

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**



**ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΣΤΗ**

**ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

**«ΣΤΡΟΦΗ ΣΤΗΝ ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ, ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ  
ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΕΠΟΧΗΣ, Η ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΞΟΔΩΝ  
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ»**

Χαρούλης Νικόλαος

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του

Πανεπιστημίου Πειραιώς ως

μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος

Ειδίκευσης

στην Ναυτιλία

Πειραιάς

Οκτώβριος 2015

## **ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**

Εγώ, ο Χαρούλης Νικόλαος, υπεύθυνος για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας δηλώνω ότι φέρω ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του εκπαιδευτικού σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης, της φύσης του υλικού που χρησιμοποιήθηκε (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος που χρησιμοποιήθηκε σε σχέση με όλο το κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στην γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

## **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

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

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν

- Πελαγίδης Θεόδωρος
- Τσελέντης Βασίλειος - Στυλιανός
- Σακελλαριάδου Φάνη

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

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή μου Κο Πελαγίδη Θεόδωρο για την εμπιστοσύνη στην ανάθεση του θέματος, καθώς και για την καθοδήγηση, την ενθάρρυνση και υποστήριξη σε όλα τα στάδια της εργασίας αλλά και τις καίριες συμβουλές τους. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να αποδώσω και στα μέλη της Επιτροπής, Κο Τσελέντη Βασίλειο - Στυλιανό και Κα Σακελλαριάδου Φάνη.

Θερμές ευχαριστίες σε όλους του καθηγητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος στην Ναυτιλία που μου έδωσαν τα απαραίτητα εφόδια να αποκτήσω ένα καλό επίπεδο πάνω στον τομέα της Ναυτιλίας.

Θερμές ευχαριστίες στην οικογένεια μου και στην Παναγιώτα Δενδρινού που με την αμέριστη συμπαράσταση τους συνέβαλαν στην προσπάθεια μου να φέρω εις πέρας την Διπλωματική μου Εργασία.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω την παρούσα Διπλωματική Εργασία στην οικογένεια μου.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	1
Εισαγωγή.....	5
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ .....</b>	<b>8</b>
1.1 Αέριοι ρύποι ποιό είναι και πώς δημιουργούνται.....	8
1.2 Ρυθμιστικό πλαίσιο για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους .....	8
1.2.1 Οι διατάξεις της σύμβασης για το δίκαιο της θάλασσας (UNCLOS) .....	10
1.2.2 Οι πρόσφατες κανονιστικές απόπειρες στο πλαίσιο του IMO .....	11
1.2.3 Η κοινοτική πολιτική και νομοθεσία .....	14
1.2.4 Η γενικευμένη απουσία ρυθμίσεων για τον περιορισμό της θερμοκηπιακής ρύπανσης .....	20
1.3 Η αναγκαιότητα για στροφή στην πράσινη ναυτιλία .....	22
1.3.1 Διεθνείς και κατά τόπους κανονισμοί .....	22
1.3.2 Μείωση φυσικών πόρων και αύξηση κόστους ενέργειας.....	23
1.4 Τομείς όπου επιτυγχάνεται εξοικονόμηση πόρων .....	23
<b>2. ECO SPEED ΚΑΙ ROUTING .....</b>	<b>25</b>
2.1 Γενικά τί είναι το ECO SPEED και πώς επιτυγχάνεται .....	25
2.2 Ωφέλειες από την ναυσιπλοΐα με ECO SPEED .....	28
2.3 Προβλήματα και μειονεκτήματα SLOW STEAMING .....	29
2.3.1 Συστάσεις για τη μείωση ή την ελαχιστοποίηση των κινδύνων που εμπλέκονται στην λειτουργία ενός πλοίου με SLOW STEAMING.....	30
2.4 Επιλογές του πλοιοκτήτη σχετικά με την βέλτιστη διαδρομή arrive just on time) .....	31
<b>3. ENERGY EFFICIENCY .....</b>	<b>34</b>
3.1 Εισαγωγικά .....	34
3.2 Απαιτήσεις για ενεργειακή απόδοση πλοίων .....	38
3.3 Μέθοδοι και διαδικασίες με τις οποίες επιτυγχάνεται η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των νεότευκτων πλοίων (EEDI) .....	39
3.3.1 Εφαρμογή των απαιτήσεων του EEDI .....	41
3.3.2 Καινοτόμες τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας και επίδρασης αυτών στον EEDI .....	43
3.3.2.1 Απώλειες ενέργειας επί του πλοίου .....	43
3.3.2.2 Μετατόπιση της καμπύλης ισχύος του πλοίου, έχοντας ως αποτέλεσμα την αλλαγή του σχεδιασμού της <b>PME</b> και της <b>Vref</b> .....	45

3.3.2.3	Αφαίρεση της εξοικονομούμενης ενέργειας (παραγωγή της συσκευής εξοικονόμησης ενέργειας) από την ισχύ της κύριας μηχανής.....	50
3.3.2.4	Αφαίρεση της εξοικονομούμενης ενέργειας (παραγωγή της συσκευής εξοικονόμησης ενέργειας) από την ισχύ των βοηθητικών μηχανών.....	52
3.3.2.5	Μείωση της Ειδικής Κατανάλωσης της Μηχανής .....	54
3.3.2.6	Τύπος καυσίμου .....	55
<b>4. ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΒΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....</b>		<b>57</b>
4.1	Εισαγωγικά .....	57
4.2	Απορριπτόμενη Θερμότητα .....	57
4.2.1	Εισαγωγή - Ορισμός .....	57
4.2.2	Ανάκτηση θερμότητας απο Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ.).....	58
4.2.3	Ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης με σύστημα ανάκτησης της απορριπτόμενης θερμότητας (whrs).....	59
4.2.4	Εναλλακτικά συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας .....	64
4.2.4.1	Το υβριδικό σύστημα βοηθητικής ενέργειας .....	64
4.2.4.2	Δημιουργία ηλεκτρικών δικτύων χαμηλών απωλειών .....	65
4.2.4.3	Σύστημα ηλεκτρογεννητριών μεταβλητών στροφών .....	66
4.2.4.4	LNG καύσιμα .....	67
4.2.4.5	Delta Tuning .....	68
4.2.4.6	Common Rail (CR) .....	69
4.2.4.8	Διαχείριση ενέργειας .....	69
4.2.4.9	Ηλιακή Ενέργεια .....	70
4.2.4.10	Αντλίες μεταβλητή ταχύτητας .....	70
4.2.4.11	Ολοκληρωμένα συστήματα αυτομάτου ελέγχου .....	71
4.2.5	Οφέλη της ανάκτησης θερμότητας .....	72
<b>5. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ &amp; ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ .....</b>		<b>73</b>
5.1	Εισαγωγικά .....	73
5.2	Συνεισφορά των πλοίων στην ατμοσφαιρική ρύπανση .....	76
5.2.1	Διαδικασία Φορτοεκφόρτωσης .....	79
5.2.2	Ρύπανση απο εκούσιες απορρίψεις ουσιών .....	80
5.2.3	Διαδικασίες ερματισμού και αφερματισμού .....	81
5.2.4	Διαδικασία πλύσης δεξαμενών φορτίων .....	82
5.2.5	Εκπομπές ναυτικών κινητήρων .....	82
5.3	Διαδικασίες και εναλλακτικές λειτουργίες για μείωση ρύπων .....	84
5.3.1	Οξειδία του αζώτου .....	85

5.3.1.1	Πρωτογενείς Μέθοδοι .....	85
5.3.1.2	Δευτερογενείς Μέθοδοι .....	86
5.3.2	Οξειδια του θείου .....	91
5.3.3	Υδρογονάνθρακες (hc) .....	92
5.3.4	Σωματίδια pm .....	93
5.3.5	Πτητικές οργανικές ενώσεις .....	93
<b>6.</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....</b>	<b>95</b>

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

### ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: α) Ναυτιλιακές εκπομπές CO <sub>2</sub> συγκρινόμενες με τις παγκόσμιες εκπομπές CO <sub>2</sub> (τιμές σε million tonnes CO <sub>2</sub> ) β) Ναυτιλιακά GHGs (σε CO <sub>2</sub> e) συγκρινόμενο με τα παγκόσμια GHGs (τιμές σε million tonnes CO <sub>2</sub> e).....	17
Πίνακας 2: 2012 κατανομή και αναμενόμενη κατανομή του έτους 2050 των εμπορευματοκιβωτίων και των LG carriers.....	18
Πίνακας 3: Σύγκριση των εκπομπών CO <sub>2</sub> μεταξύ μηχανής βαρέως πετρελαίου και αερίου καυσίμου (πηγή: MAN Diesel: How to Influence CO <sub>2</sub> ) .....	56

### ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1: Αναπαράσταση εγκατάστασης ανάκτησης θερμότητας από Μ.Ε.Κ.....	58
Σχήμα 2: Αναπαράσταση εγκατάστασης τυπικού συστήματος WHRS.....	60
Σχήμα 3: Αναπαράσταση εγκατάστασης τυπικού συστήματος WHRS.....	61
Σχήμα 4: Αναπαράσταση εγκατάστασης τυπικού συστήματος WHRS.....	62
Σχήμα 5: Υβριδικό Σύστημα Βοηθητικής Ενέργειας .....	64
Σχήμα 6: Δημιουργία ηλεκτρικών δικτύων χαμηλών απωλειών.....	65
Σχήμα 7: Σύστημα ηλεκτρογεννητριών μεταβλητών στροφών.....	66
Σχήμα 8: LNG καύσιμα.....	67
Σχήμα 9: Delta Tuning.....	68

### ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Γράφημα 1: Επίδραση της παραγωγικότητας πάνω στις εκπομπές.....	19
Γράφημα 2: Θαλάσσια ρύπανση από πετρέλαιο .....	77



## **ΕΙΚΟΝΕΣ**

Εικόνα 1: Απλουστευμένος τύπος υπολογισμού του EEDI.....	40
Εικόνα 2: Πλήρης τύπος υπολογισμού του EEDI.....	40
Εικόνα 3: Χρήση της ενέργειας πρόωσης για ένα μικρό φορτηγό πλοίο.....	44
Εικόνα 4: Εκπομπές CO <sub>2</sub> από τη ναυτιλία σε σύγκριση με τις παγκόσμιες συνολικές εκπομπές.....	73
Εικόνα 5: Σύγκριση των εκπομπών CO <sub>2</sub> από τα πλοία με εκείνες των σιδηροδρομικών και οδικών μεταφορών.....	75
Εικόνα 6: Σύνθεση εκπομπών καυσαερίων τυπικού αργόστροφου Ναυτικού κινητήρα.....	84
Εικόνα 7: Σύστημα Common Rail (Sulzer) .....	86
Εικόνα 8: Λειτουργία συστήματος SAM.....	89

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να προσεγγίσει την αναγκαιότητα της σύγχρονης ποντοπόρου ναυτιλίας προς τακτικές οι οποίες είναι φιλικότερες προς το περιβάλλον. Κατά την έναρξη του παρόντος πονήματος πραγματοποιείται μια πρώτη αναφορά στην δημιουργία της ελληνικής ναυτιλίας, τους λόγους και τις αφορμές που οδήγησαν τα κράτη να ασχοληθούν με την συστηματοποίηση και υλοποίηση διεθνών κανονισμών που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος καθώς επίσης και με την εξοικονόμηση πόρων. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η σύγχρονη ναυτιλία καλείται να καλύψει ίδιες η και πιο αυστηρές απαιτήσεις και να συμμορφώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό από τις επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στην ξηρά αφού καλούνται να καλύπτουν όλους τους κατά τόπους κανονισμούς στα λιμάνια των χωρών που δραστηριοποιούνται.

Στο επόμενο μέρος γίνεται εκτενής ανάλυση της λειτουργίας των πλοίων με οικονομική ταχύτητα, αναλύονται οι τρόποι με τους οποίους επιτυγχάνεται και επίσης παρουσιάζονται οι ωφέλειες από την λειτουργία του πλοίου με οικονομική ταχύτητα.

Παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματα από την λειτουργία ενός πλοίου με μειωμένη ταχύτητα για αυξημένη χρονική περίοδο και επίσης αναλύεται η εφαρμογή με την οποία επιλέγεται η βέλτιστη διαδρομή σε σχέση με την καταλληλότερη ημερομηνία άφιξης σε συνδυασμό με την μείωση της κατανάλωσης καύσιμων.

Στη συνέχεια, αναλύεται η έννοια της ενεργειακής απόδοσης τόσο ενός νεότευκτου όσο και ενός υπάρχοντος πλοίου. Επεξηγούνται πως υπολογίζεται η ενεργειακή απόδοση ενός πλοίου και πως αυτή μπορεί να βελτιωθεί. Επιπλέον αναφέρονται οι αλλαγές που συνεπάγονται στις διαδικασίες της διαχειρίστριας εταιρίας και στα συστήματα τα οποία πρέπει να εφαρμόσει έτσι ώστε να υπολογίζει την οικολογική επιβάρυνση κάθε πλοίου.

Βαίνοντας προς το τέλος του πονήματος αναλύεται η συμβολή της θερμικής επαναχρησιμοποίησης καθώς επίσης στο τελευταίο κεφάλαιο προσδιορίζονται όλες οι παράμετροι με τις οποίες το πλοίο επιβαρύνει το περιβάλλον τόσο σε επίπεδο ατμοσφαιρικής ρύπανσης αλλά και σε επίπεδο θαλάσσιου περιβάλλοντος με τις διάφορες απορρίψεις που συμβαίνουν είτε κατά την λειτουργία του αλλά και κατά την διαμονή του στα λιμάνια.

Λέξεις-κλειδιά:

- Οικονομική Ταχύτητα
- Βέλτιστη Διαδρομή
- Ενεργειακή Απόδοση
- Έλεγχος & Βελτίωση Ενεργειακής Απόδοσης
- Οικολογική Επιβάρυνση
- Αέριοι Ρύποι (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>)

## **ABSTRACT**

The purpose of this thesis is to approach the need of modern oceangoing shipping to procedures that are more environmentally friendly. In the beginning of this essay there is a reference to the creation of the Greek shipping industry, the reasons and the causes that led states to engage in systematizing and implementing international regulations related to environmental protection & resources conservation. In conclusion we are led to accept that modern shipping has to cover the same and stricter requirements and comply to a greater extent than industries operating on land once called to cover all local regulations in the ports of the countries involved.

In the next part there is an extensive analysis of Eco Speed, there are analyzed the different ways which can be achieved and presented also the benefits from the vessel's operation with eco speed.

It is presented the advantages and disadvantages of running a ship with reduced speed for extended time and also analyzed the application of the selected optimal path (routing) with respect to the vessel's schedule in conjunction with the reduction of fuel consumption.

In connection with the above, the concept of Energy Efficiency Design Index for new buildings & Energy Efficiency Operation Index for existing vessel's is explained, and ways for improvement of EEOI are mentioned. Also new procedures which are essential for the managing companies in order to calculate vessel's EEOI and the systems that must be implemented are analyzed accordingly.

In the last part of the essay are analyzed the contribution of thermal reuse as well as all the parameters from vessel's operation that harm the environment both in terms of air pollution and marine environment.

Keywords:

- Eco Speed
- Routing
- Energy Efficiency
- Monitoring & Improving Energy Efficiency Operating Index

- Environmental Damage
- Air Pollution (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>)

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η μορφολογία του Ελληνικού χώρου, η έκταση των παραλίων και των νησιών, είχαν προδιαγράψει τον ρόλο που η θάλασσα έμελλε να παίξει σε όλες τις περιόδους της μακραίωνης ελληνικής ιστορίας, από την θαλασσοκρατορία του Μίνωα ως σήμερα. Είναι αυτή που δημιούργησε τις προϋποθέσεις για την εξάπλωση του Ελληνισμού και την δημιουργία του Ελληνικού θαύματος.

## **Η ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΣΤΟΝ Α ΚΑΙ Β ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΠΟΛΕΜΟ**

Κατά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο η καταστροφή που υπέστη η ελληνική ναυτιλία ήταν πολύ μεγάλη. Από τα 475 ατμόπλοια που διέθετε το 1915, μόλις 205 σώθηκαν με το πέρας του πολέμου. Στα πρώτα χρόνια του Μεσοπολέμου άρχισε η ανάκαμψη της ελληνικής ναυτιλίας, με κάποια ύφεση στη μεγάλη παγκόσμια οικονομική κρίση του 1929.

Το 1938, έναν χρόνο πριν την έναρξη του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, η ελληνόκτητη εμπορική ναυτιλία βρισκόταν στην τρίτη θέση της παγκόσμιας κλίμακας, μετά την Αγγλία και την Νορβηγία, έχοντας στον στόλο της ενταγμένα 638 πλοία, συνολικού τονάζ 1,9 εκατομμυρίων ΚΟΧ. Τα περισσότερα από τα πλοία αυτά ήταν φορτηγά, αποτελώντας το 96 τοις εκατό του δυναμικού της.

Οι απώλειες του ελληνικού εμπορικού στόλου ήταν αναλογικά οι υψηλότερες από κάθε άλλο εμπόλεμο έθνος, συγκριτικά υψηλότερες ακόμη και από τις απώλειες του βρετανικού εμπορικού ναυτικού, το οποίο απώλεσε το 63 τοις εκατό του δυναμικού του. Μια σύγκριση με τις συνολικές συμμαχικές απώλειες, οι οποίες ανήλθαν σε 4.834 πλοία, συνολικού τονάζ 19.700.000 ΚΟΧ, δείχνει ότι οι ελληνικές απώλειες υπήρξαν ιδιαίτερα υψηλές.

Από τους 19.000 ναυτεργάτες των ελληνικών πληρωμάτων, οι οποίοι εργάζονταν σε όλα τα μήκη και τα πλάτη της γης, 4.000 περίπου έχασαν την ζωή τους κατά την διάρκεια του πολέμου, κυρίως λόγω των βυθίσεων από τορπιλισμούς. Από αυτούς που κατάφεραν να επιζήσουν 2.500 επέστρεψαν ως ανάπηροι, ενώ άλλοι 200

επέστρεψαν με βαριές και ανεπανόρθωτες ψυχικές βλάβες, λόγω των βάνουσων εμπειριών που έζησαν ως ναυαγοί ή ως αιχμάλωτοι.<sup>1</sup>

Αμέσως μετά το τέλος του Πολέμου, η ελληνική ναυτιλία άρχισε και πάλι την προσπάθεια για την ανασυγκρότηση της. Τότε με την εγγύηση του ελληνικού κράτους, οι Η.Π.Α. παραχώρησαν το 1947, με ευκολίες πληρωμής, 100 πλοία πολεμικής κατασκευής τύπου Liberty σε Έλληνες εφοπλιστές για να καλύψουν τις πολεμικές τους απώλειες. Ήταν τα πλοία που αποτέλεσαν το βατήρα για ένα τεράστιο άλμα που πραγματοποίησε η ελληνική ναυτιλία στα μεταπολεμικά χρόνια. Από τα 154 πλοία που αριθμούσε το 1947, έφτασε το 1982 στα 4257 και βρέθηκε στην πρώτη παγκόσμια θέση.

Επιγραμματικά, η παρούσα εργασία χωρίζεται σε πέντε κύρια μέρη. Στο κεφάλαιο ένα γίνεται μια πρώτη αναφορά στην αναγκαιότητα για στροφή στην Πράσινη Ναυτιλία, στις σύγχρονες απαιτήσεις για εξοικονόμηση φυσικών πόρων και στους τρόπους με τους οποίους επιτυγχάνεται αυτή η εξοικονόμηση.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η τακτική του Eco Speed επίσης αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου αλλά οι διαφορετικές εναλλακτικές οι οποίες εφαρμόζονται για να επιχειρεί το πλοίο με οικονομική ταχύτητα. Τέλος στο κεφάλαιο αναφέρονται οι διαδικασίες Routing & just on time arrival

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται αναλυτικά η έννοια του energy efficiency, αναλύονται οι μέθοδοι και οι διαδικασίες με τις οποίες επιτυγχάνεται η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου, αναφέρονται οι απαιτήσεις για ενεργειακή απόδοση πλοίων από τους νηογνώμονες και τις σημαίες και συμμόρφωση του πλοίου με αυτές. Επιπλέον επεξηγούνται οι πιθανές μετατροπές και τροποποιήσεις των πλοίων για να αυξήσουν την ενεργειακή τους απόδοση. Τέλος αναλύονται οι αλλαγές τόσο στην οργάνωση της εταιρίας για την ενσωμάτωση των νέων απαιτήσεων στο καταστατικό λειτουργίας τους αλλά επισημαίνονται οι απαιτήσεις για έλεγχο της

---

<sup>1</sup>[http://historisches-arinearchiv.de/projekte/verluste\\_griechenland/beschreibung2.php?lang=3](http://historisches-arinearchiv.de/projekte/verluste_griechenland/beschreibung2.php?lang=3)

αποδοτικότητας των συστημάτων και υπολογισμός ολικής μείωσης κόστους λειτουργίας του πλοίου.

Στο κεφάλαιο τέσσερα, πραγματοποιείται αναφορά στην σημαντικότητα της θερμικής ενέργειας που εκλύεται στην ατμόσφαιρα υπό την μορφή απωλειών και η σημαντικότητα της θερμικής επαναχρησιμοποίησης καθώς επίσης αναλύονται τρόποι με τους οποίους αυτή η επαναχρησιμοποίηση αυτή είναι εφικτή.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, αναλύεται η συνολική οικολογική επιβάρυνση από το πλοίο όσον αφορά τους αέριους ρύπους αλλά και την θαλάσσια ρύπανση τόσο κατά την διάρκεια του ταξιδιού αλλά και κατά την παραμονή στο λιμάνι και αναφέρονται μέθοδοι που έχουν υιοθετηθεί για την μείωση τους..



## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

### **1.1 ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ ΠΟΙΟΙ ΕΙΝΑΙ ΚΑΙ ΠΩΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝΤΑΙ**

Αέριοι ρύποι ονομάζονται όλα τα παράγωγα της καύσης των υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούνται στην ναυτιλία. Τα παράγωγα αυτά θεωρούνται ρύποι γιατί η αύξηση της συγκέντρωσης τους στην ατμόσφαιρα έχει ως αποτέλεσμα φαινόμενα όπως η δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου, εμφάνιση των φαινομένων της όξινης βροχής, αιθαλομίχλη, τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού αναπνευστικών παθήσεων κ.α. Οι κυριότεροι αέριοι ρύποι είναι το CO και το CO<sub>2</sub>, τα οξείδια του θείου που συνηθίζεται να λέγονται SO<sub>x</sub>, τα οξείδια του αζώτου (η νιτρικά οξείδια ) τα οποία συνηθίζεται να λέγονται NO<sub>x</sub> και τέλος τα αιωρούμενα σωματίδια (Volatile Organic Compounds VOC).

Οι παραπάνω αέριοι ρύποι προκύπτουν κατά την καύση μέσα στην μηχανή εσωτερικής καύσης και εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα μέσω των καυσαερίων.

Ο χημικός τύπος της καύσης ενός υδρογονάνθρακα φαίνεται παρακάτω και όπως προκύπτει, με βάση την σύνθεση του καυσίμου τα εξαγόμενα προϊόντα διαφέρουν ανάλογα με την σύνθεση του καυσίμου αλλά και τις συνθήκες καύσης.

Μέσα από υπολογισμούς προκύπτει πως κατά μέσο όρο για κάθε τόνο ναυτιλιακού πετρελαίου υψηλής περιεκτικότητας σε θείο  $\geq 3.5\%$  (HSFO) παράγονται 1.2 κιλά CO, 3.8 κιλά CO<sub>2</sub>, 87 κιλά NO<sub>x</sub> και 35 κιλά SO<sub>x</sub>.

### **1.2 ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ**

Η ανάγκη προστασίας της ατμόσφαιρας από τους ρύπους που εκπέμπον τα εμπορικά πλοία προσλαμβάνει: α) παγκόσμιο χαρακτήρα λόγω των αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως CO<sub>2</sub>) που προστίθενται στις αντίστοιχες εκπομπές από χερσαίες πηγές («θερμοκηπιακή ρύπανση»), και β) περιφερειακό ή και τοπικό, σε κλειστές ή

ημίκλειστες θάλασσες, σε στενά διεθνούς ναυσιπλοΐας<sup>2</sup> όπως και εντός λιμένων λόγω των εκπομπών οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>), οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>), πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) και αιωρούμενων σωματιδίων (PMs), των «κλασσικών» δηλαδή ρύπων. Σε όλους τους προηγούμενους πρέπει να προσθέσουμε και ρύπους, οι οποίοι καταστρέφουν το στρατοσφαιρικό όζον (Halons, PFCs, CFCs, HCFCs).

Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν και αξιολογηθούν οι διεθνείς και κοινοτικές ρυθμιστικές εξελίξεις των τελευταίων ετών, οι οποίες αποσκοπούν στη θεσμική αντιμετώπιση του συγκεκριμένου περιβαλλοντικού προβλήματος και στοχεύουν στη σταδιακή μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων από τα πλοία.

Η Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Κοινότητας έχει διαπιστώσει ότι η ρύπανση του αέρα από ποντοπόρα πλοία είναι σταθερά αυξητική λόγω του ότι καταναλώνονται όλο και περισσότερα καύσιμα για την κάλυψη διαρκώς αυξανόμενων αναγκών ταχύτερης μεταφοράς όλο και περισσότερων αγαθών σε μεγαλύτερες αποστάσεις<sup>3</sup>. Κατά συνέπεια, η σταθερά αυξανόμενη συμβολή της ποντοπόρου ναυτιλίας στην περιφερειακή και παγκόσμια ατμοσφαιρική ρύπανση συνιστά έναν νέο παράγοντα, τον οποίο το σύγχρονο διεθνές και κοινοτικό περιβαλλοντικό δίκαιο καλείται να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά. Είναι επίσης χαρακτηριστικό το γεγονός ότι το 50% περίπου των λειτουργικών εξόδων ενός πλοίου προέρχεται από το κόστος του καυσίμου που χρησιμοποιεί ο πλοιοκτήτης<sup>4</sup>. Ως εκ τούτου είναι αναμενόμενο να δίνεται προτεραιότητα στην οικονομική αποδοτικότητα εις βάρος της ποιότητας των καυσίμων, κατ' επέκταση δε και της προστασίας του ατμοσφαιρικού αέρα.

Η αυξητική τάση των αέριων ρύπων διεθνώς αλλά και στις θάλασσες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι μετρήσιμη και δύσκολα αναστρέψιμη (υπολογίζεται αύξηση κατά 40% έως 50% για διαφορετικές κατηγορίες ρύπων μεταξύ των ετών

---

<sup>2</sup> C.C. Joyner/J. M. Mitchel (2002), *Regulating navigation through the Turkish straits: A Challenge for Modern International Environmental Law*, *Int. Journal of Marine & Coastal Law*, vol. 17, no.4, σ.521-559

<sup>3</sup> Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μείωση των ατμοσφαιρικών εκπομπών των ποντοπόρων πλοίων, COM (2002) 595 final.

<sup>4</sup> B. Lin/C.Y. Lin (2006), *Compliance with International Emission Regulations: Reducing the Air Pollution from Merchant Vessels*, *Marine Policy*, vol. 30, σ. 220

2000 και 2020). Η Επιτροπή μάλιστα υπολογίζει ότι, παρά τις υφιστάμενες διεθνείς (στο πλαίσιο του IMO), αλλά και κοινοτικές κανονιστικές προσπάθειες και πολιτικές, η προερχόμενη από το θαλάσσιο χώρο ατμοσφαιρική ρύπανση θα έχει ισοσκελίσει το έτος 2020 την αντίστοιχη χερσαία ρύπανση εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία μειώνεται σταδιακά τα τελευταία χρόνια<sup>5</sup>. Η «κλασική» ατμοσφαιρική ρύπανση είναι περισσότερο ορατή στα λιμάνια. Παρά ταύτα, λόγω του ότι μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις, όπως και η αντίστοιχη χερσαία οξειποιητική ρύπανση, συμβάλλει στην οξίνιση της ατμόσφαιρας, του εδάφους, όπως και των επιφανειακών υδάτων.

### *1.2.1 ΟΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΤΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΚΑΙΟ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ (UNCLOS)*

Ως θεσμικός προπομπός του υφιστάμενου διεθνούς και κοινοτικού κανονιστικού πλαισίου λειτουργεί το άρθρο 212 της Σύμβασης για το Δίκαιο της Θάλασσας, υπό τον τίτλο «Ρύπανση από την ατμόσφαιρα ή μέσω της ατμόσφαιρας». Το συγκεκριμένο άρθρο εντάσσεται στο Μέρος XII της Σύμβασης, όπου ρυθμίζονται διεξοδικά όλα τα ζητήματα γύρω από τις διάφορες μορφές θαλάσσιας ρύπανσης. Αν και το υπό προστασία φυσικό αγαθό είναι καταρχάς ο θαλάσσιος χώρος, η δεύτερη παράγραφος του άρθρου 212 διευρύνει εν μέρει το πεδίο εφαρμογής του, προσθέτοντας την υποχρέωση των συμβαλλόμενων μερών να λαμβάνουν κάθε άλλο μέτρο απαραίτητο για την πρόληψη, τη μείωση και τον έλεγχο «αυτού του είδους της ρύπανσης».

Τα συμβαλλόμενα μέρη υποχρεούνται επίσης να θεσπίσουν σχετική νομοθεσία για τις περιοχές της θάλασσας και του αέρα, στις οποίες ασκούν κυριαρχία. Η διάταξη αυτή, αν και βρίσκεται σε αρμονία με το γενικότερο πνεύμα της Σύμβασης, από περιβαλλοντική σκοπιά είναι μάλλον ατυχής, αφού η θαλάσσια και κυρίως η ατμοσφαιρική ρύπανση διαχέονται κατά κανόνα σε αρκετά -έως πολύ- μεγάλες αποστάσεις. Πιο αποτελεσματική και λειτουργική μοιάζει η επόμενη διάταξη της

---

<sup>5</sup> CEC, Air Emissions from Ships, όπ.π., σημ. 4, καθώς και COM (2005) 446 final, Thematic Strategy on air pollution

δεύτερης παραγράφου του άρθρου 212, η οποία επεκτείνει την εφαρμογή της εθνικής νομοθεσίας για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα πλοία που φέρουν τη σημαία του κράτους που τη θεσπίζει. Εκτός αυτού, το άρθρο 212 παραμένει εν μέρει ελλειμματικό, αφού δεν συμπεριλαμβάνει στα υπό προστασία αγαθά την ίδια την ατμόσφαιρα, αδυνατώντας να εκφράσει μια περισσότερο οικοσυστημική προσέγγιση (τουλάχιστον στο πλαίσιο του Μέρους XII της Σύμβασης).

Παρόλα αυτά, δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι η πλειονότητα των μελών της διεθνούς κοινότητας έχει ενταχθεί στο νέο καθεστώς της Σύμβασης για το δίκαιο της θάλασσας, πράγμα που σημαίνει ότι καταρχάς δεσμεύεται να εφαρμόσει τις διατάξεις (και) του άρθρου 212. Οι τελευταίες βέβαια προσλαμβάνουν πλαισιακό χαρακτήρα, χρίζοντας προφανώς περαιτέρω εξειδίκευσης μέσω συγγενών συμβατικών καθεστώτων.

### *1.2.2 ΟΙ ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΕΣ ΑΠΟΠΕΙΡΕΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ IMO*

Το 2005 ήταν μια ιδιαίτερα σημαντική χρονιά ως προς τις διεθνείς και κοινοτικές-κανονιστικές προσπάθειες για την αντιμετώπιση και καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλεί η εμπορική ναυτιλία. Στις 19 Μαΐου 2005 τέθηκε, με αρκετή καθυστέρηση, σε ισχύ το Παράρτημα VI της MARPOL 73/78. Το Παράρτημα VI (Κανονισμοί για την Πρόληψη Ρύπανσης του Αέρα από Πλοία) θεσπίζει μια σειρά Κανονισμών (Regulations) για τη μείωση και τον έλεγχο της «κλασσικής» αέριας ρύπανσης από πλοία. Οι Κανονισμοί του Παραρτήματος VI της MARPOL 73/78 υποχρεώνουν όλα τα συμβαλλόμενα μέρη (ανεπτυγμένα και αναπτυσσόμενα) να εφαρμόσουν μια σειρά περιορισμών ή και απαγόρευσης των εκπομπών συγκεκριμένων αέριων ρύπων. Καθιερώνεται επίσης ένα αυστηρότερο σύστημα προστασίας συγκεκριμένων γεωγραφικών περιοχών ελέγχου των εκπομπών οξειδίων του θείου (SOx Emission Control Areas - SECAs).

