



**Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Μηχανικών
Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών**

**Διπλωματική Εργασία:
Η απανθρακοποίηση της Ναυτιλίας – Μία Σύνθετη Πρόκληση
Shipping Decarbonization – A complex challenge**

**Χρυσή Ν. Αναστασίου
Α.Μ.: 13089**

**Επιβλέπων Καθηγητής:
Γεώργιος Λιβανός**

Αιγάλεω, Φεβρουάριος 2022

Η σελίδα αυτή παραμένει σκοπίμως κενή



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Μηχανικών
Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών

Διπλωματική Εργασία:

Απανθρακοποίηση της Ναυτιλίας – Μία Σύνθετη Πρόκληση

Συγγραφέας:

Χρυσή Ν. Αναστασίου (13089)

Επιβλέπων Καθηγητής:

Γεώργιος Λιβανός

Αναπληρωτής Καθηγητής, ΠΑ.Δ.Α.

Ημερομηνία Εξέτασης:

09 Μαρτίου 2022

Εξεταστική Επιτροπή:

Δημήτριος Ν. Παγώνης,
Αναπληρωτής Καθηγητής,
ΠΑ.Δ.Α.

Σωτηρία Δημητρέλλου,
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
ΠΑ.Δ.Α.

Γεώργιος Λιβανός,
Αναπληρωτής
Καθηγητής, ΠΑ.Δ.Α.

Η σελίδα αυτή παραμένει σκοπίμως κενή

Δήλωση Συγγραφέα Διπλωματικής Εργασίας

Η κάτωθι υπογεγραμμένη **Αναστασία Χρυσή** του **Νικολάου**, με αριθμό μητρώου **13089** φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών, του Τμήματος Ναυπηγών Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου»

Η Δηλούσα

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Anastasia Chrysi', written in a cursive style with a long horizontal flourish extending to the right.

Χρυσή Ν. Αναστασίου

Η σελίδα αυτή παραμένει σκοπίμως κενή

Ευχαριστίες

Με την περάτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή του Τμήματος Ναυπηγών Μηχανικών, κ. Λιβανό Γεώργιο για την συνεχή συνεργασία του και την εμπιστοσύνη του στη δεύτερη διπλωματική μου εργασία κατά την διάρκεια του παρόντος προπτυχιακού προγράμματος και το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής (πρώην ΤΕΙ Αθήνας) για την ευκαιρία για συμμετοχή στο αναβαθμισμένο πενταετές πρόγραμμα σπουδών. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συναδέλφους του επαγγελματικού κι ακαδημαϊκού μου χώρου που συνάντησα έως σήμερα που συνέβαλλαν καθημερινά με τη θετική τους σκέψη και συμπαράσταση. Τέλος, επιθυμώ να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τις φίλες μου που υπήρξαν παρόντες κι υποστηρικτικοί σε αυτή την μεγάλη διαδρομή, όλα αυτά τα χρόνια.

Το μεγαλύτερο «ευχαριστώ» μου στον άνθρωπό μου, που χωρίς εκείνον δεν θα είχα καταφέρει να φτάσω εδώ σήμερα.

Η σελίδα αυτή παραμένει σκοπίμως κενή

Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει το φαινόμενο της απανθρακοποίησης της ναυτιλιακής βιομηχανίας και την πορεία της προς την εποχή μηδενικών εκπομπών. Με άμεσες επιρροές από την επαγρύπνηση της διεθνούς κοινότητας για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός έχει θέσει μεγαλοπρεπείς στόχους για τη μείωση των ρύπων άνθρακα από τα πλοία έως το 2050. Εντός αυτού του χρονοδιαγράμματος, όλη η ναυτιλιακή κοινότητα καλείται να προσαρμοστεί στην ενεργειακή μετάβαση και να δράσει εκτός της πεπατημένης προκειμένου η λειτουργία των πλοίων να παραμείνει εναρμονισμένη με τα όρια της διεθνούς νομοθεσίας. Η τεχνολογική εξέλιξη είναι ραγδαία κι οι λύσεις ανάμεσα στις οποίες καλούνται οι πλοιοκτήτριες εταιρείες να επιλέξουν σχετίζονται με όλα τα μέρη του πλοίου και μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε μεμονωμένα είτε συνδυαστικά. Οι νέες τεχνολογίες στοχεύουν στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας με απώτερο σκοπό τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα κι αφορούν εφαρμογή τροποποιήσεων σε κάθε σημείο του πλοίου, από τη γέφυρα έως τον πυθμένα της γάστρας.

Η σελίδα αυτή παραμένει σκοπίμως κενή

Abstract

Present diploma thesis is exposing the phenomenon of decarbonization of shipping industry on her way to an era of zero – carbon emissions. Directly influenced by vigilance of international community about greenhouse gas effect, International Maritime Organization has set up majestic goals for the reduction of carbon – dioxide emissions coming from ships until 2050. Within this timeframe, shipping industry is required to be adapted in energy – transition phase and “think” outside of the box in order vessels’ operation to remain in complete harmonization with international legislation. Technical innovation is rapid, and solutions provided to shipping companies are related to all parts of the vessel, to be individually used or in combination. New technologies are aiming the improvement of energy efficiency while reduction of carbon – dioxide emissions in the atmosphere is the ultimate goal by retrofitting’s appliances suitable for all vessel’s sections, from top of the bridge to baseline of hull’s bottom.

Η σελίδα αυτή παραμένει σκοπίμως κενή

Πίνακας περιεχομένων

Εισαγωγή	4
Abstract	6
Λίστα Διαγραμμάτων	10
Λίστα Εικόνων	11
Λίστα Συντομογραφιών και Ορισμών	12
1 Ιστορική Ανασκόπηση	14
1.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	14
1.1.1 Μηχανισμός – Ενεργειακό ισοζύγιο.....	14
1.1.2 Αέριοι Ρύποι Θερμοκηπίου	15
1.2 Η οικουμενικότητα του φαινομένου.....	17
1.2.1 Διεθνείς Συμβάσεις και Συμφωνίες	17
1.2.2 Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα Ναυτιλίας.....	19
2 Ισχύοντες Κανονισμοί εν έτει 2021	22
2.1 Σχέδιο Δράσης του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού.....	22
2.2 Δέσμευση στην Ενεργειακή Αποδοτικότητα.....	23
2.2.1 SEEMP – Ship Energy Efficiency Monitoring Plan.....	23
2.2.2 EEDI – Energy Efficiency Design Index.....	25
2.2.3 DCS – Data Collection System.....	26
2.2.4 EEXI – Energy Efficiency Existing Ship Index	27
2.2.5 CII – Carbon Intensity Indicator	29
3 Γάστρα – Hull.....	32
3.1 Τεχνολογίες επίστρωσης γάστρας	32
3.2 Σύστημα Πρόωσης (Προπέλα – Πηδάλιο).....	35
3.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	40
3.4 Παράκτια Ηλεκτρική Ενέργεια	45
4 Μηχανή – Engine.....	48
4.1 Καύσιμα.....	48
4.2 Τεχνολογικά Συστήματα Καύσης	52
5 Λειτουργία – Operation.....	56
5.1 Επίδοση	57
5.2 Βελτιστοποίηση ταξιδιού	58
6 Συμπεράσματα	62
7 Βιβλιογραφία.....	63

Παράρτημα 1: MEPC.1/Circ.684 – GUIDELINES FOR VOLUNTARY USE OF THE SHIP ENERGY EFFICIENCY OPERATIONAL INDICATOR (EEOI)	66
Παράρτημα 2: Annex 10 – RESOLUTION MEPC.282(70)	74
Παράρτημα 3: Annex 11 – RESOLUTION MEPC.304(72)	86
Παράρτημα 4: Annex 19 – RESOLUTION MEPC.203(62)	97

Λίστα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1-1: Εκπομπές CO ₂ , έτη 2000 - 2018 (Τομέας Μεταφορών).....	19
Διάγραμμα 1-2: Εκπομπές CO ₂ , έτη 2010 – 2019 (Τομέας Ναυτιλίας)	20
Διάγραμμα 2-1: Μεταβολές ορίων CII ανά έτος	30
Διάγραμμα 2-2: Πορεία αποτυπώματος άνθρακα της διεθνούς ναυτιλίας στη διάρκεια 2015 – 2030	31
Διάγραμμα 3-1: Ενεργειακή Αποδοτικότητα Γάστρας σε διάστημα 60 μηνών	33
Διάγραμμα 3-2: Διαμόρφωση της αυξανόμενης χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ανά πενταετία	40

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1-1: Ποσοστά ρύπων στην ατμόσφαιρα κατά το έτος 2017.	16
Εικόνα 2-1: Βασική εξίσωση υπολογισμού ΕΕΟΙ.....	24
Εικόνα 2-2: Εξίσωση Υπολογισμού ΕΕΧΙ.....	27
Εικόνα 2-3: Όρια δεικτών ΕΕΔΙ, ΕΕΧΙ κατά τις φάσεις 1,2.....	28
Εικόνα 2-4: Εξίσωση Υπολογισμού ΑΕΡ	29
Εικόνα 3-1: Εικόνα γάστρας με χρήση συστήματος λίπανσης με αέρα σε λειτουργία	34
Εικόνα 3-2: EnergoProFin by Wartsila.....	36
Εικόνα 3-3: EnergoProFin - CFD και Model Testing	37
Εικόνα 3-4: Σύστημα Gate Rudder by Wartsila	38
Εικόνα 3-5: Σύστημα Energorac by Wartsila	39
Εικόνα 3-6: Περιστρεφόμενοι Ρότορες.....	41
Εικόνα 3-7: 3D μοντέλο πλοίου με ιστία - πτέρυγες.....	42
Εικόνα 3-8: Oil tanker, τύπου VLCC με ιστία - πτέρυγες αναρρόφησης.....	42
Εικόνα 3-9: Πανιά τύπου χαρταετού (Skysails).....	43
Εικόνα 3-10: Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος σε πλοίο general cargo/ container carrier	44
Εικόνα 3-11: Διαγραμματική αναπαράσταση παροχής παράκτιας ηλεκτρικής ενέργειας	46
Εικόνα 3-12: Εγκατάσταση SAMCon σε πλοίο εμπορευματοκιβωτίων.....	47
Εικόνα 4-1: Χρήση καυσίμων χαμηλής και μηδενικής περιεκτικότητας άνθρακα τα έτη 2020 και 2030.....	49
Εικόνα 4-2: Πειραματική διάταξη της MAN Energy Solutions	53
Εικόνα 4-3: Δεξαμενές εναλλακτικών καυσίμων για χρήση κατά τη διάρκεια ερευνών	54
Εικόνα 5-1: Παράγοντες που καθορίζουν το ναυλοσύμφωνο.....	57
Εικόνα 5-2: Παράγοντες που επηρεάζουν την λειτουργική κι εμπορική αξία του πλοίου	58
Εικόνα 5-3: Πλάνο ταξιδιού.....	59
Εικόνα 5-4: Πρόβλεψη καιρού για τις επόμενες 48 ώρες	59
Εικόνα 5-5: Κατάσταση θάλασσας για τις επόμενες 5 ημέρες	60
Εικόνα 5-6: Κατεύθυνση κυματισμών για τις επόμενες 2 ημέρες.....	60
Εικόνα 5-7: Πραγματικά & βελτιστοποιημένα πλάνα ταξιδιού	61

Λίστα Συντομογραφιών και Ορισμών

AER – Annual Efficiency Ratio
CII – Carbon Intensity Indicator
COP – Conference Of the Parties
DCS – Data Collection System
EEDI – Energy Efficiency Design Index
EEOI – Energy Efficiency Operational Indicator
EEXI – Energy Efficiency Existing Index
EMS – Environmental Management System
GISIS (Global Integrated Shipping Information System
HRA – High Risk Area
IAS – Invasive Aquatic Species
ICAO – International Civil Aviation Organization
IEA – International Energy Agency
IMO – International Maritime Organization
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO – International Organization for Standardization
KPI – Key Performance Indicator
LNG – Liquefied Neutral Gas
MARPOL – Marine Pollution
MEPC – Marine Environmental Protection Committee
SEEMP – Ship Energy Efficiency Management Plan
SMS – Safety Management System
UNFCCC – United Nation Framework Convention on Climate Change

1 Ιστορική Ανασκόπηση

1.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

1.1.1 Μηχανισμός – Ενεργειακό ισοζύγιο

Ως φαινόμενο του θερμοκηπίου χαρακτηρίζεται το φαινόμενο θέρμανσης στις εγκαταστάσεις θερμοκηπίων. Κατά την αρχή λειτουργίας, η γυάλινη κατασκευή είναι διάφανη για να εισέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία στο χώρο όπου ένα μέρος της απορροφάται, ένα διαχέεται και το υπόλοιπο επανεκπέμπεται. Η κατασκευή όμως χαρακτηρίζεται ως αδιαφανής για την ακτινοβολία, η οποία τελικά “παγιδεύεται” στο χώρο και μετατρέπεται σε θερμότητα (αρχή του θερμοκηπίου). Με τον τρόπο αυτό, συμβάλλει στην θέρμανση του εσωτερικού του.

Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στη φύση καθώς με τον ίδιο μηχανισμό, η ατμόσφαιρα ενός πλανήτη συμβάλλει στη θέρμανσή του. Για πρώτη φορά, ο Γάλλος μαθηματικός, αστρολόγος και φυσικός Joseph Fourier ανακάλυψε το φαινόμενο το 1824, ενώ το ίδιο διερευνήθηκε πιο συστηματικά από τον Svante August Arrhenius το 1896. Είναι ένα φαινόμενο το οποίο παρατηρείται σε όλους τους πλανήτες του ηλιακού συστήματος όμως, για λόγους απλότητας, στην παρούσα διπλωματική εργασία θα συνδέεται μόνο με την περίπτωση παρατήρησης του στον πλανήτη Γη.

Εάν το σύστημα Γη – ατμόσφαιρα απορροφούσε συνεχώς την ηλιακή ενέργεια χωρίς να υπάρχει μεταφορά θερμότητας πίσω στο διάστημα, η θερμοκρασία του πλανήτη θα αυξανόταν σταθερά. Αντιθέτως, στην πραγματικότητα, η μέση θερμοκρασία σε ολόκληρη την υδρόγειο παρουσιάζει ελάχιστες διαφορές στη μεταβολή της από χρόνο σε χρόνο. Το παγκόσμιο ισοζύγιο ακτινοβολίας ορίζει τη θερμοκρασία της Γης, δηλαδή η ηλιακή θερμότητα που προσπίπτει στη Γη ισορροπεί με τη θερμότητα που ανακλάται προς το διάστημα από το σύστημα Γη – ατμόσφαιρα με τη μορφή της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Παρά το γεγονός ότι η Γη εφοδιάζεται με ηλιακή ακτινοβολία μονόπλευρα, η υπέρυθρη ακτινοβολία εκπέμπεται αδιάκοπα από ολόκληρο το σύστημα Γη – ατμόσφαιρα. Επειδή η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία και η ακτινοβολία της Γης βρίσκονται σε διαφορετικές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, έχουν διαφορετική σύσταση και αλληλοεπιδρούν με την ατμόσφαιρα με διαφορετικό τρόπο. Η ατμόσφαιρα απορροφά περίπου το 23% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και μεγάλα ποσά υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπονται από την επιφάνεια της Γης. Αντίστοιχα, η ατμόσφαιρα εκπέμπει μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας προς την επιφάνεια της Γης. Η επιστροφή της υπέρυθρης ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης επιβραδύνει τη διαφυγή θερμότητας προς το διάστημα με αποτέλεσμα τα χαμηλότερα στρώματα της τροπόσφαιρας να έχουν υψηλότερη μέση θερμοκρασία από ότι έχουν τα ανώτερα. Έτσι, η θερμοκρασία της Γης διατηρείται σε υψηλότερα επίπεδα υπό τις συγκεκριμένες μόνιμες συνθήκες και καθίσταται κατοικήσιμη από τον άνθρωπο. Τα αέρια τα οποία συμμετέχουν στην διαδικασία αυτή προκαλώντας το φαινόμενο είναι οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα, το όζον, το μεθάνιο

και το οξείδιο του αζώτου απορροφώντας την υπέρυθη γήινη ακτινοβολία με αποτέλεσμα τη μείωση του ποσοστού διαφυγής στο διάστημα.

Τις τελευταίες δεκαετίες, ο όρος είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την παγκόσμια υπερθέρμανση του πλανήτη Γη (Global Warming Phenomenon) και θεωρείται πως το φαινόμενο έχει ενισχυθεί σημαντικά από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Αφετηρία αυτού αποτελεί η Βιομηχανική Επανάσταση κατά τον 18^ο αιώνα εξαιτίας της οποίας η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί σε μεγάλο ποσοστό από 280 ppm σε 415 ppm σήμερα. Οι μεγάλες αυξήσεις στις ποσότητες των εκπομπών στην ατμόσφαιρα έχουν αλλάξει την ισορροπία του σύνθετου οικοσυστήματός της με αποτέλεσμα να συγκρατούν την υπέρυθη γήινη ακτινοβολία και να μειώνουν ακόμη περισσότερο το ποσοστό διαφυγής της στο διάστημα καταλήγοντας στην συνολική άνοδο της θερμοκρασίας σε παγκόσμιο επίπεδο.

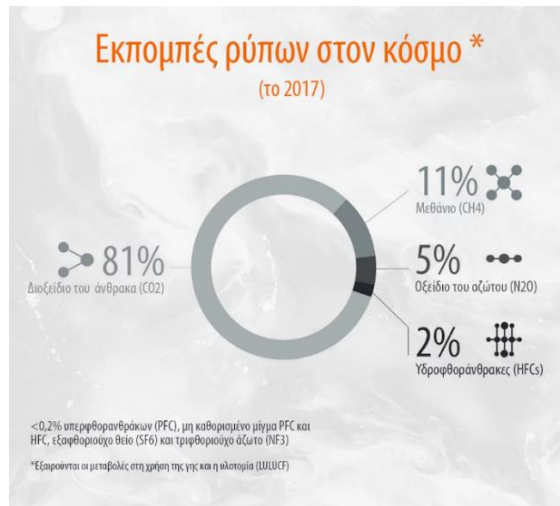
1.1.2 Αέριοι Ρύποι Θερμοκηπίου

Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα αέρια της ατμόσφαιρας τα οποία συμβάλλουν και διατηρούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι αυτά που απορροφούν και εκπέμπουν την υπέρυθη ακτινοβολία στην περιοχή μήκους κύματος που εκπέμπεται από τη Γη. Το διοξείδιο του άνθρακα, το υποξείδιο του αζώτου, το μεθάνιο και το όζον θεωρούνται ιχνοστοιχεία που αντικατοπτρίζουν περίπου το 0,1% της ατμόσφαιρας της Γης συντηρώντας το φαινόμενο σε μεγάλο βαθμό.

Παρόλα αυτά, στην ατμόσφαιρα της Γης, τα αέρια του θερμοκηπίου με τα υψηλότερα ποσοστά είναι αέρια τα οποία προέρχονται κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες παρά το γεγονός ότι το ίδιο το φαινόμενο είναι φυσικό. Στην κατηγορία αυτή συναντώνται τα παρακάτω:

- i. Υδρατμοί (H₂O)
- ii. Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
- iii. Μεθάνιο (CH₄)
- iv. Οξείδιο του αζώτου (N₂O)
- v. Όζον (O₃)
- vi. Χλωροφθοράνθρακες (CFC)
- vii. Υδροφθοράνθρακες (HCFC, HFCs)

Το διοξείδιο του άνθρακα που προέρχεται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι ο κυριότερος ρύπος που διατηρεί τη λειτουργία του θερμοκηπίου εντείνοντας ταυτόχρονα το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα αυξήθηκε κατά 48% σε σχέση με τα προ – βιομηχανικά επίπεδα σύμφωνα με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά το έτος 2020. Η ραγδαία αύξηση του ποσοστού συγκέντρωσής του στην ατμόσφαιρα τους τελευταίους αιώνες αποδεικνύει περίτρανα την επιβλαβή επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον.



Εικόνα 1-1: Ποσοστά ρύπων στην ατμόσφαιρα κατά το έτος 2017. (Πηγή Νο. 2)

Το μεγάλο ερώτημα που απασχολεί την επιστήμη και έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον ολόκληρης της διεθνούς κοινότητας τις τελευταίες δεκαετίες είναι ο τρόπος με τον οποίο η ανθρωπότητα θα απαλλαγεί από τους ρύπους αυτούς απαλλάσσοντας και τον πλανήτη από την κρίσιμη κατάσταση συναγερμού στην οποία έχει επέλθει.

1.2 Η οικουμενικότητα του φαινομένου

1.2.1 Διεθνείς Συμβάσεις και Συμφωνίες

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου ξεκίνησε να απασχολεί τη διεθνή κοινότητα στις αρχές της δεκαετίας του 1990 όταν ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) θέσπισε τη Σύμβαση – Πλαίσιο για την κλιματική αλλαγή. Η σύμβαση αυτή δημιουργήθηκε το 1992 και υπογράφηκε από 154 χώρες στο Ρίο ντε Τζανέιρο ενώ τέθηκε σε ισχύ το 1994, γνωστή και ως UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change.

Το κύριο ζήτημα πραγμάτευσης της συνθήκης αυτής αποτέλεσε η μείωση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε διεθνές επίπεδο. Ως βασικές προϋποθέσεις στα κράτη που υπέγραψαν τη συνθήκη αυτή τέθηκαν δεσμεύσεις για συνεχή επιστημονική έρευνα, περιοδικές συναντήσεις και διαπραγματεύσεις καθώς και μελλοντικές τακτικές που θα αφορούν την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και την ανάπτυξη με βιώσιμο τρόπο. Η δέσμευση στην συνθήκη απαιτούσε από τις χώρες – μέλη την ουσιαστική μείωση των ρύπων τους η οποία θα επιθεωρούνταν ετησίως στις συναντήσεις των μελών με σκοπό την ανασκόπηση της προόδου σχετικά με την κλιματική αλλαγή. Οι συναντήσεις αυτές ξεκίνησαν το 1995 και είναι γνωστές ως COP – Conference Of the Parties.

Η πρώτη συνάντηση των μελών (COP – 1) όρισε ως στόχο την σταθεροποίηση των εκπομπών στα επίπεδα του 1990 με προθεσμία το έτος 2000 παρόλα αυτά, μετά από διαδοχικές συναντήσεις, ο αρχικός στόχος θεωρήθηκε ανεπαρκής. Τελικά, το 1997 υπογράφηκε από 192 χώρες το Πρωτόκολλο του Κιότο το οποίο αποτελεί επέκταση της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών του 1992 και δεσμεύει όλες τις χώρες – μέλη στην μείωση των ρύπων του θερμοκηπίου. Στηρίζεται στο γεγονός της υπερθέρμανσης του πλανήτη ως επιστημονική συναίνεση και της όξυνσής της εξαιτίας των ποσοτήτων των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Το Πρωτόκολλο τέθηκε σε ισχύ το 2005 οριοθετώντας δύο διαφορετικές περιόδους εφαρμογής, από το 2008 έως το 2012 κι από το 2013 έως το 2020. Κατά την πρώτη περίοδο εφαρμογής, το Πρωτόκολλο δέσμευσε νομικά, υπό διεθνές δίκαιο, τις αναπτυγμένες χώρες που είχαν υπογράψει να μειώσουν τις εκπομπές ρύπων τους ενώ στη διάρκεια της ίδιας περιόδου, στην συνάντηση COP – 16 στο Κανκούν το 2010, συμφωνήθηκε ότι η μέση αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη δεν μπορεί να ξεπεράσει τους 2°C συνολικά σε σύγκριση με τα προ – βιομηχανικά επίπεδα. Κατά την λήξη της πρώτης περιόδου, το Πρωτόκολλο του Κιότο τροποποιήθηκε στην Ντόχα προκειμένου να περικλείσει την δεύτερη περίοδο εφαρμογής και να ορίσει μια από τις κυριότερες υποχρεώσεις, την κατάθεση απογραφών των ρύπων ετησίως από όλες τις χώρες που είχαν υπογράψει τη συνθήκη.

Πριν την λήξη της πρώτης περιόδου, κατά την συνάντηση COP – 17 στο Ντέρμπαν το 2011, εκφράστηκε ακόμη μεγαλύτερη ανησυχία για την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και θεωρήθηκε ότι το όριο που είχε ήδη τεθεί στην Ντόχα ήταν ανεπαρκές για την αντιμετώπιση της παρούσας κατάστασης και θα έπρεπε να μειωθεί περαιτέρω, κάτω από τους 2°C. Έτσι, το 2015 κατά την συνάντηση COP – 21 στο Παρίσι, υπογράφηκε η Συμφωνία του Παρισιού κατά την οποία όλα τα μέλη συμφώνησαν με τον νέο στόχο που τέθηκε, δηλαδή να περιοριστεί η

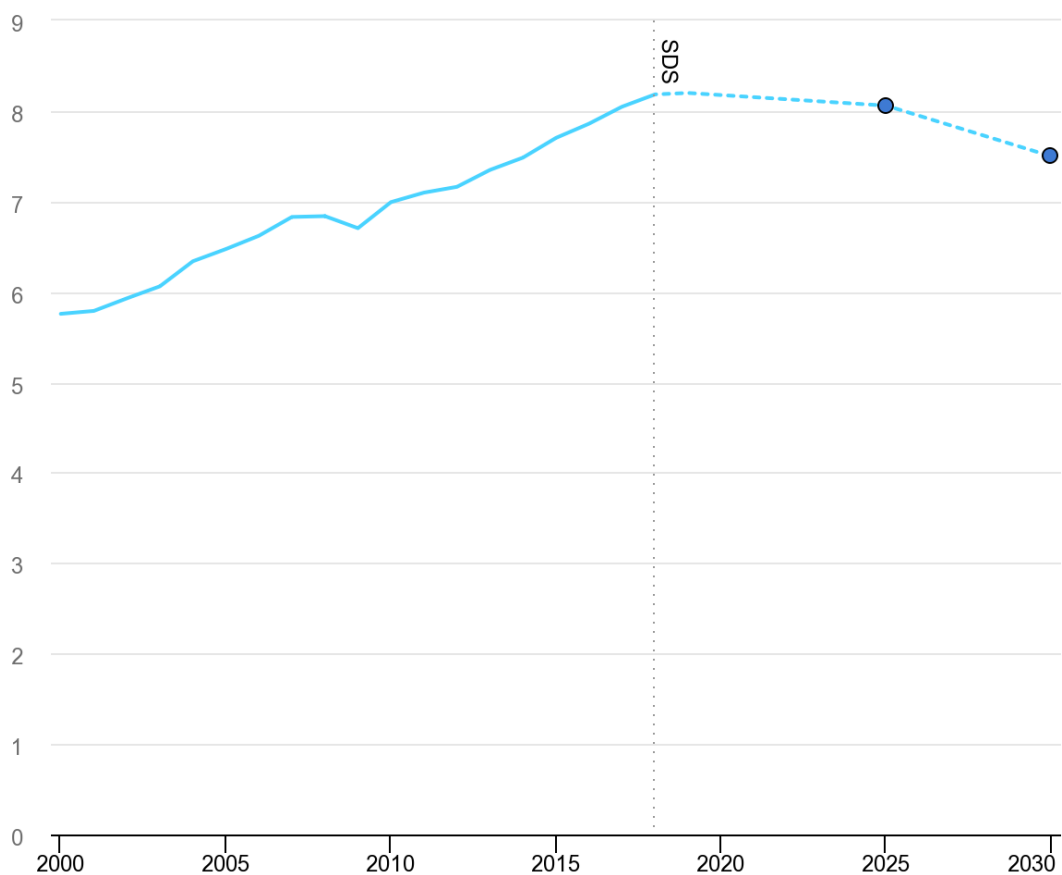
αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στους 1,5°C συγκριτικά με τα προ – βιομηχανικά επίπεδα. Η συμφωνία υπογράφηκε από 196 χώρες, τέθηκε σε ισχύ το 2016 και θεωρείται ορόσημο στην αντιμετώπιση του σύνθετου προβλήματος της κλιματικής αλλαγής. Η Συμφωνία του Παρισιού είναι μια σχετικά σύντομη συμφωνία η οποία εμπεριέχει διαδικαστικά και λειτουργικά άρθρα τα οποία δεν είναι σε όλες τις περιπτώσεις υποχρεωτικά και διευκολύνουν τη διεθνή συνεργασία.

Φτάνοντας στις μέρες μας, η συνάντηση COP – 25 που διεξήχθη στην Γλασκόβη τον Νοέμβριο του 2021 οριστικοποίησε το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής ως παγκόσμια προτεραιότητα και θεωρείται η σημαντικότερη των τελευταίων ετών μετά από εκείνη στο Παρίσι το 2015 καθώς κατοχυρώθηκαν όσα στοιχεία εκκρεμούσαν στην Συνθήκη του Παρισιού. Επιπλέον, η έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) παρουσιάστηκε στη διάρκεια της συνάντησης και θεωρήθηκε μνημειώδης καθώς η επιστημονική κοινότητα έδωσε σαφή στοιχεία τα οποία κατέστησαν την κλιματική αλλαγή ως αδιαμφισβήτητη απειλή. Έτσι, ο ρόλος της επιστήμης κρίνεται πλέον καθοριστικός στην λήψη αποφάσεων σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο τα κράτη – μέλη καλούνται να δράσουν με ταχύτατους ρυθμούς από εδώ και στο εξής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η πλειοψηφία των πηγών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου καλύπτεται από τη συμφωνία του Παρισιού όπως κι ο τρόπος με τον οποίο διαμορφώνεται και αναθεωρείται. Μοναδικές εξαιρέσεις αποτελούν η διεθνής αεροπορία κι η εμπορική ναυτιλία οι οποίες υπάγονται στην δικαιοδοσία του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO) και του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) αντίστοιχα.

1.2.2 Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα Ναυτιλίας

Ο παγκόσμιος κλάδος των μεταφορών βρίσκεται σε μία κρίσιμη μετάβαση με στόχο την εναρμόνιση του στο νέο θεσμικό πλαίσιο που έχει επιβληθεί από την διεθνή κοινότητα. Παρόλα αυτά, πέτυχε αύξηση των ρύπων του μικρότερη του 0,5% μέσα στο 2019 συγκριτικά με το αντίστοιχο ετήσιο ποσοστό αύξησης του 1,9% κατά την διάρκεια των προηγούμενων ετών. Ωστόσο, οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις μεταφορών κατέχουν το 24% των συνολικών εκπομπών παγκοσμίως (ανεξαρτήτως κλάδου ή πηγής εκπομπών). Στο πλαίσιο αυτό, οι κλάδοι της ναυτιλίας και των αερομεταφορών κατέχουν το μικρότερο ποσοστό στις εκπομπές των μεταφορών το οποίο όμως συνεχίζει να αυξάνεται παρά την γενικότερη εικόνα του κλάδου. Έτσι, εντείνεται η ανάγκη να δοθεί εξέχουσα προσοχή στους τομείς που η μείωση των εκπομπών φαίνεται να είναι δυσκολότερο να επιτευχθεί.

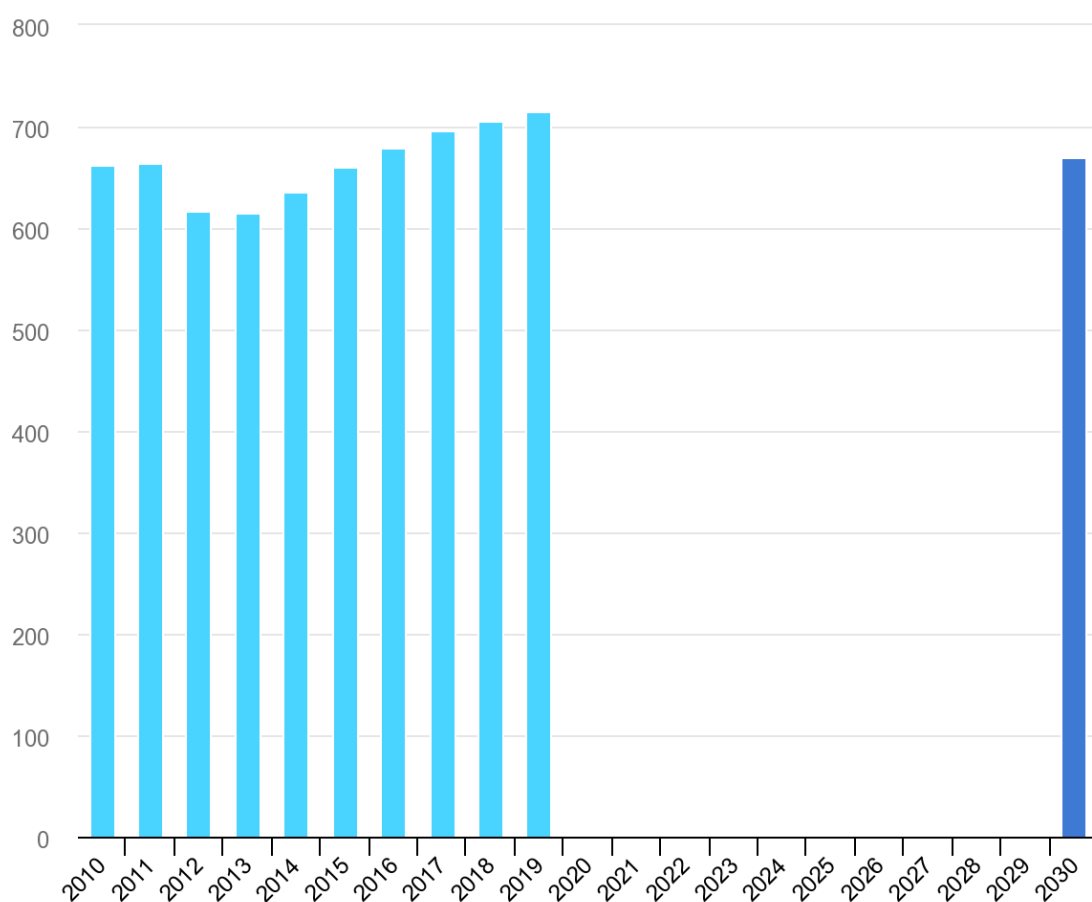


Διάγραμμα 1-1: Εκπομπές CO₂, έτη 2000 - 2018 (Τομέας Μεταφορών) (Πηγή International Energy Agency)

Η διεθνής εμπορική ναυτιλία αντιπροσωπεύει περίπου το 2% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα όπως υπολογίσθηκε το 2019. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός έχει θέσει άτμητους και φιλόδοξους στόχους τους οποίους επιδιώκει να εκπληρώσει έως το 2050 αγγίζοντας επίπεδα μηδενικών εκπομπών άνθρακα. Βραχυπρόθεσμα, η μείωση του αποτυπώματος της ναυτιλίας σε άνθρακα μπορεί να επιτευχθεί με μέτρα που σχετίζονται με την ενεργειακή αποδοτικότητα και την χρήση της

οικονομικής ταχύτητας στα πλοία. Αντιθέτως, μακροπρόθεσμα, είναι επιτακτική η ανάγκη υιοθέτησης τακτικών που σχετίζονται με καύσιμα χαμηλής έως μηδενικής περιεκτικότητας σε άνθρακα καθώς και με εφαρμογή νέων τεχνολογιών στην ποντοπόρο ναυτιλία.

