

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ στην ΝΑΥΤΙΛΙΑ

«ΝΕΟΙ ΚΑΝΟΝΙΜΟΙ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ. ΤΟ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ – ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ SCRUBBERS (ΠΛΥΝΤΡΙΔΩΝ) ΚΑΙ Η ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΤΕΡΗΣ ΛΥΣΗΣ»

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ ΑΜΑΛΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ

12^{ος} κύκλος σπουδών

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

Πειραιάς

Σεπτέμβριος 2017

Δήλωση Αυθεντικότητας / Ζητήματα Copyright

«Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημασίας 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».

Σελίδα Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής

«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:

- Ευστράτιος Παπαδημητρίου
- Ερνεστοσπυρίδων Τζαννάτος
- Κωνσταντίνος Χλωμούδης

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

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ευστράτιο Παπαδημητρίου, καθηγητή του τμήματος Ναυτιλιακών σπουδών στο Πανεπιστήμιο Πειραιώς και κάτοχο Phd στο σχεδιασμό και τη μηχανική των μεταφορών, για την πολύτιμη συμβολή του στην ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας και την υπομονή που έδειξε καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης του θέματος. Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες μου στον κ. Σταύρο Χατζηγηγόρη, Γενικό διευθυντή της εταιρείας Maran Gas Maritime Inc. για την αμέριστη βοήθεια που μου παρείχε καθώς και για τις πληροφορίες που μου παρέθεσε σχετικά με το θέμα της εργασίας. Τέλος, τις θερμότερες ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω στην οικογένειά μου αλλά και του συναδέλφους μου στην εταιρεία Maran Gas Maritime Inc., ειδικότερα την DPA της εταιρείας, Δέσποινα Μουστάκα, που με στήριξαν ειδικά κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας μου.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία, έχει σαν κύριο στόχο να ερευνήσει ποια είναι η οικονομικότερη αλλά και η πρακτικότερη μέθοδος μείωσης των εκπομπών οξειδίων του θείου από τα πλοία στην ατμόσφαιρα. Συγκεκριμένα, η επιβολή των νέων κανονισμών της MARPOL, ANNEX VI επιβάλλει την μείωση των εκπομπών σε συγκεκριμένες περιοχές λειτουργίας (SECA areas) με απώτερο στόχο την εξάλειψη των αέριων ρύπων οι οποίοι προκαλούν μόλυνση στο περιβάλλον αλλά και έχουν αρνητικές συνέπειες στην υγεία του ανθρώπου. Για το λόγο αυτό και θέλοντας να καταλήξουμε σε ένα συμπέρασμα, θα μελετήσουμε τις μεθόδους με τις οποίες ασχολείται η ναυτιλία την περίοδο αυτή. Συνοπτικά, αυτές είναι η χρήση καυσίμου με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (Low Sulphur Fuel Oil) και μελλοντικά η χρήση καυσίμου με σχεδόν μηδενική περιεκτικότητα σε θείο (Marine Gas Oil / Marine Diesel Oil) αλλά και η τοποθέτηση συστημάτων καθαρισμού των καυσαερίων, οι λεγόμενες «πλυντρίδες» (Scrubbers) από τα οξείδια του θείου. Η εύρεση της οικονομικότερης λύσης κρίνεται απαραίτητη καθώς ελλοχεύει ο φόβος μετακίνησης φορτίου από τα πλοία σε άλλα μεταφορικά μέσα (φορτηγά, υπερσιβηρικός σιδηρόδρομος) καθώς η χρήση καθαρότερων συνεπώς και ακριβότερων καυσίμων ή η τοποθέτηση πλυντρίδων θα συνεπάγεται αύξηση του κόστους λειτουργίας των πλοίων.

Λέξεις – κλειδιά

Φυσικό άεριο, εκπομπές θείου, περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών, περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών διοξειδίου του θείου, πλυντρίδες, εναλλακτικά καύσιμα, καύσιμα με σχεδόν μηδενική περιεκτικότητα σε θείο, καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός

Abstract

The aim of this paper is to investigate which is the most economical and practical way to reduce SOX emissions from ships to the atmosphere.

More specifically, the enforcement of new terms of MARPOL, ANNEX VI which establish the reduction of emissions at specific areas (SECA areas) with the intention of removing air emissions which create environmental pollution and have negative impact on people's health. For that reason and as we want to reach a conclusion, we will analyse the ways that shipping deals with this during this period of time. Briefly, these are: use of Ultra Low Sulphur Fuel Oil and in the future use of Marine Gas oil/Marine Diesel Oil and installation of scrubbers of SOX emissions. The finding of the best and most economical solution is mandatory as there is a big threat of moving to other ways of transferring cargos, from ships to other more economical ways (cargo trains, Trans-Siberian Railway) as the use of cleaner and as a result more expensive fuels or installation of scrubbers will have as a result the increase of ships' operating costs.

Keywords

Liquefied Natural Gas (LNG) fuel, SOX emissions, SECA-ECA areas, scrubbers, conventional fuels, Marine Gas Oil (MGO), Ultra Low Sulphur Fuel Oil (ULSHFO), International Maritime Organization (IMO)

Περιεχόμενα

| | |
|---|-----------|
| Λίστα πινάκων | 10 |
| Λίστα σχημάτων..... | 10 |
| 1. Εισαγωγή | 1 |
| 1.1 Οι επιπτώσεις των αέριων ρύπων στο κλίμα και την ανθρώπινη ζωή..... | 2 |
| 1.2 Αέρια και το φαινόμενο του θερμοκηπίου | 3 |
| 1.3 Η συμβολή της ναυτιλίας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου | 7 |
| 1.4 Βασικά σημεία | 12 |
| 2. Περιοχές ECA | 13 |
| 2.1 Ρυθμιστικό πλαίσιο για την εκπομπή ρύπων στον κλάδο της ναυτιλίας | 17 |
| 2.2 Διεθνείς οργανισμοί και φορείς για την αντιμετώπιση της εκπομπής ρύπων .. | 17 |
| 2.3 Αντιμετώπιση ρύπων στον κλάδο της ναυτιλίας από διαφορετικές οπτικές γωνίες..... | 20 |
| 2.4 Πρόσφατες τροποποιήσεις στο κανονιστικό πλαίσιο του IMO, σχετικά με τις εκπομπές ρύπων από τα πλοία | 24 |
| 3. Χρήση καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (change over) | 26 |
| 3.1 Βαρύ καύσιμο και κανονισμός MARPOL Annex VI | 26 |
| 3.2 Κανονισμός MARPOL σχετικά με τη χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο..... | 28 |
| 3.3 Μειονεκτήματα καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο..... | 29 |
| 3.4 Διαδικασία ‘change-over’ των βαρέων καυσίμων..... | 32 |
| 3.5 Οι μελλοντικές επιπτώσεις της χρήσης καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο..... | 34 |
| 4. Χρήση LNG (υγροποιημένο φυσικό αέριο) ως εναλλακτικό καύσιμο στα πλοία | 43 |
| 4.1 Βασικά στοιχεία υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο για πλοία.... | 45 |
| 4.2 Διαδικασίες εφοδιασμού του φυσικού αερίου ως καύσιμο στα πλοία..... | 48 |
| 4.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο στη ναυτιλία | 50 |
| 4.4 Παραδείγματα χρήσης υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο στη ναυτιλία..... | 53 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.5 | Οι προοπτικές χρήσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως βασικό καύσιμο έναντι των συμβατικών καυσίμων..... | 55 |
| 4.6 | FSRU..... | 57 |
| 4.6.1. | Τυπικές παράμετροι απόδοσης των FSRU..... | 61 |
| 4.7 | Παράδειγμα LNG Ready σε VLCC ναυτιλιακής εταιρείας | 61 |
| 5. | Εφαρμογή τεχνολογικών λύσεων για τη μείωση των εκπομπών βλαβερών ρύπων οξειδίων του θείου στον κλάδο της ναυτιλίας..... | 63 |
| 5.1. | Χρήση των scrubbers | 63 |
| 5.2 | Συστήματα αποθείωσης υγρού τύπου | 65 |
| 5.3 | Συστήματα αποθείωσης ξηρού τύπου | 69 |
| 5.4 | Εξελίξεις στον τομέα ναυτιλίας σχετικά με τον περιορισμό των ρύπων | 71 |
| 5.5 | Η επίδραση της επιλογής καυσίμου στον κλάδο της ναυτιλίας..... | 73 |
| 5.6 | Νέα τεχνική κατασκευής κυλίνδρου στα συστήματα καυσίμου στα πλοία | 75 |
| 6. | Οικονομικές επιπτώσεις των νέων κανονισμών περί εκπομπής ρύπων (IMO) | |
| 6.1 | Οικονομική ανάλυση και κόστος εγκατάστασης των μονάδων αποθείωσης καυσίμου (scrubbers)..... | 80 |
| 6.2 | Οικονομική ανάλυση εγκατάστασης scrubbers σε δύο VLCC ναυτιλιακής εταιρείας | |
| 6.3 | Άμεσες συνέπειες στη ναυτιλία | 85 |
| 6.4 | Βασικά σημεία | 88 |
| 7 | Διαχείριση μείωσης κατανάλωσης καυσίμου..... | 90 |
| 7.1. | Σύγκριση εναλλακτικών τεχνικών | 90 |
| 7.2. | Τεχνικές μείωσης κατανάλωσης πετρελαίου..... | 94 |
| 7.2.1. | Οικονομική ανάλυση του cold ironing | 96 |
| 7.2.2. | Οικονομική ανάλυση του boss cap fins..... | 99 |
| 7.2.3. | Οικονομική ανάλυση του LNG..... | 102 |
| 7.2.4. | Τάσεις και μελλοντικές επιλογές..... | 106 |
| 8. | Οι θέσεις της ελληνικής ναυτιλίας σχετικά με τα εναλλακτικά καύσιμα.... | 108 |
| 9. | Συνέντευξη με τον Γενικό Διευθυντή της Maran Gas Maritime..... | 119 |
| 10. | Επίλογος..... | 121 |

Λίστα πινάκων

| | |
|--|-----|
| Πίνακας 1 - Ειδικές περιοχές ρύπων σύμφωνα με τον IMO | 13 |
| Πίνακας 2 - Ανώτατα επιτρεπτά όρια εκπομπών οξειδίων του αζώτου..... | 16 |
| Πίνακας 3 – Εναλλακτικές επιλογές μείωσης ρύπων | 35 |
| Πίνακας 4 – Εκτίμηση κόστους και εσόδων για εγκατάσταση του συστήματος cold ironing στο λιμάνι της Βενετίας..... | 99 |
| Πίνακας 5 – Κόστος χρήσης φυσικού αερίου..... | 102 |

Λίστα σχημάτων

| | |
|---|----|
| Σχήμα 1 – Κλιματική αλλαγή | 3 |
| Σχήμα 2 - Το φαινόμενο του θερμοκηπίου..... | 4 |
| Σχήμα 3 - Ετήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά κατηγορία ανθρώπινης δραστηριότητας και αερίου | 5 |
| Σχήμα 4 - Ρύποι στον κλάδο της ναυτιλίας κι επίδραση στην κλιματική αλλαγή..... | 8 |
| Σχήμα 5 - Συνεισφορά του κλάδου της ναυτιλίας στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα | 9 |
| Σχήμα 6 - Σύγκριση πλοίων με λοιπά μεταφορικά μέσα, σχετικά με την εκπομπή ρύπων διοξειδίου του άνθρακα | 10 |
| Σχήμα 7 Εκπομπή ρύπων διοξειδίου του άνθρακα ανά κατηγορία πλοίου..... | 11 |
| Σχήμα 8 - Ειδικές περιοχές σύμφωνα με την MARPOL..... | 14 |
| Σχήμα 9 - Ανώτατα επιτρεπτά όρια οξειδίων του θείου | 15 |
| Σχήμα 10 - Όρια εκπομπών οξειδίων του αζώτου – συνθήκες Tier | 17 |
| Σχήμα 11 - Διαθεσιμότητα καυσίμων, που συμμορφώνονται με τους κανονισμούς . | 39 |
| Σχήμα 12 - Διαθεσιμότητα εναλλακτικών καυσίμων | 40 |
| Σχήμα 13 - Μελλοντικές προβλέψεις για εναλλακτικά καύσιμα..... | 41 |
| Σχήμα 14 - Μελλοντικές προβλέψεις για εναλλακτικά καύσιμα..... | 41 |
| Σχήμα 15 - Διαφορές στις τιμές μεταξύ εναλλακτικών καυσίμων | 42 |
| Σχήμα 16 – Παγκόσμια Ζήτηση για FSRU | 58 |
| Σχήμα 17 – Ιστορική ανάπτυξη FSRU στόλου..... | 60 |

| | |
|--|-----|
| Σχήμα 18 - Σύστημα πλυντρίδων (αποθείωσης καυσίμων) σε πλοίο (πηγή: World Maritime News) | 64 |
| Σχήμα 19 - Σύστημα αποθείωσης ανοιχτού τύπου | 66 |
| Σχήμα 20 - Σύστημα αποθείωσης κλειστού τύπου | 67 |
| Σχήμα 21 - Σύστημα αποθείωσης ξηρού τύπου..... | 70 |
| Σχήμα 22 – Λιμάνια όπου ήδη εφαρμόζεται η τακτική του cold ironing | 97 |
| Σχήμα 23 – Βελτίωση της ροής από την τοποθέτηση propeller boss cao fins (PBCF) | 100 |
| Σχήμα 24 – Διαχρονική εξέλιξη του κόστους παραγωγής φυσικού αερίου | 104 |
| Σχήμα 25 – Κόστος της αλυσίδας εφοδιασμού του φυσικού αερίου..... | 105 |

1. Εισαγωγή

Ο κλάδος της ναυτιλίας έχει επιβαρύνει σημαντικά την ατμόσφαιρα και το κλίμα, μέσω των λειτουργιών της. Στη ναυτιλία οφείλεται ένα ευρύ φάσμα εκπομπών, βασικά χαρακτηριστικά του οποίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα CO₂, οξείδια του αζώτου NO_x, μονοξείδιο του άνθρακα CO, πτητικές οργανικές ενώσεις VOC, μαύρος άνθρακας BC, διοξείδιο του θείου SO₂ και σωματίδια οργανικής ύλης POM. Οι εκπομπές αυτών αλλά και άλλων πρόδρομων ουσιών του όζοντος δύνανται να οδηγήσουν στη δημιουργία τροποσφαιρικού όζοντος και να διαταράξουν της συγκεντώσεις της ρίζας του υδροξιλίου OH έχοντας ως αποτέλεσμα την διάρκεια ζωής του μεθανίου CH₄. Το βασικό στοιχείο του αερολύματος που απορρέει από τις εκπομπές των πλοίων είναι θειικό άλας που σχηματίζεται από την οξείδωση του SO₂ που προκύπτει από το θείο στα καύσιμα. Η επιβολή νέων κανονισμών από παγκόσμιους φορείς όπως η MARPOL στοχεύει στον περιορισμό της μείωσης εκπομπών αερίων σε συγκεκριμένες περιοχές λειτουργίας. Ως εκ τούτου, η σταδιακή εξάλειψη των ρύπων που μολύνουν τον ατμοσφαιρικό αέρα θα έχει θετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία και την ποιότητα ζωής. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται το κανονιστικό πλαίσιο, το οποίο έχει εφαρμογή για αέρια, τα οποία περιέχουν οξείδια του θείου.

1.1 Οι επιπτώσεις των αέριων ρύπων στο κλίμα και την ανθρώπινη ζωή

Οι αλλαγές που παρατηρούνται στο κλίμα και την ατμόσφαιρα, παγκοσμίως, αποτελούν μια πραγματικότητα. Οι επιδράσεις στην ασφάλεια του περιβάλλοντος και την ποιότητα της ζωής είναι άμεσες κι αρνητικές. Για παράδειγμα, μέσω του φαινομένου της υπερθέρμανσης του πλανήτη, παρατηρούνται αυξημένης συχνότητας κι έντασης δυσμενείς καιρικές συνθήκες, ενώ σε πολλές περιοχές της γης επικρατεί λειψυδρία. Απο την άλλη, δε θα πρέπει να παραβλεφθεί το λιώσιμο των πάγων και η αύξηση της στάθμης της θάλασσας, με συνέπεια να δημιουργούνται πλημμύρες, να καταστρέφονται οι ακτές, ενώ αρνητικές είναι και οι επιδράσεις στη γεωργία και τις καλλιέργειες. Τα επίπεδα πόσιμου νερού μειώνονται διαρκώς. Επιπλέον, η αύξηση της θερμοκρασίας έχει συνδεθεί με την εμφάνιση νέων ασθενειών¹.

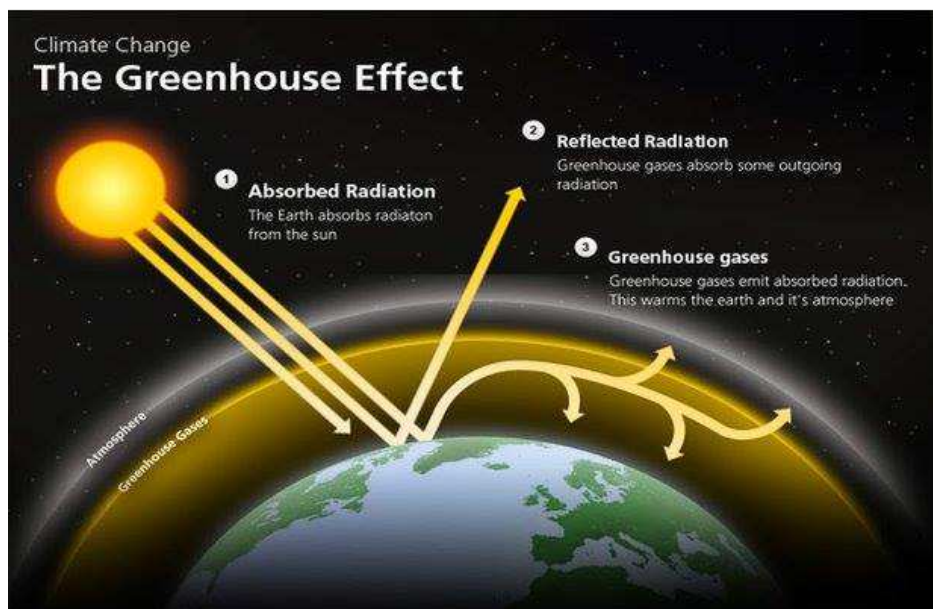
Η κλιματική αλλαγή έχει αρνητικές επιπτώσεις στη βιωσιμότητα συγκεκριμένων κλάδων όπως η αλιεία και ο τουρισμός, κυρίως στις περιοχές στις οποίες τα φαινόμενα αυτά είναι ιδιαίτερα εμφανή. Ένα κλασικό παράδειγμα είναι τα νησιά Tuvalu και το σύμπλεγμα των Μαλβίδων νήσων, τα οποία κινδυνεύουν να καλυφθούν πλήρως από νερό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τα νησιά αυτά να εγκαταλείπονται σταδιακά, δημιουργώντας έτσι τους πρώτους μετανάστες κλιματικής αλλαγής. Σε αυτό το σημείο, κρίνεται σκόπιμο να τονιστεί ότι ο βασικός παράγοντας για τις παραπάνω καταστάσεις είναι η συσσώρευση αερίων του θερμοκηπίου, κάτι που προκαλεί την υπερθέρμανση. Η κατάσταση αυτή ενδέχεται να χειροτερέψει στο μέλλον, με το φαινόμενο να είναι ιδιαίτερα εμφανές σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη, εξαιτίας του ιδιαίτερου μηχανισμού ανάδρασης κατά την αλληλεπίδραση πάγων στους ωκεανούς².

¹ IPCC. (2007). Climate change 2007: the physical science basis. Στο S. D. Solomon, M. Qin, Z. Manning, M. Chen, K. B. Marquis, M. Averyt, και συν., *Working group I: Fourth assessment report*. Cambridge.

² Buhaug, O. J., Corbett, O., Endresen, V., Eyring, J., Faber, S., Hanayama, D. S., και συν. (2009). *Updated study on greenhouse gas emissions from ships: phase I report*. London: IMO.

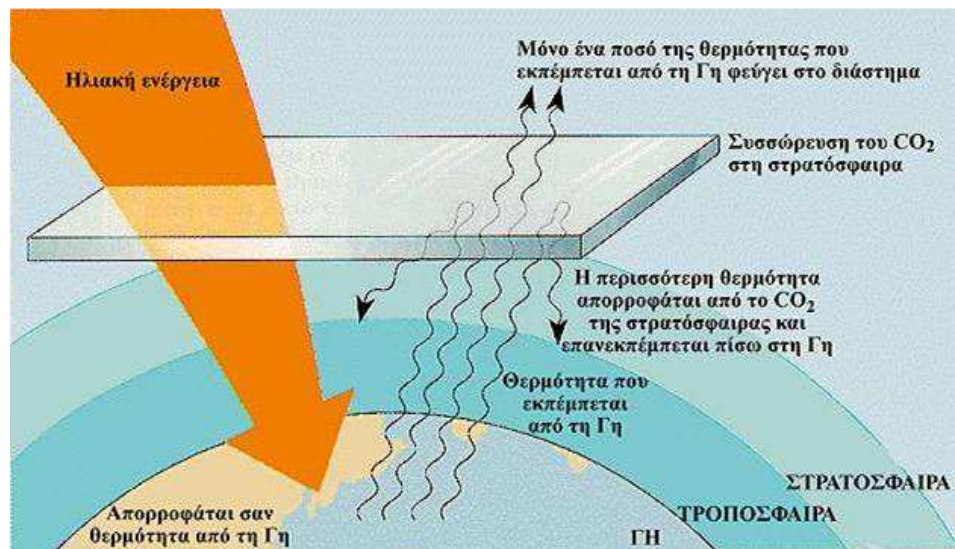
1.2 Αέρια και το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Όταν αναφερόμαστε στα αέρια του θερμοκηπίου (Green House Gases), εννοούμε όλα τα αέρια συστατικά που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα και απορροφούν αλλά και εκπέμπουν ακτινοβολία στο θερμικό υπέρυθρο φάσμα. Τα βασικότερα αέρια του θερμοκηπίου είναι: οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το όζον και το υποξείδιο του αζώτου. Ο τρόπος που δρουν τα αναφερόμενα αέρια, σχηματίζοντας ένα πέπλο γύρω από την επιφάνεια της Γης, φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 1 – Κλιματική αλλαγή

Ουσιαστικά, τα αέρια του θερμοκηπίου σχηματίζουν μια μεμβράνη γύρω από την επιφάνεια της γης, ενώ είναι σε θέση να ανταλλάσσουν υπέρυθρη ακτινοβολία, η οποία είναι βλαβερή για τον ανθρώπινο οργανισμό. Η ηλιακή ακτινοβολία, η οποία καταφτάνει στη γη, εγκλωβίζεται σε αυτή τη μεμβράνη κι αντανακλάται στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα να προκαλεί σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του πλανήτη. Στο Σχήμα 2, παρακάτω, παρουσιάζεται ακόμα πιο αναλυτικά το φαινόμενο του θερμοκηπίου.



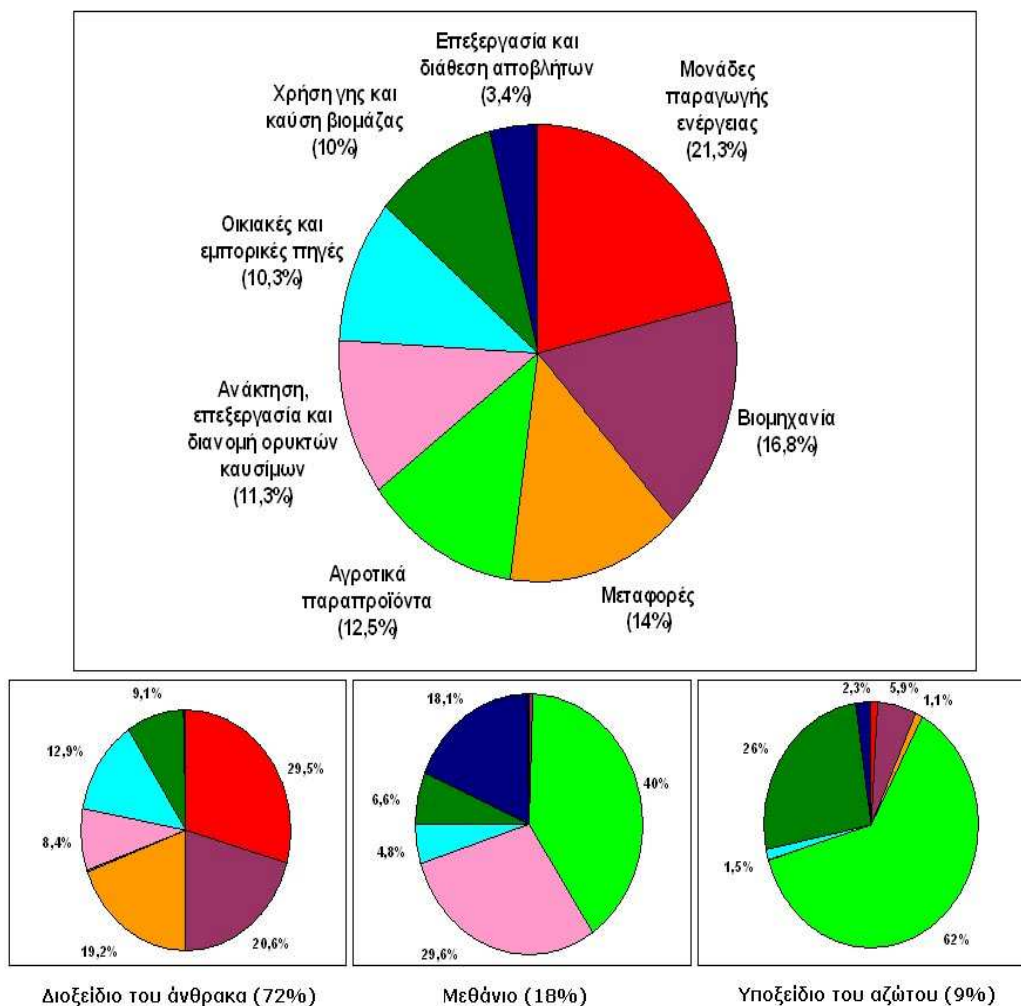
Σχήμα 2 - Το φαινόμενο του θερμοκηπίου³

Για να γίνει περισσότερο κατανοητό το μέγεθος του προβλήματος, παρατηρήθηκε αύξηση της τάξης του 45% στα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, κατά τα τελευταία 20 έτη. Το 2010, οι εκπομπές του αερίου αυτού ανήλθαν σε 33 δις τόνους, σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτό ήταν και το ιστορικό υψηλό, μέχρι εκείνη τη χρονική στιγμή. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός ότι πολλές χώρες σε παγκόσμιο επίπεδο είχαν συμμορφωθεί με τους στόχους του Πρωτοκόλλου του Κιότο, επιτυγχάνοντας σημαντικές μειώσεις στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα. Οι βασικοί παράγοντες που συνέβαλαν στη μακροπρόθεσμη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα είναι η παραγωγή ενέργειας και οι οδικές μεταφορές τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Ειδικότερα, η παραγωγή ενέργειας είναι υπεύθυνη σε ποσοστό 40% για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και οι οδικές μεταφορές αγγίζουν το 15%.

Επίσης, σε επίπεδο κρατών, παρατηρούνται μεγάλες διαφορές, αναφορικά με την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα. Την περίοδο 1990-2010, στην ΕΕ και Ρωσία, οι ρύποι περιορίστηκαν κατά 7% και 28%, αντίστοιχα, ενώ στις ΗΠΑ αυξήθηκαν κατά 5%. Η πλειοψηφία των ανεπτυγμένων οικονομιών έχει περιορίσει κατά πολύ τη συμμετοχή της στην όξυνση του φαινομένου. Απο την άλλη, οι αναδυόμενες οικονομίες συντελούν σημαντικά στην αύξηση των ρύπων από το διοξείδιο του

³ www.aegean.gr

άνθρακα. Το 2010, μόνο, η αύξηση ανήλθε σε 5,8%, με τις Κίνα και Ινδία να είναι οι κύριες υπαίτιες. Τέλος, θα πρέπει να υπογραμμιστεί ότι και η πρόσφατη οικονομική κρίση έχει συμβάλει στον περιορισμό του φαινομένου⁴.



Σχήμα 3 - Ετήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά κατηγορία ανθρώπινης δραστηριότητας και αερίου⁵

Στο Σχήμα 3, απεικονίζονται τα σχετικά ποσοστά των αερίων ανά τομέα ανθρώπινης δραστηριότητας. Βάσει των τιμών αυτών, μπορεί να σχηματιστεί μια αρκετά καλή

⁴ Τσώλη, Θ. (2011, 09 21). *TO ΒΗΜΑ science*. Ανάκτηση από <http://www.tovima.gr/science/technology-planet/article/?aid=421019>

⁵ Wikipedia

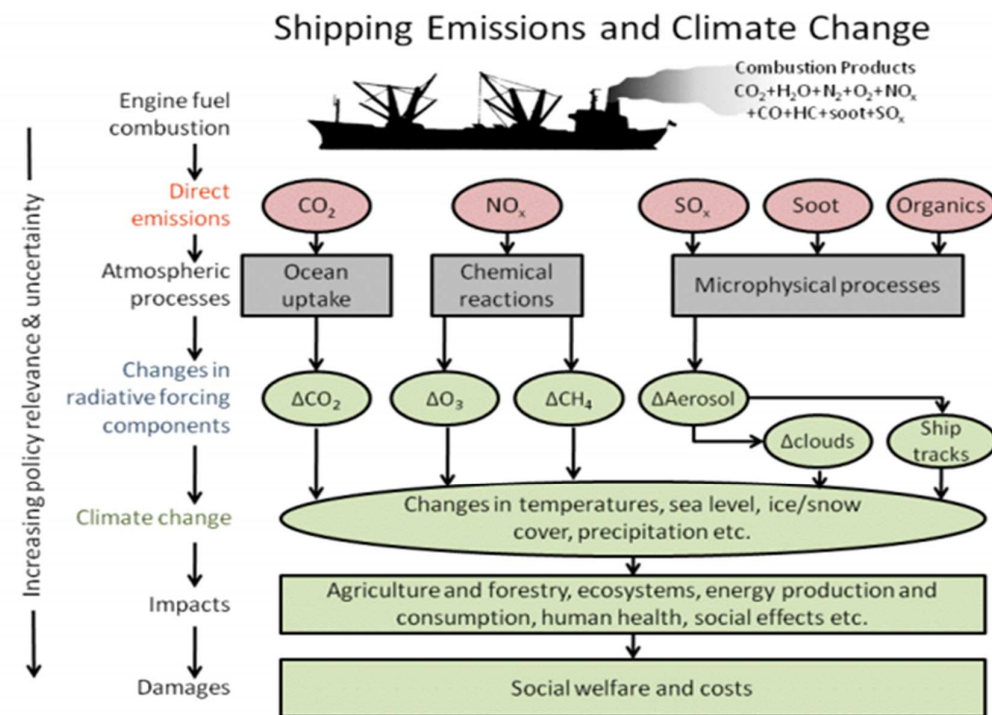
εικόνα των ετήσιων ρύπων, σε παγκόσμιο επίπεδο. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το διοξείδιο του άνθρακα συμβάλλει κατά 72%, το μεθάνιο κατά 18%, ενώ το υποξείδιο του αζώτου κατά 8%. Επίσης, οι σημαντικότεροι τομείς είναι η παραγωγή ενέργειας, η βιομηχανία, οι μεταφορές, ενώ σε μικρότερο, αλλά αξιοσημείωτο, βαθμό τα αγροτικά παραπροϊόντα, η επεξεργασία και διανομή ορυκτών καυσίμων και οι οικιακές κι εμπορικές χρήσεις.

1.3 Η συμβολή της ναυτιλίας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

Ο τομέας της ναυτιλίας συμβάλλει κι αυτός με τη σειρά του στην έκλυση βλαβερών ουσιών στην ατμόσφαιρα, καθώς τα καύσιμα των πλοίων είναι μια σημαντική παράμετρος. Οι οργανισμοί, οι οποίοι έχουν αναλάβει τη θέσπιση κανονιστικών πλαισίων, θεωρούν ότι η συμβολή του κλάδου της ναυτιλίας στο φαινόμενο παρουσιάζει ανοδική τάση. Ειδικότερα, τα πιο χαρακτηριστικά αέρια της ναυτιλίας είναι: το διοξείδιο του άνθρακα (καύσιμα πλοίων), τα οξείδια του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα, οι πτητικές οργανικές ενώσεις, το διοξείδιο του θείου, ο μαύρος άνθρακας και διάφορα σωματίδια οργανικής ύλης. Επιπλέον, ενδιαφέροντα στοιχεία σχετικά με τους ρύπους στον κλάδο της ναυτιλίας είναι τα ακόλουθα:

- Οι εκπομπές πρόδρομων ουσιών του οζόντος οδηγούν στο σχηματισμό τροποσφαιρικού όζοντος, κάτι που έχει άμεση επίδραση στη διάρκεια ζωής του μεθανίου.
- Το κυρίαρχο στοιχείο των ρύπων από τις εκπομπές πλοίων είναι το θειϊκό άλας, το οποίο σχηματίζεται από την οξείδωση του διοξειδίου του θείου, το οποίο με τη σειρά του προέρχεται από το θείο που υπάρχει στα καύσιμα του πλοίου.

Το σχήμα 4 συνοψίζει την κατάσταση εκπομπής ρύπων στη ναυτιλία και τις επιδράσεις της. Το διάγραμμα μπορεί να αναγνωστεί από πάνω προς τα κάτω, με αύξων βαθμό σημαντικότητας για τη θέσπιση κανονιστικού πλαισίου, δηλαδή ο κίνδυνος αυξάνεται καθώς μεταβαίνουμε σε χαμηλότερα επίπεδα του γραφήματος. Στο πρώτο επίπεδο, η λειτουργία των μηχανών των πλοίων δημιουργεί κάποια αέρια, τα οποία εκλύονται απευθείας στο περιβάλλον. Στη συνέχεια, επιτελούνται κάποιες βασικές ατμοφαιρικές διαδικασίες, οι οποίες έχουν άμεση επίπτωση στη σύνθεση των εκλυόμενων στοιχείων κι ενώσεων. Στο τρίτο από το τέλος στάδιο αναφέρονται οι κλιματικές αλλαγές (θερμοκρασία, επίπεδο της θάλασσας, πάγοι κτλ.), ενώ στο επόμενο επίπεδο, οι επιδράσεις αυτών (γεωργία, κτηνοτροφία, οικοσυστήματα, ανθρώπινη υγεία, κοινωνικά φαινόμενα κτλ.). Στο τελευταίο επίπεδο αποτιμάται το κόστος, σε κοινωνικούς και χρηματικούς όρους, από τις ζημιολογικές επιπτώσεις των ρύπων.



Σχήμα 4 - Ρύποι στον κλάδο της ναυτιλίας κι επίδραση στην κλιματική αλλαγή⁶

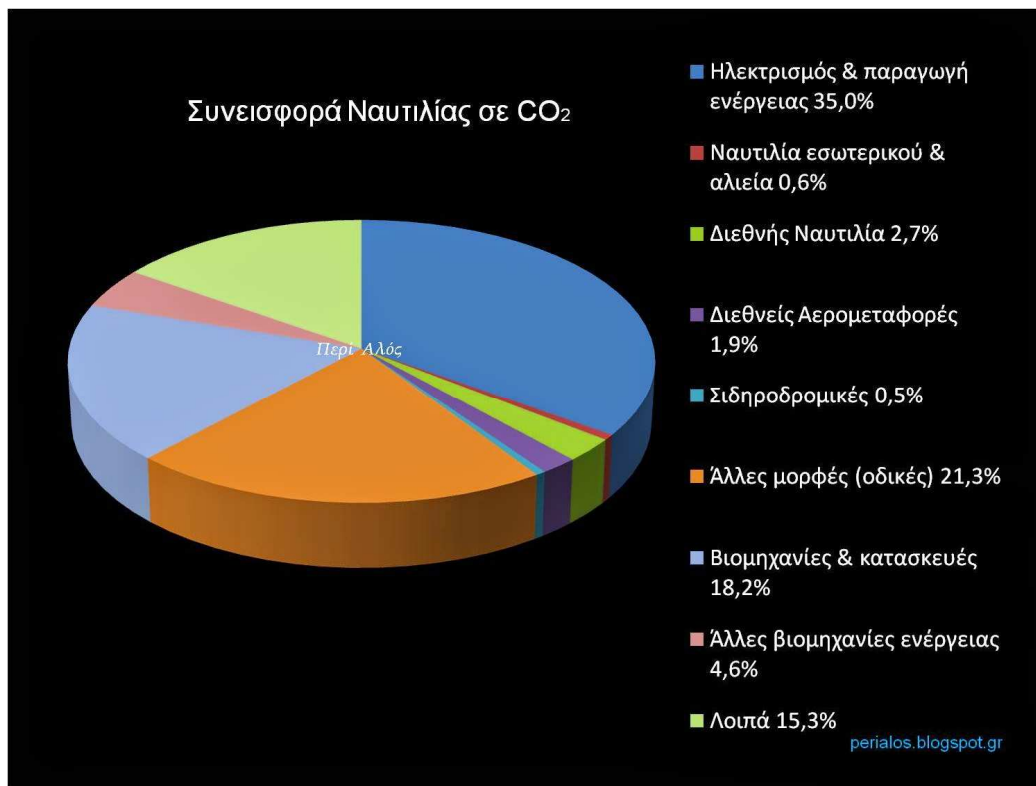
Από τα παραπάνω, μπορούν να προκύψουν ορισμένα σημαντικά σημεία, τα οποία καταδεικνύουν την επίδραση των ρύπων της ναυτιλίας στην ατμόσφαιρα:

1. Οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου συμβάλλουν στο σχηματισμό φωτοχημικού νέφους, κάτι που μπορεί να προκαλέσει αύξηση των επιπέδων του όζοντος και παραγωγή επικίνδυνων οργανικών ενώσεων.
2. Τα οξείδια του θείου επιβαρύνουν τη λειτουργία των πνευμόνων.
3. Οι δυο παραπάνω ενώσεις έχουν αρνητική επίδραση στην ποιότητα του αέρα της ατμόσφαιρας.
4. Το διοξείδιο του άνθρακα επηρεάζει σημαντικά την κλιματική αλλαγή.

⁶ IMO. MARPOL ANNEX VI.