Πιο ειδικά, σχετικά με τις εκπομπές SOx, πλοία τα οποία φέρουν τη σημαία των συμβαλλόμενων στο Παράρτημα VI κρατών οφείλουν να χρησιμοποιούν καύσιμο, η περιεκτικότητα του οποίου σε θείο δεν θα υπερβαίνει το 3.5% κατά μάζα (κ.μ.). Η

τιμή αυτή πρόκειται να μειωθεί στο 0.5% κατά μάζα μετά το τέλος του 2019 εφόσον αξιολογηθεί πως είναι δυνατή η παραγωγή, σε ευρεία κλίμακα, ενός τέτοιου καυσίμου. Αν η αξιολόγηση αποφέρει αρνητικό αποτέλεσμα η περίοδος χαριτος θα μετατεθεί μέχρι το 2025. Όταν όμως το πλοίο εισέρχεται στις ειδικές περιοχές ελέγχου των εκπομπών SO<sub>x</sub> (SECAs), δηλαδή τη Βαλτική, τη Βόρεια θάλασσα, καθώς και τη θάλασσα της Μάγχης υποχρεούται να χρησιμοποιήσει είτε διαφορετικό καύσιμο, η περιεκτικότητα του οποίου σε θείο θα είναι αρκετά πιο χαμηλή (0.1% κ.μ.), είτε οποιαδήποτε διαθέσιμη τεχνολογική μέθοδο, η οποία να διασφαλίζει περιορισμένες εκπομπές SO<sub>x</sub>, δηλαδή εκπομπές ανάλογες με αυτές του «καθαρότερου» καυσίμου για τις SECAs. Ως προς τις εκπομπές NO<sub>x</sub> οι σχετικές ρυθμίσεις είναι αρκετά πιο ήπιες. Ο Κανονισμός 13 του Παραρτήματος VI δεν θεσπίζει ανώτατες τιμές για τις εκπομπές του συγκεκριμένου ρύπου, αλλά επιβάλλει απλώς την υιοθέτηση μιας σειράς τεχνικών προτύπων με βάση την εκάστοτε ονομαστική ταχύτητα περιστροφής για τους κινητήρες άνω των 130 KW, οι οποίοι κατασκευάστηκαν ή μετασκευάστηκαν μετά την 1/1/2000.

Αυστηρότερες είναι οι ρυθμίσεις για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στριβάδα του όζοντος. Οι εκπομπές όλων των ρύπων αυτής της κατηγορίας απαγορεύονται<sup>6</sup>, με εξαίρεση τα HCFCs, για τα οποία ισχύει παρέκκλιση έως το 2020. Σχετικά με τις πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) δεν θεσπίζονται κοινά ανώτατα όρια εκπομπών, αλλά ένα σύστημα προηγούμενης ειδοποίησης ανάμεσα στα συμβαλλόμενα μέρη του Παραρτήματος VI, όταν καθορίζουν στις εθνικές τους νομοθεσίες ειδικότερους περιορισμούς ή προδιαγραφές σχετικά με τον έλεγχο και τον περιορισμό των συγκεκριμένων ρύπων εντός των λιμένων ή των τερματικών σταθμών που ανήκουν στη δικαιοδοσία τους<sup>7</sup>. Τέλος, για τη διευκόλυνση των επιθεωρήσεων πλοίων χωρητικότητας άνω των 400 τόνων<sup>8</sup> -με σκοπό τη διαπίστωση της συμμόρφωσης προς τους Κανονισμούς του Παραρτήματος VI- θεσπίζεται η έκδοση ενός ειδικού «Διεθνούς Πιστοποιητικού Πρόληψης Ρύπανσης του Αέρα»<sup>9</sup>, (International Air Pollution Prevention Certificate) καθώς και ενός ειδικού «δελτίου παράδοσης

---

<sup>6</sup> Κανονισμός 12 του Παραρτήματος VI

<sup>7</sup> Κανονισμός 15 του Παραρτήματος VI

<sup>8</sup> Κανονισμός 5 του Παραρτήματος VI

<sup>9</sup> Κανονισμός 6 του Παραρτήματος VI

καυσίμου»<sup>10</sup> (Bunker Delivery Note), το οποίο μάλιστα θα πρέπει να συνοδεύεται από σφραγισμένο δείγμα του καυσίμου.

Συμπερασματικά, το Παράρτημα VI της MARPOL 73/78 αποτελεί αναμφίβολα μια ουσιαστική ρυθμιστική απόπειρα για τον έλεγχο και τη σταδιακή μείωση της «κλασικής» ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τη διεθνή εμπορική ναυτιλία. Δεν παύει ωστόσο να είναι ημιτελής και όχι ιδιαίτερος αυστηρός, γεγονός το οποίο έχει αναγνωρίσει και ο ίδιος ο IMO11. Το Παράρτημα VI δεν περιλαμβάνει ρυθμίσεις για τον περιορισμό εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ούτε και αιωρούμενων σωματιδίων. Εκτός αυτού, οι ρυθμίσεις για τα VOCs έχουν μάλλον προαιρετικό χαρακτήρα, ενώ οι τεχνικές προδιαγραφές για τον έλεγχο των NOx θεωρούνταν ήπιες ήδη κατά τη Διάσκεψη του 1997, οπότε και υιοθετήθηκε από τον IMO το Παράρτημα VI. Πρέπει να σημειωθεί τέλος, τα πλοία που εισέρχονται σε καθορισμένες περιοχές ελέγχου των εκπομπών (SECA) θα πρέπει να χρησιμοποιούν για καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο που δεν υπερβαίνει το 0,10 % από την 1η Ιανουαρίου 2015, έναντι του ορίου του 1,00 % που βρισκόταν σε ισχύ μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2014 .

Οι αυστηρότεροι κανόνες που τίθενται σε ισχύ σύμφωνα με τη MARPOL Annex VI (Κανονισμοί για την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία) , και συγκεκριμένα βάσει του κανονισμού 14 , το οποίο καλύπτει τις εκπομπές του θείου Οξειδία ( SOx ) και σωματιδίων σημασία από τα πλοία . Οι απαιτήσεις αυτές εγκρίθηκαν τον Οκτώβριο του 2008 και τέθηκε σε ισχύ τον Ιούλιο του 2010 .

Οι περιοχές ελέγχου των εκπομπών (SECA) έχουν συσταθεί με βάση το παράρτημα VI της MARPOL για SOx και είναι, η περιοχή της Βαλτικής Θάλασσας, η περιοχή της Βόρειας Θάλασσας, η περιοχή της Βόρειας Αμερικής ( που καλύπτουν παράκτιες περιοχές από τις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά ) και η περιοχή των Ηνωμένων Πολιτειών της Καραϊβικής Θάλασσας (γύρω από το Πουέρτο Ρίκο και τις Παρθένας Νήσους των Ηνωμένων Πολιτειών ). Για τις περιοχές εκτός των ζωνών SECA όπως

---

<sup>10</sup> Κανονισμός 18 του Παρατήματος VI

<sup>11</sup> IMO (2007), Review of the Regulations to Prevent Air Pollution from Ships, διαθέσιμο στο <http://www.imo.org>. Και E. S. Vagslid (2007), IMO's work on reducing emissions from international shipping, "Maritime Talks" 2007, διαθέσιμο στο <http://www.iflos.org>

αναφέρθηκε και παραπάνω έχει προβλεφθεί η σταδιακή μείωση της περιεκτικότητας σε θείο έτσι ώστε να μην υπερβαίνει το 0.5% κατά μάζα μετά το τέλος του 2019 εφόσον αξιολογηθεί πως είναι δυνατή η παραγωγή, σε ευρεία κλίμακα, ενός τέτοιου καυσίμου<sup>12</sup>.

### 1.2.3 Η ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, στην προσπάθειά της να διαμορφώσει μια πολιτική για την αντιμετώπιση της αέριας ρύπανσης από την ποντοπόρο ναυτιλία, δημοσίευσε το 2002 ένα αρκετά φιλόδοξο και καλά δομημένο κείμενο Στρατηγικής (COM (2002) 595 final) υπό τον τίτλο «Στρατηγική για τη μείωση των ατμοσφαιρικών εκπομπών των ποντοπόρων πλοίων». Η Ανακοίνωση υπενθύμιζε στην πρώτη ενότητά της την πολύ συγκροτημένη πολιτική και νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την καταπολέμηση της προερχόμενης από χερσαίες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον ευρωπαϊκό χώρο τόσο ως προς την κλασσική όσο και ως προς τη θερμοκηπιακή ρύπανση. Εκκινώντας από τη γενική διαπίστωση ότι τα ποντοπόρα πλοία με σημαία κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξαιρούνταν από το σύνολο σχεδόν της κοινοτικής περιβαλλοντικής νομοθεσίας<sup>13</sup> και υπενθυμίζοντας ότι οι επιστημονικές μελέτες που είχαν εκπονηθεί για λογαριασμό της Επιτροπής αποδείκνυαν τη σταθερά αυξητική τάση των εκπομπών ρύπων από τα πλοία, έθετε ως άμεσο στόχο της νέας στρατηγικής τον καθορισμό μιας ευρείας σειράς δράσεων και συστάσεων για τη μείωση αυτού του είδους των εκπομπών για τη χρονική περίοδο 2002-2012.

Η «επιβράδυνση» της κοινοτικής στρατηγικής για την καταπολέμηση των εκπομπών ρύπων από πλοία επιβεβαιώνεται και από την ίδια την Επιτροπή στο (μεταγενέστερο) κείμενο της «Θεματικής Στρατηγικής για την αέρια Ρύπανση» στην Ευρωπαϊκή Ένωση<sup>14</sup>. Στην περιορισμένη σε έκταση παράγραφο για τη ναυτιλία της εν λόγω

---

<sup>12</sup><http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/GHG/Documents/sulphur%20limits%20FAQ.pdf>

<sup>13</sup> Η μόνη κανονιστική απόπειρα πριν από το 2002 για την μείωση των εκπομπών SOx από την εμπορική ναυτιλία ήταν η οδηγία 1999/32/EK σχετικά με την περιεκτικότητα σε θείο ορισμένων υγρών καυσίμων.

<sup>14</sup> COM (2005) 446 final, «Thematic Strategy on Air Pollution»

Ανακοίνωσης, η ίδια η Επιτροπή επιβεβαιώνει ότι από το 2002 έως το 2005 οι ρυθμιστικές εξελίξεις σε κοινοτικό επίπεδο ήταν ανεπαρκείς, δεδομένου ότι το μόνο κανονιστικό εργαλείο, το οποίο υιοθετήθηκε (χωρίς να έχει πλήρως ενσωματωθεί, ακόμη και σήμερα, σε όλες τις εθνικές έννομες τάξεις των κρατών μελών της) είναι η οδηγία 2005/33/EK σχετικά με την περιεκτικότητα των καυσίμων πλοίων σε θείο.

Η οδηγία 2005/33/EK συνιστά μια αρκετά πιο διεξοδική προσπάθεια ελέγχου και περιορισμού των εκπομπών διοξειδίου του θείου από πλοία στις θάλασσες και τους λιμένες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το τρίτο άρθρο της καθορίζει μια μέγιστη τιμή περιεκτικότητας σε θείο του βαρέος μαζούτ (1% κ.μ.) για όλα τα εμπορικά σκάφη, κάθε σημαίας, όταν αυτά βρίσκονται στην επικράτεια των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (λιμένες, εσωτερικά ύδατα, αιγιαλίτιδα ζώνη). Το καθεστώς προστασίας γίνεται εξίσου αυστηρό, επαναλαμβάνοντας στην πραγματικότητα τις σχετικές προβλέψεις του Παραρτήματος VI της MARPOL σε ό,τι αφορά τις τρεις υφιστάμενες θαλάσσιες περιοχές ελέγχου των εκπομπών SO<sub>x</sub> (Βαλτική, Μάγχη, Βόρεια θάλασσα), όπως και τις Αποκλειστικές Οικονομικές Ζώνες των κρατών μελών (όπου αυτές έχουν κηρυχθεί). Εντός των προηγούμενων θαλάσσιων περιοχών κάθε ποντοπόρο πλοίο υποχρεούται να χρησιμοποιεί καθαρότερο καύσιμο με περιεκτικότητα σε θείο όχι μεγαλύτερη του 1.5% κ.μ. (άρθρο 4α.1). Το ίδιο ποσοτικό όριο ισχύει και για τα καύσιμα θαλάσσης που χρησιμοποιούν επιβατηγά πλοία, όταν εκτελούν τακτικά δρομολόγια από και προς οποιοδήποτε κοινοτικό λιμάνι, με στόχο να βελτιωθεί η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα στα λιμάνια και εν γένει στις παράκτιες ζώνες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (άρθρο 4α.4). Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι το πεδίο εφαρμογής της συγκεκριμένης ρύθμισης επεκτείνεται και σε μη κοινοτικά εμπορικά σκάφη κατά τη διάρκεια ελλιμενισμού τους σε κοινοτικούς λιμένες. Περαιτέρω, το άρθρο 4α.7 της οδηγίας απαγορεύει (από την 1/1/2010) τη διάθεση στην ευρωπαϊκή αγορά ντίζελ πλοίων, αν η περιεκτικότητά του σε θείο υπερβαίνει το 1.5% κ.μ.

Η πιο αυστηρή ρύθμιση, ωστόσο, βρίσκεται στο άρθρο 4β της οδηγίας και αφορά την υποχρέωση (από την 1/1/2010) όλων των εμπορικών πλοίων που βρίσκονται ελλιμενισμένα σε κοινοτικούς λιμένες είτε να χρησιμοποιούν καύσιμο με ιδιαίτερα χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (0,1% κ.μ.) είτε να συνδέονται με εξωτερική παροχή



ηλεκτρικής ενέργειας, όπου υπάρχει σχετική υποδομή, μηδενίζοντας έτσι κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού τις εκπομπές τους.

Ο κανονισμός της Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) 2015/757 σχετικά με την παρακολούθηση, την υποβολή εκθέσεων και την επαλήθευση (MRV) των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) από τις θαλάσσιες μεταφορές έχει υιοθετηθεί από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο (ΕΚ) και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιούλιο του 2015.

Αυτό έχει εισαχθεί περαιτέρω στην ατζέντα σχετικά με τα κλιματικά και ενεργειακά θέματα της ΕΕ, που εγκρίθηκε στις 23 Απριλίου του 2009, η οποία επιδιώκει διεθνούς συμφωνίας, συμπεριλαμβανομένων των στόχων μείωσης των εκπομπών μέσω του ΙΜΟ ή της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC).

Ο κανονισμός καλύπτει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) επί του πλοίου, αλλά όχι άλλα αέρια του θερμοκηπίου. Περιλαμβάνονται επίσης στις απαιτήσεις του κανονισμού η παρακολούθηση των δεδομένων σχετικά με την ποσότητα του μεταφερόμενου φορτίου αλλά και της συνολικής απόστασης που μεταφέρθηκε.

Ο κανονισμός εφαρμόζεται σε πλοία όλων των σημαιών που διεξάγουν δρομολόγια εντός και εκτός των λιμένων της ΕΕ και θα απαιτείται η υποβολή ετήσιων εκθέσεων σχετικά με τις εκπομπές του CO<sub>2</sub> που θα πρέπει να έρχονται σε συμφωνία με το εγκεκριμένο σχέδιο παρακολούθησης. Ο σκοπός του κανονισμού είναι, τελικά, να υπάρξουν αξιόπιστες πληροφορίες για τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών. Ως πρώτο βήμα, η ρύθμιση έχει ως στόχο να καταγράψει τις εκπομπές του CO<sub>2</sub>, το οποίο στη συνέχεια θα επιτρέψει στην ΕΕ να καθορίσει στόχους για τη μείωση των εκπομπών και τελικά τα κατάλληλα μέσα για την επίτευξη των στόχων αυτών<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup>[http://www.lr.org/en/\\_images/213-57004\\_LR\\_EU\\_MRV\\_Guidance\\_v4\\_0\\_-\\_May\\_2015.pdf](http://www.lr.org/en/_images/213-57004_LR_EU_MRV_Guidance_v4_0_-_May_2015.pdf)

Με βάση τα στοιχεία από το την τρίτη μελέτη του IMO<sup>16</sup> σχετικά με τα αέρια του θερμοκηπίου διαπιστώνουμε πως ενώ υπάρχει αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής τόσο διοξειδίου του άνθρακα όσο και ισοδύναμων αερίων, οι τιμές που οφείλονται τόσο στην ναυτιλία αλλά και ειδικότερα στην ποντοπόρο ναυτιλία μειώνονται αισθητά με μοναδική εξαίρεση το έτος 2011.

Πίνακας 1: α) Ναυτιλιακές εκπομπές CO<sub>2</sub> συγκρινόμενες με τις παγκόσμιες εκπομπές CO<sub>2</sub> (τιμές σε million tonnes CO<sub>2</sub>); και β) Ναυτιλιακά GHGs (σε CO<sub>2</sub>e) συγκρινόμενο με τα παγκόσμια GHGs (τιμές σε million tonnes CO<sub>2</sub>e)

Year	Global CO <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Total shipping	% of global	International shipping	% of global
2007	31,409	1,100	3.5%	885	2.8%
2008	32,204	1,135	3.5%	921	2.9%
2009	32,047	978	3.1%	855	2.7%
2010	33,612	915	2.7%	771	2.3%
2011	34,723	1,022	2.9%	850	2.4%
2012	35,640	938	2.6%	796	2.2%
Average	33,273	1,015	3.1%	846	2.6%

Year	Global CO <sub>2</sub> e <sup>2</sup>	Total shipping	% of global	International shipping	% of global
2007	34,881	1,121	3.2%	903	2.6%
2008	35,677	1,157	3.2%	940	2.6%
2009	35,519	998	2.8%	873	2.5%
2010	37,085	935	2.5%	790	2.1%
2011	38,196	1,045	2.7%	871	2.3%
2012	39,113	961	2.5%	816	2.1%
Average	36,745	1,036	2.8%	866	2.4%

Πηγή: Third IMO GHG Study 2014 Executive Summary and Final Report (p. 32)

Η μελέτη που έγινε σχηματίζοντας σενάρια και μακροπρόθεσμες προβλέψεις για το 2050 τα αποτελέσματα δεν είναι τα ίδια. Στο μοντέλο πρόβλεψης εκπομπών, οι τύποι πλοίων χωρίζονται σε ίδιες κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου ομοίως όπως και στο μοντέλο απογραφής. Για την προβολή των εκπομπών, ο μελλοντικός αριθμός των πλοίων ανά κατηγορία μεγέθους πρέπει να είναι γνωστός.

<sup>16</sup><https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>

Μπορεί να αναμένεται ότι η διανομή πλοίων ανά κατηγορία μεγέθους τους να αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, σύμφωνα με τον αριθμό των πλοίων που διαλύονται και εισάγετε τον στόλο, καθώς και τα αντίστοιχα μεγέθη τους.

Στο μοντέλο πρόβλεψης εκπομπών, είναι δεδομένο ότι η συνολική χωρητικότητα ανά τύπο πλοίου καλύπτει την ζήτηση για μεταφορική ικανότητα, ότι όλα τα πλοία έχουν μια όμοια διάρκεια ζωής 25 ετών και ότι το μέσο μέγεθος των πλοίων ανά κατηγορία δεν θα αλλάξει σε σχέση με το έτος βάσης 2012, ενώ ο αριθμός των πλοίων ανά μέγεθος κατηγορίας θα μεταβληθεί.

Πίνακας 2: 2012 κατανομή και αναμενόμενη κατανομή του έτος 2050 των εμπορευματοκιβωτίων και των LG carriers

Ship type	Bin sizes (dwt)	Distribution in terms of numbers	
		2012	2050
Container vessels	0-999	22%	22%
	1,000-1,999 TEU	25%	20%
	2,000-2,999 TEU	14%	18%
	3,000-4,999 TEU	19%	5%
	5,000-7,999 TEU	11%	11%
	8,000-11,999 TEU	7%	10%
	12,000-14,500 TEU	2%	9%
	14,500-+ TEU	0.2%	5%
Liquefied gas carriers	0-49,000 m <sup>3</sup>	68%	32%
	50,000-199,999 m <sup>3</sup>	29%	66%
	>200,000 m <sup>3</sup>	3%	2%

Πηγή: Third IMO GHG Study 2014 Executive Summary and Final Report (p.165)

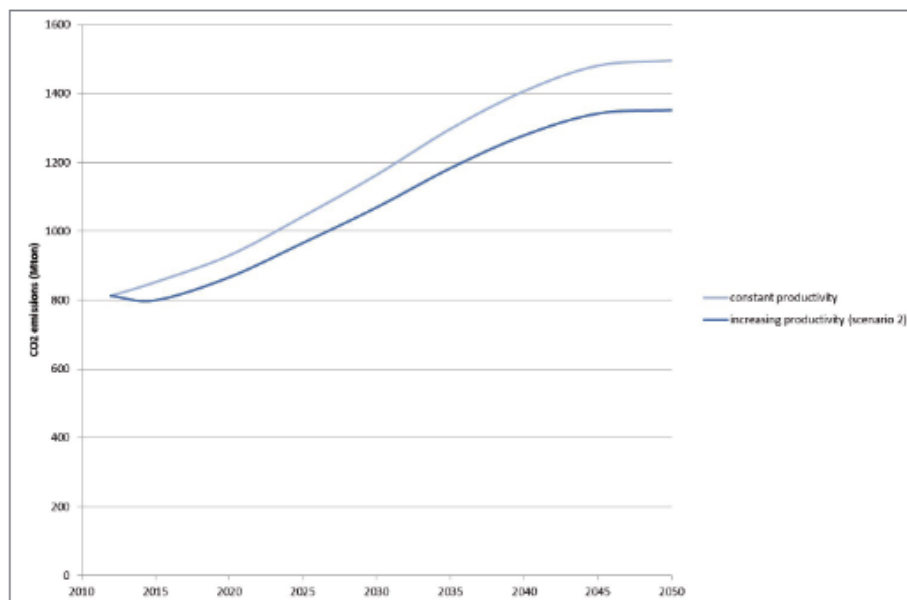
Οι προβλέψεις για τις θαλάσσιες εκπομπές δείχνουν αύξηση της χρήσης των καυσίμων και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά την περίοδο έως το 2050, παρά τις σημαντικές νομοθετικές ρυθμίσεις και την καθοδηγούμενη από την αγορά βελτιώσεις στην αποδοτικότητα. Ανάλογα με τη μελλοντική οικονομία και τις διεθνής εξελίξεις στον ενεργειακό τομέα, τα σενάρια BaU προβλέπουν μια αύξηση της τάξης του 50% -250% κατά την περίοδο έως το 2050.

Περαιτέρω δράσεις για την αύξηση της απόδοσης και τις εκπομπές μπορούν να μετριάσουν την αύξηση των εκπομπών, αν και όλα τα σενάρια, προβάλλουν την εικόνα

πως το 2050 θα είναι υψηλότερη από ό, τι το 2012. Η βασική αιτία της αύξησης των εκπομπών είναι η προβλεπόμενη αύξηση της ζήτησης για θαλάσσιες μεταφορές. η αύξηση αυτή είναι πιο έντονη στα σενάρια που συνδυάζουν την παρατεταμένη χρήση των ορυκτών καυσίμων με υψηλή οικονομική ανάπτυξη και είναι χαμηλότερη σε σενάρια που περιλαμβάνουν μια μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή μια πιο μέτρια ανάπτυξη.

Μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών εμπορευμάτων, ζήτηση για μεταφορά μοναδοποιημένων φορτίων αναμένεται να αυξηθεί περισσότερο ταχύτατα σε όλα τα σενάρια.

Γράφημα 1: Επίδραση της παραγωγικότητας πάνω στις εκπομπές



Πηγή: Third IMO GHG Study 2014 Executive Summary and Final Report (p. 173)

Οι προβλέψεις δείχνουν ότι οι βελτιώσεις στην αποδοτικότητα είναι σημαντικές για τον περιορισμό της αύξησης των εκπομπών, αλλά ακόμη και οι πιο σημαντικές βελτιώσεις δεν οδηγούν σε μια πτωτική τάση.

Οι προβλέψεις είναι ευαίσθητες στην παραδοχή ότι η παραγωγικότητα του στόλου, η οποία είναι επί του παρόντος χαμηλή, θα επανέλθει στο μακροχρόνιο μέσο όρο του, υιοθετώντας περισσότερο φορτίο επί του σκάφους. Αν η παραγωγικότητα παραμείνει

στο σημερινό του επίπεδο, ή εάν αυξάνει με την αύξηση του αριθμού των ημερών στη θάλασσα ή την ταχύτητα του πλοίου, οι εκπομπές είναι πιθανό να αυξηθούν σε ένα ακόμα υψηλότερο επίπεδο.

#### 1.2.4 Η ΓΕΝΙΚΕΥΜΕΝΗ ΑΠΟΥΣΙΑ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Όπως υπογραμμίστηκε παραπάνω, οι εκπομπές ρύπων του θερμοκηπίου από εμπορικά σκάφη δεν έχουν αποτελέσει μέχρι σήμερα αντικείμενο κανονιστικών παρεμβάσεων τόσο στο επίπεδο του IMO όσο και σε κοινοτικό επίπεδο, γεγονός αξιοσημείωτο τουλάχιστον σε ό,τι αφορά την Ευρωπαϊκή Ένωση, η οποία έχει διαμορφώσει (και εφαρμόζει) την πιο προωθημένη διεθνώς κλιματική πολιτική.

Στο γενικότερο ερώτημα σχετικά με το ποιο μπορεί να είναι το καταλληλότερο διεθνές forum για τη θεσμική αντιμετώπιση του προβλήματος, έχει ήδη απαντήσει το άρθρο 2.2 του Πρωτοκόλλου του Κιότο<sup>17</sup>, υποδεικνύοντας τον IMO. Η προσέγγιση αυτή φαίνεται, πράγματι, να είναι η πλέον ενδεδειγμένη: α) λόγω του ότι το υφιστάμενο διεθνές δίκαιο για την κλιματική αλλαγή έχει προσανατολιστεί στις χερσαίες πηγές ρύπανσης, εξαιρώντας τις διεθνείς μεταφορές, και β) λόγω των ιδιαιτεροτήτων της διεθνούς εμπορικής ναυτιλίας<sup>18</sup>. Για παράδειγμα, σε ποιο κράτος θα πρέπει να προσμετρήσουμε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κάθε σκάφους (δεδομένου ότι υφίστανται σήμερα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών για τις χερσαίες πηγές θερμοκηπιακής ρύπανσης); Στο κράτος σημαίας, στο κράτος της έδρας του πλοιοκτήτη, στο κράτος εξαγωγέα των εμπορευμάτων, στο κράτος που τα εισάγει, ή στο κράτος στο οποίο έγινε η προμήθεια καυσίμου;

---

<sup>17</sup> Το άρθρο 2.2 του Πρωτοκόλλου του Κιότο προβλέπει τα εξής: «The Parties included in Annex I shall pursue limitation or reduction of emissions of greenhouse gases ... from aviation and marine bunker fuels working through the International Civil Aviation Organization and the International Maritime Organization respectively»

<sup>18</sup> C. Pisani (2002), *Fair at Sea: The Design of a Future Legal Instrument on Marine Bunker Fuels Emissions within the Climate Change Regime*, στο *Ocean Development & International Law*, vol. 33, σ. 57-76

Από τη άλλη πλευρά βεβαία, η ως άνω επιλογή κληροδοτεί στον IMO (λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική διατύπωση του άρθρου 2.2 του Πρωτοκόλλου του Κιότο) μια πολιτική και θεσμική ιδιαιτερότητα του διεθνούς δικαίου για την κλιματική αλλαγή: Η γενική υποχρέωση υιοθέτησης ειδικότερων κανονιστικών δεσμεύσεων για τον έλεγχο και τη μείωση των εκπομπών ρύπων του θερμοκηπίου απευθύνεται μόνο στα βιομηχανικά κράτη (δηλαδή στα συμβαλλόμενα μέρη του Παραρτήματος I του Πρωτοκόλλου), χωρίς να επεκτείνεται και στα αναπτυσσόμενα κράτη. Συνεπώς, η μεταφορά αυτής της ιδιομορφίας της διεθνούς κλιματικής πολιτικής στη διεθνή πολιτική για τις θαλάσσιες μεταφορές βρίσκεται καταρχάς σε αντίθεση με τη λογική του Παραρτήματος VI της MARPOL 73/78, το οποίο δεσμεύει όλα ανεξαιρέτως τα μέρη που εντάσσονται στο ρυθμιστικό σύστημά του, καθώς δεν υφίσταται δυνατότητα «διαφοροποίησης» ανάμεσα σε ανεπτυγμένα και αναπτυσσόμενα μέρη.

Βέβαια, παρόλο που η θεσμική αυτή ιδιαιτερότητα δεν σημαίνει απαραίτητα ότι τα αναπτυσσόμενα κράτη μέλη του IMO εξαιρούνται αυτομάτως από κάθε μελλοντική ρυθμιστική προσπάθεια, είναι μάλλον αναμενόμενο ότι θα διεκδικήσουν κάποιας μορφής ηπιότερη μεταχείριση για τα πλοία που φέρουν τη σημαία τους, όταν η όλη προβληματική ρύθμιση ωριμάσει φθάνοντας στο στάδιο του καταμερισμού ποσοτικών δεσμεύσεων για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η μόνη ενδιαφέρουσα (από θεσμική σκοπιά) εξέλιξη ως προς τον έλεγχο της θερμοκηπιακής ρύπανσης από τα εμπορικά πλοία είναι η υιοθέτηση από τη Συνέλευση του IMO (τον Δεκέμβριο του 2003) ενός Ψηφίσματος (Resolution) σχετικά με τις «Πολιτικές και πρακτικές για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από πλοία»<sup>19</sup>. Στο εν λόγω Ψήφισμα γίνεται μια γενική αναφορά σε μελλοντικά ανώτατα όρια εκπομπών, χωρίς ωστόσο να προτείνονται ειδικότερες κανονιστικές παρεμβάσεις (π.χ. αναθεώρηση του Παραρτήματος VI). Η Συνέλευση θεωρεί επίσης πως θα πρέπει καταρχάς να αξιολογηθούν και να προταθούν τεχνικές (technical) και λειτουργικές (operational) λύσεις ή και μηχανισμοί της αγοράς (market based solutions).

---

<sup>19</sup> IMO Resolution A.963(23), “IMO Policies and Practices related to the Reduction of Greenhouse Gas Emissions from Ships” (4 March 2004)

Επίσης, ανατέθηκε στην Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του IMO να προσδιορίσει τους καταλληλότερους μηχανισμούς με σκοπό τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από τη διεθνή εμπορική ναυτιλία. Παρά ταύτα, οι σχετικές εξελίξεις στη MEPC, από το 2004 και μετά, δεν είναι θεαματικές, αποκαλύπτοντας την επιφυλακτικότητα των κρατών μελών του IMO να προσθέσουν νέους περιβαλλοντικούς περιορισμούς (κανονιστικούς ή άλλους) στον άκρως ανταγωνιστικό τομέα των διεθνών θαλάσσιων μεταφορών.

Τέλος, θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθεί ότι σημαντικές προσπάθειες έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια, τόσο στο πλαίσιο του IMO και της Σύμβασης Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC), για την επίτευξη μιας συμφωνίας. Το 2011 του IMO σημειώσει πρόοδο με την έγκριση του δείκτη ενεργειακής απόδοσης Σχεδιασμού (EEDI), η οποία καθορίζει υποχρεωτικά πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για τα νέα πλοία, και το πλοίο για την ενεργειακή απόδοση Σχέδιο Διαχείρισης (SEEMP), ένα εργαλείο διαχείρισης για τους πλοιοκτήτες<sup>20</sup>.