Η ναυτιλία αποτελεί τον κολοσσό του διεθνούς εμπορίου καθώς καλύπτει περίπου τα 3/4 του παγκόσμιου δικτύου μεταφορών και θεωρείται ο πιο αποδοτικός τρόπος ενεργειακά για τη μεταφορά φορτίων. Παρόλα αυτά, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με τη ναυτιλία αυξήθηκαν ραγδαία την τελευταία δεκαετία καθώς ο όγκος των φορτίων ανυψώθηκε παγκοσμίως. Στο πλαίσιο αυτό, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός όρισε στρατηγικές προκειμένου να προσαρμοστεί στα όσα θεσπίζει η Συμφωνία του Παρισιού.



Διάγραμμα 1-2: Εκπομπές CO₂, έτη 2010 – 2019 (Τομέας Ναυτιλίας) (Πηγή International Energy Agency)

Το 2018, υιοθετήθηκε μία στρατηγική – ορόσημο για την ναυτιλιακή βιομηχανία η οποία όρισε αυτόματα τους ακόλουθους στόχους: i) μείωση των ρύπων των αερίων του θερμοκηπίου κατά 50% μέχρι το 2050, ii) μείωση των ρύπων άνθρακα κατά 40% μέχρι το 2030 και iii) συνεχής προσπάθεια για μείωση των συνολικών εκπομπών κατά 70% μέχρι το 2050 συγκριτικά με τα επίπεδα του 2008.

Τα αποτελέσματα αυτής της στρατηγικής είναι δύσκολο να αποτυπωθούν στο κοντινό μέλλον καθώς οι τακτικές που σχετίζονται με την ενεργειακή αποδοτικότητα στα πλοία δεν φαίνεται να επαρκούν κι αντιθέτως, δημιουργείται ανάγκη για άλλες που θα ενδυναμώσουν την επίτευξη των τελικών στόχων που έχουν ήδη τεθεί.

2 Ισχύοντες Κανονισμοί εν έτει 2021

2.1 Σχέδιο Δράσης του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός έχει αναγνωρίσει τη συμβολή των πλοίων στις μεγάλες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα που εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή. Την τελευταία δεκαετία, έχει λάβει αρκετές δράσεις οι οποίες σχετίζονται με την άμβλυση της συνεισφοράς της ναυτιλίας στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η δράση του ξεκινάει από το 2011 όταν εισήγαγε τακτικές οι οποίες σχετίζονταν με την ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων ενώ κάποια χρόνια αργότερα, το 2018, παρουσίασε ρυθμιστικά μέτρα καθώς και την στρατηγική – ορόσημο για τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Για την επίτευξη των στόχων, έχουν οριστεί βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες τακτικές οι οποίες ξεκινούν να εφαρμόζονται σταδιακά στην διάρκεια των επόμενων ετών προκειμένου τα πρώτα αποτελέσματα να ανασκοπηθούν κι αναθεωρηθούν, αν κριθεί απαραίτητο, το 2023.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι στόχοι που τέθηκαν στην αρχική στρατηγική του 2018 είναι οι παρακάτω: i) μείωση των ρύπων των αερίων του θερμοκηπίου κατά 50% μέχρι το 2050, ii) μείωση των ρύπων άνθρακα κατά 40% μέχρι το 2030 και iii) συνεχής προσπάθεια για μείωση των συνολικών εκπομπών κατά 70% μέχρι το 2050 συγκριτικά με τα επίπεδα του 2008.

2.2 Δέσμευση στην Ενεργειακή Αποδοτικότητα

Το 2011, η επιτροπή για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού, γνωστή και ως MEPC – Marine Environment Protection Committee, αναγνώρισε και υιοθέτησε ένα νέο κεφάλαιο στην διεθνή σύμβαση MARPOL για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία. Το νέο κεφάλαιο αφορούσε την πρόθεση για βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των πλοίων μέσω προτύπων απόδοσης τα οποία θα οδηγήσουν σε τελική μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων που προέρχονται από ορυκτά καύσιμα μέσω της διαδικασίας της καύσης.

2.2.1 SEEMP – Ship Energy Efficiency Monitoring Plan

Η επιτροπή για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού τον Οκτώβριο του 2016 (MEPC 70 – βλ. Παράρτημα 2) υιοθέτησε κατευθυντήριες γραμμές οι οποίες σχετίζονται με τη δημιουργία ενός πλάνου παρακολούθησης της ενεργειακής αποδοτικότητας (SEEMP – Ship Energy Efficiency Monitoring Plan) στα πλοία από τις πλοιοκτήτριες εταιρείες. Πιο αναλυτικά, πρόκειται για έναν μηχανισμό του οποίου ο σκοπός είναι να βελτιώσει την ενεργειακή αποδοτικότητα στα πλοία μέσω διαφόρων εργαλείων παρακολούθησης και μεθόδων που εμπεριέχονται σε αυτό το πλάνο. Ανά εταιρεία και περίπτωση, μπορεί να είναι μέρος του συστήματος διαχείρισης ασφάλειάς της (SMS – Safety Management System) ή ακόμη και του συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισής της (EMS – Environmental Management System) σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14001, αν διατίθεται από την εταιρεία. Βάσει των προδιαγραφών, ορίζονται δύο μέρη από τα οποία αποτελείται το SEEMP. Το 1^ο μέρος αφορά την προσέγγιση ως προς την βελτίωση της γενικότερης απόδοσης του πλοίου ενεργειακά και το 2^ο μέρος παραθέτει τους τρόπους οι οποίοι χρησιμοποιούνται προκειμένου να συλλεχθούν τα δεδομένα που σχετίζονται με την κατανάλωση καυσίμου και τις διαδικασίες οι οποίες ακολουθούνται για να αναφερθούν όλα τα δεδομένα ανά πλοίο στον αρμόδιο φορέα.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός εργαλείου παρακολούθησης που μπορεί να συμπεριληφθεί στο πλάνο παρακολούθησης της ενεργειακής αποδοτικότητας μιας εταιρείας είναι ο λειτουργικός δείκτης ενεργειακής απόδοσης (EEOI – Energy Efficiency Operational Indicator). Πρόκειται για έναν δείκτη του οποίου η χρήση είναι προαιρετική κι η εφαρμογή του εφικτή για νέα και υπάρχοντα πλοία. Ο δείκτης EEOI είναι ένα εργαλείο το οποίο έχει δοθεί μέσω εγκυκλίου του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (MEPC.1/Circ.684 – βλ. Παράρτημα 1) η οποία περιέχει όλες τις κατευθυντήριες γραμμές για τη χρήση του. Ο υπολογισμός του EEOI περιλαμβάνει πληροφορίες που σχετίζονται με τις πλόες, τα είδη των φορτίων και τις ποσότητες που μεταφέρονται, τα είδη των καυσίμων και τις προδιαγραφές τους βάσει των δελτίων παράδοσης καθώς την διανυθείσα απόσταση για την ίδια χρονική περίοδο. Η βασική έκφραση του δείκτη EEOI είναι η παρακάτω:

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

Εικόνα 2-1: Βασική εξίσωση υπολογισμού EEOI

Στην παραπάνω εξίσωση συνυπολογίζεται η συνολική μάζα καυσίμου που καταναλώθηκε επί τον συντελεστή καυσίμου που συνδέεται με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα προς την ποσότητα του φορτίου που μεταφέρθηκε επί την συνολική απόσταση που διένυσε το πλοίο. Το αποτέλεσμα που εκφράζει είναι η ποσότητα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ανά τόνο φορτίου και μίλι.

$$\text{Indicator} = M_{CO_2} / (\text{transport work})$$

Ουσιαστικά το κάθε εργαλείο παρακολούθησης, όπως ο δείκτης EEOI, είναι ταυτόχρονα κι ένα εργαλείο αυτό – αξιολόγησης για τις εταιρείες καθώς τα αποτελέσματα μπορούν να επηρεάσουν το πόσο αποτελεσματικό είναι το πλάνο και να υποδείξουν σημεία στα οποία χρειάζεται διορθωτική δράση.

Γενικότερα ως προς τη χρήση του SEEMP, αξίζει να σημειωθεί πως πρόκειται για ένα μέτρο το οποίο έχει άμεση εφαρμογή κι αφορά την λειτουργία του πλοίου αντανακλώντας την πολιτική της εταιρείας απέναντι στην βελτίωση της απόδοσης σε ενεργειακό επίπεδο και στην παγκόσμια προσπάθεια της ναυτιλιακής κοινότητας για μείωση των ρύπων άνθρακα από τα πλοία.

2.2.2 EEDI – Energy Efficiency Design Index

Ακολουθώντας το Πρωτόκολλο του Κιότο ως διεθνή συνθήκη, ο δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας στα πλοία ήταν η πρώτη, νομικά υποχρεωτική, τακτική η οποία υιοθετήθηκε από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό, κατοχυρώθηκε το 2011 από την αντίστοιχη επιτροπή για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος κι ενσωματώθηκε στο παράρτημα VI της σύμβασης MARPOL.

Ο δείκτης EEDI στα πλοία είναι ένας δείκτης ο οποίος ορίζει τη χρήση πιο ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού με σκοπό την σύντμηση της ρύπανσης. Βασική προϋπόθεση που τίθεται είναι ένα ελάχιστο όριο ενεργειακής αποδοτικότητας ανά μίλι και χωρητικότητα (capacity mile) για διαφορετικούς τύπους πλοίων και τις αντίστοιχες τάξεις μεγέθους. Με αφετηρία το 2013, ξεκίνησε η φάση μηδέν για την εφαρμογή του EEDI κατά την οποία τα νεότευκτα πλοία πρέπει να συνάδουν με το όριο αναφοράς που έχει τεθεί για τον κάθε τύπο ως προς την σχεδίαση. Το όριο αναφοράς διαμορφώνεται σε αυστηρότερα πλαίσια σταδιακά, με αναθεώρηση κάθε πέντε χρόνια κι η χρήση του δείκτη στη σχεδίαση υποκινεί συνεχώς την τεχνολογική εξέλιξη και καινοτομία σε όλα τα επίπεδα από τα οποία επηρεάζεται η αποδοτικότητα του καυσίμου.

Ο EEDI είναι ένας μη προδιαγεγραμμένος δείκτης ο οποίος βασίζεται στην απόδοση της σχεδίασης ανεξάρτητα από την τεχνολογία η οποία χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί. Αυτό συνεπάγεται το γεγονός ότι η ναυτιλιακή βιομηχανία έχει την δυνατότητα να επιλέξει τον πιο αποδοτικό τρόπο ως προς το κόστος κατά την σχεδίαση ενός πλοίου ώστε αυτό να συνάδει με το όριο αναφοράς που ορίζει ο δείκτης για τον συγκεκριμένο τύπο. Το όριο αναφοράς με βάσει το οποίο θα γίνει η σχεδίαση ορίζεται από μαθηματική φόρμουλα η οποία εμπεριέχει τις σχεδιαστικές παραμέτρους για το συγκεκριμένο πλοίο κι είναι ένα μέγεθος το οποίο εκφράζει τα γραμμάρια εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά μίλι και χωρητικότητα.

Το 2015, με τη λήξη της φάσεως μηδέν του 2013, μπήκε σε εφαρμογή η πρώτη φάση κατά την οποία ορίζεται μείωση κατά ποσοστό 10% στον υπάρχοντα δείκτη EEDI που έχει υπολογιστεί για κάθε πλοίο. Τα όρια μείωσης αναθεωρούνται κάθε πέντε χρόνια κι ορίζουν ποσοστό μείωσης του δείκτη κατά 30% με βάσει μια τιμή αναφοράς η οποία έχει υπολογιστεί από τον μέσο όρο της ενεργειακής αποδοτικότητας των πλοίων που έχουν κτιστεί κατά την περίοδο 2000 – 2010. Ο δείκτης αυτός αναπτύχθηκε για τα πλοία του παγκόσμιου στόλου της εμπορικής ναυτιλίας που κατέχουν τις μεγαλύτερες χωρητικότητες και το πιο μεγάλο ενεργειακό αποτύπωμα. Οι τύποι πλοίων οι οποίοι ενσωματώθηκαν εξ αρχής σε αυτό το καθεστώς είναι οι παρακάτω: i) tankers, ii) bulk carriers, iii) gas carriers, iv) general cargo ships, v) container ships, vi) refrigerated cargo carriers και vii) combination carriers. Κατά την συνέλευση της επιτροπής του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού το 2014, η εφαρμογή του δείκτη EEDI επεκτάθηκε και στους ακόλουθους τύπους πλοίων: i) LNG carriers, ii) Ro – Ro cargo ships (vehicle carriers), iii) Ro – Ro passenger ships και iv) cruise passenger ships with non – conventional propulsion.

2.2.3 DCS – Data Collection System

Το 2014, η επιτροπή του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού για την προστασία του περιβάλλοντος (MEPC 67) κατέληξε μετά από συλλογική απόφαση στην υιοθέτηση και ανάπτυξη ενός συστήματος συλλογής δεδομένων για τα πλοία το οποίο περιλαμβάνει συλλογή δεδομένων, λειτουργικό ρόλο του κράτους σημαίας στη διαδικασία καθώς και εγκαθίδρυση μίας κεντρικής βάσης δεδομένων. Το 2015, δηλαδή κατά την διάσκεψη της επιτροπής τον επόμενο χρόνο (MEPC 68), αποφασίστηκε ότι το σύστημα συλλογής δεδομένων, το οποίο είχε ήδη θεσπιστεί, θα έπρεπε να λειτουργεί με τέτοιο τρόπο ώστε τα δεδομένα τα οποία συλλέγονται, να αναλύονται και κατ' επέκταση η εικόνα την οποία παρουσιάζουν να μπορεί να ορίσει την αναγκαιότητα ή μη για επιπλέον μέτρα ως προς τον περιορισμό των εκπομπών.

Τέλος, κατά την διάσκεψη της ίδιας επιτροπής το 2016 (MEPC 70), το παράρτημα VI της σύμβασης MARPOL τροποποιήθηκε ως προς την συλλογή δεδομένων για την κατανάλωση καυσίμου στα πλοία με αφετηρία εφαρμογής την 1^η Μαρτίου του 2018.

Σύμφωνα με τις τροποποιήσεις αυτές, όλα τα πλοία (χωρητικότητας 5.000 GT κι άνω) κι αντίστοιχα, οι πλοιοκτήτριες εταιρείες, υποχρεούνται να συλλέγουν δεδομένα που σχετίζονται με την κατανάλωση κάθε καυσίμου το οποίο χρησιμοποιούν σε καταστάσεις εν πλω ή παραμονής σε λιμάνι. Τα συγκεντρωτικά δεδομένα αφορούν ένα ολόκληρο ημερολογιακό έτος και κατατίθενται στο κράτος σημαίας του πλοίου προκειμένου να επικυρωθούν και να επιβεβαιωθεί ότι ακολουθούν τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί. Αφότου το κράτος σημαίας επικυρώσει ότι η διαδικασία έχει τηρηθεί κι εκδώσει τη σχετική δήλωση συμμόρφωσης με τον ισχύοντα κανονισμό τότε, όλα τα δεδομένα του έτους ανά πλοίο μεταφέρονται στην βάση δεδομένων του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού από τον οποίο ζητείται η έκδοση σχετικής συγκεντρωτικής αναφοράς προς κατάθεση στην επιτροπή προστασίας του περιβάλλοντος (MEPC).

Η νέα βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό ενσωματώθηκε στην πλατφόρμα του GISIS (Global Integrated Shipping Information System), του παγκόσμιου πληροφοριακού συστήματος της ναυτιλίας και είναι προσιτή σε όλα τα κράτη μέλη. Η διαχείριση των δεδομένων γίνεται απόρρητα και η υποβολή τους στην πλατφόρμα μόνο από τους αρμόδιους, εξουσιοδοτημένους φορείς με άδεια από την διοίκηση της πλατφόρμας. Ως προς το χρονικό περιθώριο το οποίο έχει οριστεί, οι εξουσιοδοτημένοι φορείς καλούνται να υποβάλλουν όλα τα δεδομένα του ημερολογιακού έτους μέχρι και τους πρώτους πέντε μήνες του επόμενου ώστε να εκδοθεί η αντίστοιχη δήλωση ανά πλοίο. Κατ' αυτό τον τρόπο, η καταμέτρηση των εκπομπών σε τόνους διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα βάσει των συγκεκριμένων πλοίων που πραγματοποιούνται.

2.2.4 EEXI – Energy Efficiency Existing Ship Index

Κατά την διάσκεψη της επιτροπής του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος το 2021 (MEPC 76) πραγματοποιήθηκαν επιπλέον τροποποιήσεις στο παράρτημα VI της διεθνούς σύμβασης MARPOL σχετικά με την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία. Οι τροποποιήσεις αφορούν τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στα πλοία η οποία προσεγγίζεται από δύο οπτικές, τεχνικά και λειτουργικά ταυτόχρονα.

Βασική προϋπόθεση των νέων μέτρων είναι ο υπολογισμός του υπάρχοντα δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας (EEXI – Energy Efficiency Existing Ship Index) και η εγκαθίδρυση και σχετική ταξινόμηση ενός ετήσιου δείκτη έντασης άνθρακα (CII) για κάθε πλοίο. Τα νέα αυτά μέτρα κατηγοριοποιούνται στις βραχυπρόθεσμες τακτικές οι οποίες υιοθετήθηκαν από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό στα πλαίσια επίτευξης του στόχου για μείωση των ρύπων άνθρακα κατά 40% μέχρι το 2030. Οι συγκεκριμένες τροποποιήσεις μπαίνουν σε ισχύ την 1^η Νοεμβρίου 2022 και η πιστοποίηση για τα νέα μέτρα θα αποτελεί απαίτηση από 1^η Ιανουαρίου 2023.

Ο δείκτης EEXI είναι μια προϋπόθεση η οποία αφορά όλα τα πλοία των 400 GT κι άνω σύμφωνα με διαφορετικές παραμέτρους και κατηγορίες μεγέθους. Πρόκειται για έναν δείκτη ο οποίος εκφράζει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά μεταφορική ικανότητα με θεωρητικά δεδομένα.

$$EEXI = \frac{CO_2 \text{ emissions}}{\text{Transportation work}}$$

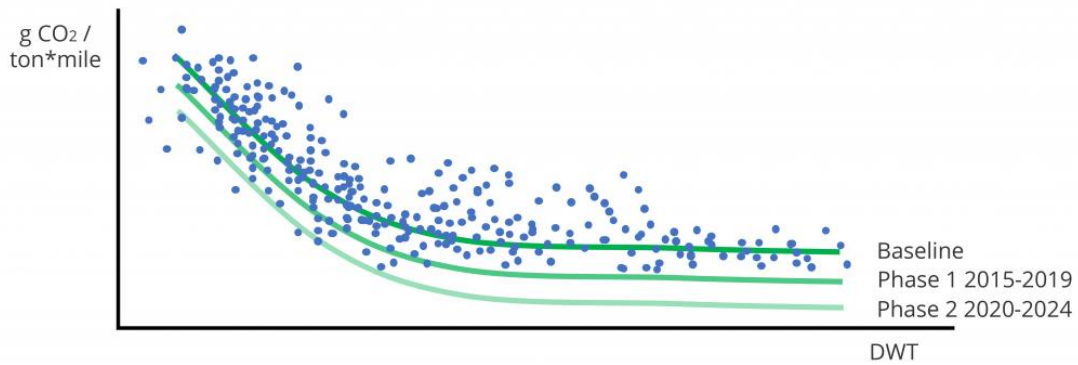
$$EEXI = \frac{\text{Main engine emissions} + \text{Auxiliary engine emissions} + (\text{PTI} - \text{Innovative electrical energy technologies}) - \text{Innovative propulsion energy technologies}}{\text{Capacity} * \text{Reference speed} * \text{Reduction factors}}$$

$$EEXI = \frac{(\prod_{j=1}^n f_j) (\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} C_{ME(i)} SFC_{ME(i)}) + (P_{AE} C_{AE} SFC_{AE}) + ((\prod_{j=1}^n f_j) \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{noff} f_{off(i)} P_{AEoff(i)}) C_{FAE} SFC_{FAE}}{\text{Capacity} V_{ref} f_c f_l f_w f_m} - (\sum_{i=1}^{noff} f_{off(i)} P_{eff(i)} C_{FME} SFC_{ME})$$

Εικόνα 2-2: Εξίσωση Υπολογισμού EEXI (Πηγή No. 27)

Πρακτικά, είναι ο ίδιος δείκτης με αυτόν της ενεργειακής αποδοτικότητας, EEDI, παρόλα αυτά ο EEXI είναι ένας δείκτης ο οποίος αφορά τα υπάρχοντα πλοία και αποτελεί ένα από τα πιο αξιοσημείωτα μέτρα του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού για τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της ναυτιλίας.

Καθώς η ενεργειακή αποδοτικότητα του παγκόσμιου στόλου αυξάνεται, υπάρχει μία οριακή τιμή η οποία αποτελεί το μέγιστο το οποίο ο δείκτης EEXI καλείται να προσεγγίσει. Το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι η τιμή του δείκτη να βρίσκεται κάτω από αυτή την οριακή τιμή. Πρακτικά, με αφετηρία το έτος 2023, όλα τα υπάρχοντα πλοία κατέχουν ένα συγκεκριμένο όριο εκπομπών ανά μεταφορική ικανότητα το οποίο πρέπει να διατηρούν κάτω από την κρίσιμη καμπύλη.



Εικόνα 2-3: Όρια δεικτών EEDI, EEXI κατά τις φάσεις 1,2. (Πηγή Νο. 27)

Προχωρώντας στον δρόμο για την απανθρακοποίηση με τις προδιαγραφές να γίνονται όλο κι αυστηρότερες είναι ευκόλως κατανοητό ότι μεγάλο μέρος του παγκόσμιου στόλου το οποίο κατέχει τα ποσοστά μεγαλύτερης ηλικίας δεν θα μπορέσει να συμβαδίσει με τους νέους κανονισμούς. Συμπερασματικά, ο δείκτης EEXI επηρεάζει την ναυτιλιακή βιομηχανία από δύο διαφορετικές οπτικές, τόσο την τεχνική όσο και την εμπορική.

Από τεχνικής απόψεως, οι πλοιοκτήτριες και διαχειρίστριες εταιρείες καλούνται να οργανώσουν ένα σχέδιο δράσης για εγκατάσταση νέων, «καθαρών» τεχνολογιών στα πλοία οι οποίες θα καταστήσουν εφικτή τη συμμόρφωσή τους με τους νέους κανονισμούς ώστε να παραμείνουν εν ενεργεία.

Ταυτόχρονα, έχοντας επιτύχει την συμμόρφωση με τους ισχύοντες κανονισμούς επί του παρόντος, η επικράτηση της αβεβαιότητας ως το προς το τι έπεται μετά το 2023 έρχεται να κλονίσει τις διεθνείς ναυλαγορές με τους ναυλωτές να μην επενδύουν σε μακροχρόνιες πλέον συμφωνίες και τους πλοιοκτήτες να αναγκάζονται να μειώσουν τις τιμές των ναύλων προκειμένου να κλείσουν τις συμφωνίες. Συμπερασματικά, όλη η ναυτιλιακή βιομηχανία προσπαθεί να προβλέψει με τον πιο αποδοτικό και κερδοφόρο τρόπο πως τέτοιου είδους νέοι κανονισμοί για τον υπάρχοντα στόλο θα επηρεάσουν το επιχειρησιακό και οικονομικό κομμάτι.

Παρόλα αυτά, η προστασία του κλίματος και η εξάλειψη του φαινομένου του θερμοκηπίου συνεχίζει να αποτελεί την μεγαλύτερη προτεραιότητα. Έτσι, η ενσωμάτωση κανονισμών που αφορούν μόνο τα νεότερα πλοία (δείκτης EEDI) δεν είναι ικανή να επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα σε σύντομο χρονικό διάστημα καθώς η ανανέωση του παγκόσμιου στόλου γίνεται βαθμιαία. Κατ' επέκταση, είναι επιτακτική ανάγκη για την ύπαρξη δεικτών που αφορούν και τα υπάρχοντα πλοία έτσι ώστε το ενδιαφέρον γύρω από την ενεργειακή αποδοτικότητα να παραμένει αμείωτο. Το EEXI αποτελεί έναν τέτοιο δείκτη – κίνητρο συμβάλλοντας ενεργά στην προσπάθεια απανθρακοποίησης της ναυτιλίας.

2.2.5 CII – Carbon Intensity Indicator

Καθώς οι στόχοι που έχει θέσει ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός στον δρόμο για την απανθρακοποίηση είναι πολύ φιλόδοξοι, όλη η ναυτιλιακή κοινότητα οφείλει να εργαστεί πάνω σε καινοτόμες λύσεις προκειμένου να κατακτήσει ένα βιώσιμο μέλλον. Έτσι, κατά την διάσκεψη της επιτροπής του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος (MEPC 76) αποφασίστηκε ότι μαζί με τον δείκτη EEXI ο οποίος εισέρχεται σε ισχύ το 2023, ένας ακόμη δείκτης θεσπίζεται για την ενδυνάμωση της προσπάθειας αυτής, ο δείκτης έντασης άνθρακα (CII – Carbon Intensity Indicator).

Ενώ ο δείκτης EEXI απορρέει από τον τρόπο με τον οποίο τα υπάρχοντα πλοία είναι εξοπλισμένα και σχεδιασμένα, ο δείκτης CII είναι ένας δείκτης που βασίζεται στον τρόπο με τον οποίο τα πλοία λειτουργούν. Ο δείκτης έντασης άνθρακα είναι ένας δείκτης ο οποίος βασίζεται στον αριθμητικό υπολογισμό ενός λόγου ετήσιας αποδοτικότητας (AER – Annual Efficiency Ratio) ο οποίος ορίζεται ως το συνολικό ποσό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ενός πλοίου ανά έτος διαιρεμένο κατά τη συνολική μεταφορική ικανότητα και απόσταση που διένυσε το πλοίο στο ίδιο έτος.

$$AER = \frac{\text{Annual CO}_2 \text{ emissions}}{\text{Deadweight} \times \text{Distance sailed}} = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{DWT \times D} = \frac{g_{CO_2}}{DWT \text{ mile}}$$

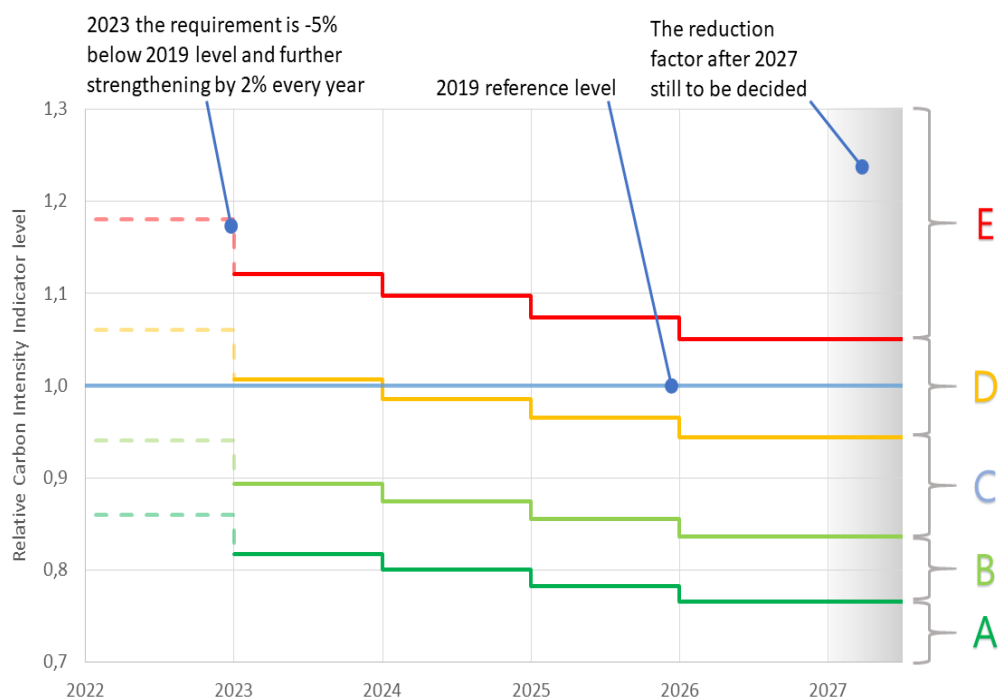
Εικόνα 2-4: Εξίσωση Υπολογισμού AER (Πηγή Νο. 28)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός έχει ήδη θεσπίσει ένα σύστημα συλλογής δεδομένων το οποίο υποχρεώνει τις πλοιοκτήτριες εταιρείες να καταθέτουν σε ετήσια βάση όλα τα δεδομένα ανά πλοίο που σχετίζονται με την κατανάλωση καυσίμου σε καταστάσεις εν πλω και παραμονής σε λιμάνι καθώς και τις ώρες που βρίσκεται στην εκάστοτε κατάσταση όπως και την απόσταση η οποία επιτεύχθηκε ανά ταξίδι. Έτσι, έχοντας διαθέσιμη όλη την πληροφορία στη βάση δεδομένων του παγκόσμιου πληροφοριακού συστήματος της ναυτιλίας, μπορεί να υπολογισθεί και ο δείκτης ετήσιας αποδοτικότητας AER για όλα τα πλοία.

Βάσει των αποτελεσμάτων του AER, τα πλοία κατηγοριοποιούνται σε διαφορετικές βαθμίδες του δείκτη έντασης άνθρακα, ξεκινώντας από το «Α» και φτάνοντας στο «Ε». Ο δείκτης «Α» καθιστά το πλοίο «πράσινο» - φιλικό προς το περιβάλλον ενώ ο δείκτης «Ε» το ακριβώς αντίθετο, δηλαδή ρυπαντή υψηλού κινδύνου.