(<http://www.imo.org/en/OurWork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/air-pollution.aspx>)

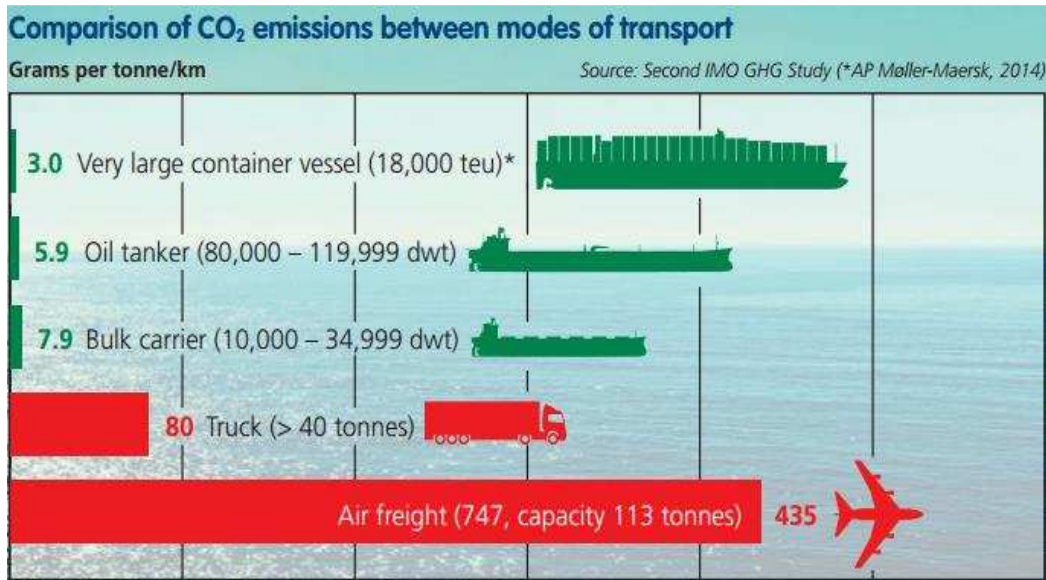
Στο Σχήμα 5 απεικονίζεται το σχετικό ποσοστό συνεισφοράς της ναυτιλίας στην εκπομπή ρύπων του διοξειδίου του άνθρακα. Συνολικά, η ναυτιλία συνεισφέρει σε ποσοστό λίγο μεγαλύτερο από 3%, σε παγκόσμιο επίπεδο, όταν η παραγωγή ενέργειας και οι οδικές μεταφορές έχουν από κοινού 55%, περίπου, συνεισφορά.



Σχήμα 5 - Συνεισφορά του κλάδου της ναυτιλίας στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα

Εκτός των παραπάνω, μπορούν να αποτυπωθούν στοιχεία σχετικά με τη σύγκριση ρύπων στη ναυτιλία και τα άλλα μέσα μεταφοράς. Είναι γεγονός ότι τα πλοία χαρακτηρίζονται από μεγάλη αποτελεσματικότητα αναφορικά με τις εκπομπές ρύπων, σε σύγκριση με τα άλλα μέσα. Τα στοιχεία παρουσιάζονται στην εικόνα 5, παρακάτω. Οι μονάδες μέτρησης των ρύπων είναι γραμμάρια ρύπου ανά τόνο ανά χιλιόμετρο. Από το Σχήμα 6, προκύπτει ότι τα διάφορα είδη πλοίων έχουν πολύ μικρή συνεισφορά σε σύγκριση με μέσα όπως φορτηγά και αεροπλάνα. Θα πρέπει να αναφερθεί σε αυτό το σημείο, ότι λαμβάνονται υπόψη τα μέσα μεταφοράς φορτίων, κι όχι ατόμων. Ένα αεροπλάνο παράγει 55 φορές περισσότερους ρύπους από ένα

πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου και 145 φορές περισσότερους από πλοία που μεταφέρουν μεγάλο μεγέθους εμπορευματοκιβώτια. Επίσης, συγκριτικά τα πλοία μεταξύ τους, ένα πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου εκλύει περίπου 2,5 φορές περισσότερους ρύπους από ένα πλοίο που μεταφέρει μεγάλα εμπορευματοκιβώτια.



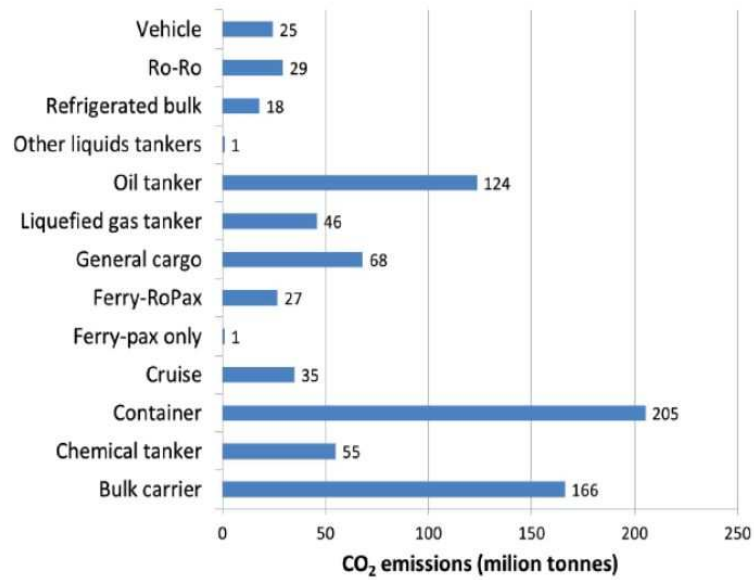
Σχήμα 6 - Σύγκριση πλοίων με λοιπά μεταφορικά μέσα, σχετικά με την εκπομπή ρύπων διοξειδίου του άνθρακα⁷

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, οι εκπομπές βλαβερών αερίων μπορούν να διαφοροποιηθούν. Στην εικόνα 6, παρακάτω, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σχετικής μελέτης από τον οργανισμό IMO (θα αναλυθεί εκτενώς παρακάτω), η οποία έχει συγκεντρώσει στοιχεία για διάφορες κατηγορίες πλοίων. Οι εκπομπές ρύπων διοξειδίου του άνθρακα είναι σε εκατομμύρια τόνους. Οι κατηγορίες πλοίων με τη μεγαλύτερη συνεισφορά είναι τα πλοία που μεταφέρουν εμπορευματοκιβώτια (205 τόνους), τα πλοία με χύδην φορτίο (166 τόνους) και τα πλοία που μεταφέρουν πετρέλαιο (124 τόνους).

⁷ IMO. MARPOL ANNEX VI.

<http://www.imo.org/en/OurWork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/air-pollution.aspx>

3rd GHG Study findings: GHG emissions per ship type for 2012



Σχήμα 7 Εκπομπή ρύπων διοξειδίου του άνθρακα ανά κατηγορία πλοίου⁸

⁸ IMO

1.4 Βασικά σημεία

Σε γενικές γραμμές, το ζήτημα εκπομπής ρύπων στον κλάδο της ναυτιλίας χρήζει μεγάλης κι εκτενούς έρευνας. Εκτός από τις βλαβερές συνέπειες του διοξειδίου του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου προκαλεί ψύξη μέσω μιας διαδικασίας στα σωματίδια της ατμόσφαιρας και τα σύννεφα. Τα οξείδια του αζώτου αυξάνουν τα επίπεδα όζοντος στην ατμόσφαιρα και μειώνουν τα επίπεδα του μεθανίου, συμβάλλοντας στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αυτό συμβάλλει ακόμη περισσότερο στην αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του πλανήτη. Οι ισχύοντες κανονισμοί οφείλουν να περιορίσουν την εκπομπή ρύπων στον κλάδο της ναυτιλίας, μέσω της συμμόρφωσης των ναυτιλιακών εταιριών.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι ρύποι που παράγονται από ένα μεγάλο πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων εκπέμπουν την ίδια ποσότητα ρύπων και χημικών με αυτά που παράγουν πενήντα εκατομμύρια αυτοκίνητα, συμβάλλοντας έτσι σε παθήσεις όπως ο καρκίνος και το άσθμα. Επιπλέον, τα μεγαλύτερα πλοία στον κόσμο, ανάλογα με τη μηχανή που χρησιμοποιούν και την ποιότητα καυσίμου, εκπέμπουν την ίδια ρύπανση με αυτή που αντιστοιχεί στο άθροισμα των αυτοκινήτων παγκοσμίως. Το κόστος τόσο σε ανθρώπινες ζωές, όσο και στη θεραπευτική αγωγή των ατόμων, που εμφανίζουν διάφορες παθήσεις, είναι δυσθεώρητο⁹.

⁹ Enresen, O., Sogard, E., Begrens, H. L., Brett, P. O., & Isaksen, I. S. (2007). A historical reconstruction of ships fuel consumption and emissions. *Journal of Geophysical Research* , 112.

2. Περιοχές ECA

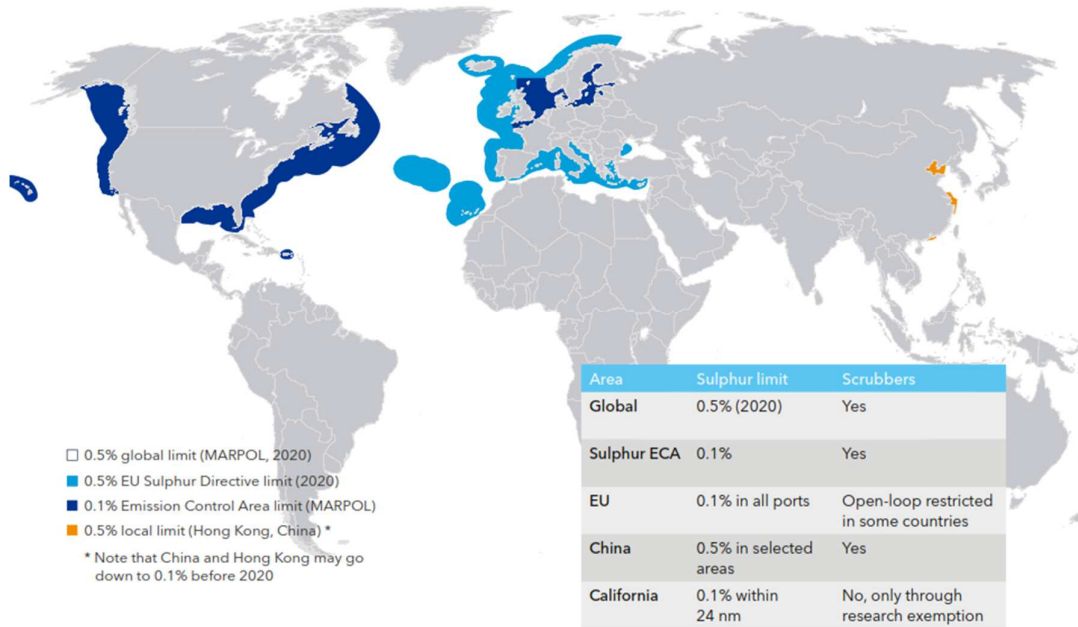
Σύμφωνα με την MARPOL, έχουν ληφθεί συγκεκριμένα μέτρα σχετικά με την πρόληψη μόλυνσης από το πετρέλαιο, τον έλεγχο μόλυνσης από επιβλαβείς υγρές ουσίες, όπως επίσης και την πρόληψη μόλυνσης από ρύπους πλοίων. Για το συγκεκριμένο σκοπό έχουν οριοθετηθεί ορισμένες ειδικές περιοχές ελέγχου εκπομπών ρύπων, στις οποίες, για τεχνικούς λόγους σχετικούς με ωκεανογραφικά και οικολογικά στοιχεία όπως επίσης και την κατάσταση των πλοίων που διέρχονται από αυτά, έχουν υιοθετηθεί ειδικές μέθοδοι πρόληψης της μόλυνσης. Αυτές οι περιοχές φέρουν μεγαλύτερο επίπεδο προστασίας από τις υπόλοιπες. Σύμφωνα με την MARPOL, οι ειδικές περιοχές ρύπων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 1 - Ειδικές περιοχές ρύπων σύμφωνα με τον IMO¹⁰

| Special Areas | Amendments adopted to the MARPOL Annex | Entry into force of the amendments | More stringent measures in effect from |
|---|--|------------------------------------|--|
| MARPOL Annex I: Oil | | | |
| Mediterranean Sea ¹ | - | - | 2 Oct 1983 |
| Baltic Sea ¹ | - | - | 2 Oct 1983 |
| Black Sea ¹ | - | - | 2 Oct 1983 |
| Red Sea ¹ | - | - | - |
| Gulfs area ¹ | - | - | 1 Aug 2008 (MEPC.168(56)) |
| Gulf of Aden ² | 1 Dec 1987 (MEPC.29(25)) | 1 Apr 1989 | - |
| Antarctic area | 16 Nov 1990 (MEPC.42(30)) | 17 Mar 1992 | 17 Mar 1992 |
| North West European waters | 25 Sep 1997 (MEPC.75(40)) | 1 Feb 1999 | 1 Aug 1999 (MEPC.77(41)) |
| Oman area of the Arabian Sea ² | 15 Oct 2004 (MEPC.117(52)) | 1 Jan 2007 | - |
| Southern South African waters | 13 Oct 2006 (MEPC.154(55)) | 1 Mar 2008 | 1 Aug 2008 (MEPC.167(56)) |
| MARPOL Annex IV: Sewage | | | |
| Baltic Sea | 15 July 2011 (MEPC.200(62)) | 1 Jan 2013 | 1 Jun 2019 1 Jun 2021 1 Jun 2023 (MEPC.275(69)) ³ |
| MARPOL Annex V: Garbage | | | |
| Mediterranean Sea | - | - | 1 May 2009 (MEPC.172(57)) |
| Baltic Sea | - | - | 1 Oct 1989 (MEPC.31(26)) |
| Black Sea ² | - | - | - |
| Red Sea ² | - | - | - |
| Gulfs area | - | - | 1 Aug 2008 (MEPC.168(56)) |
| North Sea | 17 Oct 1989 (MEPC.36(28)) | 18 Feb 1991 | 18 Feb 1991 (MEPC.37(28)) |
| Antarctic area | 16 Nov 1990 (MEPC.42(30)) | 17 Mar 1992 | 17 Mar 1992 |
| Wider Caribbean region including the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea | 4 July 1991 (MEPC.48(31)) | 4 Apr 1993 | 1 May 2011 (MEPC.191(60)) |

¹⁰ IMO, <http://www.imo.org/en/Pages/Default.aspx>

Επίσης, στο Σχήμα 8 απεικονίζονται οι περιοχές αυτές στον παγκόσμιο χάρτη. Από την εικόνα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η υφιστάμενη κατάσταση περιλαμβάνει περιοχές γύρω από τις ΗΠΑ, καθώς επίσης και τον κόλπο του Μεξικού. Επιπλέον, η Βαλτική θάλασσα αποτελεί προστατευόμενη περιοχή. Αναφορικά με τη μελλοντική κατάσταση, συμπεριλαμβάνονται οι περιοχές της Μεσογείου, η περιοχή βόρεια της Σκανδιναβίας, καθώς επίσης και η θάλασσα της Ιαπωνίας.



11

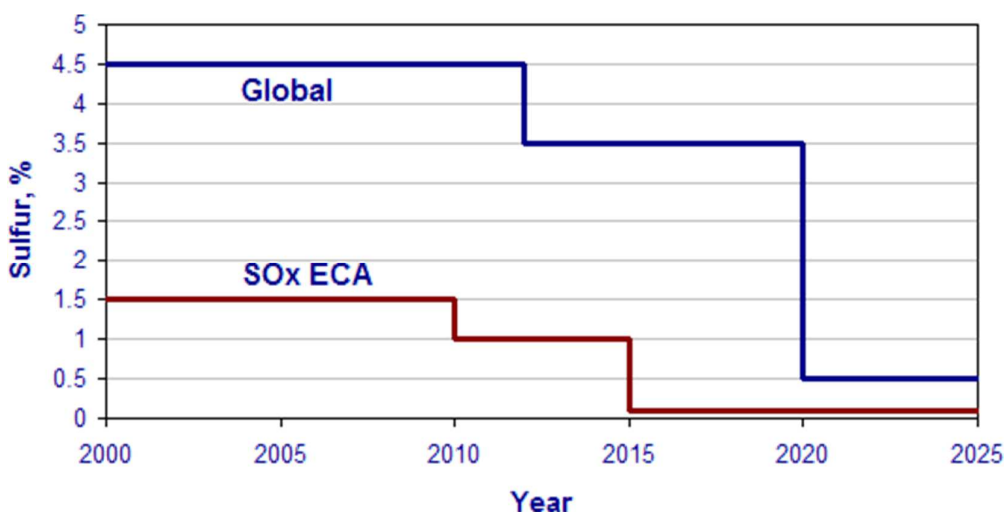
Σχήμα 8 - Ειδικές περιοχές σύμφωνα με την MARPOL¹²

Τυπικά, οι περιοχές ελέγχου είναι θαλάσσιες περιοχές, οι οποίες υπό συνθήκες μπορεί να περιλαμβάνουν και λιμένα, και στις οποίες υφίστανται περιορισμοί αναφορικά με την εκπομπή αέριων ρύπων, κυρίως οξειδίων του θείου και του αζώτου. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στην παρούσα κατάσταση, οι πιο σημαντικές περιοχές είναι η Βαλτική θάλασσα, η Βόρεια θάλασσα και οι ακτές των ΗΠΑ. Και στις τρεις περιοχές υπάρχουν περιορισμοί σχετικά με τα οξείδια του θείου, ενώ στις ΗΠΑ υπάρχει περιορισμός και για τα οξείδια του αζώτου.

Ο IMO, μέσω της MARPOL, ορίζει το ανώτατο επιτρεπτό επίπεδο οξειδίων του θείου, το οποίο εκπέμπεται από τα πλοία. Ο στόχος, μακροπρόθεσμα, είναι ο

¹¹ Maritime Global Sulphur Cap 2020 – DNV GL

περιορισμός των εκπομπών οξειδίων του θείου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με δυο τρόπους, όπως θα αναλυθεί και σε επόμενο κεφάλαιο. Ο πρώτος αφορά τη χρήση καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, ενώ ο δεύτερος αναφέρεται στην τοποθέτηση ειδικών συστημάτων στα πλοία, τα οποία στοχεύουν στην αποθείωση του καυσίμου. Στο παρακάτω γράφημα, φαίνεται το όριο των εκπομπών οξειδίων του θείου, όπως διαμορφώνεται από τις διεθνείς συμφωνίες. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι στις αρχές του 2000, η διαφορά των ορίων ανάμεσα στις ελεύθερες περιοχές, παγκοσμίως, και τις ελεγχόμενες, ήταν στο 3%. Διαχρονικά, και μέχρι το 2020, η διαφορά αυτή διατηρείται, παρόλο που μειώνονται τα επιτρεπτά όρια. Έτσι, το 2020, στις ελεύθερες θαλάσσιες περιοχές, το ανώτατο επιτρεπτό όριο εκπομπών οξειδίων του θείου είναι 3,5%, ενώ στις ελεγχόμενες ορίζεται στο 0,1%. Παρόλαυτα, από το 2020 και μετά, τουλάχιστον μέχρι το 2025 όπου ενδέχεται να υπάρχει κάποια αναθεώρηση, το επιτρεπτό όριο εκπομπής οξειδίων του θείου στις ελεύθερες περιοχές ανέρχεται σε 0,5%, σε μια προσπάθεια των διεθνών φορέων να εξομαλύνουν την κατάσταση στις δυο περιοχές και να περιορίσουν ακόμα περισσότερο τις επιπτώσεις των πλοίων στην κλιματική αλλαγή. Επίσης, η εξομάλυνση των ορίων ανάμεσα στις δυο περιοχές δίνει τη δυνατότητα στα πλοία να υιοθετήσουν ένα σύστημα καυσίμων, ανεξάρτητα με το σε ποια περιοχή δραστηριοποιούνται, μειώνοντας έτσι το κόστος, το οποίο ενδέχεται να υφίσταται από την υιοθέτηση υβριδικών συστημάτων καυσίμων.



Σχήμα 9 - Ανώτατα επιτρεπτά όρια οξειδίων του θείου¹³

¹³ www.DieselNet.com

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, εκτός από τα οξείδια του θείου, υπάρχουν και τα οξείδια του αζώτου, τα οποία επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα. Τα όρια εκπομπών εξαρτώνται από την ταχύτητα λειτουργίας του κινητήρα diesel του πλοίου. Επίσης, καθορίζονται από τις συνθήκες Tier I και II, όπως θα παρουσιαστούν παρακάτω, στο συγκεκριμένο κεφάλαιο. Τα εκάστοτε κριτήρια Tier ενδέχεται να αναθεωρηθούν, αν ληφθεί υπόψη και η προσπάθεια βελτιστοποίησης της διαδικασίας καύσης. Στα πλαίσια της βελτιστοποίησης, οι παράμετροι που εξετάζονται, είναι: ο χρονισμός έγχυσης του καυσίμου, η πίεση, το ποσοστό των καυσίμων στο ακροφύσιο, ο χρονισμός των βαλβίδων εξάτμισης, όπως επίσης και ο όγκο του κυλίνδρου συμπίεσης. Από την άλλη, η συνθήκη Tier III αναφέρεται αποκλειστικά στην υιοθέτηση τεχνολογιών σχετικά με τις εκπομπές καυσίμου, οι οποίες θα στοχεύουν στον περιορισμό των επιπτώσεων στην κλιματική αλλαγή (τεχνικές επαγωγής νερού στη διαδικασία καύσης, ανακύκλωση καυσαερίων, καταλυτική μείωση). Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται τα επιτρεπτά όρια εκπομπής οξειδίων του αζώτου, όπως καταγράφονται από την MARPOL. Η πρώτη στήλη του πίνακα αναφέρεται στις συνθήκες Tier. Η δεύτερη στήλη αναφέρεται στο έτος κατασκευής του πλοίου. Αυτός ο παράγοντας είναι πολύ σημαντικός, καθώς παλιότερα πλοία έχουν περισσότερο απαρχαιωμένα συστήματα καυσίμων. Οι τελευταίες τρεις στήλες περιέχουν τα όρια εκπομπών οξειδίων του αζώτου, για διάφορες ταχύτητες λειτουργίας των μηχανών των πλοίων.

Πίνακας 2 - Ανώτατα επιτρεπτά όρια εκπομπών οξειδίων του αζώτου¹⁴

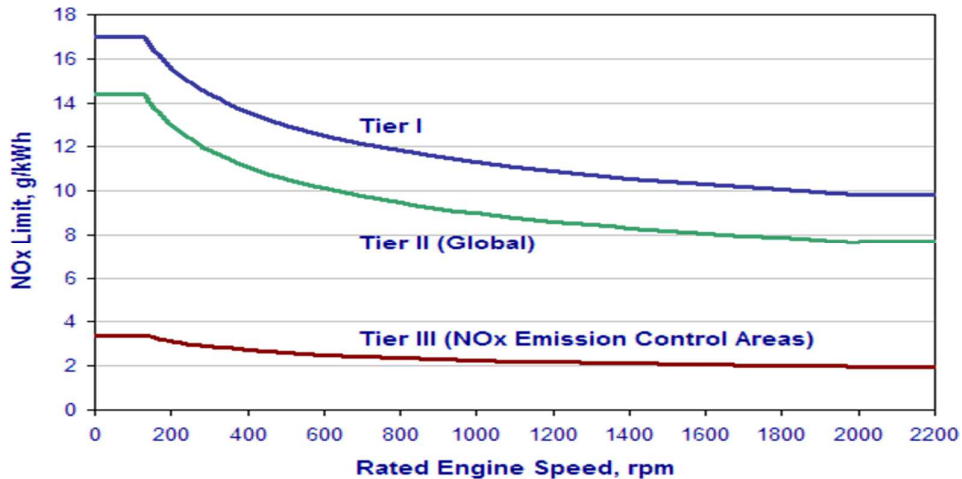
| Επίπεδο | Ημερομηνία κατασκευής πλοίου | Συνολικό σταθμισμένο επιτρεπτό όριο εκπομπών (Total weighted cycle emission limit (g/kwh) n= engines rated speed (rpm) | | |
|---------|------------------------------|--|---|----------|
| | | n< 130 | n = 130-1999 | n>= 2000 |
| 1 | 1 Ιανουαρίου 2000 | 17.0 | 45.n ^{-0.2} Πχ. 720 rpm –12.1 | 9.8 |
| 2 | 1 Ιανουαρίου 2011 | 14.4 | 44.n ^{-0.23} Πχ. 720 rpm –9.7 | 7.7 |
| 3 | 1 Ιανουαρίου 2016 | 3.4 | 9.n ^{-0.2} Πχ. 720 rpm –2.4 | 2.0 |

Πηγή: IMO

¹⁴ IMO. MARPOL ANNEX VI.

<http://www.imo.org/en/OurWork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/air-pollution.aspx>

Εκτός από τον πίνακα 2, στο σχήμα 10, απεικονίζονται και διαγραμματικά τα όρια οξειδίων του αζώτου. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η συνθήκη Tier III αναφέρεται συγκεκριμένα στις εκπομπές αζώτου, στις ελεγχόμενες περιοχές. Με την αύξηση του ρυθμού λειτουργίας των μηχανών ενός πλοίου, τα όρια μειώνονται με μικρό ρυθμό.



Σχήμα 10 - Όρια εκπομπών οξειδίων του αζώτου – συνθήκες Tier¹⁵

2.1 Ρυθμιστικό πλαίσιο για την εκπομπή ρύπων στον κλάδο της ναυτιλίας

Στην ναυτιλία, όπως και στους υπόλοιπους κλάδους, υφίστανται κάποιες αρχές και φορείς, στόχος των οποίων είναι ο περιορισμός των ρύπων και της περιβαλλοντικής μόλυνσης. Στο παρόν κεφάλαιο, θα παραθέσουμε ορισμένα στοιχεία σχετικά με τους πιο αναγνωρισμένους φορείς στον κλάδο της ναυτιλίας, καθώς επίσης κι ορισμένες εξελίξεις, οι οποίες έχουν προκύψει τα τελευταία έτη κι αφορούν την αναβάθμιση των κανονιστικών πλαισίων σχετικά με την εκπομπή ρύπων.

2.2 Διεθνείς οργανισμοί και φορείς για την αντιμετώπιση της εκπομπής ρύπων

Τα πρώτα σημαντικά βήματα, σε διεθνές επίπεδο, σχετικά με την καταπολέμηση της περιβαλλοντικής ρύπανσης, λήφθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Πιο συγκεκριμένα, υπογράφηκε το 'Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική

¹⁵ www.transportpolicy.net

Αλλαγή', το οποίο τα επόμενα χρόνια, μέχρι και τις μέρες μας, εξελίσσεται κι αναπτύσσεται. Ουσιαστικά αποτελεί μια οργανωμένη προσπάθεια σε διεθνές επίπεδο για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα συμβαλλόμενα μέρη θα πρέπει να μοιράζονται δεδομένα, με απώτερο στόχο την καθιέρωση και το συντονισμό κοινών εθνικών στρατηγικών για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των εκπομπών ρύπων. Μια από τις σημαντικότερες κινήσεις σε διεθνές επίπεδο ήταν το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο τέθηκε σε ισχύ το 2005¹⁶. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η πλειοψηφία των συμβάσεων μεταξύ των κρατών δεν είναι δεσμευτική. Παρ'όλα αυτά, το Πρωτόκολλο του Κιότο θέτει ένα υποχρεωτικό πλαίσιο λειτουργίας για την κάθε χώρα, στόχος των οποίων είναι η μείωση των εκπομπών των πιο επιβλαβών αερίων.

Ο διεθνής οργανισμός ναυσιπλοΐας (IMO) αποτελεί μια προσπάθεια των Ηνωμένων Εθνών, η οποία στοχεύει στην ορθή κι ασφαλή επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ των κρατών-μελών, σε θέματα ναυτιλιακής πολιτικής. Άρχισε να δραστηριοποιείται στα μισά του προηγούμενου αιώνα. Ειδικά σε θέματα μόλυνσης της θάλασσας, οι κανονισμοί του φορέα IMO περιέχονται στη διεθνή σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης στη θάλασσα (MARPOL 73/78). Μέσω συνεχών τροποποιήσεων της σύμβασης (Πρωτόκολλο του Κιότο), συμπεριλήφθηκαν και οι αέριοι ρύποι στον κλάδο της ναυτιλίας και ειδικότερα θέτονται τα όρια στις εκπομπές οξειδίων του αζώτου και του θείου. Τα βασικά πρότυπα είναι τα Tier I Tier II/III¹⁷:

- Tier I (Πρωτόκολλο του Κιότο, 1997): το βασικό πρωτόκολλο της MARPOL τέθηκε σε ισχύ πριν από το 2000, κι αφορούσε κράτη-μέλη με στόλο, ο οποίος είχε χωρητικότητα μεγαλύτερη από το 50% της παγκόσμιας ναυτιλίας. Κατά το 2004, τα βασικά κράτη-μέλη ήταν: Βανουάτου, Γερμανία, Δανία, Δημοκρατία της Λιβερίας, Ελλάδα, Ισπανία, Μπαγκλαντές, Μπαρμπάντος, Μπαχάμες, νησιά Μάρσαλ, Νορβηγία, Παναμά, Σιγκαπούρη, Σουηδία και Σαμόα. Τα βασικά σημεία του κανονισμού περί εκπομπής ρύπων ισχύουν για πλοία που έχουν κινητήρα μεγαλύτερο από 130 KW και κατασκευάστηκαν μετά το 2000, για σταθερές και πλωτές εξέδρες, καθώς επίσης και για πλατφόρμες εξόρυξης καυσίμων.

¹⁶ Ferreiro, J. *LinkedIn*. LNG fuelled vessels - A history of firsts: https://www.linkedin.com/pulse/lng-fueled-vessels-history-firsts-jorge-ferreiro?trk=pulse-det-nav_art

¹⁷ IMO. (2016). *IMO regulatory updates:MEPC70 - major decisions and resolutions*. London: IMO

- Tier II/III (βασικές τροποποιήσεις του πρωτοκόλλου, 2008): οι τροποποιήσεις αφορούσαν την ποιότητα των καυσίμων που χρησιμοποιούνται από τα πλοία. Οι καινούριες μηχανές παρουσίαζαν την τάση να παράγουν αυξημένες ποσότητες οξειδίων του αζώτου.

Εκτός από τον οργανισμό IMO, υπάρχει και η « Ένωση για την Προστασία του Περιβάλλοντος από τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις » (MEPC), η οποία αποτελεί ουσιαστικά ένα συμβούλιο που ανήκει διοικητικά στον IMO. Σκοπός του είναι η τακτική αναθεώρηση των κανονιστικών πλαισίων, που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος από τη ναυτιλιακή δραστηριότητα (λειτουργίες πλοίων κτλ.). Το 2008, η επιτροπή αποφάσισε τροποποιήσεις στον ισχύοντα κανονισμό της MARPOL, σχετικά με τη μείωση των εκπομπών επιβλαβών αερίων από τα πλοία. Ο στόχος των βασικών μεταρρυθμίσεων είναι η σταδιακή μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου. Τυπικά, στα πλοία, το παγκόσμιο ανώτατο όριο περιεκτικότητας σε θείο περιορίζεται στα 3,5%, από το 2012, ενώ από το 2020 μειώνεται σε 3%. Από την άλλη, τα όρια που ισχύουν σε άλλες περιοχές εκπομπών θείου (λιμένες) έχουν περιοριστεί σε 1%, από το 2010, ενώ από το 2015 περιορίζεται ακόμα περισσότερο (0,1%). Εκτός των οξειδίων του θείου, κι αυτά του αζώτου, τα οποία παράγονται από τους κινητήρες των πλοίων, μειώνονται¹⁸.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί και το πλαίσιο που ορίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τα όρια του θείου στα καύσιμα, στον κλάδο της ναυτιλίας. Εν προκειμένω, η ευρωπαϊκή οδηγία ισχύει από το 2005, εφαρμόζεται μόνο σε περιπτώσεις πλοίων τα οποία συναλλάσσονται εντός της ΕΕ, καθώς επίσης κι αυτών που φέρουν σημαία Ευρωπαϊκού κράτους. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η οδηγία μπορεί να επηρεάσει τη λήψη απόφασης, σχετικά με τον περιορισμό εκπομπής ρύπων, σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς θα πρέπει να συμμορφώνονται σε αυτή και πλοία άλλων χωρών, τα οποία εισέρχονται στην ΕΕ. Η Ευρώπη έχει καθιερώσει νέες πολιτικές σχετικά με την ποιότητα των καυσίμων στα πλοία. Το μέγιστο όριο περιεκτικότητας του καυσίμου σε θείο ανέρχεται σε 0,1%.

¹⁸ www.dieseln.net/standards/inter/imo.php

2.3 Αντιμετώπιση ρύπων στον κλάδο της ναυτιλίας από διαφορετικές οπτικές γωνίες

Η προσέγγιση της μείωσης ρύπων έχει αντιμετωπιστεί από τρεις φορείς: α) τον διεθνή ναυτιλιακό κλάδο, εκπρόσωπο των επιχειρήσεων ναυτιλίας (ICS, WSC, CLIA, INTERTANKO, IPTA), β) τα κράτη-μέλη, τα οποία έχουν υπογράψει τη συμφωνία σχετικά με τη μείωση της ρύπανσης στις θάλασσες και γ) τις διεθνείς περιβαλλοντικές οργανώσεις.

Οι βασικές επιδιώξεις της κάθε ομάδας ενδιαφέροντος είναι:

1. Για τους εκπροσώπους του κλάδου ναυτιλίας:

◆ Η υιοθέτηση μιας πιο περιβαλλοντικής προσέγγισης όσον αφορά τη διαχείριση της περιβαλλοντικής θαλάσσιας πολιτικής, οι εκπρόσωποι των ναυτιλιακών εταιριών προτείνουν ότι θα πρέπει να υιοθετηθεί μια προσέγγιση, σχετικά με τη μείωση των ρύπων στο διεθνή ναυτιλιακό κλάδο, η οποία θα συμβαδίζει με τις προσαγές του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO). Ειδικότερα, ο ICS προτείνει ότι ο ναυτιλιακός κλάδος πρέπει να εναρμονιστεί στους στόχους που έχουν τεθεί στη συμφωνία του Παρισιού. Αυτός αναφέρει το εξής: όλοι οι κλάδοι και τομείς παραγωγής, σε διεθνές επίπεδο, θα πρέπει να καθορίσουν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια παραγωγής CO₂.

◆ Επίσης, θα πρέπει να αναγνωρίζεται ότι ο βαθμός μείωσης των επιπέδων CO₂ μπορεί να διαφέρει από κλάδο σε κλάδο. Η αυξημένη ζήτηση για ναυτιλιακές υπηρεσίες, κάτι που δε μπορεί να επηρεαστεί από το θεσμικό πλαίσιο του κλάδου, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη σε αυτήν την προσπάθεια. Επιπλέον, θα πρέπει να αναγνωρίζεται η συνεισφορά του κλάδου της ναυτιλίας στην ανάπτυξη πολλών χωρών.

◆ Ουσιαστικά, ο ναυτιλιακός κλάδος ζητάει από τον IMO να καθορίσει μια συγκεκριμένη διαδικασία, μέσω της οποίας θα καθοριστούν οι ακριβείς προσπάθειες των ναυτιλιακών εταιριών σχετικά με τη μείωση ρύπων και θαλάσσιας μόλυνσης, τον τύπο των ρύπων που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν, τον μακροπρόθεσμο στόχο και τα ενδιάμεσα βήματα. Η αρμόδια επιτροπή θα πρέπει να υποβάλλει ένα ξεκάθαρο

πλάνο σχετικά με τον μακροπρόθεσμο στόχο του κλάδου ναυτιλίας, για τη μείωση ρύπων.

2. Από τη μεριά των κρατών-μελών:

◆ Τα κράτη δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στις προσπάθειες της επιτροπής για μείωση των ρύπων. Επίσης, τονίζουν ότι είναι ιδιαίτερα σημαντικό, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, να παραμείνει εντός κάποιων συγκεκριμένων ορίων. Τα κράτη δεσμεύονται ότι θα πρέπει να θέσουν σε άμεση χρονική βάση τα επιτρεπτά όρια τη εκπομπής ρύπων, καθώς επίσης και να λάβουν επιπλέον μέτρα στα επόμενα έτη.

◆ Ένα ακριβές πλάνο δράσεων θα δώσει την ευκαιρία για επενδυτικές ευκαιρίες στον κλάδο της ναυτιλίας. Τα αποτελέσματα θα πρέπει να αξιολογούνται σε συχνή βάση, έτσι ώστε να εντοπίζονται έγκαιρα οι όποιες αποκλίσεις.

◆ Συνοψίζοντας, η πρόταση των χωρών είναι ότι όλοι οι κλάδοι θα πρέπει να συνεισφέρουν σημαντικά στη μείωση των ρύπων. Αν κάποιοι κλάδοι, όπως ο ναυτιλιακός, δε συμβάλλουν καθόλου ή συμβάλλουν σε ελάχιστο βαθμό, τότε αυτό επιβαρύνει τους λοιπούς κλάδους.

3. Οι περιβαλλοντικές οργανώσεις τονίζουν τα ακόλουθα σημεία:

◆ Όλοι οι φορείς (κράτη, ναυτιλιακές εταιρίες) θα πρέπει να καθορίσουν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια εκπομπής CO₂.

◆ Οι περιβαλλοντικές οργανώσεις υποστηρίζουν 4 σημεία-κλειδιά, τα οποία θα πρέπει να λάβει υπόψη του ο IMO, αν θέλει να ακολουθήσει τις προσταγές του:

- i. Συμφωνία σε ένα πλάνο εργασίας σχετικά με τον καθορισμό της δίκαιης συνεισφοράς του ναυτιλιακού κλάδου στην αντιμετώπιση του προβλήματος εκπομπής ρύπων.
- ii. Συνέχιση των δράσεων σχετικά με τη μείωση των ρύπων
- iii. Αξιολόγηση των πλοίων σχετικά με τα μέτρα που λαμβάνουν
- iv. Υιοθέτηση ενός διαφανούς MRV συστήματος

Οι βασικές συγκλίσεις όλων των φορέων αναφέρονται σε δυο βασικά σημεία:

1. Η συλλογή δεδομένων σχετικά με την εκπομπή ρύπων του στόλου ναυτιλίας, σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι μια σημαντική διαδικασία. Αυτό θα δώσει τη δυνατότητα να καθοριστούν ακριβείς στόχοι και μια ρεαλιστική πολιτική μείωσης εκπομπών CO₂. Σε επίπεδο συλλογής δεδομένων σχετικά με την παραγωγή CO₂, η διαδικασία έχει ολοκληρωθεί. Ο ναυτιλιακός κλάδος, σε παγκόσμιο επίπεδο, θα πρέπει να συμμορφωθεί με τις προσαγές του IMO, καθώς επίσης και της συμφωνίας MEPC 68, σχετικά με τις δεσμεύσεις, όσον αφορά τα επίπεδα CO₂, από την πλευρά του κλάδου ναυτιλίας. Ουσιαστικά, η βιομηχανία ναυτιλίας δεσμεύεται να εναρμονίσει τους CO₂ ρύπους σε κάποια ανώτατα επιτρεπτά επίπεδα, καθώς επίσης και να αξιολογεί αυτά τα επίπεδα κάθε 5 έτη. Αναγνωρίζεται η προσπάθεια του IMO σχετικά με τη μείωση ρύπων του CO₂, σε διάφορες καταστάσεις. Η επιτροπή προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος (MEPC) έχει αναλάβει το σχεδιασμό μιας αξιόπιστης μεθοδολογίας συλλογής δεδομένων για τους ρύπους, κάτι που μπορεί να βελτιώσει την όποια προσπάθεια για τον περιορισμό τους.
2. Το γεγονός ότι πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για τον περιορισμό των θαλάσσιων ρύπων, ανεξάρτητα του φορέα. Ο καθορισμός ενός ακριβούς πλάνου δράσεων προς αυτήν την κατεύθυνση είναι επιτακτική ανάγκη.

