

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



ΔΠΜΣ: Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία
Διπλωματική Εργασία

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΑ ΠΟΝΤΟΠΟΡΑ ΠΛΟΙΑ

Γρίβα Αθανασία

ΜΝΣΝΔ21010

Επιβλέπων:

Ευθύμιος Παριώτης

Αναπληρωτής Καθηγητής Σ.Ν.Δ.

Πειραιάς

Φεβρουάριος 2024

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ / ΖΗΤΗΜΑΤΑ COPYRIGHT

Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας των πιθανών συνεπειών 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 ΕΔιΕ του ΔΠΜΣ σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του ΔΠΜΣ ‘Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία’

Τα μέλη της επιτροπής ήταν:

ΜΕΛΟΣ Α: Παριώτης Ευθύμιος (Αναπληρωτής Καθηγητής ΣΝΔ, Επιβλέπων)

ΜΕΛΟΣ Β: Κατσάνης Ιωάννης (Αναπληρωτής Καθηγητής ΣΝΔ)

ΜΕΛΟΣ Γ: Ζάννης Θεόδωρος (Αναπληρωτής Καθηγητής ΣΝΔ)

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

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ.Παριώτη Ευθύμιο για την άμεση βοήθειά του για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για όλη την υποστήριξη που μου χάρισε.

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας Σχημάτων	3
Κατάλογος Πινάκων.....	4
Περίληψη	5
Abstract.....	6
1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	7
1.1 Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης (Energy Management System-EMS)	7
1.2 Αναγκαιότητα EMS	10
1.3 Συμβολή IMO για διαχείριση εξοικονόμησης ενέργειας στα πλοία.....	12
1.4 Διάκριση μεταξύ συστήματος -πλάνου ενεργειακής διαχείρισης	13
2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ISO 50001	14
2.1 Αναφορά ISO 50001 και οφέλη.....	14
2.2 Διαφορές-Κοινά στοιχεία των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης	17
2.3 Στάδια Υλοποίησης ενός Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης-Ανάλυση κάθε σταδίου.....	18
3. ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	19
3.1 Εισαγωγή.....	19
3.2 Ανάλυση του ενεργειακού δείκτη EEDI.....	22
3.3 Δείκτης ΕΕΟΙ & Βήματα Υπολογισμού	24
3.4 Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Αποδοτικότητας Πλοίου (Ship Energy Efficiency Management Plan).....	26
3.5 Σύστημα MRV – Σύστημα ελέγχου DCS	33
4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΑ ΠΟΝΤΟΠΟΡΑ ΠΛΟΙΑ.....	35
4.1 Εφαρμογή Δείκτη EEDI στα πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου (LNG).....	36
4.2 Εφαρμογή Δείκτη ΕΕΟΙ σε σύστημα ενεργειακής διαχείρισης πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου (Bulk Carrier).....	49
5. ΟΔΗΓΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΕ ΠΟΝΤΟΠΟΡΑ ΠΛΟΙΑ.....	51
5.1 Ανάλυση οδηγού σχεδιασμού και εφαρμογής EMS-ABS Guide.....	52
5.2 Οδηγός σχεδιασμού EMS για δεξαμενόπλοια βάση της Intertanko.....	56
6. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	58
6.1 Λογισμικό Kongsberg & Marorka.....	59
6.2 Λογισμικό ΚΥΜΑ.....	64
6.3 Λογισμικό ΝΑΡΑ	70
6.4 Συγκριτική Αξιολόγηση.....	73
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	75

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1: Διάγραμμα Ποής ISO: 50001

Σχήμα 2: PCDA Approach

Σχήμα 3: Energy Management Systems-Requirements with Guidance for Use

Σχήμα 4: Diagram showing the IMO's plan for ship improvements from 2013-2050

Σχήμα 5 : Explanation of EEDI parts

Σχήμα 6: Basic concept of SEEMP

Σχήμα 7: Energy management system model for the International Standard of ISO 50001

Σχήμα 8: The four stages of SEEMP

Σχήμα 9: Traditional Ice breaking bow

Σχήμα 10: Phase 0 (0% improvement) January 2013- August 2015

Σχήμα 11: Phase 1 (10% improvement) September 2015- December 2015

Σχήμα 12: Phase 2 (20% improvement) January 2020- December 2024

Σχήμα 13: Phase 3 (30% improvement) January 2025 onwards

Σχήμα 14: Η σχέση μεταξύ της ταχύτητας του πλοίου και του δείκτη EEOI

Σχήμα 15: Η σχέση του ταξιδιού (ναυτικά μίλια) και του δείκτη EEOI

Σχήμα 16: Η σχέση του όγκου του φορτίου και του δείκτη EEOI

Σχήμα 17: Kongsberg Energy Management System

Σχήμα 18: Η λύση του λογισμικού Marorka: Ανάλυση δεδομένων και υποστήριξη των αποφάσεων

Σχήμα 19: Marorka Onboard- Μια ολοκληρωμένη τεχνολογική πλατφόρμα ενεργειακής διαχείρισης

Σχήμα 20: Ενσωμάτωση συστήματος Marorka σε άλλα συστήματα

Σχήμα 21: Πληροφορίες της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου μέσω του Marorka Portal

Σχήμα 22: Παράδειγμα λογισμικού Kyma

Σχήμα 23: Διαγνωστικό εργαλείο λογισμικού Kyma

Σχήμα 24: NAPA Fleet Intelligence

Σχήμα 25: NAPA Voyage Optimization

Σχήμα 26: ClassNK-NAPA GREEN

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 : Σύγκριση SEEMP με ISM και EMS

Πίνακας 2: Compliance of EEDI based on Ice class regulations

Πίνακας 3: EEDI formulas for LNGs

Πίνακας 4: LNGC's EEDI compliance

Πίνακας 5: Διαστάσεις ενός bulk carrier

Πίνακας 6: Παραδείγματα εταιριών που πωλούν λογισμικό για την ανάλυση της ενεργειακής επίδοσης

Περίληψη

Η εν λόγω διπλωματική εργασία ασχολείται με τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης στα ποντοπόρα πλοία. Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύεται το σύστημα EMS και κάποιες γενικές πληροφορίες σχετικά με αυτό, καθώς και ποια ήταν η καθοριστική συμβολή του IMO για τη διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας στα πλοία. Εν συνεχεία, στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο σύστημα ενεργειακής διαχείρισης ISO 50001 και αναλύεται το κάθε στάδιο υλοποίησής του. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στους δείκτες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης, δηλαδή τους δείκτες EEDI, EEOI, SEEMP και MRV. Συνεχίζοντας, στο τέταρτο κεφάλαιο βλέπουμε την εφαρμογή του δείκτη EEDI σε πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου καθώς και την εφαρμογή του δείκτη EEOI σε πλοία μεταφοράς χύδην φορτίων. Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση του οδηγού σχεδιασμού και εφαρμογής του EMS σύμφωνα με τον ABS Guide και για τα δεξαμενόπλοια (tankers) η εφαρμογή του EMS σύμφωνα με την Intertanko. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα εμπορικά προϊόντα που υποστηρίζουν την υλοποίηση των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης και εξάγονται συμπεράσματα/κριτικές σκέψεις στο σύνολο της εργασίας.

Λέξεις – Κλειδιά

Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης, Σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής αποδοτικότητας πλοίου, ISO 50001, Δείκτες ενεργειακής απόδοσης

Abstract

This dissertation deals with energy management systems on ocean-going ships. The first chapter analyzes the EMS system and some general information about it, as well as what was the decisive contribution of the IMO to the management and energy efficiency on ships. In the second chapter, reference is made to the ISO 50001 energy management system and we are analyzing each stage of its implementation. In the third chapter, extensive reference is made to the indicators used in energy management systems, i.e. the EEDI, EEOI, SEEMP and MRV indicators. In continuation, in the fourth chapter we depict whether it is possible to apply the EEDI index to ships transporting liquefied natural gas (LNG) traveling in the northern seas, as well as the implementation of EEOI index on bulk carriers. In the fifth chapter, the EMS planning and application guide is analyzed according to the ABS Guide and for tankers the EMS application according to Intertanko. Finally, in the sixth chapter, the commercial products that support the implementation of energy management systems are presented and conclusions/critical thoughts are raised.

Keywords:

Energy Management Systems, Ship Energy Management Plan, ISO 50001, Energy Management Indicators

1. ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

1.1 Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης (Energy Management System- EMS)

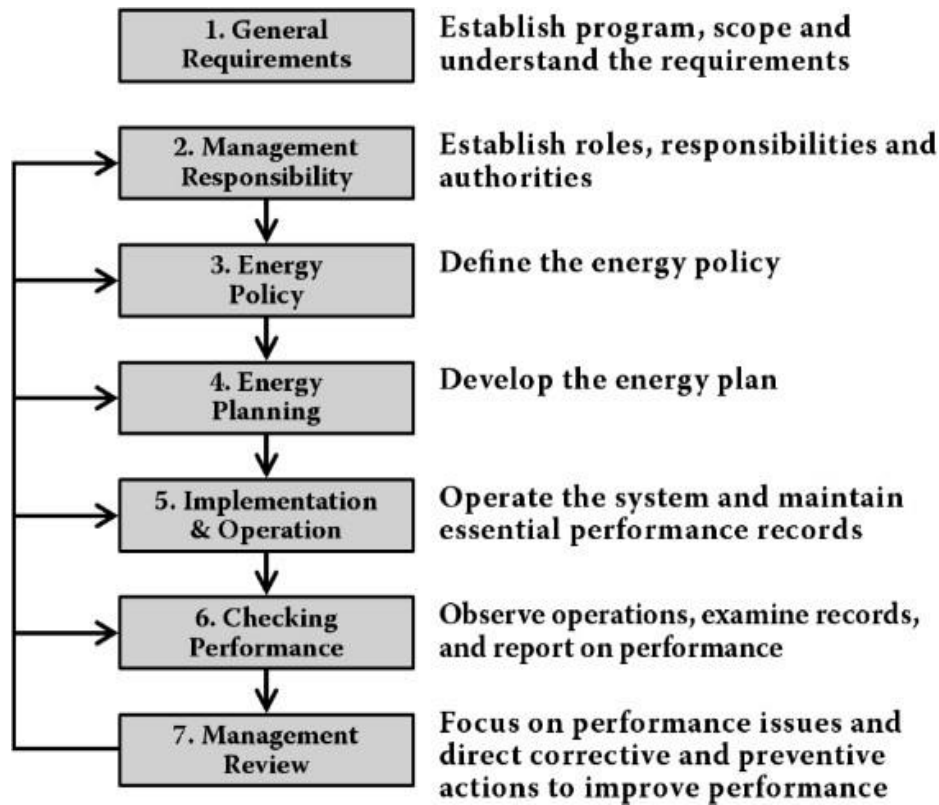
Το σύστημα ενεργειακής διαχείρισης είναι η δομή που υιοθετεί ένας οργανισμός ώστε να συντονίσει τις ενέργειές του με σκοπό να επιτύχει τη βέλτιστη ενεργειακή αποδοτικότητα. Όπως είναι προφανές, η αποτελεσματική χρήση της ενέργειας συμβάλλει στην αύξηση των κερδών με τη μείωση του κόστους. Βλέποντας τα τωρινά δεδομένα, καταλαβαίνουμε πως η πρόσβαση στην ενέργεια γίνεται ολοένα πιο δαπανηρή και επιζήμια για το περιβάλλον.

Η αποτελεσματική χρήση του συστήματος διαχείρισης ενέργειας είναι εφικτό να βοηθήσει τις εταιρίες/πλοία να διαχειριστούν την ενεργειακή τους χρήση με βιώσιμο τρόπο. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τα εξής τρία στοιχεία:

- Μειωμένο κόστος
- Μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Αυξημένη ανταγωνιστικότητα

Ο Διεθνής Οργανισμός Πιστοποίησης (International Organization for Standardization - ISO) είναι ένας οργανισμός που θέτει κάποιες προδιαγραφές όπως το ISO 50001: Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας (Energy Management System – EMS). Το συγκεκριμένο πρότυπο δημιουργήθηκε το 2010, έχοντας ως σκοπό να καθορίσει διαδικασίες ώστε να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση. Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και η μείωση του ενεργειακού κόστους είναι κάποια αποτελέσματα του προτύπου αυτού.

Το παρακάτω διάγραμμα ροής παραθέτει τα 7 επίπεδα του Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας:



Σχήμα 1: Διάγραμμα Ροής ISO: 50001 (TUV UK Ltd, 2014)

- I. Γενικές απαιτήσεις (General Requirements): Ο οργανισμός πρέπει να εφαρμόζει και να βελτιώνει το Σύστημα Ενεργειακής του Διαχείρισης σύμφωνα με το πρότυπο ISO 50001.
- II. Ευθύνες της διοίκησης (Management Responsibility): Η αποτελεσματικότητα του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης βελτιώνεται μέσω των ανώτερων μελών της Διοίκησης.

- III. Ενεργειακή πολιτική (Energy Policy): Η συνεχής προσπάθεια βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, οι διαθέσιμες πληροφορίες και η συμμόρφωση με τους κανονισμούς που σχετίζονται με την ενέργεια χαρακτηρίζουν την ενεργειακή πολιτική.

- IV. Ενεργειακός σχεδιασμός (Energy Planning): Με τον ενεργειακό σχεδιασμό εξασφαλίζεται το νομικό πλαίσιο που αφορά την ενέργεια.

- V. Εφαρμογή και λειτουργία (Implementation and Orientation): Όλοι οι εργαζόμενοι θα πρέπει να έχουν τις κατάλληλες γνώσεις, ώστε η χρήση της ενέργειας να έχει επιδρά θετικά στο Σχέδιο Ενεργειακής Διαχείρισης.

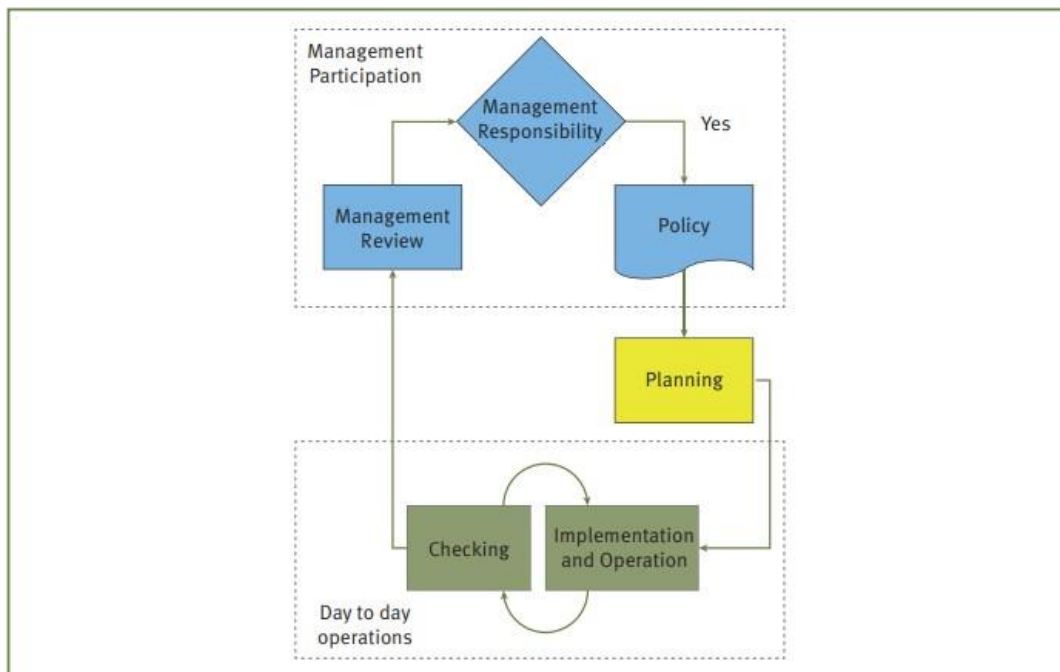
- VI. Έλεγχος απόδοσης (Checking Performance): Αφορά την συλλογή πληροφοριών σχετικά με την ενέργεια, την εξαγωγή αποτελεσμάτων και εσωτερικό έλεγχο.

- VII. Αξιολόγηση από τη Διοίκηση (Management Review): Στο τελευταίο αυτό στάδιο, έργο της Διοίκησης είναι η αξιολόγηση του Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης, με σκοπό την αναθεώρηση των στόχων της και της ύπαρξης περιθωρίων βελτίωσης (TUV UK ltd, 2014)

1.2 Αναγκαιότητα EMS

Η διαχείριση ενέργειας έχει ως σκοπό να βελτιώνει συνεχώς την ενεργειακή απόδοση του οργανισμού και να διατηρεί αυτές τις βελτιώσεις.

Η προσέγγιση Plan – Do – Check – Act (PDCA) αντικατοπτρίζεται στα υπάρχοντα πρότυπα όπως φαίνεται παρακάτω στο σχήμα II.



Σχήμα 2: PCDA Approach (United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 2015)

Η εφαρμογή ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης είναι μια συνεχής διαδικασία management. Αυτό που έχει σημασία είναι τα αποτελέσματα του συστήματος, δηλαδή η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε καθημερινή βάση.

Στο σχήμα 2 φαίνεται ένας συνολικός κύκλος που ξεκινά με τη δέσμευση της διοίκησης. Χωρίς αυτή τη δέσμευση, το σύστημα θα δυσκολευτεί να είναι αποτελεσματικό, αφού αυτό εμφανίζεται ως σημείο απόφασης.

Συνεχίζοντας, ο κύκλος αναπτύσσει έναν σχεδιασμό, μια εφαρμογή και έναν έλεγχο διαχείρισης. Το πιο κρίσιμο σημείο για την επιτυχία ενός αποτελεσματικού συστήματος διαχείρισης ενέργειας είναι η πραγματική δέσμευση από τη διοίκηση.

Επίσης, η ανάπτυξη πληροφοριών είναι μια βασική δραστηριότητα που αφορά την ενεργειακή απόδοση και προσδιορίζονται όλες οι απαιτούμενες ενέργειες για τη βελτίωσή της, όπως είναι οι καθημερινές λειτουργίες και η παρακολούθηση της απόδοσης.

Επιπροσθέτως, παρακάτω αναφέρονται τα ακόλουθα άμεσα οφέλη από την συστηματική προσέγγιση διαχείρισης ενέργειας, τα οποία είναι τα εξής:

- Εξοικονόμηση κόστους ενέργειας
- Μειωμένες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου
- Μειωμένο αποτύπωμα άνθρακα
- Αυξημένη ενεργειακή ευαισθητοποίηση του προσωπικού
- Μεγαλύτερη χρήση γνώσης και ευκαιρίες για βελτίωση
- Ενημερωμένες διαδικασίες λήψης αποφάσεων
- Μειωμένη αβεβαιότητα καθώς γίνεται καλύτερα κατανοητή η μελλοντική χρήση ενέργειας (United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 2015)

1.3 Συμβολή IMO για διαχείριση εξοικονόμησης ενέργειας στα πλοία

Ο IMO (International Maritime Organization) έχει καθορίσει τις εννέα βασικές αρχές όπου βασίζονται όλοι οι κανονισμοί και αυτές είναι:

1. Να γίνεται μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂)
2. Να περιλαμβάνουν όλες τις διαφορετικές σημαίες
3. Να είναι κανονισμοί οικονομικά αποδοτικοί
4. Να μην εμποδίζεται ο υγιής ανταγωνισμός
5. Να στοχεύουν στη βιώσιμη ανάπτυξη
6. Να προωθούν την ανάπτυξη και την εφαρμογή νέων τεχνολογιών.
7. Να έχουν διαφάνεια και να είναι εύκολοι στην υιοθέτησή τους.