Η αξιολόγηση του δείκτη γίνεται με βάση κάποια αρχικά κατώτατα όρια που έχουν θεσπιστεί ενώ τα όρια αυτά γίνονται όλο κι αυστηρότερα στην πάροδο του χρόνου. Η πρώτη περίοδος κατά την οποία θα οριστεί ο συντελεστής μείωσης του δείκτη κατά 5% είναι το 2023. Ταυτόχρονα, τα κριτήρια του δείκτη γίνονται ολοένα και πιο αυστηρά κι η βαθμολογία που λαμβάνει το πλοίο δεν μένει σταθερή αν στην πάροδο του χρόνου, η κάθε εταιρεία δεν προβαίνει σε βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας των πλοίων της. Έτσι, ο δείκτης έντασης

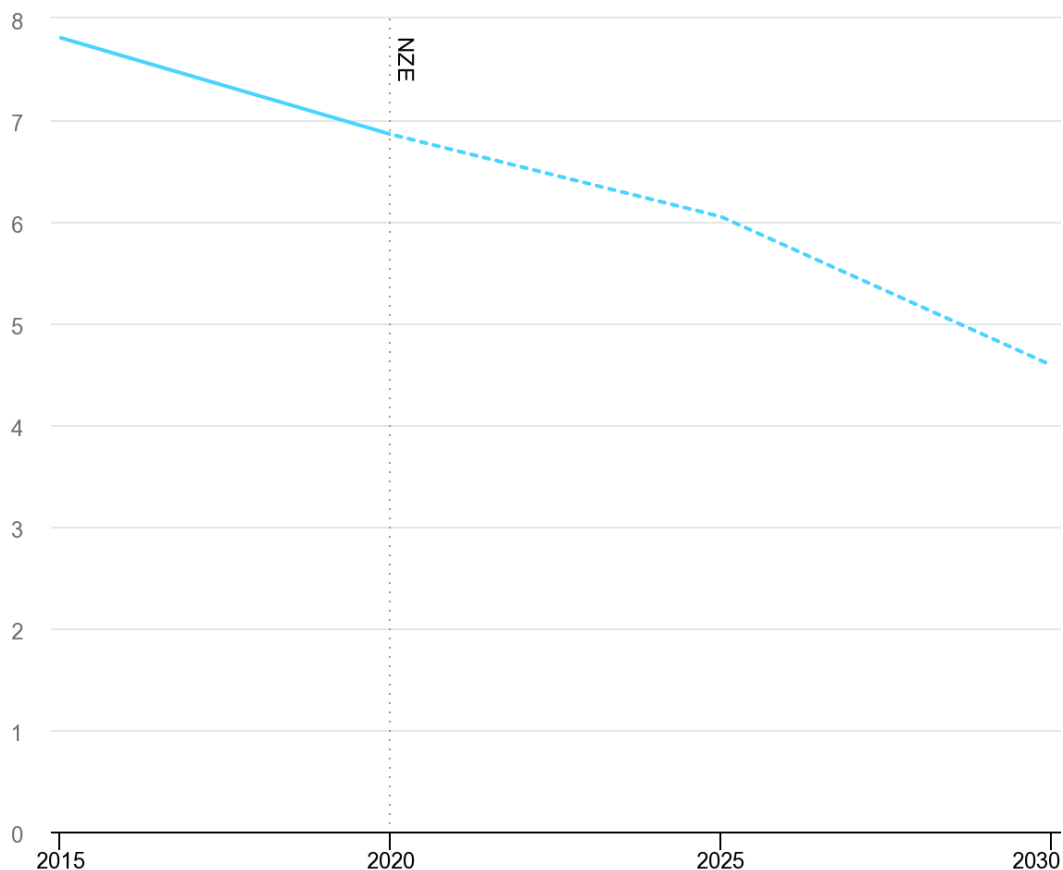
άνθρακα μπορεί να ξεκινήσει να κινείται προς το «E» αν η απόδοσή του πλοίου ενεργειακά παραμείνει σταθερή σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο.



Διάγραμμα 2-1: Μεταβολές ορίων CII ανά έτος (Πηγή Νο. 28)

Κατά συνέπεια, αν ο δείκτης έντασης άνθρακα ενός πλοίου είναι «D» ή «E» και παραμείνει ο ίδιος για ένα συνεχόμενο χρονικό διάστημα σημαίνει ότι η πλοιοκτήτρια εταιρεία δεν προέβη σε επαρκείς δράσεις για τη συμμόρφωση της με τον κανονισμό και κατ' επέκταση για τη μάχη απέναντι στην κλιματική αλλαγή. Έτσι, αναγκάζεται να αναδιαρθρώσει το πλάνο ενεργειακής της αποδοτικότητας ώστε να συμπεριλάβει τα μέτρα τα οποία θα εφαρμόσει για την βελτίωση του δείκτη έντασης άνθρακα και την ταυτόχρονη μείωση των αέριων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τα πλοία της.

Η βασική αρχή ώστε να μπορέσει μια πλοιοκτήτρια εταιρεία να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των κανονισμού είναι να γίνει κατανοητό ότι η κάθε δράση η οποία μπορεί να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά ετήσια απόσταση που εκτελέστηκε βάσει των πλοίων, μπορεί και να βελτιώσει τη βαθμολογία του πλοίου. Η βελτίωση μπορεί να αφορά τεχνικές ή λειτουργικές όψεις χωρίς περαιτέρω δέσμευση στον τρόπο με τον οποίο θα επιλεγεί να γίνει.



Διάγραμμα 2-2: Πορεία αποτυπώματος άνθρακα της διεθνούς ναυτιλίας στη διάρκεια 2015 – 2030 (Πηγή International Energy Agency)

Εν κατακλείδι, ο δείκτης έντασης άνθρακα είναι ένας δείκτης ο οποίος αξιολογεί τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τα πλοία με τρόπο καθολικό, λαμβάνοντας δηλαδή υπόψιν όλες τις καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου και βασιζόμενος στα πραγματικά δεδομένα ανά 24ωρο για κάθε ημέρα ενός ημερολογιακού έτους. Καθώς το πλοίο παράγει αδιάκοπα αέριους ρύπους, η χρήση του δείκτη έντασης άνθρακα και των ανώτατων ορίων σε συνδυασμό με τον υπάρχοντα δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας ενδυναμώνει την ακριβέστερη παρακολούθηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τα πλοία. Έτσι, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός διαθέτει την πλήρη εικόνα της μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον παγκόσμιο εμπορικό στόλο και της ταυτόχρονης συμβολής της ναυτιλίας στην προσπάθεια καταπολέμησης του φαινομένου του θερμοκηπίου, στα πλαίσια της στρατηγικής που έχει θεσπίσει ως απόρροια την Συνθήκης του Παρισιού.

3 Γάστρα – Hull

3.1 Τεχνολογίες επίστρωσης γάστρας

Οι τεχνολογίες επίστρωσης είναι μία εξίσου μεγάλη πρόκληση που καλείται να αντιμετωπίσει η ναυτιλιακή βιομηχανία εφόσον επηρεάζουν την επίδοση της γάστρας και συνδέονται με την ενεργειακή αποδοτικότητα σε επίπεδο εξοικονόμησης καυσίμου και κατ' επέκταση εκπομπών ρύπων αλλά και προστασίας του περιβάλλοντος ταυτόχρονα.

Γενικότερα, η απόδοση της γάστρας του πλοίου εξαρτάται από το σχήμα της ίδιας της γάστρας και τα χαρακτηριστικά της επιφάνειάς της καθώς και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και τις διαστάσεις του πλοίου. Επίσης, παραμένει πάντοτε άρρηκτα συνδεδεμένη και με την απόδοση της προπέλας, η οποία θα αναλυθεί στη συνέχεια.

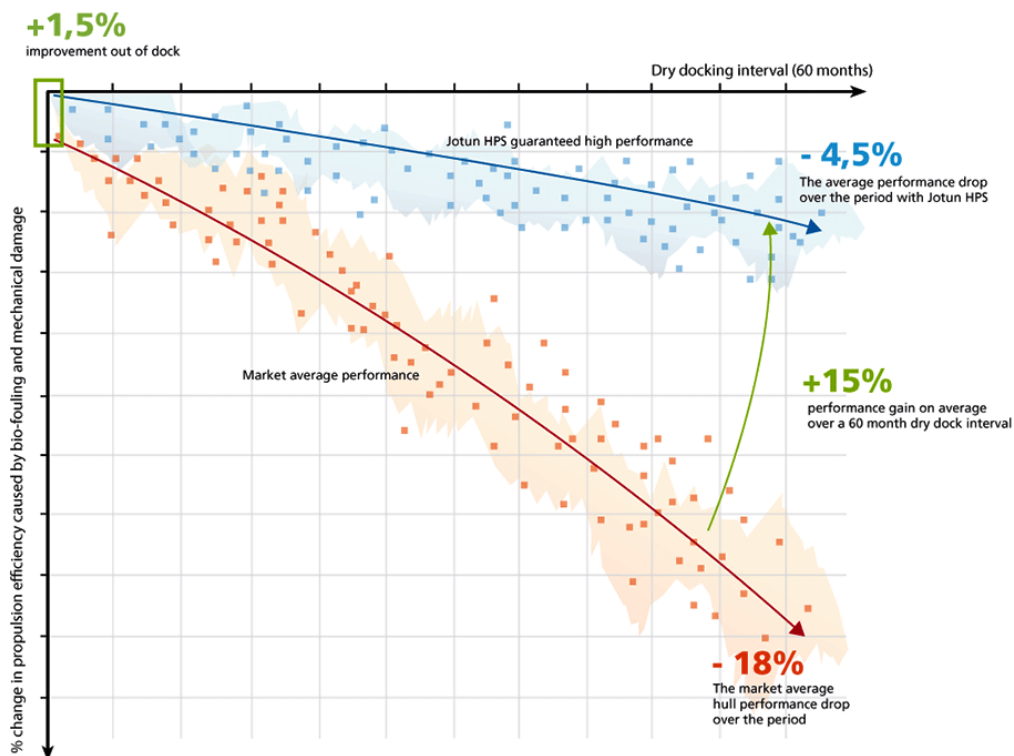
Η επιφάνεια της γάστρας είναι μία μεταλλική επιφάνεια της οποίας μεγάλο μέρος είναι βρεχόμενο ανάλογα με την εκάστοτε κατάσταση φόρτωσης του πλοίου. Λόγω της σύστασης του θαλασσινού νερού, η μεταλλική επιφάνεια επηρεάζεται από την φυσική διάβρωση του υλικού και την βιολογική ρύπανση.

Η διάβρωση της μεταλλικής επιφάνειας είναι ένα αυθόρμητο φαινόμενο λόγω της χημικής αντίδρασης που πραγματοποιείται μεταξύ μετάλλου και θαλασσινού νερού. Η βιολογική ρύπανση είναι ένα φαινόμενο κατά το οποίο μικροοργανισμοί, φυτά, φύκια ή μικρά ζώα επικάθονται στην επιφάνεια της γάστρας του πλοίου κατά τη βύθιση της παραμένοντας στερεωμένοι σε συγκεκριμένα σημεία και ακίνητοι σχηματίζοντας έτσι σε σύντομο χρονικό διάστημα ένα υποθαλάσσιο «δάσος». Λόγω της φύσης της ναυτιλίας και των πλοίων να ταξιδεύουν σε διαφορετικά χωρικά ύδατα, η βιολογική ρύπανση μεταφέρεται στα διάφορα οικοσυστήματα απειλώντας την ισορροπία στον πλανήτη. Έτσι, το 2011, εισήχθησαν κατευθυντήριες γραμμές από την επιτροπή για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (MEPC 207(62)) οι οποίες αφορούν την ελαχιστοποίηση μεταφοράς Χωροκατακτητικών Υδάτινων Ειδών (IAS – Invasive Aquatic Species) από τα πλοία και την προστασία των οικοσυστημάτων παγκοσμίως. Έκτος από τα όσα ήδη αναφέρθηκαν για την προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων, το συγκεκριμένο φαινόμενο επηρεάζει και τις εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα καθώς αυξάνει την αντίσταση του πλοίου κατά την πλεύση του ανεβάζοντας έτσι και τα επίπεδα κατανάλωσης καυσίμου της κύριας μηχανής και αέριων ρύπων από την διαδικασία της καύσης.

Όπως ήδη αναλύθηκε, η κατάσταση των υφάλων του πλοίου κατέχει μεγάλο ποσοστό επίδρασης στην τελική απόδοση της γάστρας και καθώς αυτό επηρεάζει την κατανάλωση, η επιλογή των κατάλληλων χρωμάτων αποτελεί μία από τις πιο ελκυστικές επενδύσεις σήμερα.

Η βιομηχανία των ναυτιλιακών χρωμάτων δεν θα μπορούσε να μείνει ανεπηρέαστη από την περιβαλλοντική κρίση καθώς η μέγιστη απόδοση των χρωμάτων είναι ζωτικής πλέον σημασίας για το περιβάλλον. Έτσι, χρησιμοποιώντας εφαρμογές υψηλής τεχνολογίας στα

προϊόντα, η γάστρα του πλοίου παρουσιάζει καλύτερη απόδοση και οι εκπομπές αερίων ρύπων μειώνονται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας τέτοιας εφαρμογής είναι το σύστημα Hull Performance Solutions της Jotun, εταιρεία – κολοσσό στην βιομηχανία των χρωμάτων παγκοσμίως. Έπειτα από σχετική μελέτη η οποία βασίζεται σε πραγματικές εφαρμογές, η εξοικονόμηση καυσίμων άγγιξε το 8,5% όπως και η μείωση εκπομπών αερίων ρύπων συμπεριλαμβανομένων των ρύπων άνθρακα από τη διαδικασία της καύσης. Παρόλα αυτά, η απόδοση του τελικού αποτελέσματος ποικίλει πάντοτε, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του πλοίου, την περιοχή εμπορίου ή/ και την δραστηριότητα του πλοίου ανά έτος.



Διάγραμμα 3-1: Ενεργειακή Αποδοτικότητα Γάστρας σε διάστημα 60 μηνών (Πηγή Νο. 21)

Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που ενισχύει την συνεχή προσπάθεια για βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας της γάστρας ως προς τις επιστρώσεις των χρωμάτων είναι κι η εγκαθίδρυση ενός προτύπου διαχείρισης ποιότητας στην ναυτιλιακή βιομηχανία, του ISO 19030.

Βασική αρχή του συγκεκριμένου προτύπου είναι η διαχείριση και μέτρηση της αποδοτικότητας της γάστρας και της προπέλας του πλοίου με τελικό στόχο την παρουσίαση της απόδοσης του πλοίου. Με βάση την ισχύ και την ταχύτητα, εξετάζονται οι παρακάτω δείκτες απόδοσης KPIs (Key Performance Indicators): 1) Μέτρηση της απόδοσης του πλοίου πριν και μετά την επιθεώρηση δεξαμενισμού, 2) παρακολούθηση της απόδοσης της γάστρας και της προπέλας κατά την περίοδο λειτουργίας του πλοίου, 3) υπόδειξη του χρονικού

σημείου όπου η συντήρηση κρίνεται απαραίτητη (καθαρισμός γάστρας, γυάλισμα προπέλας) και 4) παρακολούθηση της επίδρασης της συντήρησης στη απόδοση του πλοίου.

Οι μεγαλύτεροι ειδικοί των χρωμάτων στην ναυτιλιακή βιομηχανία (Jotun, Hempel, AkzoNobel, International, etc) συμμετέχουν ενεργά στην ανάπτυξη και τελική διαμόρφωση του προτύπου για την αγορά. Παρακολουθώντας την απόδοση των πλοίων μέσα από τη δημιουργία βάσης δεδομένων και κάνοντας χρήση των δεικτών απόδοσης του προτύπου μακροπρόθεσμα, είναι πλέον δυνατό να μελετηθεί και να εγγραφεί η απώλεια ταχύτητας και κατ' επέκταση η εξοικονόμηση καυσίμου κι η μείωση αέριων ρύπων με χρήση διαφόρων τεχνολογιών επιστρώσεων γάστρας στα πλοία.

Καθώς το πρόβλημα της βιολογικής ρύπανσης στα ύφαλα των πλοίων παραμένει κι επηρεάζει την ποσότητα των ρύπων άνθρακα από τα πλοία στην ατμόσφαιρα, οι κατασκευαστές χρωμάτων αναπτύσσονται πλέον σε συμβούλους παρέχοντας τις αποτελεσματικότερες λύσεις και τεχνολογίες, παράλληλα με τον παραδοσιακό τους ρόλο να προμηθεύουν μπογιά στην αγορά.

Εκτός από τις νέες τεχνολογίες στη βιομηχανία των χρωμάτων για την βελτιστοποίηση της απόδοσης της γάστρας, έχουν αναπτυχθεί συστήματα τροφοδοσίας αέρα τα οποία δημιουργούν ένα προστατευτικό προφίλ στο επίπεδο τμήμα του πυθμένα της γάστρας με σκοπό την μείωση της αντίστασης τριβής του πλοίου. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα σύστημα «λίπανσης» της γάστρας με αέρα (Air Lubrication System) με δυνατότητα εγκατάστασης τόσο σε υπάρχοντα όσο και νεότευκτα πλοία. Βασική αρχή λειτουργίας είναι η χρήση πεπιεσμένου αέρα ο οποίος ελευθερώνεται σε μορφή φυσαλίδων μέσω αντίστοιχων διατάξεων τοποθετημένων στο μπροστινό άκρο της επίπεδης επιφάνειας. Ως αποτέλεσμα, η κατανάλωση καυσίμου μειώνεται μέχρι και 10% καθώς η λειτουργία του συστήματος παραμένει ανεπηρέαστη από τις εξωτερικές συνθήκες, βελτιώνοντας το αποτύπωμα άνθρακα του πλοίου στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 3-1: Εικόνα γάστρας με χρήση συστήματος λίπανσης με αέρα σε λειτουργία (Πηγή Νο. 32)

3.2 Σύστημα Πρόωσης (Προπέλα – Πηδάλιο)

Στην πορεία για την απανθρακοποίηση της ναυτιλίας, η επίτευξη της μέγιστης αποδοτικότητας με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας είναι απαραίτητος συνδυασμός για την επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό. Με φιλόδοξες βλέψεις για μηδενικές εκπομπές αέριων ρύπων από την ναυτιλία μέχρι το 2050, τα βέλτιστα αποτελέσματα μπορούν να επιτευχθούν με συνδυασμό πληθώρας τεχνολογιών και καινοτομιών που εντάσσονται στην αγορά με σκοπό την συμμόρφωση με το νέο θεσμικό πλαίσιο αλλά και τη συνεισφορά στη μείωση του κόστους λειτουργίας των πλοίων.

Τα συστήματα πρόωσης δεν αποτελούν εξαίρεση καθώς κατέχουν καθοριστικό ρόλο στην βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας της γάστρας η οποία επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου. Έτσι, η ναυτιλιακή βιομηχανία έχει ήδη προχωρήσει σε παρουσίαση κι εφαρμογή νέων τεχνολογιών στην προωστήρια εγκατάσταση του πλοίου.

Για την βέλτιστη απόδοση της έλικας σε μεγάλο εύρος ταχυτήτων, οι βασικές παράμετροι οι οποίες εξετάζονται είναι η αποδοτικότητα, ο θόρυβος και η δόνηση της εγκατάστασης σε κατάσταση λειτουργίας. Ο σωστότερος σχεδιασμός με μοντέρνα σχεδιαστικά εργαλεία συμβάλλει σημαντικά στην βελτίωση της συνολικής απόδοσης. Σύμφωνα με τη Wartsila, έναν από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές παγκοσμίως με μακροχρόνιο ιστορικό τεχνολογιών στον τομέα της ναυτιλίας, η απόδοση μπορεί να βελτιωθεί μέχρι και 15% αντικαθιστώντας προϋπάρχουσες προπέλες σταθερού βήματος με μοντέρνας σχεδίασης αντίστοιχα.

Καθώς η συνολική απόδοση του πλοίου βελτιώνεται, ταυτόχρονα οι δείκτες του, EEDI και EEOI αντίστοιχα, μειώνονται όπως και η κατανάλωση καυσίμου της κύριας μηχανής. Λαμβάνοντας υπόψιν το γεγονός ότι τα όρια μείωσης των δεικτών αναθεωρούνται κάθε πέντε χρόνια με ολοένα κι αυστηρότερα ποσοστά, η αντικατάσταση προπέλας κατά την επιθεώρηση δεξαμενισμού του πλοίου μπορεί να προσφέρει εξοικονόμηση καυσίμου και αέριων ρύπων αλλά και συμμόρφωση με τους ισχύοντες κανονισμούς προκειμένου το πλοίο να παραμείνει σε λειτουργία.

Παρόλα αυτά, η αντικατάσταση προπέλας δεν είναι πάντοτε εφικτή είτε λόγω κόστους είτε λόγω ανεπάρκειας χρόνου να πραγματοποιηθεί δεξαμενισμός χωρίς αντίστοιχη επιθεώρηση μέχρι την προθεσμία που ορίζουν οι ισχύοντες κανονισμοί. Καθώς ο κανονισμός για την ενεργειακή αποδοτικότητα δεν ορίζει ποιες τεχνολογίες θα χρησιμοποιηθούν για να επιτευχθεί ο τελικός στόχος, διαφορετικές τεχνολογίες μπορούν να συνδυαστούν ώστε η απόδοση της υπάρχουσας προωστήριας εγκατάστασης να βελτιωθεί.

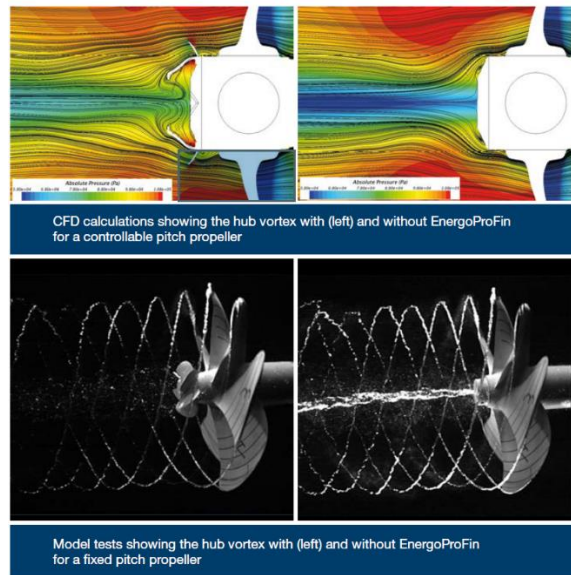
Θέτοντας ως προτεραιότητα τις τροποποιήσεις που μπορούν να επιτευχθούν στα υπάρχοντα πλοία, καθώς αποτελούν την πλειοψηφία του παγκόσμιου στόλου, το ενδιαφέρον έχει στραφεί στον τρόπο με τον οποίο θα μειωθούν οι απώλειες ενέργειας από την έλικα κατά την λειτουργία του πλοίου έτσι ώστε να απαιτείται λιγότερη ισχύς για το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Με γνώμονα το παραπάνω κριτήριο, αναπτύχθηκε η ιδέα για μία επιπλέον προπέλα, μικρότερης τάξης μεγέθους από την υπάρχουσα, η οποία αποτελεί υποβοήθηση του βασικού συστήματος. Πρόκειται για μια προπέλα η οποία τοποθετείται στην πλήμνη της υπάρχουσας και περιστρέφεται ταυτόχρονα κι ομόστροφα. Η εφαρμογή αυτή μπορεί να επιτευχθεί για προπέλες τόσο σταθερού όσο και μεταβλητού βήματος με την ανάλογη σχεδίαση και η εγκατάστασή της μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς το πλοίο να βγει από το νερό και να μείνει αδρανές από εμπορικής απόψεως, αρκεί μόνο η προπέλα να βγει από το νερό έχοντας δώσει στο πλοίο την κατάλληλη διαγωγή. Με βάση μελέτες πραγματικών εφαρμογών, η συγκεκριμένη εγκατάσταση μπορεί να προσφέρει εξοικονόμηση καυσίμου έως και 5%. Κατ' επέκταση, η μείωση αέριων ρύπων συμπεριλαμβανομένων των ρύπων άνθρακα είναι ισοδύναμη.



Εικόνα 3-2: EnergoProFin by Wartsila (Πηγή No. 33)

Από άποψη υδροδυναμικής, η συγκεκριμένη σχεδίαση αποτελεί μία συσκευή ανάκτησης ενέργειας καθώς μετατρέπει την περιστροφική ενέργεια σε αποτελεσματική ώση, αυξάνοντας την απόδοση του συστήματος. Οι δίνες της ροής που δημιουργούνται από την προπέλα αποδυναμώνονται, καθώς το καπάκι ελαττώνει τον στροβιλισμό και τα πτερύγια εξαλείφουν την δίνη προσδίδοντας παραπάνω ενέργεια στο σύστημα.



Εικόνα 3-3: EnergoProFin - CFD και Model Testing (Πηγή Νο. 33)

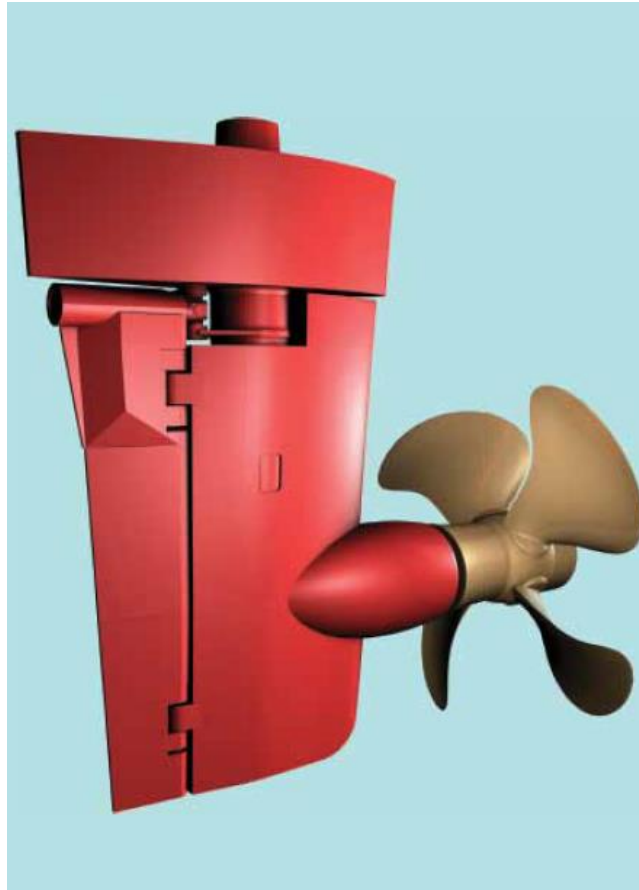
Συνεχίζοντας την προσπάθεια προς την απανθρακοποίηση, οι προϋποθέσεις που έχουν τεθεί απαιτούν καινοτομίες όχι μόνο για τα υπάρχοντα πλοία αλλά και για όσα χτίζονται ή πρόκειται να χτιστούν τώρα και στο μέλλον, αντίστοιχα. Μεταβαίνοντας στο κομμάτι της πηδαλιουχίας, οι νέες ανάγκες και τα σχεδιαστικά εργαλεία που κατέχει η βιομηχανία έχουν δημιουργήσει μία διαφορετική μορφή του συστήματος πηδαλίου από την άλλοτε παραδοσιακή που είναι ευρέως γνωστή. Η νέα αυτή μορφή χαρακτηρίζεται ως ένα σύστημα παραγωγής ώσης που αποτελείται από δύο περιστρεφόμενα φύλλα που τοποθετούνται εκατέρωθεν της προπέλας. Η δυνατότητα περιστροφής τους σε διαφορετικές γωνίες ανάλογα με την κατάσταση θάλασσας ή την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το πλοίο, εν πλω ή ελιγμών, παρέχει τη δυνατότητα αλλαγής του υδροδυναμικού φορτίου τόσο στην προπέλα όσο και στα ίδια τα φύλλα. Ως αποτέλεσμα αυτού, προσδίδεται ποσοστό βελτίωσης στην απόδοση εφόσον η ώση κατευθύνεται μέσω της διάταξης πετυχαίνοντας ταυτόχρονα κι εξοικονόμηση καυσίμου. Η εξοικονόμηση ενέργειας δεν είναι ίδια για όλους του τύπους πλοίων παρόλα αυτά, είναι αποδεδειγμένο ότι αγγίζει ποσοστά μεγαλύτερα του 5%.



Εικόνα 3-4: Σύστημα Gate Rudder by Wartsila (Πηγή Νο. 34)

Εκτός από τις περιπτώσεις τις προπέλας και του πηδαλίου που εξετάστηκαν ξεχωριστά ως προς τις καινοτόμες τροποποιήσεις που μπορούν να δεχτούν, η αντιμετώπιση των δύο ως μία κοινή περίπτωση αποτελεί ένα ακόμη τεχνολογικό επίτευγμα το οποίο μπορεί να συνεισφέρει αποτελεσματικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα του πλοίου και την εξοικονόμηση καυσίμου βελτιώνοντας ταυτόχρονα την ελικτική του ικανότητα με λιγότερο θόρυβο και δόνηση κατά την πλεύση. Καθώς η γενικότερη απόδοση ενός πλοίου εξαρτάται άμεσα από την αλληλεπίδραση μεταξύ των κύριων μερών του, η μέγιστη μπορεί να επιτευχθεί όταν όλα λειτουργούν ως ενιαίο σύστημα. Το ίδιο ισχύει και για το επιμέρους σύστημα προπέλας – πηδαλίου το οποίο αποδεδειγμένα παρουσιάζει μέγιστη επίδοση όταν δεν υπάρχει κάποιου είδους ροή να παρεμβαίνει ανάμεσά τους.

Υπό αυτή την προϋπόθεση, αναπτύχθηκε το σύστημα το οποίο είναι ήδη διαθέσιμο στην αγορά σήμερα και καλείται Energorac, αποτελώντας μια βελτιστοποιημένη λύση συστήματος προπέλας – πηδαλίου για ποντοπόρα πλοία. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο γεγονός ότι μειώνεται ο διαχωρισμός της ροής καθώς το σύστημα είναι ενιαίο ενώ εκτενείς μελέτες αυτού έχουν αποδείξει ότι η αντίσταση που δημιουργεί είναι πολύ μικρότερη από τα συμβατικά συστήματα. Η επίδραση αυτή στην αντίσταση είναι περισσότερο αισθητή στην εν πλω κατάσταση όταν το πηδάλιο βρίσκεται ακριβώς πίσω από την προπέλα εφόσον δεν απαιτούνται μεγάλες γωνίες στροφής για την διατήρηση της πορείας του. Κατ' επέκταση, εφόσον καταβάλλονται ελάχιστες δυνάμεις για την διατήρηση της πορείας, η κατανάλωση καυσίμου για την διατήρηση της πορείας επηρεάζεται ανάλογα προσδίδοντας μεγαλύτερη απόδοση στο σύστημα. Η συγκεκριμένη εφαρμογή μελετάται ξεχωριστά για κάθε πλοίο και τα ποσοστά εξοικονόμησης καυσίμου είναι εξατομικευμένα επηρεαζόμενα από το είδους του πλοίου το οποίο μελετάται και το λειτουργικό του προφίλ.



Εικόνα 3-5: Σύστημα Energopac by Wartsila (Πηγή Νο. 35)

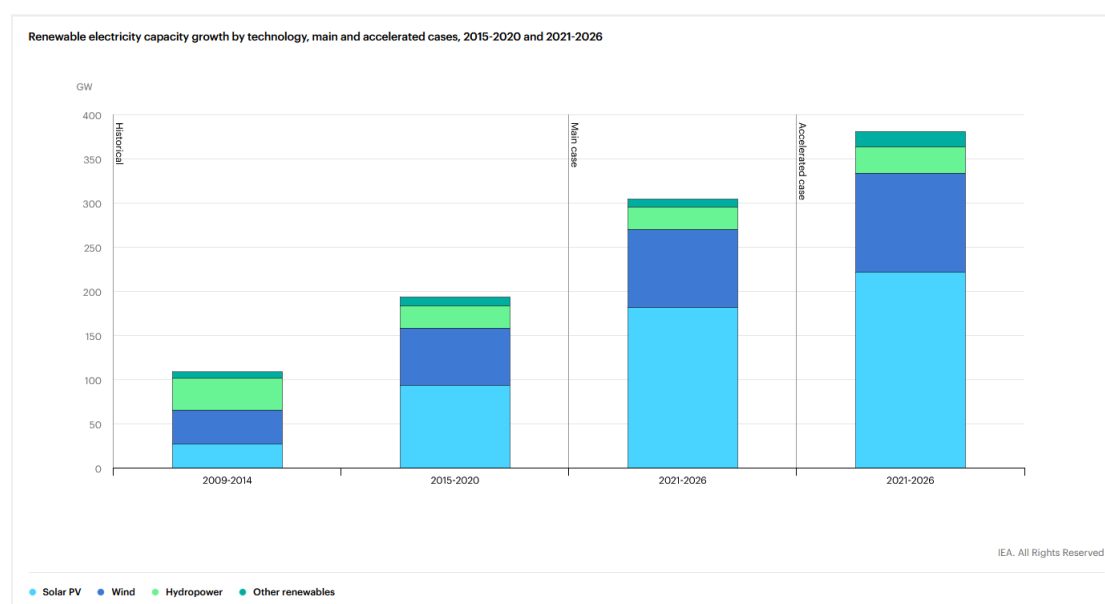
Από εφαρμογές που έχουν πραγματοποιηθεί σε διαφορετικού είδους πλοία με συγκεκριμένες απαιτήσεις αποδείχθηκε ότι η εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί ποικίλει μεταξύ του 2% έως και 9%. Ανάλογα με τα ποσοστά αυτά, κινείται κι η μείωση των αέριων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα πετυχαίνοντας τον τελικό στόχο της εφαρμογής να συμβάλλει στην απανθρακοποίηση του εμπορικού στόλου.

Πέραν των τεχνολογικών τροποποιήσεων που μπορούν να εφαρμοστούν στον υπάρχοντα στόλο ή/ και στα νεότευκτα πλοία, ως λύση στη βελτίωση της απόδοσης της γάστρας παραμένει και μία κοινή πρακτική που εφαρμόζεται κατά κόρον ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Ο καθαρισμός της βρεχόμενης επιφάνειας της γάστρας και το γυάλισμα της προπέλας μέσω ομάδων δυτών και κατάλληλου εξοπλισμού μετά από εκτεταμένες περιόδους παραμονής του πλοίου σε αγκυροβόλια είναι μία κίνηση στην οποία οι πλοιοκτήτριες εταιρείες προβαίνουν συχνά. Η βιολογική ρύπανση όπως ήδη αναλύθηκε μπορεί να αναπτυχθεί με ταχύτατους ρυθμούς επηρεάζοντας τα ποσοστά της αντίστασης κατά την πλεύση κι αυξάνοντας την κατανάλωση. Καθώς τέτοιες αυξήσεις δεν είναι επιθυμητές ούτε από εμπορικής ούτε από περιβαλλοντικής απόψεως, ο καθαρισμός της γάστρας συμβάλλει θετικά στην συνολική επίδοση αλλά και στην μείωση του αποτυπώματος άνθρακα του πλοίου παρά το γεγονός ότι θεωρείται προσωρινή λύση για σχετικά μικρό χρονικό διάστημα.

