). Μια άλλη προσέγγιση θα ήταν η άμεση συλλογή δεδομένων εκπομπών στην στοιβάδα μέσω της χρήσης άμεσων συστημάτων συνεχούς παρακολούθησης των εκπομπών. Αυτή η τελευταία προσέγγιση θα επιτρέψει επίσης την δημιουργία ενός ενιαίου πλαισίου για την μέτρηση όλων των ρύπων στην στοιβάδα (συμπεριλαμβανομένων π.χ. των εκπομπών SO_x, NO_x και PM).

Τύπος απαιτούμενων δεδομένων	Απαιτούμενα δεδομένα	Πιθανά μέτρα/χρήση των δεδομένων				
		A	B	Γ	Δ	E
Στοιχεία καραβιού Εκπομπές (ανά ταξίδι)	Αριθμός IMO Κατηγορία καραβιού Τελευταίος λιμένας κατάπλου Λιμένας προορισμού της ΕΕ Θέση (GPS, AIS, LRIT?) Κατανάλωση καυσίμων και πληροφορίες για την ποιότητα των καυσίμων (για τον προσδιορισμό των CO2 EF) ή απευθείας μέτρηση εκπομπών στην ατμόσφαιρα	Ελάχιστη απαίτηση δεδομένων Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ένα MBM, μία απογραφή εκπομπών αερίων της ΕΕ ή έναν στόχο για τις εκπομπές αερίων. Ανεπαρκές στην ανάπτυξη ενός μέτρου υπολογισμού της απόδοσης καραβιού Μέτρηση: απόλυτες εκπομπές CO ₂ .	Δεδομένα από τις στήλες A και B Δίνει μια πρώτη ιδέα για την απόδοση του καραβιού αν και περιορίζεται στις εκπομπές ανά απόσταση. Δεν απαιτείται πρόσθετη αναφορά Μέτρηση : CO ₂ /nm	Δεδομένα από τις στήλες A, B και Γ. Μετρά την απόδοση του καραβιού βάσει της συνολικής χωρητικότητας του. Δεν απαιτείται πρόσθετη αναφορά. Μέτρηση: CO ₂ /dwt tnm	Δεδομένα από τις στήλες A, B, Γ και Δ. ΕΕΟΙ (πλήρη δεδομένα λειτουργίας). Υπολογίζεται η απόδοση της λειτουργίας ανά ταξίδι. Μέτρηση: CO ₂ /tnm	EEDI Μέτρηση: CO ₂ /tnm (διαθέσιμη χωρητικότητα)
Δραστηριότητα	Απόσταση (τελευταίος λιμένας/προς επόμενο λιμένα Αριθμός ταξιδιών					
Διαθέσιμη χωρητικότητα	Νεκρό βάρος					
Λειτουργία	Ποσότητα φορτίου (τόνοι, TEU, PAX) Τύπος					

	φορτίου Συντελεστής φορτίου / έρμα Καιρικές συνθήκες					
Σχεδιαστική απόδοση	Υπολογισμός EEDI (π.χ. ισχύς, κατανάλωση, χωρητικότητα, σχεδιαστική ταχύτητα)					
Πρόσθετα δεδομένα	Χρόνος ταξιδιού ή μέση ταχύτητα	Χρόνος ταξιδιού + απόσταση = μέση ταχύτητα. Οι πληροφορίες για την ταχύτητα είναι κρίσιμες για την κατανόηση των μεταβολών στις εκπομπές συν τω χρόνω				

Επιλογή Α: Αυτή είναι η απλούστερη επιλογή και συνίσταται στην συλλογή στατικών πληροφοριών του πλοίου (π.χ. αριθμού IMO κ.λπ.) και δεδομένων εκπομπών (είτε απαιτώντας την παρακολούθηση της κατανάλωσης καυσίμων είτε μετρώντας τις εκπομπές απευθείας στην στοιβάδα). Μολονότι τα απόλυτα δεδομένα σχετικά με τις εκπομπές CO₂ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία ενός MBM, μίας απογραφής αερίων του θερμοκηπίου της ΕΕ ή ενός στόχου μείωσης των εκπομπών, δεν αρκεί για να αναπτυχθεί ένα μέτρο αποδοτικότητας του πλοίου (Shi, 2016).

Επιλογή Β: Η επιλογή αυτή αποτελεί το πρώτο βήμα για την μέτρηση της αποδοτικότητας του πλοίου. Αναφέρει τις εκπομπές CO₂ ανάλογα με την απόσταση που διανύθηκε κατά την περίοδο αναφοράς. Η μέτρηση θα είναι οι εκπομπές CO₂ ανά ναυτικό μίλι. Η προσέγγιση αυτή δεν απαιτεί αναγκαστικά πρόσθετα δεδομένα, καθώς η απόσταση μεταξύ του τελευταίου λιμένα και του λιμένα της ΕΕ είναι γνωστή (θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μια σταθερή απόσταση η οποία θα μπορούσε να διορθωθεί για την πραγματική απόσταση εάν ήταν απαραίτητο από τον πλοιοκτήτη).

Επιλογή Γ: Αυτή συγκρίνει τις εκπομπές με την διαθέσιμη χωρητικότητα του πλοίου (νεκρό βάρος). Στην περίπτωση αυτή, οι εκπομπές δεν θα αφορούν μόνο τα CO₂/nm, αλλά και την χωρητικότητα (μέγεθος και διαθέσιμος όγκο) του πλοίου. Αυτός ο τύπος θα απαιτεί δεδομένα σχετικά με την χωρητικότητα που μπορούν να

ληφθούν από το νεκρό βάρος του πλοίου (Prtić-Oršić & Faltinsen, 2012). Και πάλι δεν απαιτείται πρόσθετη αναφορά, καθώς οι πληροφορίες σχετικά με το νεκρό βάρος των πλοίων είναι διαθέσιμες στο κοινό. Η επιλογή αυτή φαίνεται να είναι η καλύτερη εναλλακτική λύση μεταξύ μιας προσέγγισης που βασίζεται αποκλειστικά στις εκπομπές CO₂ και ενός πλήρους λειτουργικού δείκτη όπως ο ΕΕΟΙ.

Επιλογή Δ: Αυτός ο δείκτης επαναλαμβάνει τον τύπο ΕΕΟΙ και υπερβαίνει την προηγούμενη μετρική βάσει της διαθέσιμης χωρητικότητας λαμβάνοντας υπόψη την πραγματική χρησιμοποίηση της χωρητικότητας του πλοίου. Τα αποτελέσματα θα διαφέρουν σαφώς αν το πλοίο είναι πλήρως φορτωμένο ή υπό έρμα. Απαιτείται επιπλέον αναφορά του φορτωμένου φορτίου και δεδομένα για τον συντελεστή φορτίου και ορισμένες από αυτές τις πληροφορίες μπορεί να είναι εμπορικά ευαίσθητες. Ωστόσο, είναι δυνατές διάφορες παραλλαγές, π.χ. τα δεδομένα θα μπορούσαν να διορθωθούν μόνο για το έρμα. Προκειμένου να αντικατοπτρίζονται πλήρως οι συνθήκες λειτουργίας, θα μπορούσαν να προστεθούν δεδομένα σχετικά με τις καιρικές και θαλάσσιες συνθήκες.

Επιλογή Ε: Το τελευταίο μέτρο που παρουσιάζεται στον πίνακα απαιτεί τον υπολογισμό του ΕΕΔΙ για όλα τα πλοία, κάτι που μπορεί να είναι αμφιλεγόμενο υπό το πρίσμα της πρόσφατης απόφασης του ΙΜΟ. Αυτό το μέτρο δεν θα αντικατοπτρίζει τις εκπομπές από τα πλοία σε λειτουργία, αλλά την αποδοτικότητα του σχεδιασμού τους (Poulsen, Ponte & Lister, 2016).