Ο IMO κατέληξε στις προαναφερθείσες αρχές στην MEPC 57/21 (Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος - Marine Environment Protection Committee) το 2007. Το 2010 ο IMO εισήγαγε μέτρα «Τεχνικά», «Επιχειρησιακά ή Λειτουργικά» και «Οικονομικά» ώστε να συντελέσουν στη μείωση των εκπομπών CO₂. Όσον αφορά τα τεχνικά μέτρα, αυτά υλοποιούνται με τη βελτίωση του εξοπλισμού του πλοίου, τα λειτουργικά μέτρα μέσω των βελτιώσεων στη λειτουργία του πλοίου και τα οικονομικά μέτρα λειτουργούν ως οικονομικά κίνητρα για την εφαρμογή των υπολοίπων μέτρων.

Σύμφωνα με την τροποποίηση του παραρτήματος Annex VI της MARPOL, η διεθνής ναυτιλία από τον Ιανουάριο του 2013 έχει σαν υποχρέωση να υιοθετήσει ένα πακέτο μέτρων ως προς το τεχνικό και το υπηρεσιακό κομμάτι. Η σταδιακή μείωση των εκπομπών του αερίου του θερμοκηπίου έχει ως σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων αποτελεί τον στόχο αυτών των μέτρων. (IMO, 2008)

1.4 Διάκριση μεταξύ συστήματος - πλάνου ενεργειακής διαχείρισης

Το κάθε πρότυπο (SEEMP- Ship Energy Efficiency Management Plan, ISO 50001-EMS και ISM Code-International Safety Management Code) είναι ξεχωριστό. Με βάση αυτό, δημιουργήθηκε ο παρακάτω πίνακας συγκριτικής ανάλυσης:

		SEEMP	ISM	ISO 50001	
1	Top management responsibilities	Missing	Missing	Required	Required
2	Management representative	Missing	Required	Required	Required
3	Policy	Required	Required	Required	Required
4	Energy review and baseline	Mentioned	N/A	Required	Required
5	Plans, goals and indicators	Mentioned	N/A	Required	Required
6	Implementation and responsibilities	Required	Required	Required	Required
7	Competence and training	Mentioned	Required	Required	Required
8	Communication	Mentioned	Required	Required	Required
9	Documentation	Required	Required	Required	Required
10	Design and procurement	Missing	N/A	Required	N/A Not applicable
11	Operational control	Required	Required	Required	Required
12	Monitoring, measurement and analysis	Required	N/A	Required	Required
13	Internal audit	Required	Required	Required	Required
14	Nonconformities	Missing	Required	Required	Required
15	Management review	Required	Required	Required	Required
16	Shipping-specific measures	Mentioned	N/A	N/A	N/A

Πίνακας: Σύγκριση SEEMP με ISM και EMS (Johnson, et al., 2013)

Ένα σημαντικό πεδίο σύγκρισης είναι το να καθορίζεται ένας υπεύθυνος από τη διοίκηση και να τηρεί τους στόχους, να μοιράζει τις ευθύνες και να αξιολογεί.

Το EMS θέτει τους στόχους σε μια ενεργειακή αξιολόγηση, σε αντίθεση με το SEEMP όπου όλη η δράση είναι εθελοντική. Από πλευράς διοίκησης, το να θέτονται οι στόχοι συνεπάγεται στην επίτευξη θετικών αποτελεσμάτων και σε αυτό θα πρέπει να εστιάσει περισσότερο το SEEMP.

Τόσο στο EMS όσο και στο SEEMP περιγράφονται οι απαιτήσεις για την παρακολούθηση της ενεργειακής απόδοσης και τα χρονικά διαστήματα για την παρακολούθηση και την αντιμετώπιση των αποκλίσεων είναι προγραμματισμένα στο EMS.

Άρα αντιλαμβανόμαστε πως το EMS μπορεί να εφαρμοστεί για την ενεργειακή βελτίωση νέων ή ήδη υπαρχόντων εγκαταστάσεων, πράγμα το οποίο είναι αντίθετο με το SEEMP, το οποίο δημιουργείται με βάση τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε πλοίου που περιγράφεται.

2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ISO 50001

2.1 Αναφορά ISO 50001 και οφέλη

Η εκμετάλλευση των πλοίων θα πρέπει να στοχεύει στο να είναι οικονομικά βιώσιμη και περιβαλλοντικά αειφόρος.

Τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης στη ναυτιλία είναι τα παρακάτω:

- ISO 50001: Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης
- ISM Code: Το πιο διακεκριμένο σύστημα διαχείρισης που είναι ήδη υποχρεωτικό στη ναυτιλία.
- ISO 9001: Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας
- ISO 14001: Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης
- OHSAS 18001: Σύστημα Υγείας και Ασφάλειας

Το ISO 50001:2018 δημοσιεύθηκε στις 21 Αυγούστου 2018 και περιγράφει τις απαιτήσεις που χρειάζονται να καλυφθούν ώστε να αξιοποιηθούν τα δεδομένα για την συνεχή βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Το πρότυπο ISO 50001:2018 είναι συμβατό με άλλα πρότυπα για συστήματα διαχείρισης ενέργειας, όπως το ISO 9001 και το ISO 14001.

Το πρότυπο ISO 50001:2018 δίνει περισσότερη έμφαση στην συνεχή βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, χρησιμοποιώντας σε μεγαλύτερο βαθμό την συμμετοχή της ηγεσίας και των εργαζομένων. Το αναθεωρημένο πρότυπο μπορεί να μειώσει το ενεργειακό κόστος

και να βελτιώσει την αποδοτικότητα, επιτρέποντας στους οργανισμούς να μειώσουν τον περιβαλλοντικό τους αντίκτυπο, γίνοντας έτσι ανταγωνιστικότεροι. (ISO, 2011)

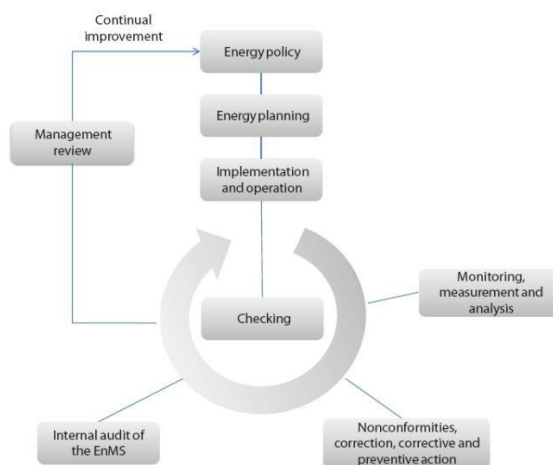
Επιπλέον, το ISO 50001 δημιουργεί ένα πλαίσιο απαιτήσεων για τους οργανισμούς και τους βοηθά να εξετάσουν τους κίνδυνους που υπάρχουν με σκοπό να:

1. Αναπτύξουν μια πολιτική για πιο αποτελεσματική χρήση της ενέργειας
2. Θέσουν στόχους για την επίτευξη της πολιτικής
3. Χρησιμοποιήσουν δεδομένα για την κατανόηση καθώς και τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη χρήση της ενέργειας
4. Κάνουν καταμέτρηση των αποτελεσμάτων

Το ISO 50001 βασίζεται στην αρχή PDCA (Plan-Do-Check-Act procedure) και οι κυριότερες πτυχές του περιλαμβάνουν:

- Energy policy- Ενεργειακή Πολιτική
- Energy planning- Ενεργειακός Προγραμματισμός
- Implementation- Εκτέλεση
- Checking- Έλεγχος
- Management review- Ανασκόπηση/αναθεώρηση της διοίκησης

Παρακάτω παρατίθεται και το σχήμα, για καλύτερη κατανόηση:



Σχήμα 3: Energy Management Systems-Requirements with Guidance for Use (ISO, 2011)

Τα οφέλη του ISO 50001

Τα οφέλη από το σύστημα ISO 50001 περιγράφονται παρακάτω:

1. Εταιρική αξία

Η πιστοποίηση ISO 50001 δεσμεύεται για περιβαλλοντική ευθύνη και συμβάλλει στην συνεχή βελτίωση της εταιρείας, με το να συμμορφώνεται η εταιρία με τη νομοθεσία για την ενέργεια.

2. Μείωση ενεργειακού κόστους

Η διαχείριση ενέργειας σύμφωνα με το ISO 50001 βοηθά στη μείωση της κατανάλωσης μέσω ενός συστήματος παρακολούθησης, βελτιώνει την ενεργειακή αποδοτικότητα και βοηθά τις εταιρείες να εξοικονομούν ενέργεια.

3. Βέλτιστες επιδόσεις

Παρακολουθώντας την ενεργειακή απόδοση εντοπίζονται περιοχές που επιδέχονται βελτιώσεις, με σκοπό η επιχείρηση να βελτιωθεί σε βάθος χρόνου.

4. Μείωση του κόστους

Το ISO 50001 τονίζει αυτές τις ευκαιρίες κέρδους, αξιοποιεί όλες τις δυνατότητες του συστήματος διαχείρισης ενέργειας , ώστε να βελτιωθεί η ενεργειακή αποδοτικότητα.

Συμπεραίνουμε λοιπόν με βάση τα παραπάνω πως το ISO 50001 βοηθά τις εταιρείες να μετρήσουν και να συγκρίνουν στοιχεία που αφορούν την ενεργειακή αποδοτικότητα και καλύπτει με τον σωστότερο τρόπο όλο το φάσμα διαχείρισης της ενέργειας.

2.2 Διαφορές-Κοινά στοιχεία των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης

Η κύρια διαφορά μεταξύ του ISO 14001 και του ISO 50001 είναι το πεδίο εφαρμογής των προτύπων. Ενώ και τα δύο συστήματα παρέχουν στις επιχειρήσεις τρόπους προστασίας του περιβάλλοντος μέσω στόχων και διαδικασιών, το ISO 50001 περιορίζεται στην χρήση ενέργειας αφού ενδιαφέρεται για τους δείκτες ενεργειακής απόδοσης και την ενεργειακή βάση μιας επιχείρησης , ενώ το ISO 14001 εξετάζει την προστασία του περιβάλλοντος γενικά. Έτσι, ενώ η χρήση ενέργειας θα εμπίπτει στο ISO 14001, θα καλύπτεται μόνο στο βαθμό που θα επηρεάζει την περιβαλλοντική απόδοση.

Σε αντίθεση με το ISO 9001 και το ISO 14001, το ISO 50001 βασίζεται περισσότερο σε δεδομένα. The ISO 14001 ορίζει τα κριτήρια για ένα σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης και παρέχει ένα πλαίσιο στους οργανισμούς ώστε να διασφαλίζουν ότι ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος μετράται και βελτιώνεται. Με το ISO 50001, η χρήση ενέργειας θα εξετάζεται μέσω του σχεδιασμού του εξοπλισμού, των συστημάτων και των διαδικασιών που χρησιμοποιούνται, ώστε να μειωθεί ο αντίκτυπός τους σε μια κακή ενεργειακή απόδοση. Μια άλλη διαφορά είναι ότι υπάρχει μεγαλύτερος κατάλογος υποχρεωτικών πληροφοριών για το ISO 50001 απ' ότι για το ISO 14001.

Όσον αφορά τα κοινά στοιχεία, όταν δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά το ISO 9001 καθόρισε τις κατευθυντήριες γραμμές και ακολούθησαν αρκετές αναθεωρήσεις ώστε να βελτιώσουν οι χρήστες τις διαδικασίες τους. Όταν δημοσιεύτηκε το ISO 50001, υπήρχαν πολλά πρότυπα συστημάτων διαχείρισης ISO και είχαν ομοιότητες λόγω των ελάχιστων κατευθυντήριων γραμμών για ένα σύστημα διαχείρισης.

Το ISO 50001:2018 θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με άλλα πρότυπα συστημάτων διαχείρισης όπως το ISO 9001:2015, το ISO 14001:2015 και το ISO 45001:2018. Η συμπερίληψη αλλαγών καθιστά πιο εύκολο από ποτέ τον εμπλουτισμό και την ενίσχυση των διαδικασιών ενός οργανισμού για την επιδίωξη ασφάλειας, ποιότητας και βιωσιμότητας.

2.3 Στάδια Υλοποίησης ενός Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης-Ανάλυση κάθε σταδίου

Τα στάδια που υλοποιείται ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης είναι τα εξής τέσσερα, όπου αναλύονται παρακάτω:

- **Step 0: Initial Planning- Αρχικός Σχεδιασμός**

Στο πρώτο αυτό στάδιο, γίνεται μια κατανόηση σε ποιο σημείο βρισκόμαστε, αναλύοντας υπάρχουσες λειτουργίες, θέτοντας στόχους μέσω ενός πλάνου και ξεκινώντας διαδικασίες follow up.

- **Step 1: Low cost measures-Μέτρα χαμηλού κόστους**

Σε αυτό το στάδιο επικεντρωνόμαστε στις μικρές βελτιώσεις, στην καθημερινή λειτουργία και συντήρηση, βάζοντας ως στόχο τα είδη που είναι μηδενικά ή πολύ χαμηλά σε κόστος.

- Step 2: Medium cost measures-Μέτρα μεσαίου κόστους

Συνεχίζοντας, ακολουθείται η βελτίωση των συστημάτων, με μικρές μετατροπές και στοχεύουμε στα είδη με λιγότερο από δύο χρόνια pay back.

- Step 3: High cost measures-Μέτρα αυξημένου κόστους

Η βελτίωση των συστημάτων και της γάστρας του πλοίου εξακολουθεί και υπάρχει, και οι όποιες τροποποιήσεις χρειαστούν, απαιτούν ελλειμνισμό του πλοίου. (IMO, 2016)

3. ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

3.1 Εισαγωγή

Τον Ιούλιο του 2011, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) ενέκρινε τον «Δείκτη Σχεδίασης Ενεργειακής Αποδοτικότητας» (EEDI), δείκτης ο οποίος καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για τα νέα πλοία που κατασκευάζονται από το 2013 και μετά (σε όρους CO₂ ανά τόνο χωρητικότητας-

μιλίων). Ωστόσο, κατά την διάρκεια της 63ης συνόδου της Επιτροπής Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC 63), κάποια μέρη τάχθηκαν υπέρ της εφαρμογής του τύπου EEDI για τα υπάρχοντα πλοία, με αποτέλεσμα την έγκριση αυτής της άποψης από την επιτροπή. Ο δείκτης EEDI είναι το πρώτο παγκόσμιο δεσμευτικό μέτρο για το κλίμα, θέτοντας παραμέτρους ενεργειακής απόδοσης στον σχεδιασμό νέων πλοίων.

Όσον αφορά τα νέα πλοία, ο δείκτης EEDI δεν δίνει καμία ένδειξη σχετικά με την λειτουργική αποδοτικότητά του. Άρα, δύο αδελφά πλοία που έχουν ίδιο EEDI είναι πιθανόν να έχουν διαφορετικές εκπομπές ανάλογα με τον συντελεστή φορτίου, τις συνθήκες στην θάλασσα και τον τρόπο λειτουργίας του πλοίου. Ο δείκτης EEDI σαν αριθμός είναι στατικός, με εξαίρεση εάν το πλοίο υποστεί σημαντική μετατροπή.

Παρακάτω παραθέτουμε τον τύπο:

$$EEDI = \text{Εγκατεστημένη ισχύς} \times \text{Ειδική κατανάλωση καυσίμων} \times \text{Μετατροπή άνθρακα/Διαθέσιμη χωρητικότητα} \times \text{Ταχύτητα}$$

Ο στόχος του είναι να υπάρξει μια κλιμακωτή εφαρμογή, έτσι η τεχνολογική ανάπτυξη θα είναι σύμφωνη με τον δείκτη απόδοσης, ο οποίος θα έχει επίδραση στην κατανάλωση καυσίμου ενός πλοίου από τον σχεδιασμό του. Στόχος είναι η μείωση κατά 30% των εκπομπών έως το 2030, από τον βασικό μέσο όρο των πλοίων που ναυπηγήθηκαν την τελευταία δεκαετία. (Larrucea, 2013)

Ο δείκτης EEDI, αν και καθυστέρησε πολύ στην εφαρμογή του, αποτελεί το σημαντικότερο τεχνικό μέτρο και έχει ως στόχο το να προωθήσει τη χρήση πιο ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού. Από την 1η Ιανουαρίου 2013, το επίπεδο αυξάνεται με αυστηρότερες προδιαγραφές και ο EEDI αναμένεται να ενσωματώσει την συνεχή καινοτομία μαζί με την τεχνική ανάπτυξη όσων στοιχείων επηρεάζουν την αποδοτικότητα καυσίμου ενός πλοίου από τη φάση σχεδιασμού του. Οι

κατασκευαστές των πλοίων έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν τις πιο αποδοτικές κοστολογικά λύσεις για συμμόρφωση με τους κανονισμούς, άρα επιλέγουν οι ίδιοι τις τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν, από την στιγμή που επιτυγχάνεται το απαιτούμενο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης. Ο EEDI παρέχει μία συγκεκριμένη εικόνα για ένα μεμονωμένο σχέδιο πλοίου, εκφρασμένο σε γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ανά μίλι χωρητικότητας πλοίου (όσο μικρότερος είναι ο EEDI τόσο πιο αποδοτικός ενεργειακά είναι ο σχεδιασμός του πλοίου). Αξίζει να αναφερθεί πως ο EEDI έχει στόχο να αυξήσει τις καινοτομίες, με απώτερο σκοπό τον σχεδιασμό και την κατασκευή πιο ενεργειακά αποδοτικών πλοίων στο μέλλον. Το επίπεδο μείωσης CO₂ (γραμμάρια CO₂ ανά τόνο μιλίων) για την πρώτη φάση ορίζεται σε 10% και κάθε πέντε χρόνια θα γίνεται πιο αυστηρό, με σκοπό να συμβαδίζει με τις τεχνολογικές εξελίξεις των νέων μέτρων απόδοσης.

Τα ποσοστά μείωσης έχουν καθοριστεί έως την περίοδο 2025 με 2030, όπου έχει επιβληθεί μείωση 30% για τους υφιστάμενους τύπους πλοίων, υπολογιζόμενη σε σχέση με γραμμή αναφοράς που αντιπροσωπεύει τη μέση απόδοση για πλοία που κατασκευάστηκαν μεταξύ 2000 και 2010.

Η ανάπτυξη του EEDI αφορά τα μεγαλύτερα και πιο δραστήρια από άποψη ενέργειας τμήματα του παγκόσμιου εμπορικού στόλου, περιλαμβάνοντας το 72% των εκπομπών από νέα πλοία και καλύπτοντας τους εξής τύπους πλοίων: πετρελαιοφόρα, φορτηγά πλοία φορτίου χύδην, υγραερίων (LNG), γενικού φορτίου, εμπορευματοκιβωτίων και κατεψυγμένων φορτίων.