Η βασική απόκλιση απόψεων επικεντρώνεται σε ένα ζήτημα. Πιο συγκεκριμένα, τη συμβολή του ναυτιλιακού κλάδου στη μείωση των ρύπων, σε σύγκριση με τη συμβολή των άλλων φορέων (κράτη, περιβαλλοντικές οργανώσεις):

- Από την πλευρά τους, οι ναυτιλιακές εταιρείες πιστεύουν ότι:

◆ Η συνεισφορά του κλάδου ναυτιλίας σχετικά με τη μείωση των ρύπων θα πρέπει να ληφθεί υπόψη σε συνδυασμό και με τη σημαντικότητα των θαλάσσιων μεταφορών στην ευημερία των κρατών.

◆ Ο ICS αναφέρει ότι παραπάνω από τη μισή παγκόσμια ναυτιλιακή δραστηριότητα εξυπηρετεί ανεπτυγμένες χώρες. Η συγκεκριμένη τάση για το μέλλον είναι αυξητική. Επομένως, η όποια προσδοκία ότι ο διεθνής ναυτιλιακός κλάδος θα περιορίσει τους θαλάσσιους ρύπους στον ίδιο ρυθμό με τις ανεπτυγμένες χώρες δεν είναι ιδιαίτερα συνεπής.

◆ Σημαντικός παράγοντας που συνεισφέρει στον χαμηλό ρυθμό περιορισμού του CO₂ για τον ναυτιλιακό κλάδο, είναι η πρόσβαση σε εναλλακτικές μορφές καυσίμων. Ενώ άλλες βιομηχανίες, που έχουν τη βάση τους στη στεριά, έχουν τη δυνατότητα να καταφύγουν στη χρήση πιο φιλικών προς το περιβάλλον καυσίμων, αντίστοιχες πηγές για τα πλοία δεν υπάρχουν, και δε θα υπάρχουν για κάποιο χρονικό διάστημα στο μέλλον. Επομένως, η βασική πηγή ενέργειας για τις θαλάσσιες μεταφορές θα βασίζεται στον άνθρακα.

◆ Ο ICS θεωρεί ότι ο Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας θα πρέπει να επιβάλλει λογικά μέτρα, όσον αφορά τη μείωση των ρύπων, τα οποία εφαρμόζονται και ικανοποιούν ταυτόχρονα τους περιορισμούς του κλάδου ναυτιλίας.

- Από την άλλη, κράτη και περιβαλλοντικές οργανώσεις θεωρούν ότι:

◆ Οι μέχρι τώρα προσπάθειες για κλιματική αλλαγή έχουν αναληφθεί κυρίως από συγκεκριμένες χώρες. Τα μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος έχουν δημιουργηθεί βάσει προδιαγραφών των χωρών, και δεν είναι άμεσα εφαρμόσιμα από τον κλάδο της ναυτιλίας. Παρόλαυτα, σε καμία περίπτωση, η εκπομπή ρύπων από τα πλοία, θα πρέπει να μην αντιμετωπίζεται επαρκώς.

◆ Οι χώρες θεωρούν ότι πρέπει άμεσα να καθοριστεί η δίκαιη συνεισφορά των ναυτιλιακών εταιρειών στη μείωση των ρύπων και την προστασία του περιβάλλοντος. Το πλάνο εργασίας για τον καθορισμό του δίκαιου ποσοστού συνεισφοράς του κλάδου της ναυτιλίας συμφωνεί απόλυτα με την πρόταση του κλάδου.

2.4 Πρόσφατες τροποποιήσεις στο κανονιστικό πλαίσιο του IMO, σχετικά με τις εκπομπές ρύπων από τα πλοία

Το 2016, πραγματοποιήθηκε η πιο πρόσφατη συνάντηση της MEPC στο Λονδίνο (IMO, IMO regulatory updates:MEPC70 - major decisions and resolutions, 2016). Ανάμεσα στα πιο σημαντικά ζητήματα της συνάντησης ήταν και ο περιορισμός του φαινομένου του θερμοκηπίου, μέσω της μείωσης των ρύπων από τα πλοία. Ο βασικός στόχος που τέθηκε για το 2016, σε προηγούμενες συναντήσεις, ήταν η θέσπιση ενός ανώτατου ορίου ανόδου της θερμοκρασίας (1,2 – 2 βαθμοί Κελσίου), κάτι το οποίο θα περιόριζε σημαντικά το φαινόμενο σε παγκόσμιο επίπεδο. Από τη μεριά της, η MEPC70 στόχευε συγκεκριμένα στη μείωση της συμβολής των πλοίων στο φαινόμενο, λαμβάνοντας υπόψη πάντα τα οφέλη όλων των εμπλεκόμενων μερών της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Η πλειοψηφία των προηγούμενων συνεδριών, πάνω στο αντικείμενο αυτό, δε λάμβανε σοβαρά υπόψη τον κλάδο της ναυτιλίας και της αεροπλοΐας, και το κατά πόσο συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η επιτυχία της στρατηγικής αντιμετώπισης του φαινομένου έγκειται στην καταγραφή των δεδομένων ρύπων, οι οποίοι εκπέμπονται από τα πλοία. Ειδικότερα, η MEPC70 θα συγκεντρώσει δεδομένα καυσίμων από πλοία μεγέθους άνω των 5000 τόνων, από τις αρχές του 2019. Η συλλογή δεδομένων θα πραγματοποιηθεί σε ένα έτος. Τα τελικά δεδομένα θα αποσταλούν στον IMO, ο οποίος βάσει αναλύσεων θα προβεί στην κατάστροφη μιας εύρωστης στρατηγικής αντιμετώπισης του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η συγκεκριμένη στρατηγική είναι ιδιαίτερα σημαντική και να ενσωματωθεί στις πολιτικές των κρατών-μελών της IMO σε δυο φάσεις, το 2018 και το 2023. Η πρώτη φάση θα επικεντρωθεί στη συλλογή δεδομένων, ενώ η δεύτερη στην εφαρμογή της στρατηγικής καταπολέμησης του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Εκτός των άλλων, η MEPC70 στοχεύει ,μέχρι το 2020, να θέσει ένα ανώτατο επιτρεπτό όριο σχετικά με τη χρήση θείου στα καύσιμα των πλοίων. Το όριο αυτό ορίζεται στα 0,5% m/m. Η εφαρμογή του αναφέρεται στις κύριες και βοηθητικές μηχανές των πλοίων, καθώς επίσης και στους λέβητες. Λόγω του ότι η εφαρμογή μπορεί να μην υλοποιηθεί με ορθό τρόπο, η MEPC70 έχει θεσπίσει κάποια επιπρόσθετα μέτρα, τα οποία στοχεύουν στην ομαλή μετάβαση στο νέο πλαίσιο:

- Ο τρόπος με τον οποίο οι αρχές των λιμένων θα ελέγχουν αν τα καύσιμα ενός πλοίου υπερβαίνουν το ανώτατο επιτρεπτό όριο σε θείο.
- Η τυποποίηση των αναφορών, οι οποίες αναφέρονται σε περιπτώσεις πλοίων, τα οποία δεν έχουν τη δυνατότητα να ακολουθήσουν τους ισχύοντες κανονισμούς. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να παρέχεται επαρκής τεκμηρίωση.
- Μηχανισμοί, εντός του πλοίου, οι οποίοι θα λειτουργούν στην κατεύθυνση της συμμόρφωσης με τα ισχύοντα όρια θείου. Αυτοί οι μηχανισμοί ενδέχεται να βασίζονται σε τεχνολογίες και οδηγίες, οι οποίες θα βοηθούν το προσωπικό ελέγχου.
- Η λήψη κατάλληλων μέτρων συμμόρφωσης.
- Ένα χρονοδιάγραμμα υλοποίησης των μέτρων.

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί ότι το νέο ρυθμιστικό πλαίσιο δεν πρόκειται να διαφοροποιήσει τις εκπομπές οξειδίων του θείου στις περιοχές ελέγχου, οι οποίες έχουν καθοριστεί από τον IMO: Βαλτική θάλασσα, Βόρεια θάλασσα, Βόρεια Αμερική (παραθαλάσσιες περιοχές των ΗΠΑ και Καναδά) και η θαλάσσια περιοχή της Καραϊβικής.

Εκτός από τα οξείδια του θείου, κι αυτά του αζώτου επηρεάζουν σημαντικά το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι νέες τροποποιήσεις αφορούν κυρίως την οριοθέτηση ζωνών ελέγχου των οξειδίων του αζώτου (Βόρεια θάλασσα, Βαλτική θάλασσα). Πιο συγκεκριμένα, σε αυτές τις περιοχές, το ανώτατο επιτρεπτό όριο των οξειδίων του αζώτου είναι λίγο μεγαλύτερο.

3 Χρήση καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (change over)

Η περιεκτικότητα σε θείο, των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα πλοία, έχει ως συνέπεια να επιβαρύνεται το περιβάλλον. Οι κινητήρες των πλοίων έχουν κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να έχουν μεγάλη ανοχή σε διάφορα είδη καυσίμων. Παρά το γεγονός αυτό, η χρήση καυσίμων μικρής περιεκτικότητας σε θείο, μέσω της μετατροπής βαρέων καυσίμων σε ελαφρύτερα, ενδέχεται να επηρεάσει τη λειτουργία της μηχανής, αλλά και των υποστηρικτικών συστημάτων του πλοίου. Στο παρόν κεφάλαιο θα παρατεθούν στοιχεία σχετικά με τη χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, καθώς επίσης και τα βασικά μειονεκτήματα αυτής της προσέγγισης για τη λειτουργία των πλοίων.

3.1 Βαρύ καύσιμο και κανονισμός MARPOL Annex VI

Τα περισσότερα πλοία στη ναυτιλία κάνουν χρήση βαρέων καυσίμων, τα οποία συναντώνται τις περισσότερες φορές με τη μορφή του μαζούτ, σε συνθήκες φυσιολογικής θερμοκρασίας. Το καύσιμο αυτό είναι μαύρο και παχύρευστο. Ουσιαστικά, το μαζούτ προέρχεται από το υπόλειμμα της αποστάξης του αργού πετρελαίου, σε θερμοκρασίες 360 βαθμών Κελσίου. Εξέρχεται από τη βάση αποστάξεως του διυλιστηρίου. Η αξία αυτού του καυσίμου έγκειται σε δυο παράγοντες: α) το χαμηλό κόστος και β) το γεγονός ότι αποτελεί το 40% του φυσικού πετρελαίου. Οι συνθήκες αυτές το καθιστούν χρήσιμο σε πολλές μηχανές πετρελαίου, σε αντίθεση με πολλά προϊόντα του πετρελαίου, τα οποία είναι σε μορφή αποστάγματος. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το μαζούτ έχει τη χαμηλότερη τιμή πώλησης στα διυλιστήρια. Παρόλο που είναι απόσταγμα, υπάρχουν διάφοροι κανονισμοί, που υπαγορεύουν την παραγωγή του, έτσι ώστε να συμμορφώνεται με πολιτικές του περιβάλλοντος. Έτσι, θα πρέπει να τηρούνται προδιαγραφές για το ιξώδες και την πυκνότητα και να χρησιμοποιούνται μόνο τα βαρέα υπολείμματα και μικρές ποσότητες αποστάγματος πετρελαίου¹⁹.

Ένα ζήτημα που αντιμετωπίζουν τα σύγχρονα διυλιστήρια είναι οι ελάχιστες ποσότητες υπολειμμάτων ατμοσφαιρικής απόσταξης, εξαιτίας της επιπλέον

¹⁹ IMO. (2016). *IMO regulatory updates:MEPC70 - major decisions and resolutions*. London: IMO

διεργασίας που απαιτείται για την αύξηση της παραγωγής λευκών προϊόντων. Εναλλακτικά, το υπόλειμμα απόσταξης υπό κενό είναι πολύ βαρύ και δε μπορεί να ικανοποιήσει τις ανάγκες σε ναυτικά καύσιμα. Το βασικό πρόβλημα εντοπίζεται στην ιξωδολύση των βαρέων υπολειμμάτων. Η τακτική που εφαρμόζεται, είναι η ανάμιξη βαρέων προϊόντων με ελαφρά, έτσι ώστε να εξισσοροπείται το ιξώδες. Για λόγους ασφαλείας, αποκλείεται η χρήση προϊόντων βενζίνης και κηροζίνης, ενώ το προϊόν που χρησιμοποιείται πιο συχνά είναι το gasoil.

Τα βαρέα καύσιμα είναι παχύρρευστα στις συνήθεις θερμοκρασίες. Προκειμένου να διατηρηθούν σε ρευστή κατάσταση σε ειδικές δεξαμενές, απαιτούν μια ενδιάμεση επεξεργασία (προθέρμανση σε θερμοκρασία 40 βαθμών κελσίου). Μόνο έτσι μπορεί να αντληθεί εύκολα και να ρέει στο δίκτυο σωληνώσεων. Επίσης, το μαζούτ αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή λιπαντικών ουσιών. Διαχρονικά, έχει εκτοπίσει τη χρήση γαιανθράκων στις μηχανές ατμού, ενώ έχει καθιερωθεί ως βασικό καύσιμο για τις μηχανές τύπου diesel, ως καύσιμο στους λέβητες των πλοίων. Τα βαρέα καύσιμα, όπως το μαζούτ, θεωρούνται καύσιμα με χαμηλής ποιότητας φυσικοχημικά χαρακτηριστικά. Έτσι, η μετατροπή βαρέων καυσίμων σε καύσιμα για τους κινητήρες των πλοίων ενέχει κάποια προβλήματα, κυρίως λειτουργίας των πετρελαιομηχανών. Τα ζητήματα αυτά αντιμετωπίζονται, από τις πλοιοκτήτριες εταιρίες, με δυο τρόπους:

- Κατασκευή: στη σύγχρονη εποχή, οι μηχανές των πλοίων θεωρούνται αργόστροφες, ενώ έχουν μεγάλη ιπποδύναμη. Διαθέτουν ένα σύστημα καθαρισμού κι επεξεργασίας των καυσίμων, έτσι ώστε τα φτωχά χαρακτηριστικά των καυσίμων να μην επηρεάζουν τη βασική λειτουργία του πλοίου.
- Λειτουργία: αποτελούν ενσωματωμένα συστήματα, τα οποία ελαχιστοποιούν σε μεγάλο βαθμό τα προβλήματα που προκύπτουν από τα βαρέα καύσιμα των πλοίων. Μερικές από τις πιο ενδεικτικές τεχνικές είναι η χρήση φυγόκεντρων καθαριστήρων, η τοποθέτηση κατάλληλων φίλτρων, καθώς επίσης και η προθέρμανση του καυσίμου με στόχο τη διατήρηση του ιξώδους στα επιθυμητά επίπεδα.

3.2 Κανονισμός MARPOL σχετικά με τη χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο

Ο κανονισμός 14 της 'MARPOL Annex VI' υποδεικνύει τα ανώτατα επιτρεπτά όρια περιεκτικότητας σε στοιχεία του θείου, τα οποία περιέχουν τα καύσιμα των πλοίων. Το όριο ορίζεται σε 3,5% κατά βάρος. Στις ειδικές περιοχές ελέγχου, τα όρια μειώνονται ακόμα περισσότερο, καθώς τα πλοία υπόκεινται σε μεγαλύτερο έλεγχο και οι περιοχές σε μεγαλύτερα επίπεδα προστασίας. Κατά την είσοδο ενός πλοίου σε μια ελεγχόμενη περιοχή, καταγράφονται οι εκπομπές οξειδίων του θείου, έτσι ώστε να αποτυπωθεί πληρέστερα ο όγκος καυσίμου πετρελαίου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (μικρότερης του επιπέδου 0,1% κατά βάρος). Τα στοιχεία αφορούν δεξαμενές καυσίμων, ημερομηνία, ώρα και θέση του πλοίου. Ειδικά, όταν ένα πλοίο βρίσκεται εντός προστατευόμενης περιοχής, θα πρέπει να πληρείται τουλάχιστον μια από τις κάτωθι προϋποθέσεις (IMO, Liaison with the secretariats of UNFCCC and IPCC concerning the carbon to CO₂ conversion factor doc (MEPC 58/4/3), 2009):

1. Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο να μην υπερβαίνει το όριο του 0,1% κατά βάρος.
2. Το πλοίο θα πρέπει να φέρει ειδικά συστήματα καθαρισμού καυσαερίων. Το σύστημα εφαρμόζεται απευθείας στη μηχανή (κεντρικές και βοηθητικές) κι έχει στόχο τη μείωση των ολικών εκπομπών οξειδίων του θείου. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το συνολικό βάρος εκπομπής διοξειδίου του θείου δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 6 γραμμάρια ανά κιλοβατώρα.
3. Το πλοίο μπορεί να εφαρμόσει οποιαδήποτε τεχνολογική λύση επιθυμεί, σχετικά με τον περιορισμό των οξειδίων του θείου, εφόσον έχει εγκριθεί από την αρμόδια αρχή.

3.3 Μειονεκτήματα καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο

Η περιεκτικότητα ενός καυσίμου σε θείο εξαρτάται από το είδος αργού πετρελαίου, από το οποίο προήλθε. Ουσιαστικά, το θείο είναι ανεπιθύμητο, διότι με την καύση του δημιουργείται διοξείδιο του θείου, το οποίο επιβαρύνει την ατμόσφαιρα. Ένα ακόμη πιο σοβαρό πρόβλημα είναι το τριοξείδιο του θείου, το οποίο δημιουργείται από τους υδρατμούς στα συστήματα καυσίμων ενός πλοίου, και μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία θειικού οξέος. Το θειικό οξύ είναι εξαιρετικά διαβρωτική ένωση και μπορεί να αποτελέσει αρνητικό παράγοντα στο βαθμό απόδοσης ενός συστήματος καυσίμων σε ένα πλοίο. Παρόλαυτα, τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο έχουν ορισμένα σοβαρά μειονεκτήματα²⁰:

- Χαμηλό ιξώδες: για τα καύσιμα του πλοίου, η διατήρηση του ιξώδους σε ένα επίπεδο, είναι πολύ σημαντική διεργασία. Στα πλοία, οι αντλίες υψηλής πίεσης των καυσίμων είναι ειδικά σχεδιασμένοι για βαρέα καύσιμα, υψηλής περιεκτικότητας σε θείο. Σε αντίθετες περιπτώσεις, δηλαδή αν χρησιμοποιηθούν αποστάγματα χαμηλού ιξώδους, οι αντλίες δε δύναται να δημιουργήσουν την απαιτούμενη πίεση, έτσι ώστε να διοχετευθεί το καύσιμο στους θάλαμους καύσεων. Λειτουργικά, αυτό έχει ως συνέπεια να εμφανιστούν διαρροές στο σύστημα καυσίμων και να δημιουργηθούν προβλήματα κατά την εκκίνηση ή στους ελιγμούς. Επίσης, το ιξώδες εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό κι από τη θερμοκρασία. Όσο υψηλότερη θερμοκρασία, τόσο χαμηλότερο το ιξώδες. Με τις νέες προδιαγραφές, δε μπορούν να επιτευχθούν οι απαιτούμενες θερμοκρασίες στη μηχανή ενός πλοίου, έτσι ώστε το ιξώδες να παραμείνει στο επιθυμητό στάδιο. Αυτό μπορεί να οδηγήσει και σε προβλήματα στο σύστημα ψεκασμού του καυσίμου. Επιπλέον, στοιχεία του καυσίμου, τα οποία χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλό ιξώδες, μπορεί να ατμοποιηθούν.
- Χαμηλή λιπαντική ικανότητα: ένα καύσιμο θα πρέπει να έχει πολύ καλή λιπαντική ικανότητα, για να θεωρείται λειτουργικό. Έχει οριστεί, από διεθνείς οργανισμούς, ότι το μέγιστο όριο λίπανσης θα πρέπει να είναι 520μm WSD

²⁰ Psaraftis, H. N., & Kontovas, C. A. (2008). *Ship Emissions Study*. Athens: National Technical University of Athens.

(Wear Scar Diameter), το οποίο αφορά καύσιμα με θείο λιγότερο από 0,05%, δηλαδή στα επιτρεπτά όρια. Όμως, στα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, ενδέχεται να υπάρχει χαμηλή λιπαντικότητα. Ο κύριος λόγος είναι τα ενσωματωμένα συστήματα αποθείωσης, τα οποία μπορεί να εφαρμοστούν είτε στα διωλιστήρια είτε στα πλοία. Κατά την αφαίρεση του θείου, απομακρύνονται κι άτομα αζώτου, οξυγόνου και υδρογονανθράκων, τα οποία συμβάλλουν σημαντικά στη διατήρηση ενός καλού επιπέδου λίπανσης. Σημαντική παράμετρος είναι και το είδος του αργού πετρελαίου, το οποίο καθορίζει εξαρχής την περιεκτικότητα σε θείο. Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι τα τελικά αποστάγματα του καυσίμου, τα οποία περιέχουν χαμηλή ποσότητα θείου, θα πρέπει να συμμορφώνονται στους διάφορους διεθνείς κανονισμούς. Σε κάθε περίπτωση, δεν εξασφαλίζεται η λιπαντική ικανότητα, καθώς ένα καύσιμο με μεγάλη επεξεργασία αποθείωσης, ενδέχεται να παρουσιάσει μεγαλύτερα ζητήματα λιπαντικότητας. Σε θεωρητικό επίπεδο, καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο μεγαλύτερης του 0,05% διαθέτουν επαρκή λιπαντική ικανότητα, ενώ σε αντίθετες περιπτώσεις υστερούν. Αναφορικά με τις επιπτώσεις της περιορισμένης ικανότητας λίπανσης, αυτές μπορεί να είναι φθορές στην αντλία καυσίμου κτλ.

- Χαρακτηριστικά ροής καυσίμου: στα συστήματα καυσίμων ενός πλοίου, το καύσιμο θα πρέπει να ρέει ομαλά, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ορθή λειτουργία. Υπάρχουν διεθνείς προδιαγραφές, οι οποίες ορίζουν τη θερμοκρασία, στην οποία το καύσιμο παύει να ρέει. Αν η θερμοκρασία αυξηθεί, τότε δημιουργούνται προβλήματα. Έτσι, υπάρχει το σημείο νεφώσεως, κατά το οποίο το καύσιμο μετατρέπεται σταδιακά σε ένα νέφος και παύει να είναι διαυγές. Από την άλλη, υπάρχει και το σημείο απόφραξης ψυχρού φίλτρου, το οποίο αποτελεί τη χαμηλότερη θερμοκρασία, στην οποία μπορεί να διέλθει ένα καύσιμο στους σωλήνες. Γενικά, οι απότομες κι ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα στη λειτουργία του συστήματος καυσίμων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η διέλευση ενός πλοίου από ψυχρές περιοχές. Σε τέτοιες περιπτώσεις, αντιμετωπίζουν απόφραξη φίλτρων. Σε κάθε περίπτωση, οι μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας, που παρατηρούνται στο σύστημα καυσίμων, αποτελούν ένδειξη ότι το καύσιμο που χρησιμοποιείται, έχει επεξεργαστεί με κάποιο χημικό τρόπο, καθώς δεν υπάρχει φυσικό καύσιμο με τόσο μεγάλη

απόκλιση παραμέτρων ροής. Αυτό συμβαίνει στις περιπτώσεις όπου ένα καύσιμο είναι χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο.

- Σημείο ανεφοδιασμού πλοίου: μια ακόμη παράμετρος, η οποία πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Για παράδειγμα, καύσιμα από θερμές περιοχές έχουν υψηλά σημεία ροής, και δεν υπάρχει σημαντικό πρόβλημα. Σε αντίθετες περιπτώσεις, ενδέχεται να παρατηρηθούν προβλήματα στο σύστημα καυσίμου.
- Οξύτητα: όλα τα καύσιμα έχουν ενδείξεις για παρουσία όξινων συστατικών. Διεθνείς κανονισμοί οριοθετούν τις μέγιστες τιμές για τα όξινα συστατικά. Υψηλή οξύτητα μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στο σύστημα ψεκασμού καυσίμου.
- Μικροβιακές μολύνσεις: τα καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο ενδέχεται να δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για τη δημιουργία βλαβερών μικροοργανισμών. Βακτήρια, μύκητες και μούχλα μπορούν να αναπτυχθούν πολύ εύκολα, αν υπάρχει νερό, οξυγόνο και κατάλληλη θερμοκρασία. Πιο συγκεκριμένα, το νερό αποτελεί βασική πηγή τροφής για τους μικροοργανισμούς, ενώ το οξυγόνο ευνοεί την ανάπτυξη αερόβιων μικροβίων. Τέλος, συγκεκριμένα όρια θερμοκρασίας ευνοούν την ανάπτυξη των βακτηρίων. Τα καύσιμα με μικρή περιεκτικότητα σε θείο δε θερμαίνονται κατάλληλα, όπως τα βαρέα καύσιμα, με αποτέλεσμα να δημιουργούν τις ιδανικές συνθήκες για τους μικροοργανισμούς. Προβλήματα μικροβιακής μόλυνσης παρουσιάζονται στα αποστάγματα. Μερικές από τις βασικές ενδείξεις παρουσίας βλαβερών μικροοργανισμών είναι: η λάσπη στον πυθμένα αποθήκευσης καυσίμων, τα βουλωμένα φίλτρα, η λάσπη στον φυγόκεντρο αντιδραστήρα, η επιφανειακή διάβρωση στον πυθμένα των δεξαμενών αποθήκευσης, κυρίως λόγω βακτηρίων που παράγουν το διαβρωτικό υδροθείο, όπως επίσης και ρυπάνσεις στο σύστημα ψεκασμού. Τέλος, οι βασικές συνέπειες της μικροβιακής μόλυνσης μπορεί να είναι η ποιοτική υποβάθμιση του καυσίμου, οι επιπτώσεις στο περιβάλλον, αλλά και οικονομικές επιπτώσεις, καθώς τα συστήματα του πλοίου απαιτούν συντήρηση.

3.4 Διαδικασία ‘change-over’ των βαρέων καυσίμων

Υπάρχει μια συγκεκριμένη διαδικασία, η οποία χρησιμοποιείται για να μετατραπεί το βαρύ καύσιμο σε καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται ‘change-over’. Η χρήση καυσίμου για τη λειτουργία του κινητήρα προϋποθέτει θερμοκρασίες άνω των 100 βαθμών Κελσίου. Μόνο σε τέτοιες καταστάσεις μειώνεται η τιμή του ιξώδους. Το αρνητικό σε αυτήν την περίπτωση είναι το εξής: αν στο πετρέλαιο που χρησιμοποιείται, μειωθεί η περιεκτικότητα σε θείο, τότε το νέο καύσιμο που ρέει στους σωλήνες τροφοδοσίας λαδιού (υψηλής θερμοκρασίας) ρευστοποιείται ή ακόμα μετατρέπεται σε ατμό. Αυτό, τις περισσότερες φορές, οδηγεί σε ζημιά στην αντλία καυσίμου. Υπό ορισμένες συνθήκες, μάλιστα, (ασταθής καύση ή αποτυχία φλόγας) μπορεί να προκληθεί έκρηξη στον λέβητα, με τις συνέπειες να είναι ολέθριες.

Το εν λόγω πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με την αλλαγή καυσίμου, εφόσον μειωθεί η θερμοκρασία στις σωληνώσεις πετρελαίου, την εγκατάσταση κατάλληλου ψυγείου με στόχο τη μείωση της θερμοκρασίας του καυσίμου, καθώς επίσης και την απομάκρυνση κοινών σωληνώσεων μεταξύ των βαρέων καυσίμων κι αυτών με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο. Η παραπάνω διαδικασία μετατροπής των βαρέων καυσίμων σε καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, όπως προαναφέρθηκε, ονομάζεται ‘change-over’.

Στο σημείο αυτό παρατίθενται ορισμένες σημαντικές προφυλάξεις, που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία μετατροπής²¹:

- Διακοπή παροχής ατμού προς τον προθερμαντήρα, στις σωληνώσεις εφοδιασμού πετρελαίου, καθώς επίσης και στους εναλλακτικές θερμότητας πετρελαίου.
- Μείωση θερμοκρασίας καυσίμου.
- Χρήση αντλίας για καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο.
- Αλλαγή ψεκαστήρα, αν υπάρχει ψεκαστήρας ατμού στον λέβητα.

²¹ Psaraftis, H. N., & Kontovas, C. A. (2008). *Ship Emissions Study*. Athens: National Technical University of Athens.

Γενικά, η διαδικασία μετατροπής ενέχει κάποιο κόστος, αλλά διασφαλίζει ότι το πλοίο συμμορφώνεται με τους διεθνείς κανονισμούς σχετικά με τα ανώτατα επιτρεπτά ποσοστά θείου στα καύσιμα, που χρησιμοποιεί.

3.5 Οι μελλοντικές επιπτώσεις της χρήσης καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο

Όπως είδαμε και σε προηγούμενη ενότητα, ο ΙΜΟ, μέσω της επιτροπής ΜΕΡC 70, αναθεώρησε τα όρια του θείου στο πετρελαίο, το οποίο χρησιμοποιείται ως καύσιμο στα πλοία (σύμφωνα με τον κανονισμό 14.1.3 της ΜΑRΡΟL Annex VI). Συγκεκριμένα, τα όρια μειώθηκαν σε 0,5% κατά βάρος, και θα ισχύουν από τις αρχές του 2020. Οι επιπτώσεις αυτής της απόφασης θα είναι σημαντικές και για τις εταιρίες εξόρυξης πετρελαίου και για τον κλάδο της ναυτιλίας. Το επιπλέον κόστος καυσίμου, βάσει των τρεχούσων τιμών, ανέρχεται σε 50 δις \$ κάθε χρόνο, με προοπτική να αυξηθεί περισσότερο. Ως απόρροια αυτού, ο ΙΜΟ και οι ναυτιλιακές εταιρίες οφείλουν να λάβουν σοβαρά υπόψη τους τις επιπτώσεις και να προβούν στη λήψη αντίστοιχων μέτρων και λύσεων για ομαλή μετάβαση στη νέα κατάσταση. Από τη μεριά του, η ΜΕΡC θα λάβει υπόψη τις θεωρήσεις των εμπλεκόμενων φορέων, με συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα πράξεων και δράσεων.

Ως αποτέλεσμα, τα παρακάτω βήματα πρέπει να υλοποιηθούν, το αργότερο μέχρι το 2019, έτσι ώστε να είναι πιο ομαλή η μετάβαση στη νέα κατάσταση:

- Θα πρέπει να επιλυθούν ζητήματα ετοιμότητας και μετάβασης των συστημάτων από την αλλαγή του ορίου, από 3,5% σε 0,5% κατά βάρος περιεκτικότητα οξειδίων του θείου.
- Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη ζητήματα που αφορούν τις επιδράσεις στα συστήματα καυσίμων και λοιπού εξοπλισμού, που είναι απαραίτητος για τη λειτουργία του πλοίου. Τα ζητήματα αυτά ενδέχεται να προκύψουν από τη χρήση καυσίμων με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο.
- Θα πρέπει να θεσπιστούν ζητήματα επικύρωσης και μηχανισμοί ελέγχου, οι οποίοι είναι απαραίτητοι για τη διασφάλιση της συμβατότητας στα νέα συστήματα.
- Η ανάπτυξη ενός πλαισίου αναφορών, οι οποίες θα φροντίζουν να επεξηγούν τη δικαιολογημένη μη-συμβατότητα ενός πλοίου με τα νέα καύσιμα.
- Η καθιέρωση ενός συστήματος πιστοποίησης ποιότητας τύπου ISO (ISO 8217)²² το οποίο θα ενώνει τα υπάρχοντα συστήματα ποιότητας στα πλοία,

²² <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8217:ed-5:v1:en>

κυρίως σε θέματα καυσίμων, και την εφαρμογή του νέου πλαισίου καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο.

Οι πιθανές επιλογές για συμμόρφωση με τον νέο κανονισμό περί χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3 – Εναλλακτικές επιλογές μείωσης ρύπων

| Εναλλακτικές επιλογές | Πλεονεκτήματα | Μειονεκτήματα |
|--|---|---|
| <i>Χρήση βαρέων καυσίμων με συστήματα αποθείωσης</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Γίνεται χρήση των συμβατικών καυσίμων - Δίνεται η δυνατότητα ανατροφοδότησης του καυσίμου - Περιορίζει την εκπομπή ρύπων, κυρίως οξειδίων του θείου | <ul style="list-style-type: none"> - Μεγάλο αρχικό κόστος (2-10 εκ. \$) - Υπάρχει μια ποινή καυσίμου της τάξης του 3%-5% - Προϋποθέτει την ύπαρξη του κατάλληλου χώρου στα πλοία, για την εγκατάσταση των πλυντρίδων (πύργος και συστήματα υποστήριξης) - Προϋποθέτει τη χρήση χημικών - Προϋποθέτει τη σύνδεση του νέου συστήματος με το υπάρχον σύστημα ενέργειας του πλοίου - Προϋποθέτει διαρκή παρακολούθηση για τυχόν σφάλματα - Μπορεί να υπάρχουν λειτουργικοί περιορισμοί, κυρίως για τα συστήματα ανοιχτού τύπου - Τα βαρέα καύσιμα παράγουν απορρίματα, στο πλοίο, και δυσχεραίνουν τη |

| | | |
|----------------------------------|---|--|
| | | <p>λειτουργία (κλειστού τύπου συστήματα)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Απαιτείται μεγάλο κόστος συντήρησης (λόγω της διάβρωσης) |
| <i>Αποσταγμένα καύσιμα</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Δύναται να χρησιμοποιηθούν από την πλειοψηφία των συστημάτων των πλοίων (ευκολία στη μετατροπή) | <ul style="list-style-type: none"> - Μεγαλύτερο κόστος καυσίμων - Μπορεί να προκύψουν λειτουργικά ζητήματα, εξαιτίας του χαμηλού ιξώδους του καυσίμου |
| <i>Καύσιμα νέας γενιάς</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Δύναται να χρησιμοποιηθούν στα περισσότερα πλοία, καθώς οι μετατροπές που πρέπει να γίνουν, είναι σχετικά απλές | <ul style="list-style-type: none"> - Δε μπορεί να εκτιμηθεί με βεβαιότητα το κόστος του καυσίμου - Διακινούνται εκτός αγορών (δεν υπάρχει οργανωμένη αγορά όπως αυτή του πετρελαίου) - Δε μπορεί να εκτιμηθεί η διαθεσιμότητα του καυσίμου στη φύση - Μπορεί να δημιουργήσει λειτουργικά ζητήματα, καθώς δεν είναι συμβατα με ορισμένα συστήματα των πλοίων (τέτοια είναι η περίπτωση των υβριδικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται στις ελεγχόμενες περιοχές) |
| <i>Υγροποιημένο φυσικό αέριο</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Έχει καλή περιβαλλοντική | <ul style="list-style-type: none"> - Μεγάλο αρχικό κόστος επένδυσης (3-30 εκ. \$) |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>απόδοση</p> <ul style="list-style-type: none"> - Μπορεί να ικανοποιήσει τους περιορισμούς της συνθήκης Tier III - Έχει θετική επίδραση στο EEDI | <ul style="list-style-type: none"> - Μεγάλο κόστος ανατροφοδότησης του καυσίμου - Μεγάλες διακυμάνσεις, ακόμα και σε τοπικό επίπεδο, σχετικά με την τιμή του καυσίμου - Υπάρχει διαρροή μεθανίου, κατά την καύση του υγροποιημένου φυσικού αερίου - Προϋποθέτει την ύπαρξη δεξαμενής για την αποθήκευση του καυσίμου εν πλω - Κάποιες μηχανές πλοίων απαιτούν ειδική τροποποίηση για να χρησιμοποιήσουν αυτό το είδος καυσίμου, και να συμμορφωθούν έτσι με τον κανονισμό Tier III - Υπάρχει περιορισμένη ανάπτυξη αναφορικά με τις χερσαίες υποδομές παροχής υγροποιημένου φυσικού αερίου στα πλοία |
|--|--|--|

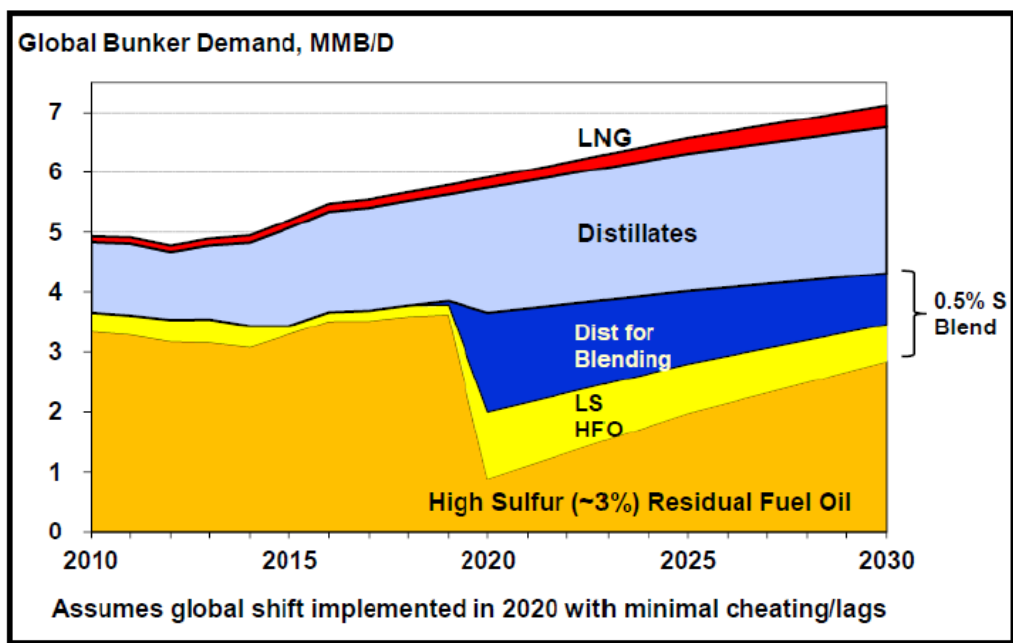
Μερικά βασικά ερωτήματα που εγείρονται σχετικά με τις μελλοντικές κατευθύνσεις στα εναλλακτικά καύσιμα είναι:

- Πόσο διαθέσιμα θα είναι τα αποσταγμένα και συμβατά με τις προϋποθέσεις καύσιμα στο μέλλον;

- Θα υπάρχει επαρκές απόθεμα βαρέων καυσίμων, στο μέλλον, για να δικαιολογεί τη χρήση πλυντρίδων;
- Θα είναι επαρκής ο αριθμός των πλοίων που θα φέρουν πλυντρίδες;
- Ποια θα είναι η εκτιμώμενη διαφορά στην τιμή μεταξύ των αποσταγμένων καυσίμων και των καυσίμων υψηλής περιεκτικότητας σε θείο στο μέλλον;

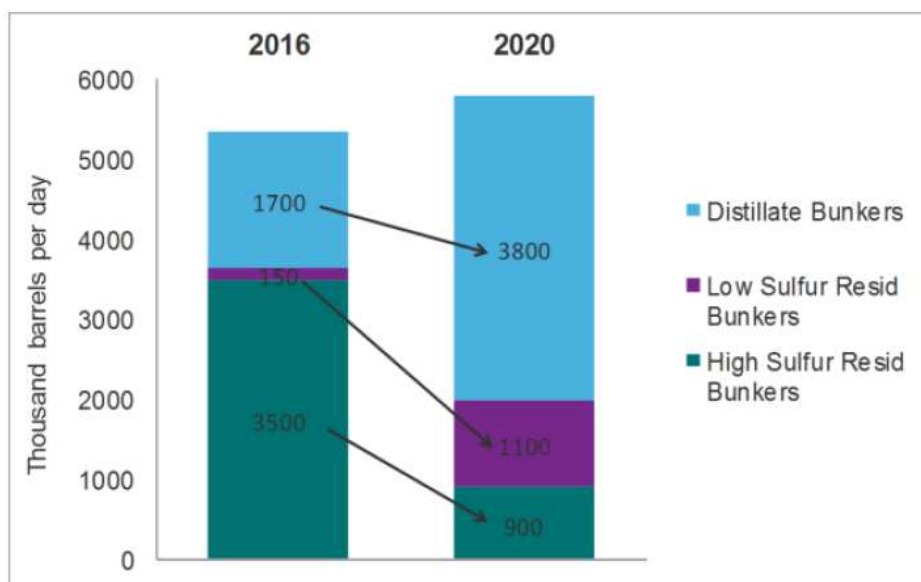
Αποτελέσματα από δυο μελέτες καταλήγουν σε διαφορεόμενα αποτελέσματα. Οι μελέτες βασίζονται στο συλλογισμό σχετικά με τον κανονισμό 14.8 της MARPOL Annex VI, σχετικά με το όριο στην εκπομπή οξειδίων του θείου στην ατμόσφαιρα από τα πλοία. Η βασική διαφορά των μελετών έγκειται στο αν θα υπάρχουν επαρκή καύσιμα, για να ικανοποιούν τα κριτήρια αυτά. Η πρώτη μελέτη διενεργήθηκε από το κέντρο ερευνών Delft και καταλήγει στο ότι οι εταιρείες εξόρυξης καυσίμων θα έχουν επαρκή ποσότητα για τα πλοία, και μάλιστα θα ικανοποιούνται και οι περιορισμοί των κανονισμών. Επιπλέον, θα υπάρχει απόθεμα για να τροφοδοτεί κι άλλους κλάδους. Η άλλη μελέτη στηρίζεται στα συμπεράσματα της ομάδας εργασίας “EnSys” και καταλήγει στο ότι θα είναι εξαιρετικά δύσκολο κι ανέφικτο για τον κλάδο καυσίμων να παράγει το απαιτούμενο καύσιμο, σύμφωνα με τους περιορισμούς στο θείο. Επίσης, είναι εξαιρετικά δύσκολο να ικανοποιούνται τα πλεονάσματα κι ελλείμματα, όταν αυτά προκύπτουν. Οι επιπτώσεις στις αγορές καυσίμων είναι εξαιρετικά σημαντικές, σε παγκόσμιο επίπεδο, κάτι που θα προκαλέσει μεγάλη μεταβλητότητα στις διεθνείς αγορές.