3.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Η χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας βασίζεται στο γεγονός ότι υπάρχει δυνατότητα εκμετάλλευσης των διαδικασιών που υπάρχουν στη φύση και μετατροπής της ενέργειας που μεταφέρουν σε μία άλλη μορφή, εκμεταλλεύσιμη από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Τέτοιου είδους διαδικασίες είναι η ακτινοβολία του ήλιου, ο άνεμος, η κυκλοφορία του νερού και η γεωθερμία.

Ενώ ο άνθρακας και το πετρέλαιο απαιτούν μια σειρά από επεξεργασίες πριν διατεθούν προς κατανάλωση, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας υπάρχουν ελεύθερες στη φύση σε ανεξάντλητα αποθέματα. Καθώς η εξόρυξη, επεξεργασία και καύση του άνθρακα και του πετρελαίου είναι διαδικασίες ρυπογόνες, κατά την διάρκεια των οποίων απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα τεράστιες ποσότητες εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν καθαρότερη μορφή κι η εκμετάλλευσή τους ενεργειακά συμβάλλει στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Παρόλο που ήδη χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορες εφαρμογές, η συνάντηση COP – 26 της Γλασκόβης όρισε νέες, βελτιωμένες στρατηγικές που επιτρέπουν την ευημερία τους και την επέκταση της χρήσης τους καλύπτοντας μεγαλύτερες καταναλώσεις.



Διάγραμμα 3-2: Διαμόρφωση της αυξανόμενης χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ανά πενταετία (Πηγή International Energy Agency)

Καθώς η παγκόσμια βιομηχανία στρέφει το ενδιαφέρον της στην εκμετάλλευση της ενέργειας της φύσης για να καλύψει τον όγκο των καταναλώσεων που απαιτούνται συμβάλλοντας ταυτόχρονα στην μείωση των εκπομπών, η ναυτιλιακή κοινότητα δεν θα μπορούσε να μην είναι κομμάτι αυτού του συνόλου. Κατ' επέκταση, θετική είναι κι η αντιμετώπιση της αγοράς απέναντι στα τεχνολογικά συστήματα που διατίθενται και μπορούν να τοποθετηθούν στα πλοία, υπάρχοντα και νεότευκτα, συμβάλλοντας ενεργειακά στην

λειτουργία και πρόωση του πλοίου, χαμηλώνοντας τα επίπεδα κατανάλωσης του καυσίμου. Στο επίκεντρο των εξελίξεων βρίσκονται η αιολική κι η ηλιακή ενέργεια.

Με μελέτη που πραγματοποιήθηκε βάσει ιστορικών στοιχείων από 106 μετεωρολογικούς χάρτες, οι οποίοι περιλαμβάνουν την πλειοψηφία ποντοπόρων ταξιδιών, αποδείχθηκε ότι υπάρχει σταθερή πιθανότητα της τάξεως του 56% να υπάρξει ένταση ανέμου 3 – 6 της κλίμακας Beaufort στις περιοχές αυτές. Πιο συγκεκριμένα, αυτό σημαίνει ότι οι πλόες συνοδεύονται από παρουσία ανέμου σε πολλές περιπτώσεις. Συνεπώς, η άφθονη αιολική ενέργεια μπορεί να γίνει εκμεταλλεύσιμη από τον άνθρωπο και να συμβάλει στην πρόωση του πλοίου.

Η βοηθητική πρόωση από τον άνεμο μπορεί να επιτευχθεί με την παρουσία ιστιών, τα οποία είναι μηχανικά και δεν σχετίζονται με τα άλλοτε παραδοσιακά των κλασικών ιστιοφόρων. Υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης τους στα καταστρώματα των υπαρχόντων πλοίων με τις σχετικές τροποποιήσεις, χωρίς να επηρεάζουν την ορατότητα ή/ και την ασφαλή πλοήγηση. Καθώς διαθέτουν αεροδυναμική σχεδίαση ενισχύουν την αποδιδόμενη δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας και συμβάλλουν στην απαιτούμενη ισχύ για την πρόωση του πλοίου μειώνοντας αισθητά την κατανάλωση της κύριας μηχανής και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αντίστοιχα. Από έρευνα που έχει επιτελεσθεί σε ένα oil tanker, κατηγορίας Aframax, το οποίο διέθετε τρία μηχανικά ιστία, αποδείχθηκε ότι η ισχύς που αποδόθηκε από την κατάσταση του ανέμου (καλές συνθήκες πλευρικού ανέμου μέχρι εντάσεως 5 της κλίμακας Beaufort) ήταν ίση με το 24% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος πρόωσης. Το ίδιο ποσοστό αντιστοιχεί και στην μείωση της κατανάλωσης καυσίμου αλλά και τον εκπομπών αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Κάποια από τεχνολογικά συστήματα τα οποία έχουν αναπτυχθεί ως τώρα είναι οι περιστρεφόμενοι ρότορες, τα ιστία – πτέρυγες, οι ιπτάμενοι αετοί και τα ιστία – πτέρυγες αναρρόφησης.



Εικόνα 3-6: Περιστρεφόμενοι Ρότορες (Πηγή Google)



Εικόνα 3-7: 3D μοντέλο πλοίου με ιστία – πτέρυγες (Πηγή Google)



Εικόνα 3-8: Oil tanker, τύπου VLCC με ιστία - πτέρυγες αναρρόφησης (Πηγή Google)



Εικόνα 3-9: Πανιά τύπου χαρταετού (Skysails) (Πηγή Google)

Παρά το εντυπωσιακό και το αξιοσημείωτο της τεχνολογίας αυτής μέσα από την οποία αναβιώνει κι η παραδοσιακή ναυπηγική επιστήμη, υπάρχει μεγάλη ανησυχία της επιστημονικής κοινότητας ως προς τον τρόπο με τον οποίο μία τέτοιου είδους εγκατάσταση επηρεάζει την ευστάθεια, την ασφαλή ναυσιπλοΐα όπως επίσης και την ελκτική του ικανότητα ενός υπάρχοντος πλοίου. Παρόλα αυτά είναι αποδεδειγμένο ότι η χρήση μηχανικών ιστιών επιδρά θετικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα του πλοίου, δηλαδή οι δείκτες EEDI και EEXI βελτιώνονται. Καθώς η δέσμευση του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού για μείωση των εκπομπών από τα πλοία παραμένει αμείλικτη, η ερευνητική κοινότητα έχει ήδη ξεκινήσει την ανάπτυξη μεθόδων και προτάσεων για την μελέτη της συμπεριφοράς και της αποδοτικότητας των πλοίων με αιολική υποβοήθηση είτε αυτό αφορά υπάρχον ή νεότευκτο πλοίο.

Εν συνεχεία, εκτός από την αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια εισέρχεται επίσης στην υπηρεσία της ναυτιλίας. Μετά από πολυετείς έρευνες, είναι πλέον δεδομένο ότι υπάρχει δυνατότητα εκμετάλλευσης της ενέργειας που προέρχεται από την Ήλιο στα πλοία μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων, μέσω δηλαδή διατάξεων οι οποίες μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Η ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται, αποθηκεύεται προκειμένου να αξιοποιηθεί τροφοδοτώντας το ηλεκτρικό σύστημα πρόωσης του πλοίου ή άλλα βοηθητικά συστήματα.

Όμως, μία τέτοιου είδους εγκατάσταση δεν αντιμετωπίζεται όπως μία αντίστοιχη της στεριάς παρά το γεγονός ότι όλη η τεχνολογία κι η τεχνογνωσία είναι διαθέσιμη να αξιοποιηθεί και στην ναυτιλία. Ο κύριος ανασταλτικός παράγοντας είναι ο χωροταξικός, η έλλειψη δηλαδή επαρκούς επιφάνειας ώστε να τοποθετηθούν στο κατάστρωμα οι επίπεδες πλάκες (panels) κι η έλλειψη χώρου για τα συστήματα αποθήκευσης της ενέργειας που παράγεται καθώς η ηλιακή ενέργεια προσφέρεται διακοπτόμενα ανά 24ωρο.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν μία επιπλέον, βοηθητική παροχή ενέργειας στα πλοία καθώς το ενδεχόμενο τα συστήματα πρόωσης να τροφοδοτούνται αποκλειστικά από τέτοιου είδους τεχνολογίες απαιτεί επιπλέον έρευνα και τεχνολογική ανάπτυξη. Παρόλα αυτά, οι ηλιακοί συλλέκτες που εγκαθίστανται στο κατάστρωμα μπορούν να ενισχύσουν την εξοικονόμηση καυσίμου ανάλογα με τον διαθέσιμο χώρο σε αυτό. Για oil tankers, ανάλογα τον τύπο, δύναται να υπάρξει εξοικονόμηση μέχρι και 3,5% από την συνολική κατανάλωση. Κατ' επέκταση, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα μειώνονται σε αντίστοιχο ποσοστό.



Εικόνα 3-10: Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος σε πλοίο general cargo/ container carrier (Πηγή No. 45)

Η ενέργεια που μεταφέρεται μέσω των θαλάσσιων κυματισμών καθίσταται ως μία ακόμη επιλογή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας για την βοηθητική πρόωση των πλοίων. Παρόλα αυτά, επί του παρόντος δεν υπάρχει δυνατότητα να εφαρμοστεί ένα αντίστοιχο σύστημα όπως αυτά που σχετίζονται με την ηλιακή και την αιολική ενέργεια. Για την εφαρμογή της κυματικής ενέργειας έχει κριθεί απαραίτητο ένα ολοκληρωτικά καινούργιο πλοίο, από άποψη σχεδιαστική, κάτι το οποίο δεν είναι ακόμη εφικτό. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψιν την αναγκαιότητα άμεσης μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον υπάρχοντα στόλο, η σχεδίαση και ναυπήγηση νέων πλοίων με εντελώς διαφορετική σχεδίαση δεν μπορεί να συνεισφέρει στις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ναυτιλία για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

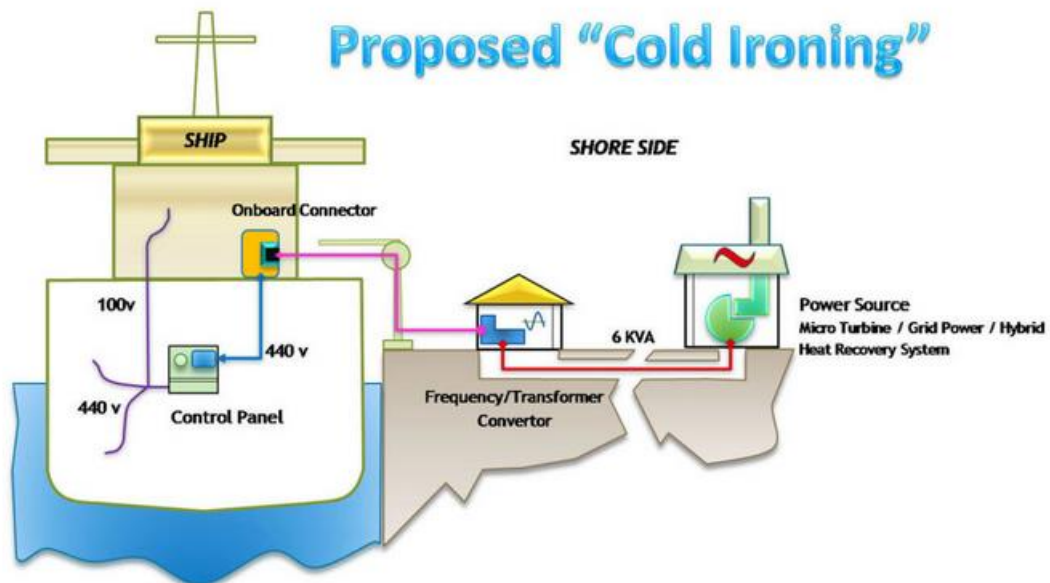
3.4 Παράκτια Ηλεκτρική Ενέργεια

Η πορεία της ναυτιλίας προς την απανθρακοποίηση επικεντρώνει το ενδιαφέρον της στον πιο βιώσιμο τρόπο με τον οποίο τα πλοία θα γίνουν πιο αποδοτικά ενεργειακά μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου και τις αέριες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Μιλώντας για την εμπορική ναυτιλία και για ποντοπόρα ταξίδια, είναι λογικό ότι το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην εν πλω κατάσταση εφόσον η κατανάλωση καυσίμου είναι 24ωρη.

Παρόλα αυτά, καθοριστικό παράγοντα στο πως διαμορφώνονται οι ετήσιες ποσότητες εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ανά πλοίο κατέχει και η κατάσταση παραμονής του πλοίου σε λιμάνι ή/ και αγκυροβόλιο. Κατά τη διάρκεια αυτής της παραμονής, παρόλο που το πλοίο δεν κινείται, η λειτουργία των ηλεκτρογεννητριών ανά ζεύγη παραμένει ενεργή για την επίτευξη των απαιτούμενων ηλεκτρικών φορτίων στην συνεχόμενη λειτουργία συγκεκριμένων μηχανημάτων. Σύμφωνα με τον ηλεκτρικό ισολογισμό του κάθε πλοίου, όπως η εν πλω κατάσταση έτσι κι αυτή της παραμονής σε λιμάνι αντίστοιχα, απαιτεί την συνεχή, ηλεκτρική τροφοδοσία συστημάτων όπως η ψύξη, η θέρμανση, ο φωτισμός, ο εξοπλισμός έκτακτης ανάγκης και τα μέσα χειρισμού φορτίου για την φόρτωση/ εκφόρτωση του πλοίου. Είναι αυτονόητο ότι η λειτουργία αυτή προϋποθέτει την κατανάλωση καυσίμου η οποία προσμετρείται στην συνολική ετήσια κατανάλωση από την οποία προκύπτουν οι ανάλογες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Στα πλαίσια της γενικότερης προσπάθειας της ναυτιλιακής κοινότητας να μειώσει με κάθε πιθανό τρόπο τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, εισάγεται μία καινοτομία που εμπιρεύει και την συμμετοχή της στεριάς, δηλαδή των λιμένων, στην διαδικασία αυτή. Έτσι, υιοθετήθηκε η παράκτια ηλεκτρική ενέργεια (Cold Ironing) η οποία αφορά μία διαδικασία μέσω της οποίας το πλοίο, φτάνοντας στο λιμάνι προκειμένου να ξεκινήσει την φορτοεκφόρτωση κι αφού ολοκληρωθεί ο ελλιμενισμός, παύει την λειτουργία της κύριας μηχανής και των ηλεκτρογεννητριών και συνδέεται σε παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από τη στεριά. Πρόκειται για ένα τεχνολογικό σύστημα το οποίο αδιαμφισβήτητα συμβάλλει στην μείωση των αέριων εκπομπών στην ατμόσφαιρα όμως, η εφαρμογή του έως σήμερα δεν είναι βιώσιμη για κάθε πλοίο ούτε σε κάθε λιμάνι καθώς απαιτεί συγκεκριμένες, τεχνικές προϋποθέσεις κι από τις δύο πλευρές για να επιτευχθεί.

Είναι απαραίτητο να υπάρχουν ηλεκτρικές υποδομές στα πλοία είτε ως μετασκευές είτε ως προ υπάρχουσες κατασκευές στα νεότευκτα πλοία αλλά και στα λιμάνια προκειμένου να εξασφαλισθεί η απαραίτητη τροφοδοσία με ασφαλές τρόπο για όλο το προσωπικό το οποίο εμπλέκεται στη διαδικασία αυτή. Ο κατάλληλος εξοπλισμός κι η ασφάλεια είναι οι καθοριστικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την εφαρμογή. Παρόλα αυτά, τα οφέλη της ως προς την μείωση των εκπομπών είναι πολύ αποδοτικά. Από μελέτη που πραγματοποιήθηκε για ένα κρουαζιερόπλοιο με διάρκεια παραμονής σε λιμάνι για 10 ώρες και χρήση παράκτιας ηλεκτρικής ενέργειας, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα μειώθηκαν κατά 20 τόνους. Αντίστοιχες μειώσεις μπορούν να επιτευχθούν και στα εμπορικά πλοία βάσει των ανάλογων φορτίων που καταναλώνουν.



Εικόνα 3-11: Διαγραμματική αναπαράσταση παροχής παράκτιας ηλεκτρικής ενέργειας (Πηγή Wikipedia)

Παράλληλα, ενώ υπάρχει συνεχές ενδιαφέρον γύρω από την συγκεκριμένη εγκατάσταση, υπάρχουν κι ορισμένα εμπόδια που ξεπροβάλλουν στην πορεία προς την ολοκλήρωση της διαδικασίας. Οι κυριότερες ενστάσεις συνδέονται με την έλλειψη νομοθεσίας και τυποποίησης, παραγόντων ζωτικής σημασίας για την διασφάλιση της ανθρώπινης ζωής και σωστής λειτουργίας. Δευτερευόντως, κοστολογικοί παράγοντες επηρεάζουν τέτοιου είδους εγχειρήματα καθώς οι ηλεκτρικές υποδομές ενός λιμένα είναι πολύ ακριβότερες από αυτές σε μία ενδοχώρα ενώ ταυτόχρονα υπάρχει μεγάλο εύρος ηλεκτρικής ισχύος που πρέπει να καλυφθεί ώστε να εξυπηρετεί τα διάφορα είδη πλοίων, κάτι που επίσης αυξάνει το κόστος. Παρόλα αυτά, το οικονομικό ζήτημα είναι κάτι που αντιμετωπίζεται αν υπάρχει δυνατότητα παροχής κινήτρων μέσω επενδύσεων.

Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν ανασταλτικοί παράγοντες όπως αυτοί που ήδη αναφέρθηκαν εμποδίζοντας την ολοκληρωτική εφαρμογή της μεθόδου σε όλα τα λιμάνια της υφηλίου, πολύ μεγάλα λιμάνια όπως αυτά του Los Angeles, του Long Beach (California), του Seattle, της Αμβέρσας αλλά και λιμάνια σαν αυτό της Κυλλήνης έχουν ήδη εφαρμόσει τη μέθοδο. Ειδικά, το τελευταίο αποτελεί σημαντικό ορόσημο για την ανάπτυξη της Μεσογείου με αυτή την εγκατάσταση εν λειτουργία.

Η μέθοδος της παράκτιας ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργεί αμφίδρομα, δηλαδή η απαίτηση των ανάλογων εγκαταστάσεων πρέπει να υφίσταται και για τη στεριά και για το πλοίο. Όσον αφορά το πλοίο, έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες όπως αυτή του SAMCon από τη Wartsila, ενός εμπορευματοκιβωτίου το οποίο εγκαθίσταται σε κατάλληλη θέση πάνω στο πλοίο και συνδέει την παροχή του με αυτή της στεριάς. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, χρησιμοποιούνται εμπορευματοκιβώτια μεγέθους FEU – Forty/feet Equivalent Unit, τα οποία μονώνονται και διαμορφώνονται με αντίστοιχες υποδοχές ώστε να ταιριάζουν τα εξαρτήματα του συστήματος. Τα βασικά κομμάτια από τα οποία αποτελείται είναι τα καλώδια μέση τάσης σε καρούλια με κιβώτιο ελέγχου κι ο πίνακας μέσης τάσης ενώ ανάλογα

με τις προδιαγραφές του πελάτη μπορεί να περιλαμβάνεται κι ένα δεύτερο καλώδιο ή ένας μετασχηματιστής για τη σύνδεση με το πλοίο. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο να μεταφέρει ισχύ της τάξης των 7,2 MVA στα 6000 Volts.

Οι ενδείξεις φαίνεται να είναι αισιόδοξες ως προς την επέκταση εφαρμογής του συστήματος και σε άλλα σημεία του κόσμου καθώς η αγορά αναβαθμίζεται κι όλα και περισσότερα λιμάνια στην Σκανδιναβία, στην Ευρώπη, στον Καναδά αλλά και στην Ασία ξεκινούν να παρέχουν παράκτια ισχύ για διάφορους τύπους πλοίων. Το γεγονός αυτό ενθαρρύνει την προοπτική ο ναυτιλιακός κλάδος να μειώσει περαιτέρω τις αέριες εκπομπές από τα πλοία βελτιώνοντας σημαντικά την γενικότερη εικόνα ως προς το αποτύπωμά του σε άνθρακα στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 3-12: Εγκατάσταση SAMCon σε πλοίο εμπορευματοκιβωτίων (Πηγή No. 31)

4 Μηχανή – Engine

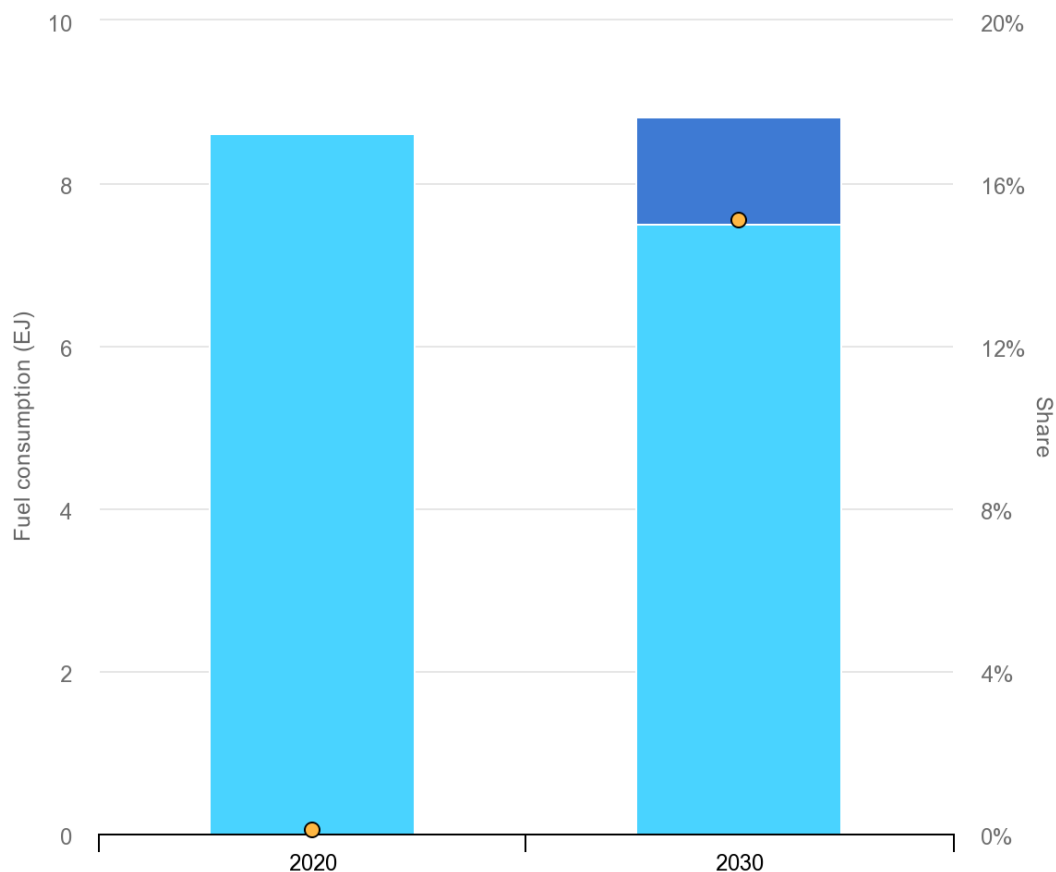
Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της εποχής μας είναι η εύρεση κι εφαρμογή βέλτιστων τεχνολογιών με σκοπό την μείωση των εκπομπών άνθρακα από την ναυτιλία. Ακολουθώντας την Συμφωνία του Παρισιού, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός έχει θέσει μεγαλεπήβολους στόχους για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου από τον ναυτιλιακό κλάδο. Στα πλαίσια της εκστρατείας αυτής, η μείωση των εκπομπών άνθρακα από τα πλοία είναι αδιαπραγμάτευτη διαδικασία στην οποία καλούνται όλοι να συμμετάσχουν και να αναλάβουν δράση.

4.1 Καύσιμα

Μία από τις σημαντικότερες αποφάσεις των πλοιοκτητριών εταιρειών που επηρεάζει τα ποσοστά εκπομπών άνθρακα από την ναυτιλία είναι η επιλογή του κατάλληλου καυσίμου. Στις μέρες μας, ως κατάλληλο καύσιμο νοείται το καύσιμο εκείνο που συμβάλλει στη μείωση των ποσοτήτων εκπομπών στην ατμόσφαιρα από τη διαδικασία της καύσης και η χρήση του βρίσκεται σε αρμονία με τις διεθνείς προδιαγραφές. Καθώς είναι πολύ δύσκολο ένα μόνο καύσιμο να χαρακτηριστεί ως κατάλληλο παραγκωνίζοντας όλα τα υπόλοιπα, οι εταιρείες βρίσκονται στην θέση να επιλέξουν ανάμεσα σε διαφορετικά είδη.

Εν όψει των αυστηρότερων κανονισμών που θα υπεισέρχονται σταδιακά τις επόμενες δεκαετίες, το ορυκτό υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG – Liquefied Neutral Gas) φαίνεται ότι κατέχει το προβάδισμα συγκριτικά με τα υπόλοιπα εναλλακτικά καύσιμα που υπάρχουν στην αγορά. Παρόλα αυτά, το εύρος επιλογών συμπεριλαμβάνει και ορυκτά καύσιμα χαμηλού θείου όπως αυτά που χρησιμοποιούνται ήδη από τις αρχές του 2020 αλλά και βιοαιθανόλη, αμμωνία και υδρογόνο που αναμένεται να αναχθούν σε μία ελπιδοφόρα λύση τις επόμενες δεκαετίες. Ουσιαστικά, πρόκειται για μια ενεργειακή μετάβαση ολόκληρου του κλάδου η οποία είναι ήδη σε εφαρμογή με τα εναλλακτικά καύσιμα να κερδίζουν συνεχώς έδαφος ως προς τα συμβατικά την τελευταία διετία.

Σύμφωνα και με το Διεθνές Πρακτορείο Ενέργειας (IEA – International Energy Agency), η ανάγκη για καύσιμα μηδενικού άνθρακα είναι ζωτικής σημασίας για την απανθρακοποίηση της ναυτιλίας. Πρακτικά παρόλα αυτά, κανένα καύσιμο χαμηλού άνθρακα δεν χρησιμοποιείται ευρέως στην ναυτιλία σήμερα καθώς τα βιοκαύσιμα είναι η μόνη μη-ορυκτή επιλογή που υπάρχει εν ενεργεία όμως, αποτελεί το 0,1% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Σύμφωνα με το ισχύον πολιτικό πλαίσιο, προβλέπεται ότι ως το 2030, τα καύσιμα χαμηλών και μηδενικών εκπομπών άνθρακα θα αποτελούν μόλις το 2% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης ενώ θα αγγίξουν το 5% ως το 2050. Παρόλα αυτά, το σενάριο μηδενικών εκπομπών προβλέπει ότι είναι επιτακτική ανάγκη να επιτευχθούν ποσοστό της τάξης του 15% και 83% για το 2030 και 2050 αντίστοιχα.



Εικόνα 4-1: Χρήση καυσίμων χαμηλής και μηδενικής περιεκτικότητας άνθρακα τα έτη 2020 και 2030. (Πηγή International Energy Agency)

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το φυσικό αέριο βρίσκεται στο επίκεντρο της προσοχής όσον αφορά την απανθρακοποίηση της ναυτιλίας μέσω της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων. Πρόκειται για ένα καύσιμο το οποίο χαρακτηρίζεται από υψηλά διαθέσιμα αποθέματα στη φύση, χαμηλή τιμή, ασφαλή λειτουργία και χαμηλά επίπεδα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά την καύση του συγκριτικά με το πετρέλαιο.

Βάσει των παραπάνω πλεονεκτημάτων, μπορεί να συνεισφέρει μελλοντικά σε ποσοστό μείωσης 25% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα χωρίς να επηρεάσει την αποδοτικότητα των πλοίων ενώ αν συνδυαστεί με καύση σε μηχανής εξελιγμένης τεχνολογίας μπορεί να μειώσει την ένταση άνθρακα στην ατμόσφαιρα κατά 40% έως το 2030. Επί του παρόντος, με τα υπάρχοντα καύσιμα και τις τεχνολογίες που βρίσκονται στην αγορά, μία αντίστοιχη μείωση δεν είναι εφικτή οπότε το φυσικό αέριο φαίνεται να είναι το μοναδικό βιώσιμο καύσιμο που θα μπορέσει να ανταπεξέλθει στις όλο κι αυστηρότερες απαιτήσεις των κανονισμών στο προσεχές μέλλον.

Οδεύοντας στην καινούργια εποχή χωρίς άνθρακα, είναι αναγκαία η εύρεση επιπλέον ειδών καυσίμων που θα μπορούν να τεθούν σε εφαρμογή για την πρόωση των πλοίων. Έτσι, υπό εντατικές έρευνες, η παγκόσμια κοινότητα εξετάζει το ενδεχόμενο τεσσάρων εναλλακτικών καυσίμων ανάμεσα στα οποία οι πλοιοκτήτριες εταιρείες μπορούν να επενδύσουν για χρήση

στα πλοία τους. Είναι πλέον κοινώς αποδεκτό ότι το πετρέλαιο θα αντικατασταθεί από πολλαπλά καύσιμα όπως το υδρογόνο, η αμμωνία, η μεθανόλη και τα βιοκαύσιμα. Καθώς όλα βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο εξέλιξης υπάρχουν μόνο κάποια γενικά συμπεράσματα γύρω από αυτά.

Τα βιοκαύσιμα αποτελούν αυτή την στιγμή την επικρατέστερη λύση εναλλακτικού καυσίμου καθώς θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από το 30% περίπου του παγκόσμιου στόλου, κυρίως σε bulk carriers και container ships. Πρόκειται για ανανεώσιμα καύσιμα παραγόμενα από βιομάζα με πρωτογενή ύλη τα φυτικά έλαια. Θεωρούνται ανθρακικά ουδέτερα καθώς το ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται κατά την καύση τους έχει ήδη απορροφηθεί σε προγενέστερο στάδιο, κατά την καλλιέργεια τους. Επίσης, υπό προϋποθέσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας χωρίς τροποποιήσεις στις υπάρχουσες μηχανές των πλοίων ενώ οι πρώτες δοκιμές έχουν ήδη ξεκινήσει από τις αρχές του 2020.

Η αμμωνία αποτελεί μία ακόμη επιλογή υπό μελέτη η οποία όμως, παρουσιάζει πολλά μελανά σημεία προς το παρόν. Παρά το γεγονός ότι είναι διαθέσιμη σε επαρκή αποθέματα, ο τρόπος ανεφοδιασμού μέσω κατάλληλων εγκαταστάσεων και η κατανάλωση μέσω ειδικά σχεδιασμένων μηχανών στα πλοία, οι τοξικοί ατμοί που εκπέμπονται κατά την αποθήκευση της και το ρυθμιστικό πλαίσιο αποτελούν σημεία τα οποία ακόμη προβληματίζουν την επιστημονική κοινότητα. Επιπλέον, η παραγωγή της γίνεται με μέθοδο που κατέχει αποτύπωμα άνθρακα στην ατμόσφαιρα, γεγονός που επηρεάζει την τάση για χρήση της ίδιας από τα πλοία.

Στο ίδιο βεληνεκές κινούνται και οι προοπτικές για τη χρήση της μεθανόλης και του υδρογόνου στα πλοία. Ως προς τη χρήση τους, υπάρχουν αμφιβολίες για την ασφάλεια αλλά και τη χαμηλή ενεργειακή τους πυκνότητα σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος αποθήκευσης και την μη διαθεσιμότητα σταθμών ανεφοδιασμού. Αυτομάτως καθίστανται μη κατάλληλα για την ποντοπόρο ναυτιλία λόγω των απαιτήσεων για μεγάλες ποσότητες καυσίμου κατά την διάρκεια των πλοίων. Παρόλα αυτά, οι μηχανές μεθανόλης διπλού καυσίμου είναι μια εφικτή επιλογή.

Πέραν των μελετών γύρω από τα εναλλακτικά καύσιμα, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός έχει ήδη θέσει σε εφαρμογή νέους κανόνες από την 1^η Ιανουαρίου 2020 για καύσιμα με περιορισμένο ποσοστό θείου από 3,5% σε 0,5%, στα πλαίσια της εκστρατείας για σταδιακή απανθρακοποίηση της ναυτιλίας ως το 2050.

Πρόκειται για μία νέα κατηγορία καυσίμων η οποία εμπεριέχει μεγάλο εύρος προϊόντων, διαθέσιμο σε πολλά σημεία του πλανήτη. Η βιομηχανία της διύλισης κατείχε τον πρωτεύοντα ρόλο στην διαδικασία αυτή καθώς πραγματοποίησε τη μελέτη και σχεδίαση για την νέα παραγωγή καυσίμων με συμβατή σύσταση για τις υπάρχουσες ναυτικές μηχανές. Η χρήση αυτών των καυσίμων παραμένει ενεργή στον κλάδο των θαλάσσιων μεταφορών αδιάκοπα μέχρι και σήμερα ενώ η εμπειρία της ναυτιλιακής κοινότητας ως προς τη σταθερότητα τους αυξάνεται σταδιακά με συνεχή χρήση, προφυλάξεις και δοκιμαστικές μεθόδους.