### 1.3 Η ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΣΤΡΟΦΗ ΣΤΗΝ ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

#### 1.3.1 *ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΟΠΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ*

Οι διεθνείς νομοθεσίες σε συνάρτηση με την παγκόσμια στροφή της κοινωνίας σε δραστηριότητες που είναι φιλικές προς το περιβάλλον συνέβαλλαν στην στροφή της βιομηχανίας έτσι ώστε να υιοθετήσει φιλικές προς το περιβάλλον διαδικασίες. Η ναυτιλία με την ιδιαιτερότητα που την χαρακτηρίζει δηλαδή με το ότι πρέπει να συμμορφώνεται με τις συνθήκες και τους νόμους που ισχύουν σε κάθε κράτος στο οποίο δραστηριοποιείται ένα πλοίο. Αναγκαστικά καλείται να εφαρμόσει τις απαιτητικότερες των απαιτήσεων έτσι ώστε να μπορεί να δραστηριοποιείται εμπορικά χωρίς να αντιμετωπίζει κυρώσεις λόγω μη συμμόρφωσης με τους διάφορους κατά περιοχές κανονισμούς.

---

<sup>20</sup> [http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping/index_en.htm)

### 1.3.2 ΜΕΙΩΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΑΥΞΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα τελευταία χρόνια γίνεται συνέχεια αναφορά στην μείωση κοιτασμάτων φυσικών πόρων και στην αύξηση δυσκολίας εξόρυξης τους.

Με βάση έρευνα της Shell τα επόμενα χρόνια η αύξηση της ζήτησης για ενέργεια σε συνδυασμό με την μείωση των αποθεμάτων και την δυσκολία πλέον εξόρυξης τους (εξόρυξη σε υποθαλάσσια κοιτάσματα ή σε περιοχές που καλύπτονται από στρώματα πάγου) θα έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση των τιμών των καυσίμων.

Υπολογίζοντας την μεγάλη κατανάλωση που απαιτείται για την λειτουργία ενός εμπορικού πλοίου συμπεραίνουμε πως η παραμικρή μείωση της κατανάλωσης καυσίμων, σε μια περίοδο όση η εμπορική ζωή του πλοίου έχει αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης κατά χιλιάδες τόνους καυσίμου. Έτσι πλέον οι πλοιοκτήτες υιοθετούν τακτικές οι οποίες εξοικονομούν ενέργεια τόσο κατά την διάρκεια που το πλοίο είναι ενεργό αλλά επίσης και σε περίοδο που το πλοίο είναι ανενεργό (είτε αυτό βρίσκεται σε λιμάνι είτε περιμένοντας ναύλο σε μια περιοχή). Επομένως από τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως η στροφή προς την πράσινη ναυτιλία είναι αποτέλεσμα τόσο της κοινωνικής ευθύνης όσο και της προσπάθειας μείωσης των τρεχόντων εξόδων ενός πλοίου.

### 1.4 ΤΟΜΕΙΣ ΟΠΟΥ ΕΠΙΤΥΓΧΑΝΕΤΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΠΟΡΩΝ

Τα κύρια ενεργοβόρα μηχανήματα ενός πλοίου είναι αρχικά η προωστήριος εγκατάσταση και δευτερευόντως τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη και οι λέβητες παραγωγής ατμού (Auxiliary Boilers). Όλα τα υπόλοιπα μηχανήματα είτε καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται από τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη είτε είναι εξηρημένα σε κάποιο από τα παραπάνω μηχανήματα.

Η μεν προωστήρια εγκατάσταση καταναλώνει το 85% με 90% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνει ένα πλοίο ενώ οι ηλεκτρογεννήτριες και οι λέβητες παραγωγής ατμού το υπόλοιπο 10%-15%. Τα παραπάνω νούμερα φυσικά κυμαίνονται με βάση τον τύπο του πλοίου και το είδος του ταξιδιού καθώς έχει



διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες ένα Bulk Carrier φορτωμένο με κάποιο μέταλλευμα κατά την διάρκεια του ταξιδιού του σε σχέση με ένα Reefer Vessel το οποίο είναι φορτωμένο με ευπαθή προϊόντα τα οποία χρειάζονται ψύξη σε συγκεκριμένη θερμοκρασία καθ' όλη την διάρκεια του ταξιδιού τους.

Βλέποντας το ποσοστό που καταναλώνεται για την πρόωση ενός πλοίου καταλαβαίνουμε πως οι περισσότερες προσπάθειες επικεντρώνονται στην μείωση των καυσίμων που ξοδεύονται για την συγκεκριμένη λειτουργία. Μελετώντας την σχέση καυσίμου - πρόωσης προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα. Η χημική ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται σε κινητική κατά την καύση του πετρελαίου στην κύρια μηχανή και στην συνέχεια ένα μέρος της χάνεται λόγω των τριβών και το υπόλοιπο με την βοήθεια της έλικας μετατρέπεται σε ταχύτητα για το πλοίο. Οι άμεσες συνέπειες αν μεταβάλλουμε (μειώσουμε) μόνο τον παράγοντα καύσιμο είναι η μείωση της ταχύτητας. Αυτή είναι και η θεμελιώδης αρχή του eco speed (low steaming). Αν εμβαθύνουμε στον παράγοντα τριβές έχοντας σκοπό να τις μειώσουμε έτσι ώστε το ποσοστό ενέργειας που χάνεται να ελαχιστοποιηθεί τότε πρέπει να μελετήσουμε τους συντελεστές που αποτελούν την τριβή και αυτοί είναι η ολίσθηση, τα τυρβώδη φαινόμενα που αναπτύσσονται λόγω της ροής του νερού στην περιοχή γύρω από την προπέλα αλλά και η υδροδυναμική του πλοίου. Στην παρούσα εργασία δεν θα εμβαθύνουμε στα παραπάνω φαινόμενα, όμως θα αναφερθούμε σε μεθόδους που σχετίζονται με αυτά και έχουν σαν αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης του πλοίου.

## **2. ECO SPEED ΚΑΙ ROUTING**

### **2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ECO SPEED ΚΑΙ ΠΩΣ ΕΠΙΤΥΓΧΑΝΕΤΑΙ**

Βασιζόμενοι στα παραπάνω και σε άμεση συσχέτιση με τις τιμές των ναύλων οι εταιρίες εφαρμόζουν διαδικασίες eco speed. Λέγοντας Eco Speed ή Slow Steaming όπως επίσης συναντάται συχνά εννοούμε την διαδικασία στην οποία το πλοίο πλέει με μειωμένη ταχύτητα από αυτή με την οποία έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί υπό φυσιολογικές συνθήκες. Αν και σαν έννοια είναι απλή η εφαρμογή της στην ναυσιπλοΐα είναι περισσότερο περιπλοκή από όσο ακούγεται.

Οι ναυτικές μηχανές των εμπορικών πλοίων είναι στην πλειονότητα τους δίχρονες και αργόστροφες μελετημένες και εξελιγμένες έτσι ώστε να λειτουργούν σε συγκεκριμένο εύρος στροφών το οποίο μεταφράζεται σε συγκεκριμένη ταχύτητα (την υπηρεσιακή ταχύτητα του πλοίου). Επίσης ολόκληρη η προωστήρια εγκατάσταση συμπεριλαμβανόμενης και της προπέλας είναι μελετημένες έτσι ώστε να ανταποκρίνονται επιτυγχάνοντας συγκεκριμένη ταχύτητα σε συγκεκριμένες στροφές. Βέβαια το πλοίο έχει την ικανότητα να αυξομειώνει ταχύτητα ανάλογα με τις περιστάσεις αλλά για περιορισμένο χρονικό διάστημα.

Επομένως αν αποφασιστεί πως το πλοίο για μεγάλο χρονικό διάστημα θα επιχειρεί με διαφορετική (μικρότερη από την υπηρεσιακή) ταχύτητα θα πρέπει να γίνει ειδική μετατροπή (de-rating) στην κύρια μηχανή και στους υπερπληρωτές της έτσι ώστε η υπολειτουργία της να μην της προκαλεί περαιτέρω επιπλοκές.

Οι κατασκευάστριες εταιρίες έχουν αναπτύξει τέτοια πακέτα υπηρεσιών τα οποία καλύπτουν όλα τα υποσυστήματα και τα δίκτυα της κύριας μηχανής.

Αναλυτικότερα τα υποσυστήματα τα οποία χρήζουν μετατροπής για να μπορέσουν να υποστηρίξουν την τροποποιημένη λειτουργία της μηχανής είναι το σύστημα λιπάνσεως των κυλίνδρων, όπου η μείωση η ποσότητα κυλινδρελαίου που εγχέεται σε κάθε κύλινδρο μειώνεται, το σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου όπου τόσο η αντλίες πετρελαίου όσο και οι βαλβίδες πετρελαίου αλλάζουν για να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις καινούριες απαιτήσεις για καύσιμο της μηχανής. Στην συνέχεια απαιτείται μετατροπή των στροβιλοσυμπιεστών της μηχανής (Turbochargers) έτσι

ώστε η διαφοροποιημένη λειτουργία της μηχανής να συνάδει με τις απαιτήσεις του υπερπληρωτή. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η συνηθέστερη λύση είναι είτε η αντικατάσταση ολόκληρου του στροφείου καυσαερίων , είτε η αλλαγή της διάστασης και της γεωμετρίας των πτερυγίων. Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα την διαφορετική παροχή όγκου αέρα προς το ψυγείο αέρος της κύριας μηχανής, ποσότητα που θα πρέπει να συμβαδίζει με τις απαιτήσεις της τροποποιημένης πλέον μηχανής.

Όλα τα παραπάνω φυσικά θα πρέπει να γίνουν από εξουσιοδοτημένους από τον κατασκευαστή τεχνικούς και επίσης η κλάση και η σημαία του πλοίου θα πρέπει να ενημερωθούν, να συμφωνήσουν, να παρακολουθήσουν τα διάφορα στάδια της μετατροπής και μετά το πέρας των εργασιών να πιστοποιήσουν πως το αποτέλεσμα της μετατροπής είναι ικανοποιητικό, η μηχανή μπορεί να λειτουργήσει με ασφάλεια και πως η λειτουργία της συμμορφώνεται πλήρως με τους διεθνείς κανονισμούς.

Για να επιτευχθούν οι αλλαγές αυτές και οι δοκιμές θα πρέπει το πλοίο να βρίσκεται σε εγκαταστάσεις ναυπηγείου και μετά το πέρας της όλης μετατροπής το πλοίο να κάνει Sea Trials για να εκδοθούν τα νέα πιστοποιητικά.

Φυσικά όλα τα παραπάνω έχουν χαρακτήρα μόνιμης μετατροπής και η επαναφορά της μηχανής στα αρχικά της στάδια είναι σχεδόν ανέφικτη και οικονομικά απαγορευτική.

Επομένως η απόφαση του αν ένα πλοίο θα προβεί σε τέτοιου είδους μόνιμη μετασκευή θα πρέπει να λαμβάνεται μόνο κατόπιν οικονομοτεχνικής μελέτης της οποίας το αποτέλεσμα θα δείχνει το βάθος χρόνου απόσβεσης της μετατροπής καθώς επίσης και το συνολικό κέρδος που θα επιφέρει μια τέτοια επένδυση στην εταιρία. Επίσης θα πρέπει να συνυπολογιστούν ο υπολειπόμενος χρόνος της οικονομικής ζωής του πλοίου και η πιθανότητα η αγορά να απαιτήσει εκ νέου αυξημένη ταχύτητα στις μεταφορές, κατά συνέπεια και δυσμενή αντιμετώπιση από τους ναυλωτές του συγκεκριμένου πλοίου που έχει υποστεί de-rating.

Αν η παραπάνω μελέτη αποδείξει πως μια μετατροπή είναι αρκετά ριψοκίνδυνη είτε γιατί ο υπολειπόμενος χρόνος οικονομικής ζωής του πλοίου δεν είναι αρκετός και για να αποσβέσει την επένδυση, είτε γιατί η υπολειπομένη ζωή του πλοίου είναι αρκετά

μεγάλη για να αποφασιστεί στην παρούσα φάση η μόνιμη μείωση της ταχύτητας του, τότε μια λύση η οποία συναντάται πολύ συχνά στις μέρες μας είναι η υιοθέτηση του eco Speed όχι σαν μόνιμη, αλλά σαν παροδική λύση.

Καθώς η μόνιμη υπολειτουργία του πλοίου απαιτεί εκτεταμένες μετασκευές στην κύρια μηχανή αλλά και στα βοηθητικά συστήματα της η λύση της παροδικής υπολειτουργίας της είναι ένα σύνθηρες φαινόμενο αφού δεν απαιτείται χρονοβόρα και κοστοβόρα μετατροπή.

Ουσιαστικά το πλοίο λειτουργεί με μειωμένη ταχύτητα αλλά για περιορισμένο χρονικό διάστημα έτσι ώστε αυτή του η λειτουργία να μην επιφέρει περαιτέρω φθορά στα συστήματα του. Έτσι λοιπόν μπορούμε να έχουμε δημιουργήσει μια διαδικασία με την οποία το πλήρωμα έχει λάβει συγκεκριμένες οδηγίες για την διάρκεια ανά ημέρα που το πλοίο θα επιχειρεί με μειωμένη ταχύτητα καθώς και το ποσοστό της μείωσης που θα έχει. Τις υπόλοιπες ώρες το πλοίο θα πρέπει να ταξιδεύει με την επιχειρησιακή του ταχύτητα για να μπορεί το σύστημα να επαναφέρει τις παραμέτρους του σε φυσιολογικά επίπεδα. Υιοθετώντας τα συγκεκριμένα μέτρα η εταιρία επωφελείται εν μέρη από την μειωμένη κατανάλωση και επιπλέον αποφεύγει το κόστος όλης της μετατροπής που αναφέρθηκε προηγουμένως. Επιπλέον το πλοίο μπορεί να επιχειρεί οποιαδήποτε στιγμή είτε με μειωμένη είτε με κανονική ταχύτητα ανάλογα με τις εντολές που έχει λάβει όμως η λειτουργία του με eco speed είναι περιορισμένη κατά το ένα έκτο αφού κάθε μέρα περίπου τέσσερις ώρες απαιτείται η λειτουργία του με κανονική ταχύτητα.

Συγκρίνοντας τις δυο παραπάνω περιπτώσεις εφαρμογής του Eco Speed, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως κάθε μια από τις δυο εφαρμογές έχει διαφορετικά κύρια χαρακτηριστικά εν αντιθέσει της κοινής αρχής στην οποία βασίζονται. Η μεν πρώτη είναι μια μόνιμη εφαρμογή του συστήματος η οποία δίνει την δυνατότητα να μειωθεί η απόδοση άρα και η κατανάλωση σε μεγάλο βαθμό, χωρίς όμως να υπάρχει πιθανή αλλαγή στην προηγούμενη φάση και με σημαντικό οικονομικό κόστος καθώς επίσης και καθυστέρηση κατά την διάρκεια της μετατροπής. Από την άλλη πλευρά η εναλλασσόμενη μείωση της απόδοσης (με μείωση των στροφών λειτουργίας τη κύριας μηχανής) προσφέρει μια άμεση λύση με μηδενικό κόστος εφαρμογής και χωρίς κανένα περιορισμό στην επαναφορά της μηχανής στα αρχικά της επίπεδα.

Όμως αποδίδει μια μείωση των στροφών σε μια τάξη μεγέθους περίπου 25% η οποία συνδυαζόμενη με την μερική ημερήσια εφαρμογή της μας οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης σε περίπου 5 mt για ένα πλοίο 45000 dwt.

Συνοψίζοντας και βασιζόμενοι στα παραπάνω συμπεραίνουμε πως για πλοία με μια μέση ηλικία παραπάνω από δέκα χρόνια και έως 20 η λύση του de - rating ενδείκνυται και είναι η πιο συνήθης καθώς το πλοίο έχει αρκετό χρόνο για να αποσβέσει με την οικονομικότερη λειτουργία του μια τέτοια επένδυση. Απεναντίας για πλοία νεώτερα από δέκα έτη ή με ηλικία μεγαλύτερη από είκοσι έτη η λύση της μερικής μείωσης στροφών ενδείκνυται αφού αφενός μια μόνιμη λύση θα ήταν ένα παρακινδυνευμένο εγχείρημα το οποίο θα πιθανώς θα στιγματίζε την υπόλοιπη οικονομική ζωή ενός πλοίου και αφετέρου σε πλοίου που διανύουν την τελευταία πενταετία της οικονομικής ζωής τους θα ήταν μάταιη μια τέτοια επένδυση αφού ο εναπομείναντας χρόνος δε θα ήταν επαρκής για την απόσβεση μια τέτοιας επένδυσης.

## 2.2 ΩΦΕΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ ΜΕ ECO SPEED

Οι ωφέλειες από την λειτουργία ενός πλοίου με slow steaming είναι πολλαπλές τόσο από την πλευρά της οικολογικής επιβάρυνσης όσο και από την πλευρά της οικονομικής επιβάρυνσης. Έχει υπολογιστεί πως ένα Handy Max bulk carrier με την μείωση της ταχύτητας του από δεκατέσσερις σε έντεκα κόμβους έχει μια εξοικονόμηση καυσίμου της τάξεως των 5 τόνων HFO την ημέρα.

Αυτό αν υπολογιστεί με βάση 300 πλεύσιμες μέρες σε ένα έτος αποφέρει περίπου 1500 τόνους HFO εξοικονόμηση καυσίμου. Αν δεχτούμε σαν μέση τιμή τα \$630 τον τόνο <sup>21</sup> κατά την διάρκεια ενός έτους εξοικονομούμε \$945000.

Με το παραπάνω παράδειγμα μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα σχετικά με το μέγεθος τόσο της οικονομικής όσο και της οικολογικής ωφέλειας αφού η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου συνεπάγεται μείωση παραγωγής αέριων ρύπων. Αξίζει να

---

<sup>21</sup> <http://www.bunkerworld.com/prices/index/bw380>

αναφερθεί πως μόνο σε ένα χρόνο η Maersk μείωσε τις τιμές των αέριων ρύπων της κατά δυο εκατομμύρια τόνους.<sup>22</sup>

### 2.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ SLOW STEAMING

Τα σημαντικότερα προβλήματα τα οποία οι πλοιοκτήτες οφείλουν να λάβουν υπόψη προτού αποφασίσουν ο στόλος τους να πλέει με Eco Speed είναι πως οι επιθεωρήσεις των μηχανημάτων των οποίων οι παράμετροι λειτουργίας αλλάζουν θα πρέπει να επιθεωρούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Η κύρια μηχανή ενός πλοίου που πλέει με μειωμένη ταχύτητα ουσιαστικά υπολειτουργεί. Λειτουργεί με χαμηλότερες πιέσεις αλλά υψηλότερες θερμοκρασίες. Οι χαμηλότερες πιέσεις έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση επικαθίσεων απανθρακώσεων τόσο στον χώρο καύσης όσο και στις βαλβίδες εξαγωγής και στο στροφείο του υπερπληρωτή. Το φαινόμενο της αύξησης των επικαθίσεων έχει ως αποτέλεσμα την ελλιπή ψύξη του συστήματος και κατά συνέπεια την φθορά του.

Έχουμε δει πρόσφατα ότι οι πλοιοκτήτες και οι ναυλωτές, λόγω των συνθηκών της αγοράς, προσπαθούν να μετριάσουν την κατανάλωση καυσίμων μέσω της μείωσης ταχύτητας των πλοίων (Slow Steaming). Η κύρια μηχανή είναι σχεδιασμένη για συνεχή λειτουργία μεταξύ του φορτίου 75-90%, και ένα μειωμένο φορτίο χρησιμοποιείται συνήθως μόνο για μικρότερες χρονικές περιόδους, για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια ελιγμών, πλεύσης κοντά σε ακτές κλπ. Εκτός και αν οι διαδικασίες του Slow Steaming διαχειρίζονται σωστά την λειτουργία της μηχανής, θα υπάρχει πάντοτε ο κίνδυνος σοβαρής βλάβη των μηχανών, καθώς είναι πολλοί οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν έχει αποφασιστεί να μειωθεί το φορτίο του κινητήρα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

---

<sup>22</sup><http://www.maersk.com/Innovation/WorkingWithInnovation/Documents/Slow%20Steaming%20-%20the%20full%20story.pdf>

Η λειτουργία με μειωμένο φορτίο κυρίως έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση απανθρακώσεων καθώς και την διάβρωση υπό υψηλή θερμοκρασία . Το μειωμένο φορτίο επηρεάζει επίσης το σύστημα καύσης , και συχνά οδηγεί σε κακή ποιότητα του μείγματος του καυσίμου. Το Slow Steaming οδηγεί επίσης σε μειωμένη πίεση του αέρα σάρωσης και στην αύξηση της μέγιστης πίεσης στον κύλινδρο . Η απόδοση του στρόβιλο-συμπιεστή θα επηρεάζεται επίσης, με αποτέλεσμα την μειωμένη ροή αέρα, η οποία θα οδηγήσει σε ελλιπή πίεση σάρωσης στον κύλινδρο.

Συνοψίζοντας οι ανεπιθύμητες παρενέργειες που προκύπτουν στην λειτουργία της μηχανής από την λειτουργία της με Eco Speed είναι τα παρακάτω:

Μειωμένη ροή του αέρα λόγω της μειωμένης απόδοσης του υπερσυμπιεστή. Μειωμένη απόδοση καύσης λόγω της αύξησης των επικαθίσεων στους εγχυτήρες καυσίμου.

Μείωση της λειτουργικότητας των ελατήριων του εμβόλου λόγω επικαθίσεων στο έμβολο και στο χιτώνιο<sup>23</sup>. Μειωμένη μεταφορά θερμότητας λόγω των απανθρακώσεων που λειτουργούν σαν μονιστικό υλικό. Το χαμηλό φορτίο θα επηρεάσει επίσης της θερμοκρασίας των καυσαερίων, τα οποία με την σειρά τους θα μειώσουν την απόδοση των μονάδων παραγωγής ατμού. Δεδομένου ότι η απόδοση του καζανιών μειώνεται, μπορεί να είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί καύσιμο για την επιπλέον απόδοση των μονάδων παραγωγής ατμού, το οποίο και πάλι θα έχει ως αποτέλεσμα επιπρόσθετο κόστος.

### *2.3.1 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ Η ΤΗΝ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΟΥ ΕΜΠΛΕΚΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕ SLOW STEAMING.*

Είναι σημαντικό να διατηρηθεί η θερμοκρασία του νερού ψύξης του κυλίνδρου στο βέλτιστο επίπεδο. Θα πρέπει να αποφεύγετε τη συμπύκνωση του αέρα σάρωσης εξαιτίας των χαμηλότερων θερμοκρασιών. Η κατανάλωση πετρελαίου και

---

<sup>23</sup><http://www.gard.no/ikbViewer/Content/8259/No%2003-09%20Slow%20Steaming%20on%20%20stroke%20engines.pdf>

κυλινδρελαίου θα πρέπει να διατηρείται σε επίπεδο με βάση το φορτίο την συγκεκριμένη στιγμή.

Όλες οι παραπάνω προφυλάξεις είναι μόνο για προσωρινή χρήση του Slow Steaming, και μόνο για μικρές χρονικές περιόδους. Για μεγαλύτερες περιόδους Slow Steaming, είναι σημαντικό να ενημερωθεί ο κατασκευαστής του κινητήρα για να γίνουν πιο μόνιμες τροποποιήσεις οι οποίες μπορεί να απαιτούνται. Οι περισσότεροι κατασκευαστές κινητήρων έχουν δημιουργήσει πακέτα αναβάθμισης Slow Steaming, και φυσικά συνιστάται ότι όλες οι αλλαγές που θα έχουν γίνει σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

#### 2.4 ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΚΤΗΤΗ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ ARRIVE JUST ON TIME)

Πολλές διεθνείς οργανώσεις (EE, OCIMF, INTERTANKO) σε συνεργασία με λιμάνια ανά τον κόσμο έχουν ξεκινήσει ένα σύστημα για τη μείωση των εκπομπών από τη ναυτιλία αυξομειώνοντας την ταχύτητα με την οποία τα πλοία φθάνουν σε ένα λιμάνι. Στο παρελθόν η συνήθης τακτική ήταν το πλοίο να πλεύσει με την υπηρεσιακή του ταχύτητα και φτάνοντας στον προορισμό του να παίρνει σειρά για να εξυπηρετηθεί από τις λιμενικές εγκαταστάσεις. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα μια τεράστια σπατάλη καυσίμου η οποία ταυτόχρονα μεταφραζόταν και σε αυξημένους αέριους ρύπους που τις περισσότερες φορές είχαν σπαταληθεί άνευ λόγου, καθώς τα πλοία χρειαζόταν να περιμένουν στο αγκυροβόλιο αρκετές μέρες. Με το Arrival on Time η ναυτιλιακή εταιρία διαχειρίζεται δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με κατάσταση του λιμανιού που πρόκειται να επισκεφτεί το πλοίο και έτσι φροντίζει να προσαρμόζει την ταχύτητα του πλοίου έτσι ώστε αυτό να πλεύσει με την ελάχιστη δυνατή ταχύτητα και να φτάσει μόλις η προβλήτα που το εξυπηρετεί απελευθερωθεί από το προηγούμενο πλοίο. Το σύστημα που είναι γνωστό ως “Virtual arrival” έχει αναπτυχθεί με την υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EE) και στοχεύει στη μείωση των εκπομπών κατά 40% το 2050.



Η διαδικασία Virtual arrival συλλέγει πληροφορίες σχετικά με την κίνηση του λιμανιού, τις καιρικές συνθήκες στην περιοχή του λιμανιού, καθώς ένας άσχημος καιρός θα καθυστερήσει και τις διαδικασίες φόρτωσης εκφόρτωσης κλπ. Επιπλέον συλλέγει πληροφορίες σχετικά με την ακριβή θέση του πλοίου και την ταχύτητα του.

Στην συνέχεια ειδικά ανεπτυγμένοι αλγόριθμοι αναλύοντας τις καιρικές συνθήκες στην περιοχή που βρίσκεται το πλοίο, δημιουργούν μοντέλα με τα οποία προτείνουν είτε αυξομείωση της ταχύτητας είτε εκτροπή από την βέλτιστη διαδρομή έτσι ώστε να αποφευχθεί καθυστέρηση λόγω κακοκαιρίας κλπ.

Πρόκειται για ένα σύστημα που συνδέει τα πλοία με το λιμάνι της άφιξής τους και τους επιτρέπει να επιβραδύνουν όταν υπάρχει καθυστέρηση για να διασφαλιστεί ότι δεν θα φτάσουν πριν το λιμάνι είναι έτοιμο για υποδοχή τους. Αυτή η νέα προσέγγιση μειώνει την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων, ενώ διευκολύνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση και την ενίσχυση της ασφάλειας .

Σε ένα πρόσφατο άρθρο στο περιοδικό της BP, ο Garry Hallett, αναπληρωτής Διευθυντής της OCIMF, εξήγησε ότι το "Virtual Arrival" ταιριάζει τόσο καλά με τη λογική του OCIMF για να κάνει τη ναυτιλία λειτουργικά πιο έξυπνη, έτσι ώστε να μπορεί να αποφευχθεί η ανάγκη για εισφορές για τη μείωση των αέριων του θερμοκηπίου".

Ο Hallett παραδέχεται ότι θα χρειαστούν μερικά χρόνια μέχρι το "Virtual Arrival" να βρει τη θέση της στον κλάδο, αλλά οι προβλέψεις δείχνουν ότι θα είναι σε λιγότερο από μια δεκαετία. Οι επιχειρήσεις δεν θα είναι σε θέση να αντέξουν οικονομικά να λειτουργήσουν χωρίς αυτό. Η τιμή των καυσίμων, σε συνδυασμό με τις διάφορες εισφορές, θα εξασφαλίσει ότι τα πλοία πρέπει να λειτουργούν με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο.

Οι συμμετέχουσες εταιρείες αποφάσισαν να ξεκινήσει το σύστημα πιλοτικά, αφού εξακριβωθεί ότι η μείωση στις ταχύτητες των πλοίων με βάση την κατάσταση του λιμανιού σύνδεσης, μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας κατά μέσο όρο 27 % .

Εν τω μεταξύ, η Διεθνής Ένωση Ανεξάρτητων Ιδιοκτητών Tankers (Intertanko), τόνισε ότι ο στόχος δεν είναι μόνο η μείωση της κατανάλωσης καυσίμων τώρα που οι τιμές έχουν εκτοξευθεί στα ύψη, αλλά κυρίως να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Ο Επίτροπος της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα των Μεταφορών, Siim Kallas, τόνισε ότι αν και ο ναυτιλιακός τομέας είναι ένας από τις πιο αποτελεσματικούς και αντιπροσωπεύει μόλις το 2,7 % των παγκόσμιων εκπομπών, θα πρέπει να κάνει επίσης μια προσπάθεια να περιορίσει τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα. Ο κος Kallas καθώς και ο συνάδελφός του, ο Επίτροπος για την Κλιματική Αλλαγή, Connie Hedegaard, έχουν πραγματοποιήσει επίσης συνάντηση με τα μέλη της ναυτιλιακής βιομηχανίας αλλά και με τον IMO και οι δύο πρωτοβουλίες που ανταποκρίνονται στις συστάσεις της ΕΕ για μείωση των εκπομπών από τη ναυτιλία κατά 40 έως 50 % μέχρι το 2050 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2005 , το οποίο με τη σειρά του αποτελεί μέρος του στόχου μείωσης για όλους τους τομείς του 20 % έως το 2020<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup><http://www.renewableenergymagazine.com/article/shipping-industry-launches-virtual-arrival-to-save>

### 3. ENERGY EFFICIENCY

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Είναι γνωστό ότι περίπου τα δύο τρίτα της μεταφοράς αγαθών σήμερα, πραγματοποιούνται μέσω θαλάσσης. Παρόλο που η θαλάσσια μεταφορά θεωρείται ο πιο ενεργειακά αποδοτικός τρόπος μεταφοράς, δεν παύει να συμβάλλει σημαντικά στη ρύπανση του περιβάλλοντος και στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, επιτείνοντας το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο για την κλιματική αλλαγή έληξε το 2012 και τα αποτελέσματα της συνδιάσκεψης στην Ντόχα του Κατάρ για την επέκταση του πρωτοκόλλου του Κιότο έγιναν δεκτά με ανάμεικτες αντιδράσεις. Η αβεβαιότητα που επικρατεί όσον αφορά τη δέσμευση της διεθνούς κοινότητας για λήψη μέτρων για την κλιματική αλλαγή ενθάρρυνε διάφορες πρωτοβουλίες που αφορούν τη ναυτιλία για την ανάπτυξη περιφερειακών σχημάτων για τον έλεγχο των αερίων του θερμοκηπίου.

Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης εξετάζονται διάφορες εναλλακτικές λύσεις για τη ναυτιλία. Σαν το πιθανότερο σενάριο, η Ευρωπαϊκή Ένωση εξετάζει να επιβάλει ένα απλό όσο και στιβαρό σύστημα παρακολούθησης, αναφοράς και επαλήθευσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>, βασιζόμενου στην κατανάλωση καυσίμου. Από πλευράς του ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) προσπαθεί να καλύψει το κανονιστικό κενό που υπάρχει με πρωτοβουλίες, όπως είναι:

- Μελέτες για τα αέρια του θερμοκηπίου από τα πλοία.
- Οδηγίες για δείκτες ενεργειακής απόδοσης.
- Μελέτη μέτρων που βασίζονται στην αγορά που προτείνονται από διάφορες χώρες (από την επιβολή ειδικού τέλους στα καύσιμα έως σε σχήματα εμπορίας ρύπων).
- Θέσπιση υποχρεωτικών κανονισμών για το δείκτη EEDI (Energy Efficiency Design Index) και το πλάνο SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan) σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των πλοίων και ένταξή τους στη διεθνή νομοθεσία για τη θαλάσσια ρύπανση MARPOL (Παράρτημα VI).

Έτσι, λοιπόν, από την 1η Ιανουαρίου 2013 τέθηκε σε ισχύ το κεφάλαιο 4 του Παραρτήματος VI της MARPOL<sup>25</sup> που αφορά το EEDI και το SEEMP.