Στο παρακάτω σχήμα, φαίνεται η πρόβλεψη της διαθεσιμότητας των εναλλακτικών καυσίμων, τα οποία συμμορφώνονται με τους νέους κανονισμούς, σχετικά με τα επιτρεπτά όρια εκπομπής ρύπων. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το υδροποιημένο φυσικό αέριο παρουσιάζει μικρή διακύμανση στη διαθεσιμότητα του, η οποία έχει ανοδική πορεία. Από την άλλη, τα βαρέα καύσιμα έχουν μεγάλη διακύμανση, ενώ η ποσότητα τους τείνει να μειωθεί σημαντικά μετά και τον καθορισμό των ορίων το 2020. Τα υπόλοιπα εναλλακτικά καύσιμα βρίσκονται στην ενδιάμεση ζώνη.



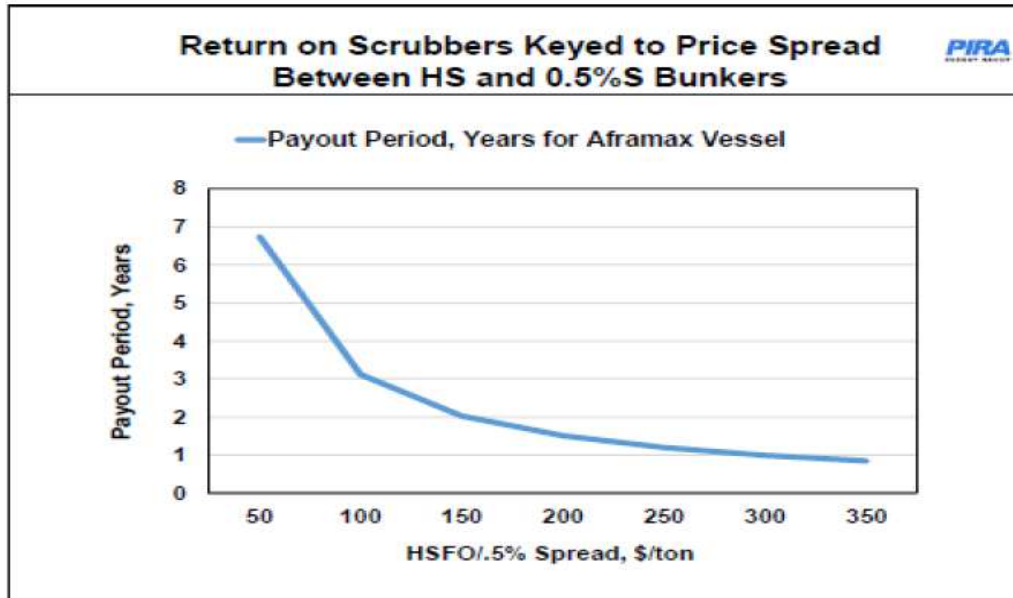
Σχήμα 11 - Διαθεσιμότητα καυσίμων, που συμμορφώνονται με τους κανονισμούς

Σε ένα διαφορετικό σχήμα, παρακάτω, το οποίο βασίζεται σε εκτιμήσεις της ισχύουσας δυναμικότητας των εταιρειών εξόρυξης καυσίμων, συμπεριλαμβανομένου και νέων μονάδων αναβάθμισης, υπολογίζεται ότι θα υπάρχει η απαιτούμενη ποσότητα νέων καυσίμων για να καλύψει την ανάγκη που αφήνουν τα συμβατικά. Τα νέα καύσιμα θα βασίζονται σε ένα νέο είδος υβριδικού προϊόντος, το οποίο θα έχει χαρακτηριστικά από το πετρέλαιο και νέες πηγές. Παρ'όλα αυτά, η τιμή των νέων καυσίμων αναμένεται να είναι ιδιαίτερα υψηλή. Επίσης, οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι θα υπάρχουν σοβαρά ζητήματα εφοδιαστικής αλυσίδας για τους προμηθευτές (πολλαπλές δεξαμενές αποθήκευσης κτλ.), αν επιλέξουν να διαθέσουν μια ευρεία γκάμα καυσίμων.



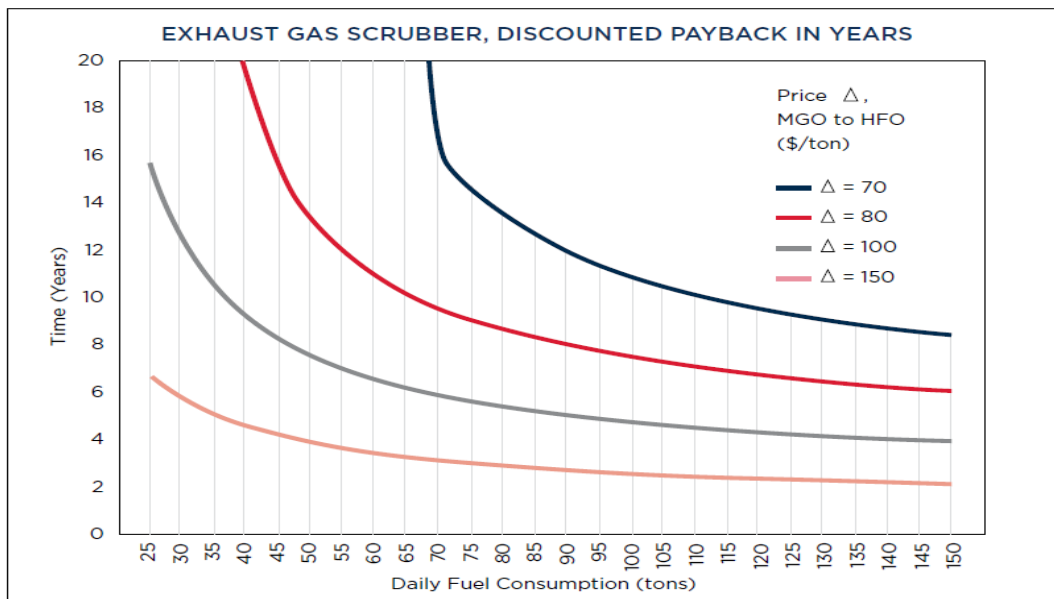
Σχήμα 12 - Διαθεσιμότητα εναλλακτικών καυσίμων

Επίσης, στα παρακάτω γραφήματα απεικονίζεται η διαθεσιμότητα του στόλου, και οι εκτιμήσεις σχετικά με αυτό το μέγεθος, αναφορικά με τη χρήση πλυντρίδων. Στην παρούσα φάση, υπάρχουν πάνω από 300 πλοία με ενσωματωμένο σύστημα πλυντρίδων, ενώ η πλειοψηφία αυτών προσπαθεί να ενσωματώσει και τεχνολογία ανατροφοδότησης καυσίμων. Οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι τα πλοία με πλυντρίδες θα ανέλθουν σε 5000 μέχρι το 2020. Το μόνο σημαντικό ζήτημα είναι ότι υπάρχουν συγκεκριμένοι κατασκευαστές σε παγκόσμιο επίπεδο. Παρόλο, λοιπόν, που αποτελεί μια ελκυστική εναλλακτική στην παγκόσμια ναυτιλία, η τεχνολογία των πλυντρίδων έχει ενσωματωθεί μόλις στο 1% του παγκόσμιου στόλου πλοίων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα πλοία είναι επιβατηγά και κρουαζιερόπλοια. Η αύξηση του μεριδίου αγοράς σε 10% προϋποθέτει επενδύσεις της τάξης των 25-30 δις \$, κάτι που δεν είναι ρεαλιστικό κι εφικτό, αν λάβει κανείς υπόψη τις συνέπειες της οικονομικής κρίσης και την προσπάθεια των ναυτιλιακών εταιριών να θωρακίσουν την κερδοφορία τους. Εκτός των άλλων, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι κατασκευαστές πλυντρίδων είναι εξαιρετικά περιορισμένοι.



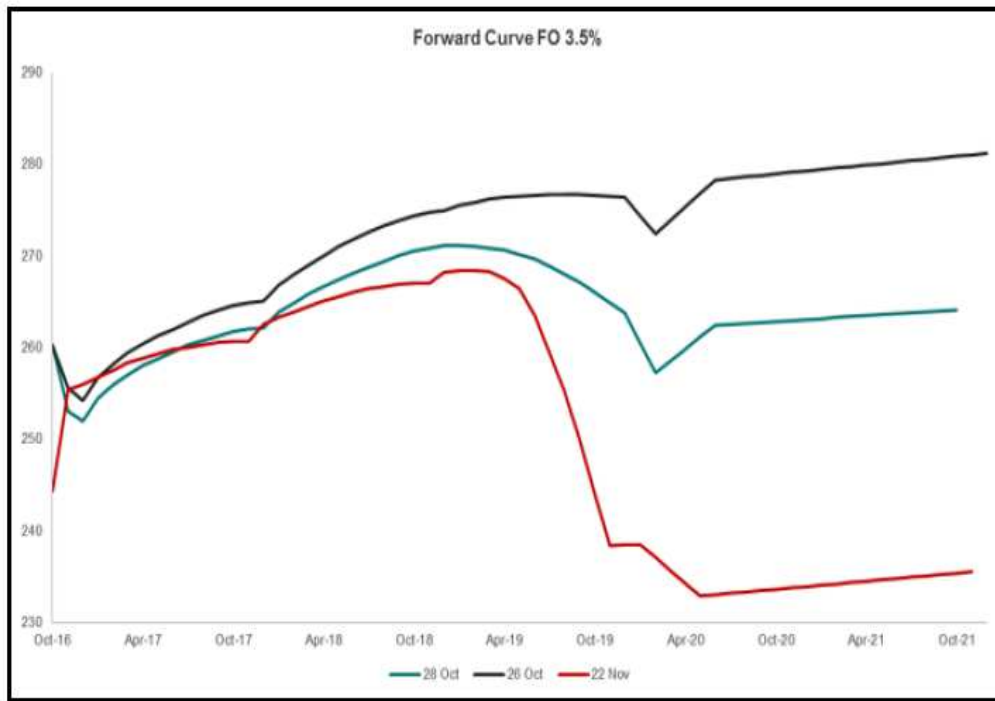
Source: PIRA Energy

Σχήμα 13 - Μελλοντικές προβλέψεις για εναλλακτικά καύσιμα



Σχήμα 14 - Μελλοντικές προβλέψεις για εναλλακτικά καύσιμα

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η προβολή των διαφορών στις τιμές μεταξύ των εναλλακτικών καυσίμων. Η αντίδραση των αγορών, μετά την ανακοίνωση του νέου ορίου στα οξείδια του θείου, είναι χαρακτηριστική. Οι αντιδράσεις καταδεικνύουν ότι θα υπάρχει μια αύξηση των πωλήσεων στο πετρέλαιο. Παρ' όλα αυτά, αυτή θα είναι η τάση μέχρι το 2020, όπου και θα εφαρμοστούν στην πράξη τα νέα κριτήρια. Τότε, η τιμή του πετρελαίου θα πέσει δραματικά, καθώς η πλειοψηφία της αγοράς θα αναζητεί εναλλακτικά καύσιμα, τα οποία θα ανταποκρίνονται στα νέα κριτήρια του IMO. Από την άλλη, η αύξηση της τιμής, για εναλλακτικά καύσιμα, δεν είναι απαραίτητα η ίδια με την πτώση της τιμής του πετρελαίου, καθώς υπάρχουν πολλοί παράγοντες που ερμηνεύουν τα νέα καύσιμα, και δεν έχουν μελετηθεί ακόμα.



Σχήμα 15 - Διαφορές στις τιμές μεταξύ εναλλακτικών καυσίμων

Γενικά, μπορεί να ειπωθεί ότι είναι εξαιρετικά δύσκολο να προβλεφθεί η μελλοντική κατάσταση. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν. Τα επίπεδα κινδύνου στη λήψη της σωστής απόφασης είναι μεγάλα, και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή από τους λήπτες απόφασης των ναυτιλιακών εταιρειών, όταν σχεδιάζουν τη στρατηγική τους.

4 Χρήση LNG (υγροποιημένο φυσικό αέριο) ως εναλλακτικό καύσιμο στα πλοία

Εκτός από τη χρήση αποθειωμένων καυσίμων, με όλα τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να φέρουν, υπάρχει και η εναλλακτική της χρήσης υγροποιημένου φυσικού αερίου ως βασικό καύσιμο για τα πλοία. Ειδικά από τη στιγμή όπου το παγκόσμιο εμπόριο βασίζεται σε ολοένα και μεγαλύτερο βαθμό από τη ναυτιλία, οι ναυτιλιακές εταιρείες αναζητούν εναλλακτικές τεχνικές καυσίμων, με στόχο να περιορίσουν τις εκπομπές ρύπων και να εναρμονιστούν με τις απαιτήσεις των διεθνών φορέων. Η μόλυνση που προέρχεται από τις μηχανές πετρελαίου των πλοίων είναι σημαντική και η χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου ως βασικό καύσιμο θα αποτελέσει το μέλλον στη ναυτιλία²³.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποτελεί μια βιώσιμη και μακροπρόθεσμη εναλλακτική λύση στα ορυκτά καύσιμα, ειδικά για σύντομα ταξίδια, με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν και οι κατάλληλες υποδομές στην ξηρά. Υπάρχει η διάθεση από την πλευρά των ναυτιλιακών εταιρειών, των λιμανιών και των παρόχων φυσικού αερίου να υιοθετήσουν το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως το μελλοντικό καύσιμο στη ναυτιλία, καθώς τόσο οικονομικοί αλλά και ρυθμιστικοί λόγοι το υπαγορεύουν, κι ενισχύουν αυτή την κατεύθυνση.

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί, πάλι, ότι εφόσον τα ανώτατα επιτρεπτά όρια οξειδίων του θείου κι αζώτου, στις προστατευόμενες περιοχές, έχουν μειωθεί (για το θείο έχει μειωθεί το όριο περιεκτικότητας σε 0,1% κατά βάρος καυσίμου), οι ναυτιλιακές εταιρείες που δραστηριοποιούνται σε αυτές τις περιοχές είναι ιδιαίτερα θετικές στην υιοθέτηση του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο. Ειδικά, αν αναλογιστεί κανείς ότι οι ελεγχόμενες περιοχές τείνουν να αυξηθούν, τα περιθώρια για τις ναυτιλιακές εταιρείες στενεύουν.

Στην παρούσα χρονική στιγμή υφίστανται εγκαταστάσεις φυσικού αερίου, οι οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθούν για αυτόν τον σκοπό, ακόμα και να αποτελέσουν βάση για την ανάπτυξη ενός βιώσιμου πλαισίου για την ευρεία χρήση του νέου καυσίμου. Έτσι, αυτές οι εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν (Draffin, 2013):

²³ Draffin, N. (2013). *An introduction to LNG bunkering* (1st εκδ.). England: Petrosport Limited.

- Υπάρχουν εγκαταστάσεις εισαγωγής φυσικού αερίου
- Προτεινόμενες εγκαταστάσεις εξαγωγής φυσικού αερίου
- Υπάρχουν δορυφορικές εγκαταστάσεις για την παρακολούθηση του φυσικού αερίου
- Υπάρχουσες και προτεινόμενες εγκαταστάσεις υγροποίησης του φυσικού αερίου, οι οποίες υποστηρίζουν αυτοκινητόδρομους, μεταφορά βαρέος εξοπλισμού, όπως επίσης και τον κλάδο των μεταφορών μέσω τραίνων
- Προτεινόμενες εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού πλοίων με φυσικό αέριο, οι οποίες έχουν ενσωματωμένα συστήματα υγροποίησης του καυσίμου
- Προτεινόμενες εγκαταστάσεις φυσικού αερίου, οι οποίες παρέχουν υπηρεσίες μεταφοράς του καυσίμου με άλλα μέσα

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποτελεί μια μελλοντική προοπτική ως καύσιμο, η οποία θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς.

4.1 Βασικά στοιχεία υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο για πλοία

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (Liquified Natural Gas) είναι φυσικό αέριο, το οποίο έχει υποστεί προσωρινή μετατροπή έτσι ώστε να βρεθεί σε υγρή κατάσταση, για λόγους αποθήκευσης και μεταφοράς. Η υγροποίηση του επιτυγχάνεται στους -163 βαθμούς Κελσίου, θερμοκρασία στην οποία συμπυκνώνεται σε μεγάλο βαθμό κι έτσι μπορεί να αποθηκευτεί πολύ εύκολα και σε μεγαλύτερες ποσότητες. Ως πηγή ενέργειας, αποτελείται από μεθάνιο και προέρχεται από διάφορες φυσικές πηγές αερίου, σε παγκόσμιο επίπεδο. Γενικά, μπορεί να ειπωθεί ότι τα κοιτάσματα φυσικού αερίου είναι σε αφθονία, κι αποτελεί το μέλλον στην ενέργεια. Η μεγαλύτερη χρήση του παρατηρείται στην παραγωγή ενέργειας, στη βιομηχανία, αλλά και για οικιακή χρήση. Παρόλο που το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, έχει και πολλά άλλα συστατικά. Για παράδειγμα, περιέχει αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο, άζωτο και διοξείδιο του άνθρακα, καθώς επίσης κι από μερικές βλαβερές χημικές ενώσεις, όπως το υδροξείδιο του θείου, οι οποίες αφαιρούνται προτού χρησιμοποιηθεί για τους τελικούς σκοπούς του (Draffin, 2013).

Ειδικά για το μεθάνιο, αποτελεί μια καλή εναλλακτική για καύσιμο των πλοίων. Οι λόγοι είναι οικονομικοί, περιβαλλοντικοί, αλλά και πρακτικοί. Πρώτον, τα παγκόσμια αποθέματα μεθανίου είναι πολύ περισσότερο από το αργό πετρέλαιο. Δεύτερον, οι τιμές είναι περισσότερο ελκυστικές από τις υφιστάμενες λύσεις. Τρίτον, οι εκπομπές ρύπων του διοξειδίου του άνθρακα είναι πολύ χαμηλότερες από τους υγρούς υδρογονάνθρακες. Τέταρτον, το μεθάνιο δεν περιέχει θείο, κι ως εκ τούτου η χρήση του συμμορφώνεται πλήρως με τους διεθνείς κανονισμούς. Πέμπτον, έχει καθαρή καύση κι έκτον, τα κόστη συντήρησης, διαχείρισης και χειρισμού εν πλω είναι εξαιρετικά χαμηλά.

Από την άλλη το υγροποιημένο φυσικό αέριο εμπορεύεται σε παγκόσμιο επίπεδο και τιμολογείται βάση της ποσότητας και της αξίας του, ως πηγή ενέργειας. Η βασική αγορά είναι οι ΗΠΑ, ενώ το σημείο εφοδιασμού του εντοπίζεται στην πολιτεία της Λουιζιάνα. Το φυσικό αέριο έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες μορφές, ως πηγή ενέργειας. Το 20% του φυσικού αερίου μεταφέρεται μέσω της ναυτιλίας, ενώ το υπόλοιπο μέσω ενός οργανωμένου συστήματος σωληνώσεων, το οποίο μπορεί να διαβαίνει περισσότερες από δυο χώρες. Οι προοπτικές χρήσης του

φυσικού αερίου στο μέλλον δείχνουν ότι πάνω από το 50% του φυσικού αερίου θα μεταφέρεται σε υγροποιημένη μορφή, καθώς οι περιοχές αποθήκευσης του εντοπίζονται αρκετά μακριά από τις περιοχές βασικής κατανάλωσης, ενώ η κατασκευή ακόμα πιο σύνθετων δικτύων σωληνώσεων ενέχει μεγάλο κόστος και πολυπλοκότητα. Η αυξανόμενη ζήτηση υγροποιημένου φυσικού αερίου έχει ως αποτέλεσμα απότομες ανοδικές τάσεις στο εμπόριο του εν λόγω αγαθού.

Παρ'όλα αυτά, η χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο είναι κάτι διαφορετικό, συγκριτικά με τη χρήση του ως εμπόρευμα. Καταρχήν, θα πρέπει να εξασφαλίζεται ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, όσον αφορά την προσφορά του καυσίμου. Επίσης, το καύσιμο θα πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμο για κάθε τύπο πλοίου, και κάτω από τις ίδιες συνθήκες με τα βαρέα καύσιμα. Το σύστημα ανεφοδιασμού θα πρέπει να είναι ασφαλές κατά τη φόρτωση κι εκφόρτωση του καυσίμου, ενώ θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι συνθήκες επιβίβασης κι αποβίβασης του προσωπικού και των επιβατών στο πλοίο. Η διαδικασία εφοδιαστικής αλυσίδας, που αφορά το φυσικό αέριο και τον εφοδιασμό του στα πλοία, είναι ένα ζήτημα, το οποίο εξελίσσεται συνεχώς, καθώς γίνεται προσπάθεια εξεύρεσης ολοένα και καλύτερης λύσης. Από τη μια, οι πάροχοι φυσικού αερίου προβλέπουν ότι η ζήτηση του προϊόντος αυτού ως καύσιμο θα εκτοξευθεί τα επόμενα έτη, ενώ οι χρήστες φυσικού αερίου προβλέπουν ότι οι τιμές του θα εξομαλυνθούν με τον καιρό, ενώ και οι χερσαίες εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού θα αναβαθμιστούν. Ενδεικτικά αναφέρονται ορισμένα από τα πιο σημαντικά λιμάνια, παγκοσμίως, τα οποία διαθέτουν εγκαταστάσεις ή υποδομές παροχής φυσικού αερίου ως καύσιμο για τα πλοία:

- Στη Στοκχόλμη, δημιουργήθηκε ένας τερματικός σταθμός εφοδιασμού με φυσικό αέριο, το 2011.
- Οι εταιρίες Vopak και Gasunie στοχεύουν να δημιουργήσουν μια μονάδα παροχής φυσικού αερίου στο λιμάνι του Ρότερνταμ, στην Ολλανδία.
- Επίσης, στην Ολλανδία υπάρχει σχέδιο για δημιουργία 4 σταθμών εφοδιασμού των πλοίων με φυσικό αέριο, κατά μήκος του Ρήνου.
- Στη Γερμανία, έχει σχεδιαστεί η δημιουργία ενός σταθμού παροχής φυσικού αερίου ως καύσιμο για τα πλοία, στο λιμάνι του Brunsbittel. Αρχικά, η εταιρία κατασκευής του έργου έχει στόχο να μεταφέρει το φυσικό αέριο με

ειδικά φορτηγά, ενώ σταδιακά θα κατασκευαστεί ένας τερματικός σταθμός παροχής φυσικού αερίου.

- Στη Σιγκαπούρη, υπάρχει ένας χερσαίος σταθμός εφοδιασμού των πλοίων, που δραστηριοποιούνται στην ευρύτερη περιοχή της ΝΑ Ασίας, με φυσικό αέριο.

Εκτός των παραπάνω υλοποιημένων έργων, οι πόλεις της Νέας Υόρκης, του Χιούστον, του Σαν Φρανσίσκο και του Λος Άντζελες έχουν αναγνωριστεί από διεθνείς φορείς ως βασικές περιοχές ανάπτυξης υποδομών για φυσικό αέριο. Οι κύριοι λόγοι είναι ότι έχουν λιμάνια τα οποία εφοδιάζουν πλοία με συμβατικά καύσιμα προς το παρόν, στοχεύουν να αναβαθμιστούν ως πάροχοι φυσικού αερίου στο μέλλον, η προσφορά του φυσικού αερίου εντοπίζεται στα 50 μέτρα από το λιμάνι, ενώ τα λιμάνια αυτά βρίσκονται σε μια βασική εμπορική γραμμή, σε διεθνές επίπεδο.

4.2 Διαδικασίες εφοδιασμού του φυσικού αερίου ως καύσιμο στα πλοία

Στην παρούσα κατάσταση, η διαδικασία εφοδιασμού των πλοίων με φυσικό αέριο πραγματοποιείται μέσω μικρότερων πλοίων, τα οποία είναι ειδικά σχεδιασμένα για να μεταφέρουν φυσικό αέριο. Το μέγεθος αυτών των πλοίων-μεταφορέων είναι μεταξύ 10000 κ.μ. και 20000 κ.μ., ενώ ο σκοπός τους είναι να εφοδιάζουν μεγαλύτερα πλοία σε τοπικό επίπεδο. Η επόμενη φάση θα είναι η δημιουργία χερσαίων υποδομών, τα οποία θα παρέχουν υγροποιημένο φυσικό αέριο, καθώς επίσης και συγκεκριμένες εγκαταστάσεις εφοδιασμού σε ειδικά σημεία. Επιπλέον, μπορούν να δημιουργηθούν πλοία μεγαλύτερου μεγέθους, τα οποία θα είναι αποκλειστικοί προμηθευτές φυσικού αερίου. Τα ειδικά σχεδιασμένα αυτά πλοία θα φορτώνονται άμεσα με φυσικό αέριο, και θα στοχεύουν σε μεγάλες διαδρομές. Εκτός από τα μικρά πλοία, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά φυσικού αερίου, υπάρχουν και μικρής κλίμακας επίγειες εγκαταστάσεις, στους λιμένες, οι οποίες είναι εφοδιασμένες με κατάλληλες αντλίες εφοδιασμού για τα πλοία που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο²⁴.

Η χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο για τα πλοία γίνεται με τον εξής τρόπο. Το αέριο τροφοδοτείται στη διαδικασία συμπίεσης και καύσης, μέσω ειδικού σωλήνα, σε κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Το αέριο καύσιμο είναι εύφλεκτο, και μπορεί να αντιδράσει όταν έρθει σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Η διαδικασία μεταφοράς του αερίου στα πλοία πραγματοποιείται μέσω ειδικών κρυογενικών αντλιών, οι οποίες συνδέουν τα πλοία με μικρές δεξαμενές, φορτηγά ή μικρά πλοία. Οι μέθοδοι μεταφοράς του αερίου προέρχονται από τον κλάδο της παραγωγής και των μεταφορών, όπου έχουν ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία. Παρόλαυτα, η διαδικασία αποθήκευσης του αερίου είτε στο πλοίο είτε στις χερσαίες εγκαταστάσεις ενέχει σημαντικό κίνδυνο.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί και το μεθάνιο ως πιθανό καύσιμο για τα πλοία, παρόλο που βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο, σε σύγκριση με το φυσικό αέριο. Καθώς η χρήση του φυσικού αερίου, ως καύσιμο στα πλοία, αυξάνεται, το προσωπικό στον κλάδο της ναυτιλίας εκπαιδεύεται κατάλληλα έτσι ώστε να διαχειρίζεται το ευαίσθητο αυτό καύσιμο, σύμφωνα με τις απαιτούμενες προδιαγραφές ασφάλειας. Σε τέτοιες

²⁴ Draffin, N. (2013). *An introduction to LNG bunkering* (1st εκδ.). England: Petrosport Limited.

περιπτώσεις, η τυποποίηση των διαδικασιών διαχείρισης του καυσίμου είναι η πιο ενδεδειγμένη λύση.

4.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο στη ναυτιλία

Η δημιουργία μιας κατάλληλης υποδομής για υγροποιημένο φυσικό αέριο απαιτεί την κατανόηση ζητημάτων σχετικά με την αξιοπιστία και ασφάλεια του συστήματος, τη σχετική νομοθεσία, το κανονιστικό πλαίσιο και τις απαιτούμενες δυνατότητες που πρέπει να έχει. Οι εναλλακτικές πηγές καυσίμων για τον κλάδο της ναυτιλίας είναι το αργό πετρέλαιο με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο ή η εγκατάσταση συστημάτων αποθείωσης εν πλω, έτσι ώστε να γίνεται ο καθαρισμός του καυσίμου σε πραγματικό χρόνο. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποτελεί μια από τις πιο υποσχόμενες πηγές καυσίμου για το μέλλον. Πιο συγκεκριμένα, το υγροποιημένο φυσικό αέριο δεν έχει ίχνος θείου. Η κάυση του παράγει χαμηλά επίπεδα οξειδίων του αζώτου, και συγκεκριμένα 80% λιγότερα οξείδια από τα βαρέα καύσιμα (πετρέλαιο, νηζέλ). Το υγροποιημένο φυσικό αέριο τιμολογείται χαμηλότερα σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα, παρόλο που οι τιμές στα προϊόντα του πετρελαίου παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα τα τελευταία έτη. Αυτό το φαινόμενο χαρακτηρίζεται παροδικό, και μπορεί να επηρεάσει την αγορά φυσικού αερίου μόνο βραχυπρόθεσμα. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο έχει μικρή περιεκτικότητα σε ουσίες που προκαλούν μόλυνση (οξείδια του αζώτου), σε σύγκριση με τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία. Τα πλοία που κάνουν χρήση φυσικού αερίου παράγουν 20% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα²⁵.

Βέβαια, εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν είναι ευρέως διαδεδομένο καύσιμο, καθώς επίσης κι ότι δεν υπάρχει ένα οργανωμένο επίγειο δίκτυο υποστήριξης του φυσικού αερίου ως καύσιμο για τα πλοία, τα συμβατικά καύσιμα των πλοίων θα αποτελούν μονόδρομο για το βραχυπρόθεσμο μέλλον. Παρόλο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες τεχνολογίες ελέγχου κι επεξεργασίας των βαρέων καυσίμων, το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποτελεί τη μοναδική εναλλακτική, η οποία έχει τη δυνατότητα συμμόρφωσης με όλους τους τύπους ρύπων. Αξίζει να αναφερθεί ότι το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι άμεσα ανταγωνιστικό με τα υγρά καύσιμα, ενώ δεν απαιτεί την ενσωμάτωση επιπλέον εξοπλισμού στο πλοίο.

²⁵ Hart, G. *LNG marine perspectives*. <http://bv.com/Home/news/solutions/Expert>

Σχετικά με τα ζητήματα που εγείρονται από τη χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο στα πλοία, το βασικό είναι το μεγάλο κόστος επένδυσης στο σύστημα προώθησης του πλοίου και τα συστήματα επεξεργασίας του καυσίμου, όπως επίσης και η δημιουργία σταθμών ανεφοδιασμού στην ξηρά. Επιπλέον, θα πρέπει να δημιουργηθεί και το κατάλληλο ρυθμιστικό πλαίσιο για την ασφαλή χρήση του φυσικού αερίου. Το νομοθετικό πλαίσιο είναι απαραίτητο, καθώς αποθαρρύνει τις αθέμιτες πρακτικές από τις ναυτιλιακές εταιρίες, στην προσπάθεια τους να γίνουν πρωτοπόροι στη χρήση φυσικού αερίου για καύσιμο. Επίσης, η περιορισμένη χρήση δορυφορικών συστημάτων παρακολούθησης του ανεφοδιασμού έχει ως αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται, προς το παρόν, η υιοθέτηση συστημάτων καυσίμων, που βασίζονται στο φυσικό αέριο. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η καύση του φυσικού αερίου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεθανίου, το οποίο έχει αρνητικές συνέπειες σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Συνοπτικά, τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του φυσικού αερίου ως πηγή καυσίμου για τα πλοία μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω βασικά σημεία²⁶:

- Πλεονεκτήματα
 - Το φυσικό αέριο συμμορφώνεται με τις διατάξεις τις ΕΕ και των διεθνών φορέων, σχετικά με την εναρμόνιση με τα πρότυπα εκπομπών ρύπων (Tier III).
 - Αποτελεί μια πηγή με ελάχιστες επιπτώσεις στο περιβάλλον
 - Μακροπρόθεσμα, αν εξαιρέσει κανείς το μεγάλο αρχικό κόστος, είναι η πιο συμφέρουσα λύση.
 - Οι τιμές του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι πολύ ανταγωνιστικές σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας
 - Η υιοθέτηση του φυσικού αερίου ως καύσιμο για τα πλοία μπορεί να ωθήσει τους διεθνείς φορείς για πιο αυστηρά μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος.
 - Έχει θετικό αντίκτυπο στο EEDI (Energy Efficiency Design Index).

²⁶ Andreoni, V., Miola, A., & Perujo, A. (2008). *Cost effectiveness analysis of the emission abatement in the shipping sector*. European Commission Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability.

- Μειονεκτήματα
 - Δεν υπάρχουν οι κατάλληλες υποδομές, καθώς επίσης και μια ορθολογική εφοδιαστική αλυσίδα
 - Η μετατροπή του είναι κοστοβόρα
 - Υπάρχουν μεγάλες διαφοροποιήσεις στην τιμή του ανά περιοχή
 - Είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο και τοξικό
 - Απαιτεί μια επιπλέον επένδυση μετατροπής των συστημάτων του πλοίου, της τάξης του 10% μέχρι και 50% της αξίας του πλοίου, κατά περίπτωση.
 - Μερικοί τύποι μηχανών χρειάζονται επιπρόσθετα συστήματα για να ικανοποιήσουν τις συνθήκες Tier III
 - Υπάρχει πιθανότητα διαρροής μεθανίου στην exhaust

4.4 Παραδείγματα χρήσης υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο στη ναυτιλία

Η χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο στα πλοία δεν είναι μια καινούρια ιδέα. Ήδη από το 1964, όλα τα πλοία που μεταφέρουν φυσικό αέριο διαθέτουν ειδικά προσαρμοσμένα συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούν το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο. Ο παγκόσμιος στόλος τέτοιων πλοίων αποτελείται από επιβατικά πλοία, σκάφη εξυπηρέτησης μεγαλύτερων πλοίων, σκάφη ακτοφυλακής, φορτηγά-πλοία και πολλά άλλα. Επίσης, όλα τα σκάφη μεγάλης ταχύτητας (καταμαράν) κάνουν ευρεία χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου²⁷.