Παράλληλα, ανεξάρτητα από την επιστημονική έρευνα γύρω από τα εναλλακτικά καύσιμα, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψιν κι η αναγκαιότητα για τα αντίστοιχα τεχνολογικά συστήματα που θα στηρίξουν την πρόωση με καύσιμα, τα οποία είναι διαφορετικής φύσεως από αυτής του πετρελαίου. Παρά το γεγονός ότι η κεφαλαιουχική δαπάνη των πλοιοκτητριών εταιρειών ανέρχεται σε δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως για την σωστή ανταπόκριση τους στο νέο θεσμικό πλαίσιο, είναι δεδομένο ότι το καύσιμο είναι το σπουδαιότερο στοιχείο για τη λειτουργία της ναυτιλίας κι ο καθοριστικότερος παράγοντας στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

4.2 Τεχνολογικά Συστήματα Καύσης

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το καύσιμο είναι ο κυριότερος παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την ετήσια εικόνα των εκπομπών άνθρακα από τα πλοία. Στις μέρες μας, η αγορά διευρύνεται ενώ υπάρχουν διαφορετικά είδη καυσίμων στην αγορά από τα οποία οι πλοιοκτήτριες εταιρείες μπορούν να επιλέξουν βάσει των χαρακτηριστικών των ίδιων των καυσίμων σύμφωνα με τις ανάγκες και τις προδιαγραφές των πλοίων.

Παρόλα αυτά, πρόκειται για καύσιμα των οποίων οι χημικές συστάσεις είναι ευρέως γνωστές κι έχουν μελετηθεί. Το ίδιο όμως δεν ισχύει για την καύση τους και τα αποτελέσματα από τη διαδικασία αυτή. Εταιρείες – κολοσσοί στις ναυτικές μηχανές, όπως η MAN έχουν ήδη φέρει στην αγορά λύσεις που σχετίζονται με καύσιμα διάφορα των παραγώγων του πετρελαίου την τελευταία δεκαετία. Στην διάρκεια όλων αυτών των χρόνων έρευνας και δοκιμών, τα συστήματα καύσης των ναυτικών μηχανών έχουν υιοθετηθεί πολλές φορές για διαφορετικά καύσιμα όπως το φυσικό αέριο, το υγραέριο, το αιθάνιο ή η μεθανόλη. Η αμμωνία είναι το επόμενο στάδιο της εξέλιξης το οποίο πρόκειται να επιτευχθεί.

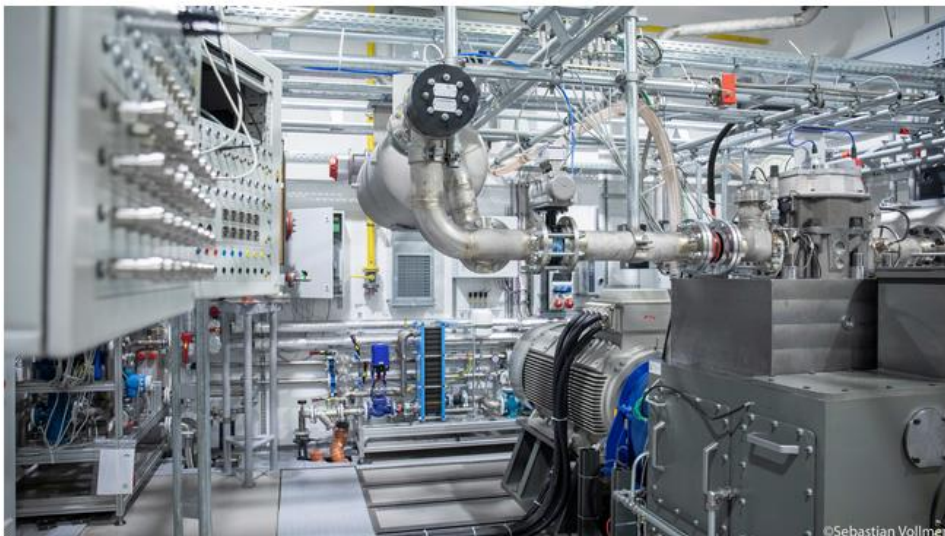
Ήδη από το 2011, έχουν παρουσιαστεί στην αγορά ναυτικές μηχανές διπλού καυσίμου. Πρόκειται για συστήματα καύσης τα οποία λειτουργούν με δύο ειδών καύσιμα, τελείως διαφορετικά μεταξύ τους, είτε φυσικό αέριο ή/ και πετρέλαιο. Η χρήση τους σε πλοία LNG έχει συμπληρώσει ήδη δύο εκατομμύρια ώρες λειτουργίας επιφέροντας έτσι μείωση κατά 24% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τα πλοία στην ατμόσφαιρα.

Οι διαδικασίες των ερευνών παραμένουν αδιάκοπες καθώς ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός ασκεί πιέσεις μέσω νέων κανονισμών για «πράσινη» ναυτιλία. Καθώς η αμμωνία αποτελεί ίσως την πιο αποδοτική λύση για δραστικά αποτελέσματα στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών άνθρακα, η MAN στοχεύει στην παρουσίαση δύο καινοτομιών στη βιομηχανία των τεχνολογικών συστημάτων καύσης. Ως το 2024, η ναυτική μηχανή καθαρής αμμωνίας θα είναι πλέον γεγονός ενώ την καινοτομία αυτή, θα ακολουθήσει ένα πακέτο ανακατασκευής για το ίδιο καύσιμο που όμως θα αφορά τις υπάρχουσες μηχανές των πλοίων. Συμπερασματικά, οι πλοιοκτήτριες εταιρείες καλούνται να εξετάσουν το ενδεχόμενο επιλογής της αμμωνίας για κάθε είδους πλοίο, είτε πρόκειται για υπάρχοντα είτε νεότευκτα.

Η μορφή κι όψη των νέων τεχνολογικών συστημάτων δεν διαφέρει σε καμία περίπτωση από την διάταξη η οποία είναι ευρέως γνωστή για τις μηχανές εσωτερικής καύσης στα πλοία. Όπως εξηγείται από τον ερευνητή Mikkel Kjul Ankerby, η βελτίωση των μηχανών καύσης ξεκίνησε σταδιακά. Πρώτο βήμα της μετάβασης ήταν το υπάρχον σύστημα έγχυσης καυσίμου να εξετασθεί υπό την χρήση αιθανίου, μεθανόλης και υγραερίου ως καύσιμο. Η μελέτη της συμπεριφοράς της μηχανής κατά την διάρκεια λειτουργίας της με εναλλακτικά καύσιμα έθεσε τις βάσεις για την επόμενη γενιά μηχανών εσωτερικής καύσης με κύριο καύσιμο την μεθανόλη και την αμμωνία. Έτσι, η νέα γενιά έχει ελεγχθεί κι επικυρωθεί πλέον ως βέλτιστη για τη χρήση αμμωνίας.

Γενικότερος στόχος στα πλαίσια της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων παραμένει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν με όσο τον δυνατόν λιγότερες τροποποιήσεις και προσθήκες. Παρά την προσπάθεια αυτή, όταν πρόκειται για κρίσιμα μέρη της μηχανής όπως τα μπεκ ψεκασμού, οι βαλβίδες εξαγωγής ή ακόμη και το σύστημα ελέγχου της μηχανής, χρειάζεται να τροποποιηθούν βάσει των χαρακτηριστικών και της γενικότερης συμπεριφοράς του καυσίμου. Η διαδικασία ελέγχου χωρίζεται σε δύο φάσεις, η πρώτη λαμβάνει χώρα στις εγκαταστάσεις δοκιμών κι η δεύτερη στους ερευνητικούς κινητήρες. Οι εγκαταστάσεις δοκιμών είναι συνήθως μονοκύλινδρες διατάξεις στις οποίες δοκιμάζεται ο νέος σχεδιασμός και βελτιστοποιείται περαιτέρω όπου κρίνεται απαραίτητο. Κατά την πρώτη φάση, ο σχεδιασμός δοκιμάζεται στα ανώτερα όρια αντοχής έτσι ώστε, περνώντας στον επόμενο στάδιο, τέτοιες μετρήσεις να αποφευχθούν στις εγκαταστάσεις δοκιμών για λόγους προστασίας κι ασφαλείας.

Μεταβαίνοντας στη δεύτερη φάση, η παρατήρηση της συμπεριφοράς του καυσίμου στον κινητήρα γίνεται σταδιακά, δηλαδή το εναλλακτικό καύσιμο χρησιμοποιείται στον ένα μόνο κύλινδρο ενώ οι υπόλοιποι λειτουργούν με πετρέλαιο καθώς με αυτόν τον τρόπο γίνεται ευκολότερος ο πειραματισμός με τον έναν κι ασφαλέστερος έλεγχος της διαδρομής του κινητήρα. Σε κάθε μία από τις δύο φάσεις, αυτό που οδηγεί τους ερευνητές στην επικύρωση της βελτίωσης είναι οι μετρήσεις καθώς θεωρούνται το πιο κρίσιμο κομμάτι για να ελεγχθεί η σωστή λειτουργία είτε πρόκειται για πειραματικές διατάξεις είτε για την τελική παραγωγή.



Εικόνα 4-2: Πειραματική διάταξη της MAN Energy Solutions (Πηγή Νο. 8)

Πρωτεύοντα ρόλο στην διαδικασία αυτή κατέχουν και οι ειδικοί σχεδιασμού οι οποίοι εξειδικεύονται στο λογισμικό και την απόδοση ενώ συνεχώς βελτιστοποιούν τις δοκιμαστικές ρυθμίσεις αλλά και τα συστήματα ελέγχου της μηχανής.

Με τη συνεχή βελτίωση των συστημάτων καύσης, όλο και περισσότερο προωθείται η τάση για χρήση εναλλακτικών διαλυμάτων ως καύσιμα όπως είναι το υδρογόνο, η αμμωνία και η μεθανόλη. Τα εναλλακτικά καύσιμα μπορεί να χαρακτηρίζονται είτε από μηδενικό άνθρακα είτε να είναι ανθρακικά ουδέτερα και καθώς ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός επιδιώκει

να εξοστρακίσει τα ορυκτά καύσιμα και να μειώσει συντριπτικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, η πορεία των ερευνών έχει στραφεί και στο ενδεχόμενο ανάπτυξης μίας μηχανής εσωτερικής καύσης με καθαρό υδρογόνο.

Παρόλο που η υλοποίηση του σεναρίου να προωθηθεί στην αγορά μία μηχανή εσωτερικής καύσης με κύριο καύσιμο το υδρογόνο απέχει αρκετά ως προς τον χρόνο από το σήμερα, η έρευνα για τέτοιου είδους συστήματα έχει ξεκινήσει πολλές δεκαετίες νωρίτερα, όταν δεν υπήρχε καμία απαίτηση για συστήματα τα οποία θα συνέβαλαν στην απανθρακοποίηση ενώ η καθαρή – «πράσινη» παραγωγή υδρογόνου δεν είχε ακόμη αναπτυχθεί.

Στις δεκαετίες που μεσολάβησαν μέχρι σήμερα, τα παραπάνω παύουν να αποτελούν δέσμευση πλέον καθώς η διεθνής ναυτιλιακή κοινότητα ασκεί τεράστιες πιέσεις για μείωση των αέριων ρύπων του θερμοκηπίου και η παραγωγή υδρογόνου με ηλεκτρολύτες διαδίδεται ευρύτερα με σχετικά γρήγορους ρυθμούς. Παρόλα αυτά, υπάρχει ένας βασικός προβληματισμός ο οποίος παραμένει και σχετίζεται με την φύση του καυσίμου αφού το υδρογόνο είναι ένα καύσιμο με πολύ χαμηλή πυκνότητα. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι χρειάζεται μεγάλες δεξαμενές καυσίμου για να αποθηκευτεί και να μπορεί να παρέχει σταθερή ποσότητα στη μηχανή ενώ ταυτόχρονα οι συνθήκες αποθήκευσης πρέπει να είναι είτε υπό πολύ υψηλή πίεση είτε υπό πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.



Εικόνα 4-3: Δεξαμενές εναλλακτικών καυσίμων για χρήση κατά τη διάρκεια ερευνών (Πηγή Νο. 8)

Οι συγκεκριμένες ιδιότητες του υδρογόνου επέφεραν την ανάγκη να στραφεί η έρευνα και σε άλλα εναλλακτικά καύσιμα όπως η μεθανόλη κι η αμμωνία για τα οποία υπάρχουν ήδη σχετικές τεχνολογίες για μηχανές εσωτερικής καύσης, έτοιμες να διατεθούν στην αγορά με εναλλακτικό καύσιμο. Για παράδειγμα, η πρώτη λύση τροποποίησης του συστήματος καύσης για χρήση μεθανόλης θα εξαχθεί στην αγορά το 2024. Παρά τα εμπόδια, οι ερευνητές θεωρούν το υδρογόνο ως μία πολλά υποσχόμενη λύση είτε για απευθείας καύση είτε ως χημική βάση για την δημιουργία άλλων εναλλακτικών καυσίμων.

Παρά τις συνεχόμενες εξελίξεις, υπάρχει ένα ερώτημα το οποίο παραμένει κι αφορά το ποια τεχνολογία είναι εκείνη η οποία θα θεωρηθεί «αποκάλυψη» τελικά και θα δώσει ολοκληρωτική λύση στο πρόβλημα. Το εντυπωσιακό είναι ότι η λύση θα είναι μία πληθώρα επιμέρους λύσεων οι οποίες συνδυαστικά συνεισφέρουν στην βελτίωση του προβλήματος. Ανάλογα με την εφαρμογή, καθοριστικός παράγοντας για το αν κάτι αποτελεί λύση στο πρόβλημα είναι η βιωσιμότητά του και η ικανότητα να βρίσκεται πάντοτε εναρμονισμένο με το διεθνές θεσμικό πλαίσιο.

Γενικότερα, δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι οι στόχοι είναι φιλόδοξοι και το χρονοδιάγραμμα χωρίς περιθώρια μεγάλης ευελιξίας καθώς οι καιροί απαιτούν άμεση δράση. Παρόλα αυτά, το πάθος του ανθρώπινου ερευνητικού δυναμικού για πρόοδο και συνεισφορά στην ενεργειακή μετάβαση του κλάδου είναι αμείωτο ενώ συνεχίζει τη διαδρομή προς την απανθρακοποίηση της ναυτιλίας.

5 Λειτουργία – Operation

Η ναυτιλιακή βιομηχανία διανύει μία ταχύτατα εξελισσόμενη εποχή σε επίπεδο ενεργειακό και τεχνολογικό, ταυτόχρονα. Συνδυαστικά με τη δέσμευση του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού για μείωση των συνολικών εκπομπών από τα πλοία κατά 70% μέχρι το 2050, οι πλοιοκτήτριες εταιρείες καλούνται να αντιμετωπίσουν τις έντονες επιδράσεις της πραγματικότητας στο κόστος και την κερδοφορία τους κατ' επέκταση. Καθώς πρόκειται για μία κατάσταση που όμοιά της δεν έχει υπάρξει έως τώρα, είναι επιτακτική η ανάγκη όχι μόνο για καινοτόμες λύσεις τεχνολογικά αλλά και λειτουργικά στο επίπεδο της καθημερινότητας.

Οι ναυλώσεις των πλοίων είναι ο παλμός της εμπορικής ναυτιλίας καθώς χωρίς την μεταφορά των φορτίων, η ίδια δεν υφίσταται. Η πιο απλή μορφή της διεθνούς αγοράς αποτελείται από τους ναυλωτές, οι οποίοι είναι οι κάτοχοι του φορτίου κι επιθυμούν να το μεταφέρουν κι από τις πλοιοκτήτριες εταιρείες, οι οποίες προσφέρουν το μέσο για να πραγματοποιηθεί η μεταφορά. Στην πάροδο των χρόνων και στην εξέλιξη του κλάδου, ο διεθνής ανταγωνισμός είναι τεράστιος καθώς τα διαθέσιμα πλοία στην αγορά βρίσκονται σε πληθώρα κι οι ναυλωτές βρίσκονται στην θέση να επιλέξουν αυτό που ταιριάζει καλύτερα στις ανάγκες και τα συμφέροντα τους. Στον αντίποδα, οι πλοιοκτήτριες εταιρείες παρουσιάζουν αμείωτο ενδιαφέρον να κάνουν τα πλοία τους ελκυστικά σε κολοσσούς του διεθνούς εμπορίου, στον ανάλογο κλάδο προκειμένου να αυξήσουν την κερδοφορία τους. Γνωρίζοντας το είδος του πλοίου που ταιριάζει στις ανάγκες του φορτίου και της χωρητικότητας, ανάμεσα σε πλοία που πληρούν και τα δύο αυτά κριτήρια, οι βασικότεροι παράμετροι που συμβάλλουν στην επίτευξη της συμφωνίας είναι ο βέλτιστος συνδυασμός ταχύτητας και κατανάλωσης ανά ημέρα.

5.1 Επίδοση

Η επίδοση του πλοίου, χαρακτηριζόμενη διεθνώς ως «performance», είναι ο καθοριστικότερος παράγοντας που καθιστά ένα πλοίο θελκτικό στην αγορά και κερδοφόρο στην εταιρεία που το διαχειρίζεται. Η τελική πληροφορία που προσεγγίζει τους ναυλωτές είναι η τιμή της βέλτιστης ταχύτητας σε καλό καιρό (κατάσταση θάλασσας έως ένταση ανέμου 4 της κλίμακας Beaufort, με ύψος κύματος 1,2 μέτρα, χωρίς ρεύματα) σε συνδυασμό με την αντίστοιχη κατανάλωση που μπορεί να επιτευχθεί για την κατηγορία πλοίου σε καταστάσεις φόρτωσης κερματισμού με μέγιστη κι οικονομική ταχύτητα αντίστοιχα.



Εικόνα 5-1: Παράγοντες που καθορίζουν το ναυλοσύμφωνο (Πηγή Google)

Παρόλα αυτά, η εικόνα του πλοίου ως προς την επίδοση δεν είναι μία στατική διαδικασία αλλά δυναμική. Οι πλοιοκτήτριες εταιρείες παρακολουθούν τη συμπεριφορά του πλοίου ως προς την κατανάλωση συναρτήσει πολλών και διαφορετικών παραγόντων όπως είναι ο καιρός, η κατάσταση φόρτωσης, η εμφάνιση της γάστρας ή/ και της προπέλας αλλά και η σχεδίαση του ίδιου του πλοίου και τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά. Η συνδυαστική καταγραφή των δεδομένων αυτών για μεγάλα χρονικά διαστήματα δημιουργεί σταδιακά μια μεγάλη βάση δεδομένων την οποία οι εταιρείες μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να εξάγουν συμπεράσματα και να προχωρήσουν σε βελτιστοποίηση της επίδοσης του πλοίου.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το καύσιμο είναι το σπουδαιότερο στοιχείο για τη λειτουργία της ναυτιλίας εφόσον η κατανάλωση επηρεάζει και την εμπορική του αξία. Η κατανάλωση όμως αποτελεί και καθοριστικό παράγοντα στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Καθώς το νομοθετικό πλαίσιο για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου κινείται σε αυστηρότερα όρια, το ενδιαφέρον των πλοιοκτητριών εταιρειών στρέφεται στον τρόπο με τον οποίο μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές έστω και σε μικρό ποσοστό καθημερινά βελτιώνοντας ταυτόχρονα και την εικόνα του πλοίου εμπορικά.

Έτσι, η αγορά δημιούργησε εργαλεία βέλτιστης διαχείρισης της επίδοσης των πλοίων για τις εταιρείες σε μορφή πακέτων δεδομένων που λειτουργούν μέσω ηλεκτρονικής πλατφόρμας. Πρακτικά, το πακέτο εγκαθίστανται σε δύο πλευρές, αυτή του πλοίου κι αυτή του γραφείου. Ο συνδυασμός των πληροφοριών που επιθυμεί η εταιρεία να λαμβάνει ανακτάται μέσω κατάλληλων αισθητήριων διατάξεων που εγκαθίστανται σε διάφορα σημεία και συστήματα του πλοίου ενώ υπάρχει και ζωντανή – ταυτόχρονη μεταφορά της πληροφορίας στη στεριά με τη μορφή δεδομένων κι εικόνων, δηλαδή διαγραμμάτων.

5.2 Βελτιστοποίηση ταξιδιού

Εκτός από την αξιολόγηση της πληροφορίας επιστημονικά, τα πακέτα δεδομένων διαθέτουν κι επιπλέον λειτουργίες που σχετίζονται άμεσα με την συμπεριφορά και την πορεία του πλοίου εν πλω. Βάσει του λιμένα φόρτωσης κι εκφόρτωσης αλλά και της τωρινής θέσης του πλοίου πριν ξεκινήσει την πορεία του, είναι εφικτό να γίνει βελτιστοποίηση του πλάνου ταξιδιού του πλοίου μέσω της πλατφόρμας λαμβάνοντας υπόψιν τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή εκείνη την περίοδο και την βέλτιστη πορεία που μπορεί να ακολουθήσει συνδυάζοντας την επιθυμητή ημερομηνία άφιξης με τις επιθυμητές στροφές αρά και κατανάλωση.

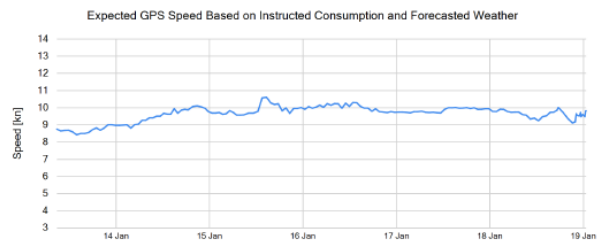
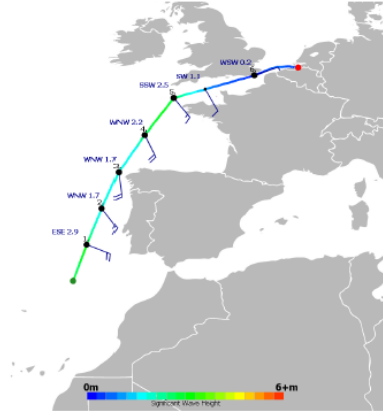


Εικόνα 5-2: Παράγοντες που επηρεάζουν την λειτουργική κι εμπορική αξία του πλοίου (Πηγή Google)

Εκ πρώτης όψευς, μπορεί μία προεπιλεγμένη διαδρομή να φαίνεται πολύ απλούστερη ως επιλογή παρόλο αυτά, η επιλογή μιας βελτιστοποιημένης πορείας μπορεί να οδηγήσει σε αποφυγή έντονης κατάστασης θάλασσας και καιρικών φαινομένων που επηρεάζουν τις καταναλώσεις προς τα υψηλά επίπεδα. Έτσι, οι πλοιοκτήτριες εταιρείες ή και οι ίδιοι οι ναυλωτές τις περισσότερες φορές αναθέτουν την βελτιστοποίηση του πλάνου ταξιδιού σε εταιρείες που εξειδικεύονται στον τομέα αυτό και βρίσκονται σε καθημερινή, απευθείας επικοινωνία με το πλοίο προκειμένου να ελέγχουν συνεχώς τη θέση και την πορεία του. Όπου κρίνεται απαραίτητο καλούνται να την τροποποιούν βάσει των καιρικών συνθηκών και των προβλέψεων διατηρώντας πάντοτε τις ρήτρες του ναυλοσυμφώνου ως προς την ταχύτητα και την κατανάλωση.

Σύμφωνα με την πρακτική καλύτερης διαχείρισης, ο απώτερος στόχος είναι το πλοίο να φτάσει στον προορισμό του έχοντας καταναλώσει την μικρότερη δυνατή ποσότητα καυσίμου. Το πλοίο λαμβάνει καθημερινά μια αναφορά η οποία εμπεριέχει όλη την απαραίτητη πληροφορία την οποία χρειάζεται ο καπετάνιος ώστε η επίδοση να είναι η καλύτερη δυνατή.

Current Position:	34[57.6]N / 013[10.9]W	Time of Current Position (UTC):	2022/01/13 07:46
Via:		Instructed Speed and Consumption from OPR:	10kn on 14.4mt
Destination:	ANTWERP	Est. Time of Arrival (UTC):	2022/01/19 00:41
Draft (Aft/Fore):	8 m / 5.4 m	Est. Remaining Distance in ECA Zones:	401 nm
Est. Remaining Distance:	1,322 nm	Max Significant Waves:	3m
Avg. Speed on Passage:	9.66 knots		
Max. Mean Wind Speed	23.0 knots		



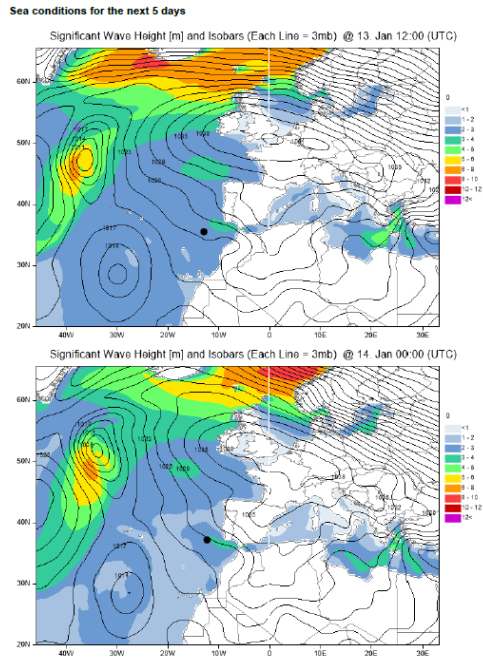
Εικόνα 5-3: Πλάνο ταξιδιού (Υλικό από Αρχείο)

Expected conditions next 48 hours

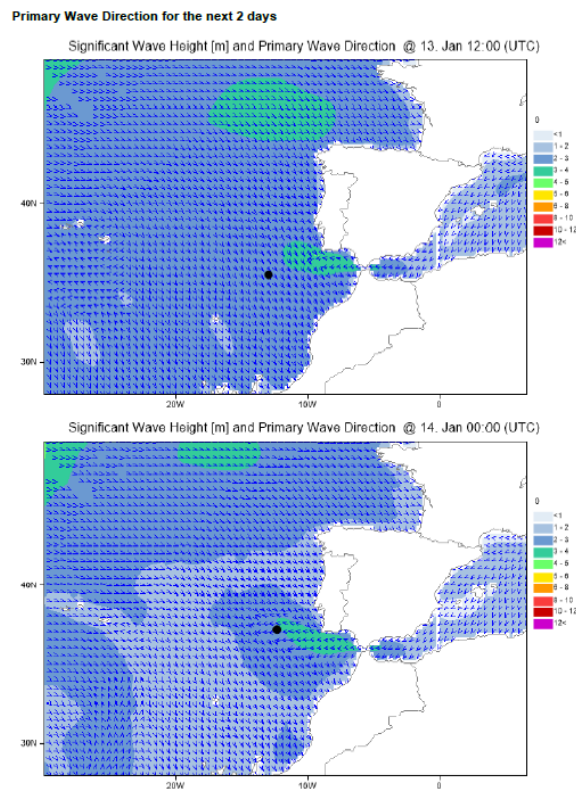
Date/Time (UTC)	Mean Wind		Primary Wave			Relative Ocean Current (kn)*
	Speed (kn)	Dir	Height (m)	Dir	Period (s)	
13/01 09:00	14.4	87	2.6	327	14.5	-0.15
13/01 12:00	12.6	71	2.5	327	14.3	-0.13
13/01 15:00	11.6	80	2.4	86	8.3	-0.31
13/01 18:00	12.6	121	2.5	86	8.7	-0.19
13/01 21:00	18.8	111	2.7	94	8.9	0.07
14/01 00:00	20.9	115	2.9	103	8.8	0.25
14/01 03:00	19.9	112	2.9	109	8.8	0.23
14/01 06:00	16.8	110	2.5	122	8.9	0.01
14/01 09:00	14.3	117	2.2	131	8.9	0.03
14/01 12:00	14.9	139	2	134	8.8	0.03
14/01 15:00	14.6	138	1.8	140	8.3	0.25
14/01 18:00	12	126	1.7	301	13.1	0.12
14/01 21:00	12.9	145	1.7	297	13	0.27
15/01 00:00	13.2	148	1.6	294	12.3	-0.1
15/01 03:00	13.9	160	1.7	292	12.4	-0.21
15/01 06:00	13.7	158	1.6	289	12.3	-0.13

*Negative value indicates adverse current.

Εικόνα 5-4: Πρόβλεψη καιρού για τις επόμενες 48 ώρες (Υλικό από Αρχείο)



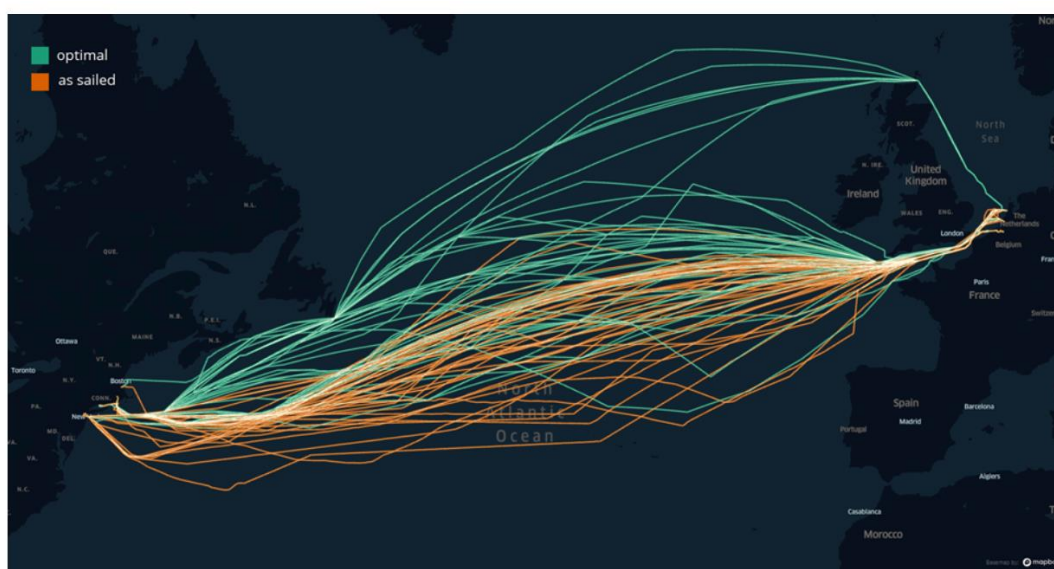
Εικόνα 5-5: Κατάσταση θάλασσας για τις επόμενες 5 ημέρες (Υλικό από Αρχείο)



Εικόνα 5-6: Κατεύθυνση κυματισμών για τις επόμενες 2 ημέρες (Υλικό από Αρχείο)

Η παραπάνω αναφορά επαναλαμβάνεται κι αποστέλλεται στο πλοίο καθημερινά προκειμένου να γίνει ανανέωση όσων δεδομένων διαφοροποιούνται από την μία μέρα στην επόμενη. Με αυτό τον τρόπο, η επίδοση του πλοίου είναι συνεχώς η βέλτιστη, πλήρως προσαρμοσμένη στις υπάρχουσες συνθήκες.

Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί με χρήση δεδομένων από μια συγκεκριμένη κατηγορία πλοίων σε χρονική διάρκεια ενός έτους αποδεικνύουν ότι με την χρήση βελτιστοποιημένου πλάνου ταξιδιού μπορεί να αποφευχθεί ο χρόνος παραμονής σε συνθήκες κακού καιρού κατά 9,8% οδηγώντας σε έως 15,9% χαμηλότερα κόστη σε καύσιμα. Καθώς στις μέρες μας η εξοικονόμηση καυσίμου μεταφράζεται αυτόματα και σε εξοικονόμηση αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα μειώνοντας το αποτύπωμα άνθρακα από τα πλοία, η βελτιστοποίηση του ταξιδιού είναι μία μέθοδος που βοηθά τις εταιρείες να πετύχουν την εναρμόνιση των πλοίων τους με τις κατευθυντήριες γραμμές των κανονισμών παραμένοντας ανταγωνιστικοί στην αγορά.



Εικόνα 5-7: Πραγματικά & βελτιστοποιημένα πλάνα ταξιδιού (Πηγή No. 22)

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και κάποιες ιδιαίτερες περιπτώσεις οι οποίες αναφέρονται ξεχωριστά και δεν επηρεάζουν την συνολική εικόνα της επίδοσης του πλοίου αρνητικά. Αυτές οι περιπτώσεις αντιστοιχούν σε πορεία ταξιδιού όπου απαιτείται από το πλοίο να διασχίσει περιοχές υψηλού κινδύνου (HRA – High Risk Areas), να καλύψει πολύ σύντομο ταξίδι μικρότερο των 48 ωρών οπότε η εικόνα του δεν είναι αντιπροσωπευτική, να διασχίσει περιοχές που χρίζουν ιδιαίτερης πλοήγησης ή περιοχές που το βάθος της θάλασσας δεν ξεπερνά τα 20 μέτρα και θεωρείται ρηχό, να εκτελέσει πλοήγηση σε πάγο, να διασχίσει κανάλι ή να διασχίσει περιοχές με περιορισμένη ορατότητα ή μεγάλη κίνηση από αλιευτικά.

6 Συμπεράσματα

Με την περάτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, γίνεται εύκολα κατανοητό το μέγεθος που έχει λάβει το φαινόμενο του θερμοκηπίου στις μέρες μας και πως η οποιαδήποτε όξυνσή του από τις ανθρώπινες δραστηριότητες απειλεί την ποιότητα ζωής στον πλανήτη. Καθώς το πρόβλημα είναι καθολικό, η ναυτιλιακή βιομηχανία έχει αναγνωρίσει την συνεισφορά της σε αυτό κι έχει δεσμευτεί με πολύ φιλόδοξους στόχους έως το 2050 για μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από τα πλοία.