IMO agreement on technical regulations will reduce ships' CO₂

MARPOL Annex VI, Chapter 4 adopted July 2011, which entered into force in January 2013



Σχήμα 4: Diagram showing the IMO's plan for ship improvements from 2013-2050
(International Chamber of Shipping)

3.2 Ανάλυση του ενεργειακού δείκτη EEDI

Ο δείκτης 'EEDI - Energy Efficiency Design Index' έχει τεθεί σε εφαρμογή το 2013 και αφορά την επίτευξη ενεργειακής απόδοσης (περιβαλλοντική απόδοση στις θαλάσσιες μεταφορές). Η Marine Environment Protection Committee (MEPC) υπό την αιγίδα του IMO σχεδίασε τον EEDI για όλα τα νέα πλοία που κατασκευάζονται από τον Γενάρη του 2013, με σκοπό να υπάρξουν πιο ισχυρά κίνητρα για περαιτέρω βελτιώσεις στην κατανάλωση καυσίμου των πλοίων. Οι στόχοι του EEDI περιγράφονται παρακάτω :

- ✓ Να βελτιωθεί η τεχνολογική ανάπτυξη των στοιχείων από τα οποία επηρεάζεται η αποδοτικότητα κατανάλωσης καυσίμου του πλοίου.
- ✓ Να συγκριθεί η ενεργειακή απόδοση των πλοίων με πλοία του ίδιου μεγέθους και μεταφορικού έργου.
- ✓ Να επιτευχθεί ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης για τα νέα πλοία.

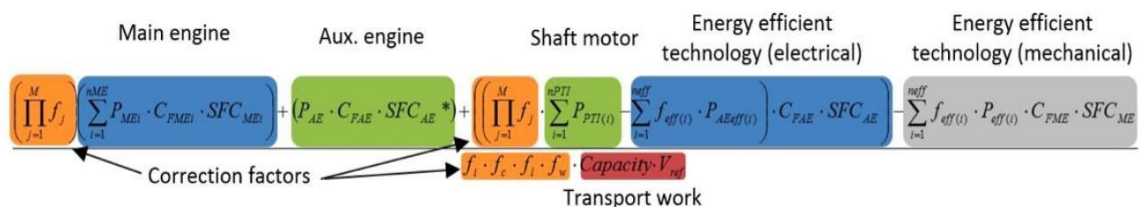
Ο EEDI υπολογίζει τις εκπομπές καυσαερίων ενός πλοίου υπό συνθήκες σχεδιασμού διαιρεμένες με το μεταφορικό έργο που γίνεται με αυτές τις συνθήκες. Είναι ένα μέτρο της ενεργειακής αποδοτικότητας της σχεδίασης ενός νέου πλοίου σε σχέση με τις εκπομπές CO₂, αντιπροσωπεύοντας την ποσότητα CO₂ που παράγεται από ένα πλοίο έχοντας

εκτελέσει ένα τόνο-μίλι μεταφορικού έργου. Ο πιο απλός αντιπροσωπευτικός τρόπος είναι ο κάτωθι:

$$\frac{\text{Συνολικές Εκπομπές CO}_2 \text{ [gr]}}{\text{Μεταφορικό Έργο [tns} \cdot \text{n.miles]}} =$$

Κάποια στοιχεία που επηρεάζουν τον EEDI είναι τα εξής πέντε και αναφέρονται παρακάτω (Bazari, 2016):

- ✓ Η κύρια μηχανή και η ενέργεια που απαιτείται για πρόωση. Αυτό φαίνεται από τον πρώτο όρο του αριθμητή της εξίσωσης.
- ✓ Ανάγκες βοηθητικής ισχύος του πλοίου. Αυτό είναι φανερό από τον δεύτερο όρο του αριθμητή της εξίσωσης.
- ✓ Οποιοσδήποτε καινοτόμες συσκευές παραγωγής ισχύος (ηλεκτρικής) επί του πλοίου. Αυτές φαίνονται από τον τρίτο όρο στον αριθμητή.
- ✓ Καινοτόμες τεχνολογίες που δίνουν μηχανική ισχύ για πρόωση πλοίου όπως ισχύς ανέμου (sails, kites, κτλ.). Αυτός είναι ο τελευταίος όρος του αριθμητή.
- ✓ Στον παρονομαστή του κλάσματος, έχουμε τη χωρητικότητα και την ταχύτητα του πλοίου όπου μαζί μας δίνουν την τιμή του μεταφερόμενου έργου.



Σχήμα 5 : Explanation of EEDI parts (International Maritime Organization, 2014)

3.3 Δείκτης ΕΕΟΙ & Βήματα Υπολογισμού

Ο Λειτουργικός Δείκτης Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Operational Index-ΕΕΟΙ) είναι ένα στοιχείο του ΙΜΟ, με το οποίο παρατηρείται η διαχείριση της απόδοσης του πλοίου και του στόλου όσο περνάνε τα χρόνια.

Στοχεύει στο να καθιερωθεί μια ακλόνητη προσέγγιση για τη μέτρηση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου ανά μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Επιπροσθέτως, υπάρχει η δυνατότητα να εφαρμοστεί σε όλα τα πλοία σχεδόν (παλαιότερα αλλά και νέα), καθώς και σε επιβατηγά, εξαιρουμένων των πλοίων χωρίς μεταφορικό έργο. Ουσιαστικά, μπορεί να μετρήσει την απόδοση ενός πλοίου, καθώς και τη μέτρηση των αλλαγών όταν συμβαίνουν διάφορες διαδικασίες όπως πχ. ο καθαρισμός της έλικας και του κύτους, ο βελτιωμένος σκοπός του ταξιδιού κτλ.

Ο ΕΕΟΙ ποικίλει με την πάροδο του χρόνου, αφού ο υπολογισμός του, ο οποίος αναφέρουμε παρακάτω εξαρτάται από τις δραστηριότητες του πλοίου.

- $EEOI = \frac{\text{Κατανάλωση καυσίμου} \times \text{Μετατροπή άνθρακα}}{\text{Διανυθείσα Απόσταση} \times \text{Μεταφερόμενο φορτίο}}$

Ο ΕΕΟΙ πρέπει να φαίνεται ως μια τιμή που αντιπροσωπεύει την ενεργειακή απόδοση του πλοίου για μία καθορισμένη περίοδο. Παρακάτω αναφέρονται κάποια βήματα με σκοπό να υπολογίσουμε τον ΕΕΟΙ και είναι τα εξής πέντε:

- ✓ Καθορισμός περιόδου για την οποία υπολογίζεται ο ΕΕΟΙ
- ✓ Καθορισμός πηγών για συλλογή των δεδομένων
- ✓ Συλλογή δεδομένων
- ✓ Μετατροπή δεδομένων στην κατάλληλη μορφοποίηση
- ✓ Υπολογισμός ΕΕΟΙ

Σαν κεντρική πηγή δεδομένων θεωρείται το ημερολόγιο του πλοίου καθώς και άλλα επίσημα αρχεία. Είναι πολύ σημαντικό διάφορες πληροφορίες να συλλέγονται στο πλοίο και αυτές να περιλαμβάνουν τον τύπο/ ποσότητα καυσίμου, την απόσταση που διανύθηκε στα ταξίδια και τον τύπο του φορτίου, έτσι ώστε να εξαχθεί μία εκτίμηση που βασίζεται στα πραγματικά γεγονότα.

Για να διευκολύνουμε την εκτίμηση του ΕΕΟΙ, παραθέτουμε τους παρακάτω τέσσερις ορισμούς του (Bazari, 2016):

- ✓ Fuel Consumption: Περιλαμβάνει την κατανάλωση των καυσίμων στην θάλασσα και στο λιμάνι για ένα ταξίδι ή κάποια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.
- ✓ Distance sailed: Είναι η πραγματική απόσταση που διένυσε το υπό εξέταση πλοίο και μετράται σε ναυτικά μίλια.
- ✓ Ship and cargo types: Οι οδηγίες του ΕΕΟΙ εφαρμόζονται για όλα τα πλοία που εκτελούν μεταφορικό έργο και περιλαμβάνει τους εξής τύπους φορτίου: αέρια, υγρά και στερεά χύμα φορτία, , φορτία εμπορευματοκιβωτίων, βαριά φορτία, γενικά φορτία, κατεψυγμένα αγαθά, αυτοκίνητα σε Ro-Ro, πλοία κι επιβάτες.
- ✓ Cargo mass carried or work done: Ο όγκος του μεταφερόμενου φορτίου εκφράζεται ως εξής:
 - Για το ξηρό φορτίο, τα πετρελαιοφόρα, τα πλοία γενικού φορτίου, τα δεξαμενόπλοια υγρών καυσίμων και τα φορτηγά πλοία Ro-Ro χρησιμοποιούνται μετρικοί τόνοι (t) του μεταφερόμενου φορτίου.

- Για πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων που μεταφέρουν αποκλειστικά εμπορευματοκιβώτια, πρέπει να χρησιμοποιείται αριθμός εμπορευματοκιβωτίων (TEU) ή μετρικοί τόνοι (t) της συνολικής μάζας φορτίου και εμπορευματοκιβωτίων.
- 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.
- Για τα επιβατηγά πλοία, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ο αριθμός των επιβατών.

Όσον αφορά το πλεονέκτημα του ΕΕΟΙ, είναι όπως είπαμε ένα εργαλείο διαχείρισης για να παρακολουθείται η απόδοση των εκπομπών CO₂ των πλοίων και προσφέρει υψηλό επίπεδο ενεργειακής απόδοσης στο σύνολο των εκπομπών, επιτρέποντας την εσωτερική συγκριτική αξιολόγηση της απόδοσης του οργανισμού.

Όσον αφορά το μειονέκτημα του προαναφερθέντος συστήματος, αυτό έγκειται στο ότι για να επιτευχθεί η αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας, πρέπει να υποστηρίζεται από πιο στοχευμένη παρακολούθηση της επίδοσης.

3.4 Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Αποδοτικότητας Πλοίου (Ship Energy Efficiency Management Plan)

Το 90% του παγκόσμιου εμπορίου διακινείται μέσω της ναυτιλίας και παρότι το αντίκτυπο στο περιβάλλον θεωρείται μικρό, οι περισσότερες ναυτιλιακές εταιρείες επιθυμούν και στοχεύουν να μειώσουν περαιτέρω το αντίκτυπο αυτό μέσω της συμμόρφωσής τους με τη MARPOL και άλλα όργανα του IMO.

Το Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) εισήχθη για να παρακολουθήσει την επίδοση αποδοτικότητας των πλοίων και για να εισάγει καλύτερες πρακτικές ώστε να βελτιστοποιηθεί η απόδοση του πλοίου. Οι κατευθυντήριες γραμμές για το SEEMP, εγκαθιστούν τις καλύτερες 41 πρακτικές αναφορικά με την ουσιαστική χρήση των καυσίμων, όπως και εθελοντική χρήση της μεθόδου EEOI για τα καινούρια και τα υφιστάμενα πλοία. (International Maritime Organization, 2009). Το SEEMP είναι δηλαδή ένας μηχανισμός που προσεγγίζει τις ναυτιλιακές εταιρίες ώστε να διαχειρίζονται τον στόλο τους αποδοτικότερα χρονικά και να βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση των πλοίων τους.

Η υποχρεωτική εφαρμογή του SEEMP αποφασίστηκε τον Ιούλιο του 2011 στην MEPC 62. Τον Μάρτιο του επόμενου έτους εκδόθηκαν επίσημες οδηγίες για την ανάπτυξη του σχεδίου ενεργειακής αποδοτικότητας για τα πλοία στην MEPC.213(63) και την 01.01.2013, αρχίζει η εφαρμογή τριών νέων κανονισμών του IMO: EEDI, EEOI και SEEMP. Πιο συγκεκριμένα από το Γενάρη του 2013, ο SEEMP αποτελεί υποχρέωση για τα πλοία από 400 gross tonnage (GT) και άνω και εν συνεχεία τον Οκτώβριο του 2016 θεσπίστηκαν αναθεωρημένες οδηγίες αυτών του 2012 από τον IMO. (IMO, 2016)

Αυτοί οι κανονισμοί έχουν στοχεύουν στην παρακολούθηση και μείωση των καυσαερίων που εκπέμπουν τα πλοία. Όσον αφορά το σκοπό και τη δομή του SEEMP, περιγράφονται στην συνέχεια.

Αρκετές είναι οι εταιρείες που διαθέτουν ήδη ένα σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης (Energy Management System - EMS) σε λειτουργία σύμφωνη με το ISO 14001 που περιέχει διαδικασίες για να επιλέγονται τα καλύτερα μέτρα για εκάστοτε πλοία και έπειτα να θέτονται στόχοι για την μέτρηση παραμέτρων.

Ο σκοπός του SEEMP είναι η εδραίωση ενός μηχανισμού για μια εταιρεία και ένα πλοίο, με σκοπό να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση του πλοίου κατά την περίοδο λειτουργίας του. Το SEEMP συνδέεται με μία ευρύτερη εταιρική πολιτική ενεργειακής διαχείρισης για την εταιρεία που κατέχει ή ελέγχει το πλοίο και αναγνωρίζει πως δύο ναυτιλιακές εταιρείες

είναι διαφορετικές μεταξύ τους και ότι το κάθε πλοίο λειτουργεί υπό διαφορετικές συνθήκες.

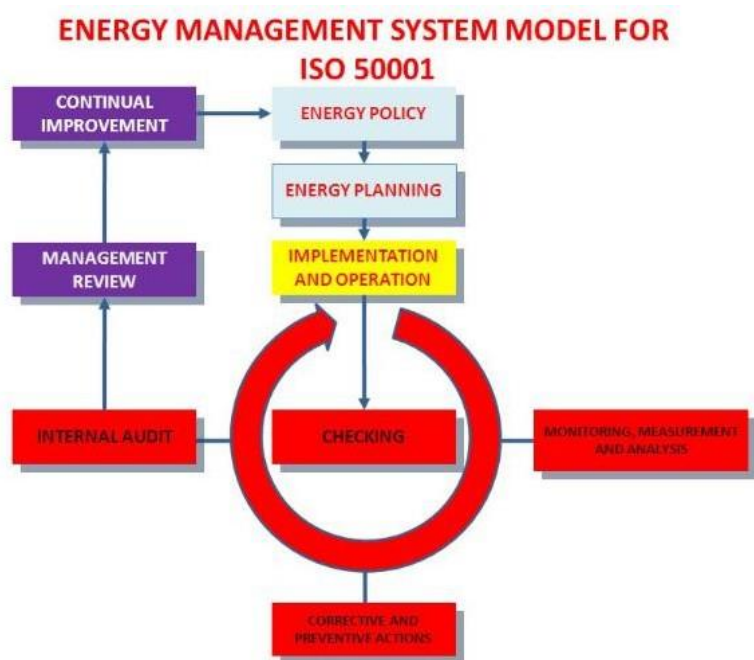
Το SEEMP περιλαμβάνει συγκεκριμένες πρακτικές για την καλύτερη δυνατή διαχείριση ενέργειας υπό τις διάφορες λειτουργικές φάσεις του πλοίου, καθώς και πληροφορίες που αφορούν την βιομηχανία και τον IMO με στόχο να μειωθούν οι εκπομπές GHG (Green House Gas). Το SEEMP είναι ένα εργαλείο διαχείρισης ώστε μία εταιρεία να μπορέσει να διαχειριστεί την υπό εξέλιξη περιβαλλοντική επίδοση των πλοίων της και πρέπει να αναπτύσσεται ως ένα συγκεκριμένο πλάνο για το πλοίο από τον πλοιοκτήτη ή οποιονδήποτε άλλο αφορά.

Παρακάτω αναλύονται τα τέσσερα βήματα με τα οποία το SEEMP επιδιώκει να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση του πλοίου. Είναι κατανοητό πως κάθε ένα στάδιο είναι πάρα πολύ σημαντικό στον συνεχή κύκλο για την βελτίωση της ενεργειακής διαχείρισης του πλοίου . (IMO, 2016))

- Σχεδιασμός/Προγραμματισμός (Planning)
- Υλοποίηση/Εφαρμογή (Implementation)
- Παρακολούθηση (Monitoring)
- Αυτοαξιολόγηση και βελτίωση (Self-evaluation and improvement)

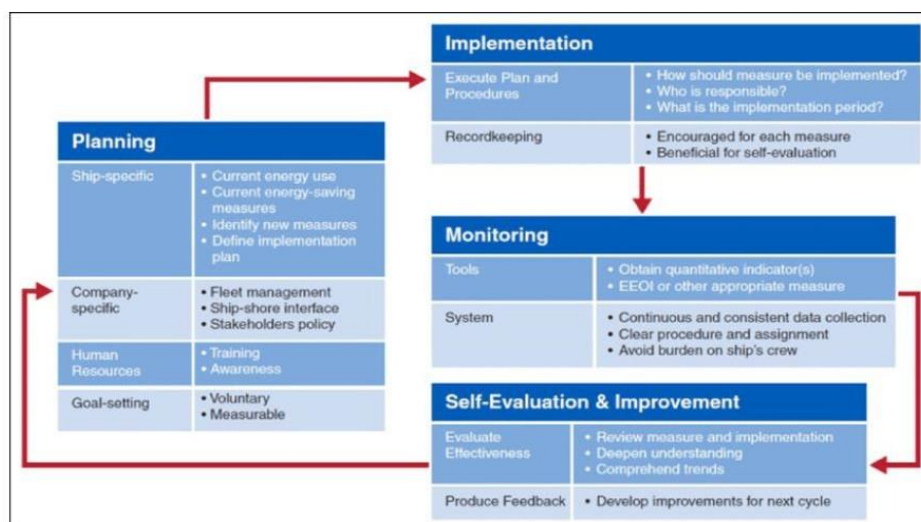


Σχήμα 6: Basic concept of SEEMP (C.Karan, 2019)



Σχήμα 7: Energy management system model for the International Standard of ISO 50001, (ISO)

Στο ακόλουθο σχήμα φαίνονται με περισσότερη λεπτομέρεια όλα τα στάδια του κύκλου:



Σχήμα 8: The four stages of SEEMP (Tien Anh Tran, 2017)

ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ / ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ (Planning):

Ο σχεδιασμός είναι το πιο αρχικό και κρίσιμότερο στάδιο του SEEMP, εξαιτίας του καθορισμού της τρέχουσας κατάστασης ενεργειακής χρήσης στο πλοίο και της αναμενόμενη βελτίωσης που αναμένεται να γίνει ως προς την ενεργειακή απόδοση του πλοίου.

Ειδικά μέτρα για τα πλοία (Ship-specific measures):

Τα μέτρα αυτά θα πρέπει να εντοπίζονται και να αναφέρονται ως ένα πακέτο μέτρων προς εφαρμογή. Τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που πρέπει να υιοθετηθούν όπως και το πόσο αποτελεσματικά είναι ως προς την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, είναι δύο στοιχεία που προσδιορίζονται στο πρώτο μέρος του SEEMP. Επίσης, πολύ σημαντικό ρόλο στη διαδικασία σχεδιασμού παίζει η ελαχιστοποίηση οποιαδήποτε διοικητικού εμποδίου επί του πλοίου.

Μέτρα ειδικά για την εταιρεία (Company-specific measures):

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της λειτουργίας του πλοίου εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, οι οποίοι περιλαμβάνουν τους ναυλωτές, τα ναυπηγεία επισκευής πλοίων, τους πλοιοκτήτες, τα λιμάνια. Η εταιρεία θα πρέπει να θεσπίσει ένα σχέδιο διαχείρισης ενέργειας για τη διαχείριση του στόλου της, συντονίζοντας και όλα τα μέρη μεταξύ τους. (IMO, 2016)

Ανάπτυξη ανθρώπινου δυναμικού:

Για την αποτελεσματική εφαρμογή των μέτρων που λήφθηκαν, δύο στοιχεία που έχουν ζωτική σημασία είναι αφενός η ευαισθητοποίηση του προσωπικού και αφετέρου η παροχή της αναγκαίας εκπαίδευσης σε αυτό (ξηράς και επί πλοίου. Αυτή η ανάπτυξη ανθρώπινου δυναμικού είναι σημαντική συνιστώσα του σχεδιασμού και κρίσιμο στοιχείο της εφαρμογής (implementation).