Γεωγραφικά, στην Ευρώπη, η Νορβηγία θεωρείται ως πρωτοπόρος στην εισαγωγή υγροποιημένου φυσικού αερίου ως βασικό καύσιμο σε όλα τα πλοία της. Επιπλέον, η ΕΕ στο σύνολο της προσπαθεί να υιοθετήσει ένα λειτουργικό πλαίσιο, με στόχο την υιοθέτηση του φυσικού αερίου ως βασικό καύσιμο για τη ναυτιλία όλων των κρατών μελών της, και με ιδιαίτερη έμφαση στις ελεγχόμενες περιοχές όπως αυτές έχουν θεσπιστεί από την MARPOL. Παρ'όλα αυτά, επί του παρόντος, τα περισσότερα πλοία που λειτουργούν με υγροποιημένο φυσικό αέριο βρίσκονται στη Νορβηγία. Το πρώτο πλοίο που τέθηκε σε λειτουργία στη χώρα αυτή, ήταν το 2000, ενώ μέχρι το 2013, η Νορβηγία διαθέτει ένα στόλο από 30 πλοία τα οποία κινούνται με υγροποιημένο φυσικό αέριο. Εκτός από τη Νορβηγία, ιδιαίτερη κινητικότητα στο εν λόγω ζήτημα παρουσιάζουν και οι Δανία, Σουηδία, Ολλανδία και Γερμανία. Η Βόρεια Αμερική δραστηριοποιήθηκε αργότερα, σε σχέση με την περιοχή της Ευρώπης. Παρόλαυτα, τα τελευταία χρόνια η Αμερική έχει σημειώσει λματώδης προόδους, ειδικά σε τεχνολογικά ζητήματα που αφορούν την ομαλή υιοθέτηση του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο για τα πλοία, ενώ έχει στόχο να ξεπεράσει σε πρωτοπορία την Ευρώπη. Οι ΗΠΑ θεωρούνται πρωτοπόροι στο θέμα αυτό. Επιπλέον, στο τόξο της ανατολικής Ασίας, όπου η ναυτιλία και το εμπόριο παρουσιάζουν διαχρονικά μεγάλη άνθιση κι ανάπτυξη, η Κίνα και η Ιαπωνία έχουν στόχο να αναβαθμίσουν την πλειοψηφία του στόλου τους, έτσι ώστε να κινούνται με

²⁷ Ferreiro, J. *LinkedIn*. LNG fuelled vessels - A history of firsts:

https://www.linkedin.com/pulse/lng-fueled-vessels-history-firsts-jorge-ferreiro?trk=pulse-det-nav_art

υγροποιημένο φυσικό αέριο. Παρ'όλα αυτά, το πρώτο πλοίο με αυτό το καινοτόμο καύσιμο έχει κατασκευαστεί στην Νότια Κορέα. Από την άλλη, η Κίνα, η οποία διαθέτει έναν από τους μεγαλύτερους προμηθευτές φυσικού αερίου στον κόσμο, έχει κατασκευάσει δυο πλοία, τα οποία συνεργάζονται με αυτήν την εταιρία.

Από την εποχή όπου η Νορβηγία υλοποίησε το πρώτο πλοίο, το οποίο λειτουργεί με υγροποιημένο φυσικό αέριο, η ανάπτυξη σε αυτόν τον τομέα, σε παγκόσμιο επίπεδο, υπήρξε αλματώδης. Όπως είδαμε και παραπάνω, ολόενα και περισσότερες χώρες επιθυμούν να αναβαθμίσουν κατάλληλα το στόλο τους. Επιπλέον, εκτός από τα πλοία, τα οποία μεταφέρουν εμπορεύματα, γίνεται μια προσπάθεια να υιοθετηθεί το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως βασικό καύσιμο σε όλα τα είδη πλοίων και σκαφών, ανεξάρτητα της χρήσης τους.

Από τη μεριά τους, οι πλοιοκτήτριες εταιρίες θα πρέπει να διαθέτουν ένα υψηλό επίπεδο ετοιμότητας, έτσι ώστε να αντεπεξέλθουν αποτελεσματικά στη νέα κατάσταση. Το επίπεδο ετοιμότητας περιλαμβάνει την κατάλληλη εκπαίδευση του προσωπικού, καθώς επίσης και μελέτες σχετικά με την επικινδυνότητα του νέου συστήματος, πως αυτό επηρεάζει το περιβάλλον, ανάλυση κινδύνου κτλ. Επίσης, οι κατασκευαστές κινητήρων για πλοία, όπως και οι εταιρίες που αναλαμβάνουν την κατασκευή των συστημάτων καυσίμων, οφείλουν να προσαρμοστούν κατάλληλα στις συνθήκες που επιβάλλει το νέο καύσιμο. Για παράδειγμα, μερικές από τις μεγάλες εταιρίες κατασκευής κινητήρων για μεταφορικά μέσα (Rolls-Royce, MAN, Wartsila, Mitsubishi, Caterpillar) έχουν αρχίσει να αναβαθμίζουν τα συστήματά τους, έτσι ώστε να αντεπεξέλθουν στο νέο καύσιμο.

4.5 Οι προοπτικές χρήσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως βασικό καύσιμο έναντι των συμβατικών καυσίμων

Όπως είδαμε και παραπάνω, οι προοπτικές χρήσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως βασικό καύσιμο για τα πλοία είναι σημαντικές. Η απόφαση για την υιοθέτηση του νέου καυσίμου εξαρτάται από τη συμμόρφωση με το κανονιστικό πλαίσιο για την εκπομπή ρύπων, όπως επίσης κι από οικονομικούς παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν το κόστος (κόστη καυσίμων, αναβάθμιση εγκαταστάσεων, διαθεσιμότητα καυσίμου). Προς το παρόν, ο ρυθμός υιοθέτησης του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι μικρός, καθώς υπάρχουν πολλές χώρες, οι οποίες ενσωματώνονται στο πλαίσιο των ελεγχόμενων περιοχών, σχετικά με το ζήτημα εκπομπής βλαβερών ρύπων στο περιβάλλον. Από την άλλη, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη ότι οι τιμές του φυσικού αερίου είναι πολύ χαμηλότερες από το πετρέλαιο τύπου Brent, ενώ σε κάθε περίπτωση με τη χρήση του φυσικού αερίου ικανοποιείται ο περιορισμός σχετικά με τα ανώτατα επίπεδα οξειδίων του θείου. Οι περιοχές, οι οποίες ευνοούνται από αυτήν την κατάσταση είναι η Αμερική και η Ευρώπη, προς το παρόν²⁸.

Ωστόσο, υπάρχουν πολλοί παράγοντες, οι οποίοι συμβάλλουν στην αύξηση της αβεβαιότητας σχετικά με την αγορά του φυσικού αερίου. Οι πιο σημαντικοί από αυτούς είναι οι τιμές των εναλλακτικών καυσίμων, οι ελλειψείς χερσαίες υποδομές και οι εξελίξεις της τεχνολογίας. Σημαντικό ρόλο θα διαδραματίσει η στρατηγική που θα υιοθετηθεί από το σύνολο των χωρών. Σε επίπεδο τιμών, ζήτησης κι επιπέδου αποθεμάτων, τα πράγματα είναι ευοίωνα για το μέλλον. Ολοένα και περισσότερες χώρες προστίθενται στη λίστα με τις περιοχές εκείνες που μπορούν να εξάγουν φυσικό αέριο.

Σε σχετική έρευνα που διενεργήθηκε από τον οίκο Lloyd's, μεγάλες ναυτιλιακές εταιρίες, σε παγκόσμιο επίπεδο αποτύπωσαν την άποψη τους σχετικά με τα εναλλακτικά καύσιμα που επιθυμούν να υιοθετήσουν στο στόλο τους. Τα αποτελέσματα της έρευνας κατέδειξαν 4 κατευθύνσεις. Οι δυο πρώτες

²⁸ Foss, M. M., (2012), An overview on liquefied natural gas (LNG), its properties, the LNG industry, and safety considerations, Center for Energy Economics, Bureau of Economic Geology, available at: <http://www.beg.utexas.edu/energyecon/INTRODUCTION%20TO%20LNG%20Update%202012.pdf>

επικεντρώνονται στη χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, όπως επίσης και σε ένα υβριδικό καύσιμο το οποίο αποτελείται από υγροποιημένο φυσικό αέριο και ντίζελ. Η τρίτη λύση αναφέρεται στη χρήση τεχνολογικών συστημάτων αποθείωσης των καυσίμων ενός πλοίου, κατά τη λειτουργία του. Η τέταρτη λύση αναφέρεται στο υγροποιημένο φυσικό αέριο. Στην παρούσα φάση, προκρίνεται, από την πλειοψηφία των εταιριών, η χρήση καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα, κατά βάρος, σε θείο, ενώ το υγροποιημένο φυσικό αέριο θεωρείται μια μακροπρόθεσμη στρατηγική, την οποία δυσκολεύονται να υιοθετήσουν οι εταιρίες²⁹.

Η χρήση παραγώγου απόσταξης πετρελαίου με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, που είναι βεβαίως ακριβό αλλά η επιβάρυνση μεταφέρεται συνήθως στους ναυλωτές. Ωστόσο η πρακτικότητα της υιοθέτησής του σε μεγάλη κλίμακα εξαρτάται από τη δυνατότητα των διυλιστηρίων να ανταποκριθούν στη μεγάλη ζήτηση. Η μετατροπή των πλοίων (μηχανοστάσιο, δεξαμενές καυσίμου) ώστε να καίνε υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) θα ήταν μια ελκυστική λύση, ειδικά για τις νέες κατασκευές αλλά θα πρέπει να δημιουργηθεί υποδομή με εκτεταμένο δίκτυο σταθμών εφοδιασμού. Μπορεί το δίκτυο σταθμών εφοδιασμού να μην είναι εκτεταμένο ωστόσο η εμφάνιση των κινητών μονάδων αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι πλέον μια πραγματικότητα. Άλλη λύση είναι η εγκατάσταση scrubber για την απομάκρυνση απ' τα καυσαέρια του διοξειδίου του θείου, και σε κάποιες περιπτώσεις η απόσυρση των πλοίων συμβατικού καυσίμου απ' τις περιοχές SECA. Όμως η αναζήτηση οικονομικά αποτελεσματικών λύσεων δε θα πρέπει να αποσυνδεθεί από το μεγάλο περιβαλλοντικό πρόβλημα για τις επόμενες γενιές, την υπερθέρμανση του πλανήτη, το οποίο σίγουρα θα παραμείνει και μετά τις παραπάνω επιλογές.

²⁹ Lloyds. *Lloyds List*. CMA 2015: LNG-Fuelled future for shipping presents risks and opportunities: <https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/?redirecturl=459323>

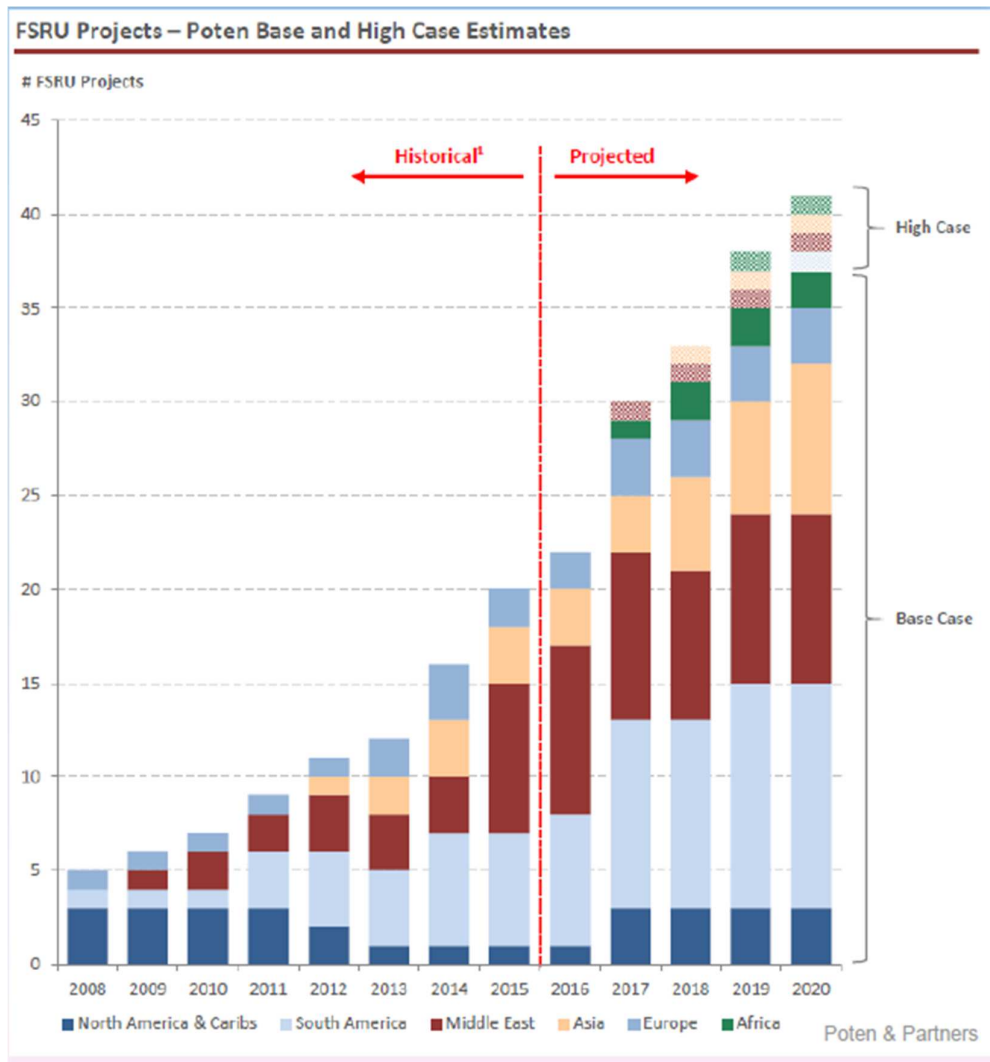
4.6 FSRU

Η μεγάλη ζήτηση υγροποιημένου φυσικού αερίου έχει ως επακόλουθο την όλο και αυξανόμενη ανάγκη δημιουργίας δικτύου σταθμών εφοδιασμού. Στην αντιμετώπιση της αυξανόμενης ζήτησης έχει συμβάλλει ένας νέος τύπος πλοίου FSRU (floating storage and regasification unit) ο οποίος καλύπτει τη ζήτηση που η ολοένα μεταβαλλόμενη αγορά καλείται να αντιμετωπίσει³⁰ ο οποίος μπορεί να οριστεί ως ένας ειδικός τύπος πλοίου ο οποίος χρησιμοποιείται για τη μεταφορά φυσικού αερίου αλλά μπορεί να αποτελέσει και τερματικό σταθμό-αποθηκευτικό χώρο φυσικού αερίου κάνοντας την προμήθεια φυσικού αερίου πιο προσβάσιμη σε μέρη που ακόμα δεν υπάρχουν σταθμοί Lng. Πιο συγκεκριμένα, ένα FSRU μπορεί να λάβει LNG καύσιμο από LNG πλοία, να αποθηκεύσει αυτό το καύσιμο, να μετατρέψει το LNG σε υψηλής πίεσης αέριο και να μπορεί να το μεταφέρει στο δίκτυο ή στην κεντρική μονάδα αποθήκευσης καυσίμων. Η ζήτηση μονάδων-πλοίων τύπου FSRU προκύπτει αφενός από την τιμή του φυσικού αερίου, το κόστος κεφαλαίου καθότι σαφώς το να κατασκευάσεις κάτι και να μπορέσεις να το «φυτέψεις» στην περιοχή που θέλεις είναι πολύ πιο οικονομικό από το να χρειαστεί να φτιάξεις ολόκληρη υποδομή για κάτι τέτοιο. Καθόλου αμελητέο δεν είναι και το γεγονός ότι η εγκατάσταση τέτοιου τύπου πλοίου προσφέρει ελαστικότητα και ευκολότερη κίνηση στην παγκόσμια αγορά. Τα πλεονεκτήματα ενός FSRU είναι πολλά. Αρχικά, το κόστος δημιουργίας ενός νέου τέτοιου τύπου πλοίου ή η μετασκευή ενός Lng πλοίου σε FSRU είναι μικρότερο από την αποθήκευση φυσικού αερίου στη στεριά. Επιπλέον, ο χρόνος κατασκευής είναι μειωμένος (2,5 χρόνια) συγκρινόμενος με τους σταθερούς τερματικούς σταθμούς για τους οποίους ο χρόνος κατασκευής είναι κατά μέσο όρο 4 χρόνια. Ένα ακόμη πλεονέκτημα των FSRU είναι ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και εποχιακά και σε αγορές με λιγότερο ανεπτυγμένο υπόβαθρο. Σίγουρα είναι και μια λύση γρήγορη η οποία καθυστερεί την ανάγκη δημιουργίας επένδυσης κεφαλαίου onshore. Τελευταίο αλλά και πολύ σημαντικό είναι το γεγονός πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως συμβατικό LNG πλοίο.

Μέχρι στιγμής 24 ερευνητικά σχέδια είναι υπό λειτουργία, αριθμός που αναμένεται να διπλασιαστεί μέχρι το 2020 έχοντας 40 ερευνητικά σχέδια υπό κατασκευή. Τα επιπρόσθετα αυτά σχέδια αντιπροσωπεύουν ένα δυναμικό 15 εκατομμυρίων

³⁰ exceleerateenergy.com/fsru/

δολαρίων στην ανάπτυξη της αγοράς ως το 2020. Ειδικά στη Νότιο Αμερική και τη Μέση Ανατολή, αναμένεται να έχουμε περίπου το 50% της αγοράς FSRU ως το 2020. Τα ποσοστά αυτά απεικονίζονται και στο παρακάτω διάγραμμα³¹:



Σχήμα 16 – Παγκόσμια Ζήτηση για FSRU

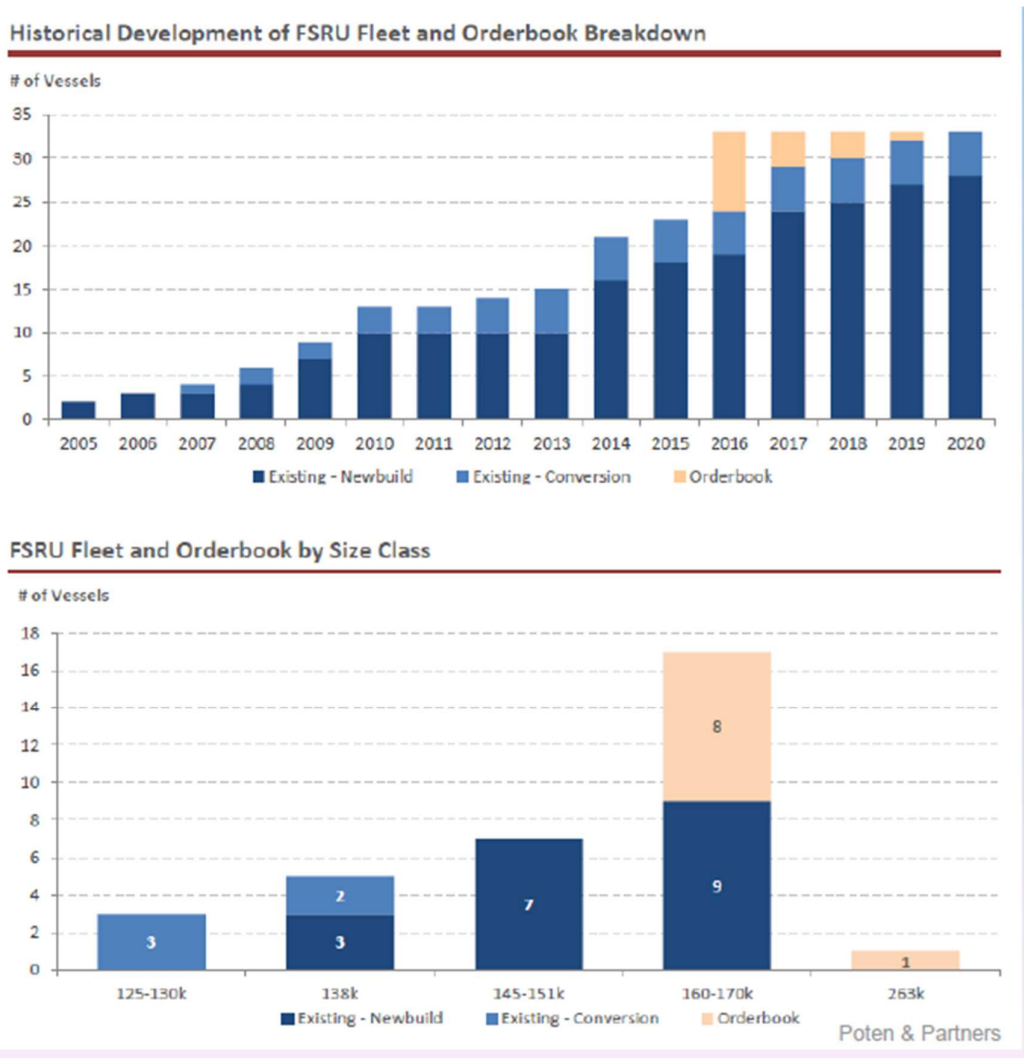
Μέχρι στιγμής υπάρχουν 24 FSRUs σε λειτουργία εν πλω ενώ άλλα 9 είναι υπό κατασκευή. Από τα 24, τα 19 αποτελούν νέες κατασκευές ενώ τα 5 είναι μετατροπές παραδοσιακών LNG πλοίων. Οι εταιρείες που έχουν στην κατοχή τους FSRU είναι οι ακόλουθες:

³¹ https://issuu.com/lr_marine/docs/floating_storage_and_regasification

- Excelerate Energy
- Hoegh LNG
- Golar LNG
- OLT Toscana (JV)
- BW Gas

ενώ αυτές που έχουν υπό κατασκευή FSRU είναι:

- Hoegh LNG : 4
- BW Gas: 2
- Golar: 1
- MOL: 1
- Gazprom: 1
- Dynagas: 2
- Maran Gas Maritime: 1



Σχήμα 17 – Ιστορική ανάπτυξη FSRU στόλου

4.6.1. Τυπικές παράμετροι απόδοσης των FSRU

- “**Laytime**” : οι ναυλωτές συχνά αναζητούν να έχουν μια εγγύηση για το συγκεκριμένο θέμα. Πολλοί ναυλωτές θα επικεντρωθούν
- “**Minimum Heel**” : οι ναυλωτές συχνά αναζητούν μια εγγύηση ότι τα FSRU θα μπορούν να συνεχίσουν να παραδίδουν

4.6.2. Το παράδειγμα LNG Ready στο VLCC της εταιρείας Maran Tankers Management

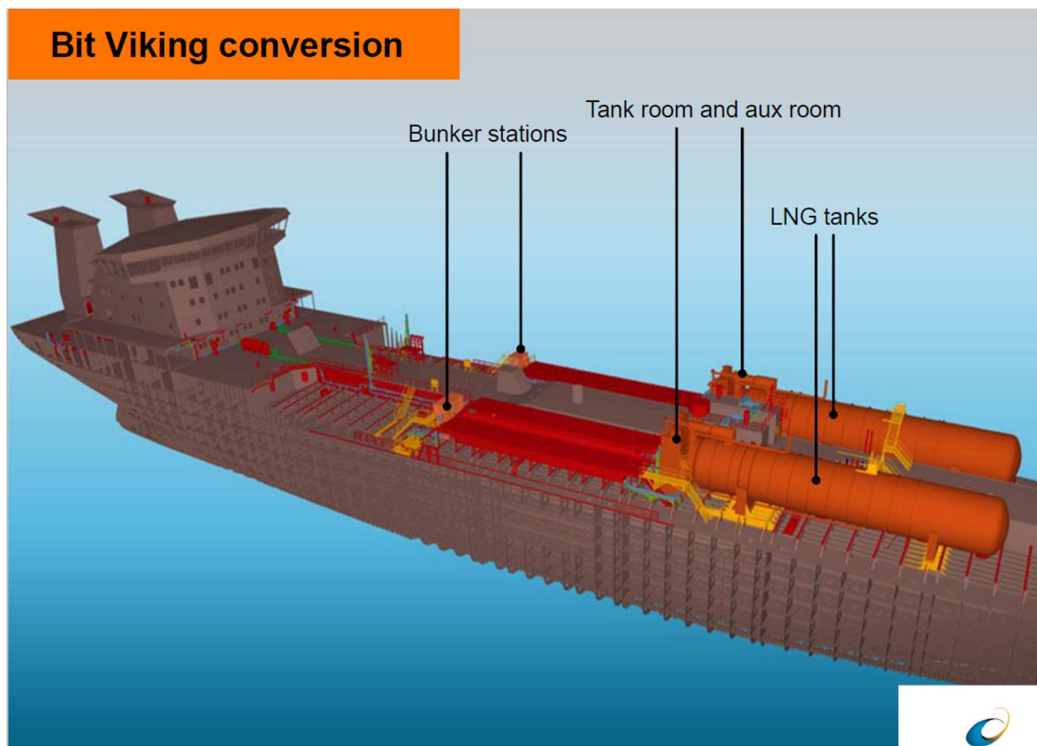
Πρόκειται για μια προετοιμασία για την υποδοχή των δεξαμενών LNG στο κατάστρωμα, για μια ενίσχυση του καταστρώματος για το επιπλέον βάρος της δεξαμενής. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα ***fuel gas supply room*** που αποτελεί ένα μεικτό αντλιοστάσιο για το LNG, ένα «κενό» μέρος που αργότερα θα φιλοξενήσει της αντλίες για τη μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου. Η προεγκατάσταση απαιτεί ενίσχυση τόσο στο πάνω όσο και στο κάτω μέρος του καταστρώματος. Τέσσερα (4) στηρίγματα έχουν τοποθετηθεί, δύο (2) δεξιά και δύο (2) αριστερά στο κατάστρωμα για να υποστηρίξουν τις δεξαμενές, Η προεγκατάσταση (structurally LNG ready) έγινε στο VLCC Maran Arete της εταιρείας Maran Tankers Management, η οποία φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Η πλήρης εγκατάσταση θα απαιτούσε επιπρόσθετες μετατροπές:

- στο σύστημα καύσης (μηχανή MEGI)
- σε σωληνώσεις
- σε ασφαλιστικές δικλίδες που θα έπρεπε να ληφθούν
- σε ειδικούς αυτοματισμούς
- σε αισθητήρες (εγκατάσταση)

σχέδιο το οποίο θα ήταν αρκετά ακριβό για την ολοκλήρωσή του. Ωστόσο, η προεγκατάσταση αυτή αφήνει ανοιχτό το ενδεχόμενο να ολοκληρωθεί στο μέλλον λαμβάνοντας υπ' όψιν την ενδεχόμενη αύξηση της τιμής καυσίμων χαμηλών σε περιεκτικότητα θείου. Η εταιρεία θα πρέπει να συνυπολογίσει το κόστος του να καίει το πλοίο LSMGO αντί LNG καυσίμου.



32

³² Wartsila

5 Εφαρμογή τεχνολογικών λύσεων για τη μείωση των εκπομπών βλαβερών ρύπων οξειδίων του θείου στον κλάδο της ναυτιλίας

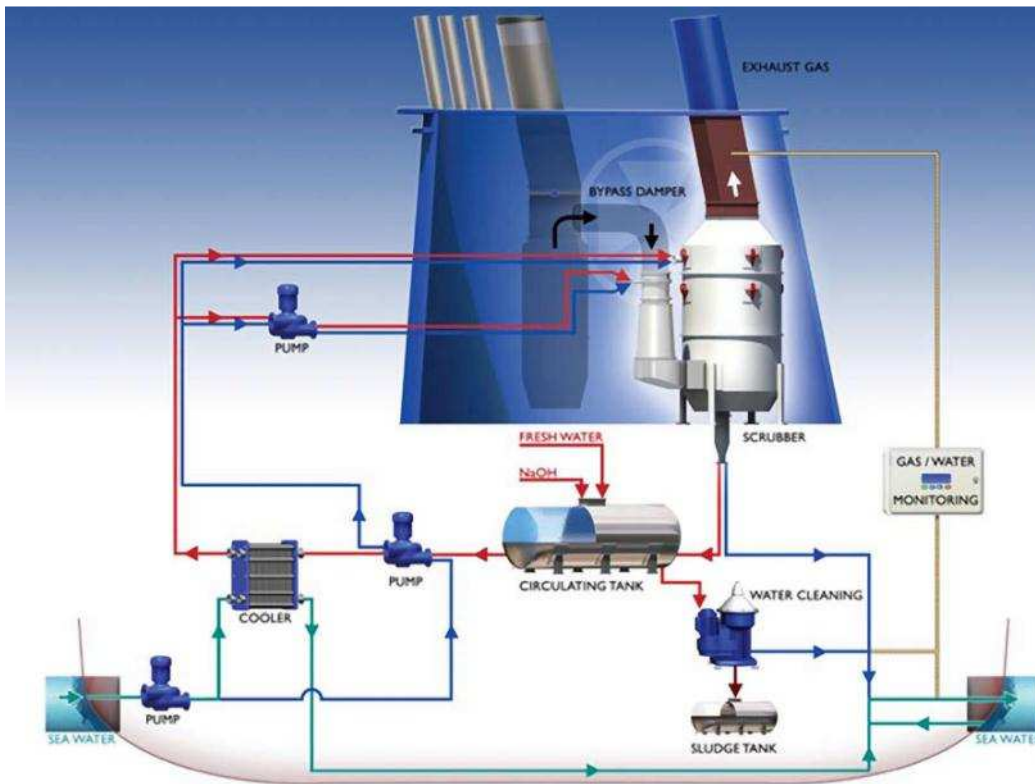
5.1. Χρήση των scrubbers

Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των ρύπων από επιβλαβή αέρια, τα οποία εκπέμπονται από τα πλοία, έχουν εφαρμοστεί ορισμένες τεχνολογικές λύσεις. Ειδικότερα, το σύστημα πλυντρίδων αποτελεί μια τεχνολογική κατασκευή, στόχος της οποίας είναι να αποτρέψει τη μόλυνση της ατμόσφαιρας από τους ρύπους. Ο τρόπος με τον οποίον δουλεύουν οι πλυντρίδες, είναι μέσω της σταδιακής αφαίρεσης ενός μεγάλου μέρους των σωματιδίων, που ενδέχεται να προκαλέσουν μόλυνση του αέρα, και κατ'επέκταση προβλήματα στην ανθρώπινη ζωή. Η απομάκρυνση των μολυσματικών στοιχείων μπορεί να γίνει είτε με φυσικό είτε με τεχνητό τρόπο. Τα συστήματα πλυντρίδων έχουν ανέλθει στην ιεραρχία των μεθόδων καταπολέμησης των μολυσματικών αερίων, ειδικότερα εκείνων με μεγάλη οξύτητα. Τόσο στη βιομηχανία, όσο και στις μεταφορές, ο κυριότερος λόγος ύπαρξης αυτής της τεχνικής είναι ο περιορισμός του διοξειδίου του θείου από τα καυσαέρια. Υπό αυτό το πρίσμα, το σύστημα πλυντρίδων ονομάζεται και συσκευή αποθείωσης καυσαερίων.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ο τρόπος λειτουργίας ενός συστήματος πλυντρίδων σε ένα πλοίο. Όπως γίνεται αντιληπτό, το σύστημα αποθείωσης καυσίμων δεν έρχεται σε απευθείας επαφή με το υγρό καύσιμο, αλλά ενεργοποιείται μόνο όταν γίνει η μετατροπή του βασικού καυσίμου σε αέριο³³. Η εικόνα μπορεί να αναγνωστεί από τα αριστερά προς τα δεξιά. Καταρχήν, βασικό συστατικό είναι το νερό της θάλασσας, το οποίο εισέρχεται σε μέρος του πλοίου, και με τη βοήθεια μιας αντλίας μεταβαίνει σε ένα σύστημα ψύξης. Σε εκείνο το σημείο, η απαιτούμενη ποσότητα νερού μεταβαίνει σε επόμενο στάδιο, ενώ το υπόλοιπο επιστρέφει στη θάλασσα, χωρίς να έχει αλλάξει η χημική του σύσταση. Μετά τον ψύκτη, υπάρχει μια αντλία, στην οποία καταφτάνουν δυο ουσίες: η πρώτη είναι το νερό της θάλασσας και η δεύτερη είναι ένα μίγμα καθαρού νερού και υδροξειδίου του αζώτου. Το νέο μίγμα προωθείται, μέσω μιας τρίτης αντλίας, σε ανώτερα τμήματα του πλοίου, όπου

³³ <http://worldmaritimenews.com/archives/tag/scrubber/>

βρίσκεται η έξοδος του αερίου καυσίμου. Σε εκείνο το σημείο, το σύστημα αποθείωσης καυσίμων, με τη βοήθεια του χημικού μίγματος, διαχωρίζει τα οξείδια του θείου από τα καύσιμα του πλοίου. Το σύστημα αποθείωσης περιλαμβάνει δυο εξόδους. Η πρώτη έξοδος φιλτράρει τους υδρατμούς, και μετατρέποντας τους σε νερό, τους προωθεί στη θάλασσα. Η δεύτερη έξοδος προωθεί τους βλαβερούς ρύπους, οι οποίοι έχουν συλλεχθεί από το σύστημα αποθείωσης και τους προωθεί σε μια δεξαμενή καθαρισμού. Σε εκείνο το σημείο, διαχωρίζεται το καθαρό νερό από τους ρύπους θείου, οι οποίοι συγκεντρώνονται σε μια μικρότερη δεξαμενή αποβλήτων. Γίνεται αντιληπτό ότι τα συστήματα αποθείωσης απαιτούν μεγάλο χώρο στα πλοία για να εγκατασταθούν με ομαλό τρόπο.



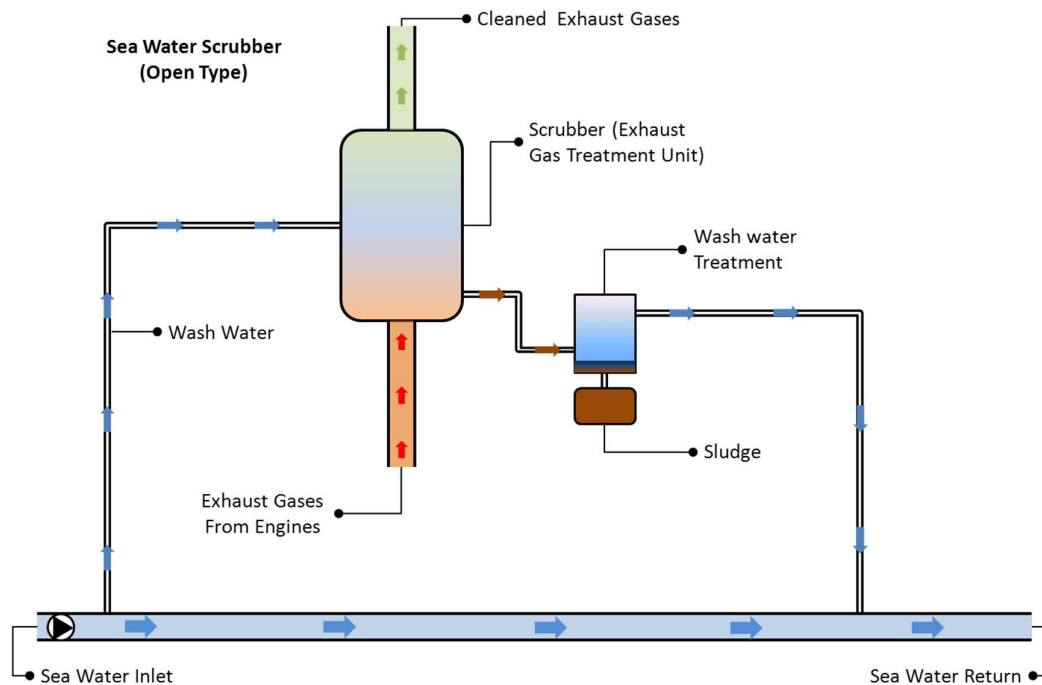
Σχήμα 18 - Σύστημα πλυντρίδων (αποθείωσης καυσίμων) σε πλοίο (πηγή: World Maritime News)

Στη ναυτιλία υπάρχουν δυο τύποι συστημάτων αποθείωσης: ο υγρός και ο ξηρός τύπος.

5.2 Συστήματα αποθείωσης υγρού τύπου

Τα συστήματα αποθείωσης υγρού τύπου στα πλοία χρησιμοποιούν μη-επεξεργασμένο θαλασσινό νερό ως τον κύριο παράγοντα απομάκρυνσης των οξειδίων του θείου, όπως παρουσιάστηκε και παραπάνω. Ουσιαστικά, το συλλεγόμενο νερό φιλτράρεται κατάλληλα, προτού προωθηθεί εκ νέου στη θάλασσα, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί επαναλαμβανόμενα για τον καθαρισμό των καυσίμων. Επίσης, τα υγρά συστήματα αποθείωσης καυσίμων μπορεί να είναι ανοιχτού ή κλειστού τύπου, καθώς επίσης και υβριδικά.

Στα συστήματα ανοιχτού τύπου, γίνεται χρήση θαλασσινού νερού για τον καθαρισμό των καυσαερίων. Η έννοια του 'ανοιχτού' παραπέμπει στο γεγονός ότι το θαλασσινό νερό προωθείται στη θάλασσα, μετά τη χρήση του. Η όλη διαδικασία βασίζεται στην αλκαλικότητα του νερού, η οποία παρέχει τη δυνατότητα καθαρισμού των διοξειδίων του θείου. Η βασική διαδικασία είναι η ακόλουθη. Το νερό αποροφάται στο κάτω μέρος του πλοίου κι αντλείται προς μια πλυντρίδα, η οποία είναι τοποθετημένη στο φουγάρο του πλοίου. Η λειτουργία του συστήματος αποθείωσης είναι, τυπικά, να φέρει σε επαφή το θαλασσινό νερό με το καύσιμο του πλοίου. Το σύστημα αποτελείται από εσωτερικά διαφράγματα (φίλτρα) σε διάφορα επίπεδα, τα οποία προκαλούν διαφορετικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ του νερού και των καυσαερίων. Κατά την έξοδο από την πλυντρίδα, το θαλασσινό νερό καθαρίζεται κι επιστρέφει στη θάλασσα. Ειδικότερα, το νερό είτε αντλείται είτε στραγγίζεται μέσω βαρύτητας από μια παθητική συσκευή, η οποία προκαλεί περιστροφή του νερού. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα τον κυκλικό διαχωρισμό του νερού από βαριά σωματίδια. Επιπλέον, για να αραιωθεί αποτελεσματικά το θαλασσινό νερό, και να επιστρέψει στο κανονικό του pH, νερό ίσης ποσότητας από μια δεξαμενή του πλοίου, έρχεται σε επαφή με την ποσότητα θαλασσινού νερού, που χρησιμοποιήθηκε στη διαδικασία καθαρισμού. Τα βασικά πλεονεκτήματα του συστήματος ανοιχτού τύπου είναι ότι δεν απαιτούνται επιπλέον επιβλαβή χημικά και ότι το σύστημα αποτελείται από λιγότερα μέρη. Από την άλλη, υπάρχουν κι ορισμένα μειονεκτήματα. Το σύστημα δε λειτουργεί σωστά σε γλυκό νερό, ή νερό διαφορετικής αλκαλικότητας. Στην εικόνα 8 παρουσιάζεται ένα σύστημα αποθείωσης ανοιχτού τύπου.