Έτσι, η επιστημονική κι ερευνητική κοινότητα έχει κάνει τεράστια τεχνολογική πρόοδο σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα καθώς οι πιέσεις του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού για πιο «πράσινα» πλοία είναι μεγάλες και το χρονικό περιθώριο που διατίθεται σχετικά σύντομο.

Παρόλα αυτά, οι πλοιοκτήτριες εταιρείες είναι στην κατά τα άλλα ευχάριστη θέση να διαλέξουν ανάμεσα σε πολλές και διαφορετικές τεχνολογίες που σχετίζονται με τροποποιήσεις στη γάστρα, τη μηχανή και την λειτουργία του πλοίου, είτε μεμονωμένα είτε συνδυαστικά για τα πλοία τους. Καθώς πλέον δεν υπάρχει μόνο μία λύση απέναντι σε ένα πρόβλημα, οι τεχνολογικοί ορίζοντες κι η αγορά διευρύνονται.

Είναι αντιληπτό πλέον ότι η βιομηχανία αντιμετωπίζει μια ενεργειακή μετάβαση με την νομοθεσία να εστιάζει στη συμμόρφωση των πλοίων με αυστηρούς κανονισμούς οι οποίοι συνδέονται με τις ποσότητες εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Στη διάρκεια του χρόνου, τα όρια των εκπομπών αυτών ανά πλοίο οροθετούνται συνεχώς χαμηλότερα, πράγμα το οποίο καθιστά δυσκολότερη την εναρμόνιση ενός μέρους του παγκόσμιου στόλου με τους κανονισμούς. Απώτερος σκοπός αυτού είναι η ναυτιλία να γίνεται συνεχώς πιο «πράσινη» ενώ ταυτόχρονα να υπάρχει προοδευτική ανανέωση του στόλου.

Όμως, είναι αξιοσημείωτο το ότι οι οικονομικές δαπάνες για τις πλοιοκτήτριες εταιρείες είναι τεράστιες ανά έτος προκειμένου να καταφέρουν να κρατήσουν τα πλοία τους ενεργά και παρά το γεγονός ότι η κερδοφορία τους επηρεάζεται άμεσα από το νέο θεσμικό πλαίσιο, η θέληση κι η ανταπόκριση της παγκόσμιας κοινότητας απέναντι στο πρόβλημα είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την σταθερή πρόοδο.

Οποιαδήποτε κίνηση αποτελεί μια αντανάκλαση της προσπάθειας του ναυτιλιακού κόσμου απέναντι στην γενικότερη αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και της διάσωσης του πλανήτη. Πρόκειται κυρίως για ένα ζήτημα βαθιά ηθικό που προσπαθήσει να διαφυλάξει το μέλλον των επόμενων γενεών.

7 Βιβλιογραφία

1. -. (2015, 09 05). *e-Nautilia*. Ανάκτηση από Το Ελληνικό Portal για τη Ναυτιλία: <https://e-nautilia.gr/fainomeno-thermokiopiou/>
2. -. (2021, 09 2021). *NEWSROOM IEFIMERIDA.GR*. Ανάκτηση από <https://www.iefimerida.gr/green/aeria-toy-thermokiopioy-krati-klimatiko-problima>
3. Anner, N. (χ.χ.). <https://www.man-es.com>. Ανάκτηση από Making the maritime energy transition: https://www.man-es.com/discover/making-the-maritime-energy-transition?gclid=EAlaIQobChMIg5q2w8el9QIVetd3Ch32jgwWEAAYASAAEgK9I_D_BwE
4. Arabatzis, I. (2018, 04 16). <https://safety4sea.com>. Ανάκτηση από Opinions: <https://safety4sea.com/hull-coatings-technologies/>
5. Deloitte, S. . (2020). *Decarbonising Shipping - All hands on deck* . Shell International B.V.
6. Energy Press. (2021, 08 16). <https://energypress.gr>. Ανάκτηση από <https://energypress.gr/news/oi-niognomones-me-vlemma-sti-hrisi-viokaysimon-sti-naytilia>
7. Euro2day. (2021, 09 28). <https://www.euro2day.gr>. Ανάκτηση από Οικονομία: <https://www.euro2day.gr/news/economy/article/2098492/maritime-forecast-to-2050-pos-tha-prosarmostei-h-n.html>
8. Gathmann, M. (χ.χ.). <https://www.man-es.com>. Ανάκτηση από Designing the engines of the future: <https://www.man-es.com/discover/designing-the-engines-of-the-future>
9. HELMEPA. (χ.χ.). <https://www.helmepacadets.gr>. Ανάκτηση από <https://www.helmepacadets.gr/gr/sea-human/what-the-sea-offers/renewables>
10. IMO. (2009). GUIDELINES FOR VOLUNTARY USE OF THE SHIP ENERGY EFFICIENCY. *MEPC.1/Circ.684* (σ. 12). LONDON : IMO.
11. IMO. (2021). <https://www.imo.org>. Ανάκτηση από <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Cutting-GHG-emissions.aspx>
12. IMO. (2021, 06 17). <https://www.imo.org>. Ανάκτηση από <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/MEPC76.aspx>
13. IMO. (2021, 06). <https://www.imo.org>. Ανάκτηση από <https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC76meetingsummary.aspx>
14. IMO. (χ.χ.). <https://www.imo.org>. Ανάκτηση από <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>
15. IMO. (χ.χ.). <https://www.imo.org>. Ανάκτηση από <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Data-Collection-System.aspx>

16. Insider. (2019, 11 17). <https://www.insider.gr>. Ανάκτηση από <https://www.insider.gr/epiheiriseis/125336/diethneis-analytes-hronia-krisis-2020-gia-ton-klado-tis-diylisis>
17. International Energy Agency. (2020, 05). <https://www.iea.org>. Ανάκτηση από <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2020>
18. International Energy Agency . (2021, 10 21). <https://www.iea.org>. Ανάκτηση από <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/carbon-intensity-of-international-shipping-in-the-net-zero-scenario-2015-2030>
19. International Energy Agency . (2021). <https://www.iea.org>. Ανάκτηση από <https://www.iea.org/reports/renewables-2021/executive-summary>
20. International Energy Agency. (2021, 11). <https://www.iea.org>. Ανάκτηση από <https://www.iea.org/reports/international-shipping>
21. JOTUN. (-). <https://www.jotun.com/gr/gr>. Ανάκτηση από <https://www.jotun.com/gr/gr/b2b/paintsandcoatings/ships/Hull-Performance-Solutions>
22. Laaksonen, K. (2020, 11 04). <https://www.napa.fi>. Ανάκτηση από <https://www.napa.fi/voyage-planning-for-mr-tankers-achieving-average-15-9-emission-savings-with-better-routing/>
23. MEPC. (2011). RESOLUTION MEPC.203(62). (σ. 17). MEPC.
24. MEPC. (2011). RESOLUTION MEPC.207(62). (σ. 25). MEPC.
25. MEPC. (2016). RESOLUTION MEPC.278(70). (σ. 7). MEPC.
26. NAPA. (χ.χ.). <https://www.napa.fi>. Ανάκτηση από Software and Services : https://www.napa.fi/software-and-services/ship-operations/napa-fleet-intelligence/voyage-optimization/?utm_source=google_ads&utm_medium=search&utm_campaign=shipping&gclid=EAIaIQobChMIrv7v8bKg9QIV0gyLCh34GQKaEAAYAYAAEglv1fD_BwE
27. Ossi Mettälä, C. S. (2021, 09 15). <https://www.napa.fi>. Ανάκτηση από <https://www.napa.fi/the-basics-of-eexi-from-2023-all-existing-ships-must-meet-new-energy-efficiency-standards/>
28. Ossi Mettälä, C. S. (2021, 10 19). <https://www.napa.fi>. Ανάκτηση από <https://www.napa.fi/how-to-navigate-cii-what-it-is-and-how-you-can-stay-compliant/>
29. The Editorial Team. (2019, 04 17). <https://safety4sea.com>. Ανάκτηση από Energy Efficiency, Opinions: <https://safety4sea.com/cm-the-path-to-maximum-hull-efficiency/>
30. The Editorial Team. (2019, 03 19). <https://safety4sea.com>. Ανάκτηση από Green Shipping, Maritime Knowledge, Ports: <https://safety4sea.com/cm-cold-ironing-the-role-of-ports-in-reducing-shipping-emissions/>
31. WARTSILA. (2017, 11 28). <https://www.wartsila.com>. Ανάκτηση από Sustainability: <https://www.wartsila.com/insights/article/wartsila-engineers-offer-technical-solutions-for-cold-ironing>
32. WARTSILA. (χ.χ.). <https://www.wartsila.com>. Ανάκτηση από <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gears/energy-saving-technology/air-lubrication-system>

33. WARTSILA. (χ.χ.). <https://www.wartsila.com>. Ανάκτηση από <https://www.wartsila.com/services-catalogue/propulsion-services/energoprofin>
34. WARTSILA. (χ.χ.). <https://www.wartsila.com>. Ανάκτηση από <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gears/energy-saving-technology/gate-rudder-tm>
35. WARTSILA. (χ.χ.). <https://www.wartsila.com>. Ανάκτηση από <https://www.wartsila.com/marine/products/propulsors-and-gears/energy-saving-technology/energopac>
36. WESTPANDI. (2020, 08 11). <https://www.westpandi.com>. Ανάκτηση από News: <https://www.westpandi.com/publications/news/archive/hull-coatings-a-slippery-subject/>
37. Αγγελίδης, Ε. (2019). *Μελέτη και διερεύνηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών συμβατικών πλοίων και η εφαρμογή τους στην πρόωση μέσω υβριδικών συστημάτων*. Αθήνα: Διπλωματική Εργασία - ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ.
38. Κωνσταντίνος, Φ. (2021, 04). <https://www.isalos.net>. Ανάκτηση από <https://www.isalos.net/2021/05/aioliki-energeia-epomeno-vima-gia-ploia-midenikon-ekpompon/>
39. Λάμπρος, Κ. (2021, 11 01). <https://www.tovima.gr>. Ανάκτηση από <https://www.tovima.gr/2021/11/01/finance/naytilia-poio-kaysimo-tha-parei-ton-throno-tou-petrelaiou/>
40. Μουσελίμης, Μ. (2021, 08 10). ΠΡΩΤΟ ΘΕΜΑ. Ανάκτηση από <https://www.protothema.gr/world/article/1150789/klimatiki-allagi-ekthesi-tou-oie-deihnei-oti-i-uperthermanshi-tou-planiti-epitahunetai/>
41. ΝΑΥΣ. (2018, 10 25). <https://www.nafs.gr>. Ανάκτηση από <https://www.nafs.gr/technologia/ekpompes-ripon/860-i-proklisi-ton-kafsimon-sti-naftilia-dnvgi.html>
42. Ναυτεμπορική. (2018, 12 14). <https://www.naftemporiki.gr>. Ανάκτηση από Ναυτιλία: <https://www.naftemporiki.gr/finance/story/1424019/lng-to-kausimo-tou-mellontos-mia-realistiki-kai-biosimi-dieksodos-gia-ton-nautiliako-tomea>
43. Ναυτικά Χρονικά . (2020, 06 15). <https://www.naftikachronika.gr>. Ανάκτηση από <https://www.naftikachronika.gr/2020/06/15/viokafsima-sti-naftilia-me-ameiotous-rythmous-oi-dokimes/>
44. Ναυτικά Χρονικά . (2020, 09 25). <https://www.naftikachronika.gr>. Ανάκτηση από <https://www.naftikachronika.gr/2020/09/25/roia-kafsima-diamorfonoun-to-mellon-tis-naftilias/>
45. Ραπτοτάσιος, Σ. (2018). *Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Ναυτιλία με Σκοπό τη Συμμόρφωση με τους Διεθνείς Κανονισμούς Ρύπων*. Αθήνα: ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ - ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ.

Παράρτημα 1: MEPC.1/Circ.684 – GUIDELINES FOR VOLUNTARY USE OF THE SHIP ENERGY EFFICIENCY OPERATIONAL INDICATOR (EEOI)

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION

4 ALBERT EMBANKMENT *E*

LONDON SE1 7SR

Telephone: 020 7735 7611

Fax: 020 7587 3210



IMO

Ref. T5/1.01

MEPC.1/Circ.684
17 August 2009

GUIDELINES FOR VOLUNTARY USE OF THE SHIP ENERGY EFFICIENCY OPERATIONAL INDICATOR (EEOI)

- 1 The Marine Environment Protection Committee, at its fifty-ninth session (13 to 17 July 2009), agreed to circulate the Guidelines for voluntary use of the Ship Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) as set out in the annex.
- 2 Member Governments are invited to bring the Guidelines to the attention of all parties concerned and recommend them to use the Guidelines on a voluntary basis.
- 3 Member Governments and observer organizations are also invited to provide information on the outcome and experiences in applying the Guidelines to future sessions of the Committee.

ANNEX GUIDELINES FOR VOLUNTARY USE OF THE SHIP ENERGY EFFICIENCY

OPERATIONAL INDICATOR (EEOI)

- 1 The Conference of Parties to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto, held from 15 to 26 September 1997 in conjunction with the Marine Environment Protection Committee's fortieth session, adopted Conference resolution 8, on CO₂ emissions from ships.
- 2 IMO Assembly resolution A.963(23) on IMO policies and practices related to the reduction of greenhouse gas emissions from ships urged the Marine Environment Protection Committee (MEPC) to identify and develop the mechanism or mechanisms needed to achieve the limitation or reduction of Greenhouse Gas (GHG) emissions from international shipping and, in doing so, to give priority to the establishment of a GHG baseline; and the development of a methodology to describe the GHG efficiency of a ship in terms of GHG emission indicator for that ship.
- 3 As urged by the Assembly, MEPC 53 approved Interim Guidelines for Voluntary Ship CO₂ Emission Index for Use in Trials.
- 4 These Guidelines can be used to establish a consistent approach for voluntary use of an EEOI, which will assist shipowners, ship operators and parties concerned in the evaluation of the performance of their fleet with regard to CO₂ emissions. As the amount of CO₂ emitted from a ship is directly related to the consumption of bunker fuel oil, the EEOI can also provide useful information on a ship's performance with regard to fuel efficiency.
- 5 These Guidelines may be updated periodically, to take account of:
 - Operational experiences from use of the indicator for different ship types, as reported to MEPC by industry organizations and Administrations; and
 - Any other relevant developments.
- 6 Industry organizations and interested Administrations are invited to promote the use of the attached Guidelines or equivalent approaches and their incorporation in company and ship environmental management plans. In addition, they are invited to report their experience in applying the EEOI concept back to MEPC.
- 7 In addition to these Guidelines, due account should be taken of the pertinent clauses within the ISM Code in voluntary basis along with reference to relevant industry guidance on the management and reduction of CO₂ emissions.

* * *

ANNEX

GUIDELINES FOR VOLUNTARY USE OF THE SHIP ENERGY EFFICIENCY OPERATIONAL INDICATOR (EEOI)

Contents

1	INTRODUCTION	4
2	OBJECTIVES	4
3	DEFINITIONS	4
3.1	Indicator definition	4
3.2	Fuel consumption	5
3.3	Distance sailed	5
3.4	Ship and cargo types	5
3.5	Cargo mass carried or work done	5
3.6	Voyage	6
4	ESTABLISHING ENERGY EFFICIENCY OPERATIONAL INDICATOR (EEOI)	6
5	DATA RECORDING AND REPORTING PROCEDURES	6
6	MONITORING AND VERIFICATION	7
6.1	General	7
6.2	Rolling average indicator	7
7	USE OF GUIDELINES	8
APPENDIX	Calculation of Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) based on operational data	9

1 INTRODUCTION

In 1997 IMO adopted a resolution on CO₂ emissions from ships¹.

IMO Assembly further adopted resolution A.963(23) on IMO policies and practices related to the reduction of greenhouse gas emissions from ships, which requests the MEPC to develop a greenhouse gas emission index for ships, and guidelines for use of that index.

This document constitutes the Guidelines for the use of an Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) for ships. It sets out:

- what the objectives of the IMO CO₂ emissions indicator are;
- how a ship's CO₂ performance should be measured; and
- how the index could be used to promote low-emission shipping, in order to help limit the impact of shipping on global climate change.

2 OBJECTIVES

The objective of these Guidelines is to provide the users with assistance in the process of establishing a mechanism to achieve the limitation or reduction of greenhouse gas emissions from ships in operation.

These Guidelines present the concept of an indicator for the energy efficiency of a ship in operation, as an expression of efficiency expressed in the form of CO₂ emitted per unit of transport work. The Guidelines are intended to provide an example of a calculation method which could be used as an objective, performance-based approach to monitoring the efficiency of a ship's operation.

These Guidelines are recommendatory in nature and present a possible use of an operational indicator. However, shipowners, ship operators and parties concerned are invited to implement either these Guidelines or an equivalent method in their environmental management systems and consider adoption of the principles herein when developing plans for performance monitoring.

3 DEFINITIONS

3.1 Indicator definition

In its most simple form *the Energy Efficiency Operational Indicator* is defined as the ratio of mass of CO₂ (*M*) emitted per unit of transport work:

$$\text{Indicator} = M_{\text{CO}_2} / (\text{transport work})$$

For more details of indicator calculation, see 3.2 to 3.4 and Appendix 1.

¹ Resolution 8 of the 1997 International Conference of Parties to MARPOL 73/78.

3.2 Fuel consumption

Fuel consumption, FC, is defined as all fuel consumed at sea and in port or for a voyage or period in question, e.g., a day, by main and auxiliary engines including boilers and incinerators.

3.3 Distance sailed

Distance sailed means the actual distance sailed in nautical miles (deck log-book data) for the voyage or period in question.

3.4 Ship and cargo types

The Guidelines are applicable for all ships performing transport work.

.1 Ships:

- dry cargo carriers
- tankers
- gas tankers
- containerships
- ro-ro cargo ships
- general cargo ships
- passenger ships including ro-ro passenger ships

.2 Cargo:

Cargo includes but not limited to: all gas, liquid and solid bulk cargo, general cargo, containerized cargo (including the return of empty units), break bulk, heavy lifts, frozen and chilled goods, timber and forest products, cargo carried on freight vehicles, cars and freight vehicles on ro-ro ferries and passengers (for passenger and ro-ro passenger ships)

3.5 Cargo Mass Carried or Work Done

In general, cargo mass carries or work done is expressed as follows:

- .1 for dry cargo carriers, liquid tankers, gas tankers, ro-ro cargo ships and general cargo ships, metric tonnes (*t*) of the cargo carried should be used;
- .2 for containerships carrying solely containers, number of containers (TEU) or metric tons (*t*) of the total mass of cargo and containers should be used;
- .3 for ships carrying a combination of containers and other cargoes, a TEU mass of 10 t could be applied for loaded TEUs and 2 t for empty TEUs; and
- .4 for passenger ships, including ro-ro passenger ships, number of passengers or gross tonnes of the ship should be used;

In some particular cases, work done can be expressed as follows:

- .5 for car ferries and car carriers, number of car units or occupied lane metres;
- .6 for containerships, number of TEUs (empty or full); and
- .7 for railway and ro-ro vessels, number of railway cars and freight vehicles, or occupied lane metres.

For vessels such as, for example, certain ro-ro vessels, which carry a mixture of passengers in cars, foot passengers and freight, operators may wish to consider some form of weighted average based on the relative significance of these trades for their particular service or the use of other parameters or indicators as appropriate.

3.6 Voyage

Voyage generally means the period between a departure from a port to the departure from the next port. Alternative definitions of a voyage could also be acceptable.

4 ESTABLISHING AN ENERGY EFFICIENCY OPERATIONAL INDICATOR (EEOI)

The EEOI should be a representative value of the energy efficiency of the ship operation over a consistent period which represents the overall trading pattern of the vessel. Guidance on a basic calculation procedure for a generic EEOI is provided in the Appendix.

In order to establish the EEOI, the following main steps will generally be needed:

- .1 define the period for which the EEOI is calculated*;
- .2 define data sources for data collection;
- .3 collect data;
- .4 convert data to appropriate format; and
- .5 calculate EEOI.

* Ballast voyages, as well as voyages which are not used for transport of cargo, such as voyage for docking service, should also be included. Voyages for the purpose of securing the safety of a ship or saving life at sea should be excluded.

5 GENERAL DATA RECORDING AND DOCUMENTATION PROCEDURES

Ideally, the data recording method used should be uniform so that information can be easily collated and analysed to facilitate the extraction of the required information. The collection of data from ships should include the distance travelled, the quantity and type of fuel used, and all fuel information that may affect the amount of carbon dioxide emitted. For example, fuel information

is provided on the bunker delivery notes that are required under regulation 18 of MARPOL Annex VI.

If the example formula given in the Appendix is used, then the unit used for distance travelled and quantity of fuel should be expressed in nautical miles and metric tonnes. The work done can be expressed using units appropriate for the ship type in paragraph 3.5.

It is important that sufficient information is collected on the ship with regard to fuel type and quantity, distance travelled and cargo type so that a realistic assessment can be generated.

The distance travelled should be calculated by actual distance travelled, as contained in the ship's log-book.

Amount and type of fuel used (bunker delivery notes) and distance travelled (according to the ship's log-book) could be documented by the ship based either on the example described in the Appendix or on an equivalent company procedure.

6 MONITORING AND VERIFICATION

6.1 General

Documented procedures to monitor and measure, on a regular basis, should be developed and maintained. Elements to be considered when establishing procedures for monitoring could include:

- identification of operations/activities with impact on the performance;
- identification of data sources and measurements that are necessary, and specification of the format;
- identification of frequency and personnel performing measurements; and
- maintenance of quality control procedures for verification procedures.

The results of this type of self-assessment could be reviewed and used as indicators of the System's success and reliability, as well as identifying those areas in need of corrective action or improvement.

It is important that the source of figures established are properly recorded, the basis on which figures have been calculated and any decisions on difficult or grey areas of data. This will provide assistance on areas for improvement and be helpful for any later analysis.

In order to avoid unnecessary administrative burdens on ships' staff, it is recommended that monitoring of an EEOI should be carried out by shore staff, utilizing data obtained from existing required records such as the official and engineering log-books and oil record books, etc. The necessary data could be obtained during internal audits under the ISM Code, routine visits by superintendents, etc.

6.2 Rolling average indicator

As a ship energy efficiency management tool, the rolling average indicator, when used, should be calculated by use of a methodology whereby the minimum period of time or a number of voyages that is statistically relevant is used as appropriate. “Statistically relevant” means that the period set as standard for each individual ship should remain constant and be wide enough so the accumulated data mass reflects a reasonable mean value for operation of the ship in question over the selected period.

7 USE OF GUIDELINES

Methodology and use of EEOI, as described in these Guidelines, provide an example of a transparent and recognized approach for assessment of the GHG efficiency of a ship with respect to CO₂ emissions. The Guidelines are considered to be suitable for implementation within a company environmental management system.

Implementation of the EEOI in an established environmental management system should be performed in line with the implementation of any other chosen indicator and follow the main elements of the recognized standards (planning, implementation and operation, checking and corrective action, management review).

When using the EEOI as a performance indicator, the indicator could provide a basis for consideration of both current performance and trends over time.

One approach could be to set internal performance criteria and targets based on the EEOI data.

* * *

ANNEX 10 RESOLUTION MEPC.282(70) (Adopted on 28 October 2016)

**2016 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF
A SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)**

THE MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE,

RECALLING article 38(a) of the Convention on the International Maritime Organization concerning the functions of the Marine Environment Protection Committee (the Committee) conferred upon it by international conventions for the prevention and control of marine pollution from ships,

RECALLING ALSO that it adopted, by resolution MEPC.203(62), Amendments to the annex of the Protocol of 1997 to amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (inclusion of regulations on energy efficiency for ships in MARPOL Annex VI),

NOTING that the aforementioned amendments to MARPOL Annex VI, which included a new chapter 4 on regulations on energy efficiency for ships in Annex VI, entered into force on 1 January 2013,

NOTING ALSO that regulation 22 of MARPOL Annex VI, as amended, requires each ship to keep on board a ship specific Ship Energy Efficiency Management Plan, taking into account guidelines developed by the Organization,

NOTING FURTHER that it adopted, by resolution MEPC.278(70), amendments to MARPOL Annex VI related to the data collection system for fuel oil consumption which are expected to enter into force on 1 March 2018 upon their deemed acceptance on 1 September 2017,

RECOGNIZING that the aforementioned amendments to MARPOL Annex VI require the adoption of relevant guidelines for uniform and effective implementation of the regulations and to provide sufficient lead time for industry to prepare,

HAVING CONSIDERED, at its seventieth session, draft 2016 Guidelines for the development of a Ship Energy Efficiency Management Plan (*SEEMP*),

- 1 ADOPTS the *2016 Guidelines for the development of a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)* (the 2016 Guidelines), as set out in the annex to the present resolution;
- 2 INVITES Administrations to take the annexed 2016 Guidelines into account when developing and enacting national laws which give force to and implement requirements set forth in regulations 22 and 22A of MARPOL Annex VI, as amended;
- 3 REQUESTS the Parties to MARPOL Annex VI and other Member Governments to bring the annexed 2016 Guidelines to the attention of masters, seafarers, shipowners, ship operators and any other interested groups;

- 1 AGREES to keep the 2016 Guidelines under review in light of the experience gained with their implementation;
- 2 SUPERSEDES the *2012 Guidelines for the development of a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)*, adopted by resolution MEPC.213(63).

<https://edocs.imo.org/Final Documents/English/MEPC 70>

ANNEX

2016 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)

CONTENTS

- 1 INTRODUCTION
- 2 DEFINITIONS
- PART I OF THE SEEMP: SHIP MANAGEMENT PLAN TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY
- 3 GENERAL
- 4 FRAMEWORK AND STRUCTURE OF PART I OF THE SEEMP
- 5 GUIDANCE ON BEST PRACTICES FOR FUEL-EFFICIENT OPERATION OF SHIPS
- PART II OF THE SEEMP: SHIP FUEL OIL CONSUMPTION DATA COLLECTION PLAN
- 6 GENERAL

1 INTRODUCTION

1.1 The *Guidelines for the development of a Ship Energy Efficiency Management Plan* have been developed to assist with the preparation of the Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) required by regulation 22 of MARPOL Annex VI.

1.2 There are two parts to a SEEMP. Part I provides a possible approach for monitoring ship and fleet efficiency performance over time and some options to be considered when seeking to optimize the performance of the ship. Part II provides the methodologies ships of 5,000 gross tonnage and above should use to collect the data required pursuant to regulation 22A of MARPOL Annex VI and the processes that the ship should use to report the data to the ship's Administration or any organization duly authorized by it.

1.3 A sample form of the SEEMP is presented in appendices 1 and 2 for illustrative purposes. A standardized data reporting format for the data collection system is presented in appendix 3.

2 DEFINITIONS

2.1 For the purpose of these Guidelines, the definitions in MARPOL Annex VI apply.

2.2 "Ship fuel oil consumption data" means the data required to be collected on an annual basis and reported as specified in appendix IX to MARPOL Annex VI.

2.3 "Safety management system" means a structured and documented system enabling company personnel to implement effectively the company safety and environmental protection policy, as defined in paragraph 1.1 of International Safety Management Code.

PART I OF THE SEEMP: SHIP MANAGEMENT PLAN TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY

3 GENERAL

3.1 In global terms it should be recognized that operational efficiencies delivered by a large number of ship operators will make an invaluable contribution to reducing global carbon emissions.

3.2 The purpose of part I of the SEEMP is to establish a mechanism for a company and/or a ship to improve the energy efficiency of a ship's operation. Preferably, this aspect of the ship-specific SEEMP is linked to a broader corporate energy management policy for the company that owns, operates or controls the ship, recognizing that no two shipping companies are the same, and that ships operate under a wide range of different conditions.

3.3 Many companies will already have an environmental management system (EMS) in place under ISO 14001 which contains procedures for selecting the best measures for particular vessels and then setting objectives for the measurement of relevant parameters, along with relevant control and feedback features. Monitoring of operational environmental efficiency should therefore be treated as an integral element of broader company management systems.

3.4 In addition, many companies already develop, implement and maintain a Safety Management System. In such case, part I of the SEEMP may form part of the ship's Safety Management System.

3.5 This section provides guidance for the development of part I of the SEEMP that should be adjusted to the characteristics and needs of individual companies and ships. Part I is intended to be a management tool to assist a company in managing the ongoing environmental performance of its vessels and as such, it is recommended that a company develops procedures for implementing the plan in a manner which limits any on-board administrative burden to the minimum necessary.

3.6 Part I of the SEEMP should be developed as a ship-specific plan by the company, and should reflect efforts to improve a ship's energy efficiency through four steps: planning, implementation, monitoring, and self-evaluation and improvement. These components play a critical role in the continuous cycle to improve ship energy efficiency management. With each iteration of the cycle, some elements of part I will necessarily change while others may remain as before.

3.7 At all times safety considerations should be paramount. The trade a ship is engaged in may determine the feasibility of the efficiency measures under consideration. For example, ships that perform services at sea (pipe laying, seismic survey, OSVs, dredgers, etc.) may choose different methods of improving energy efficiency when compared to conventional cargo carriers. The nature of operations and influence of prevailing weather conditions, tides and currents combined with the necessity of maintaining safe operations may require adjustment of general procedures to maintain the efficiency of the operation, for example the ships which are dynamically positioned. The length of voyage may also be an important parameter as may trade specific safety considerations.

4 FRAMEWORK AND STRUCTURE OF PART I OF THE SEEMP

4.1 Planning

4.1.1 Planning is the most crucial stage of part I of the SEEMP, in that it primarily determines both the current status of ship energy usage and the expected improvement of ship energy efficiency. Therefore, it is encouraged to devote sufficient time to planning so that the most appropriate, effective and implementable plan can be developed.

Ship-specific measures

4.1.2 Recognizing that there are a variety of options to improve efficiency – speed optimization, weather routing and hull maintenance, for example – and that the best package of measures for a ship to improve efficiency differs to a great extent depending upon ship type, cargoes, routes and other factors, the specific measures for the ship to improve energy efficiency should be identified in the first place. These measures should be listed as a package of measures to be implemented, thus providing the overview of the actions to be taken for that ship.

4.1.3 During this process, therefore, it is important to determine and understand the ship's current status of energy usage. Part I of the SEEMP should identify energy-saving measures that have been undertaken, and should determine how effective these measures are in terms of improving energy efficiency. Part I also should identify what measures can be adopted to further improve the energy efficiency of the ship. It should be noted, however, that not all measures can be applied to all ships, or even to the same ship under different operating conditions and that some of them are mutually exclusive. Ideally, initial measures could yield

energy (and cost) saving results that then can be reinvested into more difficult or expensive efficiency upgrades identified by part I.

4.1.4 Guidance on best practices for fuel-efficient operation of ships, set out in chapter 5, can be used to facilitate this part of the planning phase. Also, in the planning process, particular consideration should be given to minimize any on-board administrative burden.

Company-specific measures

4.1.5 The improvement of energy efficiency of ship operation does not necessarily depend on single ship management only. Rather, it may depend on many stakeholders including ship repair yards, shipowners, operators, charterers, cargo owners, ports and traffic management services. For example, "Just in time" – as explained in paragraph 5.2.4 – requires good early communication among operators, ports and traffic management service. The better coordination among such stakeholders is, the more improvement can be expected. In most cases, such coordination or total management is better made by a company rather than by a ship. In this sense, it is recommended that a company also establish an energy management plan to manage its fleet (should it not have one in place already) and make necessary coordination among stakeholders.

Human resource development

4.1.6 For effective and steady implementation of the adopted measures, raising awareness of and providing necessary training for personnel both on shore and on board are an important element. Such human resource development is encouraged and should be considered as an important component of planning as well as a critical element of implementation.

Goal setting

4.1.7 The last part of planning is goal setting. It should be emphasized that the goal setting is voluntary, that there is no need to announce the goal or the result to the public, and that neither a company nor a ship are subject to external inspection. The purpose of goal setting is to serve as a signal which involved people should be conscious of, to create a good incentive for proper implementation, and then to increase commitment to the improvement of energy efficiency. The goal can take any form, such as the annual fuel consumption or a specific target of Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI). Whatever the goal is, the goal should be measurable and easy to understand.

4.2 Implementation

Establishment of implementation system

4.2.1 After a ship and a company identify the measures to be implemented, it is essential to establish a system for implementation of the identified and selected measures by developing the procedures for energy management, by defining tasks and by assigning them to qualified personnel. Thus, part I of the SEEMP should describe how each measure should be implemented and who the responsible person(s) is. The implementation period (start and end dates) of each selected measure should be indicated. The development of such a system can be considered as a part of planning, and therefore may be completed at the planning stage.

Implementation and record-keeping

4.2.2 The planned measures should be carried out in accordance with the predetermined implementation system. Record-keeping for the implementation of each measure is beneficial for self-evaluation at a later stage and should be encouraged. If any identified measure cannot be implemented for any reason(s), the reason(s) should be recorded for internal use.

4.3 Monitoring

Monitoring tools

4.3.1 The energy efficiency of a ship should be monitored quantitatively. This should be done by an established method, preferably by an international standard. The EEOI developed by the Organization is one of the internationally established tools to obtain a quantitative indicator of energy efficiency of a ship and/or fleet in operation, and can be used for this purpose. Therefore, EEOI could be considered as the primary monitoring tool, although other quantitative measures also may be appropriate.