Με τον όρο EEDI<sup>26</sup> (Energy Efficiency Design Index) αναφερόμαστε στο δείκτη που απεικονίζει το ποσό του CO<sub>2</sub> που παράγεται ανά τόνο και μίλι (ικανότητα μεταφοράς φορτίου). Αποτελεί μια ομοιόμορφη προσέγγιση στον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης ενός πλοίου κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της κατασκευής των νέων σκαφών και χρησιμοποιείται για να ελέγξει τα επίπεδα του CO<sub>2</sub> που θα εκπέμπονται από τα μελλοντικά νέα σκάφη με την ενθάρρυνση βελτιώσεων στο σχεδιασμό τους. Η εφαρμογή του EEDI είναι υποχρεωτική για τα νεότευκτα πλοία μετά την 1η Ιανουαρίου 2013.

Ο EEDI σκοπεύει ειδικότερα στις παρακάτω ενέργειες:

- Να απαιτήσει ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής αποδοτικότητας από τα πλοία, εξαρτώμενο από τον τύπο και το μέγεθος αυτών.
- Να αυξήσει την ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων σταδιακά για τις επόμενες δεκαετίες.
- Να παρακινήσει για συνεχόμενη τεχνολογική ανάπτυξη σε όλους τους παράγοντες, που επηρεάζουν την αποδοτικότητα καυσίμου ενός πλοίου.
- Να διαχωρίσει τα τεχνικά και τα σχεδιαστικά μέτρα από τα επιχειρησιακά και εμπορικά μέτρα.
- Να κάνει δυνατή μια σύγκριση της ενεργειακής αποδοτικότητας μεταξύ μεμονωμένων πλοίων του ίδιου μεγέθους, τα οποία μπορούν να μεταφέρουν το ίδιο φορτίο.

Το SEEMP<sup>27</sup> (Ship Energy Efficiency Management Plan) πρέπει να αναπτυχθεί για κάθε πλοίο, και η καταληκτική ημερομηνία για την ύπαρξή του πάνω στο πλοίο είναι η πρώτη ενδιάμεση επιθεώρηση ή η επιθεώρηση ανανέωσης του Διεθνούς

---

<sup>25</sup> <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/naftikachronika-issues/142.pdf>

<sup>26</sup> <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>

<sup>27</sup> <http://www.marorka.com/seemp-ship-energy-efficiency-management-plan-2/>

Πιστοποιητικού Πρόληψης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (International Air Pollution Prevention IAPP Certificate) μετά την 1η Ιανουαρίου 2013, όποια απ' τις παραπάνω επιθεωρήσεις είναι πρώτη. Το SEEMP είναι ένα σχέδιο διαχείρισης της ενέργειας με τα χαρακτηριστικά των συστημάτων διαχείρισης που βασίζονται στη συνεχή βελτίωση που πραγματοποιείται μέσα από ένα πλαίσιο: Σχεδιάζω - Εκτελώ - Ελέγχω - Ενεργώ (Plan-Do-Check-Act, κύκλος του Deming). Τα κύρια στοιχεία ενός SEEMP περιλαμβάνουν τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης και τον καθορισμό του προγραμματισμού, της εφαρμογής, της παρακολούθησης και της αξιολόγησής τους.

Ο σχεδιασμός του SEEMP περιλαμβάνει την ενεργειακή ανασκόπηση (π.χ. ενεργειακή επιθεώρηση) για να βελτιωθούν οι τρέχουσες πρακτικές και η χρήση της ενέργειας σε κάθε πλοίο. Συντελεί στην ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού σχεδίου διαχείρισης και στον προσδιορισμό διαφόρων πτυχών σχετικά με:

- Μέτρα συγκεκριμένα για το πλοίο, όπως είναι: βελτιστοποίηση ταχύτητας, καθορισμός διαδρομής ανάλογα με τον καιρό, συντήρηση κύτους, λειτουργία μηχανημάτων κ.λ.π.
- Μέτρα συγκεκριμένα για την εταιρεία, όπως είναι: βελτιωμένη επικοινωνία και αλληλεπίδραση με άλλα ενδιαφερόμενα μέρη (ναυλωτές κλπ.).
- Ανάπτυξη του ανθρώπινου δυναμικού (π.χ. κατάρτιση του προσωπικού).
- Θέσπιση στόχων: Είναι εθελοντική, αλλά χρησιμεύει και ως μέσο για έναν πλοιοκτήτη προκειμένου να παρέχει το κίνητρο για την ενεργειακή εξοικονόμηση τόσο σε επίπεδο πλοίου όσο και σε επίπεδο εταιρείας.

Η εφαρμογή του SEEMP απαιτεί την ανάπτυξη ενός συστήματος που να καθορίζει πώς θα εφαρμοστεί κάθε μέτρο ενεργειακής βελτίωσης. Η ανάπτυξη του συστήματος μπορεί να εξεταστεί κατά το στάδιο σχεδιασμού και πρέπει να καθορίσει τις εργασίες που απαιτούνται για να υλοποιηθεί κάθε μέτρο, καθώς και τους αρμόδιους για κάθε εργασία. Η ίδια η εφαρμογή πρέπει να είναι σύμφωνη με το σύστημα και να περιλαμβάνει ένα σύστημα τήρησης αρχείων.

Όσον αφορά στον τρόπο αξιολόγησης των μέτρων ενεργειακής βελτίωσης, ο μοναδικός τρόπος είναι η ποσοτική παρακολούθηση. Η παρακολούθηση πρέπει να

πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας καθιερωμένες μεθόδους, κατά προτίμηση βάσει διεθνών προτύπων. Οι οδηγίες για το SEEMP συστήνουν ως εργαλείο παρακολούθησης το λειτουργικό δείκτη ενεργειακής απόδοσης EEOI (Energy Efficiency Operational Indicator). Επιπλέον του EEOI, εάν εξυπηρετεί ή/και είναι χρήσιμο για ένα πλοίο ή μια εταιρεία, και άλλοι δείκτες ενεργειακής απόδοσης (EnPIs) μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Το EEOI στην απλούστερη μορφή του ορίζεται ως ο λόγος της μάζας του CO<sub>2</sub>(M) που εκπέμπεται ανά μονάδα ικανότητας μεταφοράς φορτίου, και για τον υπολογισμό του απαιτούνται ανά ταξίδι η κατανάλωση καυσίμου, το μεικτό βάρος μεταφερόμενου φορτίου και η απόσταση που διανύθηκε. Το EEOI μεταβάλλεται σημαντικά από ταξίδι σε ταξίδι, και για την εξομάλυνσή του έχει προταθεί ένας κυλιόμενος μέσος όρος (π.χ. ετήσιος ή τριετής). Περιλαμβάνει τεχνικά, λειτουργικά και εμπορικά στοιχεία και είναι ένας γενικός δείκτης της απόδοσης των μεταφορών, καθώς και ένας δείκτης του «αποτυπώματος άνθρακα». Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υψηλού επιπέδου διαχειριστικό εργαλείο για συγκρίσεις μεταξύ πλοίων ή μεταξύ εταιρειών, και η χρησιμοποίησή του παραμένει προαιρετική.

Η αυτοαξιολόγηση είναι το τελικό στάδιο στον κύκλο, και είναι ο τρόπος με τον οποίο κάθε μέτρο μπορεί να αξιολογηθεί και τα αποτελέσματα να ανατροφοδοτήσουν το στάδιο σχεδιασμού του επόμενου κύκλου βελτίωσης. Η αυτοαξιολόγηση και η βελτίωση όχι μόνο προσδιορίζουν πόσο αποτελεσματικό είναι κάθε μέτρο ενεργειακής βελτίωσης, αλλά επίσης καθορίζουν εάν η διεργασία με την οποία εφαρμόζεται και παρακολουθείται το μέτρο είναι κατάλληλη και εάν μπορεί να βελτιωθεί. Το SEEMP μπορεί κάλλιστα να συνδυασθεί ή να εφαρμοσθεί ως μέρος των υφιστάμενων συστημάτων διαχείρισης μιας ναυτιλιακής εταιρείας, όπως του συστήματος διαχείρισης της ασφάλειας ή του περιβάλλοντος. Αρκετές ναυτιλιακές εταιρείες προχωρούν σήμερα στην εφαρμογή ενός εταιρικού συστήματος διαχείρισης της ενέργειας, βασισμένου στο νέο διεθνές πρότυπο για την ενεργειακή διαχείριση το ISO50001.

### 3.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΠΛΟΙΩΝ

Η διαχείριση της ενέργειας αποτελεί πλέον ένα από τα βασικά στοιχεία διαφοροποίησης και στρατηγικού πλεονεκτήματος για τις ναυτιλιακές εταιρείες. Η αγορά, σε όλες τις εκφάνσεις της, από τη σχεδίαση, την κατασκευή, τη λειτουργία έως και το τέλος της ζωής των πλοίων, διέπεται από νέες νομοθεσίες και κανονισμούς. Η εκμετάλλευση των πλοίων θα πρέπει να είναι όχι μόνο οικονομικά βιώσιμη αλλά και περιβαλλοντικά αειφόρος, προσεγγίζοντας τη διαχείριση της ενέργειας μέσα από το τρίπτυχο «άνθρωπος - περιβάλλον - οικονομικό όφελος».

Οι κυβερνήσεις μπορεί να έχουν περιορισμένες δυνατότητες σχετικά με τα πλοία άλλων κυβερνήσεων. Ορισμένες Συμβάσεις προβλέπουν ότι τα πλοία πρέπει να φέρουν πιστοποιητικά που να δείχνουν ότι έχουν επιθεωρηθεί και συμμορφώνονται με τα απαιτούμενα πρότυπα. Τα πιστοποιητικά γίνονται αποδεκτά ως απόδειξη από τις αρχές άλλων κρατών ότι τα πλοία που τα φέρουν έχουν συμμορφωθεί με τα απαιτούμενα πρότυπα, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει να γίνουν περαιτέρω ενέργειες.

Οι κυβερνήσεις των μερών υιοθετούν στον IMO συλλογικά κανονισμούς αλλά έχουν την ευθύνη να τους θέσουν σε ισχύ και να τους εφαρμόσουν ατομικά ή σε συνεργασία. Οι συμβαλλόμενες κυβερνήσεις εφαρμόζουν τις διατάξεις των Συμβάσεων του IMO όσον αφορά τα πλοία τους και επίσης καθιερώνουν κυρώσεις για παραβιάσεις τους, όπου προβλέπονται αυτές. Η κύρια ευθύνη για την εξασφάλιση ότι τα πλοία διατηρούνται σε επίπεδο τουλάχιστον ισοδύναμο με εκείνο που καθορίζεται σε Διεθνείς Συμβάσεις ανήκει στο κράτος της σημαίας του πλοίου.

Η πολύ μεγάλη πλειοψηφία των πλοίων ναυπηγούνται και επιθεωρούνται τακτικά σύμφωνα με τα πρότυπα που καθιερώνουν οι νηογνώμονες. Το έργο των νηογνώμωνων είναι σημαντικό και εκτείνεται στη σχεδίαση, κατασκευή, επισκευή, λειτουργία και συντήρηση των πλοίων και έχει αναγνωρισθεί επίσημα από τον IMO. Είναι αναντικατάστατη πηγή τεχνογνωσίας, καθώς επίσης και έρευνας και

ανάπτυξης. Η Διεθνής ένωση νηογνώμωνων IACS<sup>28</sup> ενώνει τους μεγαλύτερους νηογνώμονες για πολλούς σοβαρούς λόγους. Για να εξασφαλισθεί η κατασκευαστική ακεραιότητα των πλοίων είναι απολύτως στοιχειώδες οι νηογνώμονες συλλογικά να εφαρμόζουν όσο δυνατόν υψηλότερα πρότυπα στην εκτέλεση των καθηκόντων τους. Η σχεδίαση και προδιαγραφές της κατασκευής του πλοίου, ο βαθμός συμμόρφωσης με τους κανονισμούς των νηογνώμωνων και η επίβλεψη της ποιότητας της εργασίας κατά τα στάδια της ναυπήγησης καθορίζουν σε μεγάλη έκταση την ποιότητα του πλοίου σε λειτουργία.

Ως αποτέλεσμα, τα περισσότερα κράτη των σημαιών εξουσιοδοτούν νηογνώμονες να διενεργούν εξ ονόματός τους θεσμοθετημένες επιθεωρήσεις για να διαπιστώνεται συμμόρφωση με τις Συμβάσεις του IMO και εθνικούς νόμους.

### 3.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΜΕ ΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΕΠΙΤΥΓΧΑΝΕΤΑΙ Η ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΝΕΟΤΕΥΚΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ (EEDI)

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) συμφώνησε να ισχύουν τα πρότυπα του σχεδιασμού της ενεργειακής απόδοσης για τα νέα πλοία από το 2013, αλλά και να δοθεί ένα περιθώριο στις αναπτυσσόμενες χώρες, που θα έχουν τη δυνατότητα να καθυστερήσουν να τα εφαρμόσουν μέχρι το 2017 ή το 2019.

---

<sup>28</sup> Διεθνής Ένωση Νηογνώμωνων με μέλη προς το παρόν: American Bureau of Shipping (ABS), Bureau Veritas (BV), Det Norske Veritas- Germanischer Lloyd (DNV GL), China Classification Society (CCS), Indian Register of Shipping (IRS), Korean Register of Shipping (KR), Lloyds Register of Shipping (LR), Nippon Kaiji Kyokai (NK), Russian Maritime Register of Shipping (RS), Registro Italiano Navale (RINA).Croatian Register of Shipping (CRS) & Polski Register of Shipping (PRS)



Εικόνα 1: Απλουστευμένος τύπος υπολογισμού του EEDI.

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

Πηγή: <http://www.imo.org/MediaCentre/HotTopics/GHG/Pages/EEDI.aspxUpdated>  
Study on GHG emissions from Ships

Ο IMO ισχυρίζεται ότι η ναυτιλία σήμερα αντιπροσωπεύει περίπου το 3.3% των παγκόσμιων εκπομπών άνθρακα, αλλά άλλες μελέτες θέτουν αυτό το νούμερο υψηλότερο, περίπου στο 5%. Σύμφωνα με μια έρευνα του IMO, οι εκπομπές από την ναυτιλία θα μπορούσαν να αυξηθούν από 150% ως 250% μέχρι το 2050 αν δεν υπάρξει κανονισμός.

Ο EEDI θα αναγκάσει τα νέα πλοία να πληρούν ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης. Τα πλοία που θα έχουν ναυπηγηθεί μεταξύ 2015 και 2019 θα πρέπει να βελτιώσουν την αποδοτικότητά τους κατά 10%, το οποίο θα αυξηθεί σε 20% μεταξύ 2020 και 2024 και 30% για τα πλοία που θα παραδοθούν μετά το 2024.

Εικόνα 2: Πλήρης τύπος υπολογισμού του EEDI.

▪ Specific Formula

$$\frac{\left( \prod_{j=1}^M f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{ME} P_{ME(i)} \cdot C_{PME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + P_{AE} \cdot C_{PAE} \cdot SFC_{AE}}{f_j \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_v} + \left( \prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{ME} P_{PME(i)} - \sum_{i=1}^{ME} f_{off(i)} \cdot P_{AEoff(i)} \right) C_{PAE} \cdot SFC_{AE} - \left( \sum_{i=1}^{off} f_{off(i)} \cdot P_{off(i)} \cdot C_{PME} \cdot SFC_{ME} \right)$$

Πηγή: <http://www.slideshare.net/mun8158/eedi-formula>

Ωστόσο, μία ομάδα χωρών με επικεφαλής την Κίνα, Βραζιλία, Σαουδική Αραβία και Νότια Αφρική εξασφάλισαν μια εξαίρεση για τα νέα πλοία που είναι νηολογημένα στα αναπτυσσόμενα κράτη. Το χάσμα μεταξύ των αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών μοιάζει με τις διαφορές για τις περικοπές των εκπομπών στις χωρίς αποτέλεσμα κλιματικές συζητήσεις του ΟΗΕ.

Αν οι χώρες επιλέξουν να εφαρμόσουν την απαλλαγή για ένα νέο-παραδομένο πλοίο, η εφαρμογή του δείκτη θα καθυστερήσει μεταξύ τεσσάρων και εξήμισι χρόνων από το 2013, ανάλογα με το είδος του συμβολαίου του πλοίου.

«Η υιοθέτηση του EEDI είναι το σωστό βήμα αλλά η μεγάλη καθυστέρηση αποδυναμώνει σημαντικά την βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη συνέπεια. Αν ο ΙΜΟ δεν δράσει γρήγορα τώρα στα ήδη υπάρχοντα πλοία, θα είναι στη δικαιοδοσία της Ε.Ε. να αναλάβει την ηγεσία σε περιφερειακό επίπεδο»<sup>29</sup> είπε ο Bill Hemmings, διευθυντής της ΜΚΟ 'Μεταφορά & Περιβάλλον' που έχει έδρα στις Βρυξέλλες.

Παρόλα αυτά μια απαλλαγή για μερικές χώρες μπορεί να σημαίνει ότι οι ναυπηγοί της Ε.Ε., για παράδειγμα, θα μπορούσαν να ναυπηγήσουν και να βάλουν σημαία σε ένα πλοίο σε κάποιο αναπτυσσόμενο κράτος χωρίς να διαμαρτύρονται για τους νέους κανονισμούς για ορισμένο διάστημα.

### *3.3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΤΟΥ EEDI*

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

Με τον όρο «νέο πλοίο» αναφερόμαστε σε ένα πλοίο:

- για το οποίο το συμβόλαιο ναυπήγησης τοποθετήθηκε κατά ή μετά την 1 Ιανουαρίου του 2013, ή
- του οποίου η καρίνα έχει τεθεί ή το οποίο βρίσκεται σε ανάλογο στάδιο κατασκευής, κατά ή μετά την 1 Ιουλίου του 2013, σε περίπτωση απουσίας συμβολαίου ναυπήγησης, ή

---

<sup>29</sup><http://www.transportenvironment.org/press/environmental-groups-welcome-imos-energy-efficiency-standard-new-ship-call-further-actions>

- η παράδοση του οποίου είναι την ή μετά την 1η Ιουλίου 2015.

Ο EEDI είναι συγκεκριμένος για κάθε ένα πλοίο και δείχνει την, κατ' εκτίμηση, απόδοση του πλοίου από την άποψη της ενεργειακής αποδοτικότητας. Συνοδεύεται από τεχνικό αρχείο, που περιέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για τον υπολογισμό του και παρουσιάζει τη διαδικασία του υπολογισμού. Ο Επιτευχθείς EEDI ελέγχεται, με βάση το τεχνικό αρχείο, από κατάλληλα εξουσιοδοτημένο φορέα.

Ο Επιτευχθείς EEDI υπολογίζεται για:

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

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

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

Με τον όρο « Σημαντική μετατροπή» ενός πλοίου εννοούμε μια μετατροπή του πλοίου, η οποία:

- μεταβάλλει ουσιωδώς τις διαστάσεις, τη μεταφορική ικανότητα ή την ισχύ των μηχανών του πλοίου, ή
- αλλάζει τον τύπο του πλοίου, ή

- σκοπεύει, κατά τη γνώμη της Αρχής, ουσιαστικά να παρατείνει τη διάρκεια ζωής του πλοίου, ή
- αλλάζει έτσι το πλοίο ότι, αν ήταν ένα νέο πλοίο, θα υπόκειται στις σχετικές διατάξεις της παρούσας απαίτησης, οι οποίες δεν εφαρμόζονται σε αυτό, ως υπάρχον πλοίο, ή
- αλλοιώνει σημαντικά την ενεργειακή απόδοση του πλοίου και περιλαμβάνει τις τυχόν τροποποιήσεις, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν το πλοίο να υπερβεί τον αντίστοιχο απαιτούμενο EEDI.

### 3.3.2 *ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΥΤΩΝ ΣΤΟΝ EEDI*

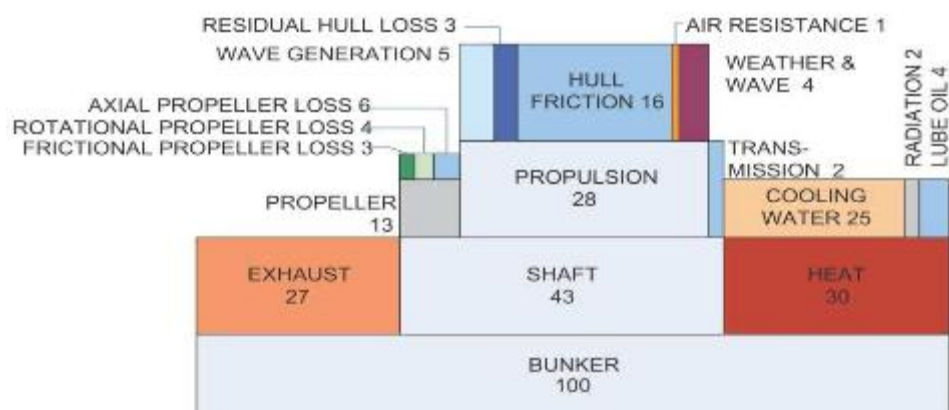
#### 3.3.2.1 Απώλειες ενέργειας επί του πλοίου

Είναι γνωστό ότι από την ενέργεια του καυσίμου που εισέρχεται στις κύριες μηχανές του πλοίου, ουσιαστικά μόνο ένα μέρος της καταλήγει να παράγει ώθηση πρόωσης. Στην εικόνα που ακολουθεί, φαίνεται ένα μικρό καλά διατηρημένο φορτηγό πλοίο, που κινείται περίπου με 15 κόμβους και με πρωραίο άνεμο 6 Beaufort. Η κάτω ράβδος αντιπροσωπεύει την εισερχόμενη ενέργεια από το καύσιμο στην κύρια μηχανή. Το 43% της ενέργειας του καυσίμου μετατρέπεται σε ισχύ στον άξονα, ενώ το υπόλοιπο της ενέργειας χάνεται στα καυσαέρια ή στις απώλειες θερμότητας. Λόγω περαιτέρω απωλειών στην έλικα και στο σύστημα μετάδοσης, μόνο το 28% της ενέργειας από το καύσιμο που τροφοδοτείται στην κύρια μηχανή παράγει ώθηση πρόωσης σε αυτό το παράδειγμα. Το υπόλοιπο της ενέργειας καταλήγει ως θερμότητα, καυσαέρια και απώλειες στο σύστημα μετάδοσης και στην έλικα. Η πλειοψηφία του 28% που παραμένει δαπανάται για να υπερνικήσει το πλοίο την τριβή τους σκάφους, ενώ το υπόλοιπο της ενέργειας δαπανάται για την υπέρβαση την αντίσταση του καιρού και του αέρα, καθώς και τις υπόλοιπες απώλειες<sup>30</sup>.

---

<sup>30</sup> International Maritime Organization (IMO): 2nd GHG IMO Study 2009.

Εικόνα 3: Χρήση της ενέργειας πρόωσης για ένα μικρό φορτηγό πλοίο



Πηγή: Second IMO GHG Study

Αυτές οι μορφές απωλειών ισχύουν για όλους τους τύπους πλοίων, με διαφορετικά όμως ποσοστά ανά πλοίο.

Πέραν της ενέργειας του καυσίμου που εισέρχεται στις κύριες μηχανές ενός πλοίου, εισέρχεται και η ενέργεια των καυσίμων που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία των βοηθητικών μηχανών.

Οι τεχνολογίες / συσκευές εξοικονόμησης ενέργειας στοχεύουν στον περιορισμό των απωλειών ενέργειας, που παρουσιάστηκαν στην παραπάνω κατανομή της ενέργειας του χρησιμοποιούμενου καυσίμου. Υπάρχουν ποικίλες καινοτόμες τεχνολογίες / συσκευές εξοικονόμησης ενέργειας και τα χαρακτηριστικά τους καθορίζουν τον τρόπο ενσωμάτωσης των αποτελεσμάτων τους στον υπολογισμό του Επιτευχθέντος EEDI. Για τον υπολογισμό αυτών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω στοιχεία:

- Όσες έχουν ήδη επηρεάσει άλλες παραμέτρους του τύπου υπολογισμού του EEDI, δεν θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πάλι στον υπολογισμό του, έτσι ώστε να αποφευχθεί η διπλή καταμέτρηση.
- Πρέπει να θεωρείται ότι χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της συνήθους κατάστασης εν πλω.
- Όπου ενεργεί ο συνδυασμός πάνω από δύο συσκευών ή / και τεχνολογιών, η

συνολική επίδραση των εν λόγω συνδυασμών θα πρέπει να αφαιρείται μόνο μια φορά, επειδή το άθροισμα του αποτελέσματος των αντίσ τοιχων συσκευών ή / και τεχνολογιών, δεν μπορεί να είναι ίσο με τη συνολική επίδραση των εν λόγω συνδυασμού.

Τα αποτελέσματα των εν λόγω τεχνολογιών στον υπολογισμό του δείκτη EEDI μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

### 3.3.2.2 Μετατόπιση της καμπύλης ισχύος του πλοίου, έχοντας ως αποτέλεσμα την αλλαγή του σχεδιασμού της $P_{ME}$ και της $V_{ref}$ .

Αφορά στις μόνιμες τεχνολογίες ενεργειακής αποδοτικότητας. Συνήθως είναι μια βελτιωμένη σχεδίαση γάστρας και έλικας, νέου τύπου έλικα και πηδάλιο και οποιαδήποτε συσκευή / τεχνολογία μειώνει τη συνολική αντίσταση του πλοίου. Με την εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών, που είναι κατάλληλες για ένα συγκεκριμένο τύπο πλοίου, η συνολική αντίσταση του πλοίου μειώνεται και /ή η αποδοτικότητα του συστήματος πρόωσης βελτιώνεται. Έτσι πραγματοποιείται μετατόπιση της καμπύλης ισχύος δεξιότερα της αρχικής (χωρίς τη χρήση αυτών των τεχνολογιών).

Χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας τεχνολογιών είναι ότι τα αποτελέσματά τους δεν μπορούν να διαχωριστούν από τη συνολική απόδοση της αντίστασης της γάστρας και την απόδοση της έλικας και δεν μπορεί να μετρηθούν ξεχωριστά, για παράδειγμα τα αποτελέσματα δεν μπορούν να εκφραστούν ως αφαίρεση της ισχύος από τον αριθμητή του τύπου του EEDI. Τα αποτελέσματά τους είναι συνδυαστικά με τα βασικά χαρακτηριστικά του σκάφους και της έλικας και ενσωματώνονται στην εκτίμηση της συνολικής αντίστασης και της απόδοσης της έλικας.

Στην παραπάνω κατηγορία εντάσσονται οι εξής καινοτόμες τεχνολογίες:

- Βελτιστοποίηση των κυρίων διαστάσεων

Η εύρεση του βέλτιστου μήκους και του συντελεστή  $C_b$  έχει μεγάλη επίδραση στην αντίσταση του πλοίου. Μεγάλος λόγος  $L/B$  σημαίνει ότι το πλοίο θα έχει

απαλές γραμμές και χαμηλή αντίσταση κυματισμού. Από την άλλη πλευρά όταν αυξάνεται το μήκος αυξάνεται και η βρεχόμενη επιφάνεια, η οποία μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στη συνολική αντίσταση. Ένας μεγάλος συντελεστής εκτοπίσματος  $C_b$  κάνει τις γραμμές της γάστρας πολύ απότομες και οδηγεί σε αυξημένη αντίσταση.

Με τη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς του σκάφους σε ήρεμο νερό, είναι δυνατό να επιτευχθεί μείωση των καυσίμων κατά 5-20%. Η συμπεριφορά όμως σε κατάσταση κυματισμού μεταβάλλεται αρκετά μεταξύ των πλοίων<sup>31</sup>.

Η προσθήκη 10-15% επιπλέον μήκους σε ένα τυπικό δεξαμενόπλοιο μπορεί να μειώσει τη απαίτηση ισχύος περισσότερο από 10%<sup>32</sup>.

- Επιμήκυνση της ΠΜ ισάλου

Είναι δυνατή η επιμήκυνση της πρύμνης του πλοίου με την τοποθέτηση μιας “φτερούγας” πίσω από αυτή, μήκους συνήθως 3-6 μέτρων. Βασική ιδέα της κατασκευής είναι να επιμηκύνει την ενεργή ίσαλο γραμμή και να καταστεί το βρεχόμενο μέρος του ποδοστήματος μικρότερο. Αυτό έχει θετικές επιπτώσεις στην αντίσταση του πλοίου. Με την κατασκευή αυτή δύναται να επιτευχθεί 4-10% χαμηλότερη απαίτηση ισχύος πρόωσης, που αντιστοιχεί σε βελτίωση κατά 3-7% στη συνολική κατανάλωση ενέργειας για ένα τυπικό οχηματαγωγό<sup>33</sup>.

- Διάταξη των ελικοφόρων αξόνων

Οι ελικοφόροι άξονες πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένοι σε υδροδυναμική κατεύθυνση. Ακόμη τα στηρίγματα αυτών πρέπει να έχουν υδροδυναμικό σχήμα, διαφορετικά αυξάνεται η αντίσταση και η ροή στην έλικα διαταράσσεται.

Μέχρι 3% διαφορά στην απαίτηση ισχύος, μπορεί να επιτευχθεί, μεταξύ ενός κακού και ενός καλού σχεδιασμού, που αντιστοιχεί σε βελτίωση κατανάλωσης έως και 2%

---

<sup>31</sup> International Maritime Organization (IMO): 2nd GHG IMO Study 2009

<sup>32</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D

<sup>33</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D

για ένα τυπικό οχηματαγωγό πλοίο<sup>34</sup>.

- Σχήμα πτέρνας της τρόπιδας (skeg)

Η πτέρνα της τρόπιδας (skeg) θα πρέπει να σχεδιάζεται για να κατευθύνει τη ροή ομοιόμορφα στο δίσκο της έλικας. Σε χαμηλότερες ταχύτητες είναι συνήθως ευεργετικό να υπάρχει περισσότερος όγκος στο κάτω μέρος του skeg και όσο το δυνατόν λεπτότερο πάνω από τον ελικοφόρο άξονα. Στο πίσω μέρος του skeg η ροή θα πρέπει να επικολλάται σε αυτό, αλλά με όσο το δυνατό χαμηλή ταχύτητα ροής.

Με καλό σχεδιασμό, μπορεί να επιτευχθεί 1,5-2% χαμηλότερη απαίτηση ισχύος, η οποία αντιστοιχεί σε βελτίωση κατανάλωσης έως και 2% για ένα πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων<sup>35</sup>.

- Ελαχιστοποίηση των ανοιγμάτων του σκάφους

Η διατάραξη της ροής του νερού από τα ανοίγματα στα bow thrusters και τα ανοίγματα των αναρροφήσεων θαλάσσης (sea chests) μπορεί να είναι υψηλή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι ευεργετική η δημιουργία διαμόρφωσης σε σχήμα χτενιού (scallop) πίσω από το κάθε άνοιγμα. Εναλλακτικά, ένα πλέγμα που είναι κάθετο με την τοπική διεύθυνση της ροής μπορεί να εγκατασταθεί. Η θέση του ανοίγματος είναι επίσης σημαντική.

Ο καλός σχεδιασμός όλων των ανοιγμάτων, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θέση μπορεί να δώσει έως και 5% χαμηλότερη κατανάλωσης ενέργειας, σε σχέση με τους κακούς σχεδιασμούς, η οποία αντιστοιχεί σε βελτίωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας περίπου κατά 5%<sup>36</sup>.

- Αναχαιτιστικά ελάσματα διαγωγής (interceptor trim plates)

Το αναχαιτιστικό ελάσμα διαγωγής (interceptor) είναι μια μεταλλική πλάκα που τοποθετείται κάθετα προς την πρύμνη του πλοίου, καλύπτοντας το μεγαλύτερο

---

<sup>34</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D

<sup>35</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D

<sup>36</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D



εύρος αυτής. Αυτή η πλάκα αλλάζει τη ροή στο πρυμναίο τμήμα του πλοίου προς τα κάτω, δημιουργώντας ένα παρόμοιο φαινόμενο ανύψωσης, όπως μια συμβατική σφήνα διαγωγής, λόγω της υψηλής πίεσης στην περιοχή πίσω από τις έλικες.