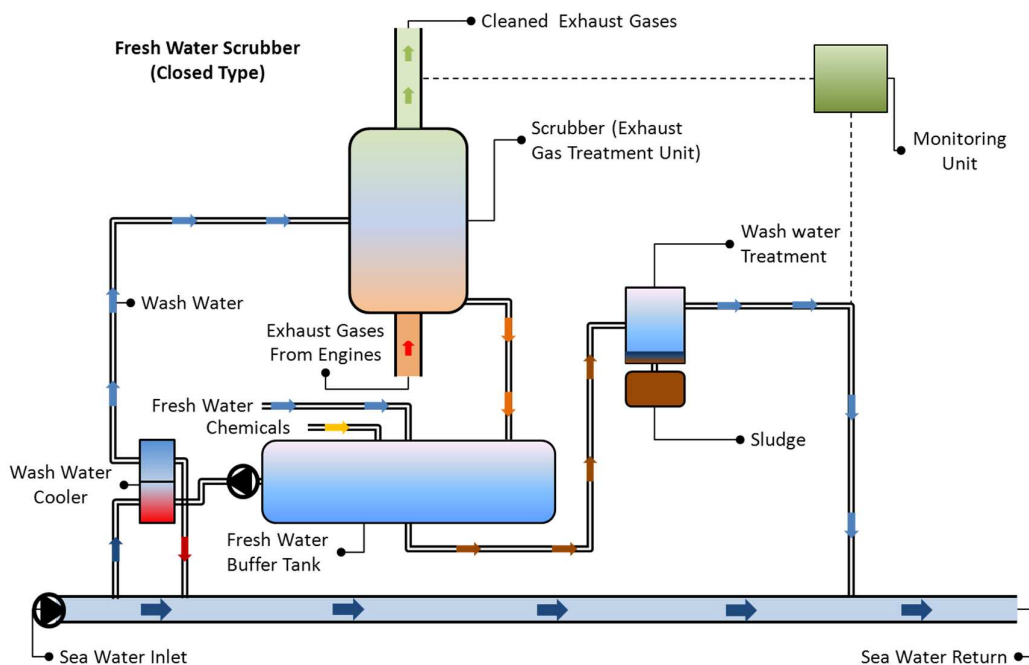


Σχήμα 19 - Σύστημα αποθείωσης ανοιχτού τύπου³⁴

Τα συστήματα κλειστού τύπου έχουν τη δυνατότητα χρήσης γλυκού νερού για τον καθαρισμό των καυσαερίων. Η έννοια του ‘κλειστού’ σημαίνει ότι το μεγαλύτερο μέρος του νερού, που χρησιμοποιείται στη διαδικασία καθαρισμού, επανακυκλοφορεί στο σύστημα αποθείωσης. Επομένως, περιορίζεται σημαντικά η πρόσληψη νερού. Η χημική δοσολογία προστίθεται σε κατάλληλη ποσότητα έτσι ώστε να εξουδετερώνονται τα οξείδια του θείου. Το σύστημα λειτουργεί ως ακολούθως. Το γλυκό νερό αναμιγνύεται με διαλύματα υδροξειδίου του νατρίου και προωθείται στην πλυντρίδα. Το καυσαέριο έρχεται σε επαφή με το μίγμα. Μετά τον καθαρισμό, το γλυκό νερό επιστρέφει στη δεξαμενή. Στο σημείο εκείνο, μια συσκευή θερμότητας αντλεί θερμότητα από τον κλειστό κύκλο του γλυκού νερού. Η επαναλαμβανόμενη διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα την εξάντληση των αποθεμάτων υδροξειδίου του νατρίου στη δεξαμενή, καθώς αυτό έρχεται σε επαφή με το διοξείδιο του θείου. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιείται μια συγκεκριμένη μονάδα με στόχο τη διατήρηση του μονοξειδίου του νατρίου στα επιθυμητά επίπεδα. Η εκκαθάριση των επιθυμητών προϊόντων της αντίδρασης χρησιμοποιείται μια μικρή ποσότητα νερού, ενώ μέσω

³⁴ www.shippedia.com

δεξαμενών γλυκού ή θαλασσινού νερού, αναπληρώνεται η τυχόν χαμένη ποσότητα νερού στο σύστημα. Τέλος, το νερό που στραγγίζεται, προωθείται σε κατάλληλη μονάδα επεξεργασίας, η οποία δεν είναι τίποτα παραπάνω από ένα φυγόκεντρο διαχωριστή. Σκοπός του είναι να εξάγει τα βαρέα σωματίδια και να προωθεί το καθαρό νερό στη θάλασσα. Τα συστήματα κλειστού τύπου έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να εφαρμοστούν σε οποιαδήποτε περιοχή, χωρίς να υπάρχει περιορισμός σχετικά την ποιότητα και τη σύνθεση του νερού. Επιπλέον, τα αποβλήτα μπορούν να αποθηκευτούν σε ειδικές δεξαμενές στο πλοίο, αποτρέποντας ακόμα περισσότερο τη μόλυνση. Από την άλλη, τα βασικά του μειονεκτήματα είναι το μεγάλο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, καθώς αποτελείται από πολλά τμήματα. Επιπλέον, απαιτείται συνεχής τροφοδότηση με μονοξειδίο του αζώτου, η διαχείριση του οποίου έχει μεγάλο κόστος. Στην εικόνα 9, παραθέτουμε ένα σύστημα αποθείωσης καυσίμων κλειστού τύπου.



Σχήμα 20 - Σύστημα αποθείωσης κλειστού τύπου³⁵

³⁵ www.shippedia.com

Τέλος, υπάρχουν και τα υβριδικά συστήματα αποθείωσης καυσίμων, τα οποία αξιοποιούν πλεονεκτήματα τόσο του ανοιχτού όσο και του κλειστού τύπου. Ένα τέτοιο σύστημα απεικονίζεται στην εικόνα 7, παραπάνω. Η βάση του συστήματος ακολουθεί τις αρχές του κλειστού τύπου, αλλά περιλαμβάνει και διάφορα χαρακτηριστικά του ανοιχτού. Ο σκοπός των υβριδικών συστημάτων είναι να λειτουργούν ως ανοιχτού τύπου εν πλώ, αποφεύγοντας με αυτόν τον τρόπο την αποβολή λυμάτων σε λιμένες, ενώ παράλληλα θα είναι κλειστού τύπου στα λιμάνια, ακολουθώντας τις αρχές των διεθνών κανονισμών προστασίας του περιβάλλοντος. Το βασικό χαρακτηριστικό των υβριδικών συστημάτων είναι η ύπαρξη δυο συσκευών επεξεργασίας νερού. Τα συστήματα ανοιχτού τύπου προϋποθέτουν την απόλυτη προώθηση του νερού σε φυγόκεντρο διαχωρισμού. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να υπάρχει μια επιπλέον τέτοια συσκευή, η οποία θα επιτρέπει την επεξεργασία μεγαλύτερης ποσότητας. Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν τα κρίσιμα σημεία μετατροπής μεταξύ των δυο συστημάτων:

- Η αντλία που χρησιμοποιείται στο κλειστό κύκλωμα για την προμήθεια νερού στον εναλλάκτη θερμότητας, μετατρέπεται σε προμηθευτή νερού στο ανοιχτό σύστημα, καθώς δεν υφίσταται εναλλακτής εκεί.
- Η αντλία που χρησιμοποιείται για την κυκλοφορία του γλυκού νερού στα συστήματα κλειστού τύπου μετατρέπεται σε πηγή θαλασσινού νερού στα ανοιχτού τύπου.

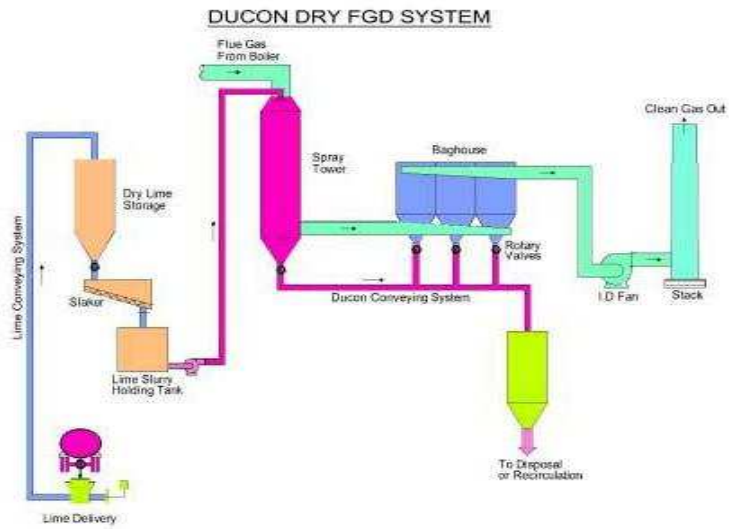
5.3 Συστήματα αποθείωσης ξηρού τύπου

Από την άλλη, υπάρχει και η τεχνολογία συστημάτων αποθείωσης ξηρού τύπου. Αυτά στηρίζονται στη χρήση στερεών αντιδρώντων στοιχείων, όπως για παράδειγμα σφαιρίδια υδροξειδίου του ασβεστίου. Τα συστατικά αυτά φορτώνονται στο πλοίο ως χύδην φορτίο, κι ως εκ τούτου απαιτούν έναν συγκεκριμένο αποθηκευτικό χώρο. Κατά τη λειτουργία του συστήματος, τα σφαιρίδια τροφοδοτούνται στο σύστημα επεξεργασίας μέσω ενός μάντα και καταλήγουν στον αντιδραστήρα καυσίμων.

Η αντίδραση με τα οξείδια του θείου οδηγεί σε παραγωγή γύψου και νερού. Ο μεν γύψος αφαιρείται από τον πάτο του απορροφητή, μέσω ενός μεταφορέα και αποθηκεύεται για περαιτέρω εκφόρτωση. Το υπόλοιπο επεξεργασμένο καυσαέριο προωθείται σε ειδικό αντιδραστήρα όπου τα οξείδια του αζώτου απομακρύνονται χημικά. Τέλος, μια συσκευή φυσητήρα στην έξοδο του αντιδραστήρα διοχετεύει με κατάλληλο τρόπο το καυσαέριο στο σύστημα.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των συστημάτων αποθείωσης ξηρού τύπου είναι δεν παράγουν υγρά απόβλητα στις θάλασσες, ενώ παράλληλα μειώνουν σε αποτελεσματικό βαθμό την εκπομπή οξειδίων του αζώτου. Από την άλλη, υπάρχει ένα βασικό μειονέκτημα κι αυτό είναι οι απαιτήσεις του συστήματος για αποθηκευτικό χώρο, καθώς θα πρέπει να διαχειρίζονται κατάλληλα τόσο τα προϊόντα της αντίδρασης, όσο και τα ξηρά αντιδρώντα. Επιπλέον, υπάρχει επιπρόσθετο κόστος αναφορικά με τη διαχείριση οξειδίων του αζώτου κι ασβεστίου.

Στην εικόνα 10, παρακάτω, παρουσιάζεται μια βασική μορφή του συστήματος αποθείωσης ξηρού τύπου.



Σχήμα 21 - Σύστημα αποθείωσης ξηρού τύπου³⁶

³⁶ E&J International inc.

5.4 Εξελίξεις στον τομέα ναυτιλίας σχετικά με τον περιορισμό των ρύπων

Η διαδικασία μετάβασης στο νέο κανονιστικό πλαίσιο, σύμφωνα με το οποίο θα περιορίζεται σημαντικά η χρήση οξειδίων του θείου στα καύσιμα, επιφέρει μεγάλες αλλαγές στις βασικές λειτουργίες των πλοίων, όπως αναφέρει σε πρόσφατη έρευνα η ομάδα 'Steamship P&I'. Ειδικότερα, η αναφορά επικεντρώνεται στο γεγονός ότι μερικοί καυστήρες στα πλοία δεν είναι ειδικά σχεδιασμένοι για να καταναλώνουν καύσιμο μικρότερου βάρους, κι ότι χρειάζονται ειδική μετατροπή.

Βάσει κανονισμού, λοιπόν, από τις αρχές του 2015, τα πλοία, τα οποία δε χρησιμοποιούν συστήματα αποθείωσης των καυσίμων, εντός των ελεγχόμενων περιοχών, θα πρέπει να έχουν μια αναλογία θείου-καυσίμου, η οποία δε θα υπερβαίνει το 0,10% σε μάζα. Οι κύριες και υποστηρικτικές μηχανές επηρεάζονται από τον κανονισμό. Τα πλοία, τα οποία καταναλώναν βαριά καύσιμα, θα πρέπει να τροποποιήσουν κατάλληλα τα συστήματά τους, έτσι ώστε να καλύπτουν τα νέα όρια. Οι κανονισμοί ισχύουν για όλα τα πλοία, τα οποία δραστηριοποιούνται εντός της ΕΕ, εκτός από τις περιπτώσεις όπου ένα πλοίο βρίσκεται εντός ελεγχόμενης περιοχής, σε λιμάνι για λιγότερο από δυο ώρες, και σε περιπτώσεις όπου ένα πλοίο χρησιμοποιεί ένα παράκτιο σημείο για ανεφοδιασμό.

Από τις αρχές του 2015, τα πλοία που συνεχίζουν να δραστηριοποιούνται σε ελεγχόμενες περιοχές, και παράλληλα δεν έχουν εγκαταστήσει κάποιο σύστημα αποθείωσης καυσίμων, θα υπόκεινται σε διάφορες ποινές. Οι κατασκευαστές μηχανών και καυστήρων πλοίων οφείλουν να προβαίνουν στις κατάλληλες μετατροπές και να συμβουλεύονται ειδικούς, όταν αυτό είναι απαραίτητο. Ακόμα και νέοι λέβητες ενδέχεται να μη λειτουργούν με τα νέα πρότυπα, και να απαιτούν κι αυτοί κατάλληλους μετασχηματισμούς. Από την άλλη, θα πρέπει να λαμβάνεται και η άποψη του πλοίου, η οποία μπορεί να υποστηρίζει ότι το εν λόγω πλοίο δε χρειάζεται να προβεί σε κάποια αλλαγή. Σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να συμπληρωθούν κατάλληλες φόρμες, οι οποίες θα προσφέρουν πλήρη τεκμηρίωση της απόφασης³⁷.

³⁷ Green4Sea. (2015, 2 27). <http://www.green4sea.com/steamship-club-advice-low-sulphur-change-operations/>

Σε γενικές γραμμές, τα ακόλουθα σημεία προτείνονται, σχετικά με τη συμμόρφωση των πλοίων:

- Οι κλασικού τύπου καυστήρες δε μπορούν να λειτουργήσουν με ελαφρύτερα καύσιμα, κάτω από κανονικές συνθήκες, και να αποδώσουν τα αναμενόμενα χωρίς να υπάρχει ο κατάλληλος μετασχηματισμός.
- Σε ειδικές περιπτώσεις, μπορεί να προκληθεί έκρηξη, αν η εγκατάσταση του νέου συστήματος δε γίνει προσεκτικά.
- Η πρόκληση φωτιάς σε εκλύόμενο καύσιμο μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη. Τα εκλύόμενα καύσιμα μπορεί να οφείλονται σε σχεδιαστικά σφάλματα του ίδιου του συστήματος.
- Η έκλυση ατμών μπορεί να οδηγήσει σε ανισορροπία της φωτιάς κι έκρηξη.
- Το νέο σύστημα θα πρέπει να προστατεύεται από ενισχυμένα τοιχώματα, έτσι ώστε να αποτρέπονται οι εκρήξεις.
- Οι υπάρχοντες προωθητήρες θα πρέπει να μετασχηματιστούν κατάλληλα, έτσι ώστε να ανταποκρίνονται τόσο στα παραδοσιακά καύσιμα, όσο και σε νέες μορφές.
- Το σύστημα σωληνώσεων των πλοίων θα πρέπει να μετατραπεί κατάλληλα, για να επεξεργάζεται τις νέες μορφές καυσίμων.
- Σε περίπτωση όπου ένας καυστήρας μετατρέπεται με τέτοιο τρόπο για να επεξεργαστεί καύσιμα με μικρή περιεκτικότητα σε θείο, δεν έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει με βαρύτερα καύσιμα, λόγω κινδύνου έκρηξης.

5.5 Η επίδραση της επιλογής καυσίμου στον κλάδο της ναυτιλίας

Η επιλογή του κατάλληλου καυσίμου μέσα από ένα εύρος εναλλακτικών (πετρέλαιο, καύσιμο με χαμηλή περιεκτικότητα σε οξειδία του θείου, υβριδικά καύσιμα, χρήση συστημάτων αποθείωσης, μεθανόλη και φυσικό αέριο) αποτελεί μια μεγάλη πρόκληση για τον τομέα της ναυτιλίας. Λόγω της πίεσης που ασκείται από την εφαρμογή του κανονισμού για τα ανώτατα επιτρεπτά όρια οξειδίων του θείου, οι ναυτιλιακές εταιρίες οφείλουν να προβούν στην καλύτερη λύση. Σε πρόσφατες συναντήσεις μεγάλων φορέων του χώρου, μελετήθηκαν οι εξής εναλλακτικές: συστήματα αποθείωσης, φυσικό αέριο και μεθανόλη. Επιπλέον, ενδιαφέρον έχουν και οι περιπτώσεις καυσίμων με μικρή περιεκτικότητα σε θείο, καθώς επίσης και ειδικά προϊόντα πετρελαίου³⁸.

Η χρήση συστημάτων αποθείωσης δίνει τη δυνατότητα στα πλοία να συνεχίζουν να καταναλώνουν καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα θείο, καθώς η εν λόγω τεχνική έχει τη δυνατότητα να εξαλείψει πάνω από 90% των βλαβερών ρύπων. Παρόλαυτα, η λύση αυτή δεν προτιμάται στο χώρο της ναυτιλίας, καθώς αντιμετωπίζει μόνο τα οξειδία του θείου, και δε λαμβάνει συνολικά υπόψη το πρόβλημα του θερμοκηπίου, το οποίο μπορεί να ενισχυθεί κι από την έκλυση διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, το κόστος εγκατάστασης ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να είναι δυσθεώρητο για μια εταιρία, εκτός του ότι απαιτείται κατάλληλη εκπαίδευση και κατάρτιση για τη χρήση του, και ειδικός χώρος στο πλοίο.

Μια νέα προοπτική δημιουργείται με την επιλογή του φυσικού αερίου ως κύριο καύσιμο. Πλοία τα οποία χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία, κοστίζουν 30% περισσότερο από τα συμβατικού τύπου πλοία. Τροχοπέδη στη προσπάθεια υιοθέτησης του φυσικού αερίου ως κύριο καύσιμο για τα πλοία αποτελεί η έλλειψη ενός οργανωμένου δικτύου επίγειων υποδομών, το οποίο μπορεί να υποστηρίξει τον ανεφοδιασμό των πλοίων. Εκτός των άλλων, και στην περίπτωση του φυσικού αερίου, η εκπομπή ρύπων διοξειδίου του άνθρακα είναι λίγο μικρότερη από την περίπτωση των συστημάτων αποθείωσης καυσίμων. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει ξεκάθαρο πλεονέκτημα, αναφορικά με την προστασία του περιβάλλοντος.

³⁸ Liang, L. H. (2017, 3 22). *Seatrade Maritime News*. Ανάκτηση από <http://www.seatrade-maritime.com/news/asia/gas-oil-low-sulphur-hybrid-fuels-scrubbers-methanol-Ing-which-ones-will-shipping-choose-by-2020.html>

Τέλος, η περίπτωση της μεθανόλης είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα, καθώς το υπάρχον δίκτυο τροφοδότησης των πλοίων με καύσιμα απαιτεί μικρή μετατροπή, έτσι ώστε να υποστηρίξει αυτό το αέριο. Επίσης, η μεθανόλη είναι σε πλήρη αντιστοίχιση με τους κανονισμούς σχετικά με τα ανώτατα επιτρεπτά επίπεδα οξειδίων του θείου.

5.6 Νέα τεχνική κατασκευής κυλίνδρου στα συστήματα καυσίμου στα πλοία

Η εταιρία εξόρυξης πετρελαίου και παρασκευής λιπαντικών προϊόντων ‘Shell Marine’ έχει κατασκευάσει ένα νέο κύλινδρο για τα συστήματα καυσίμου στα πλοία, τα οποία χρησιμοποιούν πετρέλαιο (πιο συγκεκριμένα το μοντέλο 140BN), έτσι ώστε να παρέχεται η δυνατότητα στα πλοία για εν πλω επεξεργασία. Το νέο σύστημα φέρει το μειονέκτημα ότι χρησιμοποιεί καύσιμα με μεγάλα επίπεδα οξειδίων του θείου (5%-7%). Οι υπεύθυνοι της εταιρίας θεωρούν ότι το νέο συστατικό του συστήματος καυσίμων δίνει τη δυνατότητα για εν πλω επεξεργασία των καυσίμων στα πλοία. Το εμπορικό όνομα του προϊόντος είναι ‘Shell Alexa 140’.

Το ‘Shell Alexa 140’ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μεμονωμένο προϊόν σε περιπτώσεις όπου ένα πλοίο αντιμετωπίζει ζητήματα διάβρωσης, κυρίως στις σύγχρονες μηχανές, οι οποίες τις περισσότερες φορές είναι ρυθμισμένες σε κανονική κατάσταση. Παρόλαυτα, οι κινητήρες τύπου 140BN, λόγω της ανταγωνιστικής τιμής τους και της προτίμησης από τους περισσότερους παραγωγούς πετρελαίου, τείνουν να χρησιμοποιηθούν κατά κόρον, ενώ ο ρυθμός τροφοδοσίας δεν τροποποιείται πολύ.

Οι υπεύθυνοι της εταιρείας προβλέπουν ότι θα υπάρχει μια στροφή προς τη χρήση υδροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο, καθώς επίσης κι αποσταγμένων προϊόντων πετρελαίου. Έτσι, οι πλοιοκτήτριες εταιρίες θα καταφύγουν σε διαφοροποιήσεις του προϊόντος BN, οι οποίες έχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πετρέλαιο, όπως είναι το ‘Shell Alexia S3’. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι κατασκευαστές κινητήρων προσαρμόζουν ανάλογα τα συστήματα τους, για να επεξεργάζονται τα νέα προϊόντα πετρελαίου, χρησιμοποιώντας μηχανές diesel της MAN και συστήματα αυτοματοποιημένου κυλίνδρου ανάμιξης του πετρελαίου. Με αυτόν τον τρόπο, θα δίνεται η δυνατότητα στα πλοία να χρησιμοποιούν προϊόντα πετρελαίου με υψηλή περιεκτικότητα σε οξείδια του θείου, χωρίς απαραίτητα να επιβαρύνεται το κλίμα. Επίσης, τα πλοία συμμορφώνονται με τις νέες οδηγίες σχετικά με τα ανώτατα επιτρεπτά επίπεδα οξειδίων του θείου που πρέπει να εκπέμπουν.

Οι ιθύνοντες της εταιρείας θεωρούν ότι τα πλοία θα έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν πετρέλαιο με υψηλή και χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, ως καύσιμο. Ακόμα και σε περίπτωση, όπου ένα πλοίο έχει εφοδιαστεί με κατάλληλη πλυντρίδα,

μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα καύσιμο με μεγάλη περιεκτικότητα σε οξείδια του θείου, αν η τιμή του είναι συμφέρουσα. Το μόνο σίγουρο είναι ότι οι εκπομπές ρύπων θα πρέπει να συμμορφώνονται με τις οδηγίες του ΙΜΟ. Οι πλοιοκτήτριες εταιρείες θα πρέπει να έχουν το δικαίωμα επιλογής καυσίμου, καθώς η τιμή είναι αυτή που διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο.

Από την άλλη, οι εταιρείες κατασκευής πλυντρίδων θεωρούν ότι δεν πρέπει να υπάρχει ανώτερο επιτρεπτό επίπεδο εκπομπών οξειδίου του θείου, εφόσον το πλοίο διαθέτει τα απαραίτητα αποθέματα νερού κι αμμωνίας. Μόνο με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η χημική διεργασία, η οποία καθαρίζει τα καύσιμα και τους ρύπους. Ένας κύλινδρος τύπου ΒΝ μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή της διάβρωσης λόγω ψύξης στη μηχανή.

Ένα ιδανικό σενάριο μπορεί να είναι το ακόλουθο. Οι πλοιοκτήτριες εταιρείες θα διαπραγματεύονται με τους παραγωγούς πετρελαίου για την αγορά καυσίμου με περιεκτικότητα σε θείο 5%-7%, καθώς είναι φτηνότερο. Το νέο σύστημα καυσίμων με τον κύλινδρο ΒΝ δε δημιουργεί ιδιαίτερα προβλήματα στο πλοίο, εκτός από τα κόστη λειτουργίας και το χώρο που πρέπει να διαθέτει το πλοίο. Η εταιρία 'Shell' έχει τη δυνατότητα να παράγει κύλινδρους πετρελαίου με μεγαλύτερη αλκαλικότητα, αν κι εφόσον υπάρχει η ζήτηση. Η χρήση εναλλακτικών συστημάτων καυσίμων, τα οποία θα βασίζονται σε ειδικά σχεδιασμένους κυλίνδρους, θα παραγκωνίσει σταδιακά την τεχνολογία των πλυντρίδων. Αναφορικά με το σύστημα 'Shell Alexia 140' έχει χρησιμοποιηθεί πιλοτικά σε κάποια σκάφη, ενώ σε σύντομο χρονικό διάστημα θα είναι έτοιμο να βγει και στην αγορά.

6 Οικονομικές επιπτώσεις των νέων κανονισμών περί εκπομπής ρύπων (IMO)

Όπως μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητό, η εφαρμογή τεχνικών μείωσης των ρύπων στα πλοία επιφέρει κάποιο κόστος. Ειδικότερα, οι εκπομπές οξειδίων του θείου συνδέονται άμεσα με την περιεκτικότητα του θείου στα καύσιμα. Το πόσο θείο παράγεται, εξαρτάται από το ποσό των καυσίμων που χρησιμοποιούνται από το πλοίο, κατά τη λειτουργία του. Η μείωση των οξειδίων του θείου μπορεί να γίνει, όπως είδαμε και σε προηγούμενη ενότητα, είτε χρησιμοποιώντας ελαφρά καύσιμα, τα οποία δεν έχουν πολύ θείο, είτε μέσω της επεξεργασίας των βαρέων καυσίμων με κατάλληλες μηχανές, πριν το καύσιμο εξέλθει στην ατμόσφαιρα.

Παρόλαυτα, η πιο αποτελεσματική μέθοδος περιορισμού της συγκεντρώσεως οξειδίων του θείου στα καύσιμα του πλοίου είναι η άμεση μείωση της περιεκτικότητας. Η παραγωγή καυσίμων με χαμηλό ποσοστό θείου γίνεται με δυο τρόπους. Πρώτον, τη χρήση καταλοίπων από το αργό πετρέλαιο, τα οποία έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο. Δεύτερον, τη χρήση συστημάτων αποθείωσης βαρέων καυσίμων. Γενικά, τα ποσοστά του θείου στο πετρέλαιο δε θεωρούνται σταθερά. Εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την περιοχή άντλησης του καυσίμου. Έτσι, υφίστανται περιοχές με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, στο υπέδαφος τους. Έτσι, αν εφαρμοστεί η πρώτη μέθοδος, το τελικό προϊόν είναι περισσότερο οικονομικό, σε σύγκριση με τη δεύτερη μέθοδο. Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα ποσοστά πετρελαίου, με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, δε φτάνουν να καλύψουν την παγκόσμια ζήτηση, τόσο σε ποσότητα όσο και σε σταθμούς ανεφοδιασμού. Έτσι, τις περισσότερες φορές χρησιμοποιείται η δεύτερη εναλλακτική, δηλαδή μέσω της επεξεργασίας του πετρελαίου μετά την απόσταξη. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αποθείωση και μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω πολλών τεχνικών. Μερικές από αυτές είναι τεχνολογικά προηγμένες, κάτι που επιφέρει μεγαλύτερο κόστος. Η χρήση τους θεωρείται σχεδόν αβέβαιη λόγω του υψηλού κόστους επένδυσης, ενώ υπάρχουν κι αμφιβολίες σχετικά με το αν το νέο καύσιμο που παράγεται θα έχει τη δυνατότητα κάλυψης της συγκεκριμένης ενεργειακής απαίτησης.

Τα διυλιστήρια και οι προμηθευτές καυσίμων είναι έτοιμοι να ανταποκριθούν στην αυξημένη ζήτηση καυσίμων με μικρή συγκέντρωση θείου. Η ζήτηση όμως για τα καύσιμα αυτά, είναι πιθανόν να μην καλυφθεί εγκαίρως καθώς απαιτείται

αναβάθμιση των διωλιστηρίων και των λοιπών συστημάτων. Οι δυσκολίες αυτές στη παραγωγή καυσίμων με μικρό ποσοστό θείου, σε συνδυασμό με την αύξηση στην ζήτηση τους, αναμένεται να αυξήσουν σημαντικά την τιμή των καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Βέβαια, οι περισσότερες ναυτιλιακές εταιρίες για να μειώσουν τα λειτουργικά έξοδα ως προς τα καύσιμα, θα επιλέξουν να χρησιμοποιούν και τους δύο τύπους καυσίμου (υβριδικά συστήματα), τα συμβατικά κι αυτά με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, αναλόγως με τις απαιτήσεις και τους κανονισμούς που ισχύουν στην περιοχή πλεύσης. Αυτή η απόφαση, που μάλλον αντιπροσωπεύει τα περισσότερα ποντοπόρα πλοία, θα προκαλέσει ορισμένες δυσκολίες και ίσως επιπρόσθετα έξοδα. Η χρήση δύο τύπων πετρελαίου απαιτεί ανεξάρτητες δεξαμενές αποθήκευσης του πετρελαίου. Αν το πλοίο είναι παλιότερο και οι δεξαμενές δεν είναι αρκετές, θα χρειασθούν αλλαγές και τροποποιήσεις στις ήδη υπάρχουσες³⁹.

Σε μια πλήρη οικονομική ανάλυση θα πρέπει να συμπεριληφθούν όλα εκείνα τα στοιχεία με στόχο την αξιολόγηση του επιπρόσθετου κόστους συντήρησης. Σε σχετική έρευνα με τίτλο «Ευεργετικά τα Scrubbers για το περιβάλλον και την λίπανση του Diesel», τονίζεται πως το κόστος για μηχανές και πλοία θα αυξηθεί κατά πολύ, από την χρήση των καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Ο ισχυρισμός δικαιολογείται μέσω των μεγάλων ζημιών που θα εντοπίζονται στις αντλίες και βαλβίδες πετρελαίου, στα εμβολοχιτόνια, στα κουζινέτα και τους στροφάλους των μηχανών. Το αίτιο των ζημιών θα είναι οι μεγάλες διαφορές στο ιξώδες των νέων καυσίμων καθώς επίσης και η μειωμένη λιπαντική ικανότητα του καυσίμου λόγω απουσίας του παράγοντα θείου. Αυτή η κατάσταση θα αναγκάζει τις πλοιοκτήτριες εταιρίες να σταματούν τα πλοία 3 ή 4 φορές το χρόνο για διαδικασία HONING στα χιτόνια και ανάλογες εργασίες συντηρήσεως στα κουζινέτα και κομβία των στροφάλων, με τέτοιο τρόπο και συχνότητα ώστε να προλαβαίνουν την ολική καταστροφή τους από κακή λίπανση λόγω ελλείψεως μικροσκοπικών πόρων συγκρατήσεως του λιπαντελαίου, που δημιουργούνται από την ελεγχόμενη αντίδραση του Θεϊκού Οξέως στα χιτόνια από τα πετρέλαια Μαζούτ. Σε άλλη έρευνα σχετική με το ζήτημα, διατυπώνονται οι επιφυλάξεις για την ποιότητα και την σύνθεση των καυσίμων αυτών. Αυτό έγκειται στο γεγονός ότι με στόχο τη μείωση του θείου, τα

³⁹ ELNANI Monthly Shipping Review, Ευεργετικά τα scrubbers για το περιβάλλον και την λίπανση των Diesel, Γεώργιος Καμίνης, 2007

καύσιμα που προωθούνται υστερούν σε άλλες βασικές ιδιότητες που θα έπρεπε να έχουν. Για παράδειγμα, η χρήση των καυσίμων αυτών μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα έναρξης του κινητήρα και αστάθειας στην λειτουργία του. Η εναλλαγή των πετρελαίων διαφορετικής σύνθεσης, είναι δυνατόν να αυξήσει τα επίπεδα του αλουμινίου και πυριτίου προκαλώντας μεγαλύτερη φθορά στον κινητήρα. Οι διάφοροι νηογνώμονες εκφράζουν την ανησυχία τους, πως η παραγωγή καυσίμων χαμηλών σε θείο, θα επιβαρύνει τα υπόλοιπα καύσιμα αυξάνοντας τη συγκέντρωσή τους σε θείο. Σε έσχατες περιπτώσεις έχουν υπάρξει αναλύσεις, καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, που ενώ βρέθηκαν να ικανοποιούν την απαίτηση χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, εμφανίσθηκαν να παρουσίαζαν στην σύνθεση τους υψηλές τιμές χημικών απορριμμάτων⁴⁰.

Ο στόχος του IMO, σχετικά με την μείωση των ναυτιλιακών καυσίμων σε 0,1% περιεκτικότητα σε θείο, θα επιφέρει μεγάλη αύξηση στο κόστος των πετρελαίων. Η αύξηση αυτή υπολογίζεται να ανέλθει κατά μέσο όρο 80-100% εν συγκρίσει με παλιότερα καύσιμα (IFO 380) και 70-90% σε σύγκριση με το LS 380. Ο αρχικός ισχυρισμός προκύπτει επίσης από το δεδομένο ότι, οι τιμές των καυσίμων σε σχέση με την περιεκτικότητα σε θείο (μετακίνηση της καμπύλης τιμών από 1,5% περιεκτικότητα σε θείο σε 0,1%) δεν παρουσιάζει γραμμικότητα. Η μετατροπή από 1,5% σε περιεκτικότητα σε θείο, σε 0,5% ισοδυναμεί με αύξηση του κόστους, περίπου 20-30%. Η επίδραση των τιμών κατά τη μετακίνηση από 0,5% περιεκτικότητα σε θείο σε 0,1%, εκτιμάται ότι προσθέτει επιπλέον κόστος της τάξης του 50-60%. Στο σύνολο η μετάβαση από 1,5% σε 0,1% περιεκτικότητα σε θείο ισοδυναμεί με 90% επιπρόσθετο κόστος, δηλαδή σχεδόν διπλασιασμό της τιμής του LS 380. Η αλλαγή από HFO (1,5%) σε MGO (0,1%) πρόκειται να έχει μεγάλη επίδραση στα ναύλα και στα ακτοπλοϊκά εισιτήρια. Η τιμή του HFO 380 σε σχέση με το MGO (0,1% Sulphur) διαφέρει εξίσου πολύ. Η διαφορά αυτή ιστορικά έχει φτάσει σε επίπεδα της τάξης του 250%. Με τη σειρά του, η τιμή των καυσίμων επιδρά σημαντικά στην διαμόρφωση του ναύλου. Για σχετικά υψηλές τιμές καυσίμων, τα καύσιμα αποτελούσαν το 20 με 25% του γενικού ναύλου, ενώ το ποσοστό αυτό μπορεί να φτάσει έως 50%, για τα γρήγορα πλοία. Μετά την εφαρμογή των νέων μέτρων, τα ποσοστά αυτά εκτιμάται ότι θα φτάσουν στο 35% με 40% και αντίστοιχα

⁴⁰ Marpol 73/78 Annex VI Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships, DNV

για γρήγορα πλοία στο 64%. Επίσης, παρόλο που η χρήση των νέων καυσίμων αυξάνει το κόστος, ταυτόχρονα μειώνει άλλα λειτουργικά έξοδα του πλοίου. Αυτό έγκειται στη μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη των νέων καυσίμων. Το HFO έχει κατώτερη θερμογόνο δύναμη 40MJ/kg ενώ το Diesel Oil 42MJ/kg. Τα καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο είναι αποστάγματα που εμφανίζουν ιδιότητες πιο κοντά στο MGO. Η διαφορά αυτή στις ιδιότητες των δύο καυσίμων μεταφράζεται σε μείωση της κατανάλωσης. Επιπλέον μείωση εξασφαλίζεται από τον περιορισμό των αποβλήτων (sludges, που η διαχείρισή τους είναι αρκετά δαπανηρή⁴¹).

6.1 Οικονομική ανάλυση και κόστος εγκατάστασης των μονάδων αποθείωσης καυσίμου (scrubbers)

Η εγκατάσταση των πλυντρίδων μπορεί να είναι αρκετά κοστοβόρα. Το αρχικό κεφάλαιο μπορεί να είναι μικρότερο στα νέα πλοία, περίπου στο 20%-40% σε σύγκριση με τα παλιά. Κατά μέσο όσο, οι διαφορές κυμαίνονται στο 30%. Αυτό είναι λογικό, καθώς στα παλιά πλοία θα πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες τροποποιήσεις στα ήδη υπάρχοντα συστήματα. Για παράδειγμα, σε ένα πλοίο τύπου 'Retrofit Capex', το οποίο ανήκει σε σκάφος παλιάς τεχνολογίας, το κόστος για την εγκατάσταση πλυντρίδων μπορεί να φτάσει και τα 168 εκ. \$, ενώ σε αντίστοιχο σκάφος με νέα τεχνολογία (New build Capex), το κόστος περιορίζεται στα 118 εκ. \$.