Καθορισμός στόχου (Goal Setting)

Τελικό στάδιο του σχεδιασμού είναι το να τεθούν στόχοι εύκολοι στην κατανόηση και ευκόλως μετρήσιμοι. Ο σκοπός της θέσπισης είναι η δημιουργία ενός κινήτρου για την ορθή εφαρμογή και για να υπάρξει μεγαλύτερη αφοσίωση στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

○ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ/ΕΦΑΡΜΟΓΗ (Implementation)

Αφού προσδιοριστούν τα μέτρα που πρέπει να εφαρμοστούν, θεσπίζεται ένα σύστημα για την υλοποίησή τους, μέσω καθορισμού καθηκόντων στο προσωπικό. Με βάση αυτό, στα μέρη του SEEMP πρέπει να υπάρχει αναλυτική περιγραφή για το πως θα εφαρμοστεί κάθε μέτρο, ποιος είναι ο υπεύθυνος για αυτό, καθώς και η περίοδος υλοποίησης. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να ολοκληρωθεί στο πρώτο στάδιο, αυτό του planning. (IMO, 2016)

Εφαρμογή και τήρηση αρχείων

Η τήρηση αρχείων για την υλοποίηση κάθε μέτρου είναι πολύ σημαντική και στην εάν κάποιο μέτρο δεν μπορεί να εφαρμοστεί, πρέπει γίνεται καταγραφή του λόγου αυτού για εσωτερική χρήση.

- ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ (Monitoring)

Εργαλεία παρακολούθησης:

Ο ΕΕΟΙ είναι ένα από τα διεθνώς καθιερωμένα εργαλεία ώστε να αποκτήσουμε ένα ποσοτικό δείκτη ενεργειακής απόδοσης ενός πλοίου σε λειτουργία, πράγμα που τον καθιστά βασικό εργαλείο παρακολούθησης.

Δημιουργία συστήματος παρακολούθησης:

Η παρακολούθηση θα πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν περισσότερο από το προσωπικό της ξηράς, χρησιμοποιώντας δεδομένα που προέρχονται από τα ημερολόγια, βιβλία καταγραφής προμήθειας καυσίμου κλπ. Ένα τέτοιο σύστημα θεωρείται ως μέρος του σχεδιασμού και είναι πιθανόν να ολοκληρωθεί στο συγκεκριμένο στάδιο.

Αναζήτηση και διάσωση (Search and rescue):

Στις συγκεκριμένες περιπτώσεις που ένα πλοίο παρεκκλίνει από την προκαθορισμένη του διαδρομή για να συμμετάσχει σε περιπτώσεις αναζήτησης και διάσωσης, συνιστάται τα δεδομένα που καταγράφονται να μην χρησιμοποιούνται στην παρακολούθηση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου.

- ΑΥΤΟΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ (Self-evaluation and improvement)

Η αυτοαξιολόγηση και η βελτίωση είναι το τελικό στάδιο του κύκλου διαχείρισης. Μέσω αυτού του σταδίου αξιολογείται η αποτελεσματικότητα των προγραμματισμένων μέτρων και της εφαρμογής τους και γίνεται κατανοητή η τάση βελτίωσης της απόδοσης για αυτό το πλοίο ώστε να αναπτυχθεί για τον επόμενο κύκλο το βελτιωμένο σχέδιο διαχείρισης. Επιπροσθέτως, η αυτοαξιολόγηση θα πρέπει να εφαρμόζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα χρησιμοποιώντας δεδομένα που συλλέγονται με την παρακολούθηση.

Την συμμόρφωση με τον κανονισμό αποδεικνύει το International Energy Efficiency (IEE) Certificate το οποίο θα εκδίδεται από τον οργανισμό μόνο όμως αφού το SEEMP πληροί τις καθορισμένες απαιτήσεις και προδιαγραφές και θα έχει ισχύ όσο και η διάρκεια ζωής του πλοίου. (IMO, 2016)

3.5 Σύστημα MRV -Σύστημα ελέγχου DCS

Οι θαλάσσιες μεταφορές έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή και η δέσμευση της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) δεν περιλαμβάνει τη διεθνή ναυτιλία, καθιστώντας τις θαλάσσιες μεταφορές ως το μοναδικό μέσο μεταφοράς που δεν περιλαμβάνεται. Τον Ιούλιο του 2015 τέθηκε σε ισχύ ο κανονισμός της ΕΕ 2015/757 για την υποβολή εκθέσεων σχετικά με την παρακολούθηση και την επαλήθευση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από τις θαλάσσιες μεταφορές (κανονισμός MRV).

Ο MRV είναι μία τυποποιημένη μέθοδος ώστε να παράγεται μία ακριβής καταγραφή των εκπομπών CO₂ με το να ποσοτικοποιούνται οι εκπομπές CO₂, άρα σκοπεύει να ποσοτικοποιήσει και να μειώσει τις εκπομπές CO₂ από την ναυτιλία, με αποτέλεσμα να δημιουργεί ένα νέο είδος συγκριτικής αξιολόγησης/αναφοράς (benchmarking) στην Ευρώπη. (Verifavia Shipping)

Στόχος του κανονισμού MRV είναι να αναπτύξει μια καλύτερη κατανόηση της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών CO₂ από τις ναυτιλιακές δραστηριότητες εντός της ΕΕ, οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την ενημέρωση τυχόν μελλοντικών αποφάσεων για μείωση των αερίων του θερμοκηπίου. Ο κανονισμός MRV είναι το πρώτο βήμα μιας προσέγγισης για να συμπεριληφθούν οι εκπομπές από τις θαλάσσιες μεταφορές στη δέσμευση της ΕΕ για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου. Ο κανονισμός MRV ισχύει μόνο για εμπορικά ταξίδια που προσεγγίζουν σε οποιονδήποτε λιμένα της ΕΕ για φόρτωση ή εκφόρτωση φορτίου και επιβατών.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση δημιούργησε το σύστημα Παρακολούθηση, Καταγραφή και Επαλήθευση (MRV) για τον έλεγχο των εκπομπών CO₂ σε πλοία μεγαλύτερα από 5000 GT και που προσεγγίζουν οποιοδήποτε λιμένα της ΕΕ.

Ο κανονισμός MRV εγκρίθηκε τον Απρίλιο του 2015 και τέθηκε σε ισχύ τον Ιούλιο του 2015. Η τελική ημερομηνία ώστε να γίνει υποβολή των σχεδίων παρακολούθησης στην διοίκηση από τις ναυτιλιακές εταιρίες ήταν ο Αύγουστος του 2017. Όσον αφορά τις παραμέτρους που είναι πρέπει να παρακολουθούνται ανά ταξίδι αυτές είναι οι εξής δύο : αναχώρηση και άφιξη σε λιμένα (με ημερομηνία και ώρα αναχώρησης και άφιξης) και ο τύπος των καυσίμων που καταναλώνονται. Επειδή το σύστημα MRV ελέγχεται από το κράτος – λιμένα, απαιτούνται δεδομένα κατανάλωσης καυσίμων για ταξίδια σε λιμάνια της ΕΕ στην περίοδο που γίνεται η αναφορά.

Τον Μάρτιο του 2018 τέθηκε σε εφαρμογή το παγκόσμιο σύστημα ελέγχου DCS του IMO (Data Collection System) που αφορά την κατανάλωση καυσίμων από τα πλοία, στοχεύοντας στην συλλογή των στοιχείων για καλύτερο έλεγχο των εκπομπών CO₂. Επειδή οι παράμετροι του DCS είναι απλά δεδομένα, γεννιέται η αμφιβολία αποτελεσματικότητας του συστήματος.

4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

4.1 Εφαρμογή Δείκτη EEDI στα πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου (LNG)

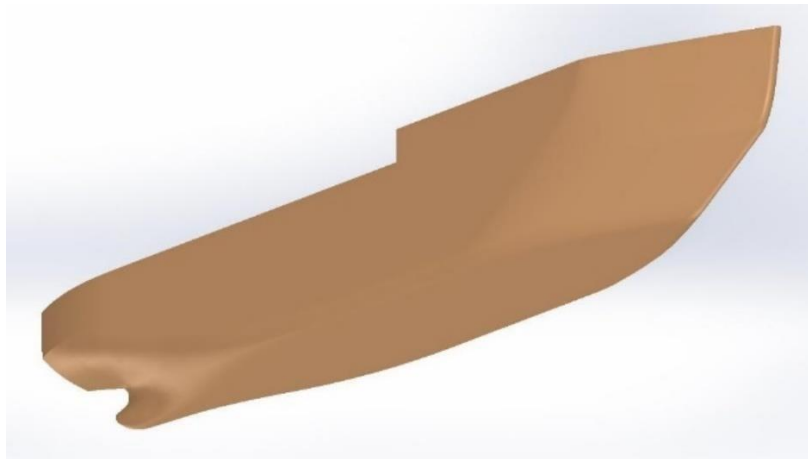
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η εφαρμογή του δεικτών ενεργειακής διαχείρισης στις περιπτώσεις ποντοπόρων πλοίων, αναλύοντας διάφορες μελέτες (case studies) που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια.

Σύμφωνα με μια μελέτη που έγινε το 2016 σχετικά με την δραστηριότητα WINMOS (Winter Navigation Motorways of the Sea) βλέπουμε κατά πόσο ο EEDI μπορεί να εφαρμοστεί σε LNG πλοίο το οποίο ταξιδεύει στις βόρειες θάλασσες σε πολύ παγωμένα κλίματα (winter navigation). Αρχικά, σε αυτή τη μελέτη, υπάρχουν δύο τρόποι υπολογισμού της ελάχιστης απαιτούμενης ισχύος του πλοίου. Ο πρώτος είναι με βάση εξισώσεις όπως αναλύονται στους Finnish Swedish Ice Class Rules (FSICR class) και ο δεύτερος με τη

μέθοδο υπολογισμού Aker Arctic (AAT) μέσω μοντέλων-πειραμάτων. Και στις δύο περιπτώσεις η αντίσταση του πάγου (ice resistance) είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας.

Έτσι λοιπόν, έγιναν κάποιοι υπολογισμοί σε διαφορετικές καταστάσεις. Αρχικά υπήρξαν τρεις διαφορετικοί τύποι πλώρης (bow) οποίοι είναι οι εξής:

- Traditional Icebreaking bow (Αρκετά ικανό για παγοθραυστικές χρήσεις και πλεύση σε παγωμένο νερό)



Σχήμα 9, A case study on EEDI effects to winter navigation for Winmos Activity (WINMOS, 2016)

- EEDI bow (Έλλειψη παγοθραυστικής ικανότητας και διέλευσης σε παγωμένα νερά αλλά πολύ καλή απόδοση σε διέλευση στην ανοιχτή θάλασσα)



Σχήμα 9, A case study on EEDI effects to winter navigation for Winmos Activity (WINMOS, 2016)

- Semi bow (Πολύ καλή απόδοση και στην ανοιχτή θάλασσα αλλά και σε παγωμένα νερά, με παγοθραυστικές ικανότητες)



Σχήμα 9, A case study on EEDI effects to winter navigation for Winmos Activity, (WINMOS, 2016)

Εκτός από τις τρεις διαφορετικές μορφές πλώρης (bows), λαμβάνεται υπόψη και η ικανότητα του πλοίου να κινείται σε παγωμένες θάλασσες (ice class) όπου συμπεριλαμβάνονται τα εξής επίπεδα:

- Ice class 1A Super (Το πλοίο μπορεί να κινείται και να λειτουργεί σε δύσκολες καταστάσεις παγωμένης θάλασσας, χωρίς την βοήθεια παγοθραυστικών)
- Ice class 1A (Ικανό να κινείται σε παγωμένης θάλασσας αλλά πιθανόν με την βοήθεια παγοθραυστικών)
- Ice class 1B (Περιορισμένη ικανότητα διέλευσης σε πάγο με απαιτούμενη την χρήση παγοθραυστικών).

Τέλος, παρουσιάζεται η μέγιστη απαιτούμενη ισχύς με βάση τον υπολογισμό του δείκτη EEDI χρησιμοποιώντας το BIMCO EEDI calculator. Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί πως σε αυτή την μελέτη λαμβάνονται υπόψη και η ικανότητα του πλοίου να συμμορφωθεί με την πρώτη φάση του δείκτη (EEDI phase 1) αλλά και με την τρίτη (EEDI phase 3), τα οποία έχουν αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο (WINMOS, 2016).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας:

Phase 1	EEDI allowed power			Required power						Installed
	1A Super	1A	1B	1A Super		1A		1B		
				FSIR equation	AAT calculations	FSIR equation	AAT calculations	FSIR equation	AAT calculations	
Ice bow	6100	5400	5000	6434	5900	4768	4800	3311	3700	6300
Semi bow	6200	5400	5000	7264	5700	4537	4800	3029	3700	5500
EEDI bow	6200	5400	5000	9685	8800	8605	8400	4461	4900	5400

Phase 3	EEDI allowed power			Required power						Installed
	1A Super	1A	1B	1A Super		1A		1B		
				FSIR equation	AAT calculations	FSIR equation	AAT calculations	FSIR equation	AAT calculations	
Ice bow	4700	4000	3700	6434	5900	4768	4800	3311	3700	6300
Semi bow	4900	4000	3700	7264	5700	4537	4800	3029	3700	5500
EEDI bow	4900	4000	3700	9685	8800	8605	8400	4461	4900	5400

Πίνακας : Compliance of EEDI based on Ice class regulations (WINMOS, 2016)

Βάσει των αποτελεσμάτων, παρατηρείται ότι το πλοίο δεν μπορεί να συμμορφωθεί στους κανονισμούς του EEDI στην φάση 3, σε ανώτερες κλάσεις (Ice Class 1A Super & 1A). Αυτό όπως είναι αντιληπτό, είναι μεγάλο μειονέκτημα, διότι από το 2025 όλα τα πλοία θα ανήκουν στην κατηγορία (EEDI Phase 3). Θα μπορούσε να συμμορφώνεται με τους κανονισμούς της τρίτης φάσης του EEDI μόνο αν το πλοίο ανήκει στην κλάση 1B, το οποίο βέβαια θα το έκανε να είναι ανέκδοτο να διαπερνά δύσκολες κατάστασης παγωμένης θάλασσας. Παρατηρείται ότι η φάση 1 του EEDI θα μπορεί να συνδυάζει και τις απαιτήσεις περί ελάχιστης ισχύος αλλά και της μέγιστης βάρη του δείκτη, χρησιμοποιώντας όμως τους δύο τύπους πλώρης (Ice bow-Semi Bow) σε Ice class 1A Super & 1A.

Αυτή η μελέτη βασίστηκε όπως έχει ήδη αναφερθεί σε ένα πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) χαμηλής μεταφορικής ικανότητας (18500 τόνους), με ταχύτητα αναφοράς του 15 κόμβους στην ανοιχτή θάλασσα. Όμως είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η πραγματική ταχύτητα για να μπορεί να συμμορφώνεται στους κανονισμούς του EEDI θα πρέπει να είναι λιγότερο από 15 κόμβους. Βάση αυτής της έρευνας μπορούμε να καταλάβουμε ότι είναι δύσκολο να συνδυαστεί και η ικανότητα του πλοίου να κινείται σε παγωμένες θάλασσες (Ice Class) αλλά και η επίτευξη των στόχων των κανονισμών του EEDI. Πιθανόν η μελέτη διαφορετικών πλωρών (bows) να μπορούσε να μειώσει την αντίσταση άρα και την απαιτούμενη ισχύ, όπως και η χρήση shaft Generators θα μπορούσε να το κάνει πιο αποδοτικό ενεργειακά. Τέλος, θα πρέπει να γίνουν περισσότερες παρόμοιες μελέτες για μεγαλύτερης χωρητικότητας πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG-Ice class) μιας και η ζήτηση για φυσικό αέριο συνεχώς αυξάνεται.

Το 2015 δημοσιεύθηκε μία πολύ ενδιαφέρουσα έρευνα σχετικά με την ενεργειακή διαχείριση των πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) βασιζόμενη στον δείκτη EEDI (E.Ekanem Attah, 2015). Τα πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου από το 2014 και μετά έχουν ως κύριο μέσο πρόωσης την ηλεκτροπρόωση, συνδυάζοντας ηλεκτρομηχανές διπλού καυσίμου (πετρέλαιο-φυσικό αέριο) και από το 2018 που αυτό είναι ήδη γνωστό η αγορά βασίζεται πλέον στις δίχρονες μηχανές με δυνατότητα καύσης

φυσικού αερίου είτε σε χαμηλή πίεση (XDF-16bar) είτε σε υψηλή (Megi-300 bar). Τα πλοία μεταφοράς LNG συμμορφώνονται ήδη με τους κανονισμούς περί δεικτών ενεργειακής απόδοσης, όμως σε αυτή την έρευνα αναλύεται και το βασικό πρόβλημα του άκαυστου μεθανίου που περνάει στους ρύπους (methane slip) το οποίο προτείνεται κιόλας να λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό του EEDI.

Όπως είναι ήδη γνωστό, ο κύριος σκοπός των κανονισμών γύρω από τον δείκτη EEDI είναι να μειωθεί το διοξείδιο του άνθρακα CO₂ μέσω των ρύπων από τα πλοία. Λόγω ότι τα LNG tankers είχαν σαν πρώτο μέσο πρόωσης τον ατμό (steam turbine) και όπως αναφέρθηκε παραπάνω την ηλεκτροπρόωση, ήταν αρκετά πολύπλοκος ο υπολογισμός του δείκτη EEDI για αυτό αυτή η κατηγορία των πλοίων είχε αποκλειστεί από τους κανονισμούς. Το 2014 όμως ο IMO επέβαλε και στα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου την εφαρμογή του EEDI (IMO, 2014). Η εξίσωση αναφοράς του δείκτη για τα LNG είναι η εξής :

- $\text{Baseline value} = 2253.7 \times \text{deadweight}^{-0.474}$

Ο IMO το 2014 δημοσίευσε κάποια δεδομένα τα οποία συνδράμουν στον υπολογισμό του δείκτη EEDI για τα LNG πλοία αλλά όπως παρουσιάζεται και σε αυτή την μελέτη υπάρχουν πλέον νέα δεδομένα που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (IMO, 2015)

Table 3
EEDI Formulas for LNGCs. Source: International Maritime Organization (2013, 2014b).