Επιφέρουν 1-5% χαμηλότερη απαίτηση ισχύος πρόωσης, που αντιστοιχεί σε βελτίωση έως και 4% της συνολικής ζήτησης ενέργειας για ένα τυπικό οχηματαγωγό πλοίο<sup>37</sup>.

- Βελτιστοποίηση της αλληλεπίδρασης έλικας και σκάφους

Η έλικα και το πλοίο αλληλεπιδρούν. Η επιτάχυνση του νερού που οφείλεται στη δράση της έλικας μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στην αντίσταση του πλοίου ή των εξαρτημάτων. Η επίδραση αυτή μπορεί σήμερα να προβλεφθεί και να αναλυθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια, με τη χρήση υπολογιστικών τεχνικών. Επανασχεδιασμός της γάστρας, των εξαρτημάτων και της έλικας ως σύνολο, οδηγεί σε βελτίωση των επιδόσεων έως και 4%<sup>38</sup>.

- Βάρος κενού σκάφους (lightship) πλοίου

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

Σε ένα συμβατό πλοίο το βάρος του χάλυβα μπορεί να μειωθεί κατά 5-20%, αναλόγως του ποσοστού του χάλυβα υψηλής αντοχής που χρησιμοποιείται. Μια μείωση κατά 20% στο βάρος του χάλυβα μπορεί να επιφέρει μείωση της απαίτησης ισχύος πρόωσης κατά 9% περίπου. Ωστόσο, μια εξοικονόμηση κατά 5% είναι πιο ρεαλιστική, καθώς χάλυβες υψηλής αντοχής χρησιμοποιούνται ήδη σε εκτεταμένο βαθμό και σε πολλές περιπτώσεις<sup>39</sup>.

---

<sup>37</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D

<sup>38</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D

<sup>39</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D

- Αντιστρεφόμενες έλικες (Propeller Boss Cap Fins, PBCFs)

Οι ομοαξονικές αντίστροφα περιστρεφόμενες έλικες είναι μια συσκευή για ανάκτηση μέρους της ενέργειας περιστροφής. Για την αποφυγή προβλημάτων σπηλαίωσης, η πρυμναία έλικα συνήθως έχει μικρότερο διάμετρο από την πρωραία. Η οπίσθια έλικα, συνεπώς, δεν λειτουργεί στο πλήρες πεδίο της περιστρεφόμενης ροής από την εμπρόσθια έλικα. Επιπλέον, η περίπλοκη διάταξη του αξονικού συστήματος έχει ως αποτελέσματα την αύξηση των μηχανικών απωλειών, οι οποίες αναιρούν μέρος από το κέρδος που προκύπτει από την ανάκτηση της ενέργειας περιστροφής. Έχει επίσης αναφερθεί ότι οι μειωτήρες των αντίστροφα περιστρεφόμενων ελίκων μπορεί να εμφανίσουν προβλήματα. Έχουν αναφερθεί κέρδη σε κατανάλωση ενέργειας με εύρος από 6% έως 20%. Από δύο διαφορετικές πλήρους κλίμακας μετρήσεις έχουν αναφερθεί κέρδη 15-16%. Οι εν λόγω έλικες απαιτούν μικρή γραμμή άξονα και, συνεπώς, είναι κατάλληλες κατά κύριο λόγο για μονοέλικα πλοία. Η διάταξη είναι ιδιαίτερα ευεργετική για έλικες σχετικά μεγάλου φορτίου και τα καλύτερα αποτελέσματα (υπό μορφή κατανάλωσης ενέργειας) έχουν βρεθεί σε γρήγορη φορτηγά πλοία, επιβατηγά οχηματαγωγά πλοία και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Η ανάλυση των απωλειών περιστροφικής ενέργειας δείχνει ότι η τα δυνητικά οφέλη που θα μπορούσαν να επιτευχθούν είναι περίπου 3-6%<sup>40</sup>.

- Ακροφύσια Έλικας (Pre Swirl Stators, PSSs)

Η εγκατάσταση ακροφυσίων σε σχήμα τομής πτερυγίου γύρω από μια έλικα, εξοικονομεί καύσιμα για ταχύτητα πλοίου έως και 20 κόμβους και επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 5%, σε σύγκριση με ένα σκάφος με ανοικτή έλικα<sup>41</sup>.

---

<sup>40</sup> International Maritime Organization (IMO): 2nd GHG IMO Study 2009

<sup>41</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D

### 3.3.2.3 Αφαίρεση της εξοικονομούμενης ενέργειας (παραγωγή της συσκευής εξοικονόμησης ενέργειας) από την ισχύ της κύριας μηχανής.

Οι τεχνολογίες αυτές μειώνουν την απαιτούμενη ισχύς πρόωσης. Τα αποτελέσματά τους δεν μπορούν να εκφραστούν στην καμπύλη ισχύος (συνδυασμός  $PME$  και  $V_{ref}$ ). Αντιθέτως τα αποτελέσματά τους εκφράζονται με τον παράγοντα  $P_{eff}$  (75% της μείωσης της ισχύος της κύριας μηχανής από τις τεχνολογίες ενεργειακής αποδοτικότητας), ο οποίος πολλαπλασιάζεται με τους παράγοντες  $CFME$ ,  $SFCME$  και  $f_{eff}$  και στη συνέχεια αφαιρείται από τον αριθμητή του τύπου  $EEDI$ . Μερικές τεχνολογίες μπορεί να χρειάζεται να χρησιμοποιήσουν πρόσθετη ισχύ για τη λειτουργία του συστήματος, όπως στην περίπτωση της μεθόδου λίπανσης αέρα, όπου βοηθητική ενέργεια είναι απαραίτητη για την παραγωγή των πολύ μικρών φυσαλίδων που ρέουν κατά μήκος του κάτω μέρος της γάστρας, για τη μείωση της αντίστασης τριβής. Σε μια τέτοια περίπτωση, η πρόσθετη ισχύς που απαιτείται για τη λειτουργία του συστήματος θα πρέπει να υπολογίζεται ως αρνητική  $PAE_{eff}$ , ώστε να αντιστακλά σωστά τα "καθαρά" αποτελέσματα του συστήματος.

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

α. Τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιούνται καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του πλοίου & συνεπώς ο συντελεστής διαθεσιμότητας τους ( $f_{eff}$ ) είναι 1.

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

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι παρακάτω καινοτόμες τεχνολογίες:

- Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους σε πλοία για να παρέχει πρόσθετη ώση προς τα εμπρός. Αυτοί περιλαμβάνουν:

- Τα παραδοσιακά πανιά

Παρά το γεγονός ότι τα πανιά ήταν κάποτε η μόνη πηγή πρόωσης, τα πανιά θεωρείται και σήμερα ότι είναι μια ενδιαφέρουσα μέθοδος για την παροχή πρόσθετης συμπληρωματικής ισχύος. Η χρήση των παραδοσιακών πανιών επιβάλλει ροπές κάμψης στο σκάφος, με αποτέλεσμα το πλοίο να παίρνει κλίση. Επιπλέον θέματα αντοχής θα μπορούσε να οδηγήσουν στην ανάγκη για να φτάσει ο ιστός έως την καρίνα, και η παρουσία του ιστού και του εξαρτισμού θα μπορούσε να έχει σημαντικές επιπτώσεις στη διακίνηση του φορτίου. Η εξοικονόμηση καυσίμου με χρήση πανιών μπορεί να ανέλθει, σε ιδανικές συνθήκες καιρού, στο 15% στην ταχύτητα των 15 knots και στο 44% στην ταχύτητα των 10kn<sup>42</sup>.

- Στερεά ιστία σε σχήμα πτερυγίου

Τα στερεά ιστία σε σχήμα πτερυγίου μοιάζουν με τα φτερά των αεροσκαφών, τα οποία παρέχουν μεγαλύτερη ώθηση με μικρότερη αντίσταση από τα συμβατικά πανιά. Με τη χρήση των ιστίων αυτών δύναται να επιτευχθεί εξοικονόμηση καυσίμων μέχρι 21% για δεξαμενόπλοια, 8.5% για οχηματαγωγά και 20% για πλοία μεταφοράς αυτοκινήτων (PCTC)<sup>43</sup>.

- Αετοί

Οι αετοί διαφέρουν από τις άλλες ιδέες εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, έχοντας μικρό αποτύπωμα κατά την εγκατάστασή τους και ως εκ τούτου είναι αρκετά εύκολο να γίνει η μετασκευή τοποθέτησής τους. Τα μειονεκτήματα των συστημάτων αετών είναι ότι απαιτούν πολύπλοκα συστήματα εκτόξευσης, ανάκτησης και ελέγχου. Επίσης, η αντοχή του εξοπλισμού που είναι απαραίτητος για τους αετούς είναι ένα θέμα προς εξέταση. Σύμφωνα με την κατασκευάστρια

---

<sup>42</sup> International Maritime Organization (IMO): 2nd GHG IMO Study 2009

<sup>43</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D

εταιρεία «SkySails» με τη χρήση των αετών μπορεί να επιτευχθεί μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 50% τις καλές ημέρες, με ετήσια μείωση καυσίμου από 10 έως 15 %<sup>44</sup>.

- Κινητήρες τύπου «Flettner»

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

- Λίπανση με αέρα

Ο πεπιεσμένος αέρας παρέχεται μέσα σε μια εσοχή του κάτω μέρος του κύτους του πλοίου. Ο αέρας δημιουργεί ένα "χαλί", το οποίο μειώνει την αντίσταση τριβής μεταξύ του νερού και της επιφάνεια της γάστρας. Αυτό μειώνει την απαιτούμενη ισχύ πρόωσης. Η δυσχέρεια είναι να εξασφαλιστεί ότι ο αέρας παραμένει κάτω από τη γάστρα του πλοίου και δεν διαφεύγει. Παράλληλα απαιτείται μερική ισχύς για την λειτουργία των αεροσυμπιεστών.

Με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατόν να επιτευχθεί εξοικονόμηση καυσίμου μέχρι 15% για τα δεξαμενόπλοια, 7,5% για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, 3,5% για τα οχηματαγωγά και μέχρι 8,5 για τα πλοία μεταφοράς οχημάτων<sup>45</sup>.

#### 3.3.2.4 Αφαίρεση της εξοικονομούμενης ενέργειας (παραγωγή της συσκευής εξοικονόμησης ενέργειας) από την ισχύ των βοηθητικών μηχανών.

Οι τεχνολογίες αυτές μειώνουν την απαιτούμενη βοηθητική ισχύ. Τα αποτελέσματα τους, που σχετίζονται με την βοηθητική ισχύ, είναι ανεξάρτητα από την καμπύλη ισχύος. Οι επιπτώσεις τους μπορούν να ενσωματωθούν στον EEDI εκφράζοντας

---

<sup>44</sup> SkySails Company Website: [www.skysails.info/english/](http://www.skysails.info/english/)

<sup>45</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D

την παραγωγή τους ως  $PAE_{eff}$ , η οποία πολλαπλασιάζεται με τους παράγοντες  $C_{FME}$ ,  $SFC_{ME}$  και  $f_{eff}$  και στη συνέχεια αφαιρείται από τον αριθμητή του τύπου EEDI. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να διαιρεθούν σε δύο υποκατηγορίες, με κριτήριο την εφαρμογή του συντελεστή διαθεσιμότητας ( $f_{eff}$ ) ως εξής:

α. Τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιούνται καθόλη τη διάρκεια της λειτουργίας του πλοίου & συνεπώς ο συντελεστής διαθεσιμότητας τους ( $f_{eff}$ ) είναι 1.

β. Τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πλήρη παραγωγή μόνο κάτω από περιορισμένες συνθήκες. Για παράδειγμα, η παραγωγή των ηλιακών συλλεκτών εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες. Η ρύθμιση του συντελεστή διαθεσιμότητας τους ( $f_{eff}$ ) πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά.

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι παρακάτω τεχνολογίες:

- Συστήματα Ανάκτησης Απολυόμενης Θερμότητας

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

Η ανάκτηση της απολυόμενης θερμότητας μπορεί να φτάσει μέχρι το 15% της ισχύος της κύριας μηχανής, ενώ στα καινούργια συστήματα εφίσταται δυνατότητα μέχρι 20%<sup>46</sup>.

- Χρήση Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG)

Μη χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), ως καύσιμο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας, λόγω της χαμηλότερης ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση του πλοίου. Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση προέρχονται από την εξάλειψη της απαίτησης διαχωρισμού και θέρμανσης του βαρέως πετρελαίου (HFO). Το κρύο (-162° C) LNG μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για ψύξη των συστημάτων κλιματισμού του πλοίου, προκειμένου εξοικονομηθεί η ισχύς των αντίστοιχων

---

<sup>46</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D

συμπιεστών. Η εξοικονόμηση της συνολικής ενέργειας μπορεί να φτάσει μέχρι 4% για ένα τυπικό οχηματαγωγό. Για λειτουργία εν πλώ με ταχύτητα 22 kn, η διαφορά στο ηλεκτρικό φορτίο είναι περίπου 380 kW, το οποίο έχει σημαντική επίδραση στις εκπομπές καυσαερίων<sup>47</sup>.

- Ηλιακή Ενέργεια

Ηλιακοί συλλέκτες εγκατεστημένοι στο κατάστρωμα του πλοίου μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για χρήση σε ηλεκτρικό κινητήρα πρόωσης ή στα βοηθητικά συστήματα του πλοίου. Ανάλογα με το διαθέσιμο χώρο στο κατάστρωμα, οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να μειώσουν τη συνολική κατανάλωση καυσίμων μέχρι 3,5% για δεξαμενόπλοια, μέχρι 2,5% για πλοία μεταφοράς οχημάτων και μέχρι 1% για οχηματαγωγά<sup>48</sup>.

### 3.3.2.5 Μείωση της Ειδικής Κατανάλωσης της Μηχανής

Η ειδική κατανάλωση των κύριων μηχανών και των βοηθητικών ενσωματώνονται στον τύπο του δείκτη EEDI μέσω των συντελεστών SFCME και SFCAE αντίστοιχα

Η μεταβολή της τιμής του δείκτη EEDI είναι ανάλογη με την τιμή αυτών των συντελεστών. Η ειδική κατανάλωση πετρελαίου εξαρτάται κατά βάση από την επιλογή της μηχανής. Οι δίχρονες μηχανές έχουν διαφορετική ειδική κατανάλωση από τις τετράχρονες και η διαφορά εξαρτάται από το μέγεθος αυτών. Όταν επιλεγεί ο τύπος της μηχανής, υπάρχουν μικρές δυνατότητες να επηρεαστεί η πραγματική ειδική κατανάλωση.

Για μείωση της ειδικής κατανάλωσης (SFC) των πετρελαιοκινητήρων χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τεχνολογίες από τους κατασκευαστές:

---

<sup>47</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D

<sup>48</sup> Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D

- Ηλεκτρονικού ελέγχου των καυστήρων και των βαλβίδων.
- Μεταβλητής ρύθμισης του πεδίου λειτουργίας των στροβιλοσυμπιεστών.
- Αύξησης του λόγου της μέγιστης πίεσης καύσης διά της μέσης πίεσης καύσης  $p_{max}/p_{med}$ .

Τα περιθώρια για περαιτέρω μείωση της ειδικής κατανάλωσης των πετρελαιοκινητήρων είναι όμως μειωμένα, καθώς υπολογισμοί και μετρήσεις έχουν δείξει ότι είμαστε κοντά στην υψηλότερη δυνατή απόδοση, σύμφωνα με τον κύκλο Carnot, για τον τυπικό σχεδιασμό του κινητήρα που είναι διαθέσιμος σήμερα, χωρίς επιπλέον εξοπλισμό. Αυτό σημαίνει επίσης ότι αν θέλουμε να το αυξήσουμε την απόδοση του κινητήρα και κατ' επέκταση να μειώσουμε το εκπεμπόμενο CO<sub>2</sub>, πρέπει να εξεταστούν άλλες μέθοδοι και τεχνικές, που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τους πετρελαιοκινητήρες<sup>49</sup>.

### 3.3.2.6 Τύπος καυσίμου

Ο τύπος του χρησιμοποιούμενου καυσίμου επηρεάζει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και την τιμή του δείκτη EEDI.

Με τη χρήση αερίων καυσίμων επιτυγχάνεται αξιόλογη μείωση του εκπεμπόμενου CO<sub>2</sub>. Το LPG και το LNG είναι καύσιμα υδρογονανθράκων με χαμηλές εκπομπές άνθρακα και το αποτέλεσμα της μείωσης του CO<sub>2</sub> ανά Kwh, είναι περίπου 20% χαμηλότερα από το HFO. Στον παρακάτω πίνακα γίνεται σύγκριση των εκπομπών CO<sub>2</sub> μεταξύ μιας μηχανής που χρησιμοποιεί αέριο καύσιμο και μια ισοδύναμη που χρησιμοποιεί βαρύ πετρέλαιο:

---

<sup>49</sup> MAN Diesel & Turbo: How to influence CO<sub>2</sub>



Πίνακας 3: Σύγκριση των εκπομπών CO<sub>2</sub> μεταξύ μηχανής βαρέως πετρελαίου και αερίου καυσίμου

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

Πηγή: MAN Diesel: How to Influence CO<sub>2</sub>

Εκτός των αερίων καυσίμων η χρήση των βιοκαυσίμων, ως καύσιμα στους ναυτικού κινητήρες, αποτελεί μια δυνατότητα μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Η δυνατότητα αυτή είναι προς το παρόν περιορισμένη. Αυτό οφείλεται, όχι μόνο σε τεχνολογικούς παραγόντων αλλά και εξαιτίας του κόστους και της έλλειψης διαθεσιμότητας καθώς και άλλων παραγόντων που σχετίζονται με την παραγωγή και τη χρήση των βιοκαυσίμων.

## **4. ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΒΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

### **4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ**

Στη ναυτιλία, τα πλοία που χρησιμοποιούνται, κινούνται από μεγάλης ισχύος ναυτικού τύπου μηχανές Ντήζελ, οι οποίες δεν είναι υπεύθυνες αποκλειστικά και μόνο για την πρόωση του πλοίου αλλά και για όλες τις ιδιοκαταναλώσεις του σε ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα. Τα απορριπτόμενα καυσαέρια διαφεύγουν στο περιβάλλον σε υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να μη μπορούν να εκμεταλλευτούν με τη χρήση διατάξεων που βασίζονται στη χρήση νερού/ ατμού ως εργαζόμενο μέσο.

### **4.2 ΑΠΟΡΡΙΠΤΟΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ**

#### **4.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΟΡΙΣΜΟΣ**

Με τον όρο απορριπτόμενη θερμότητα αναφερόμαστε στη θερμότητα που παράγεται από μια διεργασία καύσης ή άλλης χημικής αντίδρασης και στη συνέχεια αποβάλλεται στο περιβάλλον, ενώ θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για κάποιο χρήσιμο οικονομικό σκοπό. Η κατανάλωση καυσίμου είναι ένα από τα μεγαλύτερα στοιχεία του κόστους στη λειτουργία του πλοίου. Η διατήρηση της ανταγωνιστικότητας μακροπρόθεσμα θα απαιτήσει εξαιρετικά αποδοτικές λύσεις κίνησης και έξυπνη διαχείριση ενέργειας. Την ίδια στιγμή, οι φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες απαιτούν από το πλοίο να συμμορφωθεί με ακόμα πιο αυστηρούς κανονισμούς για την προστασία του περιβάλλοντος. Στην ουσία η ποιότητα της θερμότητας δεν εξαρτάται από την ποσότητα όπου είναι διαθέσιμη. Η στρατηγική για την ανάκτησή της εξαρτάται από την θερμοκρασία όπου είναι διαθέσιμη καθώς και από τα οικονομικά ζητήματα που περιλαμβάνονται<sup>50</sup>.

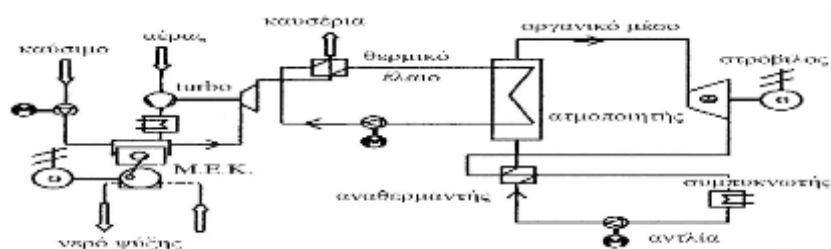
---

<sup>50</sup> <http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu3-8a>

#### 4.2.2 ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ (Μ.Ε.Κ.)

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ.), απορρίπτουν στο περιβάλλον μεγάλες ποσότητες θερμότητας, με τη μορφή θερμών καυσαερίων. Λόγω της χαμηλής τους θερμοκρασίας, μόνο η τεχνολογία ORC είναι ικανή να εκμεταλλευτεί τέτοιες θερμές πηγές. Έτσι, τα καυσαέρια μπορούν να θερμαίνουν ένα κλειστό κύκλωμα θερμικού ελαίου το οποίο στη συνέχεια θερμαίνει το οργανικό ρευστό (Σχήμα 4.2). Επίσης υπό μελέτη βρίσκεται η απευθείας θέρμανση του οργανικού ρευστού από τα καυσαέρια χωρίς τη μεσολάβηση κυκλώματος θερμικού ελαίου. Η παραγόμενη από το στρόβιλο μηχανική ισχύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας ως μηχανική ισχύς (π.χ. πλοίο) είτε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη με αεριοστρόβιλους φυσικού αερίου). Έτσι, αυξάνεται σημαντικά ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης. Για παράδειγμα ο οργανικός κύκλος Rankine μπορεί να συναντηθεί σε εγκαταστάσεις χώνευσης βιομάζας. Σε αυτή την περίπτωση το βιοαέριο, που προέρχεται από τη χώνευση της βιομάζας, χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης. Λόγω των χαμηλών θερμοκρασιακών απαιτήσεων, η δεξαμενή χώνευσης θερμαίνεται από το νερό ψύξης της μηχανής. Για τη λειτουργία του οργανικού κύκλου Rankine χρησιμοποιούνται τα καυσαέρια. Επίσης άλλες εφαρμογές είναι μηχανές πλοίων, λεωφορείων, ηλεκτροπαραγωγών αεριοστροβίλων, ηλεκτροπαραγωγών μηχανών Diesel κ.α.

Σχήμα 1: Αναπαράσταση εγκατάστασης ανάκτησης θερμότητας από Μ.Ε.Κ.<sup>51</sup>



<sup>51</sup> Karellas S., Schuster A., Supercritical steam parameters in organic Rankine cycle applications, International Journal of Thermodynamics, Vol. 12 (No.3), September 2008

#### 4.2.3 *ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΡΡΙΠΤΟΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (WHRS)*

Το WHRS (Waste Heat Recovery System) είναι ίσως ο καλύτερος τρόπος για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις αναφέρονται παραπάνω συνδυάζοντας την σχετικά εύκολη υιοθέτηση των επιπλέον μηχανήματων εντός του μηχανοστασίου.

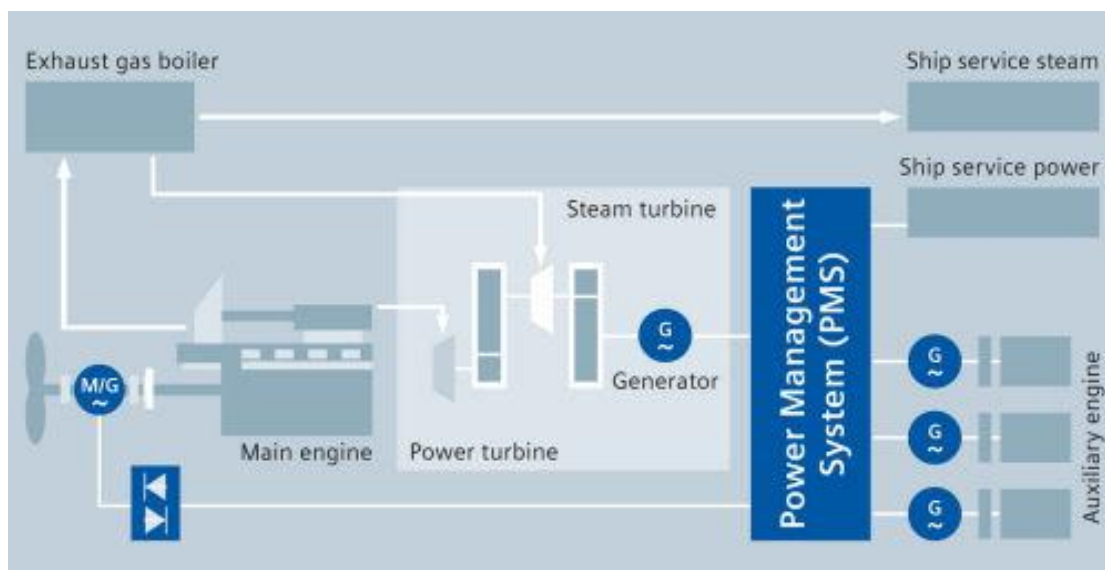
Το WHRS<sup>52</sup> χρησιμοποιεί τα καυσαέρια από το σύστημα πρόωσης για την παραγωγή επιπλέον ενέργεια καθαρά και ανέξοδα. Με τη μείωση του κόστους ενέργειας έως και κατά 12%, έχουμε επιπλέον μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>, το σύστημα προσφέρει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Μπορείτε επίσης να αποκτήσετε μεγαλύτερη ευελιξία στο σχεδιασμό του σκάφους. Μικρότερες δεξαμενές καυσίμων επιτρέπουν μια πιο δημιουργική χρήση του χώρου και της γραμμής, και το κύριο σύστημα κίνησης του πλοίου μπορεί να τα καταφέρετε με χαμηλότερη ονομαστική ισχύ. Αξιοπιστα, διεθνώς διαθέσιμες, τα τυποποιημένα στοιχεία και καθιερωμένη διαχείριση ανταλλακτικών μας διευκολύνουν τη συντήρηση και σας παρέχει τη μέγιστη αξιοπιστία.

Σε δίχρονες μηχανές χωρίς μειωτήρα, το WHRS μετατρέπει τα θερμά καυσαέρια σε υπέρθερμο ατμό (HP και LP) ο οποίος κινεί μια τουρμπίνα ατμού 2 σταδίων. Το πλεόνασμα καυσαερίων που δεν απαιτείται από το στροβιλοσυμπιεστή (M/E T/C) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει ένα στρόβιλο καυσαερίων (Power Turbine). Μαζί με τον ατμοστρόβιλο, ο στρόβιλος καυσαερίων κινεί τη γεννήτρια ηλεκτρικής ενέργειας (αρχή της ανάκτησης απορριπτόμενης θερμότητας), η οποία παρέχει την παραγόμενη ενέργεια με βάση τις απαιτήσεις του πλοίου. Σε πλήρες φορτίο, το πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει την πρόωση του πλοίου μέσω ενός ηλεκτρικού κινητήρα που δρα άμεσα πάνω στον άξονα της προπέλας. Σε χαμηλό κύριο φορτίο του κινητήρα, το σύστημα ανάκτησης θερμότητας των αποβλήτων μπορεί να λειτουργήσει παράλληλα με μια ΓΔ σετ. Ακόμη και παράλληλη λειτουργία με γεννήτρια άξονα (λειτουργία PTO) υλοποιείται εύκολα.

---

<sup>52</sup><http://www.industry.siemens.com/verticals/global/en/marine/products-and-solutions/pgd/whrs/pages/default.aspx>

Σχήμα 2: Αναπαράσταση εγκατάστασης τυπικού συστήματος WHRS<sup>53</sup>



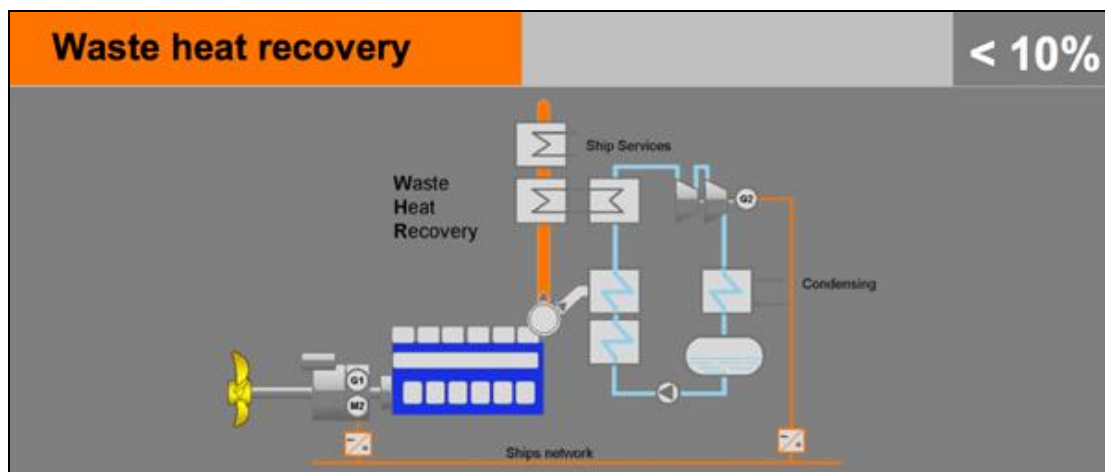
Όλες οι λειτουργίες των WHRS ελέγχονται χρησιμοποιώντας ένα σύστημα διαχείρισης της ενέργειας που εξασφαλίζει τη βέλτιστη χρήση της διαθέσιμης ενέργειας και προσαρμόζει αυτόματα τον άξονα λειτουργίας της γεννήτριας με τις τρέχουσες απαιτήσεις.

Διαφορετικές εταιρίες παγκοσμίως που ασχολούνται με τις πρωοστηριες εγκαταστάσεις πλοίων, έχουν αναπτύξει νέα τροποποιημένα συστήματα που εκμεταλλεύονται την θερμική ενέργεια των καυσαερίων και συνδυαζόμενα με στροβίλους καυσαερίων, ατμοστροβίλους κλπ, παράγουν επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια αποκλειστικά και μόνο από τη θερμική ενέργεια των καυσαερίων.

Ανάκτηση θερμότητας (WHR) ανακτά τη θερμική ενέργεια από τα καυσαέρια και το μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια. Υπολειπόμενη θερμότητα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τις υπόλοιπες ανάγκες του πλοίου. Το σύστημα μπορεί να αποτελείται από ένα λέβητα, ένα στρόβιλο ισχύος και μία τουρμπίνα ατμού με εναλλάκτη. Ο επανασχεδιασμός της διάταξης του πλοίου μπορεί να φιλοξενήσει αποτελεσματικά τους λέβητες του πλοίου.

<sup>53</sup><http://www.industry.siemens.com/verticals/global/Documents/marine/flash/animation-whrs/index.html>

Σχήμα 3: Αναπαράσταση εγκατάστασης τυπικού συστήματος WHRS<sup>54</sup>



Αποτέλεσμα:

- Η ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας από τα καυσαέρια μπορεί να παρέχει μέχρι και 15% της ισχύος του κινητήρα.
- Εξοικονόμηση ενέργειας συνολικά <10%,
- Αντίστοιχη μείωση αερίων ρύπων.

Εναλλακτικές εφαρμογές, ή συνδυασμοί των βασικών συστημάτων που εκμεταλλεύονται την θερμική ενέργεια για να την μετατρέψουν σε κινητική (στρόβιλοι καυσαερίων η ατμοστρόβιλοι) και τελικά σε ηλεκτρική συνδυάζονται και στις παρακάτω εφαρμογές οι οποίες αναπτύσσονται και εξατομικεύονται με γνώμονα τις απαιτήσεις του πλοίου καθώς ανάλογα με τον τύπο, το είδος του φορτίου, το μέγεθος και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του πλοίου οι σχετικές εφαρμογές διαφοροποιούνται.

ST-PT - Μονάδα τουρμπίνας ατμού και τουρμπίνας καυσαερίων, οι δυο στρόβιλοι συνδυάζονται με μειωτήρα και γεννήτρια. Επιλέγοντας το πλήρες WHRS - συνδυάζοντας στρόβιλους τόσο ατμού όσο και καυσαερίων, ποσοστό 8-11% μπορεί να ανακτηθεί, ανάλογα με το κύριο μέγεθος του κινητήρα, της ισχύος των κινητήρων και των συνθηκών του περιβάλλοντος.

