

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ στην ΝΑΥΤΙΛΙΑ

THE ECOSHIP OF THE FUTURE

Παναγιώτα Λέντζου

Διπλωματική Εργασία

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

ΠΕΙΡΑΙΑΣ

2017

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

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

Παναγιώτα Λέντζου

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

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

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Καθηγήτρια Φανή Σακελλαριάδου (Επιβλέπουσα)
- Καθηγητής Βασίλειος Τσελέντης
- Καθηγητής Ερνεστοσπυρίδων Τζαννάτος

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

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια ,κυρία Φανή Σακελλαριάδου , την οικογένειά μου και την εταιρεία μου STARBULK για τη βοήθεια , στήριξη και κυρίως υπομονής τους κατά τη διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας .

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ. 1
1. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΠΛΟΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	σελ. 3
1.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΠΛΟΙΑ.....	σελ. 3
1.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	σελ. 5
2. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ.....	σελ. 11
2.1 ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΠΛΟΙΑ, 1973/78.....	σελ. 11
2.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ (ΙΜΟ)	σελ. 14
2.3 ΝΗΟΓΝΩΜΟΝΕΣ	σελ. 15
3. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	σελ. 16
3.1 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	σελ. 16
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΛΟΙΟΥ.....	σελ. 17
3.2.1 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	σελ. 17
3.2.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	σελ. 19
3.2.3 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ	σελ. 22
3.3.4 ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ (FUEL CELLS)	σελ. 24
3.2.5 ΜΗΧΑΝΕΣ ΔΙΠΛΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	σελ. 25
3.2.6 ΧΡΗΣΗ LNG ΩΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	σελ. 26
3.2.7 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ	σελ. 28
3.2.8 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ (SCRUBBER)	σελ. 29
3.2.9 ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΤΗΣ ΓΑΣΤΡΑΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ	σελ. 31
3.2.10 ΠΛΟΙΑ ΜΕ ΚΟΙΛΟΤΗΤΕΣ ΑΕΡΑ ACS (AIR CAVITY SHIPS)	σελ. 33
3.2.11 ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΕΛΙΚΑΣ	σελ. 35
3.2.12 ΠΡΟΩΣΗ ΑΖΙΡΟΔ	σελ. 38
3.2.13 ΧΡΗΣΗ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	σελ. 39
3.2 14 ΥΦΑΛΟΧΡΩΜΑΤΑ	σελ. 42
3.2.15 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ.....	σελ. 43

3.2.16 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΛΟΙΟΥ	σελ. 45
4. ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	σελ. 46
4.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	σελ. 46
4.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	σελ. 52
4.2.1 NYK SUPER ECO SHIP 2030	σελ. 52
4.2.2 AURIGA LEADER	σελ. 53
4.2.3 VIKING LADY	σελ. 54
4.2.4 TRIPLE E	σελ. 56
4.2.5 E/S ORCELLE	σελ. 57
4.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ. 58
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ. 62

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1-1: Μεταβολή στη μέση τιμή της θερμοκρασίας της Γης

Πίνακας 1-2: Η αύξηση της μέσης στάθμης της θάλασσας

Πίνακας 3: Αποτέλεσμα της μείωσης των αέριων ρύπων σε σύγκριση με τους στόχους.

ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Γράφημα 4-1 : Γράφημα κατανάλωσης καυσίμου σε σχέση με την παλαιότητα των πλοίων

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1: Τα αίτια της αύξησης της στάθμης της θάλασσας

Εικόνα 2 : Το MS Turanor

Εικόνα 3 : Παράδειγμα μαλακών πανιών Greenheart

Εικόνα 4 : Παράδειγμα μαλακών πανιών B9 Shipping

Εικόνα 5 : Παράδειγμα μαλακών πανιών Dykstra/Fair Transport Ecoliner

Εικόνα 6 : Παράδειγμα μαλακών πανιών Seagate Delta Wing Sails

Εικόνα 7 : Σταθερά πανιά UT Wind Challenge,

Εικόνα 8 : Σταθερά πανιά Oceanfoil

Εικόνα 9 : Πανιά τύπου χαρταετού

Εικόνα 10 : Πλοίο που χρησιμοποιούν ρότορες Flettner, Alcyone του Cousteau

Εικόνα 11 : Πλοίο που χρησιμοποιούν ρότορες Flettner, E-Ship

Εικόνα 12 : Σχηματική παράσταση υβριδικού συστήματος πρόωσης

Εικόνα 13 : Πλοίο με κυψέλες καυσίμου

Εικόνα 14 : Μηχανή Διπλού Καυσίμου

Εικόνα 15 : Εφαρμογή τεχνολογίας χρήσης LNG ως καυσίμου σε πλοίο.

Εικόνα 16 : Σύστημα Καθαρισμού Καυσαερίων Πλοίου Ανοιχτού Κύκλου Open Wet Scrubers

Εικόνα 17 : Σύστημα Καθαρισμού Καυσαερίων Πλοίου Κλειστού Κύκλου Closed Wet Scrubers

Εικόνα 18: Πλώρη τύπου Leading Edge

Εικόνα 19 : Εκτόξευση μικρό-φουσαλίδων σε εργαστηριακό πείραμα

Εικόνα 20 : Πλοίο με τεχνολογία ACS

Εικόνα 21: Εφαρμογή σε πλοίο και αριθμητικό μοντέλο οριακών στοιχείων της προπέλας Kappel

Εικόνα 22 : Προπέλες Ducted

Εικόνα 23: Αντίθετα Περιστρεφόμενες Προπέλες (Contra Rotating Propellers)

Εικόνα 24 : Τυπική διάταξη διανομής ενέργειας σε σύστημα με δύο Azipod

Εικόνα 25: Πρωτοβάθμιο και δευτεροβάθμιο σύστημα πυρηνικής εγκατάστασης πλοίου

Εικόνα 26 : Κύκλος ερματισμού- αφερματισμο

Εικόνα 27 : Πλοίο χωρίς δεξαμενές ζυγοστάθμισης

Εικόνα 28 : NYK SUPER ECO SHIP 2030

Εικόνα 29 : Το πλοίο Auriga Leader

Εικόνα 31 : Το πλοίο Viking Lady

Εικόνα 32 : Το πλοίο Triple E

Εικόνα 33 : Το E/S Orcelle

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παγκόσμια ναυτιλία βρίσκεται σε ένα σταυροδρόμι που θα καθορίσει το μέλλον της και τη μετάβαση της στη νέα εποχή. Από τη μια πλευρά οι πιέσεις και οι κανονισμοί του Διεθνούς Οργανισμού Ναυσιπλοΐας για μια ναυτιλία που δεν θα επιβαρύνει το περιβάλλον και από την άλλη η οικονομική ύφεση και οι υψηλές τιμές του πετρελαίου αναγκάζουν την βιομηχανία της ναυτιλίας να αναζητήσει λύσεις που θα μειώνουν την περιβαλλοντική ζημιά που προκύπτει από τη ναυτιλία ενώ παράλληλα θα είναι συμφέρουσες και από οικονομικής πλευράς.

Η χρήση οικολογικών πλοίων θα έχει αδιαμφισβήτητα οφέλη, ωστόσο η πρόκληση για τη βιομηχανία της ναυτιλίας είναι να καταφέρει την ομαλή μετάβαση χωρίς υψηλό κόστος από το επίπεδο της έρευνας στην αγορά.

ABSTRACT

The global shipping is at a crossroads that will determine its future and the transition to the new era. On one hand are the pressures from the International Maritime Organization and its regulations for shipping which will not burden the environment and on the other hand the economic recession and high oil prices are forcing the shipping industry to seek solutions that will reduce the environmental damage caused by shipping while also being advantageous in economic terms. The use of green ships has undeniable benefits but the real challenge for the maritime industry is to manage a smooth transition without high costs from the level of research to the market.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εμπορική ναυτιλία είναι ένας από τους μεγαλύτερους παράγοντες ανάπτυξης και διάδοσης του παγκόσμιου εμπορίου καθώς και ανάπτυξης της οικονομίας. Πάνω από το 90% του παγκόσμιου εμπορίου μεταφέρεται μέσω των ωκεανών από περίπου 90 χιλιάδες πλοία.

Όπως συμβαίνει με όλους τους τρόπους μεταφοράς που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, έτσι και τα πλοία παράγουν εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, ενώ απελευθερώνουν και μια πληθώρα άλλων ρύπων που έχει ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος και συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή.

Η ολοένα και αυξανόμενη πίεση από την παγκόσμια κοινότητα για μεγαλύτερη περιβαλλοντική συνείδηση, καθώς και η νέα οικονομική πραγματικότητα έχει αναγκάσει τον κλάδο της ναυτιλίας να στραφεί στην πράσινη οικονομία και σε πιο οικολογικές και φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις.

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία δίνεται μια εικόνα για το ποιος είναι ο ρόλος του οικολογικού πλοίου και ποια θα είναι η μελλοντική του πορεία στις θαλάσσιες μεταφορές, ενώ παράλληλα εξετάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα για τη βιομηχανία της ναυτιλίας.

Στο πρώτο κεφάλαιο εξηγείται τι ακριβώς είναι το οικολογικό πλοίο και ποιες ακριβώς είναι οι προϋποθέσεις ώστε ένα πλοίο να θεωρείται οικολογικό. Αναλύονται οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και την κλιματική αλλαγή, ώστε να γίνει κατανοητή η αναγκαιότητα για πιο πράσινες και λιγότερο επιβλαβείς στο περιβάλλον λύσεις στα πλοία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο εξετάζονται το θεσμικό πλαίσιο και οι προσπάθειες του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO), που, με τις Συμβάσεις και τους κανονισμούς που έχει επιβάλει, έχει αναγκάσει τη ναυτιλιακή βιομηχανία να κάνει μια στροφή σε πιο οικολογικές λύσεις.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι τεχνολογικές προσπάθειες, για να βρεθούν νέες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς και εξοικονόμησης ενέργειας στα πλοία. Προσεγγίζεται το θέμα της σχεδίασης οικολογικών πλοίων, τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και η τεχνολογία που αναμένεται να παίξει σημαντικό ρόλο στα πλοία του μέλλοντος και να βοηθήσει στη μείωση τόσο των αέριων ρύπων όσο και την κατανάλωση καυσίμων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται μια οπτική για το πώς θα είναι το μέλλον της ναυτιλίας καταγράφοντας τα πλεονεκτήματα ύπαρξης πράσινων πλοίων, τα μειονεκτήματα που υπάρχουν βραχυπρόθεσμα για τη ναυτιλιακή βιομηχανία, ώστε να επενδύσει και να κάνει

τη μετάβαση στην πράσινη εποχή εξαιτίας της δύσκολης οικονομικής συγκυρίας. Αναλύονται παραδείγματα οικολογικών πλοίων από τον διεθνή χώρο, που έχουν κάνει την εμφάνισή τους ή βρίσκονται στα σκαριά δίνοντας μια εικόνα για το πώς θα είναι το οικολογικό πλοίο του μέλλοντος.

1. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΠΛΟΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΠΛΟΙΑ

Ως «οικολογικά πλοία» ή «πράσινα πλοία» («ecoships» ή «eco-friendly») ορίζονται τα πλοία τα οποία είναι σχεδιασμένα να προκαλούν την ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση στο περιβάλλον, κατά το στάδιο της κατασκευής τους, τη διάρκεια του επιχειρησιακού τους βίου και κατά τον παροπλισμό τους.¹

Η επιβάρυνση που έχει υποστεί το περιβάλλον, ιδιαίτερα τα τελευταία 100 χρόνια, έχει αναγκάσει τη διεθνή κοινότητα να ασκήσει πιέσεις στις κυβερνήσεις και στη βιομηχανία της ναυτιλίας, να αποκτήσει μια πιο «πράσινη» συνείδηση. Η παγκόσμια ναυτιλία ευθύνεται για το 3% των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου παγκοσμίως με την έκλυση τεράστιων ποσοτήτων σωματιδίων άνθρακα στην ατμόσφαιρα, που επιβαρύνουν τις παράκτιες περιοχές. Με δεδομένη τη συνεχή αύξηση του όγκου του εμπορίου φαίνεται αναμενόμενη και η αύξηση των ρύπων που προκαλούν τα πλοία, για τους οποίους ήδη συζητείται η θέσπιση πιο αυστηρών προδιαγραφών.²

Από οικονομικής πλευράς, η αστάθεια και η αύξηση των τιμών του πετρελαίου καθιστά το μέλλον των θαλάσσιων μεταφορών αβέβαιο. Η αξιοποίηση της σύγχρονης τεχνολογίας και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα συμβάλλει στη διαμόρφωση βιώσιμων λύσεων στον τομέα της μεταφοράς αγαθών. Έτσι, τις τελευταίες δεκαετίες ο ΙΜΟ (Διεθνής Οργανισμός Ναυσιπλοΐας – International Maritime Organization) έχει συντάξει μια σειρά από κανόνες που έχουν σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος. Η Διεθνής Σύμβαση για τη Ρύπανση της Θάλασσας από τα πλοία (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships), MARPOL του 1973 με το πρωτόκολλο του 1978, ήταν το πρώτο βήμα για τη δημιουργία του θεσμικού πλαισίου, που θα προστατεύει το περιβάλλον και που θέτει τις βάσεις για πιο καθαρές θαλάσσιες μεταφορές.³

1 Asariotis R., H. Benamara, (2012) “Maritime Transport and the Climate Change Challenge”.

2 <http://www.kathimerini.gr/853644/article/oikonomia/ellhnikh-oikonomia/apoyh-h-prasinh-naytilia-kai-oulos-ths-elladas>

3 Asariotis R., H. Benamara, (2012) “Maritime Transport and the Climate Change Challenge”.

Στις μέρες μας, οι προσπάθειες έχουν επικεντρωθεί κυρίως στη μείωση των εκπομπών CO₂, των οξειδίων του αζώτου (NO_x) και οξειδίων του θείου (SO_x), αέρια που παράγονται από την καύση ορυκτών καυσίμων στα πλοία.

Τα οικολογικά πλοία σε αντίθεση με τα πλοία του παρελθόντος είναι φιλικά προς το περιβάλλον και εναρμονίζονται με τους διεθνείς κανόνες περιορισμού της ρύπανσης που προκαλούν. Είναι εξελιγμένα σχεδιαστικά και οικονομικά ως προς τη λειτουργία τους. Παρέχουν περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, καθώς καίνε από ελάχιστο έως καθόλου πετρέλαιο, ενώ είναι της ίδιας μεταφορικής ικανότητας. Αυτό επιτυγχάνεται λόγω των εναλλακτικών πηγών ενέργειας (όπως ηλιακή, αιολική κ.α.). Επίσης, στα πλοία, οι κύριες προσπάθειες προς την κατεύθυνση μεγαλύτερης οικονομίας καυσίμου στρέφονται στο μηχανοστάσιο, όπου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μικρότερη και λιγότερο ισχυρή κινητήρια δύναμη, σε σύγκριση με τα συμβατικά πλοία αυτού του μεγέθους. Αλλά η ίδια η μηχανή θα πρέπει να σχεδιαστεί και να συντηρηθεί, έτσι ώστε να γίνεται η καλύτερη δυνατή χρήση του καυσίμου, χρησιμοποιώντας εξελιγμένα συστήματα ψεκασμού καυσίμου και μια σειρά από μέτρα, που θα χρησιμοποιήσουν τη θερμότητα των καυσαερίων παραγωγικά, και όχι απλώς την αποστολή μέχρι το χωνί. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση μιας γεννήτριας καυσαερίων, που μπορεί να ικανοποιήσει τις ηλεκτρικές απαιτήσεις του πλοίου, ενώ ο κύριος κινητήρας βρίσκεται σε λειτουργία και απαιτεί μόνο τη χρήση μιας βοηθητικής γεννήτριας, όταν το πλοίο κάνει ελιγμούς ή είναι στο λιμάνι.

Με την τιμή του πετρελαίου να παρουσιάζει μεγάλες αυξομειώσεις, ανάλογα με τις γεωπολιτικές εξελίξεις και σε συνδυασμό με την ύφεση σε θεμελιώδη μεγέθη της αγοράς, το κόστος των καυσίμων και την αύξηση των περιβαλλοντικών ρυθμίσεων, οι απαιτήσεις για πιο αποδοτικές λογικές από πλευράς καυσίμου και πιο φιλικές προς το περιβάλλον έχουν ενταθεί. Η βιομηχανία της ναυτιλίας ζητάει όλο και περισσότερο καινοτόμα σχέδια πλοίων ως απάντηση στο κόστος καυσίμου, τα επιπλέον έσοδα και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Τα οικολογικά πλοία μέσω της γάστρας, του σχεδιασμού του κινητήρα και των νέων τεχνολογιών προκαλούν σημαντική εξοικονόμηση στο κόστος. Ένα πρόσθετο χαρακτηριστικό αυτών των πλοίων είναι η περιβαλλοντική τους διάσταση και η μειωμένη κατανάλωση καυσίμου, που παράγει χαμηλότερες αερίων του θερμοκηπίου (GHG) και ρύπους στον αέρα. Τα πρότυπα που παρέχονται από την Ενεργειακή Απόδοση Δείκτη Σχεδιασμού (EEDI) εγκρίθηκαν τον Ιούλιο 2011 υπό την αιγίδα του IMO και έγιναν υποχρεωτικά από την 1η

Ιανουαρίου 2013 για όλα τα νεότευκτα πλοία 400 κόρων ολικής χωρητικότητας (GT) και πάνω.⁴

1.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι υπεύθυνη για ένα σημαντικό ποσοστό του παγκόσμιου προβλήματος της κλιματικής αλλαγής. Η ρύπανση και η προσβολή του θαλάσσιου χώρου χαρακτηρίζεται από τη σκόπιμη απόρριψη των άχρηστων υλικών από χερσαίες διαδικασίες, τη διοχέτευση αστικών και βιομηχανικών λυμάτων και από τη λειτουργική ή συμπτωματική λόγω ατυχήματος ρύπανση από πλοία. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί πως λαμβάνοντας υπόψη ότι οι θαλάσσιες μεταφορές καλύπτουν σχεδόν το 90% της παγκόσμιας διακίνησης φορτίων έναντι του 10% των ποσοτήτων που διακινούνται με τα αεροπορικά, οδικά, σιδηροδρομικά μέσα μεταφοράς και τους αγωγούς, η ναυτιλία αποτελεί την πιο φιλική προς το περιβάλλον δραστηριότητα μεταφοράς προϊόντων και αγαθών.⁵ Παρότι όμως το πλοίο είναι το φιλικότερο προς το περιβάλλον μέσο μεταφοράς αγαθών, είναι γεγονός πως συμβάλλει με πολλούς τρόπους στη ρύπανση του θαλάσσιου, του ατμοσφαιρικού και του χερσαίου περιβάλλοντος. Τα πλοία επιβαρύνουν το θαλάσσιο περιβάλλον με τοξικά απόβλητα από τα υφαλοχρώματα των πλοίων και με μικροοργανισμούς που μεταφέρονται μέσω του θαλάσσιου έρματος και της γάστρας στο νερό. Πρόσθετοι επιβαρυντικοί παράγοντες είναι το νερό που χρησιμοποιείται από το πλήρωμα για δραστηριότητες όπως το πλύσιμο σκευών, τα πλυντήρια για την ατομική καθαριότητα των πληρωμάτων, καθώς και τα σκουπίδια που προέρχονται από τη διαβίωση των πληρωμάτων στα πλοία και απορρίπτονται στη θάλασσα.⁶

Οι χερσαίες περιοχές, επίσης, επιβαρύνονται με πολλούς τρόπους από τις θαλάσσιες μεταφορές. Τα απορρίμματα από τα πλοία, αμμοβολές που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια επισκευών, υπολείμματα λάσπης από δεξαμενές που δεν έχουν υποστεί καμία επεξεργασία, αλλά και κομμάτια χάλυβα τα οποία προέκυψαν από τη διάλυση πλοίων ή ελασματοουργικές εργασίες.

4 UNCTAD, Review of Maritime Transport, 2013, [vhttp://unctad.org/en/publicationslibrary/rmt2013_en.pdf](http://unctad.org/en/publicationslibrary/rmt2013_en.pdf)

5 European Marine Equipment Council, (April 2010), “Green Ship Technology Book”.

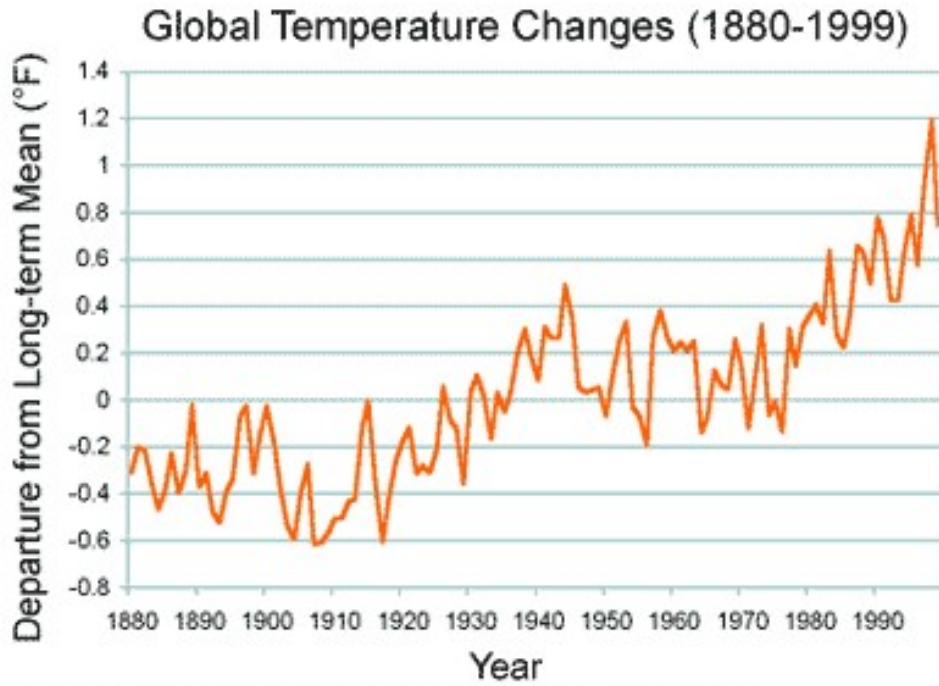
6 A. P. Moller – Maersk Vessels (2007), “Environmental Report “

Στη ρύπανση της ατμόσφαιρας τα πλοία συντελούν με διάφορους αέριους ρύπους, συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), της αιθάλης (C), των οξειδίων του θείου (SO_x) ή του αζώτου (NO_x) και του υποξειδίου του αζώτου (NO). Οι ρύποι αυτοί συμβάλλουν στην παγκόσμια αλλαγή του κλίματος είτε άμεσα δρώντας ως μέσο του εγκλωβισμού της θερμότητας στην ατμόσφαιρα είτε έμμεσα βοηθώντας στη δημιουργία επιπλέον αερίων του θερμοκηπίου. Μια άλλη κατηγορία είναι τα αιωρούμενα σωματίδια (PM10), τα αέρια που σχετίζονται με την τρύπα του όζοντος (NO_x και VOCs - Volatile Organic Compounds) και τέλος αέριοι ρύποι που προκαλούν όξινη βροχή, SO_x (οξειδία του θείου), NH₃ (αμμωνία) και NO_x, τα οποία επίσης προκαλούν όξινη βροχή.⁷

Ένα κομβικής σημασίας ζήτημα που επίσης απασχολεί τη ναυτιλιακή κοινότητα είναι το CO₂ που προέρχεται από τη ναυτιλία. Η κλιματική αλλαγή είναι ένα θέμα που απασχολεί έντονα την επιστημονική κοινότητα και θα έχει αδιαμφισβήτητα καθοριστικές συνέπειες στο μέλλον της ανθρωπότητας. Είναι πλέον γνωστό πως η αλλαγή του κλίματος είναι ένα φαινόμενο, το οποίο αυξάνεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια και αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα παγκόσμιας κλίμακας, λαμβάνοντας μια σημαντική θέση στο προσκήνιο, λόγω των αρνητικών συνεπειών του. Ξεκινώντας από την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης η πρόοδος της ανθρωπότητας μέσω της τεχνολογίας και της επιστήμης έφερε τεράστιες αλλαγές σε όλες της πτυχές της βιομηχανίας αλλά και της κοινωνίας η οποία έχει αφομοιώσει τα τεχνολογικά επιτεύγματα κάνοντας τα αναπόσπαστο μέρος της καθημερινότητας της. Πέρα από τις αναμφισβήτητες ωφέλειες είχε και αρνητικές συνέπειες και μια από είναι η εξάντληση των φυσικών πόρων και η ρύπανση του περιβάλλοντος, η οποία απειλεί άμεσα το κλίμα του πλανήτη.⁸

7 Περιοδικό “Maritech News” (Ιούνιος 2010), “Αέρια Ρύπανση και Ναυτιλία

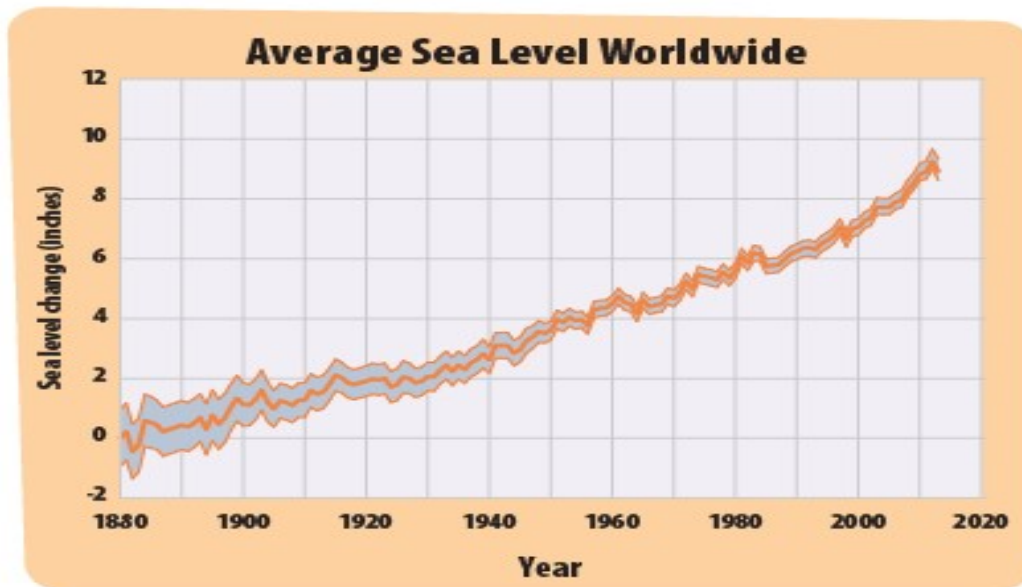
8 Asariotis R., H. Benamara, (2012) “Maritime Transport and the Climate Change Challenge”.



Source: National Climatic Data Center, 2000. Climate of 1999 - Annual Review.
 Online at <http://www.ncdc.noaa.gov/ol/climate/research/1999/ann/ann99.html>

Πίνακας 1-1: Μεταβολή στη μέση τιμή της θερμοκρασίας της Γης.

Πηγή: National Climate Data Center. Climate of 1999 – Annual Review



Πίνακας 1-2: Η αύξηση της μέσης στάθμης της θάλασσας.