	Direct drive diesel	Dual Fuel Diesel Electric	Steam turbine
Margin	Engine: 10% Sea: 20%	Engine: - Sea: 20%	Engine: - Sea: 20%
Design Margin	Margin = $\frac{0.9}{1.2}$ Margin = 75%	Margin = $\frac{1}{1.2}$ Margin = 83%	Margin = $\frac{1}{1.2}$ Margin = 83%
P_{ME}	$P_{ME} = 0.75 \times MCR_{ME}$	$P_{ME} = 0.83 \times \frac{MPP}{V_{electrical}}$	$P_{ME} = 0.83 \times MCR_{ME}$
SFC _{ME} (g/kWh)	190 (HFO)	175 (FBO)	285 (FBO)
P_{AE}	$P_{AE} = (0.025 \times MCR_{ME}) + 250$ +(Capacity × BOR × COP _{reliq} × R _{reliq})	$P_{AE} = (0.025 + 0.02) \times P_{ME} + 250$	$P_{AE} = 0$
EEDI	$3.1144(\text{gCO}_2/\text{gHFO}) \times \frac{(190 \times P_{ME}) + 215 \times P_{AE}}{\text{Capacity} \times V_{ref}}$	$2.75(\text{gCO}_2/\text{gBOG}) \times \frac{(175 \times P_{ME}) + 175 \times P_{AE}}{\text{Capacity} \times V_{ref}}$	$2.75(\text{gCO}_2/\text{gBOG}) \times \frac{285 \times P_{ME}}{\text{Capacity} \times V_{ref}}$

Πίνακας : EEDI formulas for LNGs (IMO, 2015)

Όπως παρατηρείται από τον παραπάνω πίνακα , δεν παρουσιάζονται δεδομένα όσο αναφορά το πιο σύγχρονο σύστημα πρόωσης για τα LNG πλοία που είναι οι δίχρονες μηχανές διπλού καυσίμου. Όμως ο IMO κατέληξε σε μία εξίσωση που συμπεριλαμβάνει και το εξελιγμένο σύστημα πρόωσης (δίχρονες μηχανές διπλού καυσίμου), όμως σαν απλά υπόθεση και ισχυρισμό.

Η εξίσωση είναι η εξής:

$$EEDI = \frac{P_{ME} \times (3.114 \cdot 6 + 2.75 \cdot 160) + (P_{AE} \cdot 3.114 \cdot 215)}{\text{Capacity} \times V_{ref}}$$

Σε αυτή την εξίσωση έγιναν οι παρακάτω υποθέσεις (IMO,2014).

- P_{me} (ισχύς πρόωσης): 0.75 x MCR(maximum continuous rating)
- SFC_{me}:160gr/kWh
- Ποσότητα πετρελαίου Pilot στο 75% MCR :3.75%

- Η ισχύς των βοηθητικών (P_{AE}) είναι ίση με:

$$P_{AE} = (0.025 \times MCR) + 250 + \left(COP_{comp} \times SFC_{ME} \times \frac{P_{ME}}{1000} \right)$$

Το COP_{comp} είναι ουσιαστικά η σχεδιαστική ισχύς του κομπρεσέρ (LD compressor) που αναρροφά το boil off-gas από τις δεξαμενές, το συμπιέζει και το στέλνει στις μηχανές για καύση και είναι ίσο με 0.33 kWh/kg.

Το σημαντικό που πρέπει να σχολιαστεί σε αυτό το σημείο είναι ότι πλέον το 2023 υπάρχουν διαφορετικοί τύποι δίχρονων μηχανών διπλού καυσίμου όπως αναφέρθηκε και στην αρχή. Ο κύκλος των μηχανών αυτών είναι τελείως διαφορετικός μεταξύ τους (Otto-XDF, Diesel-Megi) και η πίεση καύσης τελείως διαφορετική (16 bar XDF, 300 bar Megi). Συνεπώς η ειδική κατανάλωση καυσίμου και η ποσότητα της Pilot δεν είναι ίδια και πόσο μάλλον τα κομπρεσέρ που χρησιμοποιούνται για το καθένα ξεχωριστά είδος μηχανής. Αυτό λοιπόν θα πρέπει να ληφθεί υπόψη για τις μελέτες του IMO για τον υπολογισμό του EEDI.

Αυτή η μελέτη ανέλυσε και το πρόβλημα του methane slip που όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι το άκαυστο μεθάνιο που περνάει στα καυσαέρια και άρα και στους ρύπους. Αυτό θεωρείται πολύ σοβαρό για το περιβάλλον μιας και το μεθάνιο επηρεάζει 20-25 φορές παραπάνω το φαινόμενο του θερμοκηπίου σε σύγκριση με το διοξείδιο του άνθρακα CO₂ στα 100 χρόνια, ενώ στα 20 χρόνια θα έχει αντίκτυπο 72 φορές παραπάνω (Kirk, 2008). Βάση μίας μελέτης του Heraldson το 2011 υπολογίστηκε ότι το methane slip είναι περίπου 8g/kWh δηλαδή με μία ειδική κατανάλωση καυσίμου ίση με 175 gr/kWh το methane slip είναι 4,6%. Παρόλ' αυτά στην προκειμένη περίπτωση ο δείκτης EEDI δεν είναι αντιπροσωπευτικός δείκτης της πραγματικής επίδρασης στην ατμόσφαιρα, διότι δεν λαμβάνει υπόψη το methane slip, το οποίο σύμφωνα με την παραπάνω μελέτη αντιστοιχεί σε ποσοστό 4,6%.

Πλέον όμως, όπως έχει αναφερθεί ήδη, από το 2018 η ναυτιλιακή βιομηχανία βασίζεται στις δίχρονες μηχανές διπλού καυσίμου όπου το πρόβλημα του methane slip δεν υπάρχει σε αυτό το τύπο μηχανών. Πιο αναλυτικά, στις τετράχρονες μηχανές το μεθάνιο μπορεί να διαπεράσει από τα ελατήρια εμβόλου, βαλβίδες κλπ λόγω ότι και η αναλογία αέρα καυσίμου δεν επιτρέπει τη πλήρη καύση του αερίου και αυτό οδηγεί στο να διαπερνά στα καυσαέρια

στην ατμόσφαιρα. Σε αντίθεση με τις δίχρονες μηχανές αυτό δεν συμβαίνει διότι δεν υπάρχει αέριο την στιγμή της συμπίεσης του εμβόλου. (E.Ekanem Attah, 2015)

Υπάρχουν βέβαια και κάποια κενά που δεν καλύπτονται και αυτά είναι κάποια από τα παρακάτω:

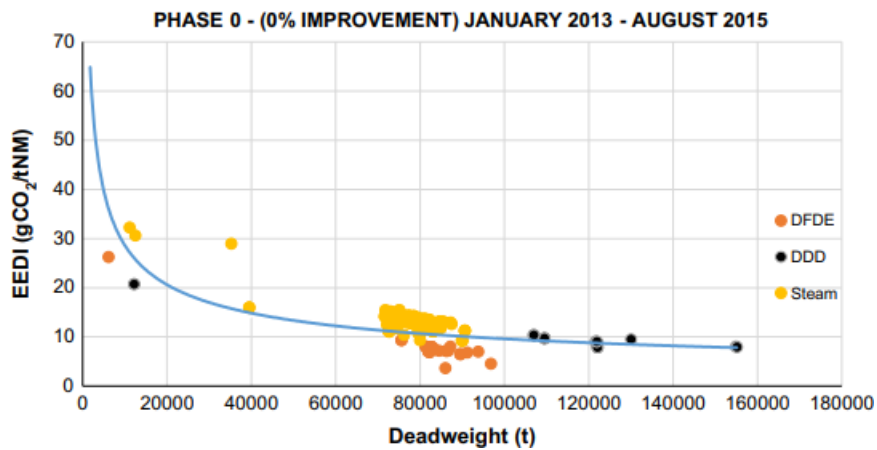
- 1) Σημαντική έλλειψη στην βιβλιογραφία υπάρχει ως προς την επιρροή του EEDI στα πλοία μεταφοράς LNG, διότι αυτά τα πλοία διαθέτουν μη συμβατικά συστήματα πρόωσης. Όμως από άποψη εκπομπών και αποδοτικότητας ο αντίκτυπος του EEDI στα πλοία LNG είναι πολύ σημαντικός, αφού η ανάλυση του EEDI για τις επιλογές πρόωσης των LNG θα δείξει τις βέλτιστες επιλογές για τα μελλοντικά συστήματα.
- 2) Καμία βιβλιογραφία δεν έχει χρησιμοποιήσει δεδομένα από τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας των πλοίων LNG για τις βελτιώσεις στο σχεδιασμό, κάτι το οποίο δείχνει την έλλειψη δεδομένων από ναυτιλιακές εταιρείες. Παρ' όλα αυτά, η χρήση ζωντανών δεδομένων από πραγματικές θαλάσσιες λειτουργίες θα βελτιώσει την εγκυρότητα των τεχνικών μοντελοποίησης και θα διασφαλίσει την ανάδειξη των βέλτιστων επιλογών για τα μελλοντικά συστήματα πρόωσης. Επίσης, υπάρχει έλλειψη case studies για την πραγματική λειτουργία των LNG σε κανονικές συνθήκες θαλάσσιου πλου, αφού η ανάλυση ταξιδιού πραγματοποιείται με θεωρητικές τιμές και η πρόσβαση σε τέτοιες πληροφορίες είναι συνήθως περιορισμένη.

Παρά τις δυσκολίες στην έλλειψη βιβλιογραφίας, στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η συμμόρφωση του EEDI στα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, με βάση τους διάφορους τύπους πρόωσης:

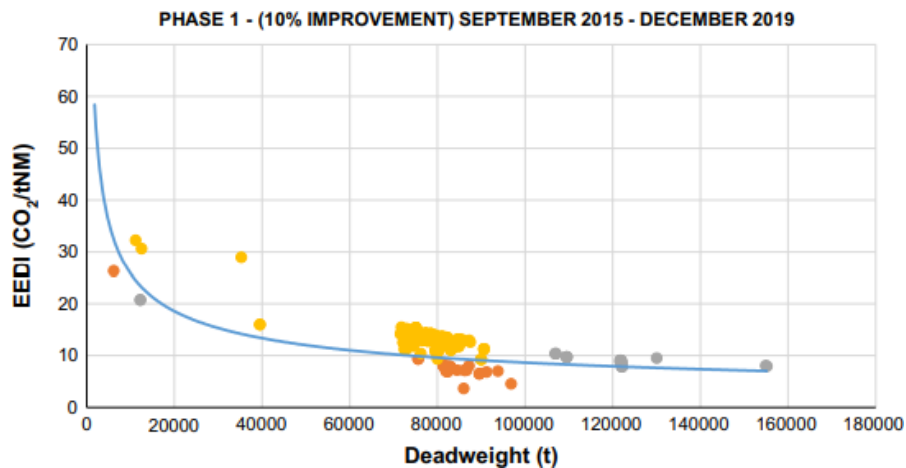
Table 5
LNGCs EEDI compliance.

Propulsion type (number)	Phase 0 compliant	Phase 1, compliant Sept 2015–Dec 2019	Phase 2, compliant 21 Jan 2020–31 Dec 2024	Phase 3, compliant 1 Jan 2025–onwards
Diesel electric (32)	32 (100%)	32 (100%)	31 (97%)	18 (56%)
Direct drive diesel (21)	8 (38%)	5 (24%)	0 (0%)	0 (0%)
Steam turbine (159)	7 (6%)	1 (0.6%)	0 (0%)	0 (0%)
Total (212)	47 (23%)	38 (18%)	31 (15%)	18 (8%)

Πίνακας : LNGC’s EEDI compliance (E.Ekanem Attah, 2015)

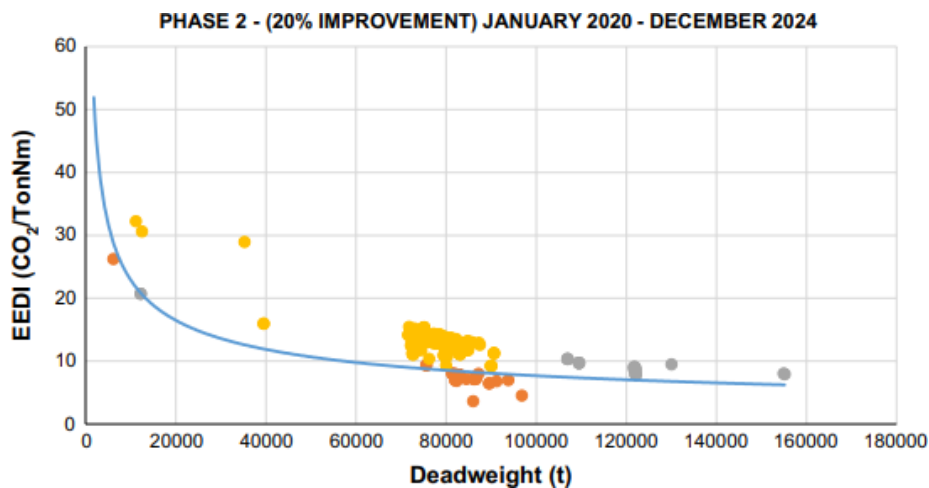


Σχήμα 10: Phase 0 (0% improvement) January 2013- August 2015 (E.Ekanem Attah, 2015)



Σχήμα 11: Phase 1 (10% improvement) September 2015- December 2019 (E.Ekanem Attah, 2015)

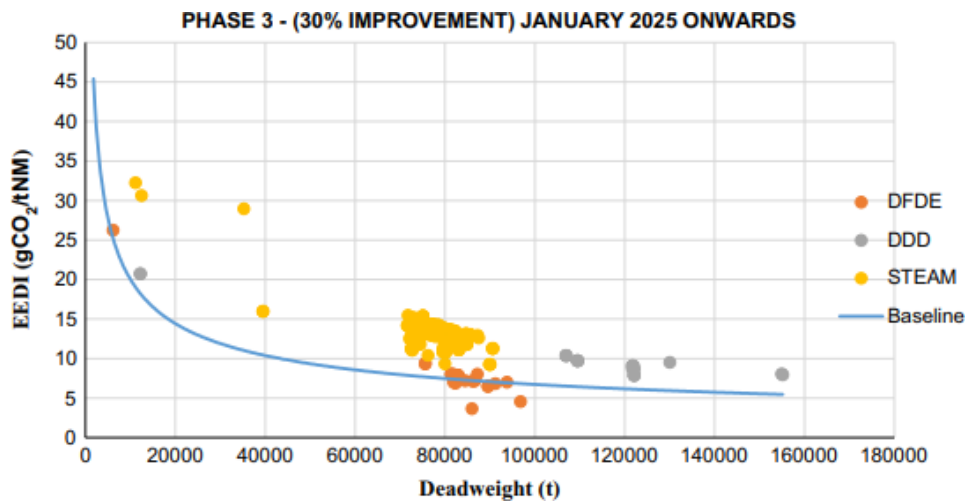
Στην περίοδο της Φάσης 0 όπως φαίνεται στο σχήμα 10 γίνεται αναπαράσταση περίπου στο 23% κάτω από το επίπεδο αναφοράς για τη χρονολογία Ιανουάριος 2013- Αύγουστος 2015, ενώ στην εφαρμογή της Φάσης 1 σχεδόν όλα τα σκάφη χρησιμοποιούν ενέργεια με βάση τον ατμό για τη χρονολογία Σεπτέμβρης 2015- Δεκέμβρης 2019



Σχήμα 12: Phase 2 (20% improvement) January 2020- December 2024 (E.Ekanem Attah, 2015)

Τα πλοία μεταφοράς LNG που χρησιμοποιούν συστήματα Dual Fuel Diesel Electric (DFDE) είναι όλα κάτω από το επίπεδο αναφοράς.

Στη φάση 2 της εφαρμογής όλα τα συστήματα πρόωσης ατμού βρίσκονται πάνω από το επίπεδο αναφοράς, ενώ το 97% των συστημάτων DFDE μένει κάτω από το επίπεδο αναφοράς.



Σχήμα 13: Phase 3 (30% improvement) January 2025 onwards (E.Ekanem Attah, 2015)

Με την εφαρμογή της Φάσης 3 φαίνεται πως το 56% των σημερινών DFDE εξακολουθεί να συμμορφώνεται και πέφτει κάτω από το επίπεδο αναφοράς.

Δύο συμπεράσματα που διεξάγονται με βάση τα παραπάνω είναι αρχικά πως το σύστημα πρόωσης DFDE προσφέρει την αποδοτικότερη επιλογή παρά της κίνησης με τον ατμό, με το σύστημα Direct Drive Diesel (DDD) να βρίσκεται ανάμεσά τους. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι το 72% των μελλοντικών παραγγελιών για τα LNGC είναι DFDE, η βελτίωση κατά 30% που επιβάλλει ο IMO από το 2025 και μετά δεν θα έχει καμία επίδραση στα DFDE άρα το τρέχον επίπεδο αναφοράς δεν θα φέρει βελτιώσεις στην τεχνολογία για τα μελλοντικά σχέδια των πλοίων LNG.

Κάποιες τροποποιήσεις που μπορεί να γίνουν με βάση την συμμόρφωση του EEDI στα πλοία μεταφοράς LNG είναι οι εξής:

- Γνωρίζοντας ότι στόχος του EEDI είναι να καλυτερεύσει η τεχνολογία ώστε να βελτιωθεί η αποδοτικότητα και να μειωθούν οι εκπομπές CO₂, όπως και ότι το σύστημα DFDE συμμορφώνεται όταν είναι κάτω από το επίπεδο αναφοράς (baseline), αυτή η γραμμή μπορεί να υπολογιστεί με βάση τα σημερινά σκάφη DFDE, αφού πάνω από το 70% των μελλοντικών παραγγελιών των LNGC είναι πλοία DFDE.

- Να γίνει τροποποίηση στην εξίσωση του EEDI, λαμβάνοντας υπόψιν το πρόβλημα του άκαυστου μεθανίου (methane slip), στοχεύοντας στις τεχνολογικές βελτιώσεις με σκοπό τη μείωση των εκπομπών μεθανίου και την βελτίωση των συνολικών επιδόσεων. (E.Ekanem Attah, 2015)

Άρα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι λόγω της αγοράς που πλέον ζητάει πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου με μέσο πρόωσης τις δίχρονες μηχανές διπλού καυσίμου λόγω της μειωμένης κατανάλωσης, αυτό εξυπηρετεί πολύ το πρόβλημα των εκπομπών μεθανίου από την διαφυγή τους στα καυσαέρια (methane slip). Στην μελέτη αυτή λοιπόν μιας και έγινε το 2015 ήταν πολύ σωστή η πρόταση να ληφθεί υπόψη το methane slip στον EEDI αλλά πλέον το 2023 αν και το περισσότερο ποσοστό LNG πλοίων κινούνται με ηλεκτροπρόωση (DFDE) , σε λίγα χρόνια από τώρα δεν θα χρησιμοποιούνται τόσο λόγω της αντικατάστασης τους με τα πιο εξελιγμένα.

Η διαδικασία μετάβασης των πλοίων με φυσικό αέριο σαν καύσιμο είναι μια μακρά διαδικασία που χρειάζεται την ανάπτυξη υποδομών για τη μεταφορά και την προμήθεια φυσικού αερίου σαν καύσιμο. Όσον αφορά τον υπολογισμό του EEDI, η μείωση της τιμής του EEDI με τη χρήση του φυσικού αερίου σαν καύσιμο είναι ίση με 30% και τα πλοία σε μελέτες περίπτωσης μπορούν να ανταποκριθούν σε κάθε μελλοντική φάση του EEDI.