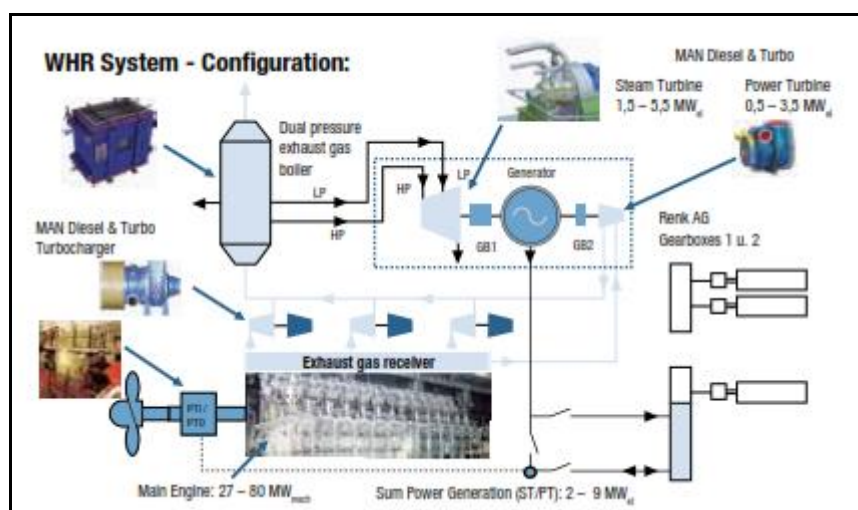
<sup>54</sup> <http://gcaptain.com/part-marine-engineering-technology/>

STG - Μονάδα τουρμπίνας ατμού συνδυάζεται με μειωτήρα και γεννήτρια. Χρησιμοποιώντας ένα σύστημα WHRS STG, θα είναι δυνατόν να επιτευχθεί 5 έως 8%, ανάλογα με το κύριο μέγεθος του κινητήρα, βαθμολόγηση του κινητήρα, και συνθήκες περιβάλλοντος.

PTG - Μονάδα τουρμπίνας καυσαερίων συνδυάζεται με μειωτήρα και γεννήτρια. Χρησιμοποιώντας ένα σύστημα PTG WHRS επιτυγχάνεται ένα ποσοστό ανάκτησης 3-5%, ανάλογα με το μέγεθος του κινητήρα κύριο.

Στο μέλλον, μπορεί να προβλεφθούν ειδικές παραλλαγές και συνδυασμοί των παραπάνω συστημάτων, ιδιαίτερα για την συμμόρφωση με το πρότυπο Tier III σχετικά με τα NOx από το 2016 και άλλα μελλοντικά κανονισμούς.

Σχήμα 4: Αναπαράσταση εγκατάστασης τυπικού συστήματος WHRS<sup>55</sup>



#### Περιγραφή των συστημάτων WHRS MAN B&W

Η αρχή των WHRS που έχουν αναπτυχθεί από την MAN B&W για τους αργόστροφους δίχρονους ναυτικούς κινητήρες ντίζελ βασίζεται στο ότι ένα μέρος της ροής των καυσαερίων παρακάμπτεται πριν το κύριο στροβιλοσυμπιεστή μέσω μιας παράκαμψης καυσαερίων.

<sup>55</sup><http://marine.man.eu/docs/librariesprovider6/technical-papers/waste-heat-recovery-system.pdf?sfvrsn=10>

Ως αποτέλεσμα, το συνολικό ποσό της πρόσληψης αέρα και καυσαερίων μειώνεται. Αυτή η μείωση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση την θερμοκρασίας και της πίεσης των καυσαερίων η οποία θα χρησιμοποιηθεί μετά την παράκαμψη.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ένα WHRS αποτελείται από διαφορετικά συστατικά, και η επιλογή ενός συστήματος για ένα έργο εξαρτάται από τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στο πλοίο (ηλεκτρικό φορτίο στη θάλασσα), το προφίλ λειτουργίας του πλοίου (ώρες σε διαφορετικά κύρια φορτία του κινητήρα στη θάλασσα), το αποδεκτό χρόνο απόσβεσης για την προτεινόμενη λύση WHRS με βάση το τρέχον προφίλ και το διαθέσιμο στο πλοίο, μεταξύ άλλων χώρο.

Ένα πολύ σημαντικό μέρος της επιλογής του ιδανικότερου WHRS για ένα έργο πλοίο έχει να κάνει με το σύστημα πρόωσης και τις στροφές του ελικοφόρου άξονα καθώς και η επιλογή του μεγαλύτερου δυνατού έλικα - έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση καυσίμου για τη βασική απόδοση του πλοίου.

Σε πολλές περιπτώσεις, WHRS θα είναι σε θέση να παράσχει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών του πλοίου ως αυτόνομη πηγή ενέργειας, αλλά μπορεί επίσης να λειτουργούν παράλληλα με μια γεννήτρια στον ελικοφόρο άξονα (Shaft Generator), η με μια ηλεκτρομηχανή (Diesel Generator). Αυτός ο τύπος των προηγμένων συστημάτων ισχύος απαιτεί ένα προηγμένο σύστημα διαχείρισης ενέργειας (PMS), με την οποία το σύστημα ελέγχου του κινητήρα MAN Diesel & Turbo έχει σχεδιαστεί για να επικοινωνούν.

Ως γενικός κανόνας, ισχύει ο εξής:

Κύρια μηχανή με ισχύ > 25.000 kW σε συνδυασμό STG και PTG

Ισχύς κύριας μηχανής < 25.000 kW PTG ή STG

Κύρια μηχανή με ισχύ < 15.000 kW PTG ή ORC (Organic Rankine Cycle) \*

Τα καθοριστικά στοιχεία, όταν επιλέγει ένα νέο σύστημα WHRS για ένα νέο έργο, είναι το μέγεθος του πλοίου, είναι το μέγεθος του συστήματος και η πολυπλοκότητα



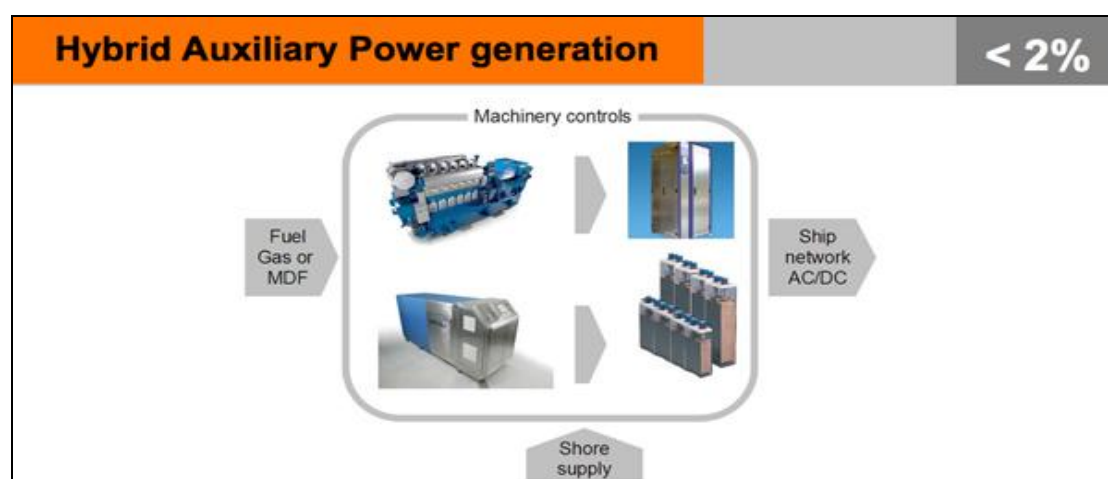
των σωληνώσεων και καλωδιώσεων, και άλλα προβλήματα σε σχέση με την εγκατάσταση που πρέπει να εξεταστούν από το ναυηγείο.

#### 4.2.4 ΕΝΝΑΛΑΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

##### 4.2.4.1 Το υβριδικό σύστημα βοηθητικής ενέργειας

Το υβριδικό σύστημα βοηθητικής ενέργειας αποτελείται από μια κυψέλη καυσίμου, ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη και μπαταρίες. Ένα έξυπνο σύστημα ελέγχου εξισορροπεί την φόρτωση του κάθε συστατικού για μέγιστη απόδοση του συστήματος. Το σύστημα μπορεί επίσης να δεχθεί άλλες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια.

Σχήμα 5: Υβριδικό Σύστημα Βοηθητικής Ενέργειας



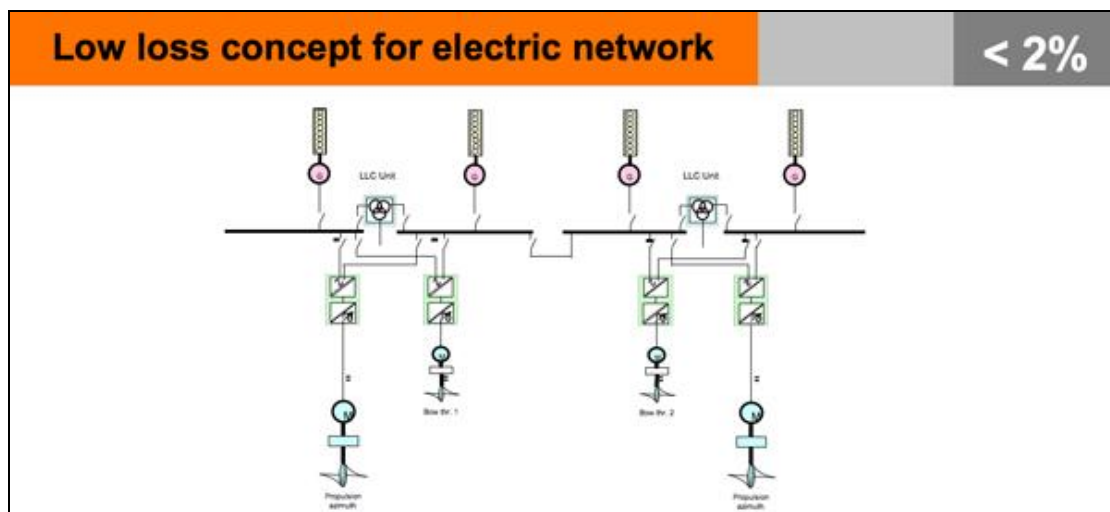
Αποτέλεσμα:

- Μείωση του NOx μέχρι και 78%.
- Μείωση των εκπομπών CO2 μέχρι και 30%.
- Μείωση των σωματιδίων μέχρι και 83%.

#### 4.2.4.2 Δημιουργία ηλεκτρικών δικτύων χαμηλών απωλειών

Η δημιουργία ηλεκτρικών δικτύων χαμηλών απωλειών (Concept LLC) είναι ένα πατενταρισμένο σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας που μειώνει τον αριθμό των μετασχηματιστών ανορθωτών από ένα για κάθε μονάδα ισχύος σε ένα bus-bar μετασχηματιστή για κάθε εγκατάσταση. Αυτό μειώνει τις απώλειες διανομής, αυξάνει τη διαθεσιμότητα ενέργειας και εξοικονομεί χώρο και το κόστος εγκατάστασης.

Σχήμα 6: Δημιουργία ηλεκτρικών δικτύων χαμηλών απωλειών



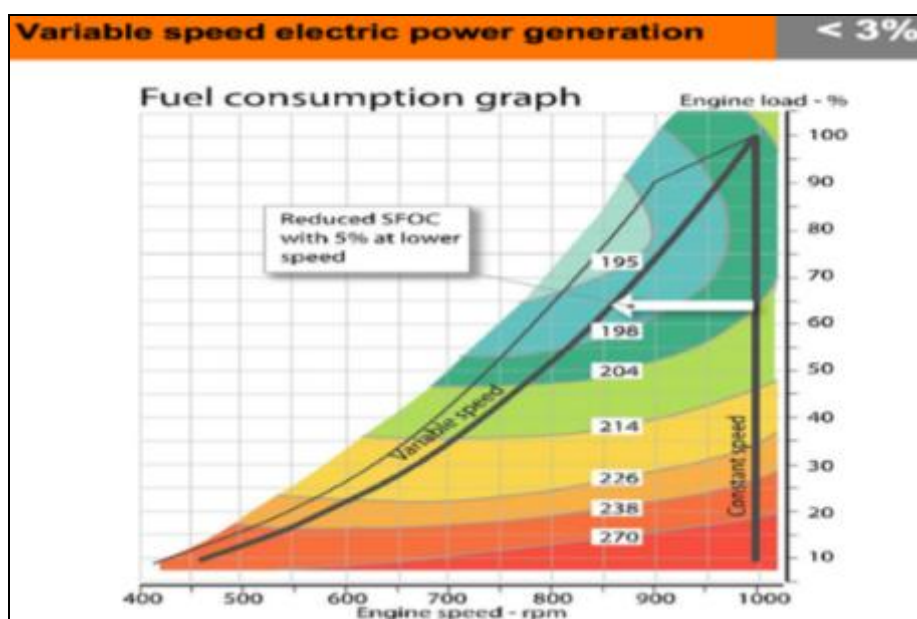
Αποτέλεσμα:

- Μείωση αριθμού & όγκου μετασχηματιστών.
- Οι απώλειες μετάδοσης μειώνεται κατά 15-20%.

#### 4.2.4.3 Σύστημα ηλεκτρογεννητριών μεταβλητών στροφών

Το σύστημα ηλεκτρογεννητριών μεταβλητών στροφών χρησιμοποιεί τα γνωστά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη που λειτουργούν όμως σε μια μεταβλητή λειτουργία στροφών. Ο αριθμός των στροφών ανά λεπτό προσαρμόζεται πάντα για μέγιστη απόδοση ανεξάρτητα από το φορτίο του συστήματος. Το ηλεκτρικό σύστημα βασίζεται σε DC διανομή και τη συχνότητα ελέγχεται καταναλωτές.

Σχήμα 7: Σύστημα ηλεκτρογεννητριών μεταβλητών στροφών



Αποτέλεσμα:

- Μειώνει τον αριθμό των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών κατά 25%.
- Βελτιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου, η εξοικονόμηση 5-10%.

#### 4.2.4.4 LNG καύσιμα

Η στροφή σε καύσιμα LNG μειώνει την κατανάλωση ενέργειας, λόγω της μείωσης της για ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση του πλοίου. Οι μεγαλύτερη εξοικονόμηση προέρχονται από την ότι δεν χρειάζεται να διαχωριστεί και θερμανθεί το καύσιμο (όπως απαιτείται τώρα με το HFO). Το κρύο LNG (-162 ° C) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ψύξη HVAC του πλοίου με αποτέλεσμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας από την μη χρήση ηλεκτρικών συμπιεστών A/C.

Σχήμα 8: LNG καύσιμα



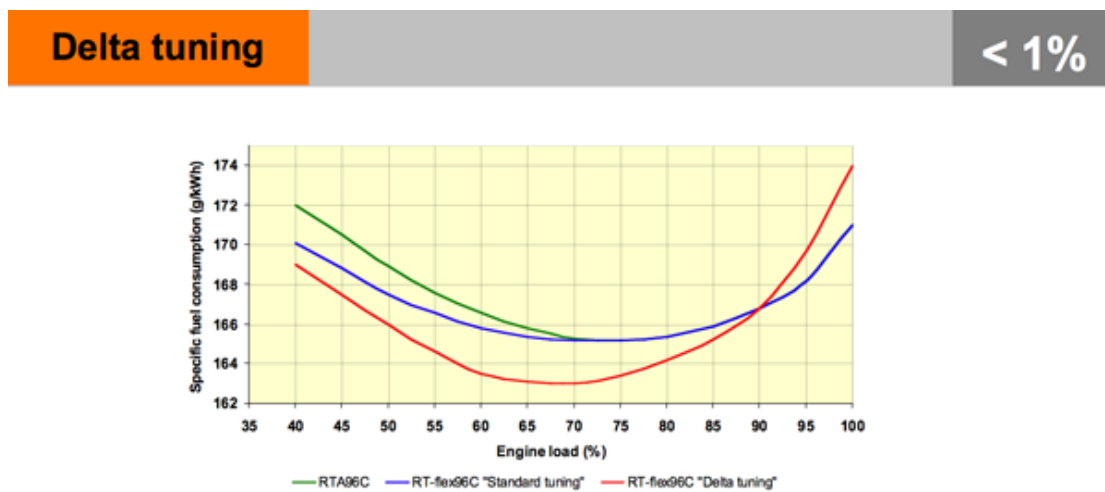
Αποτέλεσμα:

- Εξοικονόμηση ενέργειας συνολικά <4% για ένα τυπικό επιβατηγό πλοίο (22 kn) η διαφορά στο ηλεκτρικό φορτίο είναι περίπου 380 kW.
- Σημαντικός αντίκτυπος στις εκπομπές.

#### 4.2.4.5 Delta Tuning

Το Delta Tuning είναι διαθέσιμο για τις 2-χρονες μηχανές ναυτικού τύπου RT-flex Wartsila. Προσφέρει μειωμένη κατανάλωση καυσίμων στην περιοχή του φορτίου που χρησιμοποιούνται πιο συχνά. Ο κινητήρας είναι συντονισμένος για να δώσει χαμηλότερη κατανάλωση σε μερικό φορτίο, ενώ εξακολουθούν να πληρούν τα όρια εκπομπών NO<sub>x</sub>, επιτρέποντας μεγαλύτερη κατανάλωση σε πλήρες φορτίο που σπάνια χρησιμοποιείται.

Σχήμα 9: Delta Tuning



Αποτέλεσμα:

- Χαμηλότερη ειδική κατανάλωση καυσίμου στην χρήση με μερικό φορτίο σε σύγκριση με το πρότυπο στάνταρτ ρύθμισης.

#### 4.2.4.6 Common Rail (CR)

Το Common Rail (CR) είναι ένα εργαλείο για την επίτευξη χαμηλών εκπομπών και χαμηλής ειδικής κατανάλωσης ( SFOC). Το CR ελέγχει την καύση έτσι ώστε να μπορεί να βελτιστοποιηθεί σε όλο το πεδίο λειτουργίας της, παρέχοντας σε κάθε φορτίο τη χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση καυσίμου.

Αποτέλεσμα:

- Λειτουργία άκαπνη σε όλα τα φορτία
- Μείωση επιπτώσεων σε λειτουργία υπό μερικό φορτίο
- Μείωση επιπτώσεων σε λειτουργία υπό πλήρες φορτίο

#### 4.2.4.7 Χρήση οικονομικού φωτισμού

Η χρήση φωτισμού που είναι περισσότερο ηλεκτρικά και θερμικά αποδοτικός όπου είναι δυνατόν και η βελτιστοποίηση της χρήσης του φωτισμού μειώνει τη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια και κλιματισμό. Αυτό οδηγεί σε ένα χαμηλότερο φορτίο στο κομμάτι που αφορά την διαβίωση και ως εκ τούτου μειωμένη ζήτηση για βοηθητική ισχύ.

Αποτέλεσμα:

- Εξοικονόμησης καυσίμων στα επιβατηγά πλοία 1%

#### 4.2.4.8 Διαχείριση ενέργειας

Το σωστό χρονοδιάγραμμα για την αλλαγή του αριθμού των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών είναι κρίσιμος παράγοντας για την κατανάλωση καυσίμου στα συστήματα ντίζελ-ηλεκτρικό και βοηθητικές εγκαταστάσεις ισχύος. Ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας συνεισφέρει στην βελτίωση της απόδοσης του συστήματος.

Αποτέλεσμα:

- Συνεχής λειτουργία σε χαμηλό φορτίο μπορεί εύκολα να αυξήσει την ειδική κατανάλωση SFOC κατά 5-10%.
- Το χαμηλό φορτίο αυξάνει τον κίνδυνο εκτεταμένης ρύπανσης του στροβίλου με περαιτέρω επιπτώσεις στην κατανάλωση καυσίμου.

#### 4.2.4.9 Ηλιακή Ενέργεια

Η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών στο κατάστρωμα ενός πλοίου μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για χρήση σε ηλεκτρικό κινητήρα πρόωσης ή βοηθητικά συστήματα του πλοίου. Επίσης θερμότητα για διάφορα συστήματα του πλοίου μπορεί επίσης να παραχθεί με ηλιακούς συλλέκτες.

Ανάλογα με το διαθέσιμο χώρο στο κατάστρωμα, τα ηλιακά πάνελ μπορούν να δώσουν τις ακόλουθες μειώσεις στη συνολική κατανάλωση καυσίμων:

- Δεξαμενόπλοια: ~ 3,5%
- PCTC: ~ 2,5%
- Επιβατηγά: ~ 1%

#### 4.2.4.10 Αντλίες μεταβλητή ταχύτητας

Οι αντλίες είναι μεγάλοι καταναλωτές ενέργειας και το σύστημα ψύξης της κύριας μηχανής συμπεριλαμβάνει ένα σημαντικό αριθμό τέτοιων αντλιών. Σε πολλές εγκαταστάσεις, μεγαλύτερη από την απαιτούμενη ποσότητα νερού κυκλοφορεί στο κύκλωμα νερού ψύξης. Η λειτουργία των αντλιών με μεταβλητή ταχύτητα θα βελτιστοποιήσει τη ροή ανάλογα με την πραγματική ανάγκη.

Με βάση μελέτες σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας είχαν τα εξής αποτελέσματα:

- Κρουαζιερόπλοια (DE) 20 - 84%
- Ακτοπλοϊκά 20-30%
- ΑHTS 8-95%

#### 4.2.4.11 Ολοκληρωμένα συστήματα αυτομάτου ελέγχου

Ένα Ολοκληρωμένο Σύστημα Αυτοματοποίησης και Σύστημα Παρακολούθησης περιλαμβάνει τη λειτουργικότητα για την προηγμένη αυτόματη παρακολούθηση και τον έλεγχο της απόδοσης όσο και της επιχειρησιακής απόδοσης.

Το σύστημα ενσωματώνει όλες τις παραμέτρους παρακολούθησης σκαφών και ελέγχει όλες τις διαδικασίες επί του σκάφους, έτσι ώστε να εκμεταλλεύεται το πλοίο με το χαμηλότερο δυνατό κόστος και με την καλύτερη απόδοση καυσίμου.

Οι μονάδες ισχύος διανέμουν και ρυθμίζουν την βέλτιστη ισχύ που απαιτείται για τις προπέλες πρόωσης σε οποιαδήποτε κατάσταση λειτουργίας.

Η διαχείριση ενέργειας βασίζεται στις αρχές ελέγχου για να παρακολουθούν και να ελέγχουν τη συνολική απόδοση και διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος επί του σκάφους.

Η βελτιστοποίηση ελέγχου των δίχρονων & τετράχρονων μηχανών ναυτικού τύπου, βελτιστοποίηση παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, ελέγχου πρόωσης και βελτιστοποίηση έρματος μπορούν να αποφέρουν 5-10% εξοικονόμηση στην κατανάλωση καυσίμου.



#### 4.2.5 ΟΦΕΛΗ ΤΗΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Τα οφέλη από την ανάκτησης θερμότητας μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες:

- Άμεσα οφέλη:

Η ανάκτηση θερμότητας έχει άμεση επίδραση στον βαθμό απόδοσης της διεργασίας. Αυτό ανακλάται στη μείωση της κατανάλωσης και του κόστους της διεργασίας.

- Έμμεσα οφέλη:

Μείωση της μόλυνσης: Μεγάλος αριθμός τοξικών αποβλήτων όπως, το μονοξειδίο του άνθρακα, όξινα αέρια, αιθάλη, λυματολάσπη, ακρυλονιτρίλιο και άλλα πλαστικά χημικά, που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα, μπορούν να καούν σε αποτεφρωτήρες εξυπηρετώντας διπλό σκοπό πχ ανάκτηση θερμότητας και μείωση των επιπέδων της μόλυνσης του περιβάλλοντος. Επίσης μείωση των ρύπων, όπως για παράδειγμα του διοξειδίου του άνθρακα και του αζώτου<sup>56</sup>

Μείωση στο μέγεθος του εξοπλισμού: Η ανάκτηση θερμότητας μειώνει την κατανάλωση καυσίμου, γεγονός που οδηγεί σε περαιτέρω μείωση των καυσαερίων που παράγονται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του μεγέθους όλου του εξοπλισμού που μετέρχεται των καυσαερίων, όπως ανεμιστήρες, σωληνώσεις, καπνοδόχοι, καυστήρες κλπ.

Μείωση της κατανάλωσης σε βοηθητική ενέργεια: Η μείωση στα μεγέθη του εξοπλισμού προσφέρει επιπρόσθετα οφέλη στην ιδιοκατανάλωση όπως ηλεκτρικής ενέργειας για ανεμιστήρες, αντλίες, κλπ.

---

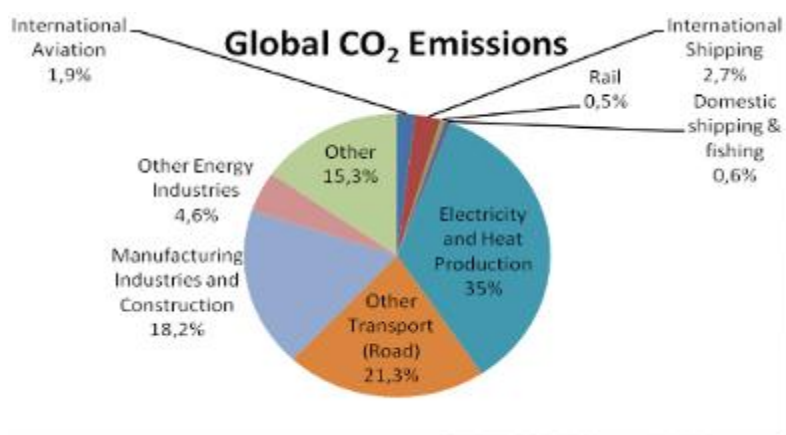
<sup>56</sup> J. Bonafin, P. Pinamonti, M. Reini, P. Tremuli, Performance Improving of an Internal Combustion Engine for Ship Propulsion with a Bottom ORC, ECOS, 2010

## 5. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ & ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

### 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Τα πλοία σήμερα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αποτελούν την κυριότερη μεταφορική δραστηριότητα παγκοσμίως, δια μέσου των οποίων μεταφέρονται οι πρώτες ύλες και τα τελικά προϊόντα από τους κατασκευαστές στους τελικούς καταναλωτές. Είναι το μεταφορικό μέσο που βοηθά την παγκοσμιοποίηση, την ανάπτυξη καθώς και την ευημερία των λαών. Σύμφωνα με εκτιμήσεις που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, η ναυτιλία ευθύνεται μόνο για το 2,7% των εκπομπών CO<sub>2</sub> σε παγκόσμιο επίπεδο, για αυτό χαρακτηρίζεται και ως το πιο φιλικό μέσο μεταφοράς προς το περιβάλλον.

Εικόνα 4: Εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη ναυτιλία σε σύγκριση με τις παγκόσμιες συνολικές εκπομπές<sup>57</sup>



Πηγή: Second IMO GHG Study 2009

Δεδομένου όμως του μεγέθους της ναυτιλιακής βιομηχανίας, μεταφέρει πάνω από το 90% του παγκόσμιου εμπορίου, οι συνολικές εκπομπές είναι σημαντικές. Σύμφωνα με μία δεύτερη μελέτη του IMO για τα αέρια του θερμοκηπίου (2009) εκτιμάται ότι με βάση την πραγματική λειτουργία των εμπορικών πλοίων που

<sup>57</sup>[http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data\\_id=27795&filename=GHGStudyFINA L.pdf](http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=27795&filename=GHGStudyFINA L.pdf)

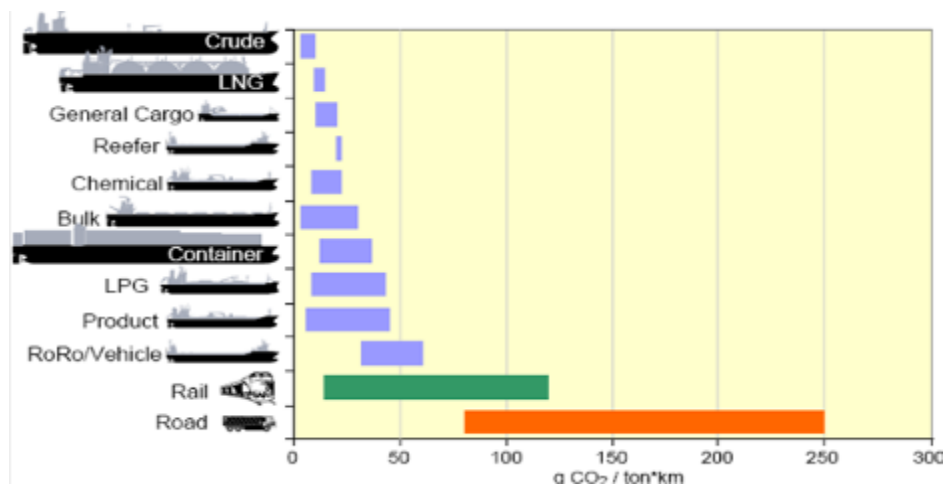
δραστηριοποιήθηκαν σε διεθνή ταξίδια κατά το έτος 2007, περίπου 843 εκατομμύρια τόνοι CO<sub>2</sub> εκπέμφθηκαν στην ατμόσφαιρα. Αν επιπρόσθετα λαμβανόταν υπόψη η λειτουργία των πλοίων, που εκτελούν εσωτερικά ταξίδια, καθώς και των αλιευτικών σκαφών, το ποσοστό δεν θα ξεπερνούσε το 3,3% του συνόλου των εκπομπών (1.019 εκατομμύρια τόνοι/έτος).

Η ποσότητα του CO<sub>2</sub>, που παράγεται από τα πλοία, είναι ανάλογη της κατανάλωσης καυσίμου και της περιεκτικότητας άνθρακα στα καύσιμα. Σε αντίθεση με την τελευταία που μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια, η κατανάλωση καυσίμου σε εκτιμήσεις μεγάλης κλίμακας δεν είναι ιδιαίτερα ακριβής. Σύμφωνα με την ίδια μελέτη<sup>58</sup>, ένας τόνος Marine Diesel Oil παράγει με την καύση του 3,190tn CO<sub>2</sub>, ενώ ένας τόνος Heavy Fuel Oil 3,02tn CO<sub>2</sub>. Στην περίπτωση των δεξαμενόπλοιων υγροποιημένου φυσικού αερίου, θεωρήθηκε ότι το 45% της συνολικής ενέργειας για το έμφορτο και υπό έρμα ταξίδι, προέρχεται από την καύση του boil off αερίου. Η παραγωγή, δηλαδή, CO<sub>2</sub> από την καύση του LNG αντιστοιχεί στο 76% της παραγωγής CO<sub>2</sub> από τη χρήση Heavy Fuel Oil. Ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου έγινε σε διαφορετικούς τύπους και μεγέθη πλοίων, λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των πλοίων, τη μέση εγκατεστημένη ισχύ κύριων και βοηθητικών μηχανών, τις μέρες λειτουργίας, την ειδική κατανάλωση καυσίμου και τη φόρτιση των μηχανών.