Πηγή: EPA's Climate Change Indicators.

Σύμφωνα με έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ήδη βιώνονται σε όλες τις ηπείρους και σε όλους τους ωκεανούς. Η παγκόσμια κοινότητα, στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι απροετοίμαστη για τους κινδύνους από την αλλαγή του κλίματος. Η έκθεση καταλήγει στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν οι δυνατότητες να ανταποκριθεί ο κόσμος σε αυτούς τους κινδύνους, αν και θα είναι δύσκολο να είναι διαχειρίσιμη η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη λόγω των εκπομπών.⁹

Μια αύξηση μεταξύ 2 με 4 βαθμούς Κελσίου θα οδηγήσει στην ερημοποίηση πολλών περιοχών και στην αύξηση της ξηρασίας, ενώ σε άλλες περιοχές θα υπάρξουν έντονες βροχοπτώσεις και πλημμύρες, με αποτέλεσμα τη διάβρωση του εδάφους και την παράλληλη εμφάνιση καταστροφικών τυφώνων. Στην ακραία περίπτωση αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας πάνω από 4 βαθμούς Κελσίου, θα υπάρξουν καταστροφικές συνέπειες στα περιβαλλοντικά οικοσυστήματα, στις διεθνείς σχέσεις και την παγκόσμια οικονομία.¹⁰

Σε πολλές διαδρομές η αύξηση των καταιγίδων θα κάνει μεγαλύτερο το κόστος της ναυτιλίας, μιας και θα την αναγκάσει είτε να λάβει μέτρα πρόσθετης ασφάλειας είτε να οδηγήσει στην υιοθέτηση μεγαλύτερων διαδρομών. Αν οι καταιγίδες διαταράσσουν τις εφοδιαστικές αλυσίδες, θα αυξηθεί το κόστος μεταφοράς ή θα αναζητηθούν νέα δρομολόγια. Επίσης, οι αυξημένες καταιγίδες μπορεί να κάνουν πιο συχνές τις καθυστερήσεις λόγω κακών καιρικών συνθηκών, ενώ σίγουρα θα αυξήσουν το κόστος συντήρησης των πλοίων και των λιμανιών.¹¹

Ένα ακόμη σκέλος της ναυτιλίας που θα επηρεαστεί από την κλιματική αλλαγή, τις υψηλότερες θερμοκρασίες, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και τις εντονότερες και αυξημένες καταιγίδες είναι, φυσικά, τα λιμάνια. Γι' αυτόν τον λόγο είναι απαραίτητη η κατάλληλη κατάρτιση του προσωπικού των λιμένων, ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία προσαρμογής.

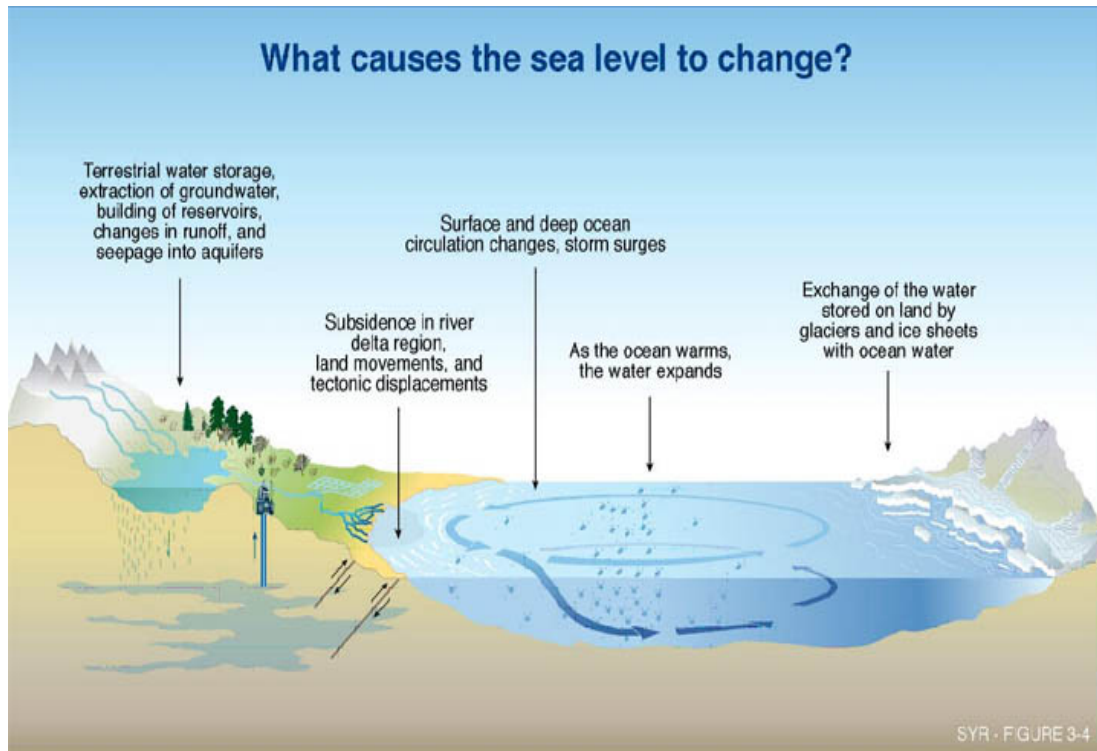
Περαιτέρω, η οξύνιση των ωκεανών από τις αυξανόμενες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα έχει ως αποτέλεσμα να τίθενται σε κίνδυνο οι κοραλλιογενείς ύφαλοι και άλλοι οργανισμοί που παράγουν το ανθρακικό ασβέστιο των κοχυλιών. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε κατάρρευση πολλών σημαντικών τροφικών αλυσίδων, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων από τις οποίες εξαρτώνται οι άνθρωποι. Τα θαλάσσια οικοσυστήματα και η

9 IPCC Report “Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability”

10 IPCC Report “Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability”

11 IPCC Report “Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability”

κυκλοφορία των ωκεανών διαταράσσονται από το λιώσιμο των θαλάσσιων πάγων και την αύξηση της στάθμης της θάλασσας, που προκαλεί η συνεχιζόμενη αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών.



Εικόνα 1: Τα αίτια της αύξησης της στάθμης της θάλασσας.

Πηγή: University of Washington, Why is sea level rising.

Η ανθρωπότητα, λοιπόν, βρίσκεται αντιμέτωπη με μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της στην παγκόσμια ιστορία, η οποία θα καθορίσει σε μεγάλο βαθμό το μέλλον της. Η επιστημονική κοινότητα, αντιλαμβανόμενη την κλιματική αλλαγή που συντελείται, πιέζει διαχρονικά τις κυβερνήσεις και τους πολιτικούς αρχηγούς να λάβουν μέτρα που θα αντιμετωπίσουν το πρόβλημα.

Για πολλές δεκαετίες η ναυτιλία είχε ασχοληθεί ελάχιστα με τα μεγάλα ποντοπόρα πλοία που διέσχισαν τις θάλασσες καίγοντας μαζούτ, δηλαδή την πλέον ρυπογόνο μορφή καυσίμου, μιας και τα καυσαέριά τους περιέχουν ρυπογόνες ενώσεις του θείου. Αυτό ήταν το τελευταίο που απασχολούσε τους ναυτικούς και τους πλοιοκτήτες. Το μόνο που είχε σημασία ήταν το φορτίο να φτάσει στο λιμάνι του προορισμού του όσο το δυνατό γρηγορότερα.

Ωστόσο, προς το τέλος της δεκαετίας του '80 οι συντονισμένες προσπάθειες σε διεθνές επίπεδο άρχισαν να εντατικοποιούνται. Πρώτα το 1988 ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών

(ΟΗΕ), ίδρυσε τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την αλλαγή του κλίματος (IPPC). Δυο χρόνια αργότερα η ίδια η Επιτροπή δημοσίευσε την πρώτη έκθεση σχετικά με την κλιματική αλλαγή. Μετά τη γενική συνέλευση του ΟΗΕ, ξεκίνησαν οι διαπραγματεύσεις μεταξύ κρατών.¹²

Το 1997 με το πρωτόκολλο του Κιότο υπήρξε διακρατική συμφωνία, με την οποία συμφωνήθηκε η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 5,2% μέχρι το έτος 2012 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Αν και από την πλευρά της η Ευρωπαϊκή Ένωση πρότεινε μείωση 20% ανά δεκαετία, οι ΗΠΑ αρνήθηκαν να συμμετάσχουν στη συμφωνία. Από την πλευρά τους οι επιστήμονες έφτασαν να προτείνουν μείωση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 50% μέχρι το έτος 2050, προκειμένου να περιοριστεί η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας στους 2 βαθμούς Κελσίου.¹³

Το 2009 στη διάσκεψη για την κλιματική αλλαγή και μετά από έντονες διεργασίες με πολλές διαφωνίες επετεύχθη τελικά η Συμφωνία της Κοπεγχάγης η οποία έθεσε ως στόχο την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και όρισε ανώτατο όριο στην άνοδο της θερμοκρασίας τους 2 βαθμούς Κελσίου με αναθεώρηση το 2015. Η Συμφωνία της Κοπεγχάγης ήταν πολύ σημαντική γιατί αποφάσισε την χρηματοδότηση των αναπτυσσόμενων χωρών από τις ανεπτυγμένες, ώστε να αντεπεξέλθουν στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και έθεσε στόχους για την ποσοτικοποίηση των εκπομπών αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Παράλληλα αποφάσισε την προώθηση της ανάπτυξης τεχνολογιών φιλικές προς το περιβάλλον, ενώ καθιέρωσε την διαδικασία εκτέλεσης ελέγχων σχετικών με την τήρηση των συμφωνηθέντων από τα ενδιαφερόμενα μέρη.¹⁴

Τέλος στη Διάσκεψη του Παρισιού για την Κλιματική Αλλαγή το 2015 επιδιώχθηκε μια νομικά δεσμευτική και καθολική συμφωνία για το κλίμα. Για πρώτη φορά, η Διάσκεψη έληξε με συμφωνία των κρατών ενώ έθεσε ως στόχο τον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας της Γης «αρκετά λιγότερο από 2 βαθμούς Κελσίου» μέχρι το 2100.¹⁵

12Αυγουστίδη Βάλια, (Ιούνιος 2010), “Κλιματική αλλαγή, αρχίζοντας από τα βασικά”

13Thomas Timlen, BIMCO, (25 March 2010), “Reduction of the global environment impact of seagoing transportation, how does international shipping contribute?” GSF Conference, Singapore

14 <http://www.titan.gr/UserFiles/File/titanes/issue113/8.pdf>

15 <http://www.ypeka.gr/?tabid=447>

2. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Για την σφαιρικότερη αντιμετώπιση του ζητήματος είναι αναγκαία η αναφορά στο κανονιστικό πλαίσιο μέσα στο οποίο αναπτύχθηκε και αναπτύσσεται η παγκόσμια ναυτιλία. Η διεθνής κοινότητα ευαισθητοποιημένη από την συνεχή και αυξανόμενη καταστροφή του περιβάλλοντος δημιούργησε κανόνες και κανονισμούς. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΙΜΟ) προκειμένου να μειώσει δραστικά τη ρύπανση από τα πλοία έχει υιοθετήσει πάνω από 25 βασικές συμβάσεις καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα θεμάτων. Οι προσπάθειες να δημιουργηθεί ένα θεσμικό πλαίσιο που θα έχει στόχο τη διασφάλιση της ναυτικής ασφάλειας, την πρόληψη της ρύπανσης και την ευθύνη και αποζημίωση των ατυχημάτων δημιούργησε ένα ισχυρό θεσμικό πλαίσιο που έκανε σαφή την προσπάθεια του Οργανισμού και της ναυτιλιακής βιομηχανίας για την προστασία του περιβάλλοντος.¹⁶

2.1 ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΠΛΟΙΑ, 1973/78

Το διεθνές θεσμικό πλαίσιο της παγκόσμιας ναυτιλίας βασίζεται στη Σύμβαση της MARPOL 1973/78. Η Σύμβαση αυτή περιέχει κανονισμούς που στόχο έχουν την πρόληψη της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα πλοία είτε εξαιτίας των λειτουργικών τους αναγκών είτε λόγω ατυχημάτων. Είναι συνδυασμός δύο συμβάσεων που υπογράφηκαν το 1973 και το 1978 και εκτός από τους κανονισμούς ορίζει τις Ειδικές περιοχές καθώς και τον τρόπο που γίνονται οι τακτικοί αυστηροί έλεγχοι.¹⁷

Με το πέρασμα του χρόνου η Σύμβαση της Marpol επικαιροποιήθηκε και προς το παρόν περιλαμβάνει έξι παραρτήματα:

Το παράρτημα Ι αφορά την πρόληψη ρύπανσης από πετρέλαιο και τέθηκε σε ισχύ το 1983. Το παράρτημα Ι κάλυψε την ανάγκη πρόληψης της περιβαλλοντικής ρύπανσης από τα πλοία που χρησιμοποιούν το πετρέλαιο για καύσιμο είτε λόγω λειτουργικών αναγκών είτε λόγω ατυχήματος. Το 1992 έγιναν τροποποιήσεις, ώστε τα καινούρια δεξαμενόπλοια να είναι

16 Βλάχος Γ.,(2007), «Διεθνής Ναυτιλιακή Πολιτική» Β έκδοση, Αθήνα. Εκδ. Σταμούλης • Γκιζιάκης Κ., Παπαδόπουλος Α., Πλωμαρίτου Ε. (Αθήνα 2006) “Ναυλώσεις” Εκδόσεις Σταμούλη, Β’ έκδοση.

17 Prevention of Air Pollution from Ships, Revised MARPOL Annex VI, International Maritime Organization (IMO)-Regulation 15

<http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx>

διπλού κύτους, ενώ παράλληλα ξεκίνησε σταδιακά το πρόγραμμα, ώστε τα υπάρχοντα δεξαμενόπλοια να μετατραπούν και αυτά επίσης σε διπλού κύτους.¹⁸

Το παράρτημα II αφορά κανονισμούς για τον έλεγχο της ρύπανσης από υγρές τοξικές ουσίες χύδην τέθηκε και σε ισχύ τον Οκτώβριο του 1998. Το παράρτημα II καθόρισε με ποια κριτήρια θα γίνεται η απόρριψη των καταλοίπων των πλοίων ενώ παράλληλα ελέγχει το μέγεθος της ρύπανσης από τις βλαβερές για το περιβάλλον ουσίες που μεταφέρονται χύμα από τα πλοία και πολλές ουσίες έχουν συμπεριληφθεί στους καταλόγους της Σύμβασης. Προκειμένου να επιτραπεί σε ένα πλοίο να κάνει απόρριψη των υπολειμμάτων του θα πρέπει να εκείνο να πληροί κάποιες προϋποθέσεις οι οποίες μάλιστα μπορεί να διαφέρουν ανά περίπτωση ανάλογα με τις ουσίες και σε ποιες κατηγορίες υπάγονται. Η απόρριψη των καταλοίπων ενός πλοίου απαγορεύεται σε απόσταση 2 μιλίων από την ακτή ενώ Βαλτικής και την Μαύρη Θάλασσα που ανήκουν στις Ειδικές Περιοχές οι περιορισμοί είναι αυστηρότεροι.¹⁹

Το παράρτημα III αφορά την πρόληψη της ρύπανσης από επιβλαβείς ουσίες που μεταφέρονται σε συσκευασμένη μορφή. Τέθηκε σε ισχύ το 1992 και περιέχει κανόνες τους κανόνες σχετικά με την συσκευασία, τη σήμανση, την τοποθέτηση ετικετών, τα φορτωτικά έγγραφα, την τεκμηρίωση, τους περιορισμούς στην ποσότητα και τις εξαιρέσεις, για την πρόληψη της ρύπανσης από επιβλαβείς ουσίες σε συσκευασμένη μορφή, σε δοχεία, σε εμπορευματοκιβώτια, φορητές δεξαμενές ή οδικά και σιδηροδρομικά βυτιοφόρα οχήματα. Επίσης ο Διεθνής Ναυτιλιακός Κώδικας Επικίνδυνων Φορτίων (IMDG Code) ορίζει το ποιες ουσίες θεωρούνται επιβλαβείς για το περιβάλλον.²⁰

Το Παράρτημα IV αφορά την πρόληψη από λύματα από τα πλοία και τέθηκε σε ισχύ το 2003. Το παράρτημα IV όρισε κανονισμούς για την απόρριψη των λυμάτων των πλοίων στην θάλασσα καθώς και για τα συστήματα και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιούν τα πλοία για τον έλεγχο των απορρίψεων λυμάτων. Επίσης κανόνες για την διευκόλυνση των λιμανιών στους τρόπους που θα παραλαμβάνουν τα λύματα και κανόνες για την έκδοση πιστοποιητικών των πλοίων. Τα πλοία είναι υποχρεωμένα να έχουν εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και να εφοδιάζονται με συστήματα απολυμάνσεων και κονιορτοποιήσεων.²¹

Το παράρτημα V που τέθηκε σε ισχύ το 1988 αφορά τη ρύπανση από τα απορρίμματα των πλοίων και οι κανονισμοί του απαίτησαν να διαχωρίζονται οι διάφοροι τύποι

18 Marpol 73/78, NOx Technical Code, International Maritime Organization (IMO).

19 Marpol 73/78, NOx Technical Code, International Maritime Organization (IMO).

20 Marpol 73/78, NOx Technical Code, International Maritime Organization (IMO).

21 Marpol 73/78, NOx Technical Code, International Maritime Organization (IMO).

απορριμμάτων. Επίσης καθόρισε την απόσταση από την ξηρά και με ποιους τρόπους θα γίνεται η απόρριψη ενώ αν δεν υπάρχει η δυνατότητα να η απόρριψη να γίνεται στην ξηρά. Στις Ειδικές Περιοχές οι περιορισμοί έγιναν ακόμα αυστηρότεροι ενώ πολύ σημαντική ήταν και η απόφαση να απαγορευτεί πλήρως η απόρριψη κάθε μορφής πλαστικού.²²

Το παράρτημα VI το οποίο τέθηκε σε ισχύ το 2005 και αναθεωρήθηκε το 2010 ήταν πολύ σημαντικό και αφορά την πρόληψη της ρύπανσης του αέρα από τα πλοία. Τέθηκε όριο στην εκπομπή των καυσαερίων των πλοίων και όρια στα οξείδια του θείου και του αζώτου, στα μικροσωματίδια και στις εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον. Παράλληλα έβαλε κανόνες σχετικά με την αποτέφρωση στα πλοία καθώς επίσης και για τον έλεγχο των εκπομπών των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) από τα δεξαμενόπλοια.²³

Σύμφωνα με το αναθεωρημένο Παράρτημα VI της MARPOL το παγκόσμιο όριο του θείου στα καύσιμα θα πρέπει να μειωθεί αρχικά από το ισχύον όριο του 4,5 % σε 3,5%, με εφαρμογή ξεκινώντας από το 2012, ενώ στη συνέχεια σε 0,50% με εφαρμογή από το 2020. Επίσης τα όρια για το SOx και τα μικροσωματίδια στις ECAs που μειώθηκαν από το 2010 σε 1% (από το αρχικό 1,50%) θα πρέπει μειωθούν περαιτέρω σε 0,10% από το 2015. Οι έλεγχοι των εκπομπών SOx καθώς και των μικρών σωματιδίων ισχύουν για όλα τα καύσιμα, τον εξοπλισμό και τις συσκευές καύσης και ως εκ τούτου περιλαμβάνουν τόσο την κύρια μηχανή, όσον και τις βοηθητικές μηχανές και εξοπλισμό όπως οι λέβητες και οι γεννήτριες αερίου. Αυτοί οι έλεγχοι διακρίνονται σε εκείνους που ισχύουν εντός των Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών (ECA) που έχουν καθιερωθεί για την μείωση των εκπομπών SOx και μικρών σωματιδίων, και εκείνων που ισχύουν εκτός τέτοιων περιοχών. Οι έλεγχοι επιτυγχάνονται πρωτίστως με περιορισμό της μέγιστης περιεκτικότητας σε θείο των καυσίμων, όπως παραλαμβάνονται για πετρέλευση και στη συνέχεια χρήση επί του πλοίου.²⁴

Πάντως παρότι οι εκπομπές SOx δεν είναι ιδιαίτερες βλαβερές για την ανθρώπινη υγεία στην ανοιχτή θάλασσα και ενώ έχουν ψυκτική επίδραση στην παγκόσμια θέρμανση οι πολιτικές πιέσεις οδήγησαν στην απόφαση για το όριο του 0,10% χωρίς να εκτιμηθούν επαρκώς τα οφέλη ή το κόστος. Το γεγονός αυτό έχει φέρει σκεπτικισμό πως αυτό θα έχει οικονομικές επιπτώσεις για τη ναυτιλία και πως θα υπάρξει τάση να στραφούν οι μεταφορές από τη θάλασσα στην ξηρά. Σύμφωνα με μελέτη των Πανεπιστημίων της Αμβέρσας έπειτα από ανάθεση από την ECSA ο σκεπτικισμός αυτός φαίνεται να έχει βάσεις καθώς θα

22 Marpol 73/78, NOx Technical Code, International Maritime Organization (IMO).

23 Marpol 73/78, NOx Technical Code, International Maritime Organization (IMO).

24 Marpol 73/78, NOx Technical Code, International Maritime Organization (IMO).

υπάρχει επιστροφή των μεταφορών από τη θάλασσα προς στην ξηρά με αυξημένο εξωτερικό κόστος και πως η μείωση του ορίου για το θείο σε 0,50% δεν θα οδηγήσει σε στροφή των μεταφορών. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς πάντως λόγω του ορίου περιεκτικότητας του θείου σε 0,10 η στροφή των μεταφορών προς την ξηρά θα είναι περίπου της τάξης του 20%.

Επίσης στο αναθεωρημένο Παράρτημα VI της MARPOL σχετικά με τα οξείδια του Αζώτου (NOx) συμπεριλαμβάνονται κανονισμοί ώστε να μειωθούν σταδιακά οι εκπομπές NOx των ναυτικών μηχανών σύμφωνα με τα όρια της βαθμίδας II σχετικά με τις μηχανές που εγκατασταθούν και θα λειτουργούν στις Ειδικές Περιοχές. Ωστόσο όσες ναυτικές μηχανές είχαν εγκατασταθεί από το 1990 και μέχρι και το 1999 θα πρέπει να συμμορφωθούν στα όρια εκπομπών της βαθμίδας I. Σχετικά με τις πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) που εκπέμπονται από τα δεξαμενόπλοια θα υπάρχουν κανονισμοί τα πλοία να είναι εφοδιασμένα με συστήματα που ελέγχουν τις εκπομπές ατμών του φορτίου ώστε να πραγματοποιείται ο έλεγχος στα λιμάνια και στους τερματικούς σταθμούς. Ωστόσο τέτοιου είδους έλεγχοι δεν μπορούν να εφαρμόζονται σε όλα τα λιμάνια και σε όλους τους τερματικούς σταθμούς και μόνο συγκεκριμένα μεγέθη πλοίων και συγκεκριμένες κατηγορίες φορτίων. Σε ότι αφορά το Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂) σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο, τέθηκε η εφαρμογή δεσμευτικών ενεργειών και χρονοδιαγραμμάτων για την μείωση στις εκπομπές CO₂ από την παγκόσμια ναυτιλία. Με βάσει αυτές τις αποφάσεις οι χώρες του ανεπτυγμένου κόσμου υποχρεώθηκαν να μειώσουν τις εκπομπές αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 5,2% την περίοδο 2008-2012 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Επιπρόσθετα οι χώρες αυτές υποχρεούνται να προχωρούν κάθε χρόνο στην υποβολή εθνικών ετήσιων απογραφών που θα αποτυπώνουν το μέγεθος των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.²⁵

2.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ (ΙΜΟ)

Ο ρόλος του ΙΜΟ είναι η προώθηση της συνεργασίας μεταξύ των κυβερνήσεων προκειμένου να προχωρήσουν στην τήρηση των κανόνων και των συστάσεων που έχουν αποφασιστεί στις συμβάσεις της MARPOL για τη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης από τη ναυτιλία. Πολλές φορές οι δυνατότητες της κυβέρνησης κάποιας χώρας μπορεί να είναι περιορισμένες σε σύγκριση με αυτές άλλων χωρών. Βάσει των Συμβάσεων οφείλουν να έχουν τα απαραίτητα πιστοποιητικά που αποδεικνύουν πως έχουν περάσει από επιθεώρηση

25 Marpol 73/78, NOx Technical Code, International Maritime Organization (IMO).

και έχουν συμμορφωθεί με τους κανονισμούς. Η υπόδειξη αυτών των πιστοποιητικών γίνονται αποδεκτά από τους φορείς των υπόλοιπων χωρών ως απόδειξη πως έχουν συμμορφωθεί με τους κανονισμούς. Αν και η υιοθέτηση των κανονισμών στο IMO γίνεται με συλλογικό τρόπο από τις κυβερνήσεις των διαφόρων χωρών, είναι ευθύνη των κυβερνήσεων να τους θέσουν σε ισχύ και να τους εφαρμόσουν. Είναι λοιπόν ευθύνη των εθνικών κυβερνήσεων να εφαρμόζουν τους κανονισμούς και τις συστάσεις των Συμβάσεων του IMO για τα πλοία που ανήκουν στη χώρα τους καθώς επίσης και η επιβολή των κυρώσεων για εκείνα που δεν συμμορφώνονται με τους κανόνες. Η χώρα λοιπόν στην οποία ανήκει η σημαία του πλοίου έχει την ευθύνη να εξασφαλίσει πως τα πλοία κινούνται εντός πλαισίου των κανόνων των διεθνών συμβάσεων.²⁶

2.3 ΝΗΟΓΝΩΜΟΝΕΣ

Κατά τη διάρκεια εξέλιξης της ναυσιπλοΐας δημιουργήθηκαν κανονισμοί ασφαλείας τόσο για την ναυπήγηση των πλοίων όσο και για τον εξοπλισμό τους. Στο σημείο αυτό είναι αναγκαία η αναφορά στον αρμόδιο οργανισμό που ιδρύθηκε για αυτό το λόγο. Οι Νηογνώμονες αποτελούν τον ναυτιλιακό τεχνικό οργανισμό βάσει του οποίου καταρτίζονται οι κανονισμοί ασφαλείας τόσο επί της ναυπήγησης των πλοίων όσο και επί του εξοπλισμού τους, καθώς και η κατάταξη αυτών σε κλάση. Επίσης με ειδικούς επιθεωρητές παρακολουθεί τα πλοία κατά τη διάρκεια του κύκλου της ζωής τους είτε με περιοδικές είτε με έκτακτες επιθεωρήσεις. Η Διεθνής Ένωση Νηογνωμόνων (IACS) αποτελείται αυτή τη στιγμή από τα εξής μέλη: American Bureau of Shipping (ABS), Bureau Veritas (BV), Det Norske Veritas (DNV), Germanischer Lloyd (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). Κατά τη διάρκεια της κατασκευής του πλοίου ο στόχος των νηογνωμόνων είναι η εφαρμογή όσο γίνεται υψηλότερων προτύπων ώστε να εξασφαλισθεί η κατασκευαστική ακεραιότητα του πλοίου.

Προκειμένου να υπάρξει συμμόρφωση με τους διεθνείς κανονισμούς τα περισσότερα κράτη εξουσιοδοτούν νηογνώμονες να διενεργούν επιθεωρήσεις.