Το αρχικό κεφάλαιο εγκατάστασης περιλαμβάνει τα ακόλουθα: το σύστημα επεξεργασίας του νερού, το οποίο χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό των καυσαερίων, καθώς και ένα σύστημα αφύγρανσης. Τα συστήματα αποθείωσης, εκτός από τον περιορισμό των οξειδίων του θείου, απομακρύνουν στερεά σωματίδια και ίχνη από λάδια. Σε σχετική έρευνα, στο πλοίο 'Pride of Kent' το 2004, προέκυψε πως το νερό που αποβάλλεται μετά από αυτή τη διεργασία, είχε πολύ χαμηλή συγκέντρωση σε λάδι (0,042ppm), χαμηλότερη από αυτή που ορίζει ο κανονισμός 15ppm. Ο IMO δεν έχει ακόμα θέσει άλλη δέσμευση για την αποβολή υδάτων στη θάλασσα παρά μόνο τον περιορισμό για την περιεκτικότητα σε στοιχεία λαδιού (15ppm). Σε μια άλλη, περισσότερο ολοκληρωμένη μελέτη για τα συστήματα αποθείωσης, η οποία στηρίζεται στα πειραματικά αποτελέσματα από την εφαρμογή

⁴¹ Analysis of the consequences of low sulphur fuel requirements, European Community Ship Owners Associations (ECSA), 29 January 2010

του συστήματος αποθείωσης της εταιρίας MES, παρουσιάστηκαν ορισμένα ενδιαφέροντα στοιχεία. Θα πρέπει να αναφερθεί, ότι η MES (Marine Exhaust Solution) δεν είναι η μόνη εταιρεία που προσφέρει το σύστημα που παρουσιάζεται στην μελέτη, αφού κατά τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στο 'Pride of Kent', υπήρχε συνεργασία μεταξύ διαφόρων προσώπων. Το πλοίο 'Pride of Kent' εκτελεί διαδρομή εντός ελεγχόμενης περιοχής για εκπομπές βλαβερών ρύπων στο Ηνωμένο Βασίλειο. Η πλοιοκτήτρια εταιρεία υιοθέτησε την εφαρμογή αυτή το 2004, προκειμένου να συμμορφωθεί η λειτουργία του πλοίου, με τις απαιτήσεις του IMO για τις προστατευόμενες περιοχές. Η εκτέλεση αποτελούσε συνεργασία της πλοιοκτήτριας και της κατασκευάστριας εταιρίας του συστήματος αποθείωσης, στα πλαίσια, πειραματικής μελέτης των συστημάτων της τελευταίας⁴².

Στο πλοίο, εφαρμόστηκαν τέσσερα συστήματα απόπλυσης καυσαερίων σε κάθε μία από τις ηλεκτρογεννήτριες του, ισχύος 1,2MWatt η κάθε μια. Κατά την λειτουργία του πλοίου με καύσιμο 2,5% περιεκτικότητας σε θείο, η ικανότητα μείωσης των αέριων εκπομπών με την χρήση του συστήματος 'Ecosilencer', παρουσίασαν ένα εύρος μεταξύ των τιμών 68-94%. Η διαφορά αυτή ήταν αποτέλεσμα της αυξομείωσης στην ποσότητα παροχής σε θαλασσινό νερό. Η κατώτερη απόδοση σημειώθηκε κατά την παραμονή του πλοίου σε περιοχές που εμφάνιζαν περιορισμό στην αποβολή υγρών λημμάτων. Η απόδοση του συστήματος ήταν ικανή να μειώσει τις εκπομπές των καυσίμων με 2,5% περιεκτικότητα σε θειάφι, ώστε να αναλογεί στις εκπομπές καυσίμων περιεκτικότητας σε θειάφι 1,5%, χωρίς την χρήση συστημάτων αποθείωσης. Η κατασκευάστρια εταιρεία εξέφρασε την πεποίθηση, ότι με ορισμένες διορθώσεις, η απόδοση των συστημάτων της είναι δυνατό να φτάσει το 90%. Στους υπολογισμούς της μελέτης η απόδοση του συστήματος θεωρείται σταθερή ίση με 75%. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι μετρήσεις παρουσίασαν μείωση των PM κατά 25%. Με δεδομένη την απόδοση του συστήματος στο 75%, η μελέτη εκτιμά την μείωση των αέριων ρύπων οξειδίων του θείου ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου⁴³.

Το κόστος συντήρησης της μονάδας παρατηρήθηκε ότι είναι πολύ μικρό και περιορίζεται στην συντήρηση των αντλιών κυκλοφορίας του θαλασσινού νερού. Η συντήρηση είναι απλή και μπορεί να γίνει στο πλαίσιο των εργασιών ρουτίνας. Το σύστημα έχει εγγύηση για τα υλικά και τη σωστή λειτουργία του. Η διάρκεια ζωής

⁴² European Commission Directorate General Environment Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market-based Instruments, Entec UK Limited, Final Report, 2005

⁴³ European Commission Directorate General Environment Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market-based Instruments, Entec UK Limited, Final Report, 2005

του συστήματος σε πολλές μελέτες μπορεί να θεωρηθεί ως ίση με τον χρόνο εγγύησης, που είναι τα δεκαπέντε έτη. Το κόστος συντήρησης μπορεί να εμφανίζει διαβάθμιση ως προς το μέγεθος της εγκατάστασης και επομένως ως προς το μέγεθος του πλοίου. Το κόστος συντήρησης ως ποσοστό στο αρχικό κόστος εγκατάστασης του συστήματος αποθείωσης είναι 3%, 2%, 1%, συναρτήσει του μεγέθους του πλοίου, δηλαδή για μικρό, μεσαίο και μεγάλο αντίστοιχα. Παρόλο που η συντήρηση του συστήματος είναι σχετικά χαμηλή, εντούτοις, το κόστος λειτουργίας του καραβιού, υπολογίζεται ότι θα ανέβει. Η αύξηση αυτή θα σημειωθεί, κυρίως λόγω της παραγωγής των sludges από την μονάδα απόπλυσης. Το πλοίο αποθηκεύει απόβλητα κατά τον πλου του, από διάφορες εργασίες όπως καθαρισμούς σε δεξαμενές ή στο μηχανοστάσιο. Το πλοίο είναι υποχρεωμένο να παραδίδει τα απορρίμματα αυτά, στα λιμάνια για σωστή διαχείριση και εξουδετέρωση. Σε κάθε τέτοια παράδοση πρέπει να δίνεται έγγραφο, στο οποίο καταγράφεται η ποσότητα των αποβλήτων. Ανάλογη, επίσης, αναφορά πρέπει να γίνεται στο βιβλίο μηχανής. Από τη μεριά του, το κόστος για την παράδοση των αποβλήτων, διαφέρει μεταξύ των λιμανιών. Σε πολλά λιμάνια, το κόστος είναι σταθερό έως ένα συγκεκριμένο όγκο αποβλήτων και αυξάνεται κλιμακωτά από εκεί και έπειτα. Η μέση ποσότητα παραγωγής αποβλήτων από την διαδικασία της αποθείωσης των καυσαερίων εκτιμάται πως είναι περίπου 0,2kg/MWh. Η ποσότητα αυτή είναι σχετικά μικρή και ίσως να μην χρειαστεί αλλαγή στις δεξαμενές αποβλήτων στα πλοία. Υπάρχει όμως το ενδεχόμενο, η τιμή για την παραλαβή των αποβλήτων που εμπεριέχουν τα υπολείμματα των οξειδίων του θείου, να διαφέρει, λόγω της μεγάλης οξύτητας που εμφανίζουν. Οι εταιρείες που διαχειρίζονται τα απόβλητα αυτά, πρέπει να τα επεξεργαστούν χημικά και να τα εξουδετερώσουν. Η μεγάλη οξύτητα των χημικών αποβλήτων απαιτεί μεγαλύτερη επεξεργασία και αυξάνει το κόστος της διαδικασίας.

6.2 Οικονομική ανάλυση εγκατάστασης scrubbers σε δύο VLCC ναυτιλιακής εταιρείας

Όπως προαναφέρθηκε η χρήση και εγκατάσταση scrubbers σε πλοία είναι ένας από τους τρόπους που εξετάζουμε δεδομένης της εφαρμογής του ορίου 0,5 % από 1 Ιανουαρίου 2020. Εξετάζοντας την κατάλληλότητά τους ως μέθοδο μείωσης εκπομπών οξειδίων του θείου στην ατμόσφαιρα, ως πιο πρακτικό και οικονομικό τρόπο, πήραμε σαν παράδειγμα 2 VLCC τυχαίας ναυτιλιακής εταιρείας, σε κατάσταση ballast και laden και υπολογίσαμε την ετήσια κατανάλωσή τους σε Heavy Fuel Oil δεδομένου ότι κινούνται με 12,8 κόμβους (πλοίο A) και 13,1 κόμβους (πλοίο B) αντίστοιχα και η μέση κατανάλωσή τους είναι 57,7 τόνοι τη μέρα (πλοίο A) και 58,8 τόνοι τη μέρα (πλοίο B). Στην εξέταση αυτή συμπεριλάβαμε την ενδεχόμενη υπογραφή συμβολαίου της εταιρείας με μεγάλη πετρελαϊκή εταιρεία για 5 χρόνια ώστε η τιμή του Heavy Fuel Oil που θα καίνε αυτά τα δύο πλοία να είναι σταθερή (130 usd/ton). Έπειτα από σύγκριση αυτών των δεδομένων, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, καταλήξαμε στο γεγονός ότι η επιλογή του scrubber θα αρχίσει να αποφέρει κέρδος (break even point) στην εταιρεία μετά από 376,6 μέρες (πλοίο A) και 369,6 (πλοίο B).

| "A" Vessel Actual performance 12.8 kn | | | | | |
|--|-------------|---------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Condition | V (kn) | FOC (ton/day) | HFO 0.5 -HFO 3.5% (130 ton*USD/day) | Scrubber price per day (usd) | Break Even (days) |
| Total year | 12.8 | 57.7 | 7501 | 7847 | 376.6 |

| "B" Vessel Actual performance 13.1 kn | | | | | |
|--|-------------|---------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Condition | V (kn) | FOC (ton/day) | HFO 0.5% -HFO 3.5% (130 ton*USD/day) | Scrubber price per day (usd) | Break Even (days) |
| Total year | 13.1 | 58.8 | 7644 | 7847 | 369.6 |

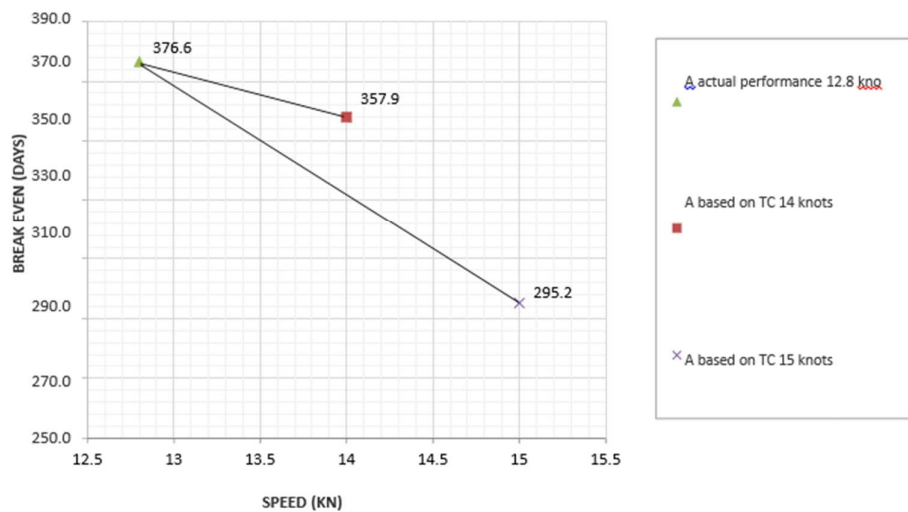
Επιπλέον, υπολογίσαμε σε ποιο σημείο η εταιρεία θα είχε κέρδος παίρνοντας ως θεωρητική μελέτη, μία συγκεκριμένη χρονοάνωση και για τα δύο πλοία.

| "A" Vessel (based on TC description) | | | | | |
|---|--------|---------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Condition | V (kn) | FOC (ton/day) | HFO 0.5% -HFO 3.5% (130 ton*USD/day) | Scrubber price per day (usd) | Break Even (days) |
| Total year | 14 | 60.71 | 7892.3 | 7847 | 357.9 |
| | 15 | 73.6 | 9568 | 7847 | 295.2 |

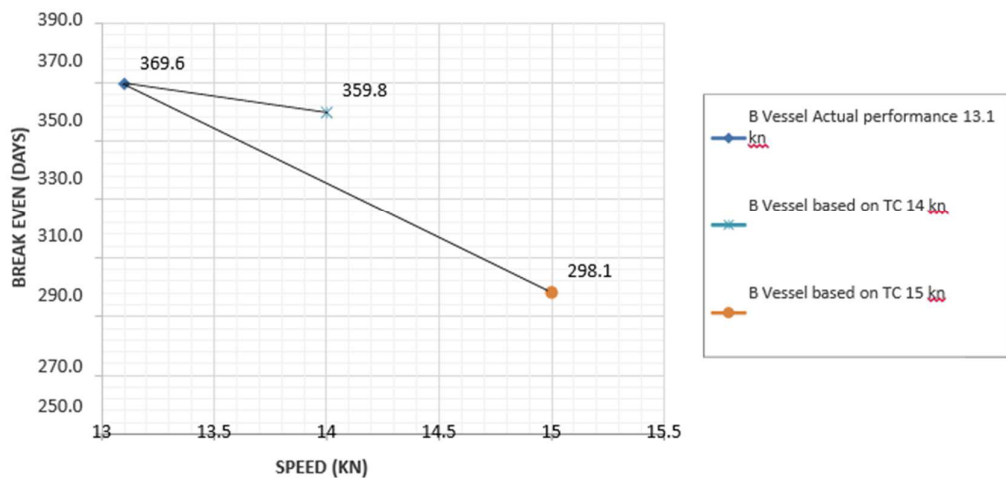
| "B" Vessel (based on TC description) | | | | | |
|---|--------|---------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Condition | V (kn) | FOC (ton/day) | HFO 0.5% -HFO 3.5% (130 ton*USD/day) | Scrubber price per day (usd) | Break Even (days) |
| Total Year | 14 | 60.4 | 7852 | 7847 | 359.8 |
| | 15 | 72.89 | 9475.7 | 7847 | 298.1 |

Δεδομένης της ύπαρξης συμβολαίου μεταξύ ναυτιλιακής εταιρείας και προμηθευτή καυσίμου, έχοντας δηλαδή μια σταθερή τιμή για το Heavy Fuel Oil ανεξαρτήτως ενδεχόμενων μεταβολών στην αγορά, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η εγκατάσταση scrubbers μπορεί να αποφέρει εκτός από περιβαλλοντολογικά και οικονομικά οφέλη εφόσον μετά από 376 και 369 μέρες αντίστοιχα σε κάθε παράδειγμα πλοίου, η εταιρεία ξεκινά να έχει κέρδος. Αναφερόμενοι στο κέρδος της εταιρείας εννοούμε αυτό που σε βάθος χρόνου θα φτάσει να καλύψει το μέσο όρο κόστους ενός scrubber που ανέρχεται σε 2,9 εκατομμύρια (1,5 εκατομμύριο κόστος αγοράς και 1,4 εκατομμύρια κόστος εγκατάστασης).

Scrubber break even period "A" Vessel



Scrubber break even period "B" Vessel



6.3 Άμεσες συνέπειες στη ναυτιλία

Μερικές από τις μεγαλύτερες ναυτιλιακές εταιρείες παγκοσμίως εξέφρασαν την ανησυχία τους για τις απαιτήσεις του IMO, σχετικά με τις πολιτικές περί της μείωσης των καυσίμων σε περιεκτικότητα σε θείο. Θεωρούν ότι τυχόν αλλαγές σε πετρέλαια χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (με μέγιστη κατά βάρος περιεκτικότητα 0,1% στις περιοχές ECA), θα αυξήσει την τιμή του πετρελαίου πάνω από 80% και θα οδηγήσει σε δυσμενείς εμπορικές καταστάσεις. Οι αρμόδιοι φορείς ως απάντηση τους, θεωρούν ότι η αύξηση δε θα υπερβαίνει το 60% και πως η αλλαγή είναι μοιραία, διότι η παραγωγή βαρέων καυσίμων θα φθίνει συνεχώς έως να εκλείψει, αφού και από την μεριά τους τα διωλιστήρια θα μεταφέρουν την παραγωγή τους στα πιο προσοδοφόρα καύσιμα, χαμηλά σε θειάφι. Οι ναυτιλιακές εταιρείες ισχυρίζονται πως η αύξηση του κόστους λειτουργίας δεν δύναται να απορροφηθεί και θα προστεθεί ως επιπλέον κόστος στα ναύλα των εμπορικών και των επιβατηγών πλοίων. Σημειώθηκε ότι η αύξηση αυτή θα επιφέρει αλλαγές, οι κυριότερες των οποίων είναι⁴⁴:

- Η μετατόπιση των μεταφορών και μετακινήσεων με χερσαία μέσα
- Η αποτροπή για εργασίες και δραστηριότητες στα λιμάνια. Παύση χρήσης των λιμανιών ως μεταβατικοί ή τερματικοί σταθμοί
- Περιορισμός των τουριστών λόγω της αύξησης του κόστους στις κρουαζιέρες

Σε γενικές γραμμές, οι επιπτώσεις της χρήσης καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο θα είναι οι ακόλουθες⁴⁵:

- Μείωση ταχυτήτων: παρόλο που η μείωση των υπηρεσιακών ταχυτήτων δεν αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα, αφού μπορεί να επιφέρει ισορροπία στα ναυτιλιακά δρώμενα, δεν παύει να θεωρείται ως μια σημαντική παράμετρος. Η λειτουργία των πλοίων βασίζονται στην κυκλική διαδρομή, η λειτουργία των πλοίων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, η μεταφορική τους ικανότητα, το κόστος των καυσίμων και το ετήσιο μεταφερόμενο φορτίο. Για να ολοκληρωθεί η κοινή ετήσια μεταφερόμενη ποσότητα, αυξάνεται ο συνολικός αριθμός των πλοίων που ενεργούν. Το αποτέλεσμα από τον τελικό

⁴⁴ Understanding exhaust gas treatment systems, Lloyd's Register. June 2012

⁴⁵ Sox Regulations and Principles / Economics of Scrubbers, John F. Hartley, Wartsila, 2010

υπολογισμό για το κόστος των πετρελαίων, είναι ότι, παρόλη την αύξηση του αριθμού των πλοίων, προκύπτει μείωση του κόστους καυσίμων. Η μείωση αυτή δικαιολογείται, από την περιορισμό της συνολικής ποσότητας των καυσίμων που καταναλώνεται λόγω της ελάττωσης της υπηρεσιακής ταχύτητας. Τα λιγότερα καύσιμα, όμως, αναλογούν σε λιγότερα καυσαέρια, και επομένως μείωση των εκπομπών των οξειδίων του θείου. Παρατηρούμε λοιπόν, πως όταν υπάρχει μείωση της ταχύτητας των πλοίων, γίνεται χρήση περισσότερων πλοίων. Το γεγονός αυτό τονώνει την ναυτιλιακή αγορά και συντηρεί τα πλοία. Ένα ενεργό πλοίο προσφέρει επιπλέον θέσεις εργασίας, στους ναυτικούς που εργάζονται σε αυτό αλλά και στο γραφείο που ασχολείται με τη διοίκηση. Γενικότερα, η μείωση της ταχύτητας των πλοίων κατά 10%, μπορεί να επιφέρει οικονομία στα καύσιμα σε ποσοστό μεγαλύτερο του 20% για ίδιες συνθήκες πλεύσης.

- Αυξήσεις του κόστους καυσίμου στις υπηρεσίες σύντομων διαδρομών: είναι γεγονός πως η ναυτιλία τα τελευταία χρόνια, έχει εισχωρήσει και στις μικρές, σύντομες μετακινήσεις, υποσκελίζοντας έτσι τις χερσαίες μεταφορές. Η επικράτηση της ναυτιλίας στις υπηρεσίες σύντομων διαδρομών ήταν δυνατή λόγω της ανταγωνιστικότητάς της, ως προς το κόστος των υπηρεσιών της. Η θέση της όμως αυτή, απειλείται από την αύξηση των τιμών των καυσίμων που αναμένεται μετά την εφαρμογή των επερχόμενων κανονισμών για μείωση των οξειδίων του θείου. Η κατανάλωση κυμαίνεται από 0,06 έως 0,09 τόνους ανά χιλιόμετρο. Το εύρος της κατανάλωσης δικαιολογείται από την διαφορετικότητα του κάθε πλοίου, όπως για παράδειγμα το DWT, τον τύπο της μηχανής, την ηλικία του πλοίου, την ισχύ της μηχανολογικής εγκατάστασης κ.α. Ένδειξη αύξησης της κατανάλωσης για πλοία που κινούνται με μεγαλύτερες ταχύτητες, περίπου μεταξύ 25- 30 Knots, είναι 0,16 – 0,20 ton ανά χιλιόμετρο, που όπως φαίνεται ισοδυναμεί με την διπλάσια κατανάλωση από τα προηγούμενα πλοία που λειτουργούν με χαμηλότερες ταχύτητες.
- Επίδραση της αύξησης των καυσίμων στα ναύλα: Δεν υπάρχει σαφής ένδειξη σχετικά με το ποσοστό του κόστους καυσίμου στο ολικό λειτουργικό κόστος για τις σύντομες διαδρομές, κυρίως αυτές στις περιοχές SECA. Η αύξηση των τιμών των καυσίμων θα επιφέρει πολλές αλλαγές. Οι διαχειριστές των πλοίων

αν προσπαθήσουν να παραμείνουν ανταγωνιστικοί θα πρέπει να μειώσουν τα κέρδη τους ώστε να απορροφήσουν οι ίδιοι μεγάλο ποσοστό των επιπλέον εξόδων. Μειώσεις δεν θα εμφανιστούν μόνο στα κέρδη, αλλά περικοπές θα γίνουν και στα έξοδα. Οι περικοπές θα υπονομεύσουν την εξέλιξη της ναυτιλίας αφού δεν θα υπάρξει επενδυτικό ενδιαφέρον. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας στρατηγικής, θα είναι να παραμείνουν εν ενεργεία παλιά και ηλικιωμένα πλοία που θα παρουσιάζουν χαμηλό επίπεδο συντήρησης. Τα παραπάνω δεδομένα θα προκαλέσουν την αποστροφή των ναυλωτών κυρίως στις κοντινές διαδρομές που μπορούν να εξυπηρετηθούν και με άλλα μέσα. Από την άλλη μεριά, υπάρχει το σενάριο το επιπλέον κόστος των καυσίμων να προστεθεί στα ναύλα. Σε μια τέτοια περίπτωση η εναλλακτική των χερσαίων μέσων θα είναι ακόμα πιο προσιτή για τους ναυλωτές.

6.4 Βασικά σημεία

Όλες οι σχετικές μελέτες συμφωνούν στην αναγκαιότητα της λήψης μέτρων για τους αέριους ρύπους του θείου. Στοιχεία σχετικά με τα εκτιμώμενα οικονομικά οφέλη από την μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου ελήφθησαν από πρόσφατες μελέτες, οι οποίες εκπονήθηκαν για την ευρωπαϊκή θαλάσσια περιοχή. Το όφελος αυτό διαφέρει μεταξύ των θαλασσιών περιοχών από 1600-5900ευρώ/χρόνο, ανάλογα με τον πληθυσμό που εκτίθεται στις εκπομπές ανά περιοχή. Συγκριτικά τα οφέλη στο σύνολο των Ευρωπαϊκών θαλασσών υπερτερούν έναντι των δαπανών. Εκτιμάται ότι το 2020 τα ετήσια οφέλη θα είναι περίπου 12δισ ευρώ ενώ το κόστος θα είναι μεταξύ 1,6-5,4 δισ ευρώ. Συμπεραίνουμε λοιπόν, πως τα καθαρά κέρδη από τις μειώσεις των εκπομπών του θείου θα είναι μεταξύ 6,6-10,4 δισ ευρώ ετησίως. Το όφελος δεν κατανέμεται ισόποσα σε όλες τις περιοχές. Στην Μεσόγειο παρουσιάζεται ο υψηλότερος λόγος οφέλους κόστους, έως και 8,1 φορές. Στο βορειοανατολικό Ατλαντικό και στη Βόρεια Θάλασσα ο λόγος οφέλους κόστους, κυμαίνεται στο 7,4. Ωστόσο, στη Βαλτική Θάλασσα ο λόγος είναι μικρότερος περίπου 2,8. Οι επικρατέστερες διαδικασίες για τον υπολογισμό του εξωτερικού κόστους λόγω των αερίων ρύπων είναι δύο, η bottom-up και η top-down. Το σημείο εκκίνησης, για την διαδικασία bottom-up, είναι στο μικρο-επίπεδο, όπου τα βασικά στοιχεία ορίζονται στις λεπτομέρειες και έπειτα σε συνδυασμό μεταξύ τους, σχηματίζουν το πλήρες σύστημα. Η προσέγγιση αυτή είναι πιο ακριβής στα αποτελέσματα της και είναι δυνατό να εντάξει στο μέλλον νέα στοιχεία. Ωστόσο, λόγω της πολυπλοκότητας και των λεπτομερών στοιχείων που εξετάζει, η προσέγγιση αυτή είναι δαπανηρή και δύσκολη στην εφαρμογή. Η προσέγγιση top-down, ξεκινά με βάση το μακρο – επίπεδο. Βασίζεται δηλαδή σε μια διαδικασία εκτίμησης του εξωτερικού κόστους συνολικά, το οποίο έπειτα διαιρείται κατάλληλα ώστε να αποδώσει την επίδραση του κάθε στοιχείου. Η top-down διαδικασία είναι πιο απλή αλλά αποτυγχάνει να εντάξει και να επεξεργαστεί εύκολα, τυχόν νέα στοιχεία-δεδομένα. Οι ζημιές που αξιολογούνται είναι στο πεδίο της γεωργίας, των υλικών ζημιών και κυρίως στην ανθρώπινη υγεία. Η αποτίμηση στην τελευταία κατηγορία, της ανθρώπινης υγείας, είναι ιδιαίτερα δύσκολη και ευαίσθητη. Το περιβαλλοντικό κόστος εκτιμάται ως αποτέλεσμα διαφόρων παραγόντων, σε συνδυασμό με το περιβάλλον της εκάστοτε χώρας, δηλαδή την χλωρίδα και την πανίδα, την πυκνότητα του πληθυσμού, τη

γεωγραφική θέση της περιοχής και τις μετεωρολογικές συνθήκες. Τα τρία τελευταία στοιχεία, είναι σημαντικά διότι συμπεριλαμβάνουν τις επιπτώσεις των αερίων ρύπων που προέρχονται από πηγές εκτός των συνόρων της κάθε χώρας. Τα αποτελέσματα σχετικών μελετών διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, και για το λόγο αυτό η σύγκριση είναι αδύνατη. Για την αξιολόγηση των επιπτώσεων που προέρχονται από τη ναυτιλία, δύο παράγοντες πρέπει να εξεταστούν η ποσότητα των αερίων ρύπων που παράγονται και η περιοχή που αυτοί εκπέμπονται. Οι δύο αυτοί παράγονται μπορούν να εξεταστούν ο καθένας ξεχωριστά με την bottom-up και την top-down προσέγγιση⁴⁶.

⁴⁶ Analysis of the Consequences of Low Sulphur Fuel Requirements, European Community Ship Owners Associations (ECSA), 2010

7 Διαχείριση μείωσης κατανάλωσης καυσίμου

7.1. Σύγκριση εναλλακτικών τεχνικών

Ο περιορισμός των ορίων για τις εκπομπές ρύπων των οξειδίων του θείου, από τα καύσιμα των πλοίων, είναι ένα σημαντικό ζήτημα για την προστασία του περιβάλλοντος και τη σταδιακή αποτροπή της κλιματικής αλλαγής. Υπάρχουν διάφοροι διεθνείς φορείς, οι οποίοι έχουν επιληφθεί του θέματος. Παρόλαυτα, ο ΙΜΟ, και ειδικότερα η επιτροπή ΜΕΡC, αποτελεί τον πιο αντιπροσωπευτικό οργανισμό. Οι βασικές οδηγίες της ΜΕΡC αφορούν τον περιορισμό των ανώτατων ορίων στις εκπομπές οξειδίων του θείου. Στην πιο πρόσφατη έκδοση του κανονισμού, στην οποία υπάρχουν τροποποιήσεις, η ΜΕΡC αποφάσισε ότι το πρότυπο καυσίμων θα πρέπει να συμμορφώνεται με τον κανονισμό 14/1/3 της ΜΑΡΡΟL, κατά την οποία το όριο τίθεται στα 0,50% m/m. Επίσης, το όριο θα ενεργοποιηθεί το 2020, δίνοντας έτσι το απαιτούμενο χρονικό διάστημα, στις ναυτιλιακές, να τροποποιήσουν τα συστήματα τους κατάλληλα⁴⁷.

Οι επιπτώσεις των αποφάσεων της ΙΜΟ θα είναι σημαντικές τόσο στον τομέα της επεξεργασίας καυσίμων όσο και στη ναυτιλία. Έτσι, το επιπλέον κόστος καυσίμων για τα πλοία, σύμφωνα με τους νέους κανόνες συμμόρφωσης, μπορεί να ανέλθει μέχρι και σε \$50 δις, σε ετήσια βάση. Αυτό αποτελεί μια αρνητική προοπτική για τον κλάδο της ναυτιλίας, καθώς θα συρρικνώσει σημαντικά την κερδοφορία της. Ως εκ τούτου, όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη (ναυτιλία και λοιποί λήπτες απόφασης) θα πρέπει από κοινού να αποφασίσουν έναν ομαλό τρόπο μετάβασης στο νέο πλαίσιο, με στόχο την ελαχιστοποίηση των απωλειών, οικονομικών και μη. Η ΜΕΡC, σε συνεργασία με την ΙΜΟ, αξιολόγησε τη διαδικασία μετάβασης στη νέα κατάσταση και σχεδίασε ένα πλάνο δράσης κι ένα χρονοδιάγραμμα δραστηριοτήτων.

Στα πλαίσια ομαλής μετάβασης στη νέα κατάσταση, ο ΙΜΟ συμφώνησε στα ακόλουθα σημεία, τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν κατάλληλα μέχρι το 2019:

⁴⁷ Liang, L. H. (2017, 3 22). *Seatrade Maritime News*. Ανάκτηση από <http://www.seatrade-maritime.com/news/asia/gas-oil-low-sulphur-hybrid-fuels-scrubbers-methanol-Ing-which-ones-will-shipping-choose-by-2020.html>

- Διαδικαστικά ζητήματα μετάβασης από το ισχύον πλαίσιο στο νέο, τα οποία ενδέχεται να προκύψουν από τον περιορισμό του ανώτατου ορίου από 3,5% σε 0,5%, αναφορικά με τις εκπομπές οξειδίων του θείου.
- Επιπτώσεις στη λειτουργία μηχανών και λοιπού εξοπλισμού των πλοίων, οι οποίες ενδέχεται να προκύψουν από τη χρήση θείου σε μικρότερη ποσότητα.
- Τρόποι ελέγχου, σχετικά με το αν τα πλοία συμμορφώνονται στους νέους κανόνες. Επιπλέον, οι τεχνικές ελέγχου θα πρέπει να εξασφαλίζουν ότι υπάρχει μια συνέχεια, αναφορικά με την εφαρμογή του νέου πλαισίου.
- Ανάπτυξη ενός προτύπου αναφορών, το οποίο θα έχει ως στόχο την αντιμετώπιση περιπτώσεων, όπου ένα πλοίο δε δύναται να συμμορφωθεί, για διάφορους λόγους, με το νέο κανονιστικό πλαίσιο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το πλοίο θα υπάγεται σε ειδική κατηγορία και θα αντιμετωπίζεται αναλόγως.
- Συνεργασία με τα συστήματα ISO, έτσι ώστε να υπάρχει συνάφεια ανάμεσα στα πρότυπα ποιότητας ISO, τα οποία εφαρμόζονται στη ναυτιλία, και την εισαγωγή του περιορισμού στο ανώτατο όριο εκπομπής οξειδίων του θείου.

Είναι πολύ δύσκολο κανείς να μελετήσει την αλλαγή που θα επιφέρουν τα νέα μέτρα του κανονισμού στις μεταφορές και στο εμπόριο. Το κυριότερο λειτουργικό έξοδο των πλοίων είναι το κόστος των πετρελαίων. Η τιμή των καυσίμων είναι αδύνατο να εκτιμηθεί, για το λόγο αυτό όλες οι μελέτες που αναπτύχθηκαν επί του θέματος, για τις επιπτώσεις από την εφαρμογή των νέων μέτρων, θέτουν πιθανά σενάρια. Οι μελέτες καταλήγουν σε ένα εύρος αποτελεσμάτων ανάλογα με τα σενάρια και τις πολιτικές που εξετάζουν ώστε να μπορέσουν, να πλαισιώσουν κάθε δυνατή εξέλιξη. Εκτός από την χρήση καυσίμων Low Sulphur, το πλοίο μπορεί να χρησιμοποιεί κατάλληλη διάταξη για την επεξεργασία των καυσαερίων που παράγονται από την καύση των Heavy Fuel Oil. Ο μηχανισμός που θα χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να επιφέρει αποτελέσματα εκπομπών αντίστοιχα αυτών από την χρήση καυσίμων Low Sulphur⁴⁸.

Μια τεχνολογική λύση, η οποία προκρίνεται για τον περιορισμό των οξειδίων του θείου, είναι η εφαρμογή πλυντρίδων (scrubbers), οι οποίες έχουν τη δυνατότητα απομόνωσης των βλαβερών ρύπων. Η επιλογή αυτή φαίνεται να προσεγγίζει το

⁴⁸ Andreoni, V., Miola, A., & Perujo, A. (2008). Cost effectiveness analysis of the emission abatement in the shipping sector. European Commission Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability.

ενδιαφέρον των πλοιοκτητών. Το κόστος λειτουργίας είναι σχετικά μικρό και η απόσβεση του κεφαλαίου είναι άμεση, ακόμα και για τα παλαιότερα πλοία. Τα βασικά πλεονεκτήματα αυτής της λύσης είναι δυο. Πρώτον, μπορεί να εφαρμοστεί και στο παραδοσιακό πλαίσιο οξειδίων του θείου (όριο 3,5%). Δεύτερον, περιορίζει σημαντικά τα οξείδια του θείου. Από την άλλη, υπάρχουν και πολλά μειονεκτήματα, τα βασικότερα των οποίων είναι:

- Δύσκολο στη μετατροπή
- Αρκετά υψηλό αρχικό κόστος
- Έχει ιδιαίτερες σχεδιαστικές απαιτήσεις για την τοποθέτηση του πύργου πλυντρίδων και των υποστηρικτικών συστημάτων. Το πλοίο, ενδεχομένως, να μην έχει τη δυνατότητα να συμπεριλάβει αυτόν τον εξοπλισμό.
- Προϋποθέτει τη χρήση άλλων χημικών
- Προϋποθέτει την ενσωμάτωση του νέου συστήματος με το βασικό σύστημα ενέργειας του πλοίου. Οπότε, υπάρχει ένα υψηλό κόστος μετατροπής κι ενσωμάτωσης του νέου εξοπλισμού.
- Απαιτεί επιπρόσθετες ικανότητες και γνώσεις μηχανικού
- Ενδέχεται να υπάρχουν λειτουργικοί περιορισμοί στο νέο σύστημα, οι οποίοι με τη σειρά τους έχουν αρνητική επίδραση στη λειτουργία του πλοίου.
- Δημιουργία πολυπλοκότητας στο σχεδιασμό και τη λειτουργία
- Επιπλέον απαιτήσεις συντήρησης, κάτι που αυξάνει κι άλλο το κόστος του νέου συστήματος
- Πιθανή αύξηση του μεγέθους του εξοπλισμού, με την εγκατάσταση επιπλέον γεννητριών.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, τρεις είναι οι βασικοί τύποι πλυντρίδων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιορίσουν τα οξείδια του θείου στα καύσιμα. Πρώτον, υπάρχουν οι ανοιχτού τύπου πλυντρίδες, οι οποίες α) εξαρτώνται από την αλκαλικότητα του νερού, β) σε ορισμένες περιπτώσεις προϋποθέτουν την ύπαρξη δεξαμενής αποβλήτων (επιπλέον κόστος) και γ) είναι κατάλληλες για πλοία, τα οποία δεν έχουν συχνή επαφή με λιμένες. Δεύτερον, υπάρχουν οι κλειστού τύπου πλυντρίδες, οι οποίες α) δεν εξαρτώνται από τα χημικά χαρακτηριστικά του νερού, β) μπορούν να αντικατασταθούν χωρίς σημαντικές απώλειες, γ) απαιτούν ένα στοιχείο αντίδρασης για την αλκαλικότητα και δ) είναι

κατάλληλες σε περιπτώσεις νερού χαμηλής αλκαλικότητας. Τρίτον, υπάρχουν οι υβριδικού τύπου πλυντρίδες, οι οποίες α) μπορούν να εφαρμοστούν σε οποιοδήποτε νερό, β) παρέχουν τη δυνατότητα μερικής αντικατάστασης σε περίπτωση βλάβης, γ) προϋποθέτουν την ύπαρξη αντιδρώντος στοιχείου για την αλκαλικότητα και δ) είναι κατάλληλες για πλοία που δραστηριοποιούνται σε όλους τους τύπους νερών και χρειάζονται μεγάλη δυνατότητα ευελιξίας.

Εκτός από τους διάφορους τύπους πλυντρίδων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να περιορίσουν τα οξείδια του θείου, η χρήση εναλλακτικών καυσίμων μπορεί να αποτελεί μια αξιόπιστη λύση. Τα παραδοσιακά καύσιμα των πλοίων (παράγωγα πετρελαίου), υπό το νέο κανονιστικό πλαίσιο (0,5% περιεκτικότητα σε οξείδια του θείου) παρουσιάζουν μια συγκεκριμένη συμπεριφορά. Τα πλεονεκτήματα των παραδοσιακών καυσίμων είναι ότι χρησιμοποιούνται κατά κόρον από την πλειοψηφία της παγκόσμιας ναυτιλίας, κι όχι μόνο. Από την άλλη, με λιγότερα οξείδια του θείου, το κόστος καυσίμων αυξάνεται, ενώ μπορεί να δημιουργηθούν και ζητήματα λειτουργικής φύσεως.

Εκτός από τα παραδοσιακά καύσιμα, υπάρχουν κι εναλλακτικές, δηλαδή νέα είδη καυσίμων, τα οποία έχουν ως βάση το πετρέλαιο, αλλά υπόκεινται σε μεγάλη επεξεργασία. Αυτά μπορούν να ενσωματωθούν σε οποιοδήποτε μετασχηματισμό του συστήματος καυσίμων στα πλοία. Παρόλαυτα, λόγω του ότι η παρουσία τους στον κλάδο καυσίμων είναι σε εμβρυακό στάδιο ακόμα, τα κόστη δε μπορούν να υπολογιστούν με βεβαιότητα, ειδικά χωρίς να γνωρίζουμε τη συμπεριφορά τους με μικρότερης περιεκτικότητας οξείδια του θείου. Επιπλέον, η αγορά τους παρουσιάζει μεγάλη μεταβλητότητα. Τέλος, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και ζητήματα ασυμβατότητας, καθώς αποτελούν νέες μορφές καυσίμων.