Τέλος, στο σύστημα αναφοράς θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν πρόσθετα δεδομένα για μεγαλύτερη σαφήνεια όσον αφορά στις μετρήσεις απόδοσης. Για παράδειγμα, οι συγκρίσεις της αποδοτικότητας των πλοίων με τις παραπάνω προσεγγίσεις θα μπορούσαν να είναι αρκετά παραπλανητικές αν δεν υπήρχε συσχέτιση με την πραγματική ταχύτητα του πλοίου. Δύο πλοία μπορεί να είναι εξίσου αποδοτικά και πλήρως φορτωμένα, αλλά το πιο αργό πλοίο θα έχει καλύτερη απόδοση και χαμηλότερες εκπομπές. Το στοιχείο της ταχύτητας θα μπορούσε να ενσωματωθεί σε οποιαδήποτε από τις προαναφερόμενες επιλογές απαιτώντας την αναφορά, για παράδειγμα, δεδομένα θέσης AIS ή LRIT ή του χρόνου ταξιδιού που έχει περάσει (που θα συνδυαστεί με την γνωστή απόσταση από τον τελευταίο λιμένα) ή απλά απαιτώντας την αναφορά της μέσης ταχύτητας.

Η εθελοντική μέτρηση της αποδοτικότητας των πλοίων αποτελεί ήδη μία κοινή πρακτική στον κλάδο. Ωστόσο, δεν υπάρχει ένα ενιαίο πολιτικά αποδεκτό μέτρο για την αποδοτικότητα στην συγκριτική αξιολόγηση του συνόλου του στόλου (Rojon & Smith, 2014).

4.3 Τα κοινά στοιχεία και διαφορές του EEDI, του EEOI (και του EVDI)

Σε αυτό το σημείο, έχει ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι οι τρεις μετρήσεις αποδοτικότητας (EEDI-EVDI, EEOI) εκφράζονται σε γραμμάρια CO₂ ανά τόνο ναυτικού μιλίου (g/tnm). Όλες αναφέρονται στην κατανάλωση καυσίμων (ή στις εκπομπές CO₂) και με τον ένα ή τον άλλο τρόπο σχετίζονται επίσης με την απόσταση και την χωρητικότητα. Ωστόσο, οι ομοιότητες σταματούν εδώ και υπάρχουν σημαντικές διαφορές στον τρόπο με τον οποίο ο δείκτης EEDI, ο EEOI ή ο EVDI υπολογίζουν ή εκτιμούν την κατανάλωση καυσίμων, την απόσταση και την χωρητικότητα (Duplex).

- Κατανάλωση καυσίμων (υπολογισμός έναντι μέτρησης): Στην περίπτωση των δεικτών EEDI και EVDI, η κατανάλωση καυσίμων υπολογίζεται βάσει δεδομένων σχετικά με την τυπική κατανάλωση καυσίμων ορισμένων τύπων μηχανής, ανάλογα με την ηλικία και το εύρος ισχύος της μηχανής και την κατανάλωση καυσίμων σε συγκεκριμένο φορτίο μηχανής (π.χ. 75% για την κύρια μηχανή). Ο δείκτης EEOI βασίζεται στην πραγματική κατανάλωση καυσίμων των πλοίων (Adland et al., 2017).

- Απόσταση (σχεδιαστική ταχύτητα έναντι διανυθείσας απόστασης): Ο δείκτης EEOI βασίζεται στην πραγματική απόσταση που διανύθηκε. Οι δείκτες EEDI και EVDI υπολογίζουν έμμεσα την απόσταση χρησιμοποιώντας την σχεδιαστική ταχύτητα του πλοίου. Γνωρίζοντας τις εκπομπές της μηχανής για την παραγωγή μιας ορισμένης ποσότητας ισχύος με την πάροδο του χρόνου (gCO₂/h) και την σχεδιαστική ταχύτητα (απόσταση/h), είναι δυνατόν να υπολογίσουμε το gCO₂/απόσταση (Gençsü & Hino, 2015).

- Χωρητικότητα (χρησιμοποιημένη χωρητικότητα έναντι διαθέσιμης χωρητικότητας): Η χωρητικότητα των πλοίων θεωρείται πολύ διαφορετική μεταξύ των δεικτών EEDI/EVDI και του δείκτη EEOI. Η χωρητικότητα που υπολογίζεται για τον δείκτη EEOI είναι η χρησιμοποιούμενη χωρητικότητα (δηλαδή το φορτίο που μεταφέρεται ή ο συντελεστής φορτίου), ενώ στους δείκτες EEDI/EVDI αφορά αποκλειστικά στην διαθέσιμη χωρητικότητα (δηλαδή το νεκρό βάρος του πλοίου).

	Κατανάλωση καυσίμων	Απόσταση	Χωρητικότητα
EEDI	Ισχύς μηχανής και ειδική κατανάλωση καυσίμου	Σχεδιαστική ταχύτητα	Διαθέσιμη χωρητικότητα (νεκρό βάρος)
EEOI	Πραγματική αναφερόμενη κατανάλωση καυσίμων	Πραγματική διανυθείσα απόσταση	Χρησιμοποιούμενη χωρητικότητα (μεταφερόμενο φορτίο)
EVDI	Ισχύς μηχανής και ειδική κατανάλωση καυσίμου	Σχεδιαστική ταχύτητα	Διαθέσιμη χωρητικότητα (νεκρό βάρος)

Ως αποτέλεσμα, οι μετρήσεις EEDI και EVDI υπολογίζουν τις μέσες/θεωρητικές εκπομπές CO₂ ανά τόνο χωρητικότητας ανά ναυτικό μίλι, ενώ ο δείκτης EEOI μετρά τις πραγματικές εκπομπές CO₂ ανά μεταφερόμενο τόνο ανά ναυτικό μίλι. Η ισοδύναμη σύγκριση στα οδικά οχήματα θα είναι η ονομαστική απόδοση καυσίμου των καινούργιων αυτοκινήτων σε gCO₂/km (κύκλος δοκιμής) έναντι των πραγματικών επιδόσεων στον δρόμο (Blanco-Davis & Zhou, 2016).

Ωστόσο, ο κλάδος έχει την ανάγκη για μία εναρμονισμένη προσέγγιση στην μέτρηση της αποδοτικότητας των πλοίων και καθίσταται ολοένα και πιο εμφανής και στους φορείς χάραξης πολιτικής η ανάγκη μίας ενιαίας βάσης ενός κανονισμού για την αποδοτικότητα. Οι προσεχείς συζητήσεις στον IMO και την ΕΕ σχετικά με την αποδοτικότητα στην ναυτιλία θα είναι σκόπιμο να εξετάσουν σοβαρά την θέσπιση μιας ενιαία μέτρησης της αποδοτικότητας ως ένα πρώτο βήμα προς μια στρατηγική για την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου στον κλάδο λαμβάνοντας σοβαρά υπόψιν τους προαναφερθέντες δείκτες.

Κεφάλαιο 5^ο Η εφαρμογή των Δεικτών στην εμπορική ναυτιλία

5.1 Επισκόπηση των κινδύνων στους λιμένες και τερματικούς σταθμούς φορτηγών πλοίων

Οι ανθρώπινες, υλικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές απώλειες γενικά υπερβαίνουν την ικανότητα του επηρεαζόμενου οργανισμού να επιλύει όλες τις επικίνδυνες καταστάσεις χρησιμοποιώντας μόνο τους δικούς του πόρους. Ο κίνδυνος είναι ένας συνδυασμός της συχνότητας (πιθανότητα ή ενδεχόμενο) ενός κινδύνου και του επακόλουθου (σοβαρότητας ή αντίκτυπου) ο κίνδυνος να επεκτείνει την δυναμική του (Srikanth & Venkataraman, 2007).

5.1.1 Σχέδιο Πρόληψης Κινδύνων

Ενώ είναι γενικά αποδεκτό ότι το συνολικό επίπεδο ασφαλείας στην θάλασσα έχει βελτιωθεί με την πάροδο των ετών, εξακολουθούν να είναι επιθυμητές περαιτέρω βελτιώσεις. Προφανώς, μεγάλο μέρος των πολιτικών ασφαλείας στην θάλασσα αναπτύχθηκε μετά από σοβαρά ατυχήματα. «Γιατί θα πρέπει ο ναυτιλιακός κλάδος και γενικά η κοινωνία να περιμένει ένα ατύχημα για να τροποποιηθούν οι υφιστάμενοι κανόνες ή να προταθούν νέοι;» (Kontovas & Psaraftis, 2009).