26 Τσελέντης Β. (2008), «Διαχείριση θαλάσσιου περιβάλλοντος και ναυτιλία», Πειραιάς, Εκδ. Σταμούλης •
Σακελλαριάδου Φ. (2013), «Ρύπανση και Ναυτιλία»

<https://eclass.unipi.gr/modules/document/document.php?course=NAS118&op enDir=/4adde4a4tzmc>

Ο τρόπος που θα σχεδιαστεί το πλοίο, η τήρηση των προδιαγραφών κατασκευής του, η συμμόρφωση του με τους υφιστάμενους κανονισμούς και η επίβλεψη της ποιότητας της εργασίας κατά το στάδιο της ναυπήγησης του καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του πλοίου και την πορεία του όταν αργότερα θα τεθεί σε λειτουργία.²⁷

3. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

3.1 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Με την αύξηση των τιμών των καυσίμων, την οικονομική ύφεση και την πίεση των διεθνών οργανισμών για προστασία του περιβάλλοντος η ναυτιλιακή βιομηχανία έχει αντιληφθεί την αναγκαιότητα τα πλοία να γίνουν περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον και λιγότερο κοστοβόρα. Όλο και περισσότερο βλέπουμε ναυπηγία να έχουν κατασκευάσει πειραματικά πλοία ή να παρουσιάζουν σχέδια για πλοία προς κατασκευή τα οποία χρησιμοποιούν (ολικά ή μερικά) τεχνολογίες ανανεώσιμων μορφών ενέργειας (κυρίως την αιολική και την ηλιακή) και νέας τεχνολογίας κινητήρες και καύσιμα τα οποία είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον. Τα κύρια χαρακτηριστικά των οικολογικών πλοίων είναι η ελάχιστη κατανάλωση υλικών και ενέργειας και η σημαντικά μειωμένη ρύπανση που προκαλούν στο περιβάλλον κατά την κατασκευή, τη λειτουργία και τη διάλυσή τους. Τα πλοία αποτελούνται από ανακυκλώσιμα μέρη και η συντήρησή τους γίνεται με επίσης ανακυκλώσιμα ανταλλακτικά έτσι ώστε μετά την απόσυρση και διάλυσή τους να υπάρχει η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των υλικών. Τα οικολογικά πλοία σχεδιάζονται ώστε να έχουν χαμηλή κατανάλωση συμβατικών καυσίμων και χαμηλές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Η ίδια η μηχανή σχεδιάζεται και συντηρείται χρησιμοποιώντας εξελιγμένα συστήματα ψεκασμού καυσίμου και μια σειρά από μέτρα για την παραγωγική χρήση της θερμότητας των καυσαερίων. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση μιας γεννήτριας καυσαερίων για να ικανοποιούνται οι ηλεκτρικές απαιτήσεις του πλοίου. Ακόμη πρέπει να αναφερθεί ότι

27 Βλάχος Γ.,(2007), «Διεθνής Ναυτιλιακή Πολιτική» Β έκδοση, Αθήνα. Εκδ. Σταμούλης • Γκιζιάκης Κ., Παπαδόπουλος Α., Πλωμαρίτου Ε. (Αθήνα 2006) “Ναυλώσεις” Εκδόσεις Σταμούλη, Β’ έκδοση.

όταν ο κύριος κινητήρας βρίσκεται σε λειτουργία απαιτείται μόνο η χρήση μιας βοηθητικής γεννήτριας από το πλοίο για να κάνει ελιγμούς (π.χ. στο λιμάνι).²⁸

Η μετάβαση σε μια καθαρή ενεργειακά ναυτιλία, απαιτεί σήμερα μια σημαντική μετατόπιση από τη χρήση ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές, προς τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών σχεδιαστικών λύσεων και τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η συνεισφορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ενεργειακή σύνθεση της ναυτιλίας προς το παρόν είναι σχετικά περιορισμένη ωστόσο βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά. Οι κατασκευαστές όλο και περισσότερο βελτιώνουν τον σχεδιασμό των πλοίων και τα αποτελέσματα των πιλοτικών εφαρμογών είναι ενθαρρυντικά. Η ανάπτυξη λύσεων για την προώθηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στην ναυτιλία έχει παρεμποδιστεί από την υπερπροσφορά των ορυκτών καυσίμων και την σχετική ύφεση των επενδύσεων. Η ταχύτητα αφομοίωσης των τεχνολογικών λύσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τελικά θα καθοριστεί από τις δυνάμεις της αγοράς.²⁹

3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΛΟΙΟΥ

3.2.1 Ηλιακή Ενέργεια

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας, δηλαδή το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο, μπορεί να δώσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα ως προς ένα συμβατικό πλοίο καθώς μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Με τη χρήση ηλιακών συλλεκτών που τοποθετούνται στο κυρίως κατάστρωμα ενός πλοίου, μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια η οποία χρησιμοποιείται σε διάφορες ηλεκτρικές καταναλώσεις. Ανάλογα με το διαθέσιμο χώρο στο κατάστρωμα, οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να μειώσουν τη συνολική κατανάλωση καυσίμων μέχρι 3.5% για δεξαμενόπλοια και μέχρι 2.5% για πλοία μεταφοράς οχημάτων. Στα πλοία μικρού εκτοπίσματος όπως είναι τα

²⁸ The eco-ship question, retrofits and a two-tiered market, <http://www.seatrade-maritime.com/news/europe/the-eco-ship-question-retrofits-and-a-two-tiered-market.html>

²⁹ Ballast Water Management Convention to enter into force on 8 September 2017, <http://www.hellenicshippingnews.com/ballast-water-management-convention-to-enter-into-force-on-8-september-2017/>

σκάφη αναψυχής και τα τουριστικά σκάφη η χρήση ηλιακής ενέργειας μέχρι στιγμής έχει οδηγήσει σε μεγάλο ποσοστό μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου. Ωστόσο στα μεγαλύτερου μεγέθους πλοία παρά το γεγονός πως έχουν μεγαλύτερο χώρο στο κατάστρωμα, το ποσοστό μείωσης κατανάλωσης καυσίμου είναι σχετικά μικρό εξαιτίας της μεγάλης απαιτούμενης ενέργειας για την λειτουργία του πλοίου.³⁰



Εικόνα 2 : Το MS Turanor Πηγή: Planetsolar.org

Ένα παράδειγμα σκάφους που έκανε με επιτυχία χρήση της ηλιακής ενέργειας είναι το MS Turanor. Το MS Turanor είναι το μεγαλύτερο ηλιακό σκάφος και το πρώτο πλοίο που έκανε το γύρο του κόσμου, αποκλειστικά με ηλιακή ενέργεια. Το MS Turanor πραγματοποίησε τον περίπλου της γης (37.000 μίλια απόσταση) σε 584 ημέρες, με μέση ταχύτητα έως 20 ν. κόμβους, επιτυγχάνοντας το πρώτο παγκόσμιο ταξίδι με ηλιακή ενέργεια. Το ταξίδι διήρκεσε 18 μήνες (Σεπτ. 2010 - Μάιος 2012) καθώς ο καπετάνιος Raphaell Domjan, και το 5μελές πλήρωμά του, έκαναν πολλές στάσεις ανά τον κόσμο προκειμένου να ενημερώσουν και να προωθήσουν την χρήση της ηλιακής ενέργειας. Το οικολογικό «PlanetSolar» σχεδιάστηκε από τον Νεοζηλανδό Graig Loomes ως ένα καθαρόαιμο «ηλιακό καταμαράν» με φωτοβολταϊκά συστήματα. Η μελέτη διήρκεσε 8 χρόνια

30 Wartsila (2009), « Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/Ship Power R&D».

και χρειάστηκαν 14 μήνες κατασκευής για να αποφασιστεί το ιδανικό μέγεθος, ο τελικός σχεδιασμός, η απαιτούμενη βέλτιστη συγκέντρωση ενέργειας και αποθήκευσή της, οι αεροδυναμικές, η πρόωση του πλοίου και η επιλογή των πρώτων υλών. Το πλοίο κινείται χωρίς καθόλου θόρυβο και χωρίς δόνηση, καθώς δεν υπάρχει η παραδοσιακή μηχανή. Με μήκος 31μ (35μ με πτερύγια), πλάτους 15μ (23μ με πτερύγια) και ύψος 6 μ., το ηλιακό αυτό σκάφος έχει επιφάνεια φωτοβολταϊκών πάνελς, από 38.000 ηλιακές κυψέλες, σε έκταση 537 τ.μ. – όλο σχεδόν το κατάστρωμα. Το Planet Solar κατασκευάστηκε στα ναυπηγεία Knieirim Yachbau, στο Kiel της Γερμανίας με τη στήριξη ελβετικών οργανισμών και ιδιωτών (Candino, Immosolar, κ.ά.). Σε συνεργασία με τον κορυφαίο Ελβετικό Οργανισμό myclimate, έχει ήδη υπολογιστεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα από την κατασκευή του, μετρώντας τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που εκλύθηκαν δεδομένου ότι ο γύρος του κόσμου μαζί με την κατασκευή ήταν κλιματικά ουδέτερος. Όταν βρίσκεται εν πλω, το MS Turanor αποτελεί τη «μεγαλύτερη ηλιακή μπαταρία» και ήδη δοκιμάζεται προς χρήση από μη-πυρηνικά υποβρύχια.³¹

3.2.2 Αιολική ενέργεια

Αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Είναι μία ήπιας μορφής ενέργεια και συμπεριλαμβάνεται στις καθαρές πηγές ενέργειας μιας και με τη χρήση της δεν εκλύονται αέρια του θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα.. Είναι μια από τις παλαιότερες μορφές ενέργειας που εκμεταλλεύτηκε ο άνθρωπος, πρώτα με τα πανιά στα πρώτα ιστιοφόρα και αργότερα με τους ανεμόμυλους στην ξηρά.³²

Η χρήση της αιολικής ενέργειας στα πλοία μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους:³³

- α) τα μαλακά πανιά (soft-sails) όπως τα projects Greenheart, B9 Shipping, και το Ecoliner των Dykstra/Fair Transport
- β) τα σταθερά πανιά (fixed-sails) όπως το UT Wind Challenger
- γ)τα πανιά τύπου χαρταετού (kite-sails)

31Shipping industry sails towards environmentally friendly future,

<http://www.theneweconomy.com/business/shipping-industry-sails-towards-environmentally-friendly-future>

32Spyrou A.G (2010) “Global Climate Change and the Shipping Industry”.

33Spyrou A.G (2010) “Global Climate Change and the Shipping Industry”.

δ) τις ανεμογεννήτριες (αν και δεν υπάρχουν ακόμα στις ανεμογεννήτριες επιτυχημένα πρωτότυπα)

ε) τους κινητήρες Flettner (Flettner rotors) όπως το Alcyone του Κουστό και το E-Ship 1 της Enercon

Τα παραδοσιακά πανιά τα οποία πριν τα ατμόπλοια και τη βιομηχανική επανάσταση αποτελούσαν τη μοναδική πηγή πρόωσης, σήμερα είναι μια ενδιαφέρουσα μέθοδος για την παροχή πρόσθετης συμπληρωματικής ισχύος καθώς η χρήση τους επιβάλλει ροπές κάμψης στο σκάφος, με αποτέλεσμα το πλοίο να παίρνει κλίση. Θέματα αντοχής θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην ανάγκη 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 την χρήση πανιών μπορεί να ανέλθει, σε ιδανικές συνθήκες καιρού, στο 15% στην ταχύτητα των 15 κόμβων και στο 44% στην ταχύτητα των 10 κόμβων. Επίσης τα πανιά τύπου χαρταετού, συνδέονται στην πλώρη του πλοίου και λειτουργούν σε υψόμετρο ώστε να μεγιστοποιούνται οι ταχύτητες του ανέμου. Ένας μικρός αριθμός καινοτόμων εταιριών υποστηρίζει αυτήν την τεχνολογία εδώ και μια δεκαετία. Το 2008 το MS Beluga Skysails ήταν το πρώτο παγκοσμίως εμπορικό πλοίο μεταφοράς container το οποίο μερικώς κινείται από ένα πανί τύπου χαρταετού.³⁴



Εικόνα 3 : Παράδειγμα μαλακών πανιών Greenheart Πηγή: Skysails.info

Εικόνα 4 : Παράδειγμα μαλακών πανιών B9 Shipping Πηγή: Skysails.info

Εικόνα 5 : Παράδειγμα μαλακών πανιών Dykstra/Fair Transport Ecoliner Πηγή: Skysails.info

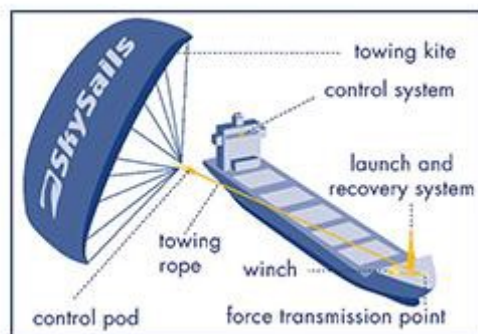
Εικόνα 6 : Παράδειγμα μαλακών πανιών Seagate Delta Wing Sails Πηγή: Skysails.info

34 International Maritime Organization (I.M.O) : 2 nd GHG IMO study 2009.



Εικόνα 7 : Σταθερά πανιά UT Wind Challenge Πηγή: Skysails.info

Εικόνα 8 : Σταθερά πανιά Oceanfoil. Πηγή: Skysails.info



Εικόνα 9 : Πανιά τύπου χαρταετού. Πηγή: Skysails.info

Οι κινητήρες Flettner εκμεταλλεύονται το φαινόμενο Magnus που δημιουργείται όταν ο αέρας περνά πάνω από ένα ήδη περιστρεφόμενο κύλινδρο, για να προκαλέσουν πρόωση. Αυτό σημαίνει ότι το πλοίο επωφελείται από την πρόσθετη ώση, με αποτέλεσμα την μειωμένη κατανάλωση καυσίμου. Αυτό επιβεβαιώθηκε αρχικά την δεκαετία του 1920 σε έναν αριθμό πλοίων. Η συγκεκριμένη τεχνολογία είχε ξεχαστεί σε μεγάλο βαθμό αλλά στις αρχές της δεκαετίας του 1980 ο διάσημος ωκεανογράφος Jacques Cousteau και η ομάδα του παρουσίασαν το Turbosail, στο ερευνητικό τους σκάφος Alcyone. (Cousteau.org/technology/turbosail). Μερικά χρόνια αργότερα η Windship Corporation δημοσιοποίησε ευρήματα από ανάλυση 75 τροφοδοτούμενων ενεργειακά από τον άνεμο εξεδρών που υποστηρίζονταν από εκτεταμένες δοκιμές, συμπεραίνοντας ότι οι κινητήρες αυτοί είχαν μακράν τη μεγαλύτερη δυναμική εξέλιξης. Επίσης το 2010 η Enercon άρχισε τις δοκιμές του 12800 dwt E-Ship 1, που έφερε 4 κινητήρες Flettner οι οποίοι τροφοδοτούνταν

ενεργειακά από τα καυσαέρια του κύριου συμβατικού κινητήρα. Πλέον υπάρχουν σύγχρονα σχέδια πρωτοτύπων που υιοθετούν τους κινητήρες Flettner.³⁵



Εικόνα 10 : Πλοίο που χρησιμοποιούν κινητήρες Flettner, Alcyone του Cousteau Πηγή: Skysails.info

Εικόνα 11 : Πλοίο που χρησιμοποιούν κινητήρες Flettner, E-Ship 1 Πηγή: Skysails.info

3.2.3 Βιοκαύσιμα

Τα βιοκαύσιμα είναι μια από τις επιλογές νέων πηγών καυσίμων στις οποίες έχει στραφεί η βιομηχανία της ναυτιλίας για χαμηλότερες εκπομπές CO₂ στην πρόωση των πλοίων προκειμένου να αντιμετωπίσει τις διαρκώς αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες χωρίς επιπλέον επιβάρυνση του περιβάλλοντος, πετυχαίνοντας ταυτόχρονα τη μεγαλύτερη δυνατή αποτελεσματικότητα. Τα βιοκαύσιμα είναι τα καύσιμα στερεής, υγρής ή αέριας μορφής τα οποία προέρχονται από την επεξεργασία της βιομάζας, δηλαδή του βιοαποικοδομήσιμου τμήματος των αποβλήτων και καταλοίπων γεωργικών, δασοκομικών και άλλων βιομηχανικών και αστικών λυμάτων και γενικά ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Στα βιοκαύσιμα συμπεριλαμβάνεται η Βιομεθανόλη (που παράγεται από την επεξεργασία της βιομάζας με στόχο τη χρήση της ως καύσιμο), η Βιοιθανόλη (που παράγεται από αμυλούχα και σακχαρώδη χλωρίδα), το Βιοντίζελ (που παράγεται από φυτικά έλαια και ζωικά λίπη), το βιοαέριο, το βιουδρογόνο και τα καθαρά φυτικά έλαια (που παράγονται από την ελαιούχα χλωρίδα έπειτα από την εφαρμογή ειδικών μεθόδων (συμπύεση, έκθλιψη, κτλ.) με σκοπό τη χρήση τους ως καύσιμα). Τα βιοκαύσιμα επειδή προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι μη τοξικά βιοαποικοδομήσιμα, χωρίς αρωματικές ενώσεις και η καύση τους οδηγεί σε σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα εκπομπής ρύπων σε σχέση με τα παραδοσιακά

35 Spyrou A.G. (2010) “Global Climate Change and the Shipping Industry”.

καύσιμα.. Γενικά έχουν χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση από ότι τα ορυκτά καύσιμα πλοίων και επίσης είναι διαφορετική η ενεργειακή απόδοση ανάλογα με τον τύπο του βιοκαυσίμου. Στις μέρες μας είναι παγκοσμίως διαθέσιμα και παράγονται από πολλούς τύπους βιομάζας και μπορούν να βελτιστοποιούνται για να είναι διαθέσιμα σε όλες τις μορφές μεταφορών. Αυτή τη στιγμή η στέρεα βιομάζα είναι η πιο διαδεδομένη στην παραγωγή ενέργειας αλλά και τα υγρά βιοκαύσιμα αρχίζουν να χρησιμοποιούνται περισσότερο.³⁶

Τα βιοκαύσιμα διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: 1^{ης} γενιάς, 2^{ης} γενιάς, 3^{ης} γενιάς ανάλογα με την ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τους: Στα 1ης Γενιάς : Η πηγή του άνθρακα για το βιοκαύσιμο είναι τα σάκχαρα, τα λιπίδια ή το άμυλο που έχει απευθείας εξαχθεί από φυτά. Η καλλιέργειά τους θεωρείται στην πραγματικότητα το ίδιο ανταγωνιστική μιας αντίστοιχης καλλιέργειας προς βρώση. Στα 2ης Γενιάς : Ο άνθρακας του βιοκαυσίμου προέρχεται από κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη ή πηκτίνη. Για παράδειγμα αυτό μπορεί να περιλαμβάνει αγροτικά και δασικά απόβλητα , υπολείμματα ή καλλιέργειες για αυτόν τον σκοπό κι όχι για βρώση. (π.χ. δασύλλια περιοδικής υλοτόμησης, ενεργειακά αγρωστώδη). Στα 3ης Γενιάς : Ο άνθρακας του βιοκαυσίμου προέρχεται από υδρόβιους, αυτότροφους οργανισμούς (π.χ. φύκια). Φως, διοξείδιο του άνθρακα και θρεπτικά συστατικά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της καλλιέργειας επεκτείνοντας την διαθέσιμη πηγή άνθρακα για παραγωγή βιοκαυσίμου.³⁷

Παρότι το μερίδιο των βιοκαυσίμων στην κατανομή των ενεργειακών πόρων που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία είναι μικρό και κατά πάσα πιθανότητα θα παραμείνει έτσι βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα, ο ρόλος που θα διαδραματίσουν μακροπρόθεσμα θα είναι ουσιαστικότερος. Η γνώση για την τεχνολογία παραγωγής προηγμένων 2^{ης} και 3^{ης} γενιάς βιοκαυσίμων συνεχώς αυξάνεται, καθιστώντας αυτά τα καύσιμα την πιο βιώσιμη επιλογή ανανεώσιμης ενέργειας με τον υψηλότερο δείκτη διεισδυτικότητας για τον κλάδο της ναυτιλίας, μακροπρόθεσμα. Φυσικά αυτή η υψηλή δυναμική θα εξαρτηθεί από διάφορους παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα ανανεώσιμων καλλιεργειών για την παραγωγή των καυσίμων, την βιωσιμότητα του παγκόσμιου εμπορίου βιοκαυσίμων και πως το κόστος τους θα ανταγωνίζεται άλλες επιλογές καυσίμων χαμηλών εκπομπών.³⁸

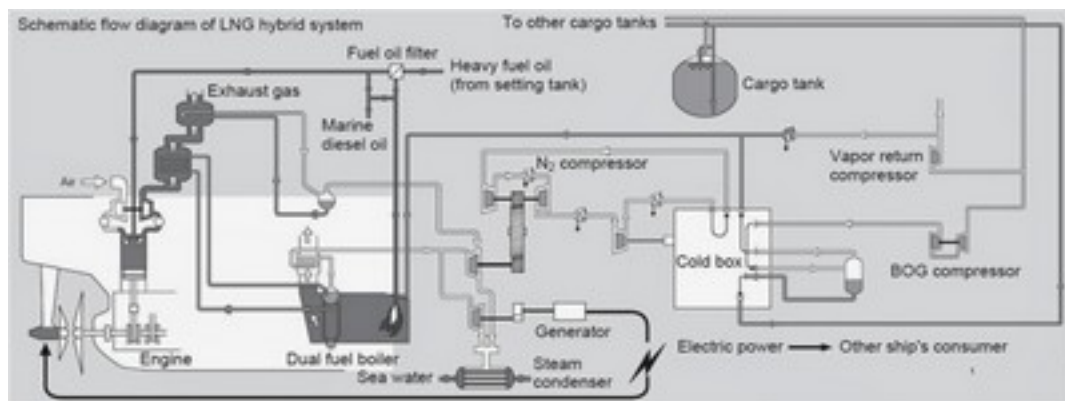
36Wartsila (2007) “Alternative fuels for medium speed diesel engines”.

37Wartsila (2007) “Alternative fuels for medium speed diesel engines”.

38 Patel M. R. (2012). “Shipboard Propulsion, Power Electronics and Ocean Energy”.

3.2.4 Κυψέλες Καυσίμων (Fuel cells)

Οι κυψέλες καυσίμου θεωρούνται άλλο ένα από τα εναλλακτικά καύσιμα για να επιτευχθεί ο στόχος της μείωσης των εκπομπών ρύπων που παράγονται από την κατανάλωση καυσίμων. Με τη χρήση τους η μείωση των εκπομπών CO₂ και οι μηδενικές εκπομπές σε NO_x και SO_x είναι αρκετά σημαντική για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία των πλοίων. Οι κυψέλες καυσίμου είναι μια καθαρή, αθόρυβη, αποδοτική και αξιόπιστη μέθοδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατάλληλη για θαλάσσιες και ναυτιλιακές εφαρμογές ώστε να είναι μια πολύ ελκυστική επιλογή με την εγκατάστασή τους στα εμπορικά πλοία. Πρόκειται για συσκευές που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα από τη μετατροπή της χημικής ενέργειας ενός καυσίμου και ενός οξειδωτικού.³⁹



Εικόνα 12 : Σχηματική παράσταση υβριδικού συστήματος πρόωσης Πηγή : Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Οι περισσότερες κυψέλες καυσίμου χρησιμοποιούν υδρογόνο στο σημείο της ενεργειακής μετατροπής, αλλά αυτό μπορεί να μεταρρυθμιστεί και για συμβατικά καύσιμα, όπως η βενζίνη, το φυσικό αέριο ή η μεθανόλη. Σε αντίθεση με τους συμβατικούς κινητήρες το καύσιμο δεν καίγεται, με αποτέλεσμα οι κυψέλες καυσίμου να είναι μια αποδοτική και φιλική προς το περιβάλλον λύση. Η εγκατάστασή τους ήδη σε μικρά πλοία και υποβρύχια που επιτρέπουν το υψηλό τους κόστος, δημιουργεί τις συνθήκες εισαγωγής τους στην αγορά συστημάτων πρόωσης για μεγάλα πλοία. Ένα από τα πλεονεκτήματα των κυψελών καυσίμου είναι η ευελιξία εγκατάστασής τους σε διάφορα σημεία ενός σκάφους παρέχοντας ανάλογη

39 Patel M. R. (2012). "Shipboard Propulsion, Power Electronics and Ocean Energy".

ευελιξία στη διανομή ισχύος μεταξύ των στοιχείων του συστήματος και στο σχεδιασμό του πλοίου. Επίσης είναι 50% πιο αποδοτικές απ' ό,τι ένας συμβατικός κινητήρας που σε συνδυασμό με την αθόρυβη χωρίς κραδασμούς λειτουργία τους έχουν συγκριτικά πλεονεκτήματα ώστε να εγκατασταθούν σε επιβατικά πλοία και κρουαζιερόπλοια. Η ναυπήγηση πλοίων με τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλες καυσίμων για την τροφοδοσία των ηλεκτρικών μηχανημάτων, των πινάκων ελέγχου και των συστημάτων πρόωσης, συναντάει μεγάλο ενδιαφέρον από τους κατασκευαστές στην Ευρώπη, την Ιαπωνία και τις ΗΠΑ, ενώ αναμένεται να επιτευχθεί μαζική αύξηση στην αγορά των μεταφορών μέχρι το 2020.⁴⁰



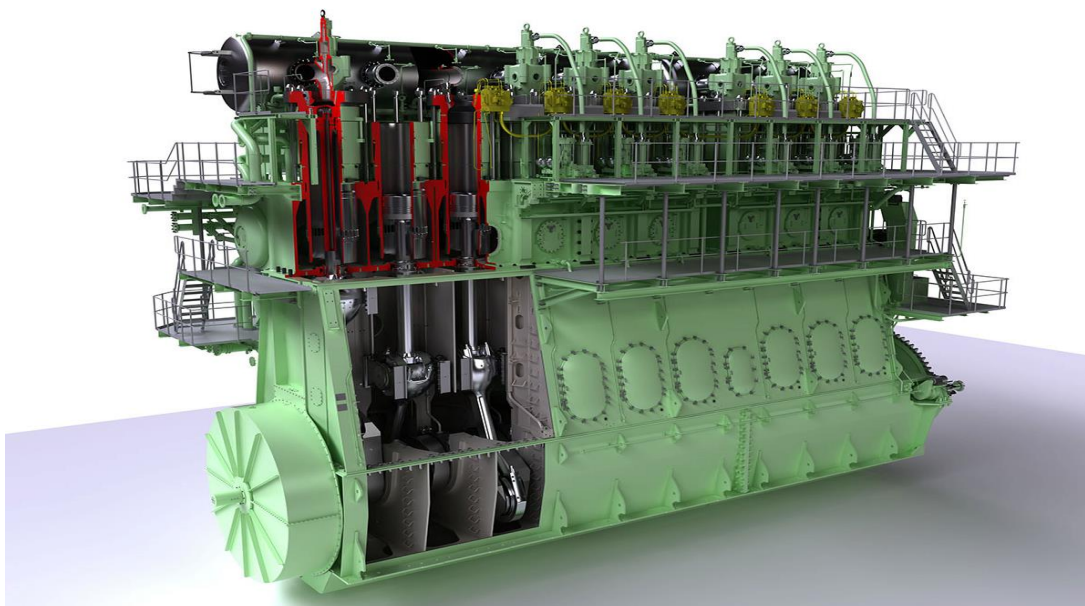
Εικόνα 13 : Πλοίο με κυψέλες καυσίμου. Πηγή : <http://www.motorship.com>