4.2 Εφαρμογή Δείκτη EEOI σε σύστημα ενεργειακής διαχείρισης πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου (Bulk Carrier)

Λαμβάνοντας υπόψιν μια μελέτη που έγινε το 2018 από το πανεπιστήμιο Dalian Maritime University της Κίνας σχετικά με τους παράγοντες που μπορούν να μεταβάλλουν την τιμή του EEOI σε ένα φορτηγό πλοίο (Bulk Carrier), εξάγονται κάποια ενδιαφέροντα

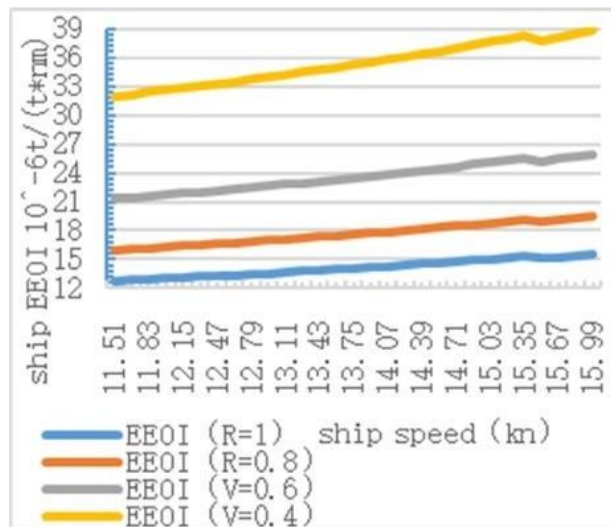
αποτελέσματα. Πιο αναλυτικά, η μελέτη έγινε πάνω σε πλοία τύπου Panamax, όπου οι εναλλαγές στην ταχύτητα, τα ναυτικά μίλια και τον συνολικό όγκο του φορτίου απέδειξαν κατά πόσο μπορεί να επηρεαστεί η τιμή του ΕΕΟΙ. Παρακάτω παρουσιάζονται οι διαστάσεις ενός bulk carrier που χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη αυτή.

Table 1. Main parameters of a bulk carrier

project	value
Gross tonnage/t	70000
Deadweight tonnage	69967
General/m	225.0
Draft/t	13.6
Speed/kn	16.0
Deep B/m	18.7
Type D/m wide	32.2
The host model	MAN B&W 6S60MC
Main engine speed/RPM	90
Deputy machine	WARTSILA VASA 4R22/26
The boiler model	AQ12/AQ-2

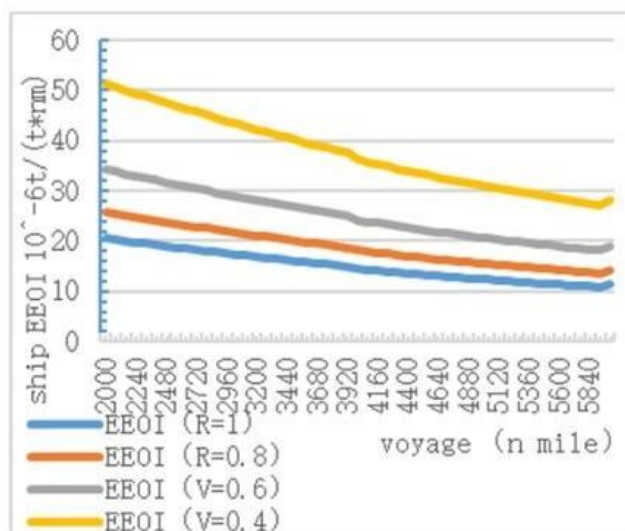
Πίνακας: Διαστάσεις ενός bulk carrier (Changyu Lu, 2018)

Σαν πρώτος παράγοντας, η μεταβολή της ταχύτητας του πλοίου μας έδειξε ότι η μείωσή της έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την μείωση του δείκτη ΕΕΟΙ. Πιο συγκεκριμένα, αν η ταχύτητα μεταβληθεί από τους 16 κόμβους στους 12 κόμβους, ο ΕΕΟΙ μειώνεται από $15.99 \cdot 10^{-6} \text{ t}/(\text{t} \cdot \text{nm})$, σε $12.78 \cdot 10^{-6} \text{ t}/(\text{t} \cdot \text{nm})$. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται και πιο λεπτομερώς η επίδραση της ταχύτητας στον δείκτη ΕΕΟΙ.



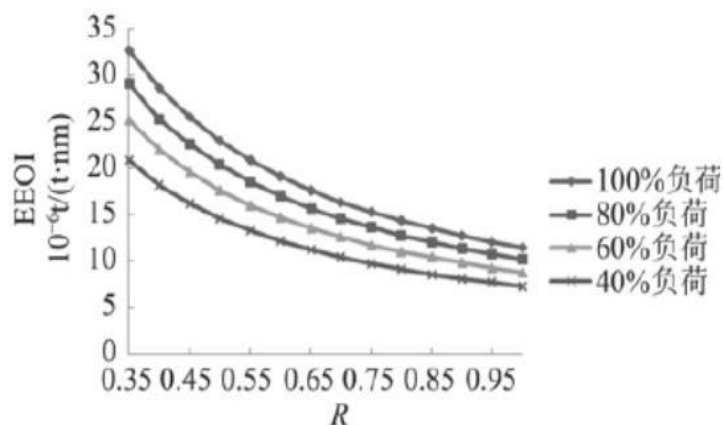
Σχήμα 14: Η σχέση της ταχύτητας του πλοίου και του δείκτη EEOI (Changyu Lu, 2018)

Σαν δεύτερος παράγοντας, εξετάστηκε η επίπτωση του ταξιδιού (ναυτικά μίλια) στο δείκτη EEOI. Παρατηρήθηκε πως η αύξηση στα ναυτικά μίλια έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του EEOI, άρα και την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου. Η μεταβολή του δείκτη σε σχέση με τα ναυτικά μίλια παρουσιάζεται παρακάτω:



Σχήμα 15: Η σχέση του ταξιδιού (ναυτικά μίλια) και του δείκτη EEOI (Changyu Lu, 2018)

Ως τελευταίος παράγοντας, εξετάστηκε ο όγκος του φορτίου που μεταφέρει το bulk carrier όπου και εκεί παρατηρήθηκε ότι αυξάνοντας το μεταφερόμενο φορτίο μειώνεται άμεσα ο δείκτης EEOI όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 16: Η σχέση του όγκου του φορτίου και του δείκτη EEOI (Changyu Lu, 2018)

Συνεπώς, παρατηρήθηκε από αυτή τη μελέτη ότι ο δείκτης EEOI σε πλοίο τύπου Panamax μπορεί να μειωθεί σημαντικά κυρίως με μια μείωση της ταχύτητας αλλά και με την αύξηση του φορτίου. Λιγότερη επίπτωση παρατηρήθηκε ότι υπήρξε στο δείκτη EEOI από την αύξηση των ναυτικών μιλίων του ταξιδιού.

Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί πως η μείωση της ταχύτητας συμφέρει τη ναυτιλιακή εταιρεία ή τους ναυλωτές διότι έτσι μειώνεται και η κατανάλωση του καυσίμου, άρα και το κόστος αλλά επίσης η αύξηση του μεταφερόμενου φορτίου συμφέρει και τις δύο πλευρές, λόγω της αύξησης του κέρδους. Τέλος, συμπεραίνουμε πως ο ενεργειακός δείκτης EEOI αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο του EnMS και υπάρχουν ήδη πολλά συστήματα όπως το Kongsberg (σύμφωνα με το Σχήμα 17), που μας δίνει πληροφορίες σχετικά με το δείκτη EEOI και έτσι μπορεί μέσω του κατάλληλου συστήματος ενεργειακής διαχείρισης να αυξηθεί η ενεργειακή απόδοση του πλοίου.

KONGSBERG ENERGY MANAGEMENT SYSTEM

Lite package Basic fuel and emissions monitoring	<ul style="list-style-type: none">▪ Fuel performance and benchmarking▪ Energy efficient operating index▪ Operational profile detection▪ Emissions monitoring▪ Leg and voyage documentation
Standard package Fuel, emissions and ship performance monitoring	<ul style="list-style-type: none">▪ Weather resistance indication▪ Engine and battery performance▪ Speed optimisation▪ Operational cost monitoring
Premium package Comprehensive performance monitoring	<ul style="list-style-type: none">▪ Trim optimisation▪ Propulsion performance▪ Electrical balance▪ Thermal sankey▪ Hull growth indication

Σχήμα 17: Kongsberg Energy Management System (Kongsberg, 2018)

5. ΟΔΗΓΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΕ ΠΟΝΤΟΠΟΡΑ ΠΛΟΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν οι οδηγοί εφαρμογής σχεδίων συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης που έχουν προταθεί από τον νηογνώμονα ABS (American Bureau of Shipping) και από την ένωση Intertanko (Διεθνής Ένωση Πλοιοκτητών Δεξαμενοπλοίων).

5.1 Ανάλυση οδηγού σχεδιασμού και εφαρμογής EMS-ABS Guide

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύεται τι θα περιλάμβανε ένα σχέδιο ενεργειακής διαχείρισης στη ναυτιλία και συγκεκριμένα στα ποντοπόρα πλοία, δηλαδή σε όλα τα πλοία που διασχίζουν ωκεανούς.

Ο Αμερικανικός Νηογνώμονας (ABS-American Bureau of Shipping) έχει εκδώσει ένα οδηγό σχεδιασμού και εφαρμογής τον Απρίλιο του 2020, ο οποίος θεωρείται ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για την υποστήριξη της υπεύθυνης διαχείρισης για τη λειτουργία των πλοίων, την πρόληψη της ρύπανσης και τη βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση.

Οι απαιτήσεις αυτού του οδηγού σχεδιασμού και εφαρμογής αντικατοπτρίζονται παρακάτω:

- ISO 50001: Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης
- ISM Code: Το πιο διακεκριμένο σύστημα διαχείρισης που είναι ήδη υποχρεωτικό στη ναυτιλία.
- ISO 9001: Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας
- ISO 14001: Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης
- OHSAS 18001: Σύστημα Υγείας και Ασφάλειας

Με αυτό τον οδηγό, στόχος είναι η διευκόλυνση της προσέγγισης των προαναφερθέντων απαιτήσεων, οι οποίες προσδιορίζονται στις 5 παρακάτω κατηγορίες:

S (Safety-Ασφάλεια), Q (Quality-Ποιότητα), E (Environmental-Περιβαλλοντικές), H (Health-Υγεία), En (Energy-Ενεργειακές).

Ο ABS ενθαρρύνει τις εταιρείες να εφαρμόσουν τις απαιτήσεις του οδηγού στο σύνολό τους, ως μια ολοκληρωμένη προσέγγιση. Συγκεκριμένα, θα αναφερθούμε στην τελευταία κατηγορία, τις απαιτήσεις ενεργειακής διαχείρισης (En), οι οποίες σε συνδυασμό με ορισμένες απαιτήσεις διαχείρισης ασφάλειας (S) αντιμετωπίζουν πολλά ζητήματα τα οποία ενσωματώνονται στον ISO 50001:2018.

Η πιστοποίηση σε αυτό τον οδηγό χορηγείται με τον ίδιο τρόπο όπως και η πιστοποίηση στον ISM Code . Όλα τα πλοία που αφορούν την ποντοπόρο ναυτιλία και ακολουθούν τον συγκεκριμένο οδηγό σχεδιασμού θα πρέπει να είναι ταξινομημένα στην κλάση του ABS ή σε οποιαδήποτε άλλη κλάση η οποία είναι μέλος IACS. Αυτός ο οδηγός υπόκειται σε αναθεωρήσεις στις οποίες η ναυτιλιακή οφείλει να συμμορφώνεται εντός ενός έτους.

Ο οδηγός σχεδιασμού αποτελείται από τα παρακάτω στάδια:

A. Γενικό Πλαίσιο της ναυτιλιακής εταιρίας που κατέχει πλοία ποντοπόρου ναυτιλίας:

- Καθορισμός ορίων και πεδίου εφαρμογής του συστήματος διαχείρισης:

1. Η ναυτιλιακή εταιρία πρέπει να διασφαλίσει ότι μπορεί να ελέγξει τη χρήση ενέργειας, την ενεργειακή απόδοση και την κατανάλωση ενέργειας μέσα στα όρια που έχει θέσει.

- Ηγεσία και δέσμευση:

1. Η ανώτατη διοίκηση επιδεικνύει δέσμευση αφού διασφαλίζει ότι: a) Έχουν καθοριστεί τα όρια και το πεδίο εφαρμογής του EnMS, b) Διασφαλίζει τη δημιουργία μιας ομάδας διαχείρισης ενέργειας, c) Διασφαλίζει ότι η ενεργειακή απόδοση αντιπροσωπεύεται κατάλληλα από τους Energy Performance Indicators (EnPI), d) Διασφαλίζει πως τα σχέδια δράσης του EnMS εφαρμόζονται.

B. Πολιτική υγείας, ασφάλειας, ποιότητας, περιβάλλοντος και ενεργειακής πολιτικής

Η διοίκηση θα καθιερώσει, θα εφαρμόσει και θα διατηρήσει την πολιτική της εταιρίας:

1. Παρέχοντας ένα πλαίσιο για τον καθορισμό και την αναθεώρηση στόχων

2. Υποστηρίζοντας δραστηριότητες σχεδιασμού για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης
3. Υποστηρίζοντας τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών προϊόντων
4. Περιλαμβάνοντας δέσμευση για συνεχή βελτίωση του συστήματος ενεργειακής διαχείρισης
5. Περιλαμβάνοντας δέσμευση για την διαθεσιμότητα πληροφοριών και πόρων για την επίτευξη των στόχων του EnMS

Γ. Προγραμματισμός-Ενεργειακή βελτίωση, Δείκτες απόδοσης και επίπεδο αναφοράς

1. Για να αναπτύξει η εταιρία ένα πλάνο ενεργειακής βελτίωσης θα πρέπει να :
 - Αξιολογεί την προηγούμενη και την τρέχουσα χρήση και κατανάλωση ενέργειας
 - Ιεραρχήσει τις ευκαιρίες για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

Η ενεργειακή βελτίωση θα ενημερώνεται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα και η εταιρία θα διατηρεί αρχείο με τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη ενός πλάνου ενεργειακής βελτίωσης.

2. Όσον αφορά τους Δείκτες Ενεργειακής Απόδοσης, η εταιρία καθορίζει αν οι δείκτες είναι κατάλληλοι για τη μέτρηση και την παρακολούθηση της ενεργειακής της απόδοσης, για να επιτύχει την ενεργειακή βελτίωση.
3. Συνεχίζοντας, όσον αφορά το Ενεργειακό Επίπεδο αναφοράς, η εταιρία χρησιμοποιεί πληροφορίες από την ενεργειακή βελτίωση έχοντας υπόψιν μια χρονική περίοδο.
4. Η εταιρία προχωράει σε προγραμματισμό με βάση την συλλογή δεδομένων, διασφαλίζοντας αρχικά ότι τα βασικά χαρακτηριστικά των εργασιών της μπορούν να αναλυθούν.

5. Η εταιρία καθορίζει ενεργειακούς στόχους, αφού θέτει ως βασικό στοιχείο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Κατά τη διάρκεια της επίτευξης αυτών των ενεργειακών στόχων, η ναυτιλιακή εταιρία δημιουργεί και διατηρεί πλάνα δράσης που περιλαμβάνουν τον τρόπο αξιολόγησης μέσω των δεικτών των αποτελεσμάτων και των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

Δ. Υλοποίηση και Λειτουργία

Η ανώτατη διοίκηση της εταιρείας καθορίζει και παρέχει τους απαραίτητους πόρους για την εφαρμογή και την συνεχόμενη βελτίωση του συστήματος διαχείρισης και εξασφαλίζει ότι οι αρμοδιότητες του κάθε ρόλου στο σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κοινοποιούνται σε όλα τα μέλη της εταιρίας, με σκοπό να:

- Καθοριστούν μέθοδοι για την διασφάλιση της λειτουργίας των EnMs
- Εφαρμοστούν σχέδια για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης

Πολύ σημαντικό είναι το προσωπικό της ναυτιλιακής εταιρίας και των ποντοπόρων πλοίων να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο.

Ε. Εσωτερική Επικοινωνία και Λειτουργικός Έλεγχος

Μέσω της εσωτερικής επικοινωνίας, η ναυτιλιακή εταιρία θα εφαρμόσει μια τακτική κατά την οποία κάθε άτομο που εργάζεται στην εταιρεία θα έχει τη δυνατότητα να προτείνει τρόπους για βελτιώσεις στο EnMS και στην ενεργειακή απόδοση. Όσον αφορά το λειτουργικό έλεγχο, η εταιρία θα κοινοποιεί τα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης στα άτομα που έχουν την σχετική θέση στην εταιρία.

ΣΤ. Προμήθεια- Σχεδιασμός

Η Εταιρεία θα εξετάσει τις ευκαιρίες για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης μέσω του σχεδιασμού νέου εξοπλισμού και συστημάτων ενός πλοίου.

H. Αξιολόγηση Απόδοσης και επιθεώρηση διοίκησης

Η ναυτιλιακή εταιρεία θα αξιολογεί τη συμμόρφωση με νομικές απαιτήσεις που σχετίζονται με την ενεργειακή απόδοση και τη χρήση ενέργειας.

Τέλος, στο κομμάτι της βελτίωσης της διοίκησης, φαίνεται ο βαθμός στον οποίο έχουν επιτευχθεί οι στόχοι της εταιρίας καθώς και η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, κάτι το οποίο θεωρείται και ο στόχος της ναυτιλιακής εταιρίας. (American Bureau of Shipping , 2020)

5.2 Συστάσεις ενεργειακής βελτίωσης σύμφωνα με την Intertanko

Η Intertanko (International Association of Independent Tanker Owners) είναι η Διεθνής Ένωση πλοιοκτητών Δεξαμενοπλοίων και είναι η πιο διαδεδομένη ένωση στον τομέα των δεξαμενοπλοίων. Δημιούργησε το Tanker Energy Efficiency Management Plan (TEEMP), ένα πλάνο ενεργειακής διαχείρισης για τα δεξαμενόπλοια, το οποίο προήλθε από όλες τις πληροφορίες των υπαρχουσών ναυτιλιακών εταιριών που διαχειρίζονται 700 δεξαμενόπλοια και βασίζεται στο SEEMP (Ship Energy Management Plan).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι προτάσεις της Intertanko όσον αφορά τα μέτρα που εκτιμά ότι είναι σκόπιμο να διερευνηθούν σε πλοία αυτού του τύπου. Κάποια από τα μέτρα ενεργειακής βελτίωσης που συστήνει η Intertanko αφορούν:

- Το σύστημα θέρμανσης του φορτίου στα δεξαμενόπλοια.

Για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης προτείνεται πως τα συστήματα θέρμανσης του φορτίου στα δεξαμενόπλοια μπορούν να ευνοηθούν αν χρησιμοποιηθεί κατάλληλη μόνωση στις γραμμές (σωλήνες) ζεστού νερού-ατμού στο κατάστρωμα.

- Το σύστημα προστασίας από αύξηση της πίεσης στις δεξαμενές

Πολλές φορές, μετά την φόρτωση αδιύλιστου πετρελαίου, κατά την διάρκεια του ταξιδιού και κυρίως τις πρώτες ώρες, μπορεί να ανοίξει κάποια βαλβίδα λόγω αύξησης της πίεσης στις δεξαμενές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη μόλυνση του περιβάλλοντος σε περίπτωση που το πλήρωμα δεν είναι εκπαιδευμένο να κλείσει γρήγορα τη βαλβίδα μετά την ραγδαία πτώση πίεσης. Βάσει της Intertanko, προτείνεται η χρήση αυτόματων βαλβίδων (safety valve) ώστε να μην χρειάζεται να επέμβει το πλήρωμα.