Η προαγωγή της ευαισθητοποίησης σχετικά με την επικινδυνότητα και όχι η αναμονή ατυχημάτων για την αποκάλυψή της είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη προσέγγιση, ιδίως σε άλλους κλάδους όπως η πυρηνική βιομηχανία και η αεροδιαστημική βιομηχανία (Kontovas & Psaraftis, 2009). Επιπλέον, ο κλάδος των λιμένων έχει αρχίσει να μεταβαίνει από την ενεργητική προσέγγιση στην προορατική προσέγγιση και επομένως σε πιο περίπλοκα σχέδια και εργαλεία πρόληψης κινδύνων.

5.2 Οι Κίνδυνοι σε τερματικούς σταθμούς και λιμένες φορτηγών πλοίων

Η βιβλιογραφία για τους κινδύνους στους λιμένες είναι εκτεταμένη (Loeb, Talley & Zlatoper, 1994; Grifoll et al., 2010) και διατυπώνει διάφορες κατηγορίες κινδύνων. Οι Chlomoudis κ.ά. (2010) έχουν παρουσιάσει μία μεθοδολογία που βασίζεται σε πέντε κατηγορίες κινδύνων για τον κλάδο των λιμένων. Οι Bing κ.ά. (2005) παρουσίασαν επίσης μία μεθοδολογική προσέγγιση κατηγοριοποίησης των κινδύνων σε σχέση με τους κινδύνους σε μακροοικονομικό και μικροοικονομικό επίπεδο. Επιπλέον, ο Shaluf (2008) παρείχε μια επισκόπηση των φυσικών κινδύνων, των ανθρωπογενών και των υβριδικών κινδύνων, πέραν των

επακόλουθων κινδύνων. Η μελέτη του Shaluf (2008) πρότεινε επίσης ένα δέντρο κινδύνων που απεικονίζει τους διάφορους τύπους κινδύνων. Επιπλέον, ο κλάδος των λιμένων έχει το δικό του σύνολο παραγόντων κινδύνου, μία «τυπολογία» των κινδύνων όσον αφορά στις επιχειρηματικές και επιχειρησιακές συνθήκες στους λιμένες, τους τερματικούς σταθμούς και την ναυτιλία (Rodrigue, Notteboom & Pallis, 2011). Παρόλο που οι κατηγορίες κινδύνων μπορούν να γενικευθούν, οι διάφοροι λιμένες επηρεάζονται κυρίως από τις διαφορετικές κατηγορίες κινδύνων λόγω της μοναδικότητας του λειτουργικού περιβάλλοντος του λιμένα, καθώς και της μεταβλητότητας των επιπτώσεων που συνδέονται με κάθε κίνδυνο για κάθε λιμένα. Ως εκ τούτου, παρόλο που οι κατηγορίες κινδύνων ισχύουν για όλους τους λιμένες σε όλον τον κόσμο, όλες οι κατηγορίες κινδύνων δεν είναι εξίσου σημαντικές για μεμονωμένους λιμένες.

Όλες οι προσεγγίσεις ασφάλειας και προστασίας που βασίζονται σε πρότυπα είναι προληπτικές. Ωστόσο, οι διαφορές μεταξύ των λιμένων είναι σημαντικές και τα πιθανά σενάρια για την διασφάλιση ή την ενίσχυση της ασφάλειας είναι σίγουρα αρκετά. Στην ανάλυση των Chlomoudis κ.ά. (2010), εισήχθησαν 12 ξεχωριστές αρχές ή/και πρότυπα ασφαλείας που αλληλοσυνδέονται με διαφορετικές κατηγορίες κινδύνων. Αυτά περιλαμβάνουν το πρότυπο PERS, το οποίο είναι ένα πρότυπο με βάση διαδικασίες που οδηγούν στην πιστοποίηση για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών κινδύνων.

Ομοίως, το OHSAS 18001 είναι ένα πρότυπο με διαδικασίες που μπορούν να οδηγήσουν σε πιστοποίηση και αφορά στην υγεία και την υγιεινή του προσωπικού.

5.2.1 Τα στάδια των κινδύνων στο Σχέδιο Πρόληψης Κινδύνων

Η πιο γενική μορφή ενός κύκλου διαχείρισης κινδύνων και ως εκ τούτου τα κύρια στάδια σε ένα σχέδιο πρόληψης κινδύνων έχει ως εξής:

- α) προσδιορισμός των κινδύνων
- β) μετριασμός των κινδύνων
- γ) ετοιμότητα έναντι των κινδύνων
- δ) ανταπόκριση σε κινδύνους
- ε) αποκατάσταση από τους κινδύνους

Ωστόσο, στην βιβλιογραφία παρουσιάζονται πολλές εναλλακτικές μορφές διαδικασιών και φάσεων διαχείρισης κινδύνων. Ο πρώτος στόχος μπορεί να ικανοποιηθεί με έναν συνδυασμό δημιουργικών και αναλυτικών ασκήσεων που αποσκοπούν στον εντοπισμό όλων των σχετικών κινδύνων. Το δημιουργικό μέρος

(κυρίως καταιγισμός ιδεών ή *brainstorming*) είναι να διασφαλιστεί ότι η διαδικασία είναι προορατική και δεν περιορίζεται μόνο στους κινδύνους που έχουν πραγματωθεί στο παρελθόν. Σε περιπτώσεις όπου ο κίνδυνος δεν μπορεί να αποφευχθεί, η βιβλιογραφία δίνει έμφαση στον μετριασμό των επιπτώσεων του κινδύνου στο ελάχιστο δυνατόν, ενώ η ετοιμότητα έναντι των κινδύνων αναγνωρίζει ότι ενώ είναι αδύνατο να αποφευχθεί τελείως ο κίνδυνος ή να μετριαστούν οι επιπτώσεις του, απαιτείται επαρκής ετοιμότητα για την αντιμετώπιση των κινδύνων και μιας γρήγορης διαδικασίας αποκατάστασης από τις επιπτώσεις των κινδύνων.

Ο εντοπισμός των κινδύνων, η πρόληψη ή ο μετριασμός των κινδύνων και η ετοιμότητα για την αντιμετώπιση των κινδύνων περιλαμβάνουν μέτρα που εκτελούνται εν αναμονή κάποιων κινδύνων και ως εκ τούτου έχουν προληπτικό χαρακτήρα. Αντιθέτως, τα μέτρα αντιμετώπισης των κινδύνων και αποκατάστασης είναι κατά κύριο λόγο αντιδραστικά μέτρα.

Η συμβατική προσέγγιση των μέτρων πρόληψης των κινδύνων ορίζει τα μέτρα ως μία ευκαιρία πρόληψης ενός ατυχήματος ή δυσμενών περιστατικών. Επομένως, συνδυάζει ένα πιθανοτικό μέτρο της εμφάνισης ενός συμβάντος με ένα μέτρο της συνέπειας ή της επίπτωσης αυτού του συμβάντος. Η διαδικασία πρόληψης των κινδύνων βασίζεται γενικά σε τρία σύνολα αλληλουχιών και αλληλεξαρτώμενων δραστηριοτήτων, ως εξής:

- α) την πρόληψη του κινδύνου όσον αφορά στο τι μπορεί να πάει στραβά, την πιθανότητα κάτι να πάει στραβά και τις πιθανές συνέπειες
- β) την πρόληψη του κινδύνου όσον αφορά στο τι μπορεί να γίνει, τις επιλογές και τις δυνατότητες αντιστάθμισης μεταξύ του κόστους και των οφελών
- γ) τον αντίκτυπο των μέτρων πρόληψης κινδύνων, των αποφάσεων και των πολιτικών σε σχέση με τις μελλοντικές επιλογές και επιχειρήσεις.