3.2.5 Μηχανές διπλού καυσίμου

Η χρήση του φυσικού αερίου χρησιμοποιείται για την κίνηση των πλοίων από την προηγούμενη δεκαετία στα πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου. Η καινοτομία, όμως, είναι η χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο και για τους άλλους τύπους πλοίων. Η αύξηση της τιμής του πετρελαίου, οι σύγχρονοι κανονισμοί αλλά και η απαίτηση για μικρότερες εκπομπές οδήγησε στην ανάπτυξη νέων μηχανών. Τα πλοία διπλού καυσίμου είναι τα νέα γενιάς πλοία που θα χρησιμοποιούνται στο μέλλον. Για το λόγο αυτό, πρέπει οι μηχανές να

40 Knany, K., Frasher, K., (2007) "Fuel Cell Electronics Packaging", Springer.

λειτουργούν και με φυσικό αέριο σε όλους τους τύπους των πλοίων. Η λειτουργία με χρήση διπλού καυσίμου απαιτεί την έγχυση αερίου καυσίμου καθώς και την έγχυση πετρελαίου στο χώρο καύσης. Η μηχανή μπορεί να χρησιμοποιεί μόνο πετρέλαιο ή συνδυασμό πετρελαίου και φυσικού αερίου. Μέχρι το 15% του φορτίου της μηχανής απαιτείται πετρέλαιο ενώ εν συνεχεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί φυσικό αέριο με ένα πολύ μικρό ποσοστό πετρελαίου 5% και αυτό εξαρτάται από τις τιμές των δύο καυσίμων. Το φυσικό αέριο αποτελεί το μοναδικό μελλοντικό βιώσιμο καύσιμο παγκοσμίως. Η καύση του φυσικού αερίου έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή σημαντικά μικρότερης ποσότητας οξειδίων του άνθρακα και του αζώτου και η σχεδόν μηδενική περιεκτικότητά του σε θείο το καθιστά ιδανικό για την χρήση στις περιοχές ECA όπου το επιτρεπόμενο ποσοστό σε SO₂ μειώθηκε στο 0.1% το 2015.⁴¹



Εικόνα 14 : Μηχανή Διπλου Καυσίμου. Πηγή : World Maritime News

3.2.6 Χρήση LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου

Εδώ και χρόνια έχει ξεκινήσει η χρήση καυσίμου LNG (υγροποιημένο φυσικό αέριο) για την πρόωση των πλοίων και πολλοί θεωρούν τη χρήση LNG από τα πλοία, το μέλλον της βιομηχανίας. Το φυσικό αέριο είναι μεθάνιο, με χαμηλές συγκεντρώσεις άλλων υδρογονανθράκων, νερού, διοξειδίου του άνθρακα, αζώτου, οξυγόνου και ορισμένων ενώσεων του θείου. Όταν ψύχεται στους -161°C, γίνεται ένα διαυγές, άχρωμο μη τοξικό και

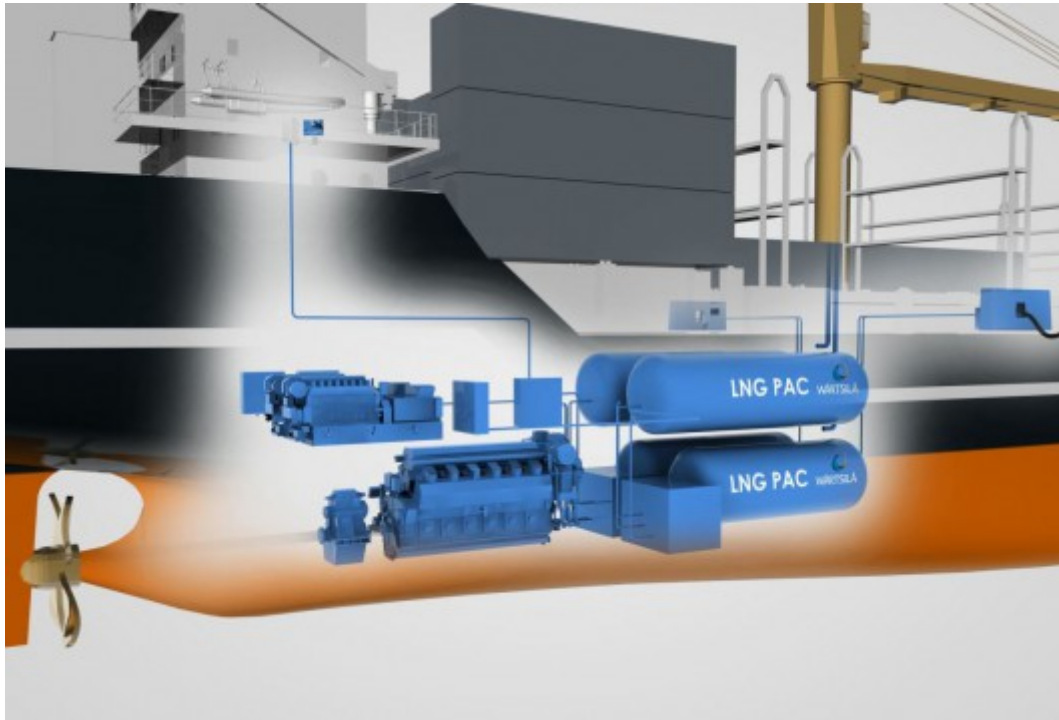
41 Dual-Fuel Marine Engine (Highly Reliable Environmentally Friendly Engine), https://www.yanmar.com/global/technology/technical_review/2015/0727_2.html

άοσμο υγρό. Κατά τη διάρκεια της υγροποίησης, ψύχεται κάτω από το σημείο βρασμού του και έτσι απομακρύνεται το μεγαλύτερο μέρος των άλλων ενώσεων, ώστε κατά κύριο λόγο μένει το μεθάνιο με μικρές ποσότητες των υδρογονανθράκων. Επίσης το ειδικό βάρος του υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), είναι σχεδόν το μισό από το ειδικό βάρος του νερού έτσι ώστε να επιπλέει σε περίπτωση απόρριψής του στη θάλασσα. Το κρύο (-162°C) LNG μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για ψύξη των συστημάτων κλιματισμού του πλοίου, προκειμένου να εξοικονομηθεί η ισχύς των αντίστοιχων συμπιεστών. Η εξοικονόμηση της συνολικής ενέργειας μπορεί να φτάσει μέχρι 4% για ένα τυπικό οχηματαγωγό.

Για λειτουργία εν πλω με ταχύτητα 22 κόμβων, η διαφορά στο ηλεκτρικό φορτίο είναι περίπου 380KWh, το οποίο έχει σημαντική επίδραση στις εκπομπές καυσαερίων.⁴² Το LNG μεταφέρεται από πλοία διπλού κύτους, που είναι ειδικά κατασκευασμένα ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις χειρισμού των χαμηλών θερμοκρασιών μεταφοράς του φορτίου. Έτσι περιορίζεται η ποσότητα που μεταφέρεται να φτάσει το σημείο βρασμού (boil off gas BOG) και να εξατμιστεί. Όμως κατά τη μεταφορά, για να διατηρηθεί η χαμηλή θερμοκρασία που απαιτείται και λόγω της θερμοκρασίας από το εξωτερικό περιβάλλον των δεξαμενών η εξάτμιση είναι αναπόφευκτη. Προκειμένου να ελεγχθεί η αύξηση της πίεσης των δεξαμενών, ένα μέρος των εξατμίσεων της ποσότητας του αερίου που φτάνει στο σημείο βρασμού επαν-υγροποιείται (boil-off-gas (BOG) re- liquefaction plant) και ένα μέρος καίγεται στο λέβητα παραγωγής ατμού για το στρόβιλο ή σε μηχανή dual fuel συμπληρώνοντας την ποσότητα καυσίμου του πλοίου. Η χρήση του LNG ως καύσιμο των πλοίων κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος μιας και η χρήση του βοηθάει στη μείωση των αέριων ρύπων από τα πλοία για τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επίσης ένας συνδυασμός καυσίμου υγροποιημένου φυσικού αερίου με πετρέλαιο κίνησης, είναι πολύ πιθανόν να οδηγήσει στη βέλτιστη αποδοτικότητα των κύριων μηχανών των πλοίων, και κατά συνέπεια στη εξοικονόμηση καυσίμων. Άλλωστε η χρήση καυσίμων υγροποιημένου φυσικού αερίου, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα κατά 30% σε σχέση με το πετρέλαιο κίνησης.⁴³

42 Wartsila (2009), « Boosting Energy Efficiency, Energy Efficiency Catalogue/Ship Power R&D».

43 Patel M. R. (2012). Shipboard Propulsion, Power Electronics and Ocean Energy. pp. 254.



Εικόνα 15 : Εφαρμογή τεχνολογίας χρήσης LNG ως καυσίμου σε πλοίο. Πηγή : <http://www.lngworldnews.com>.

3.2.7 Προσθήκη νερού στα καύσιμα

Η προσθήκη του νερού στα καύσιμα είναι μία γνωστή μέθοδος για τη μείωση των NO_x και σε ορισμένες περιπτώσεις στη μείωση των εκπομπών NO_x και PM. Η ίδια η έννοια της εισαγωγής νερού μέσα στον κύλινδρο του κινητήρα μπορεί να ακούγεται αμφιλεγόμενη ωστόσο οι μηχανικοί έχουν με μεγάλη προσοχή καταφέρει να προστατεύουν το θάλαμο καύσης από τη ρύπανση του νερού, είτε από το καύσιμο είτε από τη συμπύκνωση υδρατμών στους ψύκτες αέρα. Η προσθήκη νερού στα καύσιμα είναι και μειώνει τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της καύσης. Το νερό εξατμίζεται και αυξάνει τη θερμαντική ικανότητα του αερίου στο θάλαμο καύσης και έχει ως συνέπεια τον περιορισμό σχηματισμού οξειδίων του αζώτου. Η προσθήκη νερού στα καύσιμα μπορεί να μειώσει τα οξείδια του αζώτου κατά ένα ποσοστό της τάξης του 30-35 %. Αν και αυτή η μείωση αντισταθμίζεται από μια αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα κατά 1-2 %.⁴⁴

⁴⁴ Kristensen, H.O. (2012), Energy Demand and Exhaust Gas Emissions of Marine Engines, Technical University of Denmark

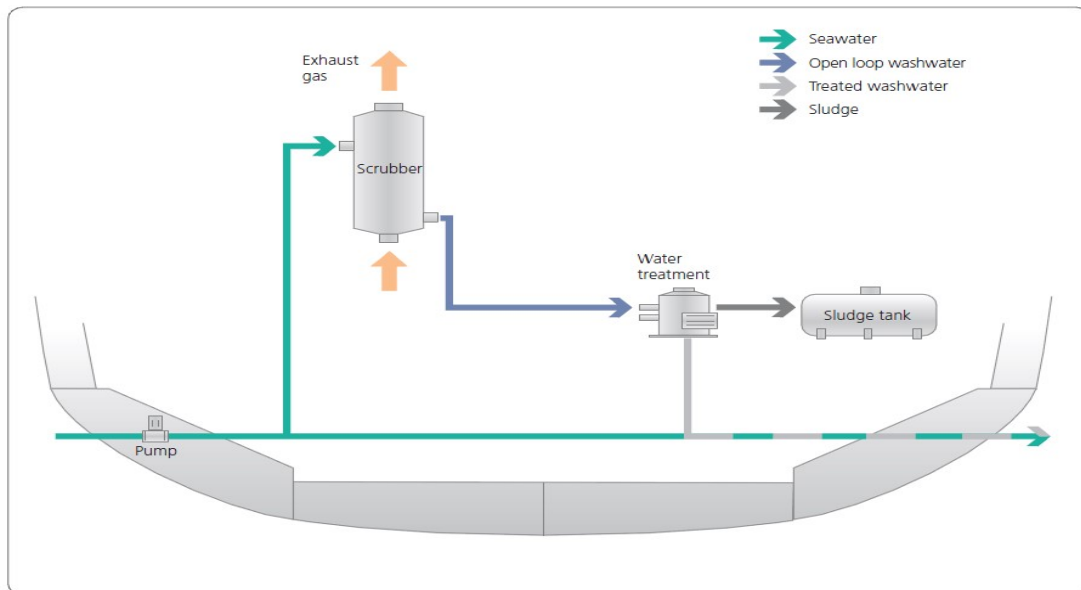
3.2.8 Σύστημα καθαρισμού καυσαερίων (scrubber)

Η ναυτιλιακή βιομηχανία, για να μπορέσει να ανταποκριθεί στις αυστηρές διεθνείς προδιαγραφές για τις εκπομπές των καυσαερίων από τους κινητήρες των πλοίων και στα όρια εκπομπής οξειδίων του θείου (Sox) έχει δύο επιλογές: τη χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο ή τη χρήση ενός συστήματος καθαρισμού καυσαερίων πλοίου (Scrubber). Τα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων πλοίου είναι συστήματα ελέγχου και αποτροπής της ρύπανσης της ατμόσφαιρας και χρησιμοποιούνται για να αφαιρέσουν μια σημαντική ποσότητα των σωματιδίων και των αερίων που προκαλούν ρύπανση του περιβάλλοντος ή ανθρώπινες ασθένειες. Η αφαίρεση αυτή πραγματοποιείται είτε με φυσικό είτε με χημικό τρόπο. Ο σημαντικότερος σκοπός της χρήσης αυτών των συστημάτων είναι η απομάκρυνση του διοξειδίου του θείου (SO₂) από τα καυσαέρια. Η δυνατότητα μείωσης των εκπομπών θείου είναι της τάξης του 98%, δηλαδή ένα επίπεδο τόσο χαμηλό όσο εάν χρησιμοποιηθεί καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Τα συστήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιήσουν τόσο φρέσκο νερό αναμεμιγμένο με καυστική σόδα (NaOH) όσο και θαλασσινό νερό.⁴⁵

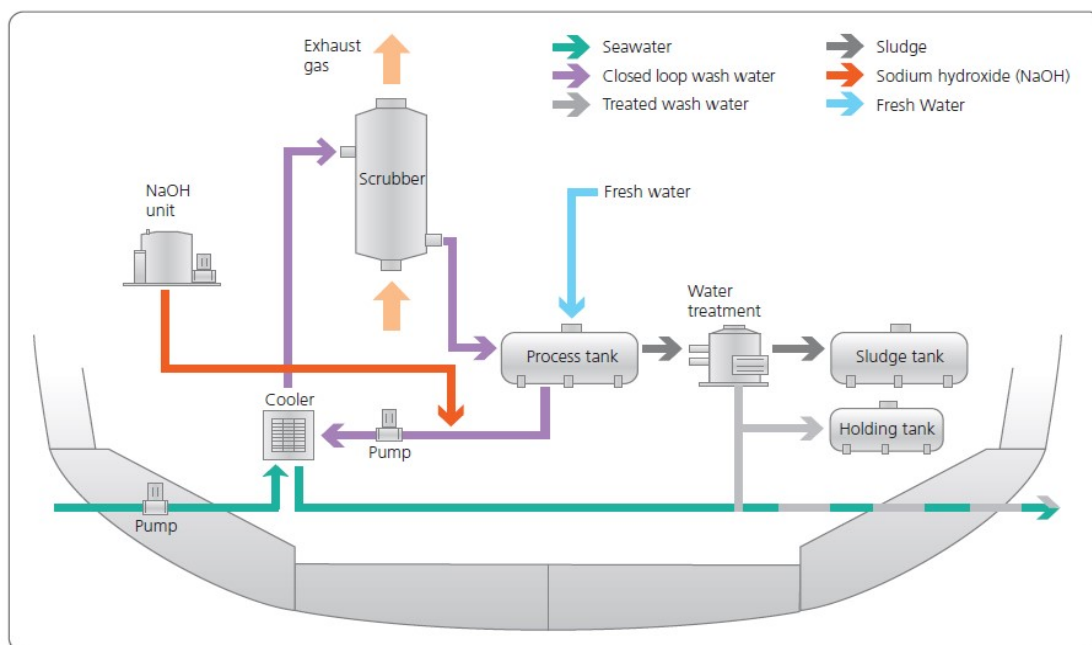
Επίσης μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές SOX και αιωρούμενων σωματιδίων με μικρή αύξηση στην κατανάλωση καυσίμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως για τις αντλίες που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του νερού. Η διαδικασία καθαρισμού έχει διάφορα στάδια. Στην αρχή μειώνεται η θερμοκρασία των καυσαερίων στους 160 – 180 °C σε ένα εξοικονομητή καυσαερίων. Στη συνέχεια το καυσαέριο κατεργάζεται με ένα ειδικό εκτοξευτήρα όπου ψύχεται περαιτέρω με έγχυση νερού και απομακρύνονται η πλειονότητα των σωματιδίων αιθάλης στα καυσαέρια. Τέλος το καυσαέριο οδηγείται μέσω ενός αγωγού απορρόφησης, όπου ψεκάζεται με νερό και ως εκ τούτου, καθαρίζεται από το υπόλοιπο διοξείδιο του θείου. Νερό και θείο αντιδρούν για να σχηματίσουν θειικό οξύ, το οποίο εξουδετερώνεται από αλκαλικά συστατικά που βρίσκονται στο θαλασσινό νερό. Στη συνέχεια ειδικά φίλτρα διαχωρίζουν τα σωματίδια από το μίγμα, πριν να οδηγηθεί το καθαρισμένο νερό πίσω στη θάλασσα. Τα στερεά σωματίδια

45 Kristensen, H.O. (2012), Energy Demand and Exhaust Gas Emissions of Marine Engines, Technical University of Denmark

απομακρύνονται από τα αέρια που είναι παγιδευμένα σε μια δεξαμενή καθίζησης ή λάσπης και συλλέγονται για διάθεση στην ξηρά.⁴⁶



Εικόνα 16 : Σύστημα Καθαρισμού Καυσαερίων Πλοίου Ανοιχτού Κύκλου Open Wet Scrubbers Πηγή : Lloyd's Register, 2012



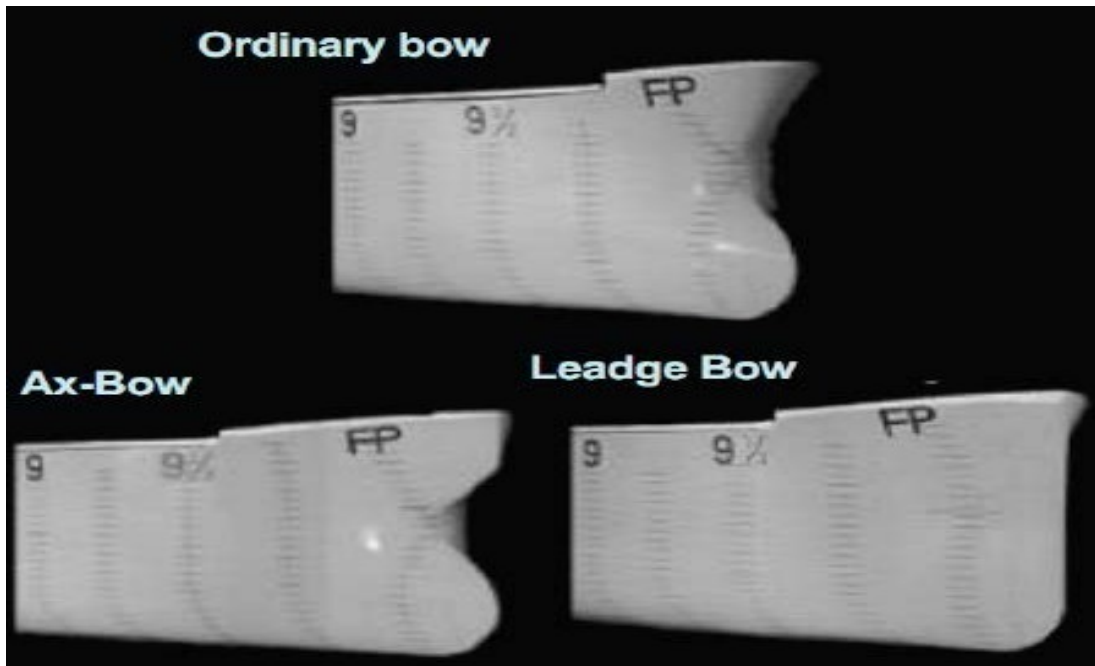
Εικόνα 17 : Σύστημα Καθαρισμού Καυσαερίων Πλοίου Κλειστού Κύκλου Closed Wet Scrubbers Πηγή: Lloyd's Register, 2012

46 Kristensen, H.O. (2012), Energy Demand and Exhaust Gas Emissions of Marine Engines, Technical University of Denmark

3.2.9 Μείωση της τριβής και βελτιστοποίηση της μορφής της γάστρας του πλοίου

Η κυριότερη αίτια αύξησης της κατανάλωσης καυσίμου του πλοίου είναι η αντίσταση λόγω της τριβής. Κατά την διαδικασία κίνησης του πλοίου, δέχεται πληθώρα δυνάμεων, όπως η αντίσταση του αέρα και αντίσταση που φέρει το νερό στο οποίο κινείται το πλοίο, το οποίο μάλιστα έχει δικά του χαρακτηριστικά. Η μείωση αντίστασης τριβής στα πλοία εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, στους οποίους συγκαταλέγεται και το σχήμα των πλοίων. Ουσιαστικά, η μείωση της τριβής μπορεί να επιτευχθεί μέσω κατάλληλης κατασκευής των πλοίων. Ακόμη, η ελάττωση του μήκους συμβάλλει στην μείωση των καμπτικών ροπών, γεγονός που συμβάλλει στην μείωση της απαιτούμενης ροπής αντίστασης με αποτέλεσμα τη μείωση του βάρους κατασκευής. Επισημαίνεται ότι η μείωση του βάρους κατασκευής συμβάλλει αφενός στη μείωση του κόστους κατασκευής και αφετέρου στην αύξηση του ωφέλιμου φορτίου. Υπό αυτήν την έννοια, παράγοντες κατασκευαστικοί και λειτουργικοί μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση αντίστασης τριβής στα εμπορικά πλοία. Η μορφή της γάστρας ενός πλοίου αποτελεί βασικό δεδομένο για την σχεδίαση και την λειτουργία του, έτσι η ευστάθεια του, η αντίσταση του η συμπεριφορά του σε κυματισμούς καθώς και άλλες ιδιότητες του συνδέονται άμεσα με την μορφή της γάστρας του. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορες καινοτόμες προτάσεις για την βελτιστοποίηση της μορφής της γάστρας των πλοίων που έχουν ως συνέπεια την μείωση κατανάλωσης καυσίμου. Πέρα από τις βασικές μορφές πλήρης με τις οποίες κατασκευάζονται τα σύγχρονα πλοία, πρόσφατα αναπτύχθηκε η πλήρη “Leadge” (Leading Edge) η οποία είναι βέλτιστης διαμόρφωσης. Στη συγκεκριμένη πλήρη η απαιτούμενη ισχύ πρόωσης είναι κατά 4% μικρότερη από μια συμβατική πλήρη.⁴⁷

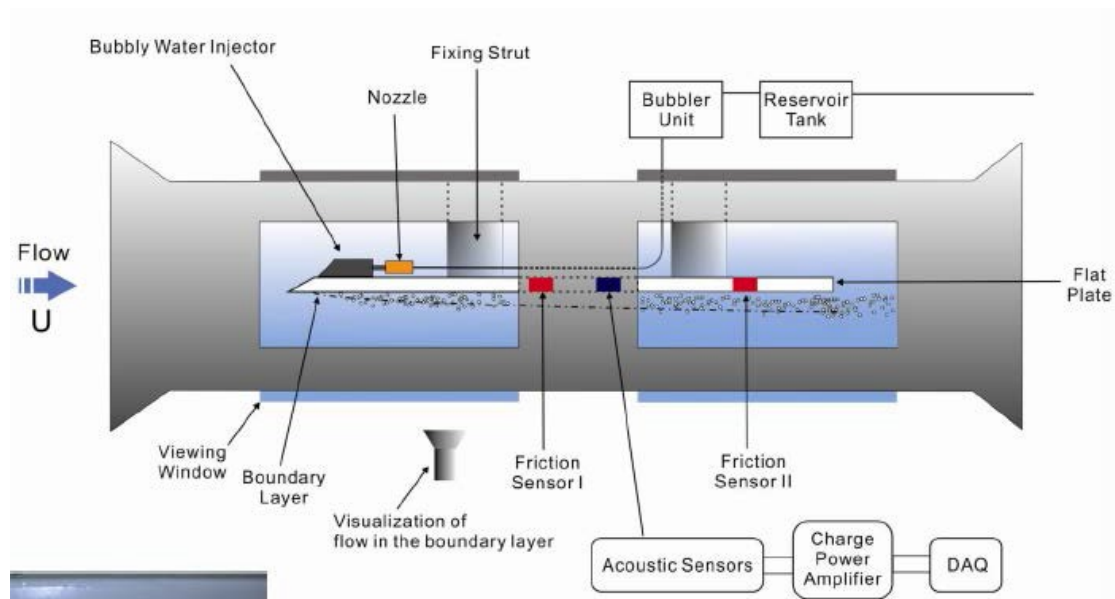
47 Kristensen, H.O. (2012), Energy Demand and Exhaust Gas Emissions of Marine Engines, Technical University of Denmark



Εικόνα 18: Πλώρη τύπου Leading Edge Πηγή : <http://www.ship-technology.com>

Το κόστος των καυσίμων είναι ένα σημαντικό μέρος του κόστους λειτουργίας οποιουδήποτε πλοίου και έτσι ο σχεδιαστής θα προσπαθήσει να ελαχιστοποιήσει την ισχύ που απαιτείται για την επίτευξη της ταχύτητας υπηρεσίας. Για να μειωθεί η αντίσταση τριβής, βρίσκεται υπό ανάπτυξη μια νέα τεχνολογία: η εκτόξευση μικρό-φουσαλίδων, δηλαδή φουσαλίδες αέρα που εκτοξεύονται κάτω από την πλώρη του πλοίου και διατρέχουν όλο τον πυθμένα δημιουργώντας ένα κενό ανάμεσα στο κύτος και το οριακό στρώμα νερού, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση καύσιμου κατά περίπου 10%. Η ροή του νερού είναι με κατεύθυνση από τα αριστερά προς τα δεξιά. Μια μονάδα παραγωγής φουσαλίδων η οποία βρίσκεται σε σύνδεση με μια δεξαμενή νερού, παράγει αρχικά τις φουσαλίδες. Στην συνέχεια τις διοχετεύει μέσω ακροφυσίων σε μια συσκευή εκτόξευσης η οποία είναι τοποθετημένη στον πυθμένα του πλοίου. Οι φουσαλίδες εξερχόμενες, δημιουργούν ένα κενό ανάμεσα στον πυθμένα του πλοίου και το οριακό στρώμα νερού όπως έχουμε αναφέρει, με αποτέλεσμα της μείωση της τριβής και κατά συνέπεια της κατανάλωσης καυσίμου.⁴⁸