- Την επίστρωση της γάστρας για την μείωση των τριβών

Πολύ σημαντική είναι η κατάλληλη επίστρωση γάστρας και ο τακτικός καθαρισμός της, με σκοπό να μην αυξάνεται η αντίσταση. Βάση αυτού, δεν θα αυξάνεται η κατανάλωση του καυσίμου και άρα η παραγωγή των ρύπων.

Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι η Intertanko προτείνει πως η παρακολούθηση των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης θα πρέπει να γίνεται από τα άτομα που εργάζονται στις ναυτιλιακές εταιρίες και όχι τόσο από το πλήρωμα, με σωστή κατανομή ευθυνών του πλοίου και της εταιρείας.

Η χρήση μετρητών ροής (flowmeters) που έχουν ακρίβεια της τάξης 0.5% για να παρακολουθείται η ειδική κατανάλωση καυσίμου (SFOC) σε διάφορες λειτουργίες του πλοίου, όπως και η τοποθέτηση κατάλληλων συσκευών μέτρησης των ρύπων μπορούν να

παρέχουν μια καθαρή εικόνα στην εταιρεία για την ενεργειακή απόδοση του πλοίου. (Baird Maritime, 2009)

6. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΠΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΥΝ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των εμπορικών προϊόντων και των υπηρεσιών που συμβάλλουν στην υποστήριξη των συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρονται τα πακέτα λογισμικών που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης (EMS) καθώς και το πώς διαφοροποιείται το ένα λογισμικό από το άλλο.

Σε ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης υπάρχουν πολλά πακέτα λογισμικών, τα οποία ερευνούν και αναλύουν την ενεργειακή επίδοση. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται και αναλύονται κάποιες από τις πιο γνωστές εταιρίες που διαθέτουν αυτά τα λογισμικά.

Company name	Website
NAPA	www.napa.fi
Marorka	www.marorka.com
Marin	www.marin.nl
Kongsberg	www.kongsberg.com
Insatech	www.insatechmarine.com
Seaweb	www.sea-web.com
Amarcon	www.amarcon.com
Weather Routing Inc.	www.wriwx.com
Kyma	www.kyma.no

Πίνακας: Παραδείγματα εταιριών που πωλούν λογισμικό για την ανάλυση της ενεργειακής επίδοσης (Tillig F. and al, 2015)

6.1 Λογισμικό Kongsberg & Marorka

Όσον αφορά το σύστημα Kongsberg, είναι βασισμένο στην αυτοματοποιημένη τεχνολογία και στις εφαρμογές λογισμικού του συστήματος Marorka. Αυτό το σύστημα μπορεί να βοηθήσει τους διαχειριστές να βελτιστοποιήσουν την κατανάλωση του καυσίμου του πλοίου και να ελέγξουν τις εκπομπές.

Με την χρήση μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο (real time measurements), το σύστημα του Kongsberg, παρέχει λειτουργικότητα για την υποστήριξη των αποφάσεων που παίρνονται πάνω στο πλοίο και για την ανάλυση των βασικών δεικτών απόδοσης του σκάφους.

Το σύστημα ενεργειακής διαχείρισης του Kongsberg στη ναυτιλία είναι ένα ευέλικτο σύστημα και διαχειρίζεται από απλά μέχρι πολύπλοκα συστήματα υψηλής τάσης και θεωρείται ένα δυναμικό σύστημα ενέργειας, δίνοντας έμφαση στη φιλικότητα προς το περιβάλλον. Χρησιμοποιεί μεθόδους για τη μέτρηση, την εγγραφή και αναλύει τη χρήση ενέργειας των σκαφών σε συγκεκριμένους τρόπους λειτουργίας.

Στόχος του συστήματος Kongsberg είναι η διασφάλιση της κερδοφόρας ανάπτυξης με βιώσιμη προοπτική. Το σύστημα του Kongsberg είναι εφαρμόσιμο για όλους τους τύπους πλοίων.

Όσον αφορά το σύστημα Marorka είναι το σύστημα το οποίο κάνει monitoring και θεωρείται μια ολοκληρωμένη λύση που υποστηρίζει τη ναυτιλιακή βιομηχανία στον ψηφιακό και ενεργειακό μετασχηματισμό της. Πιο συγκεκριμένα είναι ο κορυφαίος πάροχος λύσεων ενεργειακής διαχείρισης βάσει δεδομένων και λειτουργικής απόδοσης για τη διεθνή ναυτιλιακή βιομηχανία και αυτό αποδεικνύεται διότι το Μάρτιο του 2023 η συγκεκριμένη εταιρία υπέγραψε συμβόλαιο με μια σημαντική Ευρωπαϊκή εταιρία θαλασσίων μεταφορών, με σκοπό την εγκατάσταση συστημάτων αυτόματης συλλογής δεδομένων και ευφυούς λογισμικού, έχοντας στόχο τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης των πλοίων (GTT Group Company, 2023)



Σχήμα 18: Η λύση του λογισμικού Marorka: Ανάλυση δεδομένων και υποστήριξη των αποφάσεων (Jacob Clausen , 2016)

Προσφέρει μια ολιστική προσέγγιση εστιάζοντας στην εξοικονόμηση καυσίμου, στην συμμόρφωση για τη μείωση των εκπομπών και στη βελτιστοποίηση της απόδοσης, εξασφαλίζοντας την συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς.

Συγκεκριμένα:

- Εξυπηρετεί στην συμμόρφωση με τους κανονισμούς του IMO όπως το SEEMP και το EEDI που αναλύθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια.
- Εξυπηρετεί στην χρήση του δείκτη EEOI.
- Εναρμονίζεται πλήρως με το ISO 14001 και ISO 50001.

Συνεχίζοντας, αναφέρουμε πως το σύστημα Marorka περιλαμβάνει τα εξής βασικά χαρακτηριστικά, τα οποία την έχουν καταστήσει μια από τις πιο σημαντικές εταιρίες στο χώρο της:

- Ανάλυση του στόλου:

Μέσω διαφόρων φίλτρων που εφαρμόζονται και επιλογής δεδομένων, δίνεται η απεικόνιση του ιστορικού των δεδομένων για συγκριτική αξιολόγηση, βελτιώνοντας έτσι την λήψη των αποφάσεων, βάσει πραγματικών δεδομένων.

- Βελτιστοποίηση μηχανών:

Με την χρήση κάποιων πινάκων ζωντανής μετάδοσης (live dashboards), παρέχονται στο πλήρωμα συμβουλές για το πως να κάνουν αποδοτικότερες τις λειτουργίες και πως να αναγνωρίσουν κάποια στοιχεία που είναι δυνατόν να βελτιωθούν, αυξάνοντας έτσι την αποδοτικότητα.

- Βελτιστοποίηση ταχύτητας:

Αυτή η εφαρμογή συνιστά την καλύτερη ταχύτητα όταν το πλοίο κάνει διελεύσεις στη θάλασσα. Η διαδικτυακή αυτή πύλη παρέχει μια λεπτομερή ανάλυση για την εξοικονόμηση καθώς και για την ευαισθητοποίηση του πληρώματος ώστε να χρησιμοποιηθούν οι βέλτιστες πρακτικές που παρέχουν άμεσα οφέλη.

- Παρακολούθηση της γάστρας και της προπέλας:

Η μείωση της ταχύτητας χρησιμοποιείται για να αξιολογηθεί η επίδοση της γάστρας, έχοντας σαν αποτέλεσμα σημαντική εξοικονόμηση του κόστους των καυσίμων, μέσω της παρακολούθησης της απόδοσης της γάστρας και της προπέλας.

- Αξιολόγηση της απόδοσης:

Μέσω της οπτικοποίησης των δεδομένων κατανάλωσης ταχύτητας, επιτρέπεται η σύγκριση επιδόσεων για το ίδιο πλοίο ή για πλοία ίδιας κατηγορίας σε μια χρονική περίοδο. Μέσω

της αξιολόγησης της απόδοσης, αναλύονται κάποιες σημαντικές επιδόσεις όπως πίνακες καυσίμων και αξιολόγηση μετασκευών. (Ascenz Marorka)

Όπως δημοσιοποιήθηκε σε άρθρο τον Οκτώβρη του 2023, η εταιρία Ascenz Marorka, εγκαινίασε το Κέντρο Παρακολούθησης Απόδοσης Στόλου σε πραγματικό χρόνο, το οποίο επιτρέπει σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη την παρακολούθηση και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των πλοίων τους, λαμβάνοντας αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο. Το Κέντρο αυτό εξασφαλίζει μια ολιστική προσέγγιση για να βελτιωθούν οι λειτουργίες του στόλου και να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση.

Μεταξύ των υπηρεσιών που προσφέρει η Ascenz Marorka με αυτό το κέντρο, η υπηρεσία Weather & E-Navigation Routing περιλαμβάνει τώρα έναν αλγόριθμο που λαμβάνει υπόψη μοντέλα πρόγνωσης καιρού βασισμένα σε δορυφορικές μετρήσεις, σε περιορισμούς πλοήγησης και τα πιο πρόσφατα μοντέλα πλοίων που ενσωματώνουν στοιχεία πλοίου και μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης. Με την ενσωμάτωση επιχειρησιακών, οικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων, η προσέγγιση επιτρέπει στα πλοία να πλοηγούνται σε διάφορες θαλάσσιες συνθήκες, βελτιστοποιώντας την κατανάλωση καυσίμων και μειώνοντας τις εκπομπές CO₂.

Αυτή η νέα λύση της Ascenz Marorka έχει επίσης καθοριστικό ρόλο όσον αφορά τη συμμόρφωση και τη βιωσιμότητα, βοηθώντας τους πλοιοκτήτες, τους ναυλωτές και τους διαχειριστές πλοίων να πληρούν τις απαιτήσεις των ναυλοσυμφώνων, μαζί με τους παγκόσμιους περιβαλλοντικούς κανονισμούς, υποστηρίζοντας τη δέσμευσή τους για βιώσιμη ανάπτυξη. (The Maritime Executive, 2023)

Παρακάτω βλέπουμε τους τρόπους για να στηθεί το σύστημα ενεργειακής διαχείρισης, όπως έχουν παρουσιαστεί από το σύστημα Marorka:

- Marorka Onboard:

- Παρακολούθηση απόδοσης πραγματικού χρόνου
 - Υποστήριξη αποφάσεων
 - Ευέλικτη σύνδεση
 - Οι βασικές τιμές απόδοσης εμφανίζονται σε ένα υπολογιστή στο πλοίο και αποστέλλονται στην ξηρά για την ενεργειακή διαχείριση του στόλου.
-
- Marorka Maren OP3 τεχνολογική πλατφόρμα: Αποθηκεύει δεδομένα για την απόδοση και την κατανάλωση καυσίμων του πλοίου. Αυτή η πλατφόρμα μεταδίδει τα δεδομένα στο Marorka Online.
 - Marorka Online: Επιτρέπει την αποθήκευση και τον εμπλουτισμό των δεδομένων του συστήματος επί του πλοίου για ολόκληρους στόλους. (Dr. Thorsteinsson J., 2012)

Συνεχίζοντας, παρακάτω φαίνεται πως αυτή η πλατφόρμα του συστήματος Marorka συλλέγει τα δεδομένα που υπάρχουν στο πλοίο, κάνει βελτιστοποίηση της λειτουργίας του συστήματος πρόωσης, της πλεύσης αλλά και κάθε μηχανήματος του πλοίου, διαχειρίζεται τον εξοπλισμό, φτιάχνει report και κάνει data management, γεγονός που το καθιστά ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης.

ONBOARD

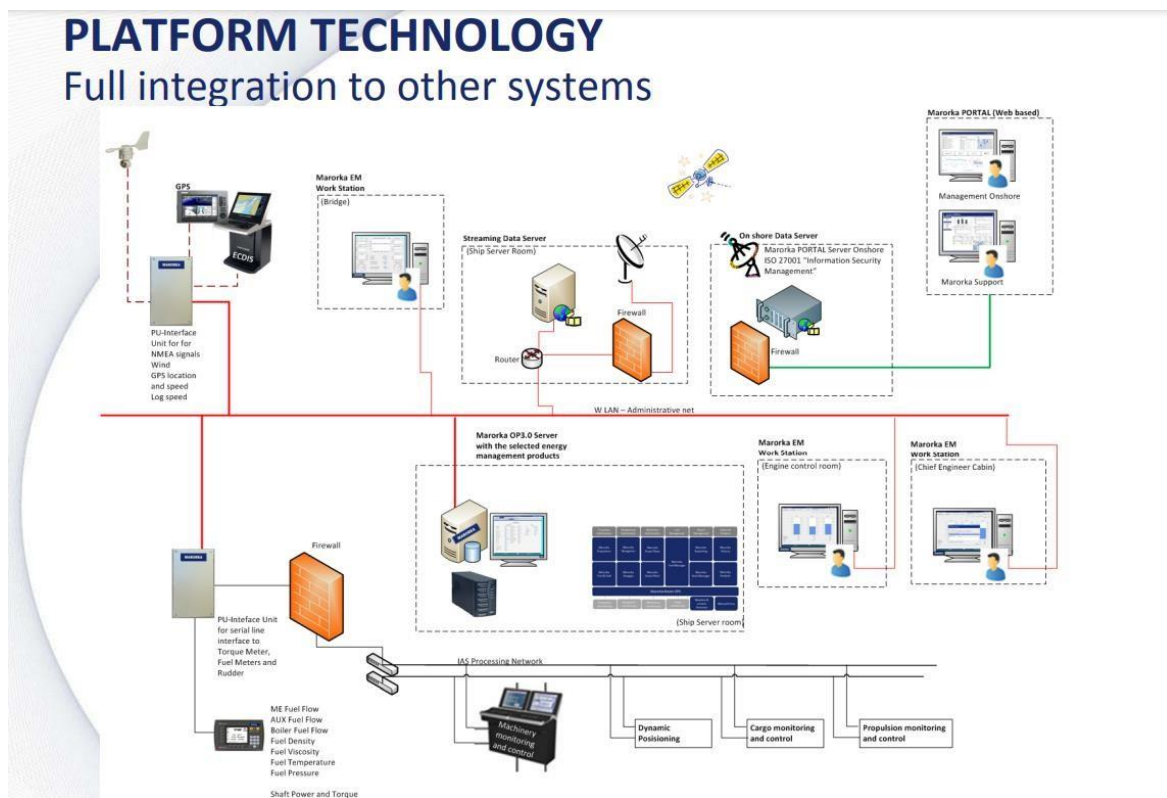
A complete energy management platform technology



Σχήμα 19: Marorka Onboard- Μια ολοκληρωμένη τεχνολογική πλατφόρμα ενεργειακής διαχείρισης (Dr. Thorsteinsson J., 2012)

Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα βλέπουμε πως η τεχνολογική πλατφόρμα ενεργειακής διαχείρισης της Marorka αποτελείται από τα εξής κομμάτια: την οπτικοποίηση, τη βελτιστοποίηση του συστήματος πρόωσης, τη βελτιστοποίηση της πλοήγησης, τη βελτιστοποίηση των μηχανημάτων, τη διαχείριση των αποθεμάτων, τη διαχείριση των αναφορών και τη διαχείριση των δεδομένων. Οι μεταβλητές που παρακολουθούνται μέσω των εργαλείων της Marorka περιλαμβάνουν την κατανάλωση καυσίμου των κύριων και βοηθητικών μηχανών και λεβήτων, την ισχύ του άξονα και τη συνολική ενεργειακή χρήση του πλοίου. Μπορούν επίσης να παρακολουθούνται ο καιρός και η κατάσταση της θάλασσας, καταγράφοντας τα αποτελέσματα σε έναν πίνακα αποτελεσμάτων ενεργειακής διαχείρισης, ο οποίος περιλαμβάνει αναφορές βασικών δεικτών απόδοσης (Key Performance Indicators). Τα δεδομένα επεξεργάζονται στο server της Marorka που βρίσκεται επί του πλοίου και διανέμονται σε οθόνες στη γέφυρα και στο μηχανοστάσιο,

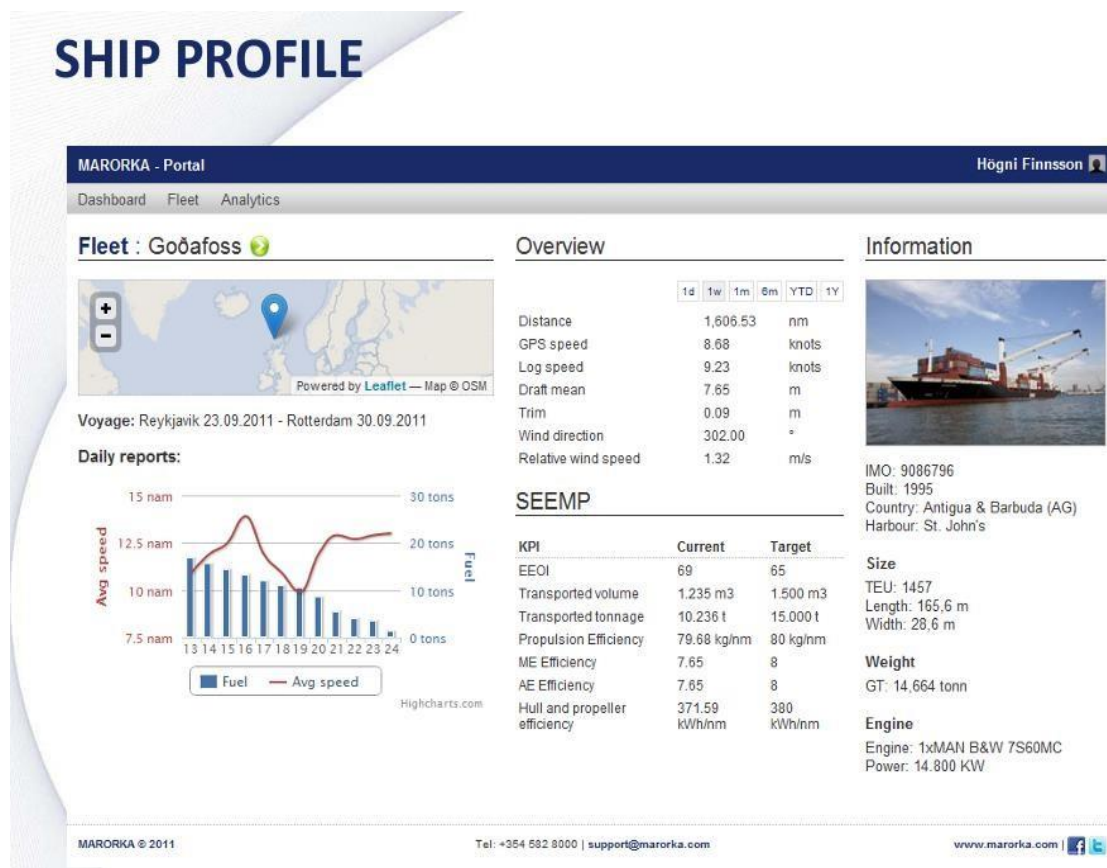
δείχνοντας μια συνολική κατάσταση ενεργειακής αποδοτικότητας του πλοίου σε πραγματικό χρόνο. (Marorka, 2009). Οι τιμές απόδοσης εμφανίζονται επίσης σε έναν υπολογιστή με οθόνη αφής, ο οποίος συλλέγει δεδομένα μετρήσεων, φτιάχνει αναλύσεις απόδοσης σε πραγματικό χρόνο και καταγράφει ιστορικά δεδομένα απόδοσης, τα οποία μπορούν να αποσταλούν στην ξηρά για περαιτέρω ανάλυση, μέσω των δορυφορικών συνδέσεων.