5.3 Η Ενεργειακά Αποδοτική λειτουργία του πλοίου στην προσέγγιση των κινδύνων

Καθώς οι κανονισμοί και οι τεχνολογίες που διέπουν την ενεργειακή απόδοση στα πλοία γίνονται ολοένα και πιο περίπλοκες, ο IMO και η ναυτιλιακή βιομηχανία έχουν αναγνωρίσει ότι οι ίδιοι οι ναυτικοί είναι σκόπιμο να εκπαιδευτούν σε πολύ υψηλότερο επίπεδο σε αυτούς τους τομείς. Για τον σκοπό αυτό, ο IMO (Μάθημα Εκπαίδευσης του Εκπαιδευτή του IMO, 2016) δημιούργησε κατά κάποιον τρόπο μια νέα θέση επί του πλοίου της εταιρείας, τον Εκπαιδευτή/Αξιωματικό/Διαχειριστή Ενέργειας, μια θέση που είτε θα είναι συλλογική είτε θα ανατίθεται σε ένα άτομο θα διαδραματίσει έναν κρίσιμο ρόλο,

καθιστώντας τα πλοία και τα λιμάνια ενεργειακά συνειδητά και πιο αποτελεσματικά. Το έργο MariEMS έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει τις πτυχές της εκπαίδευσης σχετικά με την εφαρμογή του οδικού χάρτη για την μείωση της ρύπανσης από τα πλοία.

5.3.1 Μάθημα εκπαίδευσης εκπαιδευτών (EESO-TTT) και το έργο MariEMS

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΙΜΟ) τα τελευταία χρόνια έχει δημιουργήσει ένα μάθημα εκπαίδευσης στην ενεργειακά αποδοτική λειτουργία πλοίου (EESO-TTT). Το πρόγραμμα MariEMS ξεκίνησε για τους υποψήφιους εκπαιδευόμενους αυτού του μαθήματος και επίσης για χρήση από το πλήρωμα του πλοίου, ιδιαίτερα για όσους έχουν άμεση ευθύνη για την ενεργειακή διαχείριση και την αποτελεσματική λειτουργία του πλοίου. Το MariEMS είναι κατά κύριο λόγο ένα ηλεκτρονικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα που αποτελείται από δύο μαθήματα, ένα σύντομο μάθημα διάρκειας μίας εβδομάδας για τους πιο έμπειρους ναυτικούς και ένα μάθημα 60 ωρών για τους υποψηφίους αξιωματικούς πλοίων. Το έργο προσφέρει αρκετά μαθησιακά αποτελέσματα. Το πρώτο βασικό αποτέλεσμα είναι ο σχεδιασμός των προδιαγραφών για τον ρόλο που αναμένεται να διαδραματίσει ο εκπαιδευόμενος στο μάθημα EESO-TTT του ΙΜΟ και το δεύτερο είναι η προδιαγραφή για το πρόγραμμα εκπαίδευσης των εκπαιδευομένων με παρόμοιο τρόπο που το EESO-TTT ήταν για τους εκπαιδευτές. Για τον σκοπό αυτό, έχει εξασφαλιστεί η πλήρης χρήση του περιεχομένου του EESO-TTT, έτσι ώστε οι εκπαιδευτές και οι εκπαιδευόμενοι να χρησιμοποιούν ένα κοινό υλικό διδασκαλίας/εκμάθησης.

Επί του παρόντος δεν υπάρχει κάποια στρατηγική κατάρτισης και προδιαγραφές στην ενεργειακή διαχείριση πλοίου για τους ναυτικούς ή τους υποψηφίους και τον ρόλο που είναι σκόπιμο να διαδραματίζουν όλοι όσοι βρίσκονται επί του πλοίου για την μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και της ρύπανσης που προκύπτουν. Επιπλέον, δεν υπάρχουν προδιαγραφές κατάρτισης για τους υποψήφιους εκπαιδευόμενους/μέλη της ομάδας ενεργειακής απόδοσης και έτσι τα υφιστάμενα μέλη του πληρώματος μαθαίνουν «στον χώρο εργασίας» πώς να εφαρμόζουν αυτούς τους νέους κανονισμούς όσο καλύτερα μπορούν, πράγμα που δεν αποτελεί αποτελεσματική μέθοδο εφαρμογής αυτών των κανονισμών και που φυσικά σημαίνει ότι τα καλύτερα αποτελέσματα δεν επιτυγχάνονται μέχρι στιγμής.

Σκοπός αυτής της Στρατηγικής Εταιρικής Σχέσης είναι η ανάπτυξη μιας στρατηγικής και προδιαγραφών κατάρτισης στον τομέα της διαχείρισης της

ενέργειας και η ανάπτυξη και εφαρμογή ενός ηλεκτρονικού συστήματος αξιολόγησης του νέου εκπαιδευτικού προγράμματος, ώστε οι σημερινοί υποψήφιοι, όπως και οι υπάρχοντες ναυτικοί, να βελτιώσουν τις δεξιότητές τους στις νέες ρυθμιστικές απαιτήσεις του IMO. Οι ανάγκες που θα εκπληρώσει αυτή η πρόταση είναι οι εξής:

1. Η ανάγκη εξειδικευμένου προσωπικού για την εφαρμογή των νέων κανονισμών και τεχνολογιών.
2. Η ανάγκη για ενεργειακή απόδοση που είναι σκόπιμο να υιοθετήσουν οι ναυτιλιακές εταιρείες προκειμένου να επιτευχθούν τα καλύτερα αποτελέσματα μέσω της εξοικονόμησης κόστους που επιτυγχάνεται με την αποδοτικότερη χρήση των καυσίμων κλπ.
3. Η βελτίωση της απασχολησιμότητας και της κινητικότητας σε μια παγκόσμια αγορά εργασίας για τους ναυτικούς και τους υποψηφίους της ΕΕ που αποκτούν τα προσόντα είτε ως μέρος των αρχικών σπουδών τους είτε ως μέρος συνεχιζόμενης εκπαίδευσης και κατάρτισης, εξασφαλίζοντας ότι αυτά είναι επίσης συμβατά με το ECVET.
4. Οι MET εξακολουθούν να προσφέρουν μαθήματα που είναι συναφή και συμμορφώνονται με τους πιο πρόσφατους κανονισμούς και απαιτήσεις του κλάδου.
5. Ολοκλήρωση και ανάπτυξη της ηλεκτρονικής μάθησης και των ψηφιακών δεξιοτήτων στα MET της ΕΕ, έτσι προκειμένου να μπορούν να σχεδιάσουν και να παραδώσουν υλικό ηλεκτρονικής μάθησης και μια ηλεκτρονική πλατφόρμα εκμάθησης. Στις τροποποιήσεις STCW του 2010, ο IMO αναγνώρισε επίσημα την εγκυρότητα της ηλεκτρονικής μάθησης στον ναυτιλιακό τομέα.