48 Kristensen, H.O. (2012), Energy Demand and Exhaust Gas Emissions of Marine Engines, Technical University of Denmark



Εικόνα 19 : Εκτόξευση μικρό-φυσαλίδων σε εργαστηριακό πείραμα Πηγή: <http://www.ship-technology.com>

3.2.10 Πλοία με κοιλότητες αέρα ACS (Air cavity ships)

Τα πλοία με κοιλότητες αέρα (Air cavity ships ή ACS) επιτυγχάνουν την αξιοποίηση του αέρα ώστε να μειωθεί η αντίσταση τη στιγμή που το πλοίο σύρεται στο νερό και τις αντιστάσεις τριβής της γάστρας. Η συγκεκριμένη μέθοδος περιλαμβάνει την παροχή αέρα μια κοιλότητα ειδικά σχεδιασμένη στα κάτω μέρος του πλοίου με την οποία μειώνεται αποτελεσματικά η βρεχόμενη επιφάνεια της γάστρας και η αντίσταση από τις τριβές της επιφάνειας του κύτους.⁴⁹

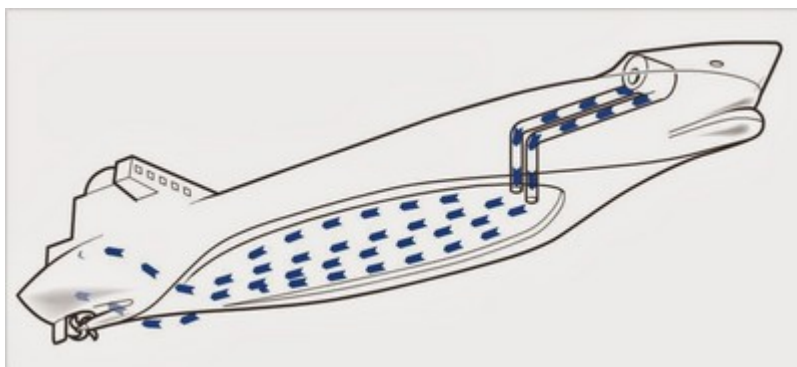
Η ιδέα για την έρευνα στη μείωση της οπισθέλκουσας δύναμης από τις τριβές προτάθηκε με μικρή επιτυχία από τους Laval και Froude τον 19ο αιώνα, αλλά σημαντική ήταν η συμβολή με έρευνες και εφαρμογές τη δεκαετία του 1960 από το Ερευνητικό Ινστιτούτο στην Αγία Πετρούπολη του Butuzon και αργότερα του I. Matveev ενώ πιο πρόσφατες έρευνες πραγματοποιήθηκαν στην Ευρώπη, τις ΗΠΑ, την Ιαπωνία, την Κορέα και την Αυστραλία.⁵⁰

49 Kristensen, H.O. (2012), Energy Demand and Exhaust Gas Emissions of Marine Engines, Technical University of Denmark

50 Kristensen, H.O. (2012), Energy Demand and Exhaust Gas Emissions of Marine Engines, Technical University of Denmark

Τα Air cavity ships, είναι προηγμένες κατασκευές σκαφών. Όπως αναφέραμε χρησιμοποιούν τον αέρα που εγχέεται κάτω από τον πυθμένα και μειώνουν σημαντικά η βρεχόμενη επιφάνεια της γάστρας. Με αυτό τον τρόπο βελτιώνονται τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά του σκάφους και ως αποτέλεσμα μειώνεται η υδροδυναμική του αντίσταση, ώστε σε αρκετά υψηλή ταχύτητα και με κατάλληλες γραμμές στη γάστρα, το πλοίο μπορεί να γλιστράει πάνω από την επιφάνεια του νερού. Σύμφωνα με υπολογισμούς, για τους μηχανισμούς που παρέχουν τον αέρα στην κοιλότητα αέρα έχουν απαιτήσεις ισχύος οι οποίες είναι συνήθως λιγότερες από το 3% της συνολικής ισχύος του πλοίου και το όνομα του τύπου των πλοίων που σχεδιάζονται με αυτό τον τρόπο είναι τα ACS. Το φαινόμενο της δημιουργίας ενός στρώματος αέρα στη βυθισμένη επιφάνεια ονομάζεται τεχνητή σπηλαιώση ή λίπανση με αέρα. Στην αρχή, η ιδέα να μειωθεί η υδροδυναμική αντίσταση του σκάφους ενώ κινείται μέσα στο νερό βρήκε εφαρμογή στα ταχύπλοα σκάφη. Αργότερα όμως επεκτάθηκε σε πλοία που και στα πιο αργά πλοία όπως τα δεξαμενόπλοια και τα φορτηγά έχοντας διαφορετική διάταξη στις κοιλότητες του αέρα. Επειδή αυτά τα πλοία έχουν μεγαλύτερο μέγεθος και μεγαλύτερο βάρος χρειάζονται αρκετές κοιλότητες αέρα διαμορφωμένες στο κάτω μέρος τους πλοίου, ενώ η αξιοποίηση αυτής της τεχνολογίας πραγματοποιείται ιδανικά όταν πλοίο κινείται σε ήρεμη θάλασσα. Σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες το ACS δεν είναι τόσο αποτελεσματικό εξαιτίας της μεγαλύτερης υδροδυναμικής αντίστασης λόγω των κυμάτων. Οι έρευνες και οι εφαρμογές της τεχνολογίας ACS μας έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα πως η τεχνολογία αυτή οδηγεί σε μείωση της τριβής του πλοίου σε ποσοστό 10% που με τη σειρά προσφέρει εξοικονόμηση καυσίμου της τάξης του 10% με 15% για τα δεξαμενόπλοια και τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου ενώ το ποσοστό στα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων κυμαίνεται λίγο κάτω από το 10%. Στην περίπτωση που η τεχνολογία ACS συνδυαστεί με πιο αποδοτικές προπέλες και συστήματα πλοήγησης αλλά κάνει και χρήση των θερμικών αποβλήτων η εξοικονόμηση του καυσίμου και συνεπώς η μείωση των εκπομπών CO₂ μπορεί να φτάσει μέχρι και το 30%.⁵¹

51 Kristensen, H.O. (2012), Energy Demand and Exhaust Gas Emissions of Marine Engines, Technical University of Denmark



Εικόνα 20 : Πλοίο με τεχνολογία ACS. Πηγή : Danish-Dutch DK Group

3.2.11 Βελτιώσεις στην απόδοση της έλικας

Με το πέρασμα του χρόνου έχει κάνει την εμφάνιση της καινούρια ποικιλία σχεδίων για προπέλες, με το κάθε σχέδιο να έχει τα δικά του χαρακτηριστικά, καθώς και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Χάρη στην χρήση νέων τεχνολογιών όπως επίσης και εμπειρικά το καθένα από αυτά τα σχέδια έχει τελειοποιηθεί με τον κάθε κατασκευαστή ή πλοιοκτήτρια εταιρεία να έχει τη δική της προτίμηση για τον ποιο τύπο προπέλας θα χρησιμοποιήσουν κρίνοντας την επιλογή τους κυρίως με την ανάλογα με την εξοικονόμηση καυσίμου σε κάθε τύπο. Η έρευνα και η αναζήτηση αποδοτικότερων σχεδίων έχει δημιουργήσει πιο σύνθετους τύπους προπελών που αντικαθιστούν του συμβατικούς τύπους συμβάλλοντας στην μείωση της ταχύτητας του πλοίου και της κατανάλωσης καυσίμου.⁵²

Οι Προπέλες Σταθερού Βήματος (FPP Fixed Pitch Propellers), που αφορούν βελτιώσεις των συμβατικών προπελών δεν παρουσιάζουν μεγάλες δυσκολίες στην κατασκευή τους. Η χρήση τους γίνεται σε διάφορα μεγέθη καθώς καλύπτουν τις ανάγκες πρόωσης μικρών σκαφών μέχρι μεγάλων δεξαμενόπλοιων.⁵³

Οι βελτιώσεις στις προπέλες σταθερού βήματος είναι οι:⁵⁴

α) Η Προπέλα Boss Cap Fins (PBCF): η εφαρμογή της ξεκίνησε περίπου στα τέλη της δεκαετίας του 1980 η εγκατάσταση της γίνεται πολύ εύκολα με τον ίδιο τρόπο που εγκαθίσταται το καπάκι της προπέλας. Είναι πολύ μικρά πτερύγια η εφαρμογή των οποίων γίνεται στο καπάκι της προπέλας. Η κατασκευή είναι από το ίδιο υλικό ή κατασκευάζεται από

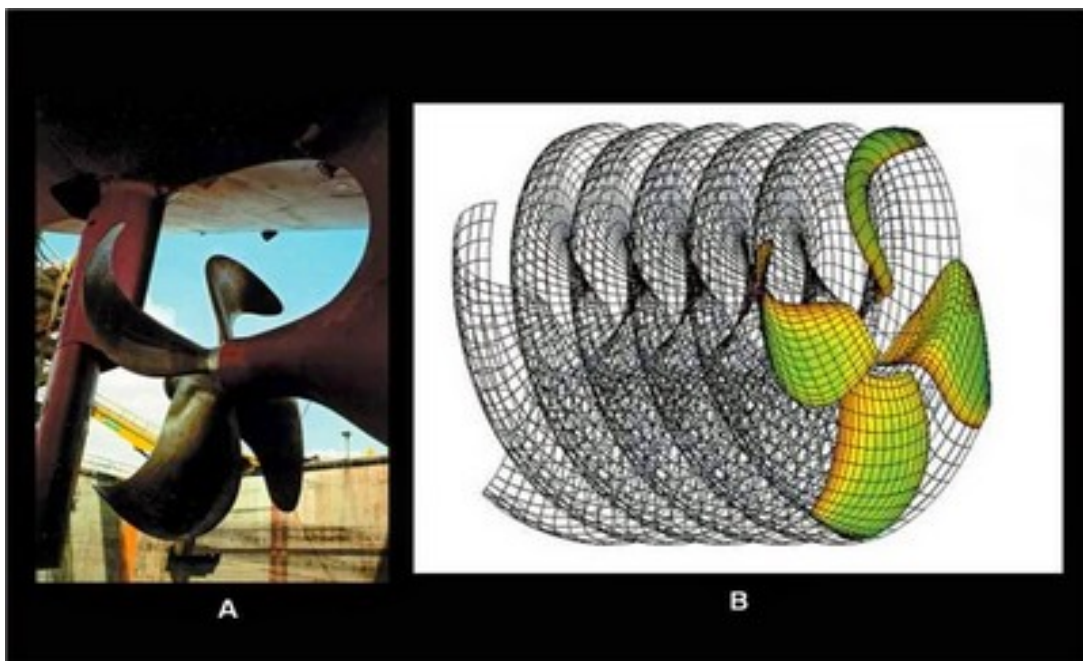
52 Tzannatos S. Ernestos, “Ship Technical Efficiency”, University of Piraeus

53 Tzannatos S. Ernestos, “Ship Technical Efficiency”, University of Piraeus

54 Tzannatos S. Ernestos, “Ship Technical Efficiency”, University of Piraeus

την αρχή καπάκι με πτερύγια. Αυτού του είδους οι προπέλες αναπτύχθηκαν από κοινού από τις εταιρίες West Japan Fluid Engineering Laboratory Co.Ltd, Mitsui OSK.Lines και Mikado Propeller Co.Ltd και έχει γίνει τοποθέτηση του σε πλοία της Mitsui OSK Lines. Σύμφωνα με μετρήσει σε παραπάνω από 60 πλοία υπολογίζεται πως το όφελος της εξοικονόμησης καυσίμου ανέρχεται στο 5% ενώ η αύξηση της ταχύτητα το 2%. Χάρη στην εφαρμογή των πτερυγίων με την ροή του νερού δημιουργείται γύρω από την προπέλα δίνη στην πλήμνη και με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται μείωση της ενέργειας. Δύο ακόμα οφέλη είναι πως ο θόρυβος της προπέλας είναι μικρότερος, ενώ λιγότερες είναι επίσης και οι δονήσεις στην πρύμνη.

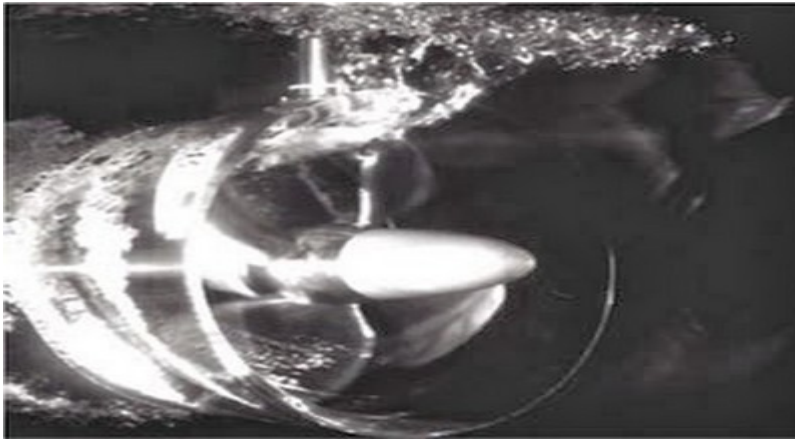
β) Οι προπέλες τύπου Kappel: από οικονομικής άποψης, σε σχέση με τις συμβατικές προπέλες το κόστος παραγωγής αυτής της προπέλας είναι μεγαλύτερο κατά 20% ωστόσο το κέρδος η χρήση προπελών τύπου Kappel προσφέρει εξοικονόμηση καυσίμου της τάξης του 7% σε σύγκριση με τις συμβατικές. Επίσης σύμφωνα με μελέτες που ολοκληρώθηκαν το 2002 η χρήση προπελών τύπου Kappel βοηθά στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενώ με την ανάπτυξη των πτερυγίων της αυξάνεται η αποδοτικότητα και επιτυγχάνεται μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.



Εικόνα 21: Εφαρμογή σε πλοίο και αριθμητικό μοντέλο οριακών στοιχείων της προπέλας Kappel.

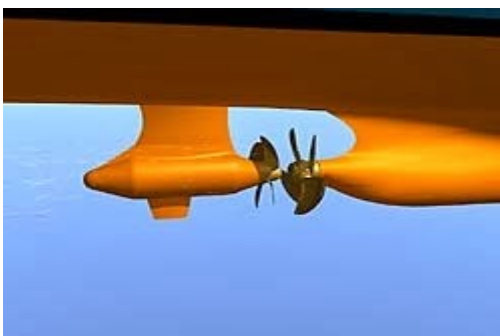
Πηγή : http://www.skk.mek.dtu.dk/English/Research/KAPPEL_Propeller.aspx

γ) Οι προπέλες Ducted: η απόδοση της συγκεκριμένης προπέλας αυξάνεται ανάλογα με τη φορτία της. Η βελτίωση που μπορεί να επιτύχει στην εξοικονόμηση κυμαίνεται μεταξύ 1% και 5% σε σύγκριση με μια ανοικτού τύπου προπέλα. Ουσιαστικά είναι ένα σύστημα προπέλας με δύο μέρη, ένα δακτυλιοειδή αγωγό που έχει και την προπέλα που βρίσκεται στο εσωτερικό του αγωγού. Ο σκοπός του αγωγού είναι η μείωση των δυνάμεων πίεσης που ασκούνται στο κύτος του πλοίου αλλά παράλληλα η προπέλα προστατεύεται από ζημιές.



Εικόνα 22 : Προπέλες Ducted. Πηγή : <http://www.sintef.no/home/MARINTEK/>

Από την άλλη υπάρχουν οι αντίθετα περιστρεφόμενες προπέλες (Contra Rotating Propellers). Πρόκειται για ένα σύστημα πρόωσης με δύο προπέλες οι οποίες βρίσκονται αντίθετα τοποθετημένες η μία από την άλλη και είναι σε θέση να βελτιώσει την απόδοση του πλοίου. Αυτός ο τύπος προπελών έχει εγκατασταθεί με τροποποιήσεις διαφορετικές ανά περίπτωση σε μεγάλα πλοία όπως το RO/RO Ferries, μεγάλα Container Ships, LNG Carriers και σε Ερευνητικά Σκάφη για την εγκατάσταση Offshore/Deepsea Floating Platforms που απαιτούν δυναμική τοποθέτηση.⁵⁵



Εικόνα 23: Αντίθετα Περιστρεφόμενες Προπέλες (Contra Rotating Propellers). Πηγή: http://www.shipgaz.com/old/magazine/issues/2002/08/lng_0802.php

55 Tzannatos S. Ernestos, “Ship Technical Efficiency”, University of Piraeus

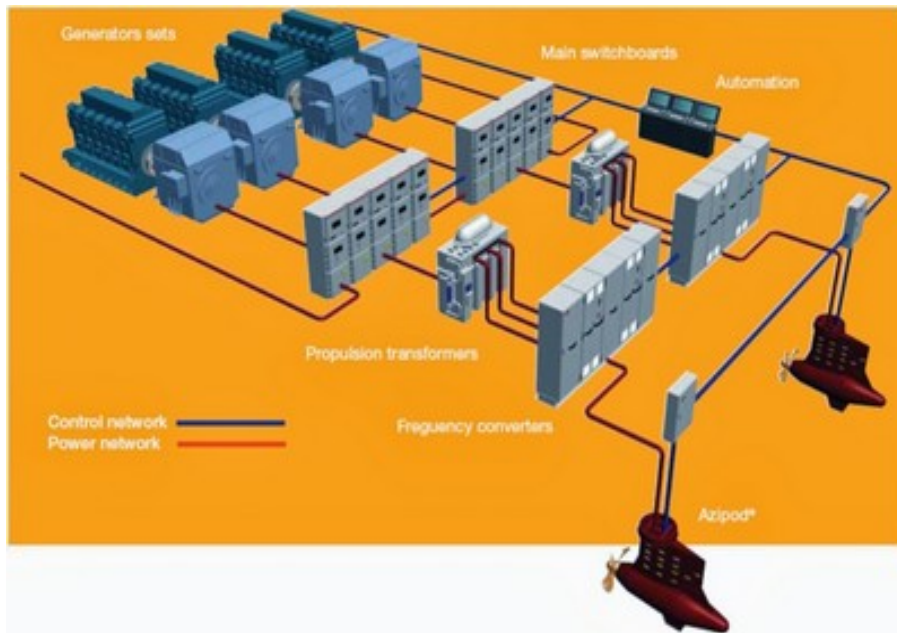
Τα κύρια οφέλη των αντίθετα περιστρεφόμενων προπελών είναι ότι ανακτούν την απώλεια ενέργειας εξαιτίας της περιστροφής της προπέλας χάρη στην μιας προπέλας με ανάποδη περιστροφή και προσφέρει βελτίωση στην απόδοση της πρόωσης της τάξης του 10% με 15%. Το όφελος είναι σημαντικό στη βελτίωση της αποδοτικότητας καθώς οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου και όλη η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στην ανάκτηση μέρους της απώλειας ενέργειας από την πίσω προπέλα στο δημιουργούμενο ρεύμα λόγω της περιστρεφόμενης μπροστά προπέλας η περιστροφή των οποίων γίνεται στον ίδιο οριζόντιο άξονα χωρίς να είναι άμεσα συνδεδεμένες.⁵⁶

3.2.12 Πρόωση AZIPOD

Ένα από τα παλαιότερα συστήματα πρόωσης που με την τεχνολογική εξέλιξη έχει βελτιωθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια είναι το σύστημα Azipod. Η ανάπτυξη του συστήματος Azipod είχε αρχικά ξεκινήσει τη δεκαετία του 1980 ώστε να αντιμετωπιστούν οι ανάγκες των πλοίων που ταξίδευαν σε περιοχές με πάγους. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια η ηλεκτρική, μηχανική, και υδροδυναμική βελτίωση του συστήματος Azipod έχει οδηγήσει στη δημιουργία ενός βέλτιστου τυποποιημένου προϊόντος. Ο κινητήρας του συστήματος Azipod είναι ηλεκτρικός και στον άξονα του είναι απευθείας εγκατεστημένη η προπέλα. Η τοποθέτηση του συστήματος Azipod γίνεται ως ενιαία ομάδα με το σύστημα διεύθυνσης ενώ η τροφοδότηση της ισχύος γίνεται μέσω ολισθαίνοντος δακτυλίου που του δίνει τη δυνατότητα να περιστρέφεται 360 μοίρες. Ένας εναλλακτικός τρόπος είναι η τοποθέτηση μίας σταθερής συσκευής πρόωσης χωρίς την μονάδα διεύθυνσης. Ο ηλεκτρικός κινητήρας του συστήματος Azipod ελέγχεται από έναν μετατροπέα συχνότητα παρέχοντας του πλήρη ροπή ενώ σε όλο το φάσμα των στροφών η ταχύτητα του μεταβάλλεται ομαλά και συνεχόμενα. Αν λάβουμε υπόψη την έλλειψη συστήματος οδοντωτών τροχών και το γεγονός πως δεν υπάρχουν απώλειες από μηχανική μετάδοση της ισχύος τα συστήματα Azipod έχουν πιο υψηλή αποδοτικότητα από άλλα συστήματα πρόωσης.⁵⁷

56 Tzannatos S. Ernestos, “Ship Technical Efficiency”, University of Piraeus

57 Hodge G. G., Mattick D. J. (1998), “The Electric Warship III”, Trans IMarE, Vol. 110, Part 2.



Εικόνα 24 : Τυπική διάταξη διανομής ενέργειας σε σύστημα με δύο Azipod. ΦΩΤΟ: [http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/227a4fa87117cece482573f00016c3e9/\\$file/Azipod+technology+brochure.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/227a4fa87117cece482573f00016c3e9/$file/Azipod+technology+brochure.pdf)

Όπως περιγράφεται και στην εικόνα η τροφοδότηση του συστήματος Azipod γίνεται μέσω μετασχηματιστών και μετατροπέων. Ο κινητήρας του Azipod θέτει σε λειτουργία τις ηλεκτρογεννήτριες οι οποίες συνδέονται με τον κεντρικό ηλεκτρικό πίνακα και η ηλεκτρική ενέργεια μαζί με την μονάδα διανομής της αποτελείται από περισσότερους του ενός κινητήρες μεσαίας ή υψηλής ταχύτητας, ντίζελ ή φυσικού αερίου. Από αυτή την μονάδα παραγωγής ενέργειας γίνεται τροφοδότηση όλων των φορτίων που περιλαμβάνουν όχι μόνο την πρόωση του πλοίου αλλά και τα βοηθητικά συστήματα.

3.2.13 Χρήση πυρηνικής ενέργειας

Η πυρηνική ενέργεια στη ναυτιλία χρησιμοποιείται από τα μέσα της δεκαετίας του 1950, ωστόσο η ύπαρξη μη πολεμικών πλοίων που κάνουν χρήση της πυρηνικής ενέργειας ως μέσο πρόωσης δεν είναι τόσο γνωστή. Το πρώτο μη πολεμικό πλοίο που έκανε χρήση της πυρηνικής ενέργειας ήταν το Σοβιετικό παγοθραυστικό «Λένιν» (1959). Ακόμη πρέπει να αναφερθεί ότι

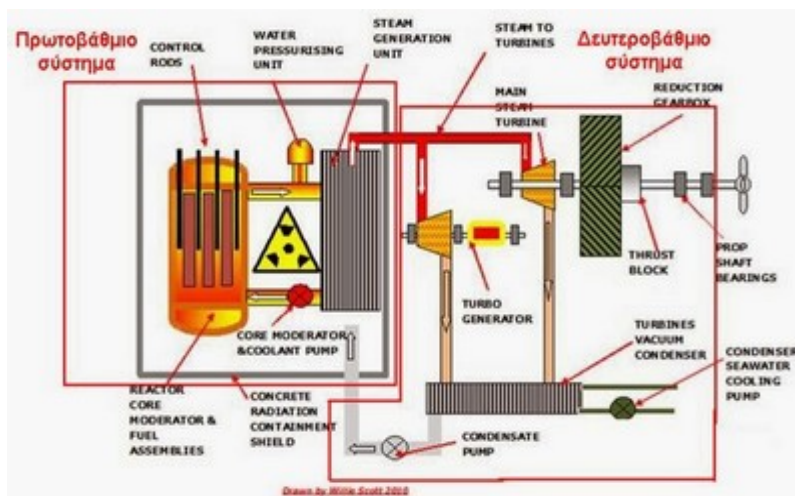
σχετικές μελέτες εφαρμογής επέκτασης της πυρηνικής ενέργειας ως μέσον πρόωσης εμπορικών πλοίων ξεκίνησαν πολλές Χώρες (π.χ. Γερμανία, Κίνα, Αμερική).⁵⁸

Η λειτουργία του πυρηνικού αντιδραστήρα που εγκαθίσταται σε ένα πλοίο με σκοπό την δημιουργία ενέργειας για την πρόωση του βασίζεται στην πυρηνική σχάση, όπου πραγματοποιείται ο διαχωρισμός του πυρήνα ενός ατόμου για την παραγωγή περισσότερων μικρότερων πυρήνων και σε μερικά ελεύθερα παραπροϊόντα σωματία.