---

<sup>58</sup><http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/GHGStudyFINAL.pdf> (p.28)

Εικόνα 5: Σύγκριση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τα πλοία με εκείνες των σιδηροδρομικών και οδικών μεταφορών<sup>59</sup>



Πηγή: Updated Study on GHG emissions from Ships

Σύμφωνα με το Ελληνικό Ινστιτούτο Ναυτικής Τεχνολογίας (ΕΛ.Ι.Ν.Τ.)<sup>60</sup>, η ναυτιλία εκπέμπει το 3.3 % CO<sub>2</sub>, το 4% του SO<sub>x</sub> και το 7% του NO<sub>x</sub>. Αυτά τα επίπεδα πρέπει να μειωθούν δραστικά μέχρι το 2020 και επιτάσσουν την δημιουργία των οικολογικών πλοίων του μέλλοντος. Με τον όρο «οικολογικά πλοία» εννοούμε τα πλοία αυτά στα οποία επιτυγχάνεται δραστική μείωση της εκπομπής ρύπων σε σχέση με τα σημερινά μεγέθη. Έτσι, καταβάλλονται σημαντικές προσπάθειες για τον περιορισμό των ρύπων ακόμη περισσότερο:

- σε νέες κατασκευές με την εφαρμογή προηγμένων τεχνολογικά λύσεων καθώς και
- σε υπάρχοντα πλοία κυρίως με βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων

Παλαιότερα υπήρχαν κάποια αισιόδοξα συμπεράσματα για τις εκπομπές ρύπων από τα πλοία όπως ότι: «οι συνήθειες εκπομπές των πλοίων δεν είναι επιβλαβείς στους

<sup>59</sup><http://unfccc.int/resource/docs/2008/smsn/igo/026.pdf> (p.13)

<sup>60</sup><http://www.elint.org.gr/annual-meeting/2011/schedule/scientific-subjects/81-2012-07-22-20-19-33.html>

ανοιχτούς ωκεανούς, όπου τα οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>), όταν έρθουν σε επαφή με τη θάλασσα, γίνονται γύψος, ένα αδρανές υλικό. Τα οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>) δημιουργούν προστατευτική ομπρέλα στην ατμόσφαιρα, η οποία αντανακλά τις ακτίνες του ήλιου και ως εκ τούτου μειώνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επιπροσθέτως, τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) μειώνουν τη ζωή του μεθανίου στην ατμόσφαιρα, το οποίο είναι ένα αέριο του θερμοκηπίου που είναι είκοσι πέντε φορές πιο ισχυρό από το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)<sup>61</sup>».

Τώρα όμως έχει μετρηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η επιβάρυνση που προκαλούν στο περιβάλλον τα ποντοπόρα πλοία και οι κίνδυνοι προδιαγράφονται με σαφήνεια, καθώς αναιρούνται κάποια από τα αισιόδοξα συμπεράσματα του παρελθόντος.

## 5.2 ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Η απογραφή των ατμοσφαιρικών ρύπων έχει ιδιαίτερη σημασία λόγω των πολλών, δυσμενών, άμεσων και έμμεσων επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στους ανθρώπους και τα οικοσυστήματα αντίστοιχα. Κάποια από αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Αύξηση της θερμοκρασίας σε παγκόσμια κλίμακα (φαινόμενο του θερμοκηπίου).
- Ανωμαλίες στη φυτική ανάπτυξη, καταστρέφει τη χλωροφύλλη και τους φυτικούς οργανισμούς.
- Επιδρά στα ζώα είτε άμεσα (με το μηχανισμό της αναπνοής) είτε έμμεσα (με την πρόσληψη τροφής).
- Φθείρει την πολιτιστική κληρονομιά, με αμαύρωση των δομικών ειδών και γυψοποίηση του μαρμάρου.
- Φθείρει τα υλικά.
- Προκαλεί άμεσες και έμμεσες, μόνιμες και παροδικές επιπτώσεις στον άνθρωπο.

---

<sup>61</sup> Γ. Γράτσος Ναυτικό Επιμελητήριο Ελλάδος (Ναυτιλία και Περιβάλλον, 2009)

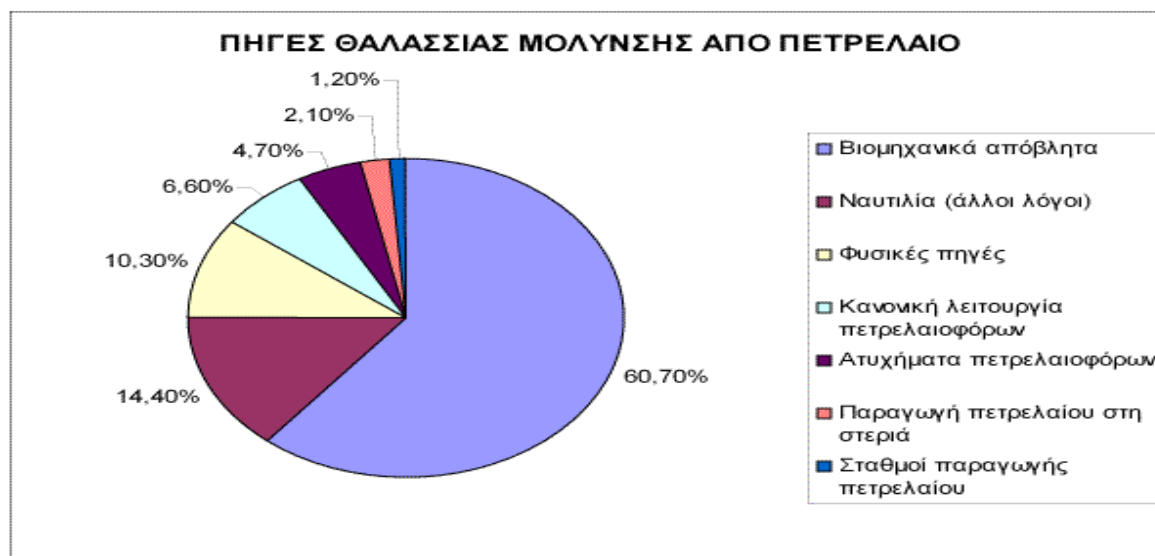
- Έχει οικονομικές επιπτώσεις με υποβάθμιση των περιοχών.

Τα βασικότερα είδη/τύποι ρύπανσης απο τις θαλάσσιες μεταφορές είναι τα ακόλουθα<sup>62</sup>:

1. Πετρέλαιο (συμπεριλαμβανομένου και των καυσίμων)
2. Έρμα
3. Χημικά
4. Σκουπίδια
5. Απόβλητα/ λύματα
6. Αέριες εκπομπές
7. Ραδιενεργά υλικά

Σύμφωνα με τον οργανισμό REMPEC το πετρέλαιο αποτελεί τη βασικότερη αιτία θαλάσσιας ρύπανσης. Στον παρακάτω πίνακα παρατηρούμε ότι οι θαλάσσιες μεταφορές είναι υπαίτιες για το 26% της θαλάσσιας ρύπανσης με πετρέλαιο. Η πετρελαϊκή ρύπανση συνήθως συνδέεται με μεγάλα ναυτικά ατυχήματα.

Γράφημα 2: Θαλάσσια ρύπανση από πετρέλαιο



Πηγή: <http://www.geocities.ws/jkostas/ism.html>

<sup>62</sup><http://www.martrans.org/docs/publ/NONREFEREED%20CONFs/EVGENIDEIO%20rypan%20si%202007.pdf>

Η ρύπανση από λειτουργικές δραστηριότητες περιλαμβάνει μια μεγάλη γκάμα από απορροές του πετρελαίου και παραγώγων του που δημιουργούνται στο πλοίο κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Η λειτουργική ρύπανση συναντάται σε οποιαδήποτε φάση του κύκλου ζωής του πλοίου. Επιγραμματικά, μπορούμε να διακρίνουμε:

- Ρύπανση στη ναυπηγό-επισκευαστική ζώνη
  - Κατά τη ναυπήγηση
  - Στην τακτική και έκτακτη συντήρηση
  - Στη διάλυση του
- Ρύπανση από λειτουργικές απορρίψεις
  - Διαδικασία φορτοεκφόρτωσης
  - Εκούσιες απορρίψεις ουσιών από το πλοίο
  - Διαδικασία ερματισμού και αφερματισμού
- Ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία

Όσον αφορά στις λειτουργικές απορρίψεις των πλοίων υπάρχουν οι παρακάτω κατηγορίες αποβλήτων<sup>63</sup>:

- Μίγματα μηχανοστασίου (bilge, sludge)
- Κατάλοιπα καυσίμων (sludge)
- Απόβλητα/σκουπίδια (garbage)
- Αποχετευτικά και μη ύδατα (black - grey water)
- Υφαλοχρώματα (coatings)
- Καυσαέρια (air emissions)
- Θαλάσσιο έρμα (ballast water)

---

<sup>63</sup> <http://diktyothalassa.files.wordpress.com/2013/02/ploia-thalasia-rypani.pdf>

Για την πληρέστερη και ακριβέστερη ανάλυση των πηγών ρύπανσης λειτουργικών αποβλήτων, γίνεται μία προσπάθεια ανάλυσής του με βάση τις διαδικασίες της θαλάσσιας μεταφοράς κατά τις οποίες δημιουργούνται και είναι οι ακόλουθες<sup>64</sup>:

- Διαδικασία φορτοεκφόρτωσης
- Ρύπανση από απορρίψεις
- Διαδικασία ερματισμού και αφερματισμού

### 5.2.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ

Κατά τη διάρκεια των φορτώσεων αλλά και των εκφορτώσεων είναι πιθανό να προκληθεί ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος διαφορετικής μορφής ανάλογα με το αν το φορτίο είναι χύδην υγρό ή χύδην ξηρό.

Η φορτοεκφόρτωση χύδην υγρού φορτίου ενέχει τους περισσότερους κινδύνους για πρόκληση ρύπανσης. Και αυτό γιατί σε περίπτωση που το αργό πετρέλαιο, πετρελαϊκά προϊόντα, κ.α. ξεφύγουν από τις σωληνώσεις θα δημιουργήσουν μια αργή αλλά σταθερή ρύπανση. Βασικά αίτια είναι το φθαρμένο υλικό των σωληνώσεων/αγωγών, η άγνοια ή και η αδυναμία εύρεσης κατάλληλων ανταλλακτικών για τις απαιτούμενες επισκευές. Ακόμα, οι μεταγγίσεις καυσίμων παρουσιάζουν το ίδιο πρόβλημα με το ανωτέρω.

Στην περίπτωση που το φορτίο είναι χύδην ξηρό, υπάρχει η πιθανότητα, ανεξάρτητα από τη μέθοδο φορτοεκφόρτωσης που θα χρησιμοποιηθεί, ένα μέρος του φορτίου να πέσει πάνω στο πλοίο ή και απευθείας στη θάλασσα μεταξύ του κενού terminal και πλοίου. Αυτό μπορεί να συμβεί εξαιτίας ενός ισχυρού ανέμου ή ακόμα και ενός λάθος υπολογισμού ή χειρισμού του μηχανήματος φορτοεκφόρτωσης. Τέλος, αυτό επιδεινώνεται όταν ξεπλένεται το κατάστρωμα με κρουνοί υψηλής πίεσης και τα υπολείμματα του φορτίου καταλήγουν άμεσα στη θάλασσα με όλες τις δυσάρεστες συνέπειες που έχει κάτι τέτοιο.

---

<sup>64</sup> Γ.Π. Βλάχος, Εμπορική Ναυτιλία & Θαλάσσιο Περιβάλλον, Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα 1999



### 5.2.2 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΕΚΟΥΣΙΕΣ ΑΠΟΡΡΙΨΕΙΣ ΟΥΣΙΩΝ

Οι εκούσια απορριπτόμενες ύλες από ένα πλοίο μπορεί να είναι οι ακόλουθες:

1. Πετρελαιοειδή κατάλοιπα από τους χώρους του μηχανοστασίου (σεντινόερα)
2. Κατάλοιπα φορτίου από τους χώρους που τοποθετείται το φορτίο
3. Λύματα του πλοίου
4. Απορρίμματα του πλοίου (Garbage)
5. Απορρίψεις φορτίου στη θάλασσα (Dumping)
6. Χημικές ουσίες

Πιο αναλυτικά, παρατηρούμε τα εξής:

1. Όσον αφορά στα λειτουργικά απόβλητα από τους χώρους του μηχανοστασίου, αυτά συγκεντρώνονται σε σταθερή βάση σε ένα χώρο που καλείται «σεντίνα» του πλοίου. Όταν γεμίσουν αυτόν το χώρο προκύπτει το πρόβλημα της απαλλαγής από αυτά και δυστυχώς, μέχρι το πρόσφατο παρελθόν, λυνόταν με την απευθείας διάθεση των σεντινόερων στο θαλάσσιο περιβάλλον. Αν, λοιπόν, αναλογιστούμε ότι η βάση αυτών των αποβλήτων είναι το πετρέλαιο, αντιλαμβανόμαστε ότι με την πάροδο των χρόνων έχουν προκληθεί άπειρες μικρο-κηλίδες πετρελαϊκής ρύπανσης. Το πρόβλημα αυτό έγινε αντιληπτό από την Κοινότητα, η οποία προσπάθησε να θέσει κάποια αυστηρά όρια στην παραγωγή του φαινομένου.
2. Στους χώρους των φορτίων μπορεί να υπάρξουν μικρο-διαρροές, είτε πρόκειται για υγρό είτε για ξηρό. Τα κατάλοιπα του φορτίου συγκεντρώνονται πάλι σε ειδικό χώρο και αργά ή γρήγορα προκύπτει πάλι το πρόβλημα της διάθεσής του.
3. Όσον αφορά στα λύματα του πλοίου, αυτά προκύπτουν από το πλήρωμα, το οποίο και δημιουργεί λύματα οικιακής μορφής σε σταθερή βάση. Και σε αυτήν την περίπτωση πολύ γρήγορα δημιουργείται η ανάγκη διάθεσής τους η οποία γίνεται απευθείας στο θαλάσσιο περιβάλλον με μικρούς σχετικά περιορισμούς.

4. Ομοίως με το παραπάνω, το πλήρωμα ενός εμπορικού πλοίου παράγει μεγάλη ποσότητα απορριμμάτων κάθε είδους (υπολείμματα τροφών, κουτιά, πλαστικά, χαρτιά) που κάθε άλλο παρά αμελητέα είναι. Η απευθείας διάθεσή τους και σε σταθερή βάση στη θάλασσα, είναι αυτονόητο ότι θα διατάραζε το θαλάσσιο οικοσύστημα, για αυτό έχει θεσπιστεί κανονισμός με τον οποίο το πλήρωμα οφείλει να κάνει διάκριση των σκουπιδιών και να κρατάει ημερολόγιο σχετικά με τις ποσότητες, με το είδος που απορρίφθηκε στην θάλασσα, την περιοχή της απόρριψης καθώς και τις ποσότητες που παρέδωσε στο λιμάνι για περαιτέρω επεξεργασία.
5. Η θαλάσσια μεταφορά χημικών προϊόντων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των ποσοστών ρύπανσης εξαιτίας των ατυχημάτων των πλοίων που μεταφέρουν χημικά καθώς και από απορρίψεις προερχόμενες από τις λειτουργικές τους διαδικασίες.
6. Σε κάποιες περιπτώσεις παρουσιάζεται ένα ιδιόμορφο φαινόμενο, όπου οι απορριπτόμενες ύλες δεν αποτελεί λειτουργικό κατάλοιπο του πλοίου αλλά ολόκληρο (ή τμήμα) του φορτίου (βιομηχανικά απόβλητα, τοξικά απόβλητα, αστικά λύματα). Πρόκειται για τελείως διαφορετική περίπτωση «μεταφοράς» και όχι «δημιουργίας» αποβλήτων, γνωστό ως «dumping», το οποίο διέπεται από τους κανονισμούς της σύμβασης του IMO του Λονδίνου (1972) και των περιφερειακών συμβάσεων του Όσλο (1972), της Βαρκελώνης (1976) και της Βαλτικής (1974).

### 5.2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΦΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ

Μία ακόμα μορφή ρύπανσης που σχετίζεται άμεσα με την ανωτέρω διαδικασία είναι αυτή της μεταφοράς θαλάσσιων οργανισμών από το ένα οικοσύστημα στο άλλο, διαταράσσοντας και πάλι το οικοσύστημα. Ένα πλοίο που τελειώνει την εκφόρτωση του γεμίζει με θαλάσσιο έρμα στις δεξαμενές ερματισμού του για λόγους ευστάθειας και μεταφέρει αυτό το έρμα μέχρι το λιμάνι φόρτωσης όπου το απορρίπτει για να δεχτεί το καινούριο φορτίο. Κατά την παραπάνω διαδικασία μαζί με το θαλασσινό νερό μεταφέρονται μικροοργανισμοί (ξενιστές) οι οποίοι πολλές φορές είναι άκρως ανταγωνιστικοί για τα περιβάλλοντα στα οποία απορρίπτονται δημιουργώντας

ανισορροπία στο υπάρχων οικοσύστημα. Τα νεότευκτα πλοία υποχρεούνται να είναι εφοδιασμένα με ειδικά συστήματα φιλτραρίσματος & αδρανοποίησης – εξουδετέρωσης όλων των μικροοργανισμών έτσι ώστε το έρμα να είναι ουδέτερο και όχι βλαβερό για το περιβάλλον στο οποίο απορρίπτεται.

Τα υπάρχοντα πλοία υποχρεούνται να κάνουν εν πλω αλλαγή έρματος, δηλαδή να ανανεώνουν κατά περιόδους το έρμα τους κατά την διάρκεια του άφορτου ταξιδιού έτσι ώστε το ποσοστό ίδιου έρματος από το λιμάνι αναχώρησης μέχρι το λιμάνι άφιξης να είναι το ελάχιστο δυνατό.

Επίσης υποχρεούνται να έχουν συγκεκριμένο βιβλίο οδηγιών για την σωστή διαχείριση του έρματος (Ballast Water Management Plan) και επίσης ημερολόγιο με εγγραφές για την παραπάνω διαδικασία που ακολουθείται,

#### *5.2.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΛΥΣΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ*

Μετά την εκφόρτωση του πετρελαίου, κατάλοιπα παραμένουν στις δεξαμενές των πλοίων. Η συνήθης πρακτική που εφαρμοζόταν μέχρι και τη δεκαετία του 1970 για τον καθαρισμό τους με σκοπό να φορτωθεί νέο φορτίο, αφορούσε στην πλύση με θαλασσινό νερό (μέθοδος Butterworth) με συνέπεια την απόρριψη των καταλοίπων φορτίου στη θάλασσα. Η μέθοδος αυτή αντικαταστάθηκε με το Crude Oil Washing (COW) αφού το αργό πετρέλαιο είχε καλύτερα αποτελέσματα καθαρισμού και απαιτούσε λιγότερο νερό. Με τη συνθήκη MARPOL 73/78 έγινε υποχρεωτική η χρήση COW για όλα τα τάνκερ που μεταφέρουν αργό καθαρού φορτίου άνω των 20,000 τόνων.

#### *5.2.5 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ*

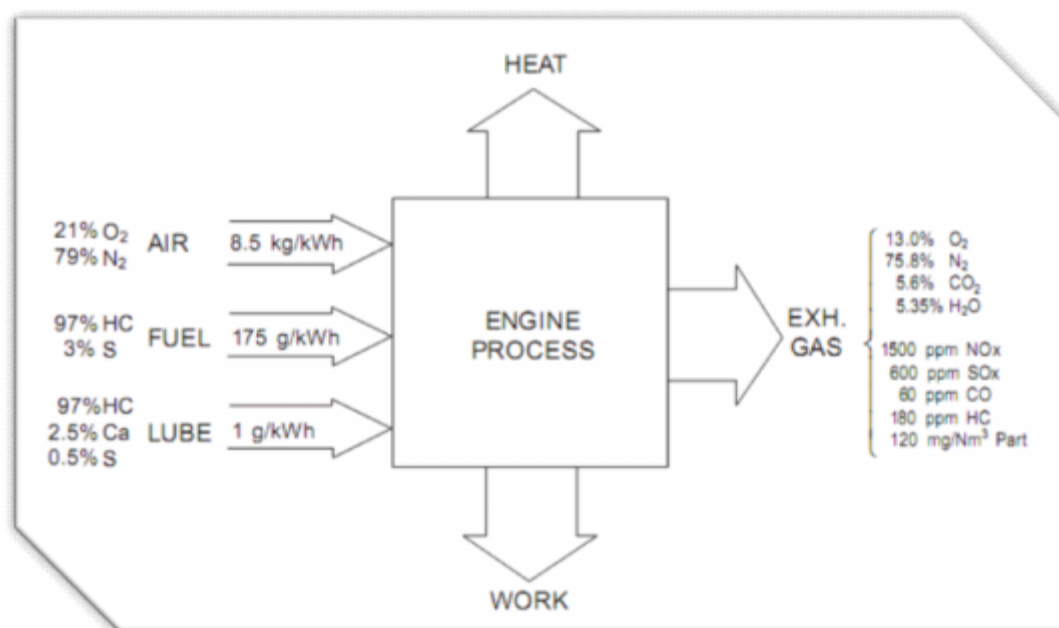
Οι ρύποι κατά την λειτουργία Ναυτικών κινητήρων μπορούν να θεωρηθούν ως κάτωθι:

- Οξείδια του αζώτου, NO<sub>x</sub>

- Οξείδια του θείου, SO<sub>x</sub>
- Διοξείδιο του άνθρακα, CO<sub>2</sub>
- Μονοξείδιο του άνθρακα CO
- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες
- Σωματίδια PM (Particulate material)
- Πτητικές οργανικές ενώσεις VOC (προ καύσεως).

Από τους παραπάνω ρύπους μόνο τα οξείδια του αζώτου NO<sub>x</sub>, τα οξείδια του θείου SO<sub>x</sub> και οι πτητικές οργανικές ενώσεις VOC, υπόκεινται σε νομοθετικούς περιορισμούς προς το παρόν. Όμως αν και η ναυτιλία έχει μέχρι στιγμής εξαιρεθεί από το πλαίσιο του Κιότο για τα αέρια θερμοκηπίου, είναι σαφές ότι η εποχή αυτή πλησιάζει γρήγορα στο τέλος της, και μέτρα για τον περιορισμό του CO<sub>2</sub> αναζητούνται επειγόντως. Παράλληλα, η ευρύτερη ανάλυση μέτρων για άλλα αέρια θερμοκηπίου (όπως CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O), καθώς και για αέρια που δεν είναι αέρια του θερμοκηπίου (όπως SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> και άλλα) είναι πολύ ψηλά στην ατζέντα όχι μόνο του IMO, αλλά και άλλων φορέων με κανονιστική αρμοδιότητα (Ευρωπαϊκή Ένωση, μεμονωμένα κράτη, κλπ). Ένα τυπικό παράδειγμα εκπομπών από ένα ναυτικό κινητήρα φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:

Εικόνα 6: Σύνθεση εκπομπών καυσαερίων τυπικού αργόστροφου Ναυτικού κινητήρα



Πηγή: Λαζάρου Χ. Κλιάνη Ιωάννη Κ. Νικολού, Ιωάννη Α. Σιδέρη, Μηχανές εσωτερικής καύσεως, Τόμος Α', Αθήνα 2002

### 5.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΠΩΝ

Στην παρούσα ενότητα θα περιγραφούν και αναλυθούν οι επιπτώσεις των νέων προδιαγραφών στη λειτουργία των πλοίων, όπως

- Μετασκευές
- Επιδιορθώσεις
- Εισαγωγή νέων τεχνολογιών
- Αλλαγές στην αρχική σχεδίαση

Θα παρουσιασθούν υποδείξεις κατασκευαστών για τον τρόπο λειτουργίας των μηχανημάτων, κύριων και βοηθητικών, για την επιτυχή και ασφαλή λειτουργία σύμφωνα με τους κανονισμούς.

### 5.3.1 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου από τα πλοία υπόκεινται σε περιορισμούς βάση της διάταξης του Διεθνούς Οργανισμού Ναυτιλίας MARPOL παράρτημα VI και των τροποποιήσεων αυτού και είναι σε ισχύ από τις 19 Μαΐου 2005. Κάθε Ναυτικός Κινητήρας όπως προδιαγράφεται στον Τεχνικό κώδικα οφείλει συμμόρφωση με τους κανονισμούς και συνοδεύεται από το αντίστοιχο πιστοποιητικό (NOx Certificate) καθώς και από το πιστοποιητικό συμμόρφωσης με τις επιτρεπόμενες εκπομπές-ΕΙAPP.

Οι τεχνολογίες ελάττωσης ρύπων NOx από κινητήρες μπορούν να ταξινομηθούν σε:

- Πρωτογενείς μεθόδους που επηρεάζουν άμεσα τον μηχανισμό καύσης στο εσωτερικό του κυλίνδρου. Ο πραγματικός βαθμός μείωσης των εκπομπών εξαρτάται από τον τύπο της μηχανής και από το είδος της μεθόδου που εφαρμόζεται και κυμαίνεται μεταξύ 10-50%.
- Δευτερογενείς μεθόδους που μειώνουν τις εκπομπές ρύπων χωρίς να αλλάξουν τις βέλτιστες παραμέτρους μηχανής στις οποίες εργάζεται. Χρησιμοποιείται εξοπλισμός που δεν προσαρμόζεται στον βασικό κορμό της κύριας μηχανής.

#### 5.3.1.1 Πρωτογενείς Μέθοδοι

Ο περιορισμός της μέγιστης θερμοκρασίας καύσεως επιτυγχάνεται μέσω καθυστέρησης εγχύσεως καυσίμου. Για να αντισταθμιστεί η αύξηση καταναλώσεως, αυξάνεται ο ρυθμός εγχύσεως οπότε μειώνεται παράλληλα και η διάρκεια καύσεως, άρα το πέρας εγχύσεως συμπίπτει με τις αντίστοιχες, προ της ρυθμίσεως, θερμοκρασίες. Ο λόγος συμπίεσης αυξάνεται για να μην ταπεινωθεί η ποιότητα αναφλέξεως, αλλά στο μέτρο που οι μηχανικές τάσεις λόγω μέγιστων πιέσεων δεν επηρεάζουν την στιβαρότητα της μηχανικής κατασκευής<sup>65</sup>.

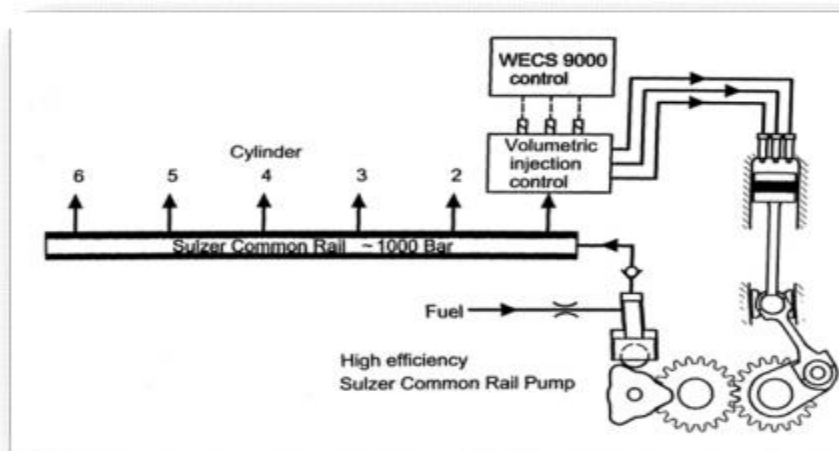
---

<sup>65</sup> Ν. Κυρτάτος, “Σημαντικά Θέματα Έρευνας και Εξέλιξης στους Ναυτικούς Κινητήρες Diesel”, Εργαστήριο Ναυτικής Μηχανολογίας (Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων

- Βελτιστοποίηση μηχανισμού έγχυσης:

Δύο συστήματα με δυνατότητα πολλαπλών εγχύσεων είναι το “Common rail” όπου οι εγχυτήρες τροφοδοτούνται από κοινό συλλέκτη υψηλής πίεσης (>1000bar) και ελέγχονται ως προς το άνοιγμα της βαλβίδας εγχύσεως, και το “Unit Injector” όπου η μονάδα ενός εγχυτήρα περιλαμβάνει εμβολοφόρο αντλία, ελεγχόμενη υδραυλικά και ανεξάρτητη από μηχανική ζεύξη με τον κινητήρα που δίδει μεταβαλλόμενη πίεση εγχύσεως<sup>66</sup>.

Εικόνα 7: Σύστημα Common Rail (Sulzer)



Πηγή: <http://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery/42648-common-rail-system-of-fuel-injection/>

- Τα ακροφύσια των εγχυτήρων:

Είναι πολλαπλών οπών με σκόπευση ώστε να καλύπτεται ευρύτερη περιοχή του θαλάμου καύσεως. Σε 4-χρονης μηχανές χρησιμοποιούνται εγχυτήρες κεντρικοί στο πώμα του θαλάμου καύσεως, με 8-12 οπές ακροφυσίου για ακτινικό διασκορπισμό, ενώ στις μεγάλες 2-χρονης χρησιμοποιούνται 2, 3 ή και 4 εγχυτήρες περιφερειακά

---

Μηχανικών, Αθήνα).

<sup>66</sup> Fankhauser, S.: “Sulzer RT-flex, The Common-Rail Low- Speed Engine”, Seminar: The Intelligent Engine, Athens, 18 May 1999

τοποθετημένοι στον κύλινδρο, οι οποίοι ψεκάζουν εφαπτομενικά από 4-8 οπές διαφόρων κατευθύνσεων σκοπεύσεως. Ορισμένες προηγμένες σχεδιάσεις προβλέπουν επίσης σταδιακή αποκάλυψη οπών, ανάλογα με την φάση καύσεως, το φορτίο, τις στροφές, το είδος καυσίμου. Ενσωματωμένα συστήματα παρακολούθησης λειτουργίας και ρυθμίσεως, επιτυγχάνουν ισοστάθμιση των διαφόρων κυλίνδρων και διατηρούν τις επιδόσεις διά βίου του κινητήρα<sup>67</sup>.

- Βελτιστοποίηση ανάμειξης καυσίμου-αέρα μέσα στο θάλαμο καύσης

Όπου σαν αποτέλεσμα έχει την όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφη καύση που συνεπάγεται την αποφυγή τοπικών αυξήσεων της θερμοκρασίας. Ο σχεδιασμός εμβόλων και κεφάλων κυλίνδρων που προκαλούν μικρή δίνη εσωτερικά του κυλίνδρου συμβάλλουν στην ομοιόμορφη ανάμειξη αέρα-καυσίμου.

- Καυστήρες<sup>68</sup>

Έχει παρατηρηθεί από διάφορα πειράματα που εκτελούνται ότι ο καυστήρας αποτελεί βασικό στοιχείο για τον έλεγχο των εκπομπών NOx. Οι νέου τύπου καυστήρες, οι Slide fuel valve, μπορούν να μειώσουν τα υπολείμματα της καύσης και να επιτύχουν καύση. Η εξάλειψη του θύλακα προ οπών εγχύσεως βοήθησε στην μείωση της κατανάλωσης καυσίμου για το λόγο ότι το καύσιμο που συγκεντρωνόταν στο θύλακα διέρρεε στο ανώτερο σημείο του εμβόλου. Η διάχυση του καυσίμου στον κύλινδρο βελτιώθηκε με βελτίωση της ποιότητας της καύσης και κατά συνέπεια μειώθηκαν οι εκπομπές NOx. Επίσης και μειώθηκε αισθητά και το κάπνισμα της μηχανής. Λόγω βελτιωμένης σχεδίασης του καυστήρα η συντήρηση και η διαδικασία δοκιμών του απλοποιήθηκαν.

---

<sup>67</sup> Paro, D.,: "Medium speed diesels in the new millenium", 21st Marine Propulsion Conference

<sup>68</sup> Man Diesel Prime service, Retrofitting slide fuel valve



### 5.3.1.2 Δευτερογενείς Μέθοδοι

- Selective catalytic reduction<sup>69</sup>

Αυτή η μέθοδος σε Ναυτικούς δίχρονους κινητήρες απαριθμεί περίπου 20 χρόνια. Είναι το καλύτερο εφαρμοζόμενο σύστημα για σταθερές υψηλές φορτίσεις της μηχανής. Παρουσιάζει αδυναμία όταν η μηχανή τρέχει σε χαμηλά φορτία όπως κατά την είσοδο σε λιμάνι ή μανούβρες.

Η ευαισθησία της χημείας μεταξύ του κυλίνδρου και του χρησιμοποιούμενου καυσίμου θέτει περιορισμούς για την εφαρμογή στο Ναυτικό περιβάλλον. Σημαντική παρατήρηση είναι η ανάγκη τοποθέτησης του SCR πριν από την είσοδο του υπερπληρωτή λόγω της απαιτούμενης θερμοκρασίας. Υπάρχουν παραδείγματα μείωσης των εκπομπών NOx έως και 98% σε εγκαταστάσεις ξηράς. Υπάρχει όμως διαφοροποίηση στο πεδίο φορτίσεων μεταξύ ενός χερσαίου σταθμού και μίας προωστήριας εγκατάστασης πλοίου.