Οι εταίροι αναμένουν να συγκεντρώσουν ένα μοναδικό συνδυασμό ακαδημαϊκών και βιομηχανικών εταίρων που θα μπορούν να φέρουν την πολύτιμη και απαραίτητη εμπειρία για τους τύπους πλοίων, την πρόωση, την πλοήγηση πλοίων, τον μετασχηματισμό ενέργειας, τα ηλεκτρικά και μηχανικά μέρη και κυκλώματα, την πιστοποίηση σε εθνικό επίπεδο, την διαπίστευση και την επικύρωση του εκπαιδευτικού υλικού, τις παιδαγωγικές πτυχές της μάθησης και την online εφαρμογή. Οι εταίροι έχουν αναπτύξει ένα σχέδιο βιωσιμότητας και οι δραστηριότητες που περιέχονται σε αυτό το σχέδιο αναμένεται να προσκαλέσουν στην ομάδα του έργου ναυτιλιακές εταιρείες, λιμένες και άλλους σημαντικούς φορείς, συμπεριλαμβανομένων των ναυτιλιακών ιδρυμάτων. Στο πλαίσιο του σχεδίου βιωσιμότητας εντοπίστηκαν αρκετοί τομείς που θα μπορούσαν να συμβάλουν στην μείωση της κατανάλωσης καυσίμων από τα πλοία

καθώς και στην μείωση των επιβλαβών εκπομπών τόσο λόγω της μείωσης της κατανάλωσης καυσίμων όσο και λόγω άλλων μέτρων που εισάγονται για το φιλτράρισμα ή την επανακυκλοφορία / καύση μερικών από τους πιο καταστροφικούς ρύπους χρησιμοποιώντας πλέον καινοτόμα συστήματα όπως είναι τα ακόλουθα: μείωση ταχύτητας πλεύσης, πλεύση με βάση τις καιρικές συνθήκες, πράσινη αιολική και ηλιακή ενέργεια (ρότορες και ηλιακοί συλλέκτες Flettner), χρήση των θαλάσσιων ρευμάτων, ηλεκτρονική ναυσιπλοΐα, διαχείριση έρματος, βελτιστοποίηση κύτους και διαγωγής πλοίου, ολοκλήρωση συστημάτων λιμένα-πλοίου και πλοίου-λιμένα, ολοκλήρωση λιμενικών-οδικών-σιδηροδρομικών-αεροπορικών συστημάτων, διαχείριση επί του πλοίου και εφαρμογών Τεχνητής Νοημοσύνης και Εικονικής Πραγματικότητας, όπως η εικονική άφιξη και αναχώρηση, οι προηγμένες δορυφορικές επικοινωνίες και επικοινωνίες drone, τα δεδομένα Just-In-Time με την χρήση τεχνικών πρόβλεψης νευρωνικών δικτύων.

5.3.2 Καινοτόμες πτυχές του Έργου

Το καινοτόμο χαρακτηριστικό του έργου είναι η ανάπτυξη της πρώτης ευρωπαϊκής στρατηγικής κατάρτισης και προδιαγραφών κυρίως για τους εκπαιδευόμενους/αξιωματικούς/διαχειριστές πλοίων, καθώς και η ανάπτυξη προτύπων και προδιαγραφών για τα προβλεπόμενα μαθήματα κατάρτισης για τους αξιωματικούς πλοίων, τις προδιαγραφές και την πρώτη ηλεκτρονική πλατφόρμα παράδοσης για αυτά τα εκπαιδευτικά μαθήματα και υλικά.

Η έλλειψη δεξιοτήτων που υπάρχει σήμερα μεταξύ της παραδοσιακής εκπαίδευσης και των τελευταίων τεχνολογιών, απαιτήσεων και πρακτικών για την ενεργειακή απόδοση στα πλοία είναι σκόπιμο να αντιμετωπιστεί επείγοντως, ώστε οι υποψήφιοι και οι ναυτικοί να αποκτήσουν τα απαραίτητα προσόντα για την εφαρμογή των πλέον πρόσφατων κανονισμών και τεχνολογιών με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και έτσι να διασφαλιστεί η ενεργειακή αποδοτικότητα και η μείωση των ρύπων που απαιτούνται για να μπορέσει η ΕΕ να επιτύχει τον στόχο μείωσης κατά 20% μέχρι το 2020.

Ένα άλλο καινοτόμο χαρακτηριστικό αυτού του έργου είναι η συμμετοχή της ναυτιλιακής βιομηχανίας στην διαμόρφωση των προαναφερόμενων κύκλων μαθημάτων από το στάδιο των προδιαγραφών. Αναμένεται ότι κάποιος επί του πλοίου ή μέσα σε μια εταιρεία θα αναλάβει τον ρόλο του Διαχειριστή της Ναυτιλιακής Ενέργειας, ο οποίος συνεπάγεται την συμμετοχή όλων των ατόμων επί του πλοίου. Η ομάδα συνεργατών του έργου έχει την ευκαιρία να

ενσωματώσει τις απαιτήσεις της βιομηχανίας στα μαθήματα κατάρτισης ήδη από το στάδιο της ανάπτυξής τους. Επίσης, με την συμμετοχή της βιομηχανίας στο στάδιο σχεδιασμού και ανάπτυξης των μαθημάτων κατάρτισης δίδεται η δυνατότητα να προσαρμόζεται με ακρίβεια το πρόγραμμα εκπαίδευσης στο σημερινό επίπεδο δεξιοτήτων και γνώσεων των ναυτικών που εργάζονται στον κλάδο.

Η ομάδα διαχείρισης ενέργειας του πλοίου είναι πρωτίστως υπεύθυνη για την διαχείριση όλων των πτυχών της ενεργειακής διαχείρισης και της αποτελεσματικότητας στα πλοία. Ο διαχειριστής/συντονιστής της ομάδας είναι σκόπιμο να έχει γνώση, κατανόηση και να εφαρμόζει τις ενεργειακές απαιτήσεις/κανονισμούς του IMO και αναμένεται ότι ο διαχειριστής θα είναι εξοικειωμένος με την εφαρμογή των EEOI και EEDI με συγκεκριμένες γνώσεις σχετικά με τον μετασχηματισμό ενέργειας επί του πλοίου, τις πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της πρόωσης του κινητήρα, της ψύξης θέρμανσης και ούτω καθεξής. Ο διαχειριστής θα είναι σκόπιμο να είναι εξοικειωμένος με τις πρακτικές ISM και τα ειδικά μέτρα της εταιρείας, συμπεριλαμβανομένων πτυχών που σχετίζονται με τυχόν ποιοτικά πρότυπα που ενδέχεται να σχετίζονται με τα πρότυπα ISO 9000/EN 29000 ή με τα ειδικά πρότυπα πλοίων όπως τα ISO 50001 και ISO 14000. Ο διαχειριστής/συντονιστής είναι σκόπιμο να γνωρίζει τις συμβάσεις MARPOL και SOLAS του IMO και άλλα σχετικά πρότυπα, συμπεριλαμβανομένων πτυχών που αφορούν στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Για τον λόγο αυτό, στο πλαίσιο του έργου έχει συνταχθεί μια προδιαγραφή της θέσεως εργασίας ως ένα προσχέδιο για να εξασφαλιστεί ότι λαμβάνονται υπόψη όλα τα σχετικά χαρακτηριστικά για το πρόσωπο που έχει οριστεί για τον συντονισμό της ενεργειακής διαχείρισης του πλοίου.

Και τα δύο μαθήματα κατάρτισης αποτελούνται από τέσσερα μέρη. Το πρώτο μέρος περιλαμβάνει επτά ενότητες: γνώση, κατανόηση και εφαρμογή των απαιτήσεων/κανονισμών ενεργειακής διαχείρισης του IMO, γραμμές αναφοράς EEDI - σημασία, ειδικά μέτρα της εταιρείας, σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας - εσωτερικές και υφιστάμενες απαιτήσεις περιβαλλοντικής προστασίας. Το δεύτερο μέρος αφορά στις δεξιότητες, την εμπειρία και τα προσόντα. Το τρίτο μέρος αφορά στα προσωπικά χαρακτηριστικά και το τέταρτο μέρος αφορά στην διάρκεια της σύμβασης μαζί με τα σημεία που συζητήθηκαν και συμφωνήθηκαν στο σημείο της συνέντευξης. Στο τέλος του μαθήματος οι εκπαιδευόμενοι είναι σε θέση να: προσδιορίζουν, εφαρμόζουν, εκτιμούν και αξιολογούν τα μέτρα

ενεργειακής απόδοσης κάθε είδους πρόωσης και συστημάτων επί του πλοίου και να παρέχουν καθοδήγηση στο πλήρωμα και συμμόρφωση με τις διεθνείς νομοθεσίες και απαιτήσεις.