Σχήμα 20: Ενσωμάτωση συστήματος Marorka σε άλλα συστήματα (Dr. Thorsteinsson J., 2012)

Το λογισμικό Marorka είναι συμβατό με το δείκτη EEOI και σύμφωνα με το παρακάτω report γίνεται η περιγραφή ενός πλοίου όπου αναφέρονται οι τιμές των βασικών δεικτών απόδοσης. Όπως βλέπουμε η τρέχουσα τιμή του δείκτη EEOI είναι στο 69, ενώ ο στόχος βρίσκεται στην τιμή 65. Εν συνεχεία, ο μεταφερόμενος όγκος είναι στα 1.235 κυβικά μέτρα, με στόχο να φτάσει τα 1.500 κυβικά μέτρα και η μεταφερόμενη χωρητικότητα έχει σαν στόχο να φτάσει τους 15.000 τόνους από τους 10.236 τόνους που βρίσκεται τώρα. Επίσης η αποδοτικότητα της κύριας μηχανής καθώς και της ηλεκτρομηχανής έχουν σαν τιμή το

7.65, με στόχο να φτάσει το 8. Τέλος, όσον αφορά την αποδοτικότητα της γάστρας και της έλικας ο στόχος είναι οι 380 kWh/nm από το 371,59. (Dr. Thorsteinsson J., 2012)



Σχήμα 21: Πληροφορίες της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου μέσω του Marorka Portal (Dr. Thorsteinsson J., 2012)

6.2 Λογισμικό ΚΥΜΑ

Το Kyma Ship Performance είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης για την συνολική παρακολούθηση απόδοσης του πλοίου,

ενσωματώνοντας το σύστημα Kyma Power Meter με εξειδικευμένο λογισμικό που παρακολουθεί συνεχώς τα δεδομένα της απόδοσης.

Το λογισμικό αυτό πρόγραμμα περιλαμβάνει και γραφήματα με δοκιμαστικά test, sea trials κτλ, αφού επιτρέπει την σύγκριση της πραγματικής κατάστασης σε σχέση με την κατάσταση σχεδιασμού σε λειτουργία πραγματικού χρόνου. Συνεχίζοντας, αυτό το λογισμικό περιλαμβάνει πολλά χρήσιμα χαρακτηριστικά για την αποτελεσματική ενεργειακή διαχείριση του πλοίου όπως:

- Noon reports
- Voyage reports
- Λειτουργία άμεσης εμφάνισης δεδομένων
- Δοκιμές απόδοσης

Παρακάτω όπως εμφανίζεται και ένα στιγμιότυπο από το λογισμικό της εταιρίας Kyma:

Vessel overview

Filter on group: All vessels Search vessel

Vessel name	Last data sent	Performance status	IMO number
Kyma Victory I	19 Jan, 2018 20:00	Not ok	IMO1122334
Kyma Victory II	19 Jan, 2018 20:00	Ok	IMO2233445
Kyma Victory III	19 Jan, 2018 21:00	Benchmarking	IMO3344556
Kyma Victory IV	19 Jan, 2018 17:00	Observe	IMO4455667
Kyma Victory V	18 Jan, 2018 12:00	Benchmarking	IMO5566778

Compare

Showing 5 of 15 vessels Max vessels: 5

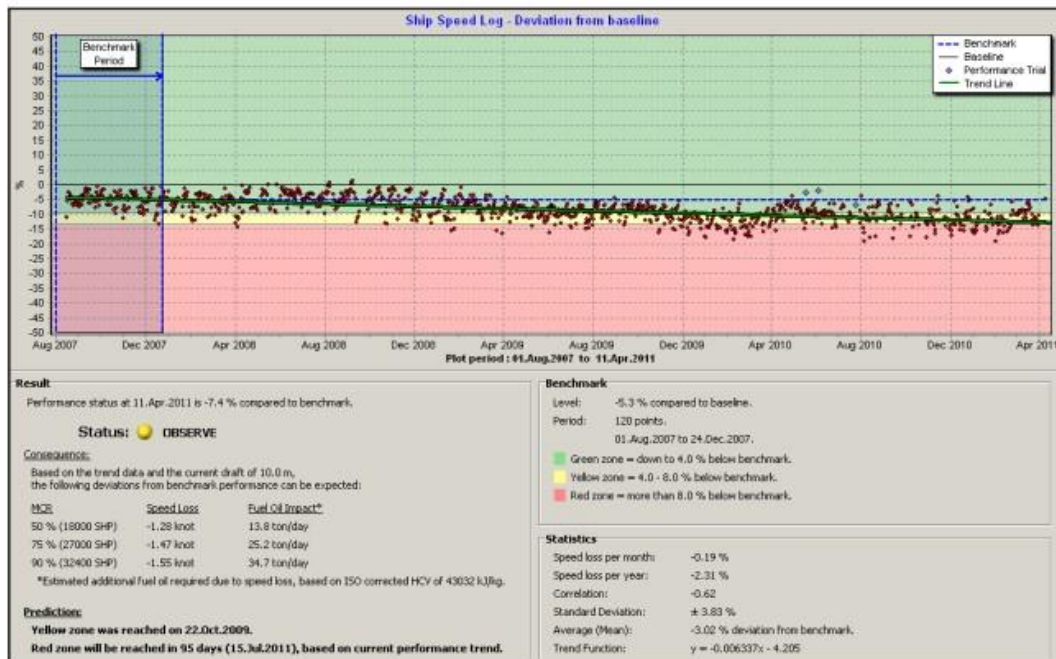
Show vessel names



Σχήμα 22 : Παράδειγμα λογισμικού Kyma (Danelec Data Portal)

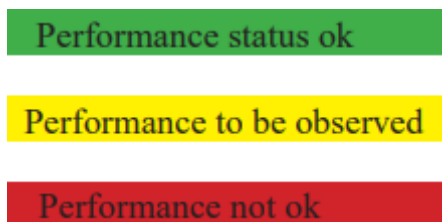
Άλλο ένα στοιχείο του λογισμικού της εταιρίας Kyma που αξίζει να αναφερθεί είναι το Diagnostic Toolbox όπως φαίνεται παρακάτω:

Diagnostic Toolbox



Σχήμα 23: Διαγνωστικό εργαλείο λογισμικού Kyma (Danelec Data Portal)

Το Diagnostic Toolbox είναι ένα πολύ αποτελεσματικό εργαλείο που δίνει σαφή ένδειξη της κατάστασης του πλοίου όσον αφορά τα μηχανήματα ή την έλικα, μέσω της χρήσης έγχρωμων σημαιών όπως φαίνονται παρακάτω για την ένδειξη της απόδοσης.



Σχήμα 24: Δείκτες λογισμικού Kyma (Danelec Data Portal)

6.3 Λογισμικό NAPA

Άλλο ένα λογισμικό που αξίζει να αναφερθεί είναι της εταιρίας NAPA και παρακάτω περιγράφονται και κάποιες λύσεις οι οποίες έχουν δημιουργηθεί για να προσφέρουν τη βέλτιστη απόδοση σε πολλούς τομείς.

- Αρχικά, οι λύσεις της NAPA όσον αφορά τα πλοία περιλαμβάνουν την ασφάλεια, τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και τη βιωσιμότητα, προσφέροντας εξοικονόμηση έως και 30%. Η NAPA παρέχει ένα πλήρες χαρτοφυλάκιο για τη διαχείριση δεδομένων και την παρακολούθηση επιδόσεων τόσο στο πλοίο όσο και στην ξηρά. Η NAPA Fleet Intelligence βοηθά τους πελάτες παρέχει στους πελάτες της επιστημονικές γνώσεις βασισμένες στην τεχνογνωσία της NAPA, ώστε οι ίδιοι να διαχειριστούν καλύτερα τα πλοία.



Σχήμα 24: NAPA Fleet Intelligence (NAPA, 2017)

- Η NAPA Voyage Optimization συμβάλλει στη βελτιστοποίηση του προφίλ διαδρομής και ταχύτητας χρησιμοποιώντας ένα αξιόπιστο μοντέλο επιδόσεων του πλοίου σύμφωνα πάντα με τις ανάγκες του πελάτη, παρέχοντας εύκολη στην κατανόηση ανάλυση του πλοίου.



Σχήμα 25: NAPA Voyage Optimization (NAPA, 2017)

- Το ClassNK-NAPA GREEN πρόκειται για μια ολοκληρωμένη λύση για τον σχεδιασμό και την ανάλυση των λειτουργιών του πλοίου, βοηθώντας τους χρήστες να πραγματοποιήσουν αποταμιεύσεις μέσω του σχεδιασμού και της ανάλυσης επιδόσεων για την βελτιστοποίηση των ταξιδιών με τη χρήση εξειδικευμένων μοντέλων δυναμικής απόδοσης σε συνδυασμό με μοντέλα πλοίων 3D απεικόνισης για όσο δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια.



Σχήμα 26: ClassNK-NAPA GREEN (Class NK)

- Τέλος, αναφέρεται η λύση FuelMACS της NAPA η οποία δίνει 100% υποστήριξη για τη συμμόρφωση με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς EU MRV σχετικά με το σύστημα αναφοράς της κατανάλωσης καυσίμων.

Θα πρέπει να γίνουν κατανοητοί οι ρόλοι των ατόμων που συμμετέχουν στη διαχείριση της ροής δεδομένων από κάθε σημείο μέτρησης επί του σκάφους μέχρι την υποβολή της ετήσιας έκθεσης για τις εκπομπές. Η βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας των πλοίων και η ελαχιστοποίηση των κινδύνων μπορούν να κάνουν τη διαφορά στην σημερινή αγορά.

6.4 Συγκριτική Αξιολόγηση

Είναι φανερό ότι όλα τα παραπάνω λογισμικά καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα στον τομέα της ενεργειακής διαχείρισης των πλοίων. Ακόμη και αν τα δεδομένα εισόδου και τα αποτελέσματα αυτών των συστημάτων είναι σχεδόν όμοια (εκτός από το σύστημα του Kongsberg που εστιάζει περισσότερο στη μηχανή), οι μέθοδοι διαφέρουν.

Το πιο διαδεδομένο λογισμικό Marorka έχει στηθεί πάνω στο λεγόμενο black box system σε αντίθεση σε άλλα λογισμικά που βασίζονται στο white box/grey box. Η διαφορά ουσιαστικά αφορά στον τρόπο δομής του προγράμματος όπου στο ένα τα αποτελέσματα βασίζονται σε δεδομένα από πολλά πειράματα-δοκιμές (black) ενώ στο white βασίζεται σε θεωρητικές παραμέτρους/νόμους κλπ. (Pakkanen, 2016)

Το λογισμικό Nara συγκριτικά με τα άλλα δίνει το πλεονέκτημα της παροχής επιστημονικών γνώσεων στους πελάτες με τον σκοπό της καλύτερης διαχείρισης αλλά φαίνεται κιόλας ότι έχει ένα πολύ εξειδικευμένο κομμάτι πάνω στο προφίλ διαδρομής και ταχύτητας του πλοίου.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την πάροδο των χρόνων, η υιοθέτηση συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης και ειδικότερα ενεργειακών δεικτών (EEDI και EEOI) από σημαντικούς φορείς όπως ο IMO αποτέλεσε επιτακτική ανάγκη. Οι ναυτιλιακές εταιρίες μέσω των δεικτών αυτών κατέχουν πολύ σημαντικό πλεονέκτημα για την συνολική ενεργειακή βελτίωση του στόλου τους, σε συνδυασμό πάντα με την χρήση λογισμικών προγραμμάτων που δίνουν πληροφορίες για την κατάσταση φόρτωσης, την κατανάλωση, την τοποθεσία του πλοίου. Έτσι προκύπτει σαν αποτέλεσμα πως η συνολική διαχείριση του πλοίου με σκοπό την αποδοτικότερη χρήση ενέργειας πάνω στο πλοίο αποτελεί βασικό συντελεστή για τη μείωση των εκπομπών.

Επίσης, πολύ καθοριστικός είναι ο ρόλος του ISO 50001, ο οποίος συμβάλλει στην ιεράρχηση της εφαρμογής αποδοτικών ενεργειακών τεχνολογιών και στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και κατανάλωσης ενέργειας.

Αυτή η διπλωματική εργασία περιέγραψε τον σχεδιασμό συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης στα ποντοπόρα πλοία αναλύοντας τις οδηγίες μεγάλων οργανισμών όπως π.χ ABS και παρουσίασε την εφαρμογή των ενεργειακών δεικτών EEDI πάνω σε πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, καθώς και του δείκτη EEOI σε φορτηγό πλοίο. Έτσι λοιπόν, συμπεραίνεται πως τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης είναι πλέον όχι μόνο απαραίτητα από θέμα κανονισμών, αλλά συμβάλλουν στην πολύ καλή ενεργειακή απόδοση των πλοίων που αυτό τα κάνει πιο φιλικά προς το περιβάλλον αλλά και πιο οικονομικά σε θέμα κατανάλωσης καυσίμων το οποίο συμφέρει και την ναυτιλιακή εταιρεία και τους ναυλωτές.

Η συνεχόμενη ανάπτυξη τεχνολογιών και συστημάτων που θα συμβάλλουν στην καλύτερη ενεργειακή απόδοση των πλοίων θα μπορούν να αξιολογηθούν βάσει των ενεργειακών δεικτών και θα πρέπει οι ναυτιλιακές εταιρείες αλλά και τα πληρώματα να συμβάλλουν σε αυτή την διαδικασία με σκοπό την συνεχόμενη βελτίωση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

(American Bureau of Shipping , 2020)[Ηλεκτρονική] Available at: <https://maritimecyprus.com/wp-content/uploads/2022/09/ABS-integrated-man-systems-guide-Apr20.pdf>

Attah E.,Bucknall R., An analysis of the energy efficiency of LNG ships powering options using the EEDI, October 2015

Baird Maritime, Energy Efficiency Guide For Tankers, November 2009 [Ηλεκτρονική] Available at: <https://www.bairdmaritime.com/ship-world/energy-efficiency-guide-for-tankers/>

Clausen J.,Data Management and Role of Big Data in Maritime Situational Awareness,12 February 2016 [Ηλεκτρονική] available at: <https://piaiso.files.wordpress.com/2016/02/marorka-data-management-and-role-of-big-data-in-maritime-situational-awareness.pdf>

Changyu Lu, Wei Li, Study on EEOI Influencing factors of large Bulk Carrier , September 2018

Danelec Data Portal, Kyma Ship Performance [Ηλεκτρονική] available at: [Kyma Ship Performance \(danelec.com\)](https://www.danelec.com/kyma-ship-performance)

Dr. Thorsteinsson J.,Marorca Energy Management [Ηλεκτρονική] available at:<https://www.safety4sea.com/wp-content/uploads/2015/01/Session-2.5MARORKA.pdf>

Energy Efficiency Technologies Information Portal, Πηγή (Ηλεκτρονική) <https://greenvoyage2050.imo.org/energy-efficiency-technologies-information-portal/>

(ISO, 2011) Energy management systems — Requirements with guidance for use, Online Browsing Platform of ISO Link: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:en>

Environmental Performance: IMO Agreement on Technical Regulations to Reduce Ships' CO2 Πηγή (Ηλεκτρονική): <https://www.ics-shipping.org/shipping-fact/environmental-performance-imo-agreement-on-technical-regulations-to-reduce-ships-co2/>

EU MRV Regulation- <https://www.lr.org/en/eu-mrv-regulation> (Ηλεκτρονική)

Fabian T. and al, Systems Modelling for Energy-Efficient Shipping , 2015

GTT Group Company, Marorka Signs an important contract for its 'Smart Shipping' solution with a major European player in Maritime container transport, 02.03.2023 [Ηλεκτρονική] available at: <https://gtt.fr/news/marorka-signs-important-contract-its-smart-shipping-solution-major-european-player-maritime>

IMO, 2016. IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation Module 6. (Ηλεκτρονικό): <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/M6%20energy%20management%20plan%20and%20system%20final.pdf>

(Dr. Zabi Bazari, 2016)

International Maritime Organization (2013), A Further Development to the EEDI Reference Line for LNG Tankers. [Ηλεκτρονική] Available at: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.231\(65\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.231(65).pdf)

International Maritime Organisation, 2014a. Proceedings of 3rd IMO Green House Gas Study 2014. [Ηλεκτρονική] Available at: (<https://greenvoyage2050.imo.org/wp-content/uploads/2021/01/third-imo-ghg-study-2014-executive-summary-and-final-report.pdf>)

International Maritime Organisation, 2014b. Report on the Marine Environment Protection Committee on its Sixty-Sixth Session. [Ηλεκτρονική] Available at: ([www.https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC66.aspx](https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC66.aspx)):

(International Maritime Organization, 2009) International Maritime Organization. «Guidance for the Development of a Ship Energy Efficiency» London, 2009.

(IMO, 2016) IMO, MEPC .282(70) , 2016 Guidelines for the Development of a SEEMP, IMO, London, October 2016

(IMO, 2008) <https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html> (Ηλεκτρονικό)

Johnson, Hannes, Mikael Johansson, Karin Andersson, και Bjorn Sodahl. «Will the ship energy efficiency management plan reduce CO2 emissions? A comparison with ISO 50001 and the ISM code.» *Maritime Policy & Management*, 2013.

Karan C, What is Ship Energy Efficiency Management Plan, Marine Insight, January 2019

Kelechava B., ANSI (American National Standards Institute) Why ISO 50001:2018 Can be Implemented with ISO 9001 and Other Management System Standards, August 2018

(Kongsberg, 2018), Kongsberg Energy Management, 2018

Marorka (2009). MAREN and FUEL MANAGER: Marorka's Onboard Marine Energy Management Solutions. Reykjavik: Marorka.

Marpol Annex vi (Ηλεκτρονικό) <https://www.marpol-annex-vi.com/eedi-seemp/>

(Larrucea, 2013) Rodrigo de Larrucea, J. (2013). Energy efficiency design index (EEDI)

(NAPA, 2017) NAPA launches plug & play, zero installation fleet performance monitoring, 2017

Thai, Vinh V., και Devinder Grewal. «The Maritime Safety Management System (MSMS): A Survey of the International Shipping Community.» Στο *Maritime Economics & Logistics*. 2006.

Tran Tien Ahn, Design the prediction model of low-sulfur-content fuel oil consumption for M/V NORD VENUS 80,000 DWT sailing on emission control areas by artificial neural networks, December 2017

(TUV UK Ltd, 2014)

Tzannatos, Ernestos, και Dimitris Kokotos. «Analysis of accidents in Greek shipping during the pre- and post-ISM period.» 2009.

(United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 2015) Available at: https://www.unido.org/sites/default/files/2017-11/IEE_EnMS_Practical_Guide.pdf

Van Kluijven and Visser, The Monitoring Navigator, Rotterdam,2012 [Ηλεκτρονική] available at: <http://www.maritimesymposium-rotterdam.nl/uploads/Route/The%20Monitoring%20Navigator.pdf>

Verifavia Shipping, EU Shipping MRV Regulation-A status update & How to get ready, 5 April 2016

WINMOS (Winter Navigation Motorways of the Sea), A case study on EEDI effects To Winter Navigation for WINMOS activity 1, 22 June 2016