4.3.2 If used, it is recommended that the EEOI is calculated in accordance with the *Guidelines for the development of a Ship Energy Efficiency Management Plan* (MEPC.1/Circ.684) developed by the Organization, adjusted, as necessary, to a specific ship and trade.

4.3.3 In addition to the EEOI, if convenient and/or beneficial for a ship or a company, other measurement tools can be utilized. In the case where other monitoring tools are used, the concept of the tool and the method of monitoring may be determined at the planning stage.

Establishment of monitoring system

4.3.4 It should be noted that whatever measurement tools are used, continuous and consistent data collection is the foundation of monitoring. To allow for meaningful and consistent monitoring, the monitoring system, including the procedures for collecting data and the assignment of responsible personnel, should be developed. The development of such a system can be considered as a part of planning, and therefore should be completed at the planning stage.

4.3.5 It should be noted that, in order to avoid unnecessary administrative burdens on ships' staff, monitoring should be carried out as far as possible by shore staff, utilizing data obtained from existing required records such as the official and engineering log-books and oil record books, etc. Additional data could be obtained as appropriate.

Search and rescue

4.3.6 When a ship diverts from its scheduled passage to engage in search and rescue operations, it is recommended that data obtained during such operations is not used in ship energy efficiency monitoring, and that such data may be recorded separately.

4.4 Self-evaluation and improvement

4.4.1 Self-evaluation and improvement is the final phase of the management cycle. This phase should produce meaningful feedback for the coming first stage, i.e. planning stage of the next improvement cycle.

4.4.2 The purpose of self-evaluation is to evaluate the effectiveness of the planned measures and of their implementation, to deepen the understanding on the overall characteristics of the ship's operation such as what types of measures can/cannot function effectively, and how and/or why, to comprehend the trend of the efficiency improvement of that ship and to develop the improved management plan for the next cycle.

4.4.3 For this process, procedures for self-evaluation of ship energy management should be developed. Furthermore, self-evaluation should be implemented periodically by using data collected through monitoring. In addition, it is recommended to invest time in identifying the cause-and-effect of the performance during the evaluated period for improving the next stage of the management plan.

5 GUIDANCE ON BEST PRACTICES FOR FUEL-EFFICIENT OPERATION OF SHIPS

5.1 The search for efficiency across the entire transport chain takes responsibility beyond what can be delivered by the owner/operator alone. A list of all the possible stakeholders in the efficiency of a single voyage is long; obvious parties are designers, shipyards and engine manufacturers for the characteristics of the ship, and charterers, ports and vessel traffic management services, etc., for the specific voyage. All involved parties should consider the inclusion of efficiency measures in their operations both individually and collectively.

5.2 Fuel-efficient operations

Improved voyage planning

5.2.1 The optimum route and improved efficiency can be achieved through the careful planning and execution of voyages. Thorough voyage planning needs time, but a number of different software tools are available for planning purposes.

5.2.2 The *Guidelines for voyage planning*, adopted by resolution A.893(21), provide essential guidance for the ship's crew and voyage planners.

Weather routing

5.2.3 Weather routing has a high potential for efficiency savings on specific routes. It is commercially available for all types of ship and for many trade areas. Significant savings can be achieved, but conversely weather routing may also increase fuel consumption for a given voyage.

Just in time

5.2.4 Good early communication with the next port should be an aim in order to give maximum notice of berth availability and facilitate the use of optimum speed where port operational procedures support this approach.

5.2.5 Optimized port operation could involve a change in procedures involving different handling arrangements in ports. Port authorities should be encouraged to maximize efficiency and minimize delay.

Speed optimization

5.2.6 Speed optimization can produce significant savings. However, optimum speed means the speed at which the fuel used per tonne mile is at a minimum level for that voyage. It does not mean minimum speed; in fact, sailing at less than optimum speed will consume more fuel rather than less. Reference should be made to the engine manufacturer's power/consumption curve and the ship's propeller curve. Possible adverse consequences of slow speed operation may include increased vibration and problems with soot deposits in combustion chambers and exhaust systems. These possible consequences should be taken into account.

5.2.7 As part of the speed optimization process, due account may need to be taken of the need to coordinate arrival times with the availability of loading/discharge berths, etc. The number of ships engaged in a particular trade route may need to be taken into account when considering speed optimization.

5.2.8 A gradual increase in speed when leaving a port or estuary whilst keeping the engine load within certain limits may help to reduce fuel consumption.

5.2.9 It is recognized that under many charter parties the speed of the vessel is determined by the charterer and not the operator. Efforts should be made when agreeing charter party terms to encourage the ship to operate at optimum speed in order to maximize energy efficiency.

Optimized shaft power

5.2.10 Operation at constant shaft RPM can be more efficient than continuously adjusting speed through engine power (see paragraph 5.7). The use of automated engine management systems to control speed rather than relying on human intervention may be beneficial.

5.3 Optimized ship handling

Optimum trim

5.3.1 Most ships are designed to carry a designated amount of cargo at a certain speed for a certain fuel consumption. This implies the specification of set trim conditions. Loaded or unloaded, trim has a significant influence on the resistance of the ship through the water and optimizing trim can deliver significant fuel savings. For any given draft there is a trim condition that gives minimum resistance. In some ships, it is possible to assess optimum trim conditions for fuel efficiency continuously throughout the voyage. Design or safety factors may preclude full use of trim optimization.

Optimum ballast

5.3.2 Ballast should be adjusted taking into consideration the requirements to meet optimum trim and steering conditions and optimum ballast conditions achieved through good cargo planning.

5.3.3 When determining the optimum ballast conditions, the limits, conditions and ballast management arrangements set out in the ship's Ballast Water Management Plan are to be observed for that ship.

5.3.4 Ballast conditions have a significant impact on steering conditions and autopilot settings and it needs to be noted that less ballast water does not necessarily mean the highest efficiency.

Optimum propeller and propeller inflow considerations

5.3.5 Selection of the propeller is normally determined at the design and construction stage of a ship's life but new developments in propeller design have made it possible for retrofitting of later designs to deliver greater fuel economy. Whilst it is certainly for consideration, the propeller is but one part of the propulsion train and a change of propeller in isolation may have no effect on efficiency and may even increase fuel consumption.

5.3.6 Improvements to the water inflow to the propeller using arrangements such as fins and/or nozzles could increase propulsive efficiency power and hence reduce fuel consumption.

Optimum use of rudder and heading control systems (autopilots)

5.3.7 There have been large improvements in automated heading and steering control systems technology. Whilst originally developed to make the bridge team more effective, modern autopilots can achieve much more. An integrated Navigation and Command System can achieve significant fuel savings by simply reducing the distance sailed "off track". The principle is simple; better course control through less frequent and smaller corrections will minimize losses due to rudder resistance. Retrofitting of a more efficient autopilot to existing ships could be considered.

5.3.8 During approaches to ports and pilot stations the autopilot cannot always be used efficiently as the rudder has to respond quickly to given commands. Furthermore at certain stages of the voyage it may have to be deactivated or very carefully adjusted, i.e. heavy weather and approaches to ports.

5.3.9 Consideration may be given to the retrofitting of improved rudder blade design (e.g. "twist-flow" rudder).

Hull maintenance

5.3.10 Docking intervals should be integrated with ship operator's ongoing assessment of ship performance. Hull resistance can be optimized by new technology-coating systems, possibly in combination with cleaning intervals. Regular in-water inspection of the condition of the hull is recommended.

5.3.11 Propeller cleaning and polishing or even appropriate coating may significantly increase fuel efficiency. The need for ships to maintain efficiency through in-water hull cleaning should be recognized and facilitated by port States.

5.3.12 Consideration may be given to the possibility of timely full removal and replacement of underwater paint systems to avoid the increased hull roughness caused by repeated spot blasting and repairs over multiple dockings.

5.3.13 Generally, the smoother the hull, the better the fuel efficiency.

Propulsion system

5.3.14 Marine diesel engines have a very high thermal efficiency (~50%). This excellent performance is only exceeded by fuel cell technology with an average thermal efficiency of 60%. This is due to the systematic minimization of heat and mechanical loss. In particular, the new breed of electronic controlled engines can provide efficiency gains. However, specific training for relevant staff may need to be considered to maximize the benefits.

Propulsion system maintenance

5.3.15 Maintenance in accordance with manufacturers' instructions in the company's planned maintenance schedule will also maintain efficiency. The use of engine condition monitoring can be a useful tool to maintain high efficiency.

5.3.16 Additional means to improve engine efficiency might include use of fuel additives; adjustment of cylinder lubrication oil consumption; valve improvements; torque analysis; and automated engine monitoring systems.

5.4 Waste heat recovery

5.4.1 Waste heat recovery is now a commercially available technology for some ships. Waste heat recovery systems use thermal heat losses from the exhaust gas for either electricity generation or additional propulsion with a shaft motor.

5.4.2 It may not be possible to retrofit such systems into existing ships. However, they may be a beneficial option for new ships. Shipbuilders should be encouraged to incorporate new technology into their designs.

5.5 Improved fleet management

5.5.1 Better utilization of fleet capacity can often be achieved by improvements in fleet planning. For example, it may be possible to avoid or reduce long ballast voyages through improved fleet planning. There is opportunity here for charterers to promote efficiency. This can be closely related to the concept of "just in time" arrivals.

5.5.2 Efficiency, reliability and maintenance-oriented data sharing within a company can be used to promote best practice among ships within a company and should be actively encouraged.

5.6 Improved cargo handling

Cargo handling is in most cases under the control of the port and optimum solutions matched to ship and port requirements should be explored.

5.7 Energy management

5.7.1 A review of electrical services on board can reveal the potential for unexpected efficiency gains. However care should be taken to avoid the creation of new safety hazards when turning off electrical services (e.g. lighting). Thermal insulation is an obvious means of saving energy. Also see comment below on shore power.

5.7.2 Optimization of reefer container stowage locations may be beneficial in reducing the effect of heat transfer from compressor units. This might be combined as appropriate with cargo tank heating, ventilation, etc. The use of water-cooled reefer plant with lower energy consumption might also be considered.

5.8 Fuel type

The use of emerging alternative fuels may be considered as a CO₂ reduction method but availability will often determine the applicability.

5.9 Other measures

5.9.1 Development of computer software for the calculation of fuel consumption, for the establishment of an emissions "footprint," to optimize operations, and the establishment of goals for improvement and tracking of progress may be considered.

5.9.2 Renewable energy sources, such as wind, solar (or photovoltaic) cell technology, have improved enormously in the recent years and should be considered for on-board application.

5.9.3 In some ports shore power may be available for some ships but this is generally aimed at improving air quality in the port area. If the shore-based power source is carbon efficient, there may be a net efficiency benefit. Ships may consider using onshore power if available.

5.9.4 Even wind assisted propulsion may be worthy of consideration.

5.9.5 Efforts could be made to source fuel of improved quality in order to minimize the amount of fuel required to provide a given power output.

5.10 Compatibility of measures

5.10.1 These Guidelines indicate a wide variety of possibilities for energy efficiency improvements for the existing fleet. While there are many options available, they are not necessarily cumulative, are often area and trade dependent and likely to require the agreement and support of a number of different stakeholders if they are to be utilized most effectively.

Age and operational service life of a ship

5.10.2 All measures identified in this document are potentially cost-effective as a result of high oil prices. Measures previously considered unaffordable or commercially unattractive may now be feasible and worthy of fresh consideration. Clearly, this equation is heavily influenced by the remaining service life of a ship and the cost of fuel.

Trade and sailing area

5.10.3 The feasibility of many of the measures described in this guidance will be dependent on the trade and sailing area of the ship. Sometimes ships will change their trade areas as a result of a change in chartering requirements but this cannot be taken as a general assumption. For example, wind-enhanced power sources might not be feasible for short sea shipping as these ships generally sail in areas with high traffic densities or in restricted waterways. Another aspect is that the world's oceans and seas each have characteristic conditions and so ships designed for specific

5.10.4 The trade a ship is engaged in may determine the feasibility of the efficiency measures under consideration. For example, ships that perform services at sea (pipe laying, seismic survey, OSVs, dredgers, etc.) may choose different methods of improving energy efficiency when compared to conventional cargo carriers. The length of voyage may also be an important parameter as may trade specific safety considerations. The pathway to the most efficient combination of measures will be unique to each vessel within each shipping company.

PART II OF THE SEEMP: SHIP FUEL OIL CONSUMPTION DATA COLLECTION PLAN

6 GENERAL

6.1 Regulation 22.2 of MARPOL Annex VI specifies that, "On or before 31 December 2018, in the case of a ship of 5,000 gross tonnage and above, the SEEMP shall include a description of the methodology that will be used to collect the data required by regulation 22A.1 of this Annex and the processes that will be used to report the data to the ship's Administration." Part II of the SEEMP, the Ship Fuel Oil Consumption Data Collection Plan (hereinafter referred to as "Data Collection Plan") contains such methodology and processes.

6.2 With respect to part II of the SEEMP, these Guidelines provide guidance for developing a ship-specific method to collect, aggregate, and report ship data with regard to annual fuel oil consumption, distance travelled, hours underway and other data required by regulation 22A of MARPOL Annex VI to be reported to the Administration.

6.3 Pursuant to regulation 5.4.5 of MARPOL Annex VI, the Administration should ensure that each ship's SEEMP complies with regulation 22.2 of MARPOL Annex VI prior to collecting any data.

7 GUIDANCE ON METHODOLOGY FOR COLLECTING DATA ON FUEL OIL CONSUMPTION, DISTANCE TRAVELLED AND HOURS UNDERWAY

Fuel oil¹ consumption

7.1 Fuel oil consumption should include all the fuel oil consumed on board including but not limited to the fuel oil consumed by the main engines, auxiliary engines, gas turbines, boilers and inert gas generator, for each type of fuel oil consumed, regardless of whether a ship is underway or not. Methods for collecting data on annual fuel oil consumption in metric tonnes include (in no particular order):

- .1 method using bunker delivery notes (BDNs):

This method determines the annual total amount of fuel oil used based on BDNs, which are required for fuel oil for combustion purposes delivered to and used on board a ship in accordance with regulation 18 of MARPOL Annex VI; BDNs are required to be retained on board for three years after the fuel oil has been delivered. The Data Collection Plan should set out how the ship will operationalize the summation of BDN information and conduct tank readings. The main components of this approach are as follows:

¹ Regulation 2.9 of MARPOL Annex VI defines "fuel oil" as "fuel oil means any fuel delivered to and intended for combustion purposes for propulsion or operation on board a ship, including gas, distillate and residual fuels."

- .1 annual fuel oil consumption would be the total mass of fuel oil used on board the vessel as reflected in the BDNs. In this method, the BDN fuel oil quantities would be used to determine the annual total mass of fuel oil consumption, plus the amount of fuel oil left over from the last calendar year period and less the amount of fuel oil carried over to the next calendar year period;
 - .2 to determine the difference between the amount of remaining tank oil before and after the period, the tank reading should be carried out at the beginning and the end of the period;
 - .3 in the case of a voyage that extends across the data reporting period, the tank reading should occur by tank monitoring at the ports of departure and arrival of the voyage and by statistical methods such as rolling average using voyage days;
 - .4 fuel oil tank readings should be carried out by appropriate methods such as automated systems, soundings and dip tapes. The method for tank readings should be specified in the Data Collection Plan;
 - .5 the amount of any fuel oil offloaded should be subtracted from the fuel oil consumption of that reporting period. This amount should be based on the records of the ship's oil record book; and
 - .6 any supplemental data used for closing identified difference in bunker quantity should be supported with documentary evidence;
- .2 method using flow meters:

This method determines the annual total amount of fuel oil consumption by measuring fuel oil flows on board by using flow meters. In case of the breakdown of flow meters, manual tank readings or other alternative methods will be conducted instead. The Data Collection Plan should set out information about the ship's flow meters and how the data will be collected and summarized, as well as how necessary tank readings should be conducted:

- .1 annual fuel oil consumption may be the sum of daily fuel oil consumption data of all relevant fuel oil consuming processes on board measured by flow meters;
- .2 the flow meters applied to monitoring should be located so as to measure all fuel oil consumption on board. The flow meters and their link to specific fuel oil consumers should be described in the Data Collection Plan;
- .3 note that it should not be necessary to correct this fuel oil measurement method for sludge if the flow meter is installed after the daily tank as sludge will be removed from the fuel oil prior to the daily tank;
- .4 the flow meters applied to monitoring fuel oil flow should be identified in the Data Collection Plan. Any consumer not monitored with a flow meter should be clearly identified, and an alternative fuel oil consumption measurement method should be included; and
- .5 calibration of the flow meters should be specified. Calibration and maintenance records should be available on board;

.3 method using bunker fuel oil tank monitoring on board:

- .1 to determine the annual fuel oil consumption, the amount of daily fuel oil consumption data measured by tank readings which are carried out by appropriate methods such as automated systems, soundings and dip tapes will be aggregated. The tank readings will normally occur daily when the ship is at sea and each time the ship is bunkering or de-bunkering; and
- .2 the summary of monitoring data containing records of measured fuel oil consumption should be available on board.

7.2 Any corrections, e.g. density, temperature, if applied, should be documented¹.

Conversion factor C_F

7.3 If fuel oils are used that do not fall into one of the categories as described in the *2014 Guidelines on the method of calculation of the attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for new ships* (resolution MEPC.245(66)), as amended, and have no C_F -factor assigned (e.g. some "hybrid fuel oils"), the fuel oil supplier should provide a C_F -factor for the respective product supported by documentary evidence.

Distance travelled

7.4 Appendix IX of MARPOL Annex VI specifies that distance travelled should be submitted to the Administration and:

- .1 distance travelled over ground in nautical miles should be recorded in the log-book in accordance with SOLAS regulation V/28.1²;
- .2 the distance travelled while the ship is underway under its own propulsion should be included into the aggregated data of distance travelled for the calendar year; and

¹ For example, ISO 8217 provides a method for liquid fuel.

² Distance travelled measured using satellite data is distance travelled over the ground.

- .3 other methods to measure distance travelled accepted by the Administration may be applied. In any case, the method applied should be described in detail in the Data Collection Plan.

Hours underway

7.5 Appendix IX of MARPOL Annex VI specifies that hours underway should be submitted to the Administration. Hours underway should be an aggregated duration while the ship is underway under its own propulsion.

Data quality

7.6 The Data Collection Plan should include data quality control measures which should be incorporated into the existing shipboard safety management system. Additional measures to be considered could include:

- .1 the procedure for identification of data gaps and correction thereof; and
- .2 the procedure to address data gaps if monitoring data is missing, for example, flow meter malfunctions.

A standardized data reporting format

7.7 Regulation 22A.3 of MARPOL Annex VI states that the data specified in appendix IX of the Annex are to be communicated electronically using a standardized form developed by the Organization. The collected data should be reported to the Administration in the standardized format shown in appendix 3.

8 DIRECT CO₂ EMISSIONS MEASUREMENT

8.1 Direct CO₂ emission measurement is not required by regulation 22A of MARPOL Annex VI.

8.2 Direct CO₂ emissions measurement, if used, should be carried out as follows:

- .1 this method is based on the determination of CO₂ emission flows in exhaust gas stacks by multiplying the CO₂ concentration of the exhaust gas with the exhaust gas flow. In case of the absence or/and breakdown of direct CO₂ emissions measurement equipment, manual tank readings will be conducted instead;
- .2 the direct CO₂ emissions measurement equipment applied to monitoring is located exhaustively so as to measure all CO₂ emissions in the ship. The locations of all equipment applied are described in this monitoring plan; and
- .3 calibration of the CO₂ emissions measurement equipment should be specified. Calibration and maintenance records should be available on board.

APPENDIX 1

**SAMPLE FORM OF SHIP MANAGEMENT PLAN TO
IMPROVE ENERGY EFFICIENCY (PART I OF THE SEEMP)**

Name of ship:		Gross tonnage:	
Ship type:		Capacity:	

Date of development:		Developed by:	
----------------------	--	---------------	--

Implementation period:	From: Until:	Implemented by:	
Planned date of next evaluation:			

1 MEASURES

Energy efficiency measures	Implementation (including the starting date)	Responsible personnel
Weather routing	<Example> Contracted with (Service providers) to use their weather routing system and start using on trial basis as of 1 July 2012.	<Example> The master is responsible for selecting the optimum route based on the information provided by (Service providers).
Speed optimization	While the design speed (85% MCR) is 19.0 kt, the maximum speed is set at 17.0 kt as of 1 July 2012.	The master is responsible for keeping the ship's speed. The logbook entry should be checked every day.

2 MONITORING

Description of monitoring tools

3 GOAL

Measurable goals

4 EVALUATION

Procedures of evaluation

APPENDIX 2

SAMPLE FORM OF SHIP FUEL OIL CONSUMPTION DATA COLLECTION PLAN (PART II OF THE SEEMP)

1 Ship particulars

Name of ship	
IMO number	
Company	
Flag	
Ship type	
Gross tonnage	

NT	
DWT	
EEDI (if applicable)	
Ice class	

2 Record of revision of Fuel Oil Consumption Data Collection Plan

Date of revision	Revised provision

3 Ship engines and other fuel oil consumers and fuel oil types used

	Engines or other fuel oil consumers	Power	Fuel oil types
1	Type/model of main engine	(kW)	
2	Type/model of auxiliary engine	(kW)	
3	Boiler	(...)	
4	Inert gas generator	(...)	

4 Emission factor

C_F is a non-dimensional conversion factor between fuel oil consumption and CO₂ emission in the 2014 Guidelines on the method of calculation of the attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for new ships (resolution MEPC.245(66)), as amended. The annual total amount of CO₂ is calculated by multiplying annual fuel oil consumption and C_F for the type of fuel.

Fuel oil Type	C_F (t-CO ₂ / t-Fuel)
Diesel/Gas oil (e.g. ISO 8217 grades DMX through DMB)	3.206
Light fuel oil (LFO) (e.g. ISO 8217 grades RMA through RMD)	3.151
Heavy fuel oil (HFO) (e.g. ISO 8217 grades RME through RMK)	3.114
Liquefied petroleum gas (LPG) (Propane)	3.000
Liquefied petroleum gas (LPG) (Butane)	3.030
Liquefied natural gas (LNG)	2.750
Fuel oil Type	C_F (t-CO ₂ / t-Fuel)
Methanol	1.375
Ethanol	1.913
Other (.....)	

Method to measure fuel oil consumption

The applied method for measurement for this ship is given below. The description explains the procedure for measuring data and calculating annual values, measurement equipment involved, etc.

Method	Description

6 Method to measure distance travelled

Description

7 Method to measure hours underway

Description

8 Processes that will be used to report the data to the Administration

Description

9 Data quality

Description

Παράρτημα 3: Annex 11 – RESOLUTION MEPC.304(72)

ANNEX 11

RESOLUTION MEPC.304(72) (adopted on 13 April 2018)

INITIAL IMO STRATEGY ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS

THE MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE

RECALLING Article 38(e) of the Convention on the International Maritime Organization (the Organization) concerning the functions of the Marine Environment Protection Committee (the Committee) conferred upon it by international conventions for the prevention and control of marine pollution from ships,

ACKNOWLEDGING that work to address greenhouse gas (GHG) emissions from ships has been undertaken by the Organization continuously since 1997, in particular, through adopting global mandatory technical and operational energy efficiency measures for ships under MARPOL Annex VI,

ACKNOWLEDGING ALSO the decision of the thirtieth session of the Assembly in December 2017 that adopted for the Organization a strategic direction entitled "Respond to Climate Change",

RECALLING the United Nations 2030 Agenda for Sustainable Development,

- 1 ADOPTS the Initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships (hereinafter the Initial Strategy) as set out in the annex to the present resolution;
- 2 INVITES the Secretary-General of the Organization to make adequate provisions in the Integrated Technical Cooperation Programme (ITCP) to support relevant follow-up actions of the Initial Strategy that may be further decided by the Committee and undertaken by developing countries, particularly least developed countries (LDCs) and small island developing States (SIDS);
- 3 AGREES to keep the Initial Strategy under review, with a view to adoption of a Revised IMO Strategy on reduction of GHG emissions from ships in 2023.

ANNEX

INITIAL IMO STRATEGY ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS

Contents

- 1 INTRODUCTION
- 2 VISION
- 3 LEVELS OF AMBITION AND GUIDING PRINCIPLES
- 4 LIST OF CANDIDATE SHORT-, MID- AND LONG-TERM FURTHER MEASURES WITH POSSIBLE TIMELINES AND THEIR IMPACTS ON STATES
- 5 BARRIERS AND SUPPORTIVE MEASURES; CAPACITY BUILDING AND TECHNICAL COOPERATION; R&D
- 6 FOLLOW-UP ACTIONS TOWARDS THE DEVELOPMENT OF THE REVISED STRATEGY
- 7 PERIODIC REVIEW OF THE STRATEGY

1 INTRODUCTION

1.1 The International Maritime Organization (IMO) is the United Nations specialized agency responsible for safe, secure and efficient shipping and the prevention of pollution from ships.

1.2 The Strategy represents the continuation of work of IMO as the appropriate international body to address greenhouse gas (GHG) emissions from international shipping. This work includes Assembly resolution A.963(23) on *IMO policies and practices related to the reduction of greenhouse gas emissions from ships*, adopted on 5 December 2003, urging the Marine Environment Protection Committee (MEPC) to identify and develop the mechanisms needed to achieve the limitation or reduction of GHG emissions from international shipping.

1.3 In response to the Assembly's request, work to address GHG emissions from ships has been undertaken, including inter alia:

- .1 MEPC 62 (July 2011) adopted resolution MEPC.203(62) on *Inclusion of regulations on energy efficiency for ships in MARPOL Annex VI* introducing mandatory technical (EEDI) and operational (SEEMP) measures for the energy efficiency of ships. To date more than 2,700 new ships have been certified to the energy efficiency design requirement;
- .2 MEPC 65 (May 2013) adopted resolution MEPC.229(65) on *Promotion of technical co-operation and transfer of technology relating to the improvement of energy efficiency of ships*, which, among other things, requests IMO, through its various programmes (ITCP,¹ GloMEEP project,² MTCC network,³ etc.), to provide technical assistance to Member States to enable cooperation in the transfer of energy efficient technologies, in particular to developing countries; and
- .3 MEPC 70 (October 2016) adopted, by resolution MEPC.278(70), amendments to MARPOL Annex VI to introduce the *data collection system for fuel oil consumption of ships*, containing mandatory requirements for ships to record and report their fuel oil consumption. Ships of 5,000 gross tonnage and above (representing approximately 85% of the total CO₂ emissions from international shipping) are required to collect consumption data for each type of fuel oil they use, as well as other, additional, specified data including proxies for "transport work".

1.4 This Initial Strategy is the first milestone set out in the *Roadmap for developing a comprehensive IMO Strategy on reduction of GHG emissions from ships* (the Roadmap) approved at MEPC 70. The Roadmap identifies that a revised Strategy is to be adopted in 2023.

Context

1.5 The Initial Strategy falls within a broader context including:

¹ Integrated Technical Cooperation Programme <http://www.imo.org>

² Global Maritime Energy Efficiency Partnerships <http://glomeep.imo.org>

³ Global Maritime Technology Cooperation Centres Network <http://gmn.imo.org>

- .1 other existing instruments related to the law of the sea, including UNCLOS, and to climate change, including the UNFCCC and its related legal instruments, including the Paris Agreement;
- .2 the leading role of the Organization for the development, adoption and assistance in implementation of environmental regulations applicable to international shipping;
- .3 the decision of the thirtieth session of the Assembly in December 2017 that adopted for the Organization a Strategic Direction entitled "Respond to climate change"; and
- .4 the United Nations 2030 Agenda for Sustainable Development.

Emissions and emission scenarios

1.6 The *Third IMO GHG Study 2014* has estimated that GHG emissions from international shipping in 2012 accounted for some 2.2% of anthropogenic CO₂ emissions and that such emissions could grow by between 50% and 250% by 2050. Future IMO GHG studies would help reduce the uncertainties associated with these emission estimates and scenarios.

Objectives of the Initial Strategy

- 1.7 The Initial Strategy is aimed at:
- .1 enhancing IMO's contribution to global efforts by addressing GHG emissions from international shipping. International efforts in addressing GHG emissions include the Paris Agreement and its goals and the United Nations 2030 Agenda for Sustainable Development and its SDG 13: "*Take urgent action to combat climate change and its impacts*";
 - .2 identifying actions to be implemented by the international shipping sector, as appropriate, while addressing impacts on States and recognizing the critical role of international shipping in supporting the continued development of global trade and maritime transport services; and
 - .3 identifying actions and measures, as appropriate, to help achieve the above objectives, including incentives for research and development and monitoring of GHG emissions from international shipping.

2 VISION

IMO remains committed to reducing GHG emissions from international shipping and, as a matter of urgency, aims to phase them out as soon as possible in this century.

3 LEVELS OF AMBITION AND GUIDING PRINCIPLES

Levels of ambition

3.1 Subject to amendment depending on reviews to be conducted by the Organization, the Initial Strategy identifies levels of ambition for the international shipping sector noting that

technological innovation and the global introduction of alternative fuels and/or energy sources for international shipping will be integral to achieve the overall ambition. The reviews should take into account updated emission estimates, emissions reduction options for international shipping, and the reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), as relevant. Levels of ambition directing the Initial Strategy are as follows:

.1 carbon intensity of the ship to decline through implementation of further phases of the energy efficiency design index (EEDI) for new ships

to review with the aim to strengthen the energy efficiency design requirements for ships with the percentage improvement for each phase to be determined for each ship type, as appropriate;

.2 carbon intensity of international shipping to decline

to reduce CO₂ emissions per transport work, as an average across international shipping, by at least 40% by 2030, pursuing efforts towards 70% by 2050, compared to 2008; and

.3 GHG emissions from international shipping to peak and decline

to peak GHG emissions from international shipping as soon as possible and to reduce the total annual GHG emissions by at least 50% by 2050 compared to 2008 whilst pursuing efforts towards phasing them out as called for in the Vision as a point on a pathway of CO₂ emissions reduction consistent with the Paris Agreement temperature goals.

Guiding principles

3.2 The principles guiding the Initial Strategy include:

.1 the need to be cognizant of the principles enshrined in instruments already developed, such as:

.1 the principle of non-discrimination and the principle of no more favourable treatment, enshrined in MARPOL and other IMO conventions; and

.2 the principle of common but differentiated responsibilities and respective capabilities, in the light of different national circumstances, enshrined in UNFCCC, its Kyoto Protocol and the Paris Agreement;

.2 the requirement for all ships to give full and complete effect, regardless of flag, to implementing mandatory measures to ensure the effective implementation of this strategy;

- .3 the need to consider the impacts of measures on States, including developing countries, in particular, on LDCs and SIDS as noted by MEPC 68 (MEPC 68/21, paragraphs 4.18 to 4.19) and their specific emerging needs, as recognized in the Organization's Strategic Plan (resolution A.1110(30)); and
- .4 the need for evidence-based decision-making balanced with the precautionary approach as set out in resolution MEPC.67(37).

4 LIST OF CANDIDATE SHORT-, MID- AND LONG-TERM FURTHER MEASURES WITH POSSIBLE TIMELINES AND THEIR IMPACTS ON STATES

Timelines

4.1 Candidate measures set out in this Initial Strategy should be consistent with the following timelines:

- .1 possible short-term measures could be measures finalized and agreed by the Committee between 2018 and 2023. Dates of entry into force and when the measure can effectively start to reduce GHG emissions would be defined for each measure individually;
- .2 possible mid-term measures could be measures finalized and agreed by the Committee between 2023 and 2030. Dates of entry into force and when the measure can effectively start to reduce GHG emissions would be defined for each measure individually; and
- .3 possible long-term measures could be measures finalized and agreed by the Committee beyond 2030. Dates of entry into force and when the measure can effectively start to reduce GHG emissions would be defined for each measure individually.

4.2 In aiming for early action, the timeline for short-term measures should prioritize potential early measures that the Organization could develop, while recognizing those already adopted, including MARPOL Annex VI requirements relevant for climate change, with a view to achieve further reduction of GHG emissions from international shipping before 2023.

4.3 Certain mid- and long-term measures will require work to commence prior to 2023.

4.4 These timelines should be revised as appropriate as additional information becomes available.

4.5 Short-, mid- and long-term further measures to be included in the Revised IMO GHG Strategy should be accompanied by implementation schedules.

4.6 The list of candidate measures is non-exhaustive and is without prejudice to measures the Organization may further consider and adopt.

Candidate short-term measures

4.7 Measures can be categorized as those the effect of which is to directly reduce GHG emissions from ships and those which support action to reduce GHG emissions from ships. All the following candidate measures¹ represent possible short-term further action of the Organization on matters related to the reduction of GHG emissions from ships:

- .1 further improvement of the existing energy efficiency framework with a focus on EEDI and SEEMP, taking into account the outcome of the review of EEDI regulations;
- .2 develop technical and operational energy efficiency measures for both new and existing ships, including consideration of indicators in line with the three-step approach that can be utilized to indicate and enhance the energy efficiency performance of shipping, e.g. Annual Efficiency Ratio (AER), Energy Efficiency per Service Hour (EESH), Individual Ship Performance Indicator (ISPI) and Fuel Oil Reduction Strategy (FORS);
- .3 establishment of an Existing Fleet Improvement Programme;
- .4 consider and analyse the use of speed optimization and speed reduction as a measure, taking into account safety issues, distance travelled, distortion of the market or trade and that such measure does not impact on shipping's capability to serve remote geographic areas;
- .5 consider and analyse measures to address emissions of methane and further enhance measures to address emissions of Volatile Organic Compounds;
- .6 encourage the development and update of national action plans to develop policies and strategies to address GHG emissions from international shipping in accordance with guidelines to be developed by the Organization, taking into account the need to avoid regional or unilateral measures;
- .7 continue and enhance technical cooperation and capacity-building activities under the ITCP;
- .8 consider and analyse measures to encourage port developments and activities globally to facilitate reduction of GHG emissions from shipping, including provision of ship and shoreside/onshore power supply from renewable sources, infrastructure to support supply of alternative low-carbon and zero-carbon fuels, and to further optimize the logistic chain and its planning, including ports;
- .9 initiate research and development activities addressing marine propulsion, alternative low-carbon and zero-carbon fuels, and innovative technologies to further enhance the energy efficiency of ships and establish an International Maritime Research Board to coordinate and oversee these R&D efforts;
- .10 incentives for first movers to develop and take up new technologies;

¹ The Initial Strategy is subject to revision based on fuel oil consumption data collected during 2019-2021 and does not prejudice any specific further measures that may be implemented in Phase 3 of the three-step approach.