5.3.3 Αναμενόμενος αντίκτυπος

Σε εθνικό επίπεδο, ο αντίκτυπος του έργου MariEMS είναι να αυξηθεί η ικανότητα των εταιρών MET μέσω της ανάπτυξης της υποδομής ηλεκτρονικής μάθησης και των δυνατοτήτων αυτών των ιδρυμάτων και του προσωπικού τους να χρησιμοποιούν και να λειτουργούν την πλατφόρμα ηλεκτρονικής μάθησης MariEMS και μαθήματα κατάρτισης που θα βοηθήσουν τους MET να παραδώσουν ένα ολοκαίνουργιο πεδίο εκπαίδευσης του Διαχειριστή Ενέργειας, τόσο στους υποψηφίους όσο και στους ήδη καταρτισμένους ναυτικούς, προκειμένου να επιτευχθεί ένα πιο εξειδικευμένο και ικανό ναυτικό εργατικό δυναμικό με εκπαίδευση στις πιο πρόσφατες κανονιστικές απαιτήσεις.

Ένας άλλος εθνικός αντίκτυπος είναι ότι οι υποψήφιοι και οι ναυτικοί που ολοκληρώνουν ένα από τα μαθήματα MariEMS και γίνονται ειδικοί Διαχειριστές/Συντονιστές Ενέργειας θα έχουν μεγάλη ζήτηση από την βιομηχανία καθώς θα επιδιώκεται ο διορισμός Διαχειριστή Ενέργειας σε κάθε πλοίο.

Η ανταλλαγή ορθών πρακτικών και γνώσεων μεταξύ των εταιρών MET, καθώς και μεταξύ των εταιρικών σχέσεων και των διεθνών ναυτιλιακών εταιρειών και λιμένων, καθώς και με τον IMO (170 κράτη μέλη) και διεθνείς οργανισμούς διαπίστευσης και αδειοδότησης θα είναι πραγματικά διεθνής, δεδομένου ότι θα επιτρέψει στην βιομηχανία, στον ακαδημαϊκό κόσμο και στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να ανταλλάξουν γνώσεις και βέλτιστες πρακτικές αμέσως μετά την δημιουργία ενός νέου εκπαιδευτικού πεδίου ούτως ώστε τα αποτελέσματα του MariEMS που αναπτύσσονται ως αποτέλεσμα του σχεδίου να αντανακλούν όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.

Ο διεθνής αντίκτυπος αναμένεται να είναι η μείωση των εκπομπών από τα πλοία και χώρες που θα εκπαιδεύουν και απασχολούν πραγματικά εξειδικευμένους και αποτελεσματικούς Διαχειριστές Ενέργειας. Πιστεύεται ότι η ναυτιλιακή βιομηχανία αντιπροσωπεύει επί του παρόντος περίπου το 50% των εκπομπών CO₂ σε λιμένες με σημαντικό επίπεδο και άλλων επικίνδυνων ρύπων, ιδίως εκτός των ζωνών των Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών και έτσι τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που προορίζονται από τον IMO για να χρησιμοποιηθούν από τους διαχειριστές ενέργειας, όπως η μείωση της κατανάλωσης καυσίμων, θα έχει ως αποτέλεσμα την πτώση των εκπομπών τουλάχιστον κατά 20 έως 30%

(Sahayam, 2013). Το περιβάλλον αποτελεί ένα ζήτημα παγκόσμιου ενδιαφέροντος και έτσι μια τέτοια μείωση των εκπομπών από την ναυτιλιακή βιομηχανία θα έχει επίσης παγκόσμιο αντίκτυπο.

Ένας άλλος διεθνής αντίκτυπος του έργου θα είναι ο σχεδιασμός των πρώτων προδιαγραφών πλήρους κατάρτισης, των μαθημάτων, της πλατφόρμας παράδοσης ηλεκτρονικής μάθησης και δειγματοληπτικών εκπαιδευτικών υλικών για την νέα Ομάδα Διαχείρισης Ενέργειας και στην συνέχεια την υποβολή του στον IMO ως πιθανή βάση για ένα νέο μοντέλο σειρά μαθημάτων. Ο αντίκτυπος της ύπαρξης ενός ενιαίου τυποποιημένου μαθηματικού μοντέλου για την Διαχείριση Ενέργειας θα είναι τεράστιος, διότι πολλοί MET στα κράτη μέλη του IMO προτιμούν να χρησιμοποιούν μοντέλα μαθημάτων του IMO αντί να σχεδιάζουν τα δικά τους μαθήματα από την αρχή. Επί του παρόντος, σχεδόν όλες οι MET χρησιμοποιούν τα μοντέλα μαθημάτων του IMO και έτσι το επίπεδο πρόσληψης και αντίκτυπου που θα μπορούσε να έχει το μοντέλο μαθήματος για την ενέργεια θα μπορούσε να κριθεί σημαντικό. Παρέχοντας την δυνατότητα ανάπτυξης ενός μοντέλου μαθημάτων, το MariEMS θα επιταχύνει το συνολικό χρονοδιάγραμμα της εφαρμογής των προγραμμάτων κατάρτισης στην ενεργειακή διαχείριση, συμπληρώνοντας το μάθημα EESO-TTT του IMO. Τα φιλικά προς τον χρήστη ηλεκτρονικά μαθήματα και η ηλεκτρονική αξιολόγηση θα είναι διαθέσιμα δωρεάν σε οποιοδήποτε μέρος και ανά πάσα στιγμή, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει πρόσβαση στο διαδίκτυο.

Κεφάλαιο 6^ο Ανακεφαλαίωση και συμπεράσματα

Η ραγδαία κλιματική αλλαγή οδήγησε στην επιτακτική ανάγκη θέσπισης Κανονισμών για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Μια από τις πρωταρχικές συντονισμένες προσπάθειες ήταν η δεσμευτικού χαρακτήρα διεθνής συμφωνία γνωστή ως το πρωτόκολλο του Κιότο η οποία είχε ως κύριο σκοπό την δέσμευση των αναπτυγμένων χωρών, οι οποίες είναι κυρίως υπεύθυνες για τα σημερινά επίπεδα των αερίων ρύπων, να λάβουν μέτρα για την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου (GHG).

Στην όλη προσπάθεια κινητοποίησης βοήθησαν οι έρευνες από διάφορους φορείς οι οποίες είχαν ως κύριο στόχο την παρουσίαση της υπάρχουσας κατάστασης μέσα από την ανάλυση δεδομένων όσον αφορά τους αέριους ρύπους. Πέρα από την απεικόνιση της υπάρχουσας κατάστασης, οι εν λόγω έρευνες ανέδειξαν σημαντικές τεχνικές, διαδικασίες και οδηγίες οι οποίες συντελούν με τη σειρά τους στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των υπαρχόντων αλλά και των υπό κατασκευή πλοίων.

Επίσης, οι έρευνες έθιξαν και την πτυχή της λειτουργικής διαχείρισης των πλοίων και αυτό διότι με την επιλογή βέλτιστων διαδρομών με καλύτερες καιρικές συνθήκες, μείωση της ταχύτητας πλεύσης και χρόνου αναμονής στα λιμάνια όπου αυτό είναι δυνατό και χρήση ποιοτικότερων καυσίμων μπορούν να επιτευχθούν σημαντικές βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση των πλοίων και κατά συνέπεια μείωση των αερίων του θερμοκηπίου.

Έτσι λοιπόν κατέστη επιτακτική η ανάγκη δημιουργίας και υιοθέτησης ενεργειακών δεικτών από τους αρμόδιους φορείς (π.χ IMO) σύμφωνα με τους οποίους θα υπάρχει η δυνατότητα ποσοτικοποίησης των δεδομένων μέσω της καταγραφής και επεξεργασίας τους, προκειμένου να οριστούν σημεία αναφοράς και όρια για κάθε κατηγορία πλοίου με στόχο την συνεχόμενη βελτίωσή τους με την πάροδο του χρόνου. Ο λόγος γίνεται για τον σχεδιαστικό Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας EEDI και για τον Δείκτη Λειτουργικής Ενεργειακής Αποδοτικότητας EEOI.