Η διάσπαση του ατόμου έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή θερμικής ενέργειας και την εκπομπή ακτινοβολίας γ . Τα στοιχεία του πυρήνα έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής ώστε ο ανεφοδιασμός ενός πλοίου να είναι απαραίτητος μια φορά περίπου κάθε δέκα χρόνια. Έτσι τα πλοία με πυρηνικό αντιδραστήρα όπως και τα ιστιοφόρα είναι ανεξάρτητα από τις ιδιαιτερότητες στην προμήθεια των καυσίμων σε κάθε λιμάνι εξαλείφοντας σε μεγάλο βαθμό την δαπανηρή και χρονοβόρα διαδικασία πετρέλευσης στη λειτουργική διάρκεια της ζωής ενός πλοίου. Παρότι το κόστος να κατασκευαστούν τα πυρηνικά στοιχεία του καυσίμου είναι μεγάλο, μακροπρόθεσμα είναι μικρότερο από το κόστος που συνολικά απαιτείται ώστε να γίνει παραγωγή ίσης ποσότητας ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Μια μικρή ποσότητα πυρηνικών καυσίμων παρέχει ενέργεια ισοδύναμη με εκατομμύρια φορές την ποσότητα άνθρακα ή πετρελαίου. Σε συνδυασμό με το χαμηλότερο κόστος καυσίμου, τις μηδενικές σχεδόν εκπομπές ρύπων και την εξάλειψη των ανησυχιών σχετικά με την ασφάλεια του πληρώματος η τάση για προσανατολισμό προς την χρησιμοποίηση της πυρηνικής ενέργειας στα πλοία βρίσκει όλο και περισσότερους υποστηρικτές. Ξεκινώντας από το πρωτοβάθμιο σύστημα, αποτελούμενο από τις αντλίες, τον αντιδραστήρα και την μονάδα παραγωγής του ατμού, η θερμότητα που εκπέμπει ο πυρηνικός αντιδραστήρας χρησιμοποιείται ώστε να θερμανθεί το νερό το οποίο προκειμένου σε αυτό το σημείο να μην ατμοποιηθεί κυκλοφορεί με μεγάλη πίεση στα στοιχεία που περιβάλλουν το πυρηνικό αντιδραστήρα. Εν συνεχεία το θερμαινόμενο νερό πηγαίνει στα στοιχεία της μονάδας παραγωγής του ατμού και εκεί μεταδίδει την θερμότητα στο νερό που έχει χαμηλότερη θερμοκρασία. Το νερό αυτό δεν αναμιγνύεται επειδή κυκλοφορεί εξωτερικά των στοιχείων και έτσι επιστρέφει πίσω στον αντιδραστήρα για να αναθερμανθεί. Χάρη στην μετάδοση της θερμότητας γίνεται ατμοποίηση του νερού που είναι εξωτερικά των στοιχείων και αυτός ο ατμός παρέχεται στο δευτεροβάθμιο σύστημα. Στο δευτεροβάθμιο σύστημα ο αμοστρόβιλος κάνει χρήση αυτή της τεράστιας ποσότητας ατμού που προέρχεται από το πρωτοβάθμιο σύστημα και συνδέεται

58 Full steam ahead for nuclear shipping", World Nuclear News, 18 November 2010, retrieved 27 November 2010.

με το σύστημα κίνησης της προπέλας και της στροβιλογεννήτριας για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Στη μονάδα παραγωγής ατμού συμπυκνώνονται και επιστρέφουν αργότερα οι εξατμίσεις των ατμοστροβίλων σαν νερό που βοηθάει στην τροφοδοσία, από την ηλεκτρική ενέργεια που θα παραχθεί, όση απομείνει θα αποθηκευτεί σε μπαταρίες ώστε σε περίπτωση που χρειαστεί να γίνει χρήση της καλύπτοντας μέρος των ενεργειακών αναγκών του πλοίου. Το δευτεροβάθμιο σύστημα, είναι αποτελούμενο από τον κύριο ατμοστρόβιλο, την ηλεκτρογεννήτρια που κινείται από ατμοστρόβιλο, τη συσκευή συμπύκνωσης των εξατμίσεων ατμού, τους μειωτήρες με το σύστημα της κίνησης προς την προπέλα, και τις αντλίες που τροφοδοτούν τη μονάδα παραγωγής ατμού.⁵⁹



Εικόνα 25: Πρωτοβάθμιο και δευτεροβάθμιο σύστημα πυρηνικής εγκατάστασης πλοίου.(Drawn by Willie Scott 2010) Πηγή : <http://www.brighthubengineering.com/naval-architecture/65655-nuclear-energy-used-in-the-propulsion-of-ships/>

Φυσικά η απρόσκοπτη και αποτελεσματική λειτουργία του αντιδραστήρα εξαρτάται από την ποιότητα, την αντοχή και τη σταθερότητα των τμημάτων του. Για αυτό το λόγο τα πλοία που κατασκευάζονται και κάνουν χρήση πυρηνικής ενέργειας ναυπηγούνται με προηγμένη και ασφαλή τεχνολογία, με μεγάλα χιτά προστατευτικά του αντιδραστήρα, ώστε να καλύπτει τον σκεπτικισμό και την κριτική που έχει γίνει κατά καιρούς σχετικά με την ασφάλεια των πληρωμάτων και τον περιβαλλοντικό κίνδυνο.⁶⁰

59 J.G.C.C. Jacobs, *Nuclear Short Sea Shipping; The integration of a helium cooled reactor in a 800 TEU container feeder*; Delft (2007). Direct supervisor Hugo Grimmeliuss

60 <http://www.brighthubengineering.com/naval-architecture/65655-nuclear-energy-used-in-the-propulsion-of-ships/>

3.2.14 Υφαλοχρώματα

Η ρύπανση των υφάλων των πλοίων είναι ένα από τα προβλήματα που απασχολούν την ναυτιλία. Η ρύπανση προκαλείται από την από την προσκόλληση σε αυτά φυτικών και ζωικών οργανισμών. Η διαδικασία της επικάθισης στα ύφαλα των πλοίων επιτείνει τη διάβρωση στην περιοχή των υφάλων, ελαττώνει την ταχύτητα πλεύσης του πλοίου (σε ποσοστό ως και 40% μέσα σε διάστημα ενός χρόνου) αυξάνει σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου, τις ατμοσφαιρικές εκπομπές και την Διάβρωση του μεταλλικού περιβλήματος του πλοίου. Ακόμα κι όταν τα πλοία δεξαμενισθούν, καθαριστούν και ξαναβαφτούν τα ύφαλα τους με κατάλληλα χρώματα, θα έχουν χάσει ήδη οριστικά ένα 7-14% της αρχικής τους ταχύτητας. Αυτό γίνεται επειδή η καταργηθείσα και ξαναβαμμένη επιφάνεια δεν μπορεί να επανακτήσει πλήρως την αρχική λειότητα της. Παρά την αποτελεσματικότητα τους από τεχνική και οικονομική άποψη, τα χρησιμοποιούμενα αντιρρυπαντικά υφαλοχρώματα λόγω της τοξικότητάς τους δημιουργούν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα. Για αυτό το λόγο απαιτούνται νέα υλικά και τεχνικές για μια λύση συμβατή με την προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος. Μια από αυτές τις προσπάθειες για να αποφευχθεί η ρύπανση της γάστρας γίνεται με την χρήση των αντιρρυπαντικών χρωμάτων. Πρόκειται για ειδικά χρώματα γάστρας που μειώνουν την πιθανότητα ανάπτυξης οργανισμών στα ύφαλα του πλοίου. Τα υφαλοχρώματα είναι προστατευτικά χρώματα με τα οποία βάφονται τα ύφαλα των πλοίων και έχουν στόχο να αποτρέπουν την επικάθιση διαφόρων φυκιών, οστράκων και άλλων θαλάσσιων οργανισμών. Από τη δεκαετία του 1970 ξεκίνησε η ευρεία χρήση οργανοκασσιτερικών ενώσεων, κυρίως του ισχυρού βιοκτόνου Tributyltin (TBT) ως πρόσθετο σε υφαλοχρώματα πλοίων. Δυστυχώς όμως, η ουσία αυτή διαφεύγει από τα υφαλοχρώματα και διασπείρεται στο θαλάσσιο περιβάλλον. Με αυτό τον τρόπο συσσωρεύεται στα ιζήματα του βυθού, ιδιαίτερα σε περιοχές με μεγάλη κίνηση πλοίων όπως τα λιμάνια. Έτσι από το 2008 η Διεθνής Σύμβαση για τον Έλεγχο των Επιβλαβών Προστατευτικών Συστημάτων των Υφάλων των Πλοίων (AFS Convention) απαγόρευσε τη χρήση οργανοκασσιτερικών ενώσεων σε υφαλοχρώματα που χρησιμοποιούνται στα πλοία, και επιβάλλει την χρήση νέων εναλλακτικών χρωμάτων, πιθανόν βασισμένων στον χαλκό. Μετά την απαγόρευση των αντιρρυπαντικών χρωμάτων που έχουν βάση τον κασσίτερο ανάγκασε τις ναυτιλιακές εταιρίες να στραφούν στην επιλογή χρωμάτων πιο φιλικών προς το περιβάλλον με τη χρήση νέων υφαλοχρωμάτων που περιέχουν βιοκτόνες οργανικές ενώσεις

και έχουν ως κύριο δραστικό στοιχείο τον χαλκό.⁶¹ Εκτός βέβαια από αυτά που περιέχουν βιοκτόνα, υπάρχουν και αντιρυπαντικά που δεν περιέχουν (BIOCIDE FREE), αν και είναι δύσκολο να παρασκευαστούν. Φιλικά προς το περιβάλλον και σχεδόν αβλαβή, είναι εντελώς διαφορετικά από τα παραδοσιακά επιχρίσματα και ενεργούν μέσω ενός στρώματος φραγής. Μετά την εφαρμογή τους, οι επιφάνειες είναι εξαιρετικά λείες και έτσι διασφαλίζεται ένας πολύ χαμηλός συντελεστής τριβής. Επιπλέον είναι υδρόφοβα και έτσι δεν επιτρέπεται η πρόσφυση θαλάσσιων οργανισμών στις επιφάνειες που εφαρμόζονται. Οι δύο ομάδες που εμφανίζουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, από όλα τα πολυμερή που διατίθενται για τη δημιουργία επιστρώματων είναι τα φθοριο-πολυμερή (fluoropolymers) και οι σιλικόνες (silicones). Ωστόσο μετά από 3 χρόνια έκθεσης της επιφάνειας στο θαλασινό νερό, τα biocide free επιστρώματα μπορούν να αποτρέψουν την πρόσφυση θαλάσσιων οργανισμών μόλις στο 20% της εκτεθειμένης επιφάνειας. Γι' αυτό η χρήση τους είναι αποτελεσματική σε ταχύπλοα με ταχύτητα μεγαλύτερη των 22 κόμβων, διότι σε αυτή την ταχύτητα περίπου το νερό μπορεί να αφαιρέσει τους οργανισμούς που είναι ασθενώς προσκολλημένοι στην επιφάνεια του σκάφους.⁶²

3.2 15 Διαχείριση θαλάσσιου έρματος

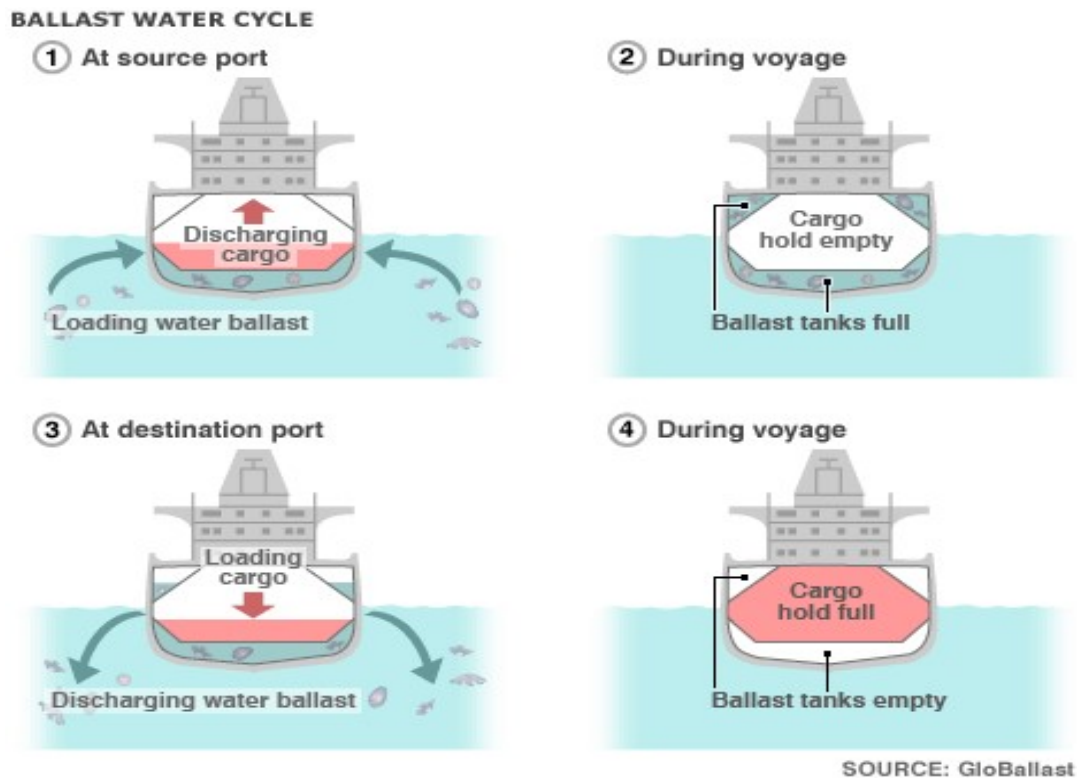
Ένα ακόμη ζήτημα είναι η απόρριψη του νερού έρματος από τα πλοία που μπορεί να έχει αρνητικό αντίκτυπο στο θαλάσσιο περιβάλλον. Πολλοί τύποι πλοίων, όπως κρουαζιερόπλοια, δεξαμενόπλοια, επιβατικά χρησιμοποιούν τεράστιες ποσότητες νερού έρματος, το οποίο συλλέγεται από παράκτια ύδατα και στη συνέχεια απορρίπτεται στο επόμενο λιμάνι.⁶³

61 Candries, M. (2000). Paint systems for the marine industry. Notes to complement the external seminar on antifouling. Department of Marine Technology, University of Newcastle-upon-Tyne, 12/12/2000.

http://www.oocities.org/maxim_candries/Candries-Paint-Review.pdf

62 E. Almeida et al. / Progress in Organic Coatings 59 (2007) 2–20

63 D., Pughiuc (2010) Invasive species: Ballast Water Battles. Seaways, March 2010, 5-7.

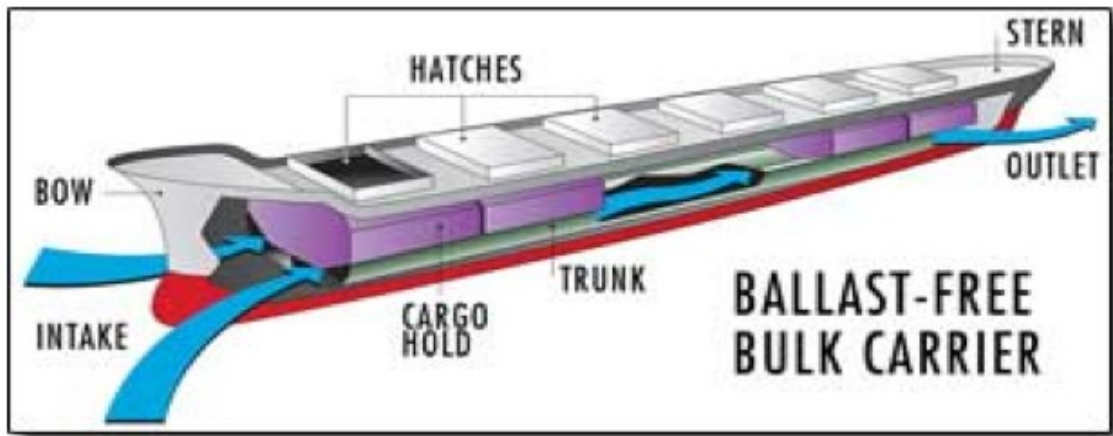


Εικόνα 26 : Κύκλος ερματισμού- αφερματισμού Πηγή : GloBallast

Το έρμα περιέχει ποικιλία βιολογικών ειδών, φυτών, οργανισμών και μικροοργανισμών. Τα είδη αυτά μπορεί να προκαλέσουν εκτεταμένη οικολογική και οικονομική ζημιά σε υδάτινα οικοσυστήματα. Για την αντιμετώπιση τους τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί σχέδια για ναυπήγηση πλοίων που δε θα χρησιμοποιούν θαλάσσιο έρμα (ballast free ships). Ένα πλοίο το οποίο δε θα χρησιμοποιεί έρμα ή κάποιο άλλο αντίστοιχο σύστημα μπορεί να αντιμετωπίσει αυτό το πρόβλημα. Η λειτουργία τους ουσιαστικά απαλείφει την τοποθέτηση επί πλοίου ειδικών φίλτρων, την χρήση υπερϊώδους ακτινοβολίας και χημικών βιοκτόνων για την αντιμετώπιση της μεταφοράς μικροοργανισμών, βακτηρίων και άλλων ασπόνδυλων.

Παρότι η τεχνολογία αυτή είναι ακόμα σε πειραματικό στάδιο, έχει δοκιμαστεί με επιτυχία και θα είναι σίγουρα αναπόσπαστα κομμάτι της τεχνολογίας των πλοίων του μέλλοντος.⁶⁴

64 D., Pughiuc (2010) Invasive species: Ballast Water Battles. Seaways, March 2010, 5-7.



Εικόνα 27 : Πλοίο χωρίς δεξαμενές ζυγοστάθμισης Πηγή : <http://trusglobal.com/>

3.2.16 Εκτίμηση κύκλου ζωής οικολογικού πλοίου

Η εκτίμηση του κύκλου ζωής ενός οικολογικού πλοίου καλύπτει όλες τις διαδικασίες και τις περιβαλλοντικές εκπομπές ξεκινώντας από την εξαγωγή των πρώτων υλών και την παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του μέχρι τη χρησιμοποίησή και την τελική απόσυρση του. Η αρχή του κύκλου ζωής του πλοίου γίνεται με τις πρώτες ύλες με τις οποίες θα κατασκευαστεί το πλοίο. Το επόμενο στάδιο είναι η διαδικασία ναυπήγησής του. Σε αυτό το σημείο τα περιβαλλοντικά ζητήματα σχετικά με την κατασκευή του πλοίου μπαίνουν σε πρώτο πλάνο μιας και κατασκευαστές εξοπλισμού του πλοίου οφείλουν να συμμορφώνονται με τα αυστηρά περιβαλλοντικά πρότυπα κατά το στάδιο του σχεδιασμού του οικολογικού πλοίου. Στη συνέχεια γίνεται ο εξοπλισμός του πλοίου με συστήματα τα οποία είναι σύμφωνα με τους κανονισμούς σχετικά με το περιβάλλον. Σχεδόν το 70% της αξίας του πλοίου είναι ο εξοπλισμός του, γι αυτό και θα πρέπει να διασφαλιστεί πως είναι σύμφωνα με τα πρότυπα ασφαλείας και μπορεί να λειτουργήσει με ασφάλεια και αποδοτικά μέσα στο περιβάλλον. Σειρά έχει η τοποθέτηση ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων και ο αντικειμενικός σκοπός του τομέα ναυπήγησης πλοίων είναι να βελτιωθεί η ενεργειακή αποδοτικότητα κατά 30% βραχυπρόθεσμα. Έχει υπολογιστεί ότι τα πράσινα πλοία μακροπρόθεσμα και ανάλογα με τα χρόνια υπηρεσίας του πλοίου μπορούν να βελτιώσουν την ενεργειακή τους αποδοτικότητα κατά 60%.. Το επόμενο στάδιο του κύκλου ζωής ενός πράσινου πλοίου αφορά την ασφάλεια στη θάλασσα. Η εμπειρία που έχει αποκτηθεί από τη ναυπηγική βιομηχανία εδώ και πολλά χρόνια, έχει οδηγήσει στην κατασκευή ολοένα και πιο ασφαλών πλοίων για τα πληρώματα, τους επιβάτες και το περιβάλλον. Στο σχεδιασμό των συστημάτων ασφαλείας του πλοίου πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες όπως

παραδείγματος χάριν οι σκληρές καιρικές συνθήκες του θαλάσσιου περιβάλλοντος, Ο ειδικός εξοπλισμός μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό παράγοντα για την αποφυγή ατυχημάτων στη θάλασσα. Επιπλέον μέσω της ανάπτυξης και των συστημάτων ασφαλείας, διασφαλίζεται πως θα ελαχιστοποιηθούν οι πιθανότητες ενός ναυτικού ατυχήματος, που θα έχουν ως συνέπεια εκτός από τις απώλειες ζωών και τη θαλάσσια ρύπανση. Στη συνέχεια φυσικά είναι η διαδικασία λειτουργίας του πλοίου στη θάλασσα. Το πλοίο πρέπει να υπόκειται στις τακτικές ετήσιες επιθεωρήσεις αλλά και στην ειδική επιθεώρηση που γίνεται κάθε τέσσερα χρόνια όπου γίνεται και ο δεξαμενισμός του. Η έγκαιρη και σωστή συντήρηση του πλοίου και η συμμόρφωση με τους κανονισμούς που αφορούν το περιβάλλον, εγγυώνται την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητάς του. Τέλος, εφόσον η ωφέλιμη ζωή του πλοίου παρέλθει, ξεκινά το τελευταίο στάδιο του κύκλου ζωής του. Το στάδιο αυτό είναι το στάδιο της απόσυρσης του πλοίου. Κατά την ανακύκλωση του πλοίου ο σχεδιασμός της γάστρας αλλά και των λοιπών συστημάτων, καθώς επίσης και η επιλογή των υλικών διευκολύνει τη διαδικασία. Τα περισσότερα μέρη του πράσινου πλοίου μπορούν να παραμείνουν χρήσιμα και σε καλή κατάσταση ακόμα και μετά τη διάλυση του πλοίου. Συγκεκριμένα το 98% του πλοίου μπορεί να ανακυκλωθεί , ποσοστό που είναι μεγαλύτερο από άλλα μέσα μεταφοράς όπως για παράδειγμα τα αεροπλάνα στα οποία ένα 60% από το σύνολο του αεροσκάφους είναι ανακυκλώσιμο.⁶⁵

4. ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

4.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Οι δραματικές αλλαγές που συντελέστηκαν τα τελευταία χρόνια στο διεθνές θεσμικό πλαίσιο για τη ναυτιλία όπου μπήκαν άμεσα σε εφαρμογή μια σειρά κανόνων σε σχέση με τις εκπομπές CO₂, SO_x, NO_x, τη διαχείριση του θαλάσσιου έρματος καθώς και η αύξηση στις τιμές των καυσίμων κατέστησε τη χρήση νέων τεχνολογιών αναγκαία.

65 Samiotis, G., Charalampous, K. and Tselentis, V. (2013). Recent Developments in the Institutional Framework of Ship Recycling and the Positive Impact on International Ship Dismantling Practices. Spoudai Journal of economics and business, vol. 63, issue 3-4.

Η ανάγκη κατασκευής πλοίων με συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, χρήση εναλλακτικών καυσίμων και απαιτήσεις ασφάλειας έγινε πιο έντονη τα τελευταία χρόνια μιας και εκτός της θέσπισης νέων κανόνων ήρθε και μια καινούρια οικονομική πραγματικότητα να κάνει μεγαλύτερη αυτή την ανάγκη και από οικονομικής πλευράς. Η παγκόσμια οικονομική ύφεση, οι υψηλές τιμές του πετρελαίου αλλά και τα περιορισμένα πλέον αποθέματα ενέργειας και καυσίμων, ώθησαν τη ναυτιλιακή βιομηχανία προς νέες ενεργειακές διεξόδους.

Έτσι λοιπόν ήδη έχουμε μια πρώτη εικόνα για το πως θα είναι μέλλον της ναυτιλίας και τις νέες τάσεις που δημιουργούνται. Η ναυτιλιακή βιομηχανία κατασκευάζει όλο και περισσότερα πλοία που έχουν στόχο την απεξάρτηση από τον άνθρακα και την μείωση της ρύπανσης των θαλασσών και έχει γίνει φανερό πως η νέα τάση θέλει τα νέα πλοία που κατασκευάζονται να είναι πιο οικολογικά, αλλά και πιο οικονομικά. Αυτός λοιπόν ο συνδυασμός που από τη μια ικανοποιεί τις διεθνείς απαιτήσεις για μια πιο φιλική προς το περιβάλλον ναυτιλία και από την άλλη εξασφαλίζει εξοικονόμηση χρήματος από τη ναυτιλιακή βιομηχανία καθιστά τα «οικολογικά πλοία» το μέλλον της ναυτιλίας.

Νέες τεχνολογίες που δημιουργούνται αλλά και άλλες ξεχασμένες για δεκαετίες έρχονται ξανά στο φως με σκοπό την δημιουργία πλοίων που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες μορφές ενέργειας είτε μερικά είτε αποκλειστικά. Οι εταιρίες και οι πλοιοκτήτες έχουν αρχίσει να παίρνουν τα κατάλληλα μέτρα για την αποτροπή της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τις ναυτιλιακές δραστηριότητες. Η ασφάλιση ενός πλοίου παίζει και αυτή μεγάλο ρόλο γιατί, εκτός από τα τεχνικά μέτρα, μέσω της ασφάλισης προστατεύονται οι πλοιοκτήτες από μεγάλες δαπάνες σε περίπτωση ατυχηματικής ρύπανσης και είναι προτιμότερο να δαπανάται ένα μικρότερο ποσό σε ασφάλιστρα κάθε χρόνο παρά ένα τεράστιο σε περίπτωση ρύπανσης ενώ παράλληλα βλέπουμε και το μερίδιο κοινωνικής ευθύνης της βιομηχανίας, απέναντι στην κοινωνία και το περιβάλλον μιας και η ανάπτυξη των οικολογικών πλοίων αποτελεί έναν κινητήριο μοχλό για τις επενδύσεις και την ανάπτυξη.⁶⁶

Ένα παράδειγμα εφοπλιστή που ακολουθεί την προαναφερθείσα τάση των οικολογικών πλοίων είναι ο Πήτερ Γεωργιόπουλος . Η εταιρεία του GENER8 , ολοκληρώνει μέσα στο 2017 ένα πρόγραμμα ναυπήγησης 21 οικολογικών υπερδεξαμενοπλοίων VLCC , τα μεγαλύτερα σε χωρητικότητα πλοία .Έχοντας πουλήσει τα μεγαλύτερης ηλικίας

66 Khoo, Y. K. K., & Ölçer A. İ. (2011).“Life-cycle impact analysis of green ship design/operation alternatives based on environmental and monetary aspects”. International Conference on Technologies, Operations, Logistics and Modelling for Low Carbon Shipping, (LCS 2011),22-24 Ιουνίου, Γλασκόβη, UK

δεξαμενόπλοια που διαθέτε , θα ελέγχει έναν από τους μεγαλύτερους και πιο σύγχρονους στόλους VLCC. Σύμφωνα με τον ίδιο , στον κλάδο των δεξαμενόπλοιων υπάρχει αγορά δύο ταχυτήτων όπου οι ναυλωτές προτιμούν τα οικολογικά πλοία . Σαν αποτέλεσμα , η εταιρεία για δεύτερο συνεχές τρίμηνο έχει εμφανίσει αυξημένα κέρδη κατά 15% από τα οικολογικά της δεξαμενόπλοια συγκριτικά με τα συμβατικά της VLCC . ⁶⁷

Στο οικονομικό σκέλος οι συνθήκες που επικρατούν αυτή τη στιγμή στην αγορά με τις τιμές των ναυτιλιακών καυσίμων αλλά και παράλληλα το κόστος των ναυπηγήσεων, καθιστούν τη ναυπήγηση ενός «οικολογικού πλοίου» βραχυπρόθεσμα ως μη επικερδή επένδυση σε σχέση με τη ναυπήγηση ενός συμβατικού πλοίου και αυτό επειδή το κόστος κατασκευής του είναι σημαντικά μεγαλύτερο. Όπως είναι κατανοητό η πρόκληση για τα ναυπηγεία είναι μεγάλη μιας και με τον τρόπο που λειτουργεί ο νόμος της αγοράς η ταχύτερη αφομοίωση εφαρμογής των καινοτομιών θα προλάβουν τον διεθνή ανταγωνισμό, πράγμα ιδιαίτερα σημαντικό δεδομένου του πολύ δύσκολου οικονομικού κλίματος. Με τις σημερινές τιμές ναυπήγησης «οικολογικών πλοίων» ένας πλοιοκτήτης είναι δεδομένο πως θα ζημιωθεί βραχυπρόθεσμα πληρώνοντας περισσότερα χρήματα από ότι θα πλήρωνε για τη ναυπήγηση ενός συμβατικού πλοίου. Για αυτό και η αγορά της ναυτιλιακής βιομηχανίας θα πρέπει συντεταγμένα να ακολουθήσει το δρόμο της δημιουργίας μιας μακροπρόθεσμης πολιτικής ανάπτυξης της οικονομίας που σαν στόχο της έχει τη μείωση των ρυπογόνων εκπομπών αερίου και την ενέργεια που καταναλώνουν τα πλοία.⁶⁸

Σύμφωνα με τους Clarkson , μία πιθανή εναλλακτική αντί της ναυπήγησης η αγοράς ενός καινούριου οικολογικού πλοίου είναι η εκσυγχρόνηση ενός παλαιότερου . Σε συνδιασμό με το γεγονός ότι η τεχνολογία που εφαρμόζεται στα πλοία δεν έχει αλλάξει πολύ τα τελευταία χρόνια ,μεγάλο μέρος του “ καινούριου ” εξοπλισμού εξοικονόμησης καυσίμου

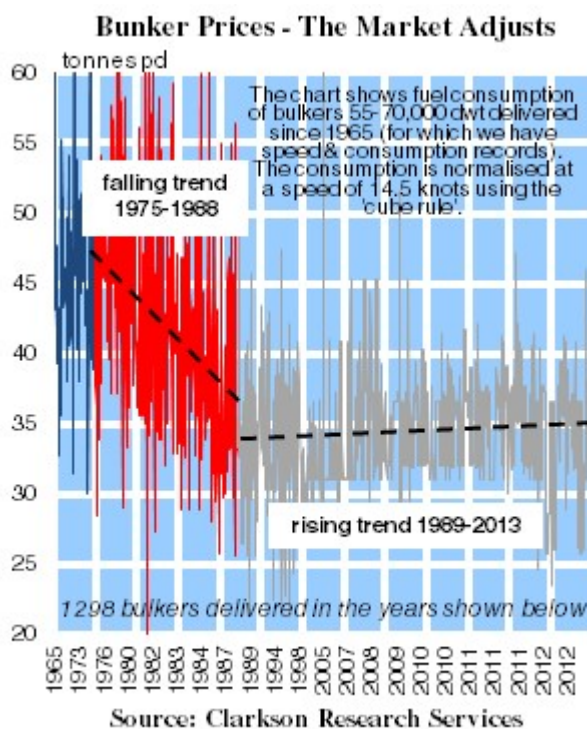
67

<https://www.portcity.gr/index.php/%CF%80%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%BF%CF%81%CE%BF%CF%82/item/8969-%CF%80%CE%AE%CF%84%CE%B5%CF%81-%CE%B3%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B3%CE%B9%CF%8C%CF%80%CE%BF%CF%85%CE%B%CE%BF%CF%82-%CF%87%CE%B1%CF%81%CE%AC%CE%B6%CE%B5%CE%B9-%CE%BD%CE%AD%CE%B1-%CF%81%CF%8C%CF%84%CE%B1-%CE%BC%CE%B5-21-%CF%83%CE%BF%CF%8D%CF%80%CE%B5%CF%81-%CF%84%CE%AC%CE%BD%CE%BA%CE%B5%CF%81>

68 Khoo, Y. K. K., & Ölçer A. İ. (2011).“Life-cycle impact analysis of green ship design/operation alternatives based on environmental and monetary aspects”. International Conference on Technologies, Operations, Logistics and Modelling for Low Carbon Shipping, (LCS 2011),22-24 Ιουνίου, Γλασκόβη, UK

μπορεί να εγκατασταθεί και να αναβαθμίσει τα υπάρχοντα πλοία. Στα χαρτιά , τα καινούρια γενιάς “eco-ships” μπορούν να χτυπήσουν το 10% της κατανάλωσης , αλλά πολλές από τις βελτιώσεις στις οποίες οφείλεται το παραπάνω ποσοστό μπορούν να γίνουν και με τη μορφή αναβάθμισης στα πλοία . Η αγορά φαίνεται να συμφωνεί με τα παραπάνω ανεβάζοντας την τιμή ενός 10-ετούς Panamax μέχρι και 52% από τα τέλη του Σεπτεμβρίου 2013 . Στο μεταξύ , τα καινούρια πλοία αντιμετωπίζουν το κόστος κεφαλαιοποίησης . Παρόλο που το επιτόκιο είναι χαμηλό , τα περιθώρια του τραπεζικού δανεισμού είναι υψηλά και τα επιτόκια ίσως αυξηθούν . Επίσης τα καινούρια πλοία αντιμετωπίζουν μεγάλη υποτίμηση η οποία είναι πολύ επικίνδυνη για να αγνοήσεις .