- .11 develop robust lifecycle GHG/carbon intensity guidelines for all types of fuels, in order to prepare for an implementation programme for effective uptake of alternative low-carbon and zero-carbon fuels;
- .12 actively promote the work of the Organization to the international community, in particular, to highlight that the Organization, since the 1990s, has developed and adopted technical and operational measures that have consistently provided a reduction of air emissions from ships, and that measures could support the Sustainable Development Goals, including SDG 13 on Climate Change; and
- .13 undertake additional GHG emission studies and consider other studies to inform policy decisions, including the updating of Marginal Abatement Cost Curves and alternative low-carbon and zero-carbon fuels.

Candidate mid-term measures

4.8 Measures can be categorized as those the effect of which is to directly reduce GHG emissions from ships and those which support action to reduce GHG emissions from ships. All the following candidate measures represent possible mid-term further action of the Organization on matters related to the reduction of GHG emissions from ships:

- .1 implementation programme for the effective uptake of alternative low-carbon and zero-carbon fuels, including update of national actions plans to specifically consider such fuels;
- .2 operational energy efficiency measures for both new and existing ships including indicators in line with three-step approach that can be utilized to indicate and enhance the energy efficiency performance of ships;
- .3 new/innovative emission reduction mechanism(s), possibly including Market based Measures (MBMs), to incentivize GHG emission reduction;
- .4 further continue and enhance technical cooperation and capacity-building activities such as under the ITCP; and
- .5 development of a feedback mechanism to enable lessons learned on implementation of measures to be collated and shared through a possible information exchange on best practice.

Candidate long-term measures

4.9 All the following candidate measures represent possible long-term further action of the Organization on matters related to the reduction of GHG emissions from ships:

- .1 pursue the development and provision of zero-carbon or fossil-free fuels to enable the shipping sector to assess and consider decarbonization in the second half of the century; and
- .2 encourage and facilitate the general adoption of other possible new/innovative emission reduction mechanism(s).

Impacts on States

4.10 The impacts on States of a measure should be assessed and taken into account as appropriate before adoption of the measure. Particular attention should be paid to the needs of developing countries, especially small island developing States (SIDS) and least developed countries (LDCs).

4.11 When assessing impacts on States the impact of a measure should be considered, as appropriate, inter alia, in the following terms:

- .1 geographic remoteness of and connectivity to main markets;
- .2 cargo value and type;
- .3 transport dependency;
- .4 transport costs;
- .5 food security;
- .6 disaster response;
- .7 cost-effectiveness; and
- .8 socio-economic progress and development.

4.12 The specification for and agreement on the procedure for assessing and taking into account the impacts of measures related to international shipping on States should be undertaken as a matter of urgency as part of the follow-up actions.

4.13 Disproportionately negative impacts should be assessed and addressed, as appropriate.

5 BARRIERS AND SUPPORTIVE MEASURES; CAPACITY-BUILDING AND TECHNICAL COOPERATION; R&D

5.1 The Committee recognizes that developing countries, in particular LDCs and SIDS, have special needs with regard to capacity-building and technical cooperation.

5.2 The Committee acknowledges that development and making globally available new energy sources that are safe for ships could be a specific barrier to the implementation of possible measures.

5.3 The Committee could assist the efforts to promote low-carbon technologies by facilitating public-private partnerships and information exchange.

5.4 The Committee should continue to provide mechanisms for facilitating information sharing, technology transfer, capacity-building and technical cooperation, taking into account resolution MEPC.229(65) on *Promotion of technical co-operation and transfer of technology relating to the improvement of energy efficiency of ships*.

5.5 The Organization is requested to assess periodically the provision of financial and technological resources and capacity-building to implement the Strategy through the ITCP and other initiatives including the GloMEEP project and the MTCC network.

6 FOLLOW-UP ACTIONS TOWARDS THE DEVELOPMENT OF THE REVISED STRATEGY

6.1 A programme of follow-up actions of the Initial Strategy should be developed.

6.2 The key stages for the adoption of a Revised IMO GHG Strategy in 2023 as set out in the Roadmap, are as follows:

Spring 2018 (MEPC 72)	Adoption of the Initial Strategy ¹ including, inter alia, a list of candidate short-, mid- and long-term further measures with possible timelines, to be revised as appropriate as additional information becomes available
January 2019	Start of Phase 1: Data collection (Ships to collect data)
Spring 2019 (MEPC 74)	Initiation of Fourth IMO GHG Study using data from 2012-2018
Summer 2020	Data from 2019 to be reported to IMO
Autumn 2020 (MEPC 76)	Start of Phase 2: data analysis (no later than autumn 2020) Publication of Fourth IMO GHG Study for consideration by MEPC 76
Spring 2021 (MEPC 77)	Secretariat report summarizing the 2019 data pursuant to regulation 22A.10 Initiation of work on adjustments on Initial IMO Strategy, based on Data Collection System (DCS) data
Summer 2021	Data for 2020 to be reported to IMO
Spring 2022 (MEPC 78)	Phase 3: Decision step Secretariat report summarizing the 2020 data pursuant to regulation 22A.10
Summer 2022	Data for 2021 to be reported to IMO
Spring 2023 (MEPC 80)	Secretariat report summarizing the 2021 data pursuant to regulation 22A.10 Adoption of Revised IMO Strategy, including short-, mid- and long-term further measure(s), as required, with implementation schedules

6.3 The Marginal Abatement Cost Curve (MACC) for each measure, as appropriate, should be ascertained and updated, and then evaluated on a regular basis.

¹ Initial IMO Strategy is subject to revision based on DCS data during 2019-2021 and does not prejudice any specific further measures that may be implemented in Phase 3 of the three-step approach.

7 PERIODIC REVIEW OF THE STRATEGY

7.1 The Revised Strategy is to be adopted in spring 2023.

7.2 The Revised Strategy should be subject to a review five years after its final adoption.

7.3 The Committee should undertake the review including defining the scope of the review and its terms of reference.

Παράρτημα 4:Annex 19 – RESOLUTION MEPC.203(62)

ANNEX 19

RESOLUTION MEPC.203(62)

Adopted on 15 July 2011

AMENDMENTS TO THE ANNEX OF THE PROTOCOL OF 1997 TO AMEND THE INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PREVENTION OF POLLUTION FROM SHIPS, 1973, AS MODIFIED BY THE PROTOCOL OF 1978 RELATING THERETO

(Inclusion of regulations on energy efficiency for ships in MARPOL Annex VI)

THE MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE,

RECALLING Article 38(a) of the Convention on the International Maritime Organization concerning the functions of the Marine Environment Protection Committee (the Committee) conferred upon it by international conventions for the prevention and control of marine pollution,

NOTING article 16 of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 (hereinafter referred to as the "1973 Convention"), article VI of the Protocol of 1978 relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 (hereinafter referred to as the "1978 Protocol") and article 4 of the Protocol of 1997 to amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (hereinafter referred to as the "1997 Protocol"), which together specify the amendment procedure of the 1997 Protocol and confer upon the appropriate body of the Organization the function of considering and adopting amendments to the 1973 Convention, as modified by the 1978 and 1997 Protocols,

NOTING ALSO that, by the 1997 Protocol, Annex VI entitled Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships was added to the 1973 Convention (hereinafter referred to as "Annex VI"),

NOTING FURTHER that the revised Annex VI was adopted by resolution MEPC.176(58) and entered into force on 1 July 2010,

RECOGNIZING that the amendments to Annex VI and inclusion of a new chapter 4 intend to improve energy efficiency for ships through a set of technical performance standards, which would result in reduction of emissions of any substances that originate from fuel oil and its combustion process, including those already controlled by Annex VI,

RECOGNIZING ALSO that adoption of the amendments to Annex VI in no way prejudices the negotiations held in other international fora, such as the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), nor affect the positions of the countries that participate in such negotiation,

HAVING CONSIDERED draft amendments to the revised Annex VI for inclusion of regulations on energy efficiency for ships,

1. ADOPTS, in accordance with article 16(2)(d) of the 1973 Convention, the

amendments to Annex VI, the text of which is set out in the annex to the present resolution;

1. DETERMINES, in accordance with article 16(2)(f)(iii) of the 1973 Convention, that the amendments shall be deemed to have been accepted on 1 July 2012, unless prior to that date, not less than one third of the Parties or Parties the combined merchant fleets of which constitute not less than 50 per cent of the gross tonnage of the world's merchant fleet, have communicated to the Organization their objection to the amendments;
2. INVITES the Parties to note that, in accordance with article 16(2)(g)(ii) of the 1973 Convention, the said amendments shall enter into force on 1 January 2013 upon their acceptance in accordance with paragraph 2 above;
3. REQUESTS the Secretary-General, in conformity with article 16(2)(e) of the 1973 Convention, to transmit to all Parties to the 1973 Convention, as modified by the 1978 and 1997 Protocols, certified copies of the present resolution and the text of the amendments contained in the Annex;
4. REQUESTS FURTHER the Secretary-General to transmit to the Members of the Organization which are not Parties to the 1973 Convention, as modified by the 1978 and 1997 Protocols, copies of the present resolution and its Annex; and
5. INVITES the Parties to MARPOL Annex VI and other Member Governments to bring the amendments to MARPOL Annex VI to the attention of shipowners, ship operators, shipbuilders, ship designers, marine diesel engine and equipment manufacturers as well as any other interested groups.

ANNEX

AMENDMENTS TO MARPOL ANNEX VI ON REGULATIONS FOR THE PREVENTION OF AIR POLLUTION FROM SHIPS BY INCLUSION OF NEW REGULATIONS ON ENERGY EFFICIENCY FOR SHIPS

CHAPTER 1

GENERAL

Regulation 1

Application

1 The regulation is amended as follows:

"The provisions of this Annex shall apply to all ships, except where expressly provided otherwise in regulations 3, 5, 6, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22 and 23 of this Annex."

Regulation 2

Definitions

2 Paragraph 21 is amended as follows:

"21 *Tanker* in relation to regulation 15 means an oil tanker as defined in regulation 1 of Annex I or a chemical tanker as defined in regulation 1 of Annex II of the present Convention."

3 The following is added at the end of regulation 2:

"For the purpose of chapter 4:

22 "Existing ship" means a ship which is not a new ship.

23 "New ship" means a ship:

.1 for which the building contract is placed on or after 1 January 2013;
or

.2 in the absence of a building contract, the keel of which is laid or which is at a similar stage of construction on or after 1 July 2013; or

.3 the delivery of which is on or after 1 July 2015.

24 "Major Conversion" means in relation to chapter 4 a conversion of a ship:

- .1 which substantially alters the dimensions, carrying capacity or engine power of the ship; or
 - .2 which changes the type of the ship; or
 - .3 the intent of which in the opinion of the Administration is substantially to prolong the life of the ship; or
 - .4 which otherwise so alters the ship that, if it were a new ship, it would become subject to relevant provisions of the present Convention not applicable to it as an existing ship; or
 - .5 which substantially alters the energy efficiency of the ship and includes any modifications that could cause the ship to exceed the applicable required EEDI as set out in regulation 21.
- 25 "Bulk carrier" means a ship which is intended primarily to carry dry cargo in bulk, including such types as ore carriers as defined in SOLAS chapter XII, regulation 1, but excluding combination carriers.
 - 26 "Gas carrier" means a cargo ship constructed or adapted and used for the carriage in bulk of any liquefied gas.
 - 27 "Tanker" in relation to chapter 4 means an oil tanker as defined in MARPOL Annex I, regulation 1 or a chemical tanker or an NLS tanker as defined in MARPOL Annex II, regulation 1.
 - 28 "Container ship" means a ship designed exclusively for the carriage of containers in holds and on deck.
 - 29 "General cargo ship" means a ship with a multi-deck or single deck hull designed primarily for the carriage of general cargo. This definition excludes specialized dry cargo ships, which are not included in the calculation of reference lines for general cargo ships, namely livestock carrier, barge carrier, heavy load carrier, yacht carrier, nuclear fuel carrier.
 - 30 "Refrigerated cargo carrier" means a ship designed exclusively for the carriage of refrigerated cargoes in holds.
 - 31 "Combination carrier" means a ship designed to load 100% deadweight with both liquid and dry cargo in bulk.
 - 32 "Passenger ship" means a ship which carries more than 12 passengers.
 - 33 "Ro-ro cargo ship (vehicle carrier)" means a multi deck roll-on-roll-off cargo ship designed for the carriage of empty cars and trucks.
 - 34 "Ro-ro cargo ship" means a ship designed for the carriage of roll-on-roll-off cargo transportation units.

- 25 "Ro-ro passenger ship" means a passenger ship with roll-on-roll-off cargo spaces.
- 26 "Attained EEDI" is the EEDI value achieved by an individual ship in accordance with regulation 20 of chapter 4.
- 27 "Required EEDI" is the maximum value of attained EEDI that is allowed by regulation 21 of chapter 4 for the specific ship type and size."

CHAPTER 2

SURVEY, CERTIFICATION AND MEANS OF CONTROL

Regulation 5

Surveys

- 4 Paragraph 1 is amended as follows:

"1 Every ship of 400 gross tonnage and above and every fixed and floating drilling rig and other platforms shall to ensure compliance with chapter 3 be subject to the surveys specified below:

- .1 An initial survey before the ship is put into service or before the certificate required under regulation 6 of this Annex is issued for the first time. This survey shall be such as to ensure that the equipment, systems, fittings, arrangements and material fully comply with the applicable requirements of chapter 3;
- .2 A renewal survey at intervals specified by the Administration, but not exceeding five years, except where regulation 9.2, 9.5, 9.6 or 9.7 of this Annex is applicable. The renewal survey shall be such as to ensure that the equipment, systems, fittings, arrangements and material fully comply with applicable requirements of chapter 3;
- .3 An intermediate survey within three months before or after the second anniversary date or within three months before or after the third anniversary date of the certificate which shall take the place of one of the annual surveys specified in paragraph 1.4 of this regulation. The intermediate survey shall be such as to ensure that the equipment and arrangements fully comply with the applicable requirements of chapter 3 and are in good working order. Such intermediate surveys shall be endorsed on the IAPP Certificate issued under regulation 6 or 7 of this Annex;

- .4 An annual survey within three months before or after each anniversary date of the certificate, including a general inspection of the equipment, systems, fittings, arrangements and material referred to in paragraph 1.1 of this regulation to ensure that they have been maintained in accordance with paragraph 5 of this regulation and that they remain satisfactory for the service for which the ship is intended. Such annual surveys shall be endorsed on the IAPP Certificate issued under regulation 6 or 7 of this Annex; and
- .5 An additional survey either general or partial, according to the circumstances, shall be made whenever any important repairs or renewals are made as prescribed in paragraph 5 of this regulation or after a repair resulting from investigations prescribed in paragraph 6 of this regulation. The survey shall be such as to ensure that the necessary repairs or renewals have been effectively made, that the material and workmanship of such repairs or renewals are in all respects satisfactory and that the ship complies in all respects with the requirements of chapter 3."

4 Paragraph 2 is amended as follows:

"2 In the case of ships of less than 400 gross tonnage, the Administration may establish appropriate measures in order to ensure that the applicable provisions of chapter 3 are complied with."

5 A new paragraph 4 is added after existing paragraph 3 as follows:

"4 Ships to which chapter 4 applies shall also be subject to the surveys specified below, taking into account Guidelines adopted by the Organization¹:

.1 An initial survey before a new ship is put in service and before the International Energy Efficiency Certificate is issued. The survey shall verify that the ship's attained EEDI is in accordance with the requirements in chapter 4, and that the SEEMP required by regulation 22 is on board;

.2 A general or partial survey, according to the circumstances, after a major conversion of a ship to which this regulation applies. The survey shall ensure that the attained EEDI is recalculated as necessary and meets the requirement of regulation 21, with the reduction factor applicable to the ship type and size of the converted ship in the phase corresponding to the date of contract or keel laying or delivery determined for the original ship in accordance with regulation 2.23;

.3 In cases where the major conversion of a new or existing ship is so extensive that the ship is regarded by the Administration as a newly constructed ship, the Administration shall determine the necessity of an initial survey on attained EEDI. Such a survey, if determined necessary, shall ensure that the attained EEDI is calculated and

¹ Refer to Guidelines on Survey and Certification of the Energy Efficiency Design Index.

meets the requirement of regulation 21, with the reduction factor applicable corresponding to the ship type and size of the converted ship at the date of the contract of the conversion, or in the absence of a contract, the commencement date of the conversion. The survey shall also verify that the SEEMP required by regulation 22 is on board; and

.4 For existing ships, the verification of the requirement to have a SEEMP on board according to regulation 22 shall take place at the first intermediate or renewal survey identified in paragraph 1 of this regulation, whichever is the first, on or after 1 January 2013."

7 Paragraph 4 is renumbered paragraph 5.

8 Paragraph 5 is renumbered paragraph 6.

Regulation 6

Issue or endorsement of a Certificate

9 The heading is amended as follows:

"Issue or endorsement of Certificates"

10 The following sub-heading is added at the beginning of the regulation:

"International Air Pollution Prevention Certificate"

11 Paragraph 2 is amended as follows:

"2 A ship constructed before the date Annex VI enters into force for that particular ship's Administration, shall be issued with an International Air Pollution Prevention Certificate in accordance with paragraph 1 of this regulation no later than the first scheduled dry-docking after the date of such entry into force, but in no case later than three years after this date."

12 The following is added at the end of the regulation:

"International Energy Efficiency Certificate

4 An International Energy Efficiency Certificate for the ship shall be issued after a survey in accordance with the provisions of regulation 5.4 to any ship of 400 gross tonnage and above before that ship may engage in voyages to ports or offshore terminals under the jurisdiction of other Parties.

4 The certificate shall be issued or endorsed either by the Administration or any organization duly authorized by it¹. In every case, the Administration assumes full responsibility for the certificate."

Regulation 7

Issue of a Certificate by another Party

13 Paragraph 1 is amended as follows:

"1 A Party may, at the request of the Administration, cause a ship to be surveyed and, if satisfied that the applicable provisions of this Annex are complied with, shall issue or authorize the issuance of an International Air Pollution Prevention Certificate or an International Energy Efficiency Certificate to the ship, and where appropriate, endorse or authorize the endorsement of such certificates on the ship, in accordance with this Annex."

14 Paragraph 4 is amended as follows:

"4 No International Air Pollution Prevention Certificate or International Energy Efficiency Certificate shall be issued to a ship which is entitled to fly the flag of a State which is not a Party."

Regulation 8

Form of Certificate

15 The heading is amended as follows:

"Form of Certificates"

16 The following subheading is added, and the existing regulation is renumbered as paragraph 1:

"International Air Pollution Prevention Certificate"

17 The following new paragraph 2 is added at the end of the regulation:

"International Energy Efficiency Certificate"

2 The International Energy Efficiency Certificate shall be drawn up in a form corresponding to the model given in appendix VIII to this Annex and shall be at least

¹ Refer to the Guidelines for the authorization of organizations acting on behalf of the Administration, adopted by the Organization by resolution A.739(18), as may be amended by the Organization, and the Specifications on the survey and certification functions of recognized organizations acting on behalf of the Administration, adopted by the Organization by resolution A.789(19), as may be amended by the Organization.

in English, French or Spanish. If an official language of the issuing Party is also used, this shall prevail in case of a dispute or discrepancy."

Regulation 9

Duration and Validity of Certificate

18 The heading is amended as follows:

"Duration and Validity of Certificates"

19 The following subheading is added at the beginning of the regulation:

"International Air Pollution Prevention Certificate"

20 The following is added at the end of the regulation:

"International Energy Efficiency Certificate"

10 The International Energy Efficiency Certificate shall be valid throughout the life of the ship subject to the provisions of paragraph 11 below.

11 An International Energy Efficiency Certificate issued under this Annex shall cease to be valid in any of the following cases:

- .1 if the ship is withdrawn from service or if a new certificate is issued following major conversion of the ship; or
- .2 upon transfer of the ship to the flag of another State. A new certificate shall only be issued when the Government issuing the new certificate is fully satisfied that the ship is in compliance with the requirements of chapter 4. In the case of a transfer between Parties, if requested within three months after the transfer has taken place, the Government of the Party whose flag the ship was formerly entitled to fly shall, as soon as possible, transmit to the Administration copies of the certificate carried by the ship before the transfer and, if available, copies of the relevant survey reports."

Regulation 10

Port State Control on Operational Requirements

21 A new paragraph 5 is added at the end of the regulation as follows:

"5 In relation to chapter 4, any port State inspection shall be limited to verifying, when appropriate, that there is a valid International Energy Efficiency Certificate on board, in accordance with article 5 of the Convention."

A new chapter 4 is added at the end of the Annex as

21 A new chapter 4 is added at the end of the Annex as follows:

"CHAPTER 4

REGULATIONS ON ENERGY EFFICIENCY FOR SHIPS

Regulation 19

Application

- 1 This chapter shall apply to all ships of 400 gross tonnage and above.
- 2 The provisions of this chapter shall not apply to:
 - .1 ships solely engaged in voyages within waters subject to the sovereignty or jurisdiction of the State the flag of which the ship is entitled to fly. However, each Party should ensure, by the adoption of appropriate measures, that such ships are constructed and act in a manner consistent with chapter 4, so far as is reasonable and practicable.
- 3 Regulation 20 and regulation 21 shall not apply to ships which have diesel-electric propulsion, turbine propulsion or hybrid propulsion systems.
- 4 Notwithstanding the provisions of paragraph 1 of this regulation, the Administration may waive the requirement for a ship of 400 gross tonnage and above from complying with regulation 20 and regulation 21.
- 5 The provision of paragraph 4 of this regulation shall not apply to ships of 400 gross tonnage and above:
 - .1 for which the building contract is placed on or after 1 January 2017; or
 - .2 in the absence of a building contract, the keel of which is laid or which is at a similar stage of construction on or after 1 July 2017; or
 - .3 the delivery of which is on or after 1 July 2019; or
 - .4 in cases of a major conversion of a new or existing ship, as defined in regulation 2.24, on or after 1 January 2017, and in which regulation 5.4.2 and regulation 5.4.3 of chapter 2 apply.
- 6 The Administration of a Party to the present Convention which allows application of paragraph 4, or suspends, withdraws or declines the application of that paragraph, to a ship entitled to fly its flag shall forthwith communicate to the Organization for circulation to the Parties to the present Protocol particulars thereof, for their information.

Regulation 20

Attained Energy Efficiency Design Index (Attained EEDI)

- 1 The attained EEDI shall be calculated for:
 - .1 each new ship;
 - .2 each new ship which has undergone a major conversion; and
 - .3 each new or existing ship which has undergone a major conversion, that is so extensive that the ship is regarded by the Administration as a newly constructed ship

which falls into one or more of the categories in regulations 2.25 to 2.35. The attained EEDI shall be specific to each ship and shall indicate the estimated performance of the ship in terms of energy efficiency, and be accompanied by the EEDI technical file that contains the information necessary for the calculation of the attained EEDI and that shows the process of calculation. The attained EEDI shall be verified, based on the EEDI technical file, either by the Administration or by any organization¹ duly authorized by it.

- 2 The attained EEDI shall be calculated taking into account guidelines² developed by the Organization.

Regulation 21

Required EEDI

- 1 For each:
 - .1 new ship;
 - .2 new ship which has undergone a major conversion; and
 - .3 new or existing ship which has undergone a major conversion that is so extensive that the ship is regarded by the Administration as a newly constructed ship

which falls into one of the categories defined in regulation 2.25 to 2.31 and to which this chapter is applicable, the attained EEDI shall be as follows:

$$\text{Attained EEDI} \leq \text{Required EEDI} = (1-X/100) \times \text{Reference line value}$$

¹ Refer to the Guidelines for the authorization of organizations acting on behalf of the Administration, adopted by the Organization by resolution A.739(18), as may be amended by the Organization, and the Specifications on the survey and certification functions of recognized organizations acting on behalf of the Administration, adopted by the Organization by resolution A.789(19), as may be amended by the Organization.

² Guidelines on the method of calculation of the Energy Efficiency Design Index for new ships.

where X is the reduction factor specified in Table 1 for the required EEDI compared to the EEDI Reference line.

- 1 For each new and existing ship that has undergone a major conversion which is so extensive that the ship is regarded by the Administration as a newly constructed ship, the attained EEDI shall be calculated and meet the requirement of paragraph 21.1 with the reduction factor applicable corresponding to the ship type and size of the converted ship at the date of the contract of the conversion, or in the absence of a contract, the commencement date of the conversion.

Table 1. Reduction factors (in percentage) for the EEDI relative to the EEDI Reference line

Ship Type	Size	Phase 0 1 Jan 2013 – 31 Dec 2014	Phase 1 1 Jan 2015 – 31 Dec 2019	Phase 2 1 Jan 2020 – 31 Dec 2024	Phase 3 1 Jan 2025 and onwards
Bulk carrier	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	10,000 – 20,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Gas carrier	10,000 DWT and above	0	10	20	30
	2,000 – 10,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Tanker	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	4,000 – 20,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Container ship	15,000 DWT and above	0	10	20	30
	10,000 – 15,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Ship Type	Size	Phase 0 1 Jan 2013 – 31 Dec 2014	Phase 1 1 Jan 2015 – 31 Dec 2019	Phase 2 1 Jan 2020 – 31 Dec 2024	Phase 3 1 Jan 2025 and onwards
General Cargo ships	15,000 DWT and above	0	10	15	30
	3,000 – 15,000 DWT	n/a	0-10*	0-15*	0-30*
Refrigerated cargo carrier	5,000 DWT and above	0	10	15	30
	3,000 – 5,000 DWT	n/a	0-10*	0-15*	0-30*
Combination carrier	20,000 DWT and above	0	10	20	30

	4,000 – 20,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
--	-----------------------	-----	-------	-------	-------

* Reduction factor to be linearly interpolated between the two values dependent upon vessel size. The lower value of the reduction factor is to be applied to the smaller ship size.

n/a means that no required EEDI applies.

3 The Reference line values shall be calculated as follows:

$$\text{Reference line value} = a \times b^{-c}$$

where a, b and c are the parameters given in Table 2.

Table 2. Parameters for determination of reference values for the different ship types

Ship type defined in regulation 2	a	b	c
2.25 Bulk carrier	961.79	DWT of the ship	0.477
2.26 Gas carrier	1120.00	DWT of the ship	0.456
2.27 Tanker	1218.80	DWT of the ship	0.488
2.28 Container ship	174.22	DWT of the ship	0.201
2.29 General cargo ship	107.48	DWT of the ship	0.216
2.30 Refrigerated cargo carrier	227.01	DWT of the ship	0.244
2.31 Combination carrier	1219.00	DWT of the ship	0.488

4 If the design of a ship allows it to fall into more than one of the above ship type definitions, the required EEDI for the ship shall be the most stringent (the lowest) required EEDI.

5 For each ship to which this regulation applies, the installed propulsion power shall not be less than the propulsion power needed to maintain the manoeuvrability of the ship under adverse conditions as defined in the guidelines to be developed by the Organization.

6 At the beginning of Phase 1 and at the midpoint of Phase 2, the Organization shall review the status of technological developments and, if proven necessary, amend the time periods, the EEDI reference line parameters for relevant ship types and reduction rates set out in this regulation.

Regulation 22

Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)

1 Each ship shall keep on board a ship specific Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). This may form part of the ship's Safety Management System (SMS).

2 The SEEMP shall be developed taking into account guidelines adopted by the Organization.

Regulation 23

Promotion of technical co-operation and transfer of technology relating to the improvement of energy efficiency of ships

1 Administrations shall, in co-operation with the Organization and other international bodies, promote and provide, as appropriate, support directly or through the Organization to States, especially developing States, that request technical assistance.

2 The Administration of a Party shall co-operate actively with other Parties, subject to its national laws, regulations and policies, to promote the development and transfer of technology and exchange of information to States which request technical assistance, particularly developing States, in respect of the implementation of measures to fulfil the requirements of chapter 4 of this annex, in particular regulations 19.4 to 19.6."

23 A new appendix VIII is added at the end of the Annex as follows:

"APPENDIX VIII

Form of International Energy Efficiency (IEE) Certificate

INTERNATIONAL ENERGY EFFICIENCY CERTIFICATE

Issued under the provisions of the Protocol of 1997, as amended by resolution MEPC.203(62), to amend the International Convention for the Prevention of Pollution by Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 related thereto (hereinafter referred to as "the Convention") under the authority of the Government of:

.....
(Full designation of the Party)

by

.....
(Full designation of the competent person or organization authorized under the provisions of the Convention) **Particulars of ship**¹

Name of ship

Distinctive number or letters

¹ Alternatively, the particulars of the ship may be placed horizontally in boxes.

Port of registry

Gross tonnage

IMO Number¹

THIS IS TO CERTIFY:

- 1 That the ship has been surveyed in accordance with regulation 5.4 of Annex VI of the Convention; and
- 2 That the survey shows that the ship complies with the applicable requirements in regulation 20, regulation 21 and regulation 22.

Completion date of survey on which this Certificate is based: (dd/mm/yyyy)

Issued at
(Place of issue of certificate)

(dd/mm/yyyy):
(Date of issue) (Signature of duly authorized official issuing the certificate)

(Seal or stamp of the authority, as appropriate)

Supplement to the International Energy Efficiency Certificate (IEE Certificate)

RECORD OF CONSTRUCTION RELATING TO ENERGY EFFICIENCY

Notes:	
1	This Record shall be permanently attached to the IEE Certificate. The IEE Certificate shall be available on board the ship at all times.
2	The Record shall be at least in English, French or Spanish. If an official language of the issuing Party is also used, this shall prevail in case of a dispute or discrepancy.

¹ In accordance with IMO ship identification number scheme, adopted by the Organization by resolution A.600(15).

- 3 Entries in boxes shall be made by inserting either: a cross (x) for the answers "yes" and "applicable"; or a dash (-) for the answers "no" and "not applicable", as appropriate.
- 4 Unless otherwise stated, regulations mentioned in this Record refer to regulations in Annex VI of the Convention, and resolutions or circulars refer to those adopted by the International Maritime Organization.

1 Particulars of ship

- 1.1 Name of ship
- 1.2 IMO number
- 1.3 Date of building contract
- 1.4 Gross tonnage
- 1.5 Deadweight
- 1.6 Type of ship*

2 Propulsion system

- 2.1 Diesel propulsion
- 2.2 Diesel-electric propulsion
- 2.3 Turbine propulsion
- 2.4 Hybrid propulsion
- 2.5 Propulsion system other than any of the above

* Insert ship type in accordance with definitions specified in regulation 2. Ships falling into more than one of the ship types defined in regulation 2 should be considered as being the ship type with the most stringent (the lowest) required EEDI. If ship does not fall into the ship types defined in regulation 2, insert "Ship other than any of the ship type defined in regulation 2".

3 Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI)

- 3.1 The Attained EEDI in accordance with regulation 20.1 is calculated based on the information contained in the EEDI technical file which also shows the process of calculating the Attained EEDI.

The Attained EEDI is: grams-CO₂/tonne-mile

- 3.2 The Attained EEDI is not calculated as:

- 3.2.1 the ship is exempt under regulation 20.1 as it is not a new ship as defined in regulation 2.23
- 3.2.2 the type of propulsion system is exempt in accordance with regulation 19.3
- 3.2.3 the requirement of regulation 20 is waived by the ship's Administration in accordance with regulation 19.4
- 3.2.4 the type of ship is exempt in accordance with regulation 20.1

4 Required EEDI

- 4.1 Required EEDI is: grams-CO₂/tonne-mile
- 4.2 The required EEDI is not applicable as:
 - 4.2.1 the ship is exempt under regulation 21.1 as it is not a new ship as defined in regulation 2.23
 - 4.2.2 the type of propulsion system is exempt in accordance with regulation 19.3
 - 4.2.3 the requirement of regulation 21 is waived by the ship's Administration in accordance with regulation 19.4
 - 4.2.4 the type of ship is exempt in accordance with regulation 21.1
 - 4.2.5 the ship's capacity is below the minimum capacity threshold in Table 1 of regulation 21.2

5 Ship Energy Efficiency Management Plan

- 5.1 The ship is provided with a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) in compliance with regulation 22

6 EEDI technical file

- 6.1 The IEE Certificate is accompanied by the EEDI technical file in compliance with regulation 20.1
 - 6.2 The EEDI technical file identification/verification number
 - 6.3 The EEDI technical file verification date
- THIS IS TO CERTIFY that this Record is correct in all respects.

Issued at

(Place of issue of the Record)

(dd/mm/yyyy):
(Date of issue) (Signature of duly authorized official issuing the Record)

(Seal or stamp of the authority, as appropriate)"