Στο περιβάλλον της Ναυτιλίας, η SCR είναι η μέθοδος που μπορεί να επιτύχει την μεγαλύτερη μείωση των εκπομπών, όπως προαναφέρθηκε μπορεί να επιτύχει πρακτικά σχεδόν ολοκληρωτική απαλοιφή των NOx. Ωστόσο σε πλοία που βρίσκονται ήδη σε υπηρεσία είναι πιο πολύπλοκη και με περιορισμούς η εφαρμογή του συστήματος λόγω του ενδεχόμενου διαφυγής αμμωνίας. Εάν συγκρίνουμε την εγκατάσταση της μονάδας σε ένα υπάρχον πλοίο σε σχέση με ένα καινούριο, είναι σαφές ότι η εγκατάσταση στο υπάρχον πλοίο είναι πιο πολύπλοκη, καθώς πρέπει να βρεθεί ο απαιτούμενος χώρος, έπειτα να κατασκευαστούν οι νέες γραμμές σωληνώσεων πάνω από τις υπάρχουσες και τέλος η τοποθέτηση του βοηθητικού εξοπλισμού και των μελών στήριξης.

---

<sup>69</sup> N. Κυρτάτος, “Σημαντικά Θέματα Έρευνας και Εξέλιξης στους Ναυτικούς Κινητήρες Diesel”, Εργαστήριο Ναυτικής Μηχανολογίας (Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα).

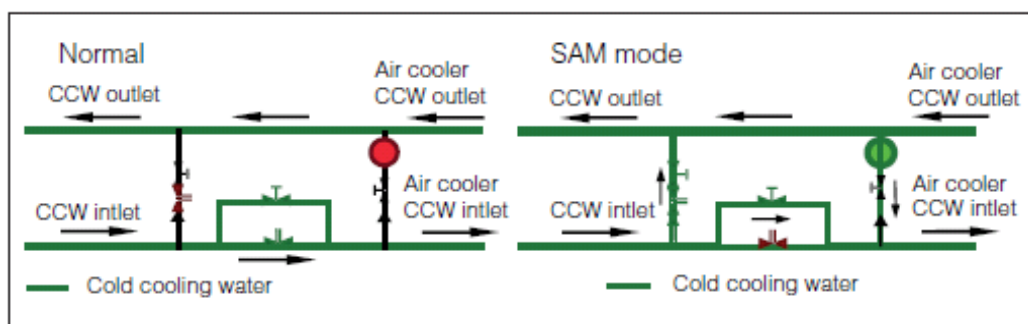
- Scavenge air moisturizing system (SAM)<sup>70</sup>

Η μέθοδος κορεσμού και ψύξης του συμπιεσμένου αέρα μετά την έξοδο του από τον υπερπληρωτή έχει δοκιμαστεί σε εργαστηριακό επίπεδο από την πλευρά απόδοσης της μηχανής. Τα αποτελέσματα των δοκιμών ήταν ενθαρρυντικά για περαιτέρω διερεύνηση όσον αφορά την μείωση των οξειδίων του αζώτου. Ωστόσο ακόμα δεν μπορεί να μελετηθεί τέτοιο σύστημα αν η περιεκτικότητα σε αλάτι είναι μεγαλύτερη από 3.5%.

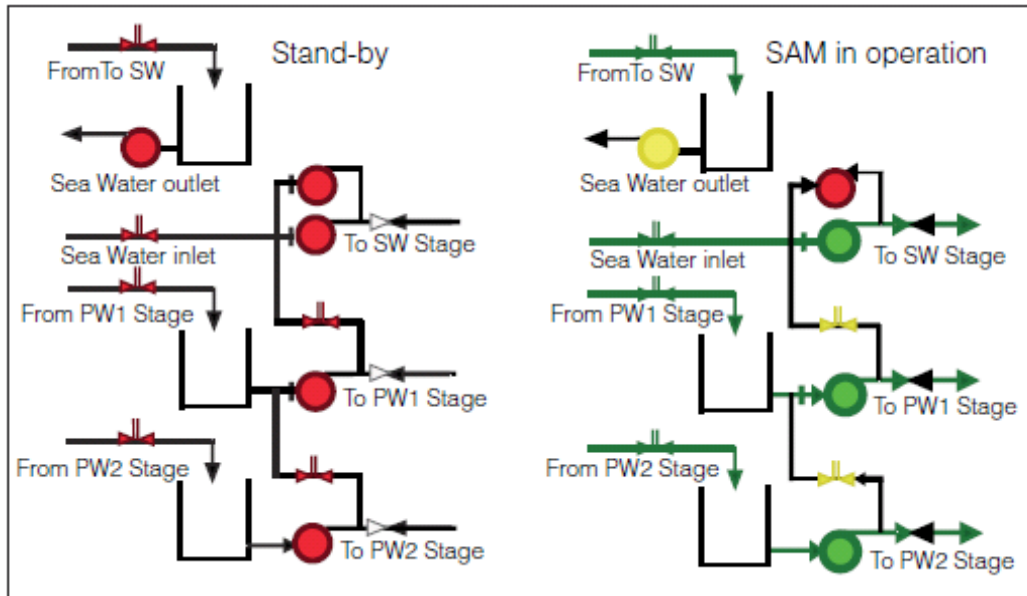
Στο σύστημα έχουμε την εισαγωγή πλεονασματικής ποσότητας θαλασσινού νερού για τον κορεσμό και την ψύξη του αέρα που προέρχεται από την μεριά του συμπιεστή. Στο στάδιο αυτό προκαλείται σχεδόν 100% υγρασία στον αέρα σάρωσης.

Το στάδιο 1 και 2 του πόσιμου νερού όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί είναι πολύ κοντά στην θερμοκρασία που έχει και αέρας σάρωσης. Τα στάδια αυτά λειτουργούν μόνο σαν στάδια καθαρισμού, καθώς αφαιρούν τυχόν ποσότητα αλατιού που μπορεί να έχει περάσει από το πρώτο στάδιο. Πιθανή συνεχή συγκέντρωση αλατιού στα στάδια πόσιμου νερού μπορεί να προκαλέσει συνολική συγκέντρωση αλατιού πάνα από τα επιτρεπτά όρια. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να αντιμετωπιστεί με ψύξη του κορεσμένου αέρα μέσω ψυγείου αέρα και δημιουργία επιπλέον ποσότητας φρέσκου νερού για το στάδιο 2. Τότε το επιπλέον πόσιμο νερό οδηγείται αντίθετα προς την πλευρά της δεξαμενής του συστήματος.

Εικόνα 8: Λειτουργία συστήματος SAM



<sup>70</sup> Man B&W Two-stroke Marine diesel Engines, Exhaust Gas Emission Today and Tomorrow



Ο σημαντικότερος παράγοντας για την ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης είναι όσο το δυνατόν λιγότερο (έως και καθόλου) αλάτι να εισχωρήσει στη κύρια μηχανή. Η συνολική κατασκευή του συστήματος SAM είναι κατασκευασμένο από ωστενιτικό ανοξείδωτο χάλυβα 254SMO για την εξαιρετική αντοχή του σε διάβρωση από θαλασσινό νερό.

Λόγω της επιπλέον ροής μάζας αεριοποιημένου νερού που προστίθεται στο σύστημα, πρέπει μία ποσότητα καυσαερίων να παρεκτραπεί από το κύριο σύστημα. Ωστόσο η ενέργεια των καυσαερίων που παρεκτρέπονται μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω ενός στρόβιλο-συμπιεστή για άλλη χρήση στο πλοίο για την εξοικονόμηση του κόστους λειτουργίας καθώς και συνολική μείωση των εκπομπών οξειδίων του άνθρακα CO<sub>2</sub>. Γίνεται κατανοητό ότι ένα σύστημα SAM μειώνει τις συνολικές εκπομπές καυσαερίων αλλά και βελτιώνει το συνολικό βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης.

Η θερμοκρασία του αέρα σάρωσης και κατά συνέπεια και η ποσότητα του θαλασσινού νερού που εισέρχεται στο σύστημα ρυθμίζονται από θερμοστατικές βαλβίδες στο χώρο του ψυγείου αέρα. Η συνολική ποσότητα του εξατμισμένου θαλασσινού νερού θα μπορούσε να υγροποιείται μέσα στο ψυγείο αέρα, αλλά τότε η απόδοση της μηχανής θα αντιστοιχούσε σε συνθήκες λειτουργίας σε τροπικό κλίμα. Το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι η παρουσία της μέγιστης δυνατής υγρασίας στο αέρα σάρωσης καθώς έτσι βελτιστοποιείται η μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου.

Το σύστημα ελέγχεται από ηλεκτρονική λογική μονάδα και οι βαλβίδες και οι αντλίες λειτουργούν αυτόματα. Η εκκίνηση του συστήματος γίνεται όταν το φορτίο της μηχανής βρίσκεται μεταξύ 40-60% του μέγιστου συνεχούς επιτρεπτού ορίου. Για να οδηγηθεί στην παραγωγή το SAM, πρέπει να εξεταστούν και οι παράμετροι της κατάστασης στο εσωτερικό των κυλίνδρων λόγω της υψηλής υγρασίας του αέρα σαρώσεως και της εισαγωγής μικρής ποσότητας αλατιού.

### 5.3.2 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ

Τα οξείδια του θείου ( $SO_x$ ), είναι ανόργανες χημικές ενώσεις. Επειδή οι γαιάνθρακες και το πετρέλαιο περιέχουν ενώσεις του θείου, αναπόφευκτα η καύση τους σε συνδυασμό με το οξυγόνο εκλύει διοξείδιο του θείου. Με την παρουσία υγρασίας και περισσότερο κάποιου καταλύτη όπως το διοξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του θείου οξειδώνεται παραπέρα σε θειικό οξύ, πράγμα που όταν γίνεται στην ατμόσφαιρα δημιουργεί το φαινόμενο της όξινης βροχής.

Όξινη βροχή<sup>71</sup> ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο τα διάφορα μετεωρολογικά κατακρημνίσματα (π.χ. βροχή, χαλάζι, χιόνι) αποκτούν έναν όξινο χαρακτήρα λόγω των όξινων αερίων που διαλύονται στη βροχή. Τα πιο σημαντικά αέρια που προκαλούν την όξινη βροχή είναι τα: διοξείδιο του άνθρακα ( $SO_2$ ), διοξείδιο του αζώτου ( $NO_2$ ) από το οποίο σχηματίζεται το νιτρικό οξύ ( $HNO_3$ ). Τα αέρια αυτά προέρχονται κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η όξινη βροχή επιφέρει καταστροφικά αποτελέσματα σε οικοσυστήματα, καλλιέργειες, πολιτιστικά μνημεία και στις περιουσίες των πολιτών.

Οι νέες προδιαγραφές για τις εκπομπές διοξειδίου του θείου που θεσπίστηκαν από τον Διεθνή Οργανισμό Ναυτιλίας, τον περιβαλλοντολογικό οργανισμό της Καλιφόρνιας και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναμένεται να προκαλέσουν μεγάλες διαταραχές στην λειτουργία των πλοίων.

---

<sup>71</sup> <http://1lyk-dramas.dra.sch.gr/efimerida/february2011/oksini.htm>

Οι σχετικές νομοθετικές αλλαγές για να επιτύχουν την απαραίτητη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του θείου στράφηκαν στην μείωση του ποσοστού της περιεκτικότητας σε θειάφι των καυσίμων που χρησιμοποιούνται από τους ναυτικούς κινητήρες ή την χρήση εγκεκριμένων από αρμόδιους φορείς συστημάτων που μειώνουν τις τελικές εκπομπές προς το περιβάλλον.

Η μείωση της περιεκτικότητας του καυσίμου σε θειάφι ενδέχεται να επηρεάσει την αποδοτική λειτουργία παλαιότερων εγκαταστάσεων που έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν με διαφορετική ποιότητα καυσίμων. Ωστόσο σε κατασκευαστικά αδιέξοδα έχουν οδηγηθεί και εταιρείες κατασκευής και συναρμολόγησης μηχανημάτων που οι κατασκευές τους θα κληθούν να διαχειριστούν καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο και κατά συνέπεια με χαμηλό ιξώδες κυρίως σε πλοία παλαιότερης τεχνολογίας.

Όλα τα προτεινόμενα συστήματα για την διαχείριση των καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο θα πρέπει αρχικά να εγκριθούν από τις Αρμόδιες Αρχές, να είναι εφαρμόσιμα και συμβατά με τις μέχρι σήμερα ισχύουσες διατάξεις για το πλοίο, να είναι εύκολη η πρακτική λειτουργία τους για την διευκόλυνση του πληρώματος και της πλοιοκτήτριας εταιρείας και τέλος να μπορούν να εξασφαλίσουν την αξιοπιστία και την ασφάλεια ως προς τον άνθρωπο, το περιβάλλον και την περιουσία.

### 5.3.3 ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (HC)<sup>72</sup>

Οι υδρογονάνθρακες (HC), προέρχονται από την ατελή καύση του καυσίμου-λαδιού και την εξάτμιση του καυσίμου. Έχουν επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου-καρκινογενέσεις αλλά και στο περιβάλλον με την δημιουργία νέφους.

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι αποτέλεσμα της ατελούς καύσης, καθώς υπάρχει έλλειψη αέρα και διαχωρισμός των διοξειδίων του άνθρακα, είναι εξαιρετικά τοξικό σε μεγάλη συγκέντρωση. Λόγω της περίσσειας αέρα στις δίχρονες ναυτικές μηχανές οι εκπομπές μονοξειδίου είναι πολύ μικρές.

---

<sup>72</sup> Pounder's Marine diesel Engine and Gas Turbines (8 th edition)

#### 5.3.4 ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ PM

Τα σωματίδια<sup>73</sup> είναι ένα σύνθετο μείγμα από οργανικές και ανόργανες ενώσεις που προκύπτουν από ατελή καύση, άκαυστες ποσότητες λιπαντικού, θερμικό ξέσπασμα υδρογονανθράκων, υπολείμματα άκαυστων σωματιδίων στα καύσιμα και στα λιπαντικά και ύπαρξη νερού. Μεγαλύτερο ποσοστό από 50% των σωματιδίων εξέρχεται στην ατμόσφαιρα υπό μορφή καπνού. Τα άκαυστα σωματίδια άνθρακα δεν είναι τοξικά από μόνα τους και αποτελούν λιγότερο από 0.003% των καυσαερίων.

#### 5.3.5 ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 15 του αναθεωρημένου παραρτήματος 10 - Marpol revised Annex VI - κάθε πλοίο μεταφοράς παραγώγων πετρελαίου πρέπει να διαθέτει ένα σύστημα διαχείρισης των πτητικών οργανικών ενώσεων, επικυρωμένο από τη σημαία του και να πληροί τις προδιαγραφές που καθορίζονται από τον IMO. Το σύστημα διαχείρισης πρέπει τουλάχιστον να:

1. Περιέχει γραπτές διαδικασίες για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων κατά τη φάση της φόρτωσης, τη διάρκεια του πλου και της παράδοσης του φορτίου.
2. Να συνυπολογίζει και τις επιπρόσθετες εκπομπές κατά το πλύσιμο των πετρελαιοειδών.
3. Να καθορίζεται το άτομο που είναι υπεύθυνο για την διαχείριση του συστήματος.
4. Για ποντοπόρα πλοία με πολυεθνή πληρώματα, το σύστημα διαχείρισης πρέπει να είναι γραμμένο στην μητρική γλώσσα του καπετάνιου και των αξιωματικών και αν η μητρική γλώσσα των ανωτέρω δεν είναι Αγγλικά, Γαλλικά ή Ισπανικά τότε να περιέχεται και μία μετάφραση σε μία από τις προαναφερθείσες διαλέκτους.

---

<sup>73</sup> <http://www.air-quality.gr/pm.php>

Ο διεθνής οργανισμός Ναυτιλίας εξέδωσε στις 17 Ιουλίου 2009 σχετικές οδηγίες για την ανάπτυξη σχεδίων για τη διαχείριση των πτητικών οργανικών ενώσεων (Resolution MEPC.185/59), με ημερομηνία ισχύς από 1 Ιουλίου 2010.

Το αντικείμενο του συστήματος διαχείρισης των εκπομπών είναι να βεβαιώσει ότι γίνονται προσπάθειες για μείωση των πτητικών οργανικών ενώσεων στο ελάχιστο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με βελτιστοποίηση των διαδικασιών ή με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού.

Για την συμμόρφωση με τις οδηγίες του IMO, η φορτοεκφόρτωση και μεταφορά φορτίων που προκαλούν εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων πρέπει να αποτιμηθούν και να καθοριστούν διαδικασίες για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών. Αν χρησιμοποιηθεί εξοπλισμός ή αλλαγές στα σχέδια πρέπει να περιγράφονται στο σύστημα διαχείρισης αντίστοιχα. Οι διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης πρέπει να υπολογίζουν την πιθανή διαφυγή αερίων λόγω χαμηλής πίεσης και η μεταφορά των πετρελαιοειδών από και προς τις δεξαμενές πρέπει να πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα στραγγαλισμού και ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων ρευστού στις σωληνώσεις.

Το πλοίο πρέπει να καθορίζει μια πίεση λειτουργίας για τις δεξαμενές πετρελαίου. Η πίεση αυτή πρέπει να είναι τόσο υψηλή ώστε να εξασφαλίζεται η απαραίτητη ασφάλεια και να διατηρείται όσο το δυνατόν σταθερή κατά τη διαδικασία φορτοεκφόρτωσης και μεταφοράς του φορτίου. Όταν απαιτείται εξαερισμός για μείωση της πίεσης στις δεξαμενές, η μείωση αυτή πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη ώστε να παραμένει στις δεξαμενές η υψηλότερη δυνατή πίεση.

Το σύστημα διαχείρισης πρέπει να συνυπολογίζει και τις επιπρόσθετες εκπομπές κατά το πλύσιμο των πετρελαιοειδών. Οι εκπομπές μπορούν να μειωθούν με μείωση του χρόνου πλύσεως ή με τη χρήση κατάλληλου κλειστού κυκλικού προγράμματος.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Συμπερασματικά, διαπιστώνουμε ότι η ποντοπόρος ναυτιλία αποτελεί έναν ζωτικής σημασίας μεταφορικό μέσο το οποίο λειτουργεί σε καθεστώς πλήρους ανταγωνισμού. Αν εστιάσουμε στα βασικότερα σημεία, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε επιγραμματικά τα ακόλουθα:

- Οι συνεχείς κλιματικές αλλαγές οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την θέσπιση νέων και αυστηρότερων διεθνών κανονισμών, με τους οποίους τα πλοία θα πρέπει να συμμορφώνονται
- Η κλιματικές αλλαγές οι οποίες τις τελευταίες δεκαετίες έχουν γίνει αισθητές σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν ευαισθητοποιήσει σε υψηλό βαθμό τους καταναλωτές, υποχρεώνοντας την παγκόσμια βιομηχανία αλλά και ναυτιλία να στραφεί σε όσον το δυνατό πιο οικολογικές τακτικές.
- Το περιβάλλον του πλήρους ανταγωνισμού στο οποίο λειτουργεί η παγκόσμια ναυτιλία σε συνδυασμό με τις ιδιαίτερα χαμηλές τιμές των ναύλων τα τελευταία έτη, κάνει αναγκαία την υιοθέτηση μεθόδων από τους πλοιοκτήτες για την μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση καυσίμων .
- Η μεγάλη προσφορά σύγχρονων και πιο οικολογικών πλοίων δημιουργεί την ανάγκη προσφοράς ποιοτικότερων υπηρεσιών από τις ναυτιλιακές εταιρίες αποσκοπώντας στην μεγαλύτερη ανταγωνιστικότητα του στόλου τους
- Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών σε συνδυασμό με αυτοματοποιημένα συστήματα τόσο στα πλοία αλλά και στα λιμάνια διαμορφώνει μια σύγχρονη αντίληψη του ποιοτικότερους, οικονομικότερους και φυσικά οικολογικά φιλικούς τρόπους μεταφοράς αγαθών.

Από τα παραπάνω αντιλαμβανόμαστε πως έχει ήδη δημιουργηθεί και αναπτύσσεται συνεχώς σε παγκόσμιο επίπεδο η ανάγκη συμμόρφωσης με τα διεθνή πρότυπα καθώς βέβαια και η ανάγκη για ποιοτικότερες και οικονομικότερες υπηρεσίες. Η τεχνολογία που πλέον παίζει σημαντικότατο κομμάτι τόσο στην διαχείριση του πλοίου όσο και στον προγραμματισμό των ταξιδιών δημιουργεί μια τάση την οποία ακολουθούν όλο και περισσότεροί πλοιοκτήτες.



Αυτή η νέα τάση σε συνδυασμό με την βιομηχανία που στηρίζεται στην διεθνή ναυτιλία, όπως εταιρίες μηχανημάτων, εξοπλισμών πλοίων κλπ και έχει αναπτύξει μηχανήματα και μεθόδους οι οποίες εξασφαλίζουν μια φιλικότερη λειτουργία του πλοίου δημιουργούν ένα πλαίσιο το οποίο διαμορφώνει μια σταθερή τροχιά στην οποία θα κινείτε η διεθνής ναυτιλία.

Ακόμα και αν οι τιμές των ναύλων αυξηθούν μελλοντικά, και η ταχύτητα των πλοίων παίζει ξανά σημαντικό ρόλο, η χρήση μεθόδων λειτουργίας φιλικές προς το περιβάλλον, η ενσωμάτωση προτύπων για την εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και οι διεθνείς κανονισμοί θα δημιουργούν ένα πλαίσιο το οποίο θα διατηρεί την λειτουργία του πλοίου φιλικότερη προς το περιβάλλον.

Ίσως η σημαντικότερη αλλαγή που έχει προκύψει τα τελευταία χρόνια είναι η συνολική στροφή όλων των εμπλεκόμενων με την ναυτιλία, περιλαμβάνοντας όχι την πλευρά των πλοιοκτητών, των ναυλωτών, αλλά και των κατά τόπους αρχών, προς ένα νέο πρόσωπο για την ναυτιλία του μέλλοντος η οποία θα προσφέρει υπηρεσίες όχι μόνο ταχύτερες, οικονομικότερες και πιο αποδοτικές αλλά επίσης οικολογικές προς το περιβάλλον έχοντας τις μικρότερες δυνατές επιπτώσεις στο οικοσύστημα.

Επίσης, ιδιαιτέρως σημαντική, κατά την άποψη μας, είναι η διαπίστωση σύμφωνα με την οποία η λειτουργία που ενσωματώνει τις «πράσινες» πρακτικές είναι μακροπρόθεσμα προς όφελος ακόμα και της ίδιας της εταιρείας. Αυτό θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ικανό να κάμψει τις όποιες δευτερες σκέψεις προκαλεί το αρχικό κόστος μιας τέτοιας προσπάθειας. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο αναλύεται εκτενέστερα και επιβεβαιώνεται σε μία μελέτη του OECD<sup>74</sup> όπου αναφέρει πώς τα νέα πλοία κοντέινερ μειώνουν τα έξοδα λειτουργίας (αυτά είναι κατά 70-80% τα καύσιμα στα εμπορικά πλοία).

Σύμφωνα με την έρευνα, η μεγαλύτερη εξοικονόμηση κόστους από τα μεγαλύτερα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων δεν έχει σχέση με το μέγεθος. Τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων 19,000 TEU παρέχουν μεγάλες οικονομίες κλίμακας σε σύγκριση με αυτά των 15,000 TEU, αλλά αυτά είναι

---

<sup>74</sup> [http://www.internationaltransportforum.org/pub/pdf/15CSPA\\_Mega-Ships.pdf](http://www.internationaltransportforum.org/pub/pdf/15CSPA_Mega-Ships.pdf)

σύμφωνα με τη νέα μοντέρνα σχεδίαση και την αλλαγή του τρόπου λειτουργίας του κλάδου των ναυτιλιας γραμμών.

Η κατασκευή τους συμπίπτει με την εμφάνιση του «slow steaming» στη ναυτιλία εμπορευματοκιβωτίων, όπου ταξιδεύοντας πιο αργά εξοικονομούν καύσιμα και αποφεύγεται η πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα. Αυτό έχει δύο συνέπειες: πρώτον, τα νέα πλοία είναι πιο αποτελεσματικά στις τρέχουσες χαμηλές ταχύτητες από ό,τι τα προηγούμενα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων που είχαν σχεδιαστεί για υψηλότερες ταχύτητες. Δεύτερον, το «slow steaming» έχει γίνει ένα εγγενές χαρακτηριστικό της νέας γενιάς των πλοίων, αφού δεν θα είναι σε θέση να πάνε πιο γρήγορα, εάν απαιτείται.

Τέλος, σημαντικές οικονομίες κλίμακας επιτυγχάνονται στα εμπορευματοκιβωτία 19,000 TEU λόγω μεταβολής του τρόπου λειτουργίας της βιομηχανίας. Χρησιμοποιώντας US \$ 600 ως μέση τιμή κόστους πετρελαίου που καταναλώνεται από την κύρια μηχανή, μπορεί να αποταμιευτεί τουλάχιστον 55%-63% ανά TEU.

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η οικονομική βιωσιμότητα της ναυτιλίας και η βελτίωση των περιβαλλοντικών κι ενεργειακών επιδόσεων των πλοίων θα μπορέσουν να διασφαλιστούν με μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων, προώθηση εναλλακτικών καυσίμων, αλλαγές στην τεχνολογία των πλοίων αλλά και των μηχανών. Τέλος, η ναυπήγηση των ανωτέρω θα δημιουργούσε νέες θέσεις εργασίας στα ναυπηγεία και θα μπορούσε να χρηματοδοτηθεί από ευρωπαϊκούς πόρους.

Προκειμένου όμως να διατηρηθεί η έμφαση στην ατζέντα της βιώσιμης και πράσινης ναυτιλίας, πρέπει να στραφούμε προς την κατεύθυνση της καινοτομίας και της αποτελεσματικής ρύθμισης. Στο άμεσο μέλλον, η ναυτιλία θα εξακολουθεί να είναι εξαρτημένη από τα ορυκτά καύσιμα. Η ναυτιλιακή κοινότητα πρέπει να εργαστεί σκληρά για να αναπτύξει τεχνολογίες ενεργειακά αποδοτικές και φιλικές προς το περιβάλλον που να περιλαμβάνει παραγωγή ενέργειας και πρόωσης του πλοίου, καθώς και τη λειτουργία του πλοίου.

## **A. ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ**

### **A.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ**

- Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μείωση των ατμοσφαιρικών εκπομπών των ποντοπόρων πλοίων, COM (2002) 595 final
- Κανονισμός 12 του Παρατήματος VI
- Κανονισμός 15 του Παρατήματος VI
- Κανονισμός 5 του Παρατήματος VI
- Κανονισμός 6 του Παρατήματος VI
- Κανονισμός 18 του Παρατήματος VI
- Γ. Γράτσος Ναυτικό Επιμελητήριο Ελλάδος (Ναυτιλία και Περιβάλλον, 2009)
- Γ.Π. Βλάχος, Εμπορική Ναυτιλία & Θαλάσσιο Περιβάλλον, Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα 1999
- Λαζάρου Χ. Κλιάνη Ιωάννη Κ. Νικολού, Ιωάννη Α. Σιδέρη, Μηχανές εσωτερικής καύσεως, Τόμος Α', Αθήνα 2002
- Ν. Κυρτάτος, “Σημαντικά Θέματα Έρευνας και Εξέλιξης στους Ναυτικούς Κινητήρες Diesel”, Εργαστήριο Ναυτικής Μηχανολογίας (Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα).

## **A.2 ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ**

- C.C. Joyner/J. M. Mitchel (2002), Regulating navigation through the Turkish straits: A Challenge for Modern International Environmental Law, *Int. Journal of Marine & Coastal Law*, vol. 17, no.4, σ.521-559
- B. Lin/C.Y. Lin (2006), Compliance with International Emission Regulations: Reducing the Air Pollution from Merchant Vessels, *Marine Policy*, vol. 30, σ. 220
- CEC, Air Emissions from Ships, όπ.π., σημ. 4, καθώς και COM (2005) 446 final, Thematic Strategy on air pollution
- Third IMO GHG Study 2014 Executive Summary and Final Report
- C. Pisani (2002), Fair at Sea: The Design of a Future Legal Instrument on Marine Bunker Fuels Emissions within the Climate Change Regime, στο *Ocean Development & International Law*, vol. 33, σ. 57-76
- COM (2005) 446 final, «Thematic Strategy on Air Pollution»
- International Maritime Organization (IMO): 2nd GHG IMO Study 2009
- IMO (2007), Review of the Regulations to Prevent Air Pollution from Ships, διαθέσιμο στο [http:// www.imo.org](http://www.imo.org). Και E. S. Vagslid (2007), IMO's work on reducing emissions from international shipping, "Maritime Talks" 2007, διαθέσιμο στο [http:// www.iflos.org](http://www.iflos.org)
- IMO Resolution A.963(23), "IMO Policies and Practices related to the Reduction of Greenhouse Gas Emissions from Ships" (4 March 2004)

- Wärtsilä (2009) Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/ Ship Power R&D
- Karellas S., Schuster A., Supercritical steam parameters in organic Rankine cycle applications, International Journal of Thermodynamics, Vol. 12 (No.3), September 2008
- J. Bonafin, P. Pinamonti, M. Reini, P. Tremuli, Performance Improving of an Internal Combustion Engine for Ship Propulsion with a Bottom ORC, ECOS, 2010
- Second IMO GHG Study 2009
- Updated Study on GHG emissions from Ships
- Fankhauser, S.,: “Sulzer RT-flex, The Common-Rail Low-Speed Engine”, Seminar: The Intelligent Engine, Athens, 18 May 1999
- Paro, D.,: “Medium speed diesels in the new millenium”, 21st Marine Propulsion Conference
- Man Diesel Prime service, Retrofitting slide fuel valve
- Pounder’s Marine diesel Engine and Gas Turbines (8 th edition)

## B. ΠΗΓΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΙΟΥ

- [http://historisches-marinearchiv.de/projekte/verluste\\_griechenland/beschreibung2.php?lang=3](http://historisches-marinearchiv.de/projekte/verluste_griechenland/beschreibung2.php?lang=3)
- <http://www.bunkerworld.com/prices/index/bw380>
- <http://www.maersk.com/Innovation/WorkingWithInnovation/Documents/Slow%20Steaming%20-%20the%20full%20story.pdf>
- <http://www.gard.no/ikbViewer/Content/8259/No%2003-09%20Slow%20Steaming%20on%202%20stroke%20engines.pdf>
- <http://www.renewableenergymagazine.com/article/shipping-industry-launches-virtual-arrival-to-save>
- <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>
- <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>
- <http://www.marorka.com/seemp-ship-energy-efficiency-management-plan-2/>
- <http://www.imo.org/MediaCentre/HotTopics/GHG/Pages/EEDI.aspxUpdatedStudyonGHGemissionsfromShips>
- <http://www.slideshare.net/mun8158/eedi-formula>
- <http://www.transportenvironment.org/press/environmental-groups-welcome-imos-energy-efficiency-standard-new-ship-call-further-actions>
- <http://www.skysails.info/english/>
- <http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu3-8a>
- <http://www.industry.siemens.com/verticals/global/en/marine/products-and-solutions/pgd/whrs/pages/default.aspx>
- <http://gcaptain.com/part-marine-engineering-technology>
- <http://marine.man.eu/docs/librariesprovider6/technical-papers/waste-heat-recovery-system.pdf?sfvrsn=10>
- [http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data\\_id=27795&filename=GHGStudyFINAL.pdf](http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=27795&filename=GHGStudyFINAL.pdf)

- <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/GHGStudyFINAL.pdf> (p.28)
- <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/naftikachronika-issues/142.pdf> (p.25)
- <http://unfccc.int/resource/docs/2008/smsn/igo/026.pdf> (p.13)
- <http://www.elint.org.gr/annual-meeting/2011/schedule/scientific-subjects/81-2012-07-22-20-19-33.html>
- <http://www.geocities.ws/jkostaras/ism.html>
- <http://www.martrans.org/docs/publ/NONREFEREED%20CONFs/EVGENID EIO%20rypani%202007.pdf>
- <http://diktyothalassa.files.wordpress.com/2013/02/ploia-thalasia-rypani.pdf>
- <http://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery/42648-common-rail-system-of-fuel-injection/>
- <http://1lyk-dramas.dra.sch.gr/efimerida/february2011/oksini.htm>
- <http://www.air-quality.gr/pm.php>
- <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/GHG/Documents/sulphur%20limits%20FAQ.pdf>