Η Ναυτιλιακή Εταιρεία ανάλογα την διαθεσιμότητα των πόρων της μπορεί να εξοικονομήσει καύσιμα προσαρμόζοντας το πρόγραμμα φόρτωσης και εκφόρτωσης αλλά και τον αριθμό των λιμανιών που επισκέπτεται το πλοίο. Η εξοικονόμηση έστω και κατά 1% σε ποσότητα καυσίμων αντιστοιχεί σε σημαντικά ποσά χρημάτων για τις ναυτιλιακές εταιρείες και φυσικά ισχυροποιείται η ηγετική

θέση της στην περιβαλλοντικά φιλικότερη μεταφορά παγκοσμίως.

Λόγω, της δυσκολίας επιλογής ταξιδιών πάντα με ιδανικά χαρακτηριστικά προτείνεται οι διαχειριστές των πλοίων να εστιάσουν στη χρήση τεχνικών και τεχνολογίας, ειδικά στα μικρότερα σε μέγεθος πλοία (Aframax, MR) όπου εμφανίζονται λιγότερο αποδοτικά, προκειμένου να μειώσουν τις υψηλές καταναλώσεις σε σημαντικό βαθμό, κάτι το οποίο πρόκειται να αποφέρει σχετικά γρήγορη απόσβεση.

Πιο συγκεκριμένα, μπορούν να γίνουν παρεμβάσεις με εφαρμογή τεχνολογιών όπως:

- Χρήση λαμπτήρων προηγμένης τεχνολογίας τύπου LED

Η χρήση ενεργειακά αποδοτικού φωτισμού τύπου LED αντί των συμβατικών λαμπτήρων συμβάλλει στην μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, επιτυγχάνοντας έως και 60% λιγότερη κατανάλωση ενέργειας και κατά συνέπεια τη λιγότερη κατανάλωση καυσίμου της γεννήτριας. Επίσης, οι λαμπτήρες τύπου LED έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής μειώνοντας έτσι και το κόστος συντήρησης των φωτιστικών σωμάτων μακροχρόνια.

- Χρήση ενεργειακά αποδοτικών ηλεκτροκινητήρων

Με τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών ηλεκτροκινητήρων επιτυγχάνεται μείωση της απώλειας ισχύος σε σχέση με τους συμβατικούς ηλεκτροκινητήρες κυρίως λόγω μείωσης του σιδήρου, μείωσης της αντίστασης του στάτορα και ρότορα εξαιτίας του βαθμού των αναπτυσσόμενων τριβών. Έτσι οι συγκεκριμένοι κινητήρες παρέχουν καλύτερη απόδοση σε χαμηλότερη θερμοκρασία και η ροπή εκκίνησης που απαιτείται είναι σχετικά μικρότερη από αυτή των συμβατικών κινητήρων, γεγονός που τους καθιστά ενεργειακά πιο αποδοτικούς.

- Χρήση συστήματος ανάκτησης ενέργειας Slip Power

Το σύστημα Slip Power είναι ουσιαστικά ένα δακτυλίδι το οποίο προσαρμόζεται σε περιστροφικούς μηχανισμούς του πλοίου (π.χ. στο βαρούλκο για την άγκυρα του πλοίου) ώστε μέσω της περιστροφικής κίνησης να γίνεται η συλλογή της περίσσειας ενέργειας και η μετατροπή της σε ηλεκτρική.

- Χρήση ενεργειακά αποδοτικών μετασχηματιστών.

Οι συγκεκριμένοι μετασχηματιστές εξοικονομούν έως και 70% περισσότερη ενέργεια σε σχέση με τους συμβατικούς. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως άμορφα υλικά, και κράμα μετάλλου-γυαλιού για τον πυρήνα. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα αυτού του τύπου μετασχηματιστών είναι ότι παρέχουν υψηλή απόδοση ακόμα και σε χαμηλά φορτία. Ενδεικτικά στο 35% φορτίου μπορεί να επιτευχθεί περίπου 98% απόδοση.

- Χρήση ηλεκτρονικών σταθεροποιητών φωτισμού (electronic ballast)

Η Χρήση του ηλεκτρονικού σταθεροποιητή έχει εφαρμογή στα πλοία που εξακολουθούν να χρησιμοποιούν συμβατικούς λαμπτήρες φθορισμού .Η συσκευή αυτή χρησιμοποιείται για να ελέγχει την τάση εκκίνησης και το ρεύμα λειτουργίας του φωτισμού βοηθώντας στην εξάλειψη του φαινομένου τρεμοπαίγματος και βουητού των λαμπτήρων φθορισμού. Επίσης ο σταθεροποιητής λειτουργεί το λαμπτήρα σε συχνότητες 40-50 khz αντί 60 Hz γεγονός το οποίο αυξάνει τη διάρκεια ζωής και μειώνει την κατανάλωση έως και 40%.

- Χρήση υβριδικού υπερσυμπιεστή.

Ο υβριδικός υπερσυμπιεστής κινείται μέσω της ανάκτησης της ενέργειας των καυσαερίων, η οποία με τη σειρά της θα δώσει συμπιεσμένο καθαρό αέρα στην κύρια μηχανή και συγχρόνως παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από την όλη περιστροφική διαδικασία μέσω ενός ενσωματωμένου εναλλάκτη .

- Χρήση νέας τεχνολογίας.

Έλικες, πηδάλια και υδροδυναμικά βοηθήματα (aht nozzle, mew's duct, rudder bulb), που βελτιώνουν την αποδοτικότητα της ώσης και κατά συνέπεια εξασφαλίζουν μειωμένη κατανάλωση καυσίμου.

Βιβλιογραφία

- Adland, R., Alger, H., Banyte, J., & Jia, H. (2017). Does fuel efficiency pay? Empirical evidence from the drybulk timecharter market revisited. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 95, 1-12.
- Agnolucci, P., Smith, T., & Rehmatulla, N. (2014). Energy efficiency and time charter rates: Energy efficiency savings recovered by ship owners in the Panamax market. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 66, 173-184.
- Al-Mulali, U., & Sab, C. N. B. C. (2012). The impact of energy consumption and CO2 emission on the economic growth and financial development in the Sub Saharan African countries. *Energy*, 39(1), 180-186.
- Attah, E. E., & Bucknall, R. (2015). An analysis of the energy efficiency of LNG ships powering options using the EEDI. *Ocean Engineering*, 110, 62-74.
- Ballou, P. J. (2013). Ship energy efficiency management requires a total solution approach. *Marine Technology Society Journal*, 47(1), 83-95.
- Bellassen, V., Stephan, N., Afriat, M., Alberola, E., Barker, A., Chang, J. P., ... & Foucherot, C. (2015). Monitoring, reporting and verifying emissions in the climate economy. *Nature Climate Change*, 5(4), 319.
- Bing, L., Akintoye, A., Edwards, P. J., & Hardcastle, C. (2005). The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in the UK. *International Journal of project management*, 23(1), 25-35.
- Blanco-Davis, E., & Zhou, P. (2016). Life Cycle Assessment as a complementary utility to regulatory measures of shipping energy efficiency. *Ocean Engineering*, 128, 94-104.
- Chlomoudis, C. I., Kostagiolas, P. A., & Pallis, A. A. (2010). A study for Risk and Safety Systems Implementation in the Port Industry: A Review of the Literature.
- Cichowicz, J., Theotokatos, G., & Vassalos, D. (2015). Dynamic energy modelling for ship life-cycle performance assessment. *Ocean Engineering*, 110, 49-61.