Με βάση το παρακάτω γράφημα , είναι ενδιαφέρουσα μια μικρή ανάλυση σχετικά με το αν η τα eco-ships είναι πραγματικά καλύτερα και μπορούν να οδηγήσουν τα παλαιότερα πλοία εκτός αγοράς , φέρνοντας έτσι μία ισορροπία .



Γράφημα 4-1 : Γράφημα κατανάλωσης καυσίμου σε σχέση με την παλαιότητα των πλοίων

Πηγή <https://clarksonresearch.wordpress.com/category/eco/>

Το δείγμα αποτελούν 1298 φορτηγά 55-70,000 dwt χρονολογίας 1965 με 2013 . Με μια σταθερή ταχύτητα στους 14.5 κόμβους , παρουσιάζεται η κατανάλωση καυσίμου σε τόνους ανά ημέρα για κάθε γενιά πλοίων . Αυτό που παρατηρείται είναι πως πίσω στη δεκαετία του 1960 , όταν η τιμή του πετρελαίου ήταν \$ 1,80 / βαρέλι και τα καύσιμα ήταν μόνο \$ 17/τονο

,τα πλοία καταναλώναν όλο και περισσότερο . Μέχρι το 1973 , η μέση κατανάλωση ενός φορτηγού ήταν 49.3 τόνοι ανά μέρα . Έτσι , όταν η τιμή του πετρελαίου πήγε στα \$ 10 / βαρέλι το 1973 και \$ 40 το 1979 η βελτίωση ήταν αναγκαία και εύκολα εφικτή . Μέχρι το 1987 η κατανάλωση από τα καινούρια πλοία ήταν 1/3 μικρότερη στους 35.5 τόνους . Μετά απροσδόκητα οι τιμή του πετρελαίου έκανε βουτιά στα \$10 και η οικονομία καυσίμου δεν ήταν πια τόσο θέμα . Η κατανάλωση κατέβηκε στους 33 τόνους το 1990 και άγγιξε τους 30.9 το 2005 , καθώς καινούρια Ιαπωνικά Supramaxes ήρθαν και αργότερα το 2010 πήγε πίσω στους 36 τόνους που πλοία κατασκευασμένα στην Κίνα παραδώθηκαν .

Οι παραπάνω τάσεις αναδεικνυουν τρία ζητήματα . Πρώτον , η κατανάλωση καυσίμου τα τελευταία 20 χρόνια ήταν σχεδόν επίπεδη , πολλά από τα σύγχρονα πλοία είναι λιγότερο αποδοτικά από τις παλαιότερες γενιές . Δεύτερον , η μεγάλη βελτίωση 1975-88 , η οποία ξεκίνησε από τα \$2 το βαρέλι, θα είναι δύσκολο να επαναληφθεί επειδή η τεχνολογία έχει συμπεστεί πολύ τα τελευταία 25 χρόνια . Τρίτον , τη μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου κάνει η χαμηλότερη ταχύτητα και τα καλά παλιά πλοία μπορούν να το επιτύχουν όπως και τα καινούρια .

Τα περισσότερα παλιά πλοία έχουν κατασκευαστεί για να λειτουργούν στους 32-35 τόνους ,δίνοντας σε ένα eco-ship των 28 τόνων ένα πλεονέκτημα 15-20% . Αλλά τα καινούρια πλοία κουβαλούν πολλά κόστη κεφαλαίου και αυτό που μετράει είναι η μακροπρόθεσμη επιστροφή που θα έχει κάποιος στο κεφάλαιό του .

Με βάση τα παραπάνω , είναι πολύ λογικό οι υποψήφιοι επενδυτές να ζορίζονται .⁶⁹

Δημιουργείται έτσι ένα από τα κρίσιμα ρωτήματα που είναι το ποια θα είναι η βραχυπρόθεσμη αντίδραση των πλοιοκτητών. Έχει ενδιαφέρον να αναφέρουμε πως στο φόρουμ των πλοιοκτητών στα Ποσειδώνια το 2014, ένα από τα βασικά θέματα που συζητήθηκαν ήταν και αυτό των οικολογικών πλοίων. Οι περισσότεροι από τους ιδιοκτήτες είχαν την άποψη ότι τα σχέδια των οικολογικών πλοίων των ναυπηγείων είναι ένα τέχνασμα μάρκετινγκ και ότι σε περιόδους κρίσης της αγοράς, όταν η ναυπηγική βιομηχανία είναι σε δυσπραγία λόγω της παγκόσμιας οικονομικής αβεβαιότητας, τότε προκύπτει το ζήτημα των οικολογικών πλοίων, προκειμένου να δελεάσουν τις εταιρείες να παραγγείλουν νέα πλοία. Αυτή η άποψη εκφράστηκε από τους ιδιοκτήτες σε όλο το φάσμα της αγοράς: δηλαδή χύδην

⁶⁹ <https://clarksonresearch.wordpress.com/category/eco/>

ξηρού φορτίου, δεξαμενόπλοια και εμπορευματοκιβωτίων. Έτσι, ο κατακερματισμός της αγοράς είναι σημαντικό ενδεχόμενο που δεν θα πρέπει να αγνοηθεί.⁷⁰

Σημαντικά είναι για αυτό το λόγο και τα κίνητρα που έχουν αρχίσει να παρέχονται από διεθνείς και κυβερνητικούς φορείς για πλοία που έχουν υιοθετήσει την τοποθέτηση φιλικών προς το περιβάλλον εφαρμογών και επιτυγχάνουν τους στόχους μείωσης των αέριων εκπομπών τους. Κάποιες κυβερνήσεις προσφέρουν κίνητρα τα οποία περιλαμβάνουν και δάνεια με μικρότερο επιτόκιο σε όσους πλοιοκτήτες επιχειρούν να αγοράσουν πλοία με πρόβλεψη μείωσης των αέριων ρύπων τους ενώ κάποια λιμάνια έχουν αρχίσει να προσφέρουν χρηματικά κίνητρα σε «πράσινα» πλοία που φτάνουν στα λιμάνια τους σε μια προσπάθεια να προσελκύσει νέα πλοία με μειωμένες εκπομπές. Ένα επιπλέον σημαντικό κίνητρο που βοηθά στο σχεδιασμό πράσινων πλοίων είναι η χρηματοδότηση για τέτοια εγχειρήματα από το κράτος υπό μορφή επιδοτήσεων αλλά ακόμα και κάλυψης ενός μέρους του κεφαλαίου για την επένδυση καθώς επίσης και η παροχή φοροαπαλλαγών και άλλων ενεργειών που αποτελούν κινητήρια δύναμη για την ανάληψη “πράσινων” πρωτοβουλιών από ιδιώτες.⁷¹

Γίνεται λοιπόν φανερό πως οι τρεις κύριοι παράγοντες που θα επηρεάσουν το μέλλον της ναυτιλιακής βιομηχανίας και των «οικολογικών πλοίων» θα είναι καταρχήν, το διεθνές νομοθετικό πλαίσιο και η θέσπιση αυστηρότερων κανόνων που θα υποχρεώσει τη ναυτιλιακή βιομηχανία να ακολουθήσει ταχύτερα τον «πράσινο» δρόμο ακόμα και αν αυτό βραχυπρόθεσμα έχει οικονομική ζημιά για τη βιομηχανία. Δεύτερον, η αύξηση της τιμής των καυσίμων που θα καταστήσει τα «οικολογικά πλοία» πιο ανταγωνιστικά από οικονομικής άποψης μιας και θα έχουν την επιλογή εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Και τέλος η συνεχής τεχνολογική πρόοδος που θα οδηγήσει στην δημιουργία αποδοτικότερου εξοπλισμού που από τη μία θα μειώσει την ρύπανση του περιβάλλοντος και από την άλλη θα μειώσει το κόστος του πλοίου προσφέροντας οικολογικά και οικονομικά οφέλη.⁷²

70 http://www.aegeanoil.com/Uploads/2295/d989_an46_gr.pdf

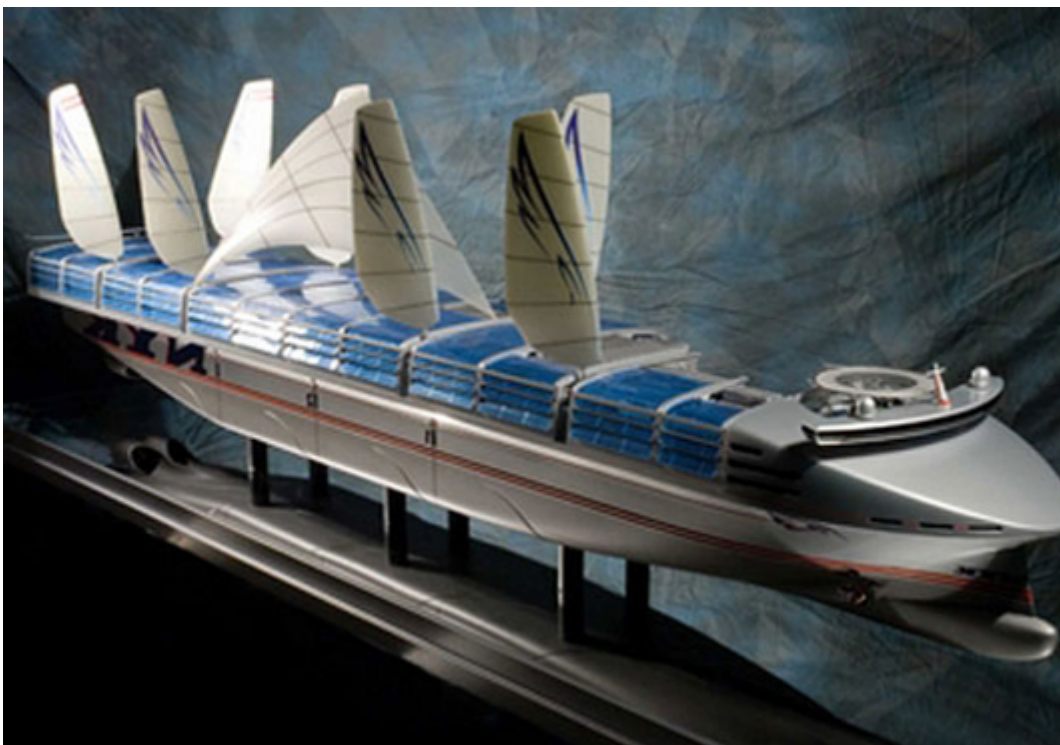
71 Khoo, Y. K. K., & Ölçer A. İ. (2011). “Life-cycle impact analysis of green ship design/operation alternatives based on environmental and monetary aspects”. International Conference on Technologies, Operations, Logistics and Modelling for Low Carbon Shipping, (LCS 2011), 22-24 Ιουνίου, Γλασκόβη, UK

72 Γκιζιάκης Κ., Παπαδόπουλος Α., Πλωμαρίτου Ε. (2006) “Ναυλώσεις” Εκδόσεις Σταμούλη, Β’ έκδοση, σελ. 918-920

4.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστούν ορισμένα παραδείγματα πλοίων που αναμένεται να παίξουν καθοριστικό ρόλο τα επόμενα χρόνια στη μετάβαση σε μια πιο οικολογική και μακροπρόθεσμα οικονομικά συμφέρουσα ναυτιλία

4.2.1 NYK SUPER ECO SHIP 2030



Εικόνα 28 : NYK SUPER ECO SHIP 2030 Πηγή : <http://worldmaritimenews.com/wp-content/uploads/2012/05/NYK-to-Present-Its-Super-Eco-Ship-2030-at-Expo-2012-South-Korea.jpg>

Η παρουσίαση ξεκινά με το NYK SUPER ECO SHIP 2030 το οποίο μόλις ολοκληρωθεί η κατασκευή θα να είναι το πιο οικολογικό φορτηγό πλοίο. Το πλοίο αυτό θα είναι ικανό να ικανοποιήσει την ανάγκη για μείωση εκπομπών μιας και παρά το μήκος των 352 μέτρων θα καταναλώνει 20% λιγότερο καύσιμο από τα αντίστοιχα πλοία ίδιου τύπου και 70% λιγότερους ρύπους CO₂. Σε αυτό θα βοηθάει και η μείωση του βάρους του άφορτου πλοίου που έχει ένα μοντέρνο σύστημα πρόωσης. Το τεράστιο αυτό πλοίο θα είναι σε θέση να εφαρμόσει τους νέους τρόπους για την παροχή ενέργειας μιας και για την πρόωση του θα

χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό από ηλιακή, αιολική ενέργεια και fuel cells. Η έκταση των 31000 τετραγωνικών μέτρων του πλοίου θα είναι καλυμμένη από ηλιακά πάνελ που θα αποδίδουν μέχρι και 9MW που θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ελάχιστες απώλειες εξαιτίας της χρήσης υπεραγωγίων υλικών στα καλώδια του ρεύματος. Παράλληλα θα υπάρχουν 8 αναδιπλούμενα πλήρως αυτοματοποιημένα κατάρτια που θα μπορούν να ξεδιπλώνουν πανιά συνολικής επιφάνειας 4000 τετραγωνικών μέτρων τα οποία σε περίπτωση κακοκαιρίας και παρουσία ισχυρών ανέμων θα βοηθούν στην πρόωση. Σε περίπτωση που οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν επαρκούν το πλοίο θα χρησιμοποιεί fuel cells υγροποιημένου φυσικού αερίου. Όπως βλέπουμε το πλοίο κάνει ένα συνδυασμό εναλλακτικών τρόπων ενέργειας για τους οποίους μιλήσαμε σε προηγούμενα κεφάλαια. Επίσης το εσωτερικό και το εξωτερικό του πλοίου θα είναι πρωτοποριακά σχεδιασμένο με στόχο όχι μόνο τη μείωση της αντίστασης της τριβής αλλά και τη μείωση του χρόνου φορτοεκφόρτωσης του κατά την παραμονή του στο λιμάνι.⁷³

4.2.2 AURIGA LEADER



Εικόνα 29 : Το πλοίο Auriga Leader. Πηγή : <http://www.marineinsight.com/types-of-ships/auriga-leader-the-worlds-first-partially-propelled-cargo-ship/>

73 <http://www.nyk.com/english/csr/envi/ecoship/>

Το υβριδικό πλοίο Auriga Leader, κατασκευασμένο στο ναυπηγείο της Nippon Yusen KK στο Κόμπε, πετυχαίνει το στόχο της εξοικονόμησης καυσίμων και τη μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου αντλώντας μέρος της ενέργειας που χρειάζεται για την κίνηση του από ηλιακούς συλλέκτες ενώ λειτουργεί και με καύσιμο το LNG. Είναι ένα φορτηγό πλοίο σχεδιασμένο για τη μεταφορά έως και 6.400 αυτοκινήτων. Στην 200 μέτρων επιφάνεια του πλοίου είναι τοποθετημένα 328 ηλιακά πάνελ πάνελ μπορούν να παράγουν έως και 40 KW ηλεκτρικής ισχύος, η οποία βοηθά στη μείωση την κατανάλωση του κινητήρα του πλοίου εκτελώντας μια σειρά από βοηθητικές λειτουργίες και συνεπώς, τη μείωση των εκπομπών και το κόστος των καυσίμων. Οι ηλιακοί συλλέκτες βοηθούν το πλοίο να εξοικονομήσει περίπου 12 τόνους ντίζελ ανά ταξίδι, ομολογουμένως, ένα κλάσμα της συνολικής ποσότητας των καυσίμων που χρησιμοποιούνται από τα πλοία αυτά.⁷⁴

4.2.3 VIKING LADY



Εικόνα 31 : Το πλοίο Viking Lady Πηγή : <http://www.e-nautilia.gr/>

Το Viking Lady ήταν το πρώτο πλοίο με μπαταρίες σε κανονική λειτουργία αποδεικνύοντας πως η ιδέα που είχε εφαρμοστεί μερικά χρόνια πριν σε αυτοκίνητα μπορούσε να εφαρμοστεί και στα πλοία ώστε να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών ρύπων και στη

74

http://www.marinetraffic.com/gr/ais/details/ships/shipid:727990/mmsi:564268000/imo:9402718/vessel:AURIGA_LEADER

μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. Ο στόχος αυτός επετεύχθη χάρη στο υβριδικό σύστημα πρόωσης του Viking Lady, το οποίο ήταν και το πρώτο του είδους και μεγέθους του στον κόσμο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό προϋποθέσεις όχι μόνο σε σκάφη της συγκεκριμένης κατηγορίας αλλά και σε καράβια των ακτοπλοϊκών συγκοινωνιών, όπως για παράδειγμα στα πιο σύγχρονα επιβατηγά. Το Viking Lady κάνει συνδυασμό της πετρελαιομηχανής του με τον ηλεκτροκινητήρα από μπαταρίες. Κεντρικό ρόλο έχει μία μπαταρία που εγκαθίσταται στο καράβι, ώστε να αποθηκεύεται σε αυτήν η περίσσεια της ηλεκτρικής ισχύος από τις γεννήτριες του πλοίου. Η γενικότερη φιλοσοφία γύρω από την υβριδική τεχνολογία ενός πλοίου είναι η εξής : Υπάρχει μια κυψέλη καυσίμου (ισχύος 300 kilowatt στην συγκεκριμένη περίπτωση) σε συνάρτηση με ένα σύστημα μπαταρίας το οποίο έχει παρόμοια λειτουργία με αυτήν των υβριδικών αυτοκινήτων με μόνη διαφορά πως υπάρχει ακόμα μεγαλύτερη μείωση εκπομπών αερίων και συνάμα μεγαλύτερη και γρηγορότερη χρηματική απόσβεση από την εξοικονόμηση καυσίμου. Παρότι ναυπηγήθηκε το 2009, το Viking Lady είναι εξοπλισμένο με το υβριδικό σύστημα πρόωσης εδώ κι δύο χρόνια. Το γεγονός ότι μέχρι εκείνη τη στιγμή λειτουργούσε όπως και τα υπόλοιπα πλοία του είδους του, κάνοντας δρομολόγια στην ίδια περιοχή, σημαίνει πως υπάρχει ένα άμεσο μέτρο σύγκρισης. Μέσα σε αυτούς τους δώδεκα μήνες, οι μετρήσεις δείχνουν πως η εξοικονόμηση καυσίμου αγγίζει το 15%, ενώ οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μειώθηκαν κατά 25%. Μάλιστα, ένα τέτοιο φορτηγό πλοίο όχι μόνο θα καταναλώνει 8% λιγότερα καύσιμα για την κίνησή του, αλλά και θα μπορεί επίσης να μεταφέρει 5% περισσότερο φορτίο.⁷⁵

75

http://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:315058/mmsi:259968000/imo:9409675/vessel:VIKING_LADY

4.2.4 TRIPLE E

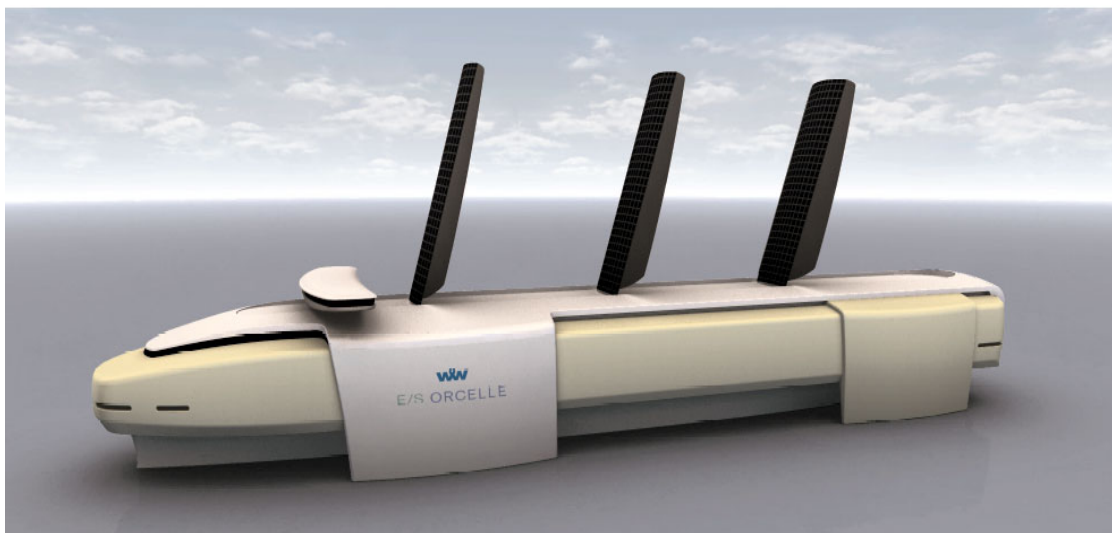


Εικόνα 32 : Το πλοίο Triple E Πηγή : www.pronews.gr/portal/item/triple-e-to-μεγαλύτερο-πλοίο-του-κόσμου-vid

Το Triple E είναι το μεγαλύτερο πλοίο του κόσμου, κατασκευάστηκε στην Κορέα από τη διεθνή ναυπηγική εταιρεία DSME και καταναλώνει 30% λιγότερα καύσιμα από οποιοδήποτε άλλο και έχει μέγεθος όσο το Empire State Building στη Νέα Υόρκη. Το μήκος ενός Triple-E φτάνει τα 400 μέτρα και το πλάτος τα 59 μέτρα, ενώ άδειο ζυγίζει 55.000 τόνους. Το όνομα Triple-E πήρε το όνομα του από τα 3 « Έψιλον» που το χαρακτηρίζουν: Ecology (Οικολογία), Economy (Οικονομία), Energy (Ενεργειακή αποδοτικότητα). Η κατασκευή του πλοίου διαρκεί έναν ολόκληρο χρόνο του και το κόστος κατασκευής αγγίζει τα 185 εκατομμύρια δολάρια με την δανέζικη εταιρία A.P. Møller-Maersk να παίρνει ένα μεγάλο επιχειρηματικό ρίσκο αφού παρήγγειλε 20 τέτοια πλοία από την DSME για μεταφορά κοντέινερ μεταξύ Κίνας και Βόρειας Ευρώπης. Το μήκος του πλοίου είναι σχεδόν 400 μέτρα και η χωρητικότητα του αγγίζει τα 18000 κοντέινερ. Το γεγονός πως τα Triple E να έχουν ύψος 20όροφου κτιρίου και πλάτος μεγαλύτερο από εκείνο ενός αυτοκινητόδρομου σημαίνει πως τα λιμάνια της Ευρώπης είναι υποχρεωμένα να πραγματοποιήσουν ριζικές τροποποιήσεις στις υποδομές τους για να μπορέσουν να τα υποδεχτούν. Παρότι το Triple-E διαθέτει 16% μεγαλύτερη χωρητικότητα από ένα σκάφος E-class, είναι πιο ενεργειακά αποδοτικό. Είναι σχεδιασμένο για μικρότερες ταχύτητες, χρησιμοποιώντας το χαμηλότερο αριθμό στροφών του κινητήρα με τη μεγαλύτερη δυνατή διάμετρο έλικας για να επιτευχθεί χαμηλότερη

κατανάλωση καυσίμου. Χρησιμοποιώντας λιγότερα πτερύγια (τέσσερα σε σύγκριση με έξι) καταφέρνει να έχει λιγότερο βρεγμένη επιφάνεια του έλικα και συνεπώς χαμηλότερη αντίσταση. Το Triple-E χρησιμοποιεί ένα ειδικό κινητήρα εξαιρετικά μεγάλης διαδρομής. Αυτός ο κινητήρας λειτουργεί με χαμηλότερο αριθμό στροφών σε σύγκριση με ένα παραδοσιακό κινητήρα. Χρησιμοποιώντας δύο έλικες απαιτεί δύο κινητήρες σε ένα σκάφος, με τις προδιαγραφές του καθενός να είναι βάρους 910 μετρικών τόνων, ιπποδύναμης 43.000 και η κατανάλωση 168 γραμμαρίων πετρέλαιο ανά Kilowatt που παράγεται. Η ηλεκτρική ενέργεια του πλοίου παράγεται από μια ενσωματωμένη γεννήτρια με υψηλή αποδοτικότητα (στην οποία περιλαμβάνονται αμοστρόβιλοι και αεριοστρόβιλοι) και με αυτόν τον τρόπο η δημιουργούμενη ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται στο πλοίο βοηθά στην πρόωση του μέσω του κινητήρα ατράκτου που τοποθετείται στον στροφαλοφόρο άξονα του κύριου κινητήρα. Το σύστημα πρόωσης του Triple-E έχει φέρει επανάσταση στις μεταφορές σε μεγάλες αποστάσεις έχοντας καταφέρει να συνδυάσει ένα σύστημα πρόωσης αρκετά ισχυρό για να μετακινήσει το πλοίο μέσα στο νερό, αλλά και με τη μέγιστη αποδοτικότητα των καυσίμων.⁷⁶

4.2.5 E/S ORCELLE



Εικόνα 33 : Το E/S Orcelle Πηγή : <http://www.marineinsight.com>

Φιλοδοξώντας να γίνει το πρώτο σχεδιαστικό concept με μηδενικές εκπομπές σε ότι αφορά τα πλοία, το E/S Orcelle χρησιμοποιεί μια ποικιλία των πράσινων τεχνολογιών για να

76 <http://www.maersk.com/en/hardware/triple-e/the-hard-facts/efficient-propulsion>

σχηματίζει ένα σύστημα το οποίο απαλλάσσει την ατμόσφαιρα από όλες τις εκπομπές. Στο σχεδιασμό του, το E/S Orcelel συνδυάζει μορφές ενέργειας που δεσμεύει από πανιά, ηλιακούς συλλέκτες και μετατροπείς κυματικής ενέργειας για την παραγωγή της ενέργειας που απαιτείται από το σκάφος. Η ενέργεια αυτή στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την εξαγωγή υδρογόνου από νερό με τη βοήθεια της τεχνολογίας των κυψελών καυσίμου. Το καύσιμο που προκύπτει είναι ένα καθαρό καύσιμο που μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί. Με αυτόν τον τρόπο, υπάρχουν μηδενικές εκπομπές από το σκάφος και η επακόλουθη ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί αμέσως ή να αποθηκευτεί για να χρησιμοποιηθεί σε στιγμές χωρίς άνεμο, ήλιο ή κύματα.⁷⁷

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το καθαρό περιβάλλον του πλανήτη μας αποτελεί δημόσιο αγαθό και προκειμένου να ζήσουμε σε έναν καθαρό πλανήτη η ναυτιλία από την πλευρά της θα πρέπει να κάνει το δικό της χρέος και να μειώσει τη ρύπανση του περιβάλλοντος που οφείλεται στα πλοία ξεκινώντας με τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Θα πρέπει επίσης να ανακαλύψει νέους τρόπους για την παροχή ενέργειας στα πλοία τα οποία θα πρέπει να σχεδιάζονται με γνώμονα τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις. Είναι όμως γεγονός πως τα οικολογικά πλοία εκτός από τη χρήση τους για σκοπούς περιβαλλοντικής προστασίας θα αποτελέσουν και μια καινούρια σελίδα στη βιομηχανία της ναυτιλίας μιας και τα πλεονεκτήματά τους επεκτείνονται και στα οικονομικά μεγέθη και την εξοικονόμηση χρημάτων.