- Devanney, J. (2011). The impact of the energy efficiency design index on very large crude carrier design and CO₂ emissions. *Ships and offshore structures*, 6(4), 355-368.
- Devanney, J., & Beach, S. (2010). EEDI—a case study in indirect regulation of CO₂ pollution. Center for Tankship Excellence, Version, 1.
- DNV Report, (2014). [ONLINE] Available at: <http://www.dnv.nl/binaries/shipping>
- Duplex, P. Novel application of large area propeller to optimize Energy Efficiency Design Index (EEDI) of ships.
- Eide, M. S., Endresen, Ø., Skjong, R., Longva, T., & Alvik, S. (2009). Cost-effectiveness assessment of CO₂ reducing measures in shipping. *Maritime Policy & Management*, 36(4), 367-384.
- Faber, J., Behrends, B. and Nelissen, D. (2011) *Analysis of marginal abatement cost curves*
- Figari, M. X., D'Amico, M., & Gaggero, P. (2011). Evaluation of ship efficiency indexes. In *Sustainable Maritime Transportation and Exploitation of Sea Resources* (Vol. 621, No. 627, pp. 621-627). ROUTLEDGE in association with GSE Research.
- Gençsü, I., & Hino, M. (2015). Raising ambition to reduce international aviation and maritime emissions. In *Contributing paper for Seizing the global opportunity: partnerships for better growth and a better climate*. New Climate Economy London and Washington, DC.
- Grifoll, M., Jordà, G., Borja, Á., & Espino, M. (2010). A new risk assessment method for water quality degradation in harbour domains, using hydrodynamic models. *Marine Pollution Bulletin*, 60(1), 69-78.
- Hoffmann, P. N., Eide, M. S., & Endresen, Ø. (2012). Effect of proposed CO₂ emission reduction scenarios on capital expenditure. *Maritime Policy & Management*, 39(4), 443-460.
- IMO, (2008). International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) 73/78, Annex VI amendment by Resolution MEPC. 176(58). London: 2008.
- IMO, (2014). *MEPC 67/INF.3 Marine Environment Protection Committee 67th*

- session. Reduction of GHG emissions from ships third IMO GHG study 2014 – final report.* Londres: Julio 2014.
- Johnson, H., Johansson, M., & Andersson, K. (2014). Barriers to improving energy efficiency in short sea shipping: an action research case study. *Journal of Cleaner Production*, 66, 317-327.
- Johnson, H., Johansson, M., Andersson, K., & Södahl, B. (2013). Will the ship energy efficiency management plan reduce CO2 emissions? A comparison with ISO 50001 and the ISM code. *Maritime Policy & Management*, 40(2), 177-190.
- Jung, R. T. (2011). Recent International Development on the Technical and Operational Measures of IMOs CO 2 Emission Control From Ships. *Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy*, 14(1), 65-71.
- Karim, S. (2013). Climate change and IMO technical and operational measures for reduction of emissions of greenhouse gas from ships.
- Knapp, S., Bijwaard, G., & Heij, C. (2011). Estimated incident cost savings in shipping due to inspections. *Accident Analysis & Prevention*, 43(4), 1532-1539.
- Kollamthodi, S., Brannigan, C., Harfoot, M., Skinner, I., Whall, C., Lavric, L., Noden, R., Lee, D., Buhaug, O., Maritnussen, K., Skejic, R., Valberg, I., Brembo, J., Eyring, V. and Faber, J. (2008). *Greenhouse gas emissions from shipping: trends, projections and abatement potential*, final report to the Shadow Committee on Climate Change, AEA Energy Didcot, September 3.
- Kontovas, C. A., & Psaraftis, H. N. (2009). Formal safety assessment: a critical review. *Marine technology*, 46(1), 45-59.
- Lee, Y. C., & Doo, H. W. (2011). A Study on the IMO Regulations regarding GHG Emission from Ships and its Implementation. *Journal of Navigation and Port Research*, 35(5), 371-380.
- Loeb, P. D., Talley, W. K., & Zlatoper, T. J. (1994). *Causes and deterrents of transportation accidents: An analysis by mode.*

- Lu, R., Turan, O., Boulougouris, E., Banks, C., & Incecik, A. (2015). A semi-empirical ship operational performance prediction model for voyage optimization towards energy efficient shipping. *Ocean Engineering*, *110*, 18-28.
- MARPOL 73/78 Revised Annex VI.
- Mohamed Shaluf, I. (2007). An overview on disasters. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, *16*(5), 687-703.
- NOx Technical Code, (2008). *IMO MEPC.230(65)*, [ONLINE] Available at: <http://www.imo.org/en/ourwork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages>
- Oldham, C. A., Scott, C. E., & Voss, J. (2012). *U.S. Patent No. 8,285,506*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Poulsen, R. T., Ponte, S., & Lister, J. (2016). Buyer-driven greening? Cargo-owners and environmental upgrading in maritime shipping. *Geoforum*, *68*, 57-68.
- Prpić-Oršić, J., & Faltinsen, O. M. (2012). Estimation of ship speed loss and associated CO2 emissions in a seaway. *Ocean Engineering*, *44*, 1-10.
- Psaraftis, H. N., & Kontovas, C. A. (2010). Balancing the economic and environmental performance of maritime transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *15*(8), 458-462.
- Psaraftis, H. N., & Kontovas, C. A. (2013). Speed models for energy-efficient maritime transportation: A taxonomy and survey. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *26*, 331-351.
- Rodrigo de Larrucea, J. (2013). Energy efficiency design index (EEDI).
- Rodrigue, J. P., Notteboom, T., & Pallis, A. A. (2011). The financialization of the port and terminal industry: revisiting risk and embeddedness. *Maritime Policy & Management*, *38*(2), 191-213.
- Rojon, I., & Smith, T. W. P. (2014). On the attitudes and opportunities of fuel consumption monitoring and measurement within the shipping industry and the identification and validation of energy efficiency and performance interventions.
- Sahayam, N. B. V. (2014). *Strategic Analysis of IdealShip, Masters Internship Report*, MBA International Business (2013-2014), Coventry University,

2014.

- Schinas, O., & Stefanakos, C. N. (2014). Selecting technologies towards compliance with MARPOL Annex VI: the perspective of operators. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 28, 28-40.
- Schröder-Hinrichs, J. U., Hollnagel, E., Baldauf, M., Hofmann, S., & Kataria, A. (2013). Maritime human factors and IMO policy. *Maritime Policy & Management*, 40(3), 243-260.
- Scott, J., Smith, T., Rehmatulla, N., & Milligan, B. (2017). The Promise and Limits of Private Standards in Reducing Greenhouse Gas Emissions from Shipping. *Journal of environmental law*, 29(2), 231-262.
- Shi, Y. (2016). Reducing greenhouse gas emissions from international shipping: Is it time to consider market-based measures?. *Marine Policy*, 64, 123-134.
- Srikanth, S. N., & Venkataraman, R. (2007). Strategic risk management in ports. *BE Bichou. K, Risk Management in Port Operations, Logistics and Supply Chain Security*, 335-345.
- Stevens, L., Sys, C., Vanelslander, T., & Van Hassel, E. (2015). Is new emission legislation stimulating the implementation of sustainable and energy-efficient maritime technologies?. *Research in Transportation Business & Management*, 17, 14-25.
- Sustainable Shipping News, (2012). *Engine room 'revolution' pays off at DFDS: encourages crew to help achieve bunker fuel savings*, Petromedia Ltd, London.
- Taudal Poulsen, R., Rivas Hermann, R., & Smink, C. K. Do ecolabels lead to better environmental outcomes in the international shipping industry?.
- UPDATE, P. (2018). THE INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION'S INITIAL GREENHOUSE GAS STRATEGY. POLICY.
- Worrell, E., Blinde, P., Neelis, M., Blomen, E., & Masanet, E. (2011). Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the US iron and steel industry an ENERGY STAR (R) guide for energy and plant managers.
- Worrell, E., Kermeli, K., & Galitsky, C. (2013). Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Cement Making an ENERGY STAR® Guide for Energy and Plant Managers.
- Ziarati, R., Akdemir. B (2015). *LEANSHIP - Design and Development of a High*

Fidelity Integrated Ship Management System for Matching Engine Operations to Sea and Air Conditions, AVTECH 15, 3rd International Automotive and Vehicle Technologies conference Processing, DAKAM, Istanbul, Turkey, 23-24 November 2015.

Ziarati, R., Yucel Akdemir, B. (2016). MariEMS – Maritime Energy and Management System, *Marifuture*, 2016.

Ziarati, R., Ziarati, M., and Koivisto, H. (2013). Ideal Ship – Proposal to develop the next generation of ship command structures. *International Association of Maritime Universities (IAMU)*, 2013.