Η χρήση της τεχνολογίας των οικολογικών πλοίων ξεκινά με στόχο τη μείωση των αερίων εκπομπών και οδηγεί σταδιακά στη μείωση των αερίων ρύπων που διοχετεύονται στο περιβάλλον. Με κίνητρο την οικονομική ύφεση, την αύξηση της τιμής των καυσίμων και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, τα πλοία θα πρέπει να γίνουν περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον αλλά και πιο οικονομικά. Η μείωση των αερίων εκπομπών οδηγεί σε μείωση του οικολογικού αποτυπώματος του πλοίου συνολικά καθώς και στη μείωση του κινδύνου

77 <http://www.marineinsight.com/green-shipping/top-7-green-ship-concepts-using-wind-energy/>

οικολογικής καταστροφής από τα ναυτικά ατυχήματα. Επιπλέον η μείωση των αερίων εκπομπών που συνεπάγεται τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων, μειώνει το κόστος λειτουργίας του πλοίου, καθώς με τη σειρά τους μειώνονται τα λειτουργικά του έξοδα.⁷⁸

Αν και η οικονομική κατάσταση που επικρατεί παγκοσμίως περιορίζει τη χρηματοδότηση νέων τεχνολογιών ωστόσο η αναγκαιότητα περαιτέρω προώθησης των οικολογικών πλοίων αποτελεί αναγκαιότητα εξαιτίας της περιβαλλοντικής αυξανόμενης ανησυχίας. Οι επενδύσεις στην «πράσινη οικονομία» και στις «πράσινες θέσεις εργασίας» αποτελούν μονόδρομο για την διατήρηση της βιωσιμότητας: του περιβάλλοντος και της οικονομίας.

Φυσικά, το να κάνει η ναυτιλία το άλμα και να μπει στο επόμενο μεγάλο κεφάλαιο της ιστορίας της συνεπάγεται επένδυση σε οικολογικά πλοία, την αύξηση των επενδύσεων για επιπλέον ανάπτυξη τόσο σε εθνικό, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, την έρευνα και ανάπτυξη της τεχνολογίας προς την κατεύθυνση κατασκευής πιο ενεργειακά αποδοτικών πλοίων.

Αυτός λοιπόν είναι ένας προβληματισμός που υπάρχει: πέρα από τα πλεονεκτήματα που αναμφισβήτητα προκύπτουν από τη χρήση οικολογικών πλοίων τα πράσινα πλοία είναι σε πειραματικό στάδιο και η απόδοση τους θα κριθεί στη θάλασσα. Το βασικότερο ερώτημα όμως είναι αν και κατά πόσο είναι δυνατόν να υπάρξει ομαλή μετάβαση χωρίς υψηλό κόστος από το επίπεδο της έρευνας στην αγορά. Η παγκόσμια οικονομική κρίση του 2008 μείωσε τα επόμενα χρόνια κατά 50% τις κατασκευές πλοίων, αλλά παράλληλα έδειξε πόσο μεγάλη είναι η ανάγκη της αγοράς να στραφεί σε οικονομικότερα πλοία που παράλληλα καλύπτουν το διεθνές αίτημα για φιλικότερα προς το περιβάλλον πλοία. Δεν είναι τυχαίο πως η Ευρωπαϊκή Ένωση πρόσφατα προσέφερε 200 εκατομμύρια ευρώ για την έρευνα πάνω στο συγκεκριμένο τομέα, με στόχο την κατάργηση του άνθρακα και την εξάλειψη του CO₂.⁷⁹

Ωστόσο με όλο και περισσότερες χώρες και ναυπηγεία να προσανατολίζονται προς την κατασκευή οικολογικών πλοίων είναι φανερό πως η νέα τάση είναι υπαρκτή και όχι μόνο σε θεωρητικό επίπεδο αλλά στην πράξη. Σίγουρα ο μετασχηματισμός της ναυτιλίας σε “οικολογική” θα αποτελέσει μια χρονοβόρα και οικονομικά δαπανηρή διαδικασία. Η μετάβαση αυτή προϋποθέτει τη μετατόπιση από τη χρήση ορυκτών καυσίμων στις μεταφορές, προς τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών σχεδιαστικών λύσεων και τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αν και μέχρι σήμερα η χρήση των ανανεώσιμων πηγών

78 <http://www.marineinsight.com/green-shipping/top-7-green-ship-concepts-using-wind-energy/>

79 Stopford, M. (2009). *Maritime economics*. London: Routledge.

ενέργειας στη «ενεργειακή σύνθεση» της ναυτιλίας είναι περιορισμένη οι κατασκευαστές συνεχίζουν όλο και περισσότερο βελτιώνουν τον σχεδιασμό των πλοίων ενώ οι πιλοτικές εφαρμογές φέρνουν ενθαρρυντικά αποτελέσματα Βέβαια δεν πρέπει να αγνοούνται και τα εμπόδια που επιδρούν ανασταλτικά στην αύξηση της διείσδυσης των λύσεων που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην ναυτιλία. Τόσο η έλλειψη εμπορικής βιωσιμότητας τέτοιων συστημάτων όσο και η ύπαρξη διαφορετικών κινήτρων μεταξύ των ιδιοκτητών και των διαχειριστών των πλοίων έχουν αποτέλεσμα στην καθυστέρηση της ανάπτυξης καθαρών ενεργειακά λύσεων στον τομέα.

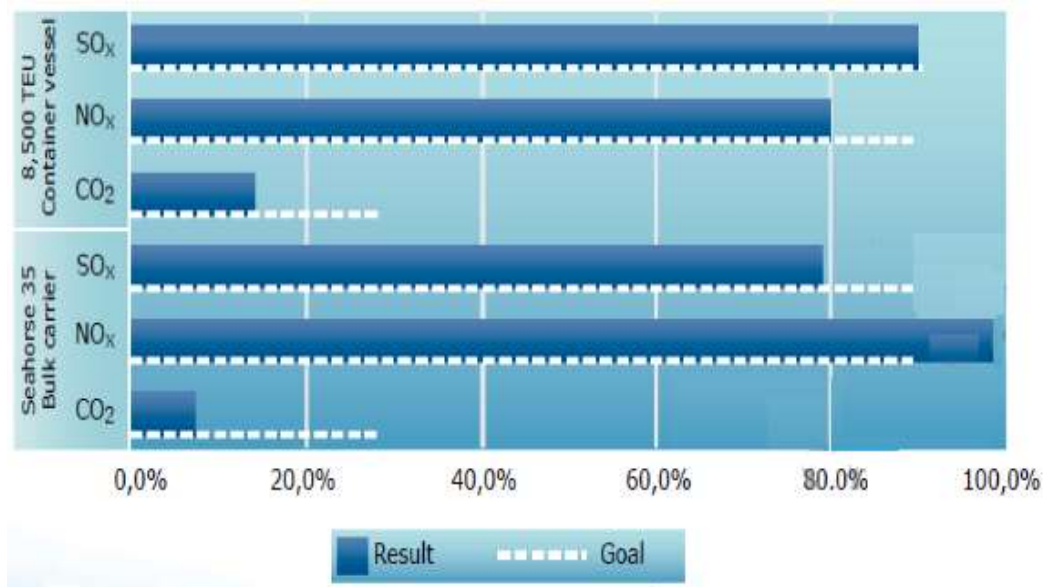
Ο προσεκτικός σχεδιασμός της μετάβασης από τα ορυκτά καύσιμα σε καθαρές ενεργειακά λύσης αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη των οικολογικών πλοίων. Ακόμη σημαντικό στοιχείο αποτελεί και η δημιουργία και υλοποίηση υποστηρικτών πολιτικών και η παροχή κινήτρων για την προώθηση της έρευνας, της καινοτομίας με στόχο την εμπορική βιωσιμότητα για τις λύσεις ανανεώσιμης ενέργειας στη ναυτιλία. Σημαντικό ρόλο παίζει και θα συνεχίσει και στο μέλλον να παίζει ο ρόλο και η δράση του IMO οποίος με τους κανονισμούς του θα καθορίσει το σχεδιασμό των μελλοντικών πλοίων και τη βελτίωση και μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση των νέων τεχνολογιών ώστε εκείνες να είναι σύμμαχος στη προσπάθεια μείωσης ρύπανσης του περιβάλλοντος.⁸⁰

Η μετάβαση της ναυτιλίας στην «πράσινη» εποχή της μπορεί να είναι ακόμα στο πρώιμο στάδιο της και να κάνει τώρα τα πρώτα της βήματα από το θεωρητικό επίπεδο σε εκείνο της παγκόσμιας αγοράς ωστόσο με την τεχνολογία να εξελίσσεται με γεωμετρική πρόοδο δεν θα αργήσει να έρθει η στιγμή που ναυτιλία θα έχει αρκετά διαφορετικό πρόσωπο. Θα έχει λοιπόν ενδιαφέρον αν η παγκόσμια αγορά, που πάντα λειτουργεί ανταγωνιστικά και με το φόβο πως όποιος δεν επενδύσει νωρίς στις τεχνολογίες του αύριο ίσως μείνει πίσω στη μελλοντική οικονομική πραγματικότητα, θα αντιδράσει με τρόπο που αυτή μετάβαση θα γίνει στα αμέσως επόμενα χρόνια. Οι προϋποθέσεις για μια βιώσιμη ναυτιλία με χρήση ανανεώσιμης ενέργειας, έχουν ήδη χαραχθεί. Εκτενέστερες πληροφορίες μπορούν να βρεθούν στις ακόλουθες ερευνητικές μελέτες: (DNV, 2014), (Lloyds Register and UCL, 2014), (Smith et al., 2014a), (EffShip, 2013a), (RoyalAcademy of Engineering, 2013), (Sustainable Shipping Initiative, 2013), (Ecofys, 2012b), (Forum for theFuture, 2011).

Τέλος είναι αναγκαίο να αναφερθεί ότι σε ακαδημαϊκό επίπεδο υπάρχει ένας συνεχής διάλογος σχετικά με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών για τη μείωση των εκπομπών ρύπων

80 Stopford, M. (2009). *Maritime economics*. London: Routledge.

των πλοίων. Υπάρχουν πολλές έρευνες πανεπιστημίων και άλλων φορέων που καταπιάστηκαν με το ζήτημα. Η παρούσα εργασία θα επικεντρωθεί στην παρουσίαση αποτελεσμάτων από το πρόγραμμα Hercules. Το πρόγραμμα κράτησε 43 μήνες ενώ χωρίστηκε σε 54 υποπρογράμματα.⁸¹



Πίνακας 3: Αποτέλεσμα της μείωσης των αέριων ρύπων σε σύγκριση με τους στόχους.

Πηγή: Green Ship of the Future

www.greenship.org/lowemissionconceptstudy/8500teucontainervesselstudy/

⁸¹<http://www.greenship.org/fpublic/greenship/dokumenter/Downloads%20%20maga/Concept%20studies%20-%20FINAL/GSF%20Bulk%20Carrier%20Concept%20Study%20-%20FINAL.pdf>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Αυγουστίδη Βάλια, (Ιούνιος 2010), «Κλιματική αλλαγή, αρχίζοντας από τα βασικά», Περιοδικό “Maritech News”
- Βλάχος Γ.,(2007), «Διεθνής Ναυτιλιακή Πολιτική» Β έκδοση, Αθήνα. Εκδ. Σταμούλης • Γκιζιάκης Κ., Παπαδόπουλος Α., Πλωμαρίτου Ε. (Αθήνα 2006) “Ναυλώσεις” Εκδόσεις Σταμούλης, Β’ έκδοση σελ, 918-920.
- Γκιζιάκης Κ., Παπαδόπουλος Α., Πλωμαρίτου Ε. (2006) “Ναυλώσεις” Εκδόσεις Σταμούλης, Β’ έκδοση,σελ. 918-920
- Κολλιναίτης Ιωαν. (2006 - Α’ έκδοση 1982) «Ναυπηγία», Πειραιάς, Εκδ. Ναυτικών και Τεχνικών βιβλίων • Παρδάλη Ι. Αγγελική, (2007) «Οικονομική και Πολιτική των Λιμένων» Αθήνα, Εκδόσεις Σταμούλης
- Περιοδικό “Maritech News” (Ιούνιος 2010), «Αέρια Ρύπανση και Ναυτιλία», σελ. 76
- Περιοδικό Maritech News (Ιούνιος 2010) “Fouling vs Anti-fouling” (MER 1996b)
- Τσελέντης Β. (2009) «Απαγόρευση χρήσης TBT Υφαλοχρωμάτων – Επιπτώσεις στη Ναυτιλία»
- Τσελέντης Β. (2008), «Διαχείριση θαλάσσιου περιβάλλοντος και ναυτιλία», Πειραιάς, Εκδ. Σταμούλης
- ΣακελλαριάδουΦ.(2013),«Ρύπανση και Ναυτιλία»

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Asariotis R., H. Benamara, (2012) “Maritime Transport and the Climate Change Challenge”, pp. 92.
- Candries, M. (2000). Paint systems for the marine industry. Notes to complement the external seminar on antifoulings. Department of Marine Technology, University of Newcastle-upon-Tyne,12/12/2000. http://www.oocities.org/maxim_candries/Candries-Paint-Review.pdf. http://www.oocities.org/maxim_candries/Candries-Paint-Review.pdf
- Ken Knany, Keith Frasher: “Fuel Cell Electronics Packaging”, Springer, 2007.
- Khoo, Y. K. K., & Ölçer A. İ. (2011).“Life-cycle impact analysis of green ship design/operation alternatives based on environmental and monetary aspects”. Interna-

tional Conference on Technologies, Operations, Logistics and Modelling for Low Carbon Shipping, (LCS 2011),22-24 Ιουνίου, Γλασκόβη, UK

- Stopford, Martin, «Maritime Economics», London: Rutledge, 2009
- Collins n.: «The Essential Guide to Chartering and the Dry Freight Market» 2000.
- Hayashi Y., Rothengatter W., Schade W. (2011), “Transport Moving to Climate Intelligence: New Changes for Controlling Climate Impacts of Transport after the Economic Crisis”
- Hodge G. G., Mattick D. J. (1998), “The Electric Warship III”, Trans IMarE, Vol. 110, Part 2, pp.119-134.
- J.G.C.C. Jacobs, *Nuclear Short Sea Shipping; The integration of a helium cooled reactor in a 800 TEU container feeder*, Delft (2007). Direct supervisor Hugo Grimmelius
- Moller A. P. – Maersk Vessels (2007), “Environmental Report”
- Patel M. R. (2012). “Shipboard Propulsion, Power Electronics and Ocean Energy”, pp. 254.
- Pughiuc D., (2010). Invasive species: Ballast Water Battles. Seaways, March 2010, 5-7.
- Samiotis, G., Charalampous, K. and Tselentis, V. (2013). Recent Developments in the Institutional Framework of Ship Recycling and the Positive Impact on International Ship Dismantling Practices. Spoudai Journal of economics and business, vol. 63, issue 3-4.
- Spyrou A.G. (2010) “Global Climate Change and the Shipping Industry”.
- Tzannatos S. Ernestos, “Ship Technical Efficiency”, University of Piraeus

ΑΡΘΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- www.environmentalshipindex.org/Public/Home
- World's First Solar-Power-Assisted Vessel Further Developed -Car Carrier Auriga Leader to be Fitted with Hybrid Power Supply System and Ballast-Water Management System, and Adapted to Use Low-Sulfur Fuel
- http://www.nyk.com/english/release/1414/NE_110525.html
- Naftemporiki,(2010), άρθρο «Τεχνολογική αναζήτηση για «πράσινα» LNG Carriers».

- «Το μεγαλύτερο πλοίο στον κόσμο είναι οικολογικό...»
www.pronews.gr/portal/item/triple-e-to-μεγαλύτερο-πλοίο-του-κόσμου-vid
- Aquarius MRE - Wind and Solar Power for Ships, Renewable Energy for Greener Shipping, <http://www.ecomarinepower.com/en/wind-and-solar-power-for-ships>
- Murky waters: the hidden environmental impacts of your cruise, <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2015/jan/05/cruise-ship-holidays-environmental-impact>
- UNCTAD, Review of Maritime Transport, 2013, http://unctad.org/en/publicationslibrary/rmt2013_en.pdf
- MAN-Diesel, 2011. Improved Efficiency and Reduced CO2. http://marine.man.eu/docs/librariesprovider6/technical-papers/5510-0068-01ppr_low12553af0bf5969569b45ff0400499204.pdf?sfvrsn=8
- IPCC Report «Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability»
- <http://www.marineinsight.com/future-shipping/maersks-triple-e-vessels-the-worlds-largest-container-ships-might-change-the-face-of-shipping-industry/>
- Donner, P. (2010). Ballast water treatment ashore – Better for the environment and for seafarers. WMU Journal of Maritime Affairs
- Air pollution from ships, <https://www.transportenvironment.org/what-we-do/shipping/air-pollution-ships>
- <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Index-of-MEPC-Resolutions-and-Guidelines-related-to-MARPOL-Annex-VI.aspx>
- Environmental Defense Fund, 2011, <https://www.edf.org/annual-reports/2011>
- Environmental Defense Fund, 2012, <https://www.edf.org/annual-reports/2012>
- Environmental Defense Fund, 2013, <https://www.edf.org/annual-reports/2013>
- Environmental Defense Fund, 2014, <https://www.edf.org/annual-reports/2014>
- “What is an Eco-ship?” https://www.bimco.org/Education/Seascapes/Questions_of_shipping/2013_09_19_What_is_an_ECO_ship.aspx
- Renewable Energy on Modern Ships, <http://www.ecomarinepower.com/en/aquarius-eco-ship>
- <http://www.nyk.com/english/csr/envi/ecoship/>
- Do Eco-Ships Make Sense?, <http://gcaptain.com/eco-ships-sense/>

- The eco -ship debate: will it make or break the shipping industry?, <https://www.marinemoney.com/sites/all/themes/marinemoney/forums/IST13/presentations/Georgios%20M.%20Teriakidis.pdf>
- Eco-ship is 'difficult to define', <http://www.worldbunkering.com/news/industry-news/1440-eco-ship-is-difficult-to-define.html>
- Shipping industry sails towards environmentally friendly future, <http://www.theneweconomy.com/business/shipping-industry-sails-towards-environmentally-friendly-future>
- Το πρώτο πλοίο ηλιακής ενέργειας κάνει το γύρο του κόσμου, <http://www.elint.org.gr/news/articles/2-first-solar-powered-ship-around-the-globe.html>
- What is Azipod Propulsion System on Ship?, <http://www.marineinsight.com/marine-electrical/what-is-azipod-propulsion-system-on-ship/>
- The Azipods Used to Propel the World's Largest Cruise Ships, <http://gcaptain.com/video-the-azipods-used-propel-the-worlds-largest-cruise-ships/>
- Fuel Cells for Greener Shipping, www.fuelcelltoday.com/analysis/analyst-views/2012/12-12-05-fuel-cells-for-greener-shipping
- The Dawn of Hydrogen, <http://shipandbunker.com/news/features/fathom-spotlight/297814-the-dawn-of-hydrogen>
- Prevention of Air Pollution from Ships, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx>
- <http://www.nyk.com/english/csr/envi/ecoship/>
- Κατασκευαστική εξέλιξη συστημάτων πλοίων, <http://elzoni.gr/html/ent/459/ent.42459.asp>
- Use of Biofuels in Shipping, <http://www.biofuelstp.eu/shipping-biofuels.html>
- Biofuel potential for shipping, <http://www.ecofys.com/en/project/biofuel-potential-for-shipping/>
- Πρόληψη περιβαλλοντικής ρύπανσης από πλοία, <http://www.nee.gr/downloads/94EEE%20pollution%20prevention%20brochure.pdf>
- LNG as ship fuel, A focus on the current and future use of LNG as fuel in shipping, <https://www.dnvgl.com/maritime/lng/index.html>
- Why Shippers Are Turning to LNG-Powered Vessels, <http://www.aogr.com/web-exclusives/exclusive-story/lng-emerging-as-fuel-of-choice-for-vessels-ferries>

- LNG Emerging As Fuel Of Choice For Vessels, Ferries, <http://www.aogr.com/web-exclusives/exclusive-story/lng-emerging-as-fuel-of-choice-for-vessels-ferries>
- Anti-fouling systems, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Anti-foulingSystems/Pages/Default.aspx>
- How Ballast Water Treatment System Works?, <http://www.marineinsight.com/tech/how-ballast-water-treatment-system-works/>
- Ballast Water Management Convention to enter into force on 8 September 2017, <http://www.hellenicshippingnews.com/ballast-water-management-convention-to-enter-into-force-on-8-september-2017/>
- How Air Lubrication System for Ships Works?, <http://www.marineinsight.com/green-shipping/how-air-lubrication-system-for-ships-work/>
- Dual-Fuel Marine Engine (Highly Reliable Environmentally Friendly Engine), https://www.yanmar.com/global/technology/technical_review/2015/0727_2.html
- Dual Fuel Marine Engines used on-board Ships, <http://marineengineeringonline.com/dual-fuel-marine-engines-used-board-ships/>
- Wind and Solar Power for Ships: Renewable Energy for Greener Shipping, <http://www.hellenicshippingnews.com/wind-and-solar-power-for-ships-renewable-energy-for-greener-shipping/>
- World's First Cargo Ship Propelled by Solar Panels, <http://inhabitat.com/auriga-leader-cargo-ship-gets-power-from-solar-panels/>
- Shipyards' eco designs are a marketing gimmick, say owners. <https://www.loydslist.com/ll/sector/ship-operations/article400038.ece>
- The eco-ship question, retrofits and a two-tiered market, <http://www.seatrade-maritime.com/news/europe/the-eco-ship-question-retrofits-and-a-two-tiered-market.html>
- Auriga Leader, The World's First Partially Propelled Cargo Ship, <http://www.marineinsight.com/types-of-ships/auriga-leader-the-worlds-first-partially-propelled-cargo-ship/>
- World's First Solar-Power-Assisted Vessel Further Developed -Car Carrier Auriga Leader to be Fitted with Hybrid Power Supply System and Ballast-Water Management System, and Adapted to Use Low-Sulfur Fuel. http://www.nyk.com/english/release/1414/ne_110525.html

- Viking Lady Offshore Supply Vessel, Norway, <http://www.ship-technology.com/projects/viking-lady/>
- Triple-E Class Container Ships, Denmark, <http://www.ship-technology.com/projects/triple-e-class/>
- Triple-E: The largest, most efficient ship in the world, <http://www.maerskline.com/zhsg/shipping-services/dry-cargo/our-network/triple-e-card-cascading>
- Maersk Triple-E – A Detailed Look At The World’s Biggest Ship, <http://gcaptain.com/maersk-triple-e-detailed/>
- Harnessing the sun, the wind and the sea with E/S Orcelle, <https://www.theengineer.co.uk/issues/9-may-2011/harnessing-the-sun-the-wind-and-the-sea-with-es-orcelle/>
- E/S Orcelle Container Ship: “Delivering The Future Ahead of Schedule”, <http://www.cooperhewitt.org/2010/07/15/es-orcelle-container-ship-delivering-the-future-ahead-of-schedule/>
- Eco-ships: A lifeline for Shipbuilders?, <http://www.safety4sea.com/eco-ships-a-lifeline-for-shipbuilders/>
- ECO ships could lead to a two-tier freight market in the future, <http://www.hellenicshippingnews.com/eco-ships-could-lead-to-a-two-tier-freight-market-in-the-future/>
- www.portcity.gr
- <https://clarksonresearch.wordpress.com/category/eco/>
- <https://eclass.unipi.gr/modules/document/document.php?course=NAS118&openDir=/4adde4a4tzmc>