Από την άλλη μεριά, οι κατασκευαστές μηχανών δίνουν ακόμα μια επιλογή, αυτή της χρήσης LNG. Η χρήση του φυσικού αερίου για την κίνηση των πλοίων θα είναι δυνατή και προσιτή όταν θα δημιουργηθούν περισσότεροι σταθμοί ανεφοδιασμού. Το φυσικό αέριο αποτελεί μια καλή εναλλακτική λύση, αναφορικά με το νέο κανονιστικό πλαίσιο. Τα πλεονεκτήματα του είναι τα εξής:⁴⁹

- Έχει καλή περιβαλλοντική συμπεριφορά

⁴⁹ http://www.shipandoffshore.net/fileadmin/user_upload/pdf/www.shipandoffshore.net-issue1-2011.pdf

- Μπορεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις της συνθήκης Tier III αρκετά εύκολα

Βέβαια, ενέχει κι ορισμένα μειονεκτήματα:

- Υψηλό κόστος επένδυσης
- Υψηλό κόστος μετατροπής, αν απαιτηθεί
- Η αγορά φυσικού αερίου εμφανίζει μεγάλη μεταβλητότητα στις τιμές του προϊόντος
- Οι επίγειες υποδομές παροχής φυσικού αερίου δεν είναι πλήρως ανεπτυγμένες σε όλες τις χώρες του κόσμου
- Η χρήση φυσικού αερίου στα πλοία απαιτεί τη δημιουργία μεγάλων δεξαμενών

Οι δύο προηγούμενες λύσεις εξετάζουν το πρόβλημα περισσότερο ποιοτικά αφού αποσκοπούν στην μείωση των αέριων ρύπων ως προς τα προϊόντα των καυσαερίων. Η μείωση, ωστόσο, της κατανάλωσης του καυσίμου, μπορεί να περιορίσει αρκετά τις ποσότητες των καυσαερίων. Μια τέτοια θεώρηση έχει ποσοτικό χαρακτήρα. Η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των πλοίων ισοδυναμεί με μικρότερη κατανάλωση και λιγότερους ρύπους. Η διαδικασία αυτή απασχολεί ήδη τον IMO και εφαρμόζεται στα πλοία (δείκτης EEDI). Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτής της διαδικασίας, ίσως επηρεάσει την πολιτική του IMO, για τον περιορισμό των αέριων ρύπων.⁵⁰

7.2. Τεχνικές μείωσης κατανάλωσης πετρελαίου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε όλη την διπλωματική εργασία, η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου θα επιφέρει αποτελεσματικότερη ενεργειακή διαχείριση καυσίμου. Άρα είναι σημαντικό να κατασκευαστούν αποδοτικότερα πλοία και να χρησιμοποιούνται εναλλακτικές πηγές ενέργειας⁵¹. Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η αιολική και η ηλιακή δεν έχουν επεκταθεί ακόμα στην εμπορική ναυτιλία, όπου η ενεργειακή ανάγκη είναι μεγάλη. Η προσπάθεια των μελετητών και των κανονισμών εντείνεται για το πρώτο κομμάτι, αυτό της αποδοτικότερης

⁵⁰ Zhang, F and Yu, X. M. (2009)"LNG Cold Energy Recovery and Power Generation," *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*, Wuhan, pp. 1-3.

⁵¹ 2nd IMO 2009 GHG Study

εκμετάλλευσης. Πολλές προσπάθειες γίνονται από την μεριά των μελετητών για εξοικονόμηση ενέργειας. Τον ίδιο στόχο έχουν και οι πλοιοκτήτες, μόνο που στην περίπτωση τους, το κίνητρό τους είναι καθαρά οικονομικό.

Ο δείκτης EEDI (Energy Efficiency Design Index) αποτελεί μια ενεργειακή αποτίμηση της λειτουργίας του πλοίου και ταυτόχρονα μια διαδικασία ποσοτικοποίησης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η τιμή που προκύπτει, αποτελεί επίσης δείκτη του περιβαλλοντολογικού κόστους σε σχέση με το όφελος για την κοινωνία. Πλέον ζητείται από τους νηογνώμονες να υπάρχει σε κάθε νεόκτιστο πλοίο, πιστοποιημένη μελέτη που θα αναφέρει τις επιλογές της ναυτιλιακής εταιρίας για μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων. Το ζητούμενο είναι να συνδυάζονται κατάλληλα τα νέα περιβαλλοντικά μέτρα ώστε να επιτυγχάνεται οικονομικό όφελος για τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις χωρίς αύξηση του κόστους .

Μερικά από τα βασικά εναλλακτικά μέτρα που προτείνονται κατηγοριοποιούνται σε δυο μορφές: λειτουργικά και τεχνικά μέτρα⁵².

1. Λειτουργικά μέτρα

Μείωση ταχύτητας ανάλογα τις υποχρεώσεις του πλοίου

Βελτιστοποίηση ποσότητας θαλασσίου έρματος και διαγωγής (Trim Optimization)

Οικονομία μεγέθους

Προσαρμογή ταχύτητας / πορείας ανάλογα με καιρικές συνθήκες (Weather Routing)

Βελτιστοποίηση χρήσης αυτόματου πιλότου

Ηλεκτροδότηση από χερσαία πηγή (Cold Ironing)

Αύξηση ευαισθητοποίησης στο θέμα της κατανάλωσης ενέργειας

Συντήρηση / καθαρισμός προπέλας (Propeller Polishing)

Συντήρηση / καθαρισμός επιφάνειας γάστρας (Hull Cleaning)

⁵² Psaraftis, H., N. (2010), Green Logistics for Surface Intermodal Transport, Laboratory for Maritime Transport, National Technical University of Athens Greece.

2. Τεχνικά μέτρα

Χρήση ελαφρών συνθετικών η μεταλλικών υλικών

Βελτιστοποίηση κυρίων διαστάσεων

Οικονομία μεγέθους

Χρήση βελτιωμένων / ειδικών χρωμάτων για την βρεχόμενη επιφάνεια της γάστρας

Βελτιστοποίηση ανοιγμάτων γάστρας

Μείωση προβλεπόμενης υπηρεσιακής ταχύτητας

Βελτιστοποίηση συνεργασίας σκάφους – προπέλας

Χρησιμοποίηση συστήματος air lubrication σε βρεχόμενη επιφάνεια γάστρας

Βελτιστοποίηση συστήματος πρόωσης (Boss Cap Fins)

Βελτιστοποίηση επί μέρους συστημάτων κύριας μηχανής

Εγκατάσταση συστημάτων ανάκτησης θερμικής ενέργειας από τα καυσαέρια

Χρησιμοποίηση αιολικής ενέργειας

Υβριδική παραγωγή ενέργειας

Στη συνέχεια του κεφαλαίου γίνεται οικονομική ανάλυση δυο εναλλακτικών μέτρων όπως είναι το cold ironing και η χρήση boss cap fins ώστε να γίνει οικονομική αποτίμηση και σύγκριση με τη χρήση της μεθόδου του Lng καυσίμου.

7.2.1. Οικονομική ανάλυση του cold ironing

Τα πλοία ακόμα και όταν δεν κινούνται στα ανοικτά πελάγη, παράγουν αέριους ρύπους επειδή απαιτείται παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και ατμού για διάφορες εφαρμογές. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, παρέχεται ρεύμα από χερσαίες

εγκαταστάσεις, πολλές εκ των οποίων χρησιμοποιούν ήδη ανανεώσιμες μορφές ενέργειας.



Σχήμα 22 – Λιμάνια όπου ήδη εφαρμόζεται η τακτική του cold ironing ⁵³

Τα πλοία από την κατασκευή τους, έχουν τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό για να μπορούν να τροφοδοτούνται από χερσαίο σταθμό παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Ουσιαστικά, το κεντρικό σύστημα ηλεκτροδότησης του πλοίου, συνδέεται με το χερσαίο σύστημα, μέσω του ηλεκτρολογικού σταθμού - πίνακα που υπάρχει στο Accommodation του πλοίου, και συνήθως στο επίπεδο του Main Deck. Η τροφοδότηση του πλοίου με αυτό τον τρόπο, βρίσκει κυρίως εφαρμογή στους δεξαμενισμούς του πλοίου. Η αδυναμία της ψύξης των ηλεκτρογεννητριών κατά την περίοδο του δεξαμενισμού, καθιστά αδύνατη τη λειτουργία τους και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.⁵⁴

⁵³ http://de.amiando.com/eventResources/x/5/fkci4mMIG5FnUk/Cool_ironing_-_A_new_environmental_friendly_solution_for_powering_ships_and_berth.pdf Cold Ironing in Venice, V.T.P. Engineering, τελευταία πρόσβαση 4-6-2017

⁵⁴ http://de.amiando.com/eventResources/x/5/fkci4mMIG5FnUk/Cool_ironing_-_A_new_environmental_friendly_solution_for_powering_ships_and_berth.pdf Cold Ironing in Venice, V.T.P. Engineering, τελευταία πρόσβαση 4-6-2017

Το όφελος από την υιοθέτηση μιας τέτοιας διαδικασίας είναι ουσιαστικό και επιδρά ευεργετικά τόσο στα λιμάνια όσο και στα πλοία. Η παύση των ηλεκτρογεννητριών, ισοδυναμεί με μηδενική εκπομπή ρύπων από το πλοίο. Το στοιχείο αυτό μαζί με το δεδομένο ότι οι χερσαίοι σταθμοί παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας δεν απαιτείται να βρίσκονται κοντά στο λιμάνι, αρκούν για να βελτιώσουν την κατάσταση της ατμόσφαιρας γύρω από αυτό. Η παραγωγή ενέργειας αποκτά τοπικό χαρακτήρα και για το λόγο αυτό εστιάζει στην χρήση καθαρότερων καυσίμων, όπως είναι η χρήση του LNG, ή ακόμα στην χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας, όπως η αιολική. Τα προβλήματα που εμφανίζονται στα πλοία, για μεγάλους χώρους αποθήκευσης του καυσίμου LNG, δεν απασχολούν τις χερσαίες εγκαταστάσεις, που μπορούν να βρίσκονται μόνιμα συνδεδεμένες σε ένα κεντρικό δίκτυο. Στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να συμβάλλουν και τα ηλιακά πάρκα και οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί. Στο περιβαλλοντικό όφελος θα πρέπει να προστεθεί και η μείωση της ηχορύπανσης, τουλάχιστον αυτής από το βόμβο των φουγάρων⁵⁵.

Τα οφέλη από τη χερσαία τροφοδότηση επεκτείνονται και στον οικονομικό τομέα. Οι απαιτήσεις για προσωπικό μεγαλώνουν και έτσι δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας. Το λιμάνι και το κράτος επωφελούνται από την κοστολόγηση της παροχής αυτής. Φυσικά η τιμολόγηση θα γίνεται σύμφωνα με την κατανάλωση που σημειώνεται. Με βάση τη σημερινή τιμή του πετρελαίου, η αλλαγή αυτή ωφελεί και την πλοιοκτήτρια εταιρία. Το όφελος θα είναι μεγαλύτερο στο μέλλον λόγω των αναμενόμενων αυξήσεων στην τιμή των καυσίμων. Τυπικές τιμές ανά kW μπορούμε να θεωρήσουμε πολύ κοντά στις χρεώσεις των ναυπηγείων. Από πρόσφατες προσφορές (2013), αναφέρουμε ότι σε ναυπηγείο στη Ρουμανία το κόστος ανά kWh είναι \$0,35 ενώ αντίστοιχα σε ένα ναυπηγείο στη Τουρκία \$0,37. Μια γρήγορη σύγκριση μπορεί να γίνει, για πλοίο 40000 τόνων DWT, που η ημερήσια ηλεκτρική ανάγκη είναι 1500kW. Η κάλυψη της ανάγκης αυτής, απαιτεί την κατανάλωση 1,5-2MT MDO, από τις ηλεκτρογεννήτριες. Στην περίπτωση που η παροχή γίνει από χερσαίο δίκτυο, το κόστος θα είναι περίπου \$525 ($=\$0,35*1500$) ημερησίως. Στην αντίθετη περίπτωση χρήσης των ηλεκτρομηχανών του πλοίου, το κόστος θα είναι το λιγότερο \$1560 ($=1,5*1040$, 1040\$/τόνο MDO) ημερησίως. Επίσης, για το πλοίο, η παύση των ηλεκτρογεννητριών δίνει το περιθώριο για ταυτόχρονη επιθεώρηση όλων

⁵⁵ http://de.amiando.com/eventResources/x/5/fkci4mMIG5FnUk/Cool_ironing_-_A_new_environmental_friendly_solution_for_powering_ships_and_berth.pdf Cold Ironing in Venice, V.T.P. Engineering, τελευταία πρόσβαση 4-6-2017

των μηχανημάτων του πλοίου. Οι ώρες λειτουργίας των γεννητριών μειώνονται, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επεκτείνεται τόσο η διάρκεια των φθαρτών στοιχείων των μηχανών, όσο και η ανανέωση των λιπαντικών⁵⁶. Στο σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζεται η εκτίμηση του κόστους κτήσης και των λειτουργικών εξόδων από την μελέτη για εγκατάσταση συστήματος cold ironing στο λιμάνι της Βενετίας.

Πίνακας 4 – Εκτίμηση κόστους και εσόδων για εγκατάσταση του συστήματος cold ironing στο λιμάνι της Βενετίας

| Οικονομική ανάλυση για 4500 ώρες ανά έτος από τη χρήση μηχανών αερίου | | | |
|---|------------------|----------------------------------|-------------------|
| Ετήσια κόστη | | Ετήσιο εισόδημα | |
| Προμήθεια μεθανίου | 6,300,000 | Ηλεκτρική ενέργεια στα πλοία | 2,280,000 |
| Λειτουργικά κόστη | | Ηλεκτρική ενέργεια στο πλέγμα | 4,560,000 |
| 5 εργαζόμενοι | 250,000 | | |
| Βοηθητικά έξοδα | 1,000,000 | | |
| Κόστος συντήρησης | 1,300,000 | Παραγόμενη ενέργεια για θέρμανση | 4,000,000 |
| Λίπανση | 130,000 | Παραγόμενη ενέργεια για ψύξη | 550,000 |
| Συνολικό κόστος | 8,980,000 | Συνολικά έσοδα | 11,390,000 |

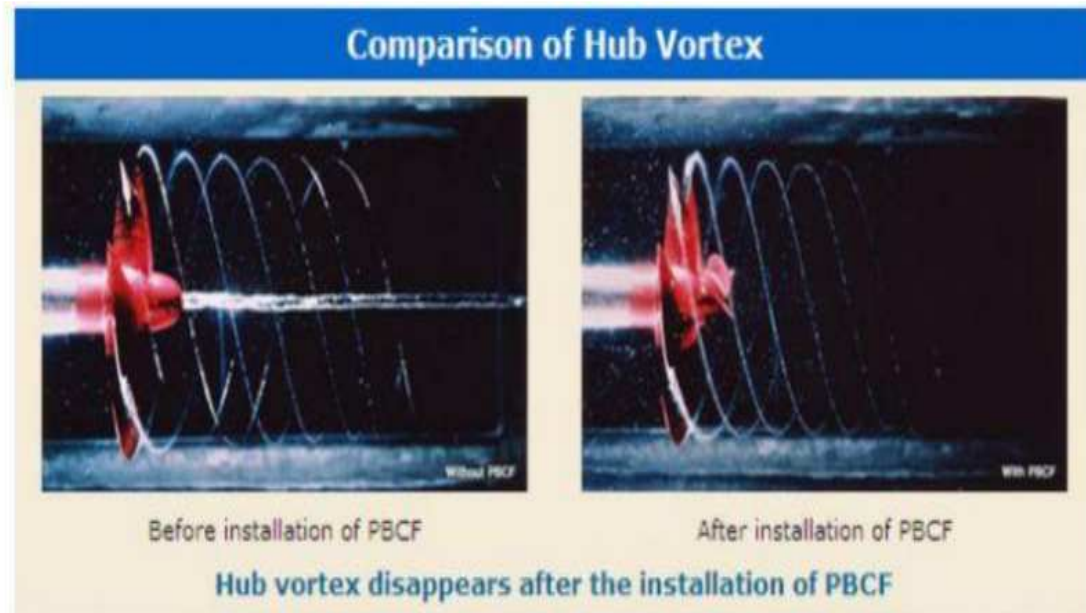
Επιπλέον, το έργο αυτό μπορεί να ωφελήσει την τοπική κοινωνία. Η αναπόφευκτη απορριπτόμενη θερμότητα, από την παραγωγή της ενέργειας, μπορεί να αποδίδεται σε κτίρια ή δημόσια ιδρύματα για θέρμανση (teleheating) και ψύξη (telecooling) κατά την χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο, αντίστοιχα. Η μελέτη που έγινε για το λιμάνι της Βενετίας υπολογίζει το όφελος από την εφαρμογή αυτή περίπου στα 2,4 εκατ.ευρώ ετησίως.

7.2.2. Οικονομική ανάλυση του boss cap fins

Αρκετά αποδοτική και με μικρό κόστος είναι η εφαρμογή της εταιρείας STX, που χρησιμοποιεί Boss Cap Fins στην προπέλα. Την πολιτική αυτή, η εταιρεία, την έχει

⁵⁶ http://de.amianto.com/eventResources/x/5/fkci4mMIG5FnUk/Cool_ironing_-_A_new_environmental_friendly_solution_for_powering_ships_and_berth.pdf Cold Ironing in Venice, V.T.P. Engineering, τελευταία πρόσβαση 4-6-2017

υιοθετήσει σε όλα τα πλοία της, αφού επιφέρει ταυτόχρονα αύξηση της ταχύτητας του πλοίου και μείωση της κατανάλωσης του καυσίμου⁵⁷.



Σχήμα 23 – Βελτίωση της ροής από την τοποθέτηση propeller boss cap fins (PBCF)

Το πλεονέκτημα από την χρήση του Propeller Boss Cap Fins(PBCF), εμφανίζεται στην παραπάνω εικόνα. Με διαμόρφωση παρόμοια με αυτή μικρής προπέλας, το ειδικό αυτό κάλυμμα στο παξιμάδι της προπέλας, βελτιώνει τη ροή και αυξάνει την ώση. Το κέντρο της προπέλας (Hub) δεν συνεισφέρει στην ώση. Αντιθέτως, δημιουργεί δίνη που προκαλεί έντονα προβλήματα σπηλαιώσης και φθοράς. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μείωση των στροβίλων στη πλήμνη, ανάκτηση μέρους από της περιστροφικής ενέργειας και μείωση της φθοράς. Η εγκατάσταση ενός PBCF, είναι άμεση και καθόλου χρονοβόρα. Η Mitsui OSK Lines Ltd. που ανέπτυξε αυτή την ιδέα, μελετά ανά περίπτωση και κατασκευάζει το απαραίτητο PBCF, για κάθε τύπου πλοίο. Η τελική τοποθέτηση μπορεί να γίνει είτε σε κάποιο δεξαμενισμό, είτε δίπλα στο λιμενοβραχίονα, με κατάλληλη διαγωγή του βαποριού, είτε τέλος με υποβρύχιο συνεργείο. Η περίπτωση αυτής της βελτίωση επιλέχθηκε σε σχέση με τις

⁵⁷ www.mol.co.jp/pr-e/2011/e-pr_1145.html, τελευταία πρόσβαση 19/6/2017

υπόλοιπες προτάσεις, να αναλυθεί, διότι είναι αρκετά προσιτή και επιφέρει άμεσα και μετρήσιμα αποτελέσματα.

Σε ένα πραγματικό παράδειγμα, ενός Bulk Carrier Handy Size, η εφαρμογή Propeller Boss Cap Fins, επέφερε μείωση στην κατανάλωση. Η μείωση αυτή υπολογίσθηκε πως ήταν ίση με 2% και 3%, για Ballast και Full Load Condition αντίστοιχα. Το πλοίο εμφάνιζε αρχικά κατανάλωση για τις δύο καταστάσεις, 25 και 30 τόνους την ημέρα, αντίστοιχα. Με δεδομένα το αρχικό κόστος ίσο με \$ 47,000 και θεωρώντας τη τιμή του πετρελαίου ίση με \$550 και ετήσια αύξηση ίση με 2%, η απόσβεση θα προκύψει σε περίπου πέντε μήνες steaming

7.2.3. Οικονομική ανάλυση του LNG

Ένας σημαντικός λόγος για την αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος για τη χρήση του LNG κατά την τελευταία δεκαετία ήταν η σημαντική μείωση του μοναδιαίου κόστους του. Το φυσικό αέριο μπορεί να παραχθεί οικονομικά και να παραδοθεί σε εύρος τιμών από περίπου \$ 2.50-3.50 έως \$ 4.50-5.50 ανάλογα με το κόστος αποστολής. Ένας σημαντικός λόγος για τη μείωση του κόστους ήταν η ανάπτυξη των μεγαλύτερων αμαξοστοιχιών υγροποίησης, ικανών να παράγουν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες φυσικού αερίου και η δημιουργία μεγαλύτερων πλοίων, όπως τα δεξαμενόπλοια Q-Max και Q-Flex. Τα μεγαλύτερα πλοία επιτρέπουν τη μεταφορά μεγαλύτερων φορτίων σε μεγάλες αποστάσεις, βελτιώνοντας το συνολικό κόστος της προμήθειας του φυσικού αερίου⁵⁸.

Σύμφωνα με την έρευνα του Foss, (2012), το τυπικό κόστος της χρήσης φυσικού αερίου απεικονίζεται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 5 – Κόστος χρήσης φυσικού αερίου

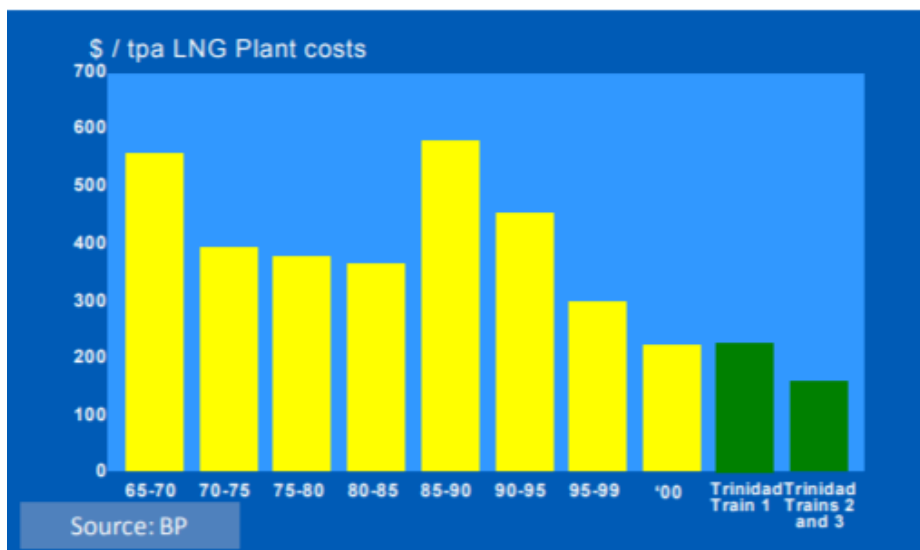
| | |
|---|------------------------------|
| Εκμετάλλευση και παραγωγή | 0,60-1,2\$ / MMBtu |
| Υγροποίηση | 0,90- ,30 \$ / MMBtu |
| Αποστολή (shipping) | 0.50 – 1.30 \$/ MMBtu |
| Αποθήκευση (storage and regasification) | 0,40 - 0 ,60 \$ / MMBtu |
| Συνολικό κόστος | 2,40- 4,90 \$ / MMBtu |

Από το 2005, η συνολική διάρθρωση του κόστους για την παραγωγή ή την παραγωγή και παράδοση ενέργειας οποιασδήποτε μορφής έχει ωθηθεί προς τα πάνω από την παγκόσμια ζήτηση. Για τη διαχείριση του κόστους, οι παραγωγοί ενέργειας αναζητούν νέες τεχνολογίες που μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο και την αβεβαιότητα και να αυξήσουν την παραγωγικότητα και τις δεξιότητες του

⁵⁸ Foss, M. M., (2012), An overview on liquefied natural gas (LNG), its properties, the LNG industry, and safety considerations, Center for Energy Economics, Bureau of Economic Geology, available at: <http://www.beg.utexas.edu/energyecon/INTRODUCTION%20TO%20LNG%20Update%202012.pdf>

ανθρώπινου δυναμικού για την καλύτερη ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών. Τα κόστη εκμετάλλευσης και παραγωγής καθώς και τα αποτελέσματα επηρεάζονται θετικά από τις βελτιωμένες τεχνολογίες όπως η 3-D (τρισδιάστατη) seisming, η διάτρηση και ολοκλήρωση σύνθετων αρχιτεκτονικών πηγών μέσω ηλεκτρονικών μέσων και οι βελτιωμένες υποθαλάσσιες εγκαταστάσεις. Η χρήση της 3-D τεχνολογίας επιτρέπει τη λεπτομερή και σύνθετη απεικόνιση πετρωμάτων κάτω από την επιφάνεια της γης, επιτρέποντας στους ερευνητές της γης να διερευνήσουν καλύτερα τις συγκεντρώσεις του φυσικού αερίου. Η γεώτρηση και η ολοκλήρωση σύνθετων αρχιτεκτονικών σωμάτων επιτρέπουν στους μηχανικούς πετρελαίου να στοχεύσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια σε αυτές τις συσσωρεύσεις και να μεγιστοποιήσουν την ανάκτηση δεξαμενών πετρελαίου και φυσικού αερίου, χρησιμοποιώντας αρχιτεκτονική πολλαπλών διακλαδώσεων και ευφυή συστήματα ολοκλήρωσης. Οι βελτιωμένες υποθαλάσσιες εγκαταστάσεις επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να παράγουν φυσικό αέριο βαθιά κάτω από την επιφάνεια του ωκεανού.

Περαιτέρω καινοτόμες τεχνικές στην υγροποίηση και αποστολή του φυσικού αερίου επέτρεψαν αυξημένη εμπορική βιωσιμότητα του συγκεκριμένου αερίου. Η αποδοτικότερη σχεδίαση και οι βελτιώσεις της τεχνολογίας συμβάλλουν στη βελτίωση της χρήσης του φυσικού αερίου τόσο από άποψη αποδοτικότητας όσο και από άποψη κόστος. Το BP's Trinidad LNG Train 1, που ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο του 1999, έθεσε ένα νέο σημείο αναφοράς για το κεφαλαιουχικό κόστος ανά μονάδα LNG σε λιγότερο από \$ 200 / ton ετησίως. Το Trinidad Atlantic Train 2 ολοκληρώθηκε τον Αυγούστο του 2003 και το Train 3, το 2003. Το κόστος τους μειώθηκε ακόμα περισσότερο φτάνοντας περίπου \$ 165 / ton ετησίως. Η βελτιωμένη τεχνολογία οδήγησε σε μείωση του κόστους ανά μονάδα κατά περίπου 35% μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 2000. Το ακόλουθο σχήμα παρουσιάζει την μεταβολή του κόστους παραγωγής φυσικού αερίου κατά τα τελευταία πενήντα έτη.



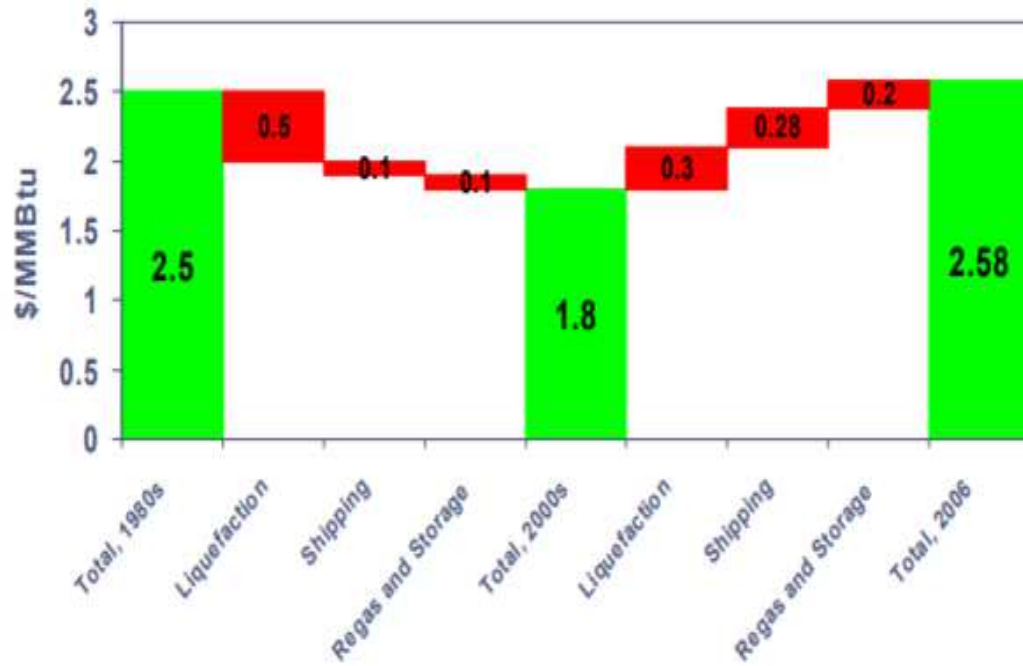
Σχήμα 24 – Διαχρονική εξέλιξη του κόστους παραγωγής φυσικού αερίου ⁵⁹

Στο σχεδιασμό του πλοίου, οι νέες τεχνολογίες περιλαμβάνουν νέα συστήματα πρόωσης για την αντικατάσταση των παραδοσιακών μηχανών ατμοστρόβιλων με μικρότερες μονάδες που είναι πιο αποτελεσματικές όχι μόνο μειώνοντας το κόστος των καυσίμων αλλά και αυξάνοντας την ικανότητα μεταφοράς φορτίου. Ενισχυμένα δεξαμενόπλοια, βελτιωμένη αποδοτικότητα, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, βελτιωμένη τεχνολογία ασφάλειας και βελτιωμένη αποτελεσματικότητα καυσίμων αποτελούν τους βασικούς παράγοντες που έχουν μειώσει σημαντικά το κόστος αποστολής. Η επέκταση των ναυπηγείων στην Άπω Ανατολή και ο αυξημένος ανταγωνισμός μεταξύ των ναυπηγείων μείωσαν το κόστος των δεξαμενόπλοιων φυσικού αερίου κατά 40 τοις εκατό από την αιχμή τους κατά την ίδια περίπου περίοδο της μεσαίας δεκαετίας του 1990 έως τις αρχές της δεκαετίας του 2000.

Επιπλέον ο ανταγωνισμός μεταξύ των παραγωγών έχει μειώσει κατά 20% τα κόστη τα τελευταία 10 χρόνια. Σαν αποτέλεσμα της τεχνολογίας και της παραγωγικότητας παρατηρείται συνολικά μια μείωση της διάρθρωσης του κόστους του φυσικού αερίου κατά 30%. Οι πιέσεις του κόστους που συνοδεύονται από την ισχυρή παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη και τις συνεχιζόμενες υψηλές τιμές των βασικών εμπορευμάτων μέχρι το 2007 είχαν ως αποτέλεσμα την αντιστροφή των κερδών,

⁵⁹ Foss, M. M., (2012), An overview on liquefied natural gas (LNG), its properties, the LNG industry, and safety considerations, Center for Energy Economics, Bureau of Economic Geology, available at: <http://www.beg.utexas.edu/energyecon/INTRODUCTI-ON%20TO%20LNG%20Update%202012.pdf>

αλλά τα έργα μεγάλης κλίμακας εξακολουθούν να έχουν πλεονεκτήματα ως προς το κόστος και την αποδοτικότητα⁶⁰.



Σχήμα 25 – Κόστος της αλυσίδας εφοδιασμού του φυσικού αερίου⁶¹

Συνεπώς όπως απεικονίζεται και στο σχήμα, ενισχύθηκε η μείωση του κόστους και η γενική αύξηση του εμπορίου φυσικού αερίου λόγω της καλύτερης τεχνολογίας. Το φυσικό αέριο εξακολουθεί να ανταγωνίζεται το αέριο αγωγών στη Βόρεια Αμερική και τις Ευρωπαϊκές αγορές, δημιουργώντας τα οφέλη της ανταγωνιστικής τιμολόγησης για τους καταναλωτές. Επιπλέον ανταγωνίζεται άλλες μορφές ενέργειας όπως το πετρέλαιο στην Ασία και τις χώρες που χρειάζονται ποικίλο και προσιτό ενεργειακό εφοδιασμό.

⁶⁰ Harmon, H., (2002), The Dawn of New Golden Age for LNG, IAEE Houston Meeting, February

⁶¹ Foss, M. M., (2012), An overview on liquefied natural gas (LNG), its properties, the LNG industry, and safety considerations, Center for Energy Economics, Bureau of Economic Geology, available at: <http://www.beg.utexas.edu/energyecon/INTRODUCTI-ON%20TO%20LNG%20Update%202012.pdf>

7.2.4. Τάσεις και μελλοντικές επιλογές

Η επιστημονική κοινότητα εξετάζει τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων, με σκοπό την ικανοποίηση της ανάγκης πρόωσης των πλοίων. Κρίνεται σκόπιμη η αναφορά των καυσίμων εκείνων, που είναι πολύ πιθανόν να τεθούν σε εφαρμογή. Ορισμένα από τα καύσιμα ήδη έχουν υιοθετηθεί σε πλοία. Παρόλο που το ποσοστό των πλοίων αυτών, σε σχέση με τον παγκόσμιο στόλο είναι πολύ μικρό, το ενδιαφέρον εξέλιξης σήμερα είναι έντονο και στο μέλλον μπορεί να κριθεί αναγκαίο⁶².

Το καύσιμο LNG που έχει τεθεί ήδη σε εφαρμογή, αποτελεί μια αποδοτική πηγή ενέργειας και παρουσιάζει εξαιρετική απόδοση όσο αφορά την πρόωση του πλοίου. Η εξέλιξη της εφαρμογής έχει ήδη υποστηριχθεί από τις κατασκευάστριες εταιρίες μηχανών. Ωστόσο, οι υπάρχουσες μονάδες ανεφοδιασμού δεν επαρκούν για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες παγκοσμίως.

Το LPG (Liquid Petroleum Gas) εμφανίζει δυσκολίες και επικινδυνότητα στην μεταφορά, τη χρήση και την αποθήκευσή του αφού είναι εξαιρετικά εύφλεκτο. Τα δύο κύρια φυσικά χαρακτηριστικά του LPG, είναι ότι υγροποιείται σε θερμοκρασία υψηλότερη από το LNG και είναι βαρύτερο από τον αέρα.

Ένα ακόμα καύσιμο που έχει εξετασθεί είναι το CNG – Compressed Natural Gas. Το καύσιμο αυτό, απαιτεί διπλάσιο όγκο δεξαμενών συγκριτικά με το καύσιμο LNG, για την κάλυψη ίδιων αναγκών. Το γεγονός αυτό δημιουργεί αμφιβολίες για μελλοντική ένταξη του στα ναυτιλιακά καύσιμα.

Η ναυτιλιακή βιομηχανία αποβλέπει στη χρήση βιοαερίου (καύσιμο με πρώτη ύλη αγροτοβιομηχανικά απόβλητα). Υπάρχουν ενδείξεις αυξημένης διαθεσιμότητας βιοαερίου στο μέλλον. Επιπλέον, σημειώνεται ότι ο απαιτούμενος εξοπλισμός επί του σκάφους για τη χρήση του βιοαερίου, είναι παρόμοιος με αυτόν του καυσίμου LNG.

Όσον αφορά το υδρογόνο ως εναλλακτική μορφή ενέργειας, οι μελετητές επισημαίνουν ότι το καύσιμο δεν ρυπαίνει το περιβάλλον. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω μελέτη, καθώς προς το παρόν το καύσιμο αυτό, λαμβάνεται από

⁶² Psaraftis, H., N. (2010), Green Logistics for Surface Intermodal Transport, Laboratory for Maritime Transport, National Technical University of Athens Greece.

υδρογονάνθρακες και νερό με τη κατανάλωση, άλλων ενεργειακών πηγών. Η περίπτωση του υδρογόνου παρουσιάζει μειονεκτήματα στο γεγονός ότι απαιτεί εξαπλάσιο αποθηκευτικό όγκο σε σχέση με το LNG, για την κάλυψη ίδιων αναγκών.

8. Οι θέσεις της ελληνικής ναυτιλίας σχετικά με τα εναλλακτικά καύσιμα

Σύμφωνα με έρευνα που έγινε από την ένωση ελληνικών ναυτιλιακών εταιρειών, σχετικά με το βαθμό ετοιμότητας αναφορικά με τα νέα καύσιμα, ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα εξήχθησαν. Πρώτον, η Ευρώπη εφαρμόζει τα πιο αυστηρά μέτρα, σχετικά με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια οξειδίων του θείου, συγκριτικά με όλο τον υπόλοιπο κόσμο. Τα μέτρα αυτά αφορούν κυρίως τον τρόπο με τον οποίο η κάθε χώρα θα ικανοποιήσει τους περιορισμούς στην εκπομπή βλαβερών ρύπων. Η ζήτηση για προϊόντα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Για παράδειγμα, οι εγκαταστάσεις (πλυντρίδες) μπορούν να κοστολογηθούν στα 3-5 εκατομμύρια \$, ανά μονάδα (πλοίο). Αυτή η υψηλή τιμή σε συνδυασμό με τα υψηλά επίπεδα αβεβαιότητας σχετικά με τη ζήτηση και το κόστος υποκατάστατων καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε οξείδια του θείου, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι πολλές πλοιοκτήτριες εταιρίες δεν επιλέγουν συνειδητά την υιοθέτηση των νέων εναλλακτικών καυσίμων.

Παρ' όλα αυτά, με την πρόοδο της τεχνολογίας, οι τιμές στα συστήματα πλυντρίδων αναμένεται να παρουσιάσουν πτώση. Για κάθε 10% διαφορά, σχετικά με την υιοθέτηση συστημάτων αποθείωσης από τις εταιρείες, αντιστοιχούν περίπου 400000 βαρέλια πετρελαίου σε ημερήσια βάση. Τα μεγέθη αυτά δείχνουν ότι πρέπει να γίνει ορθός προγραμματισμός και σχεδιασμός από τις εταιρείες. Ένα ακόμη στοιχείο είναι και η διαθεσιμότητα των συμβατικών καυσίμων στη φύση. Το υδροποιημένο φυσικό αέριο, το οποίο έχει μικρή περιεκτικότητα σε οξείδια του θείου, είναι συγκριτικά πολύ ακριβό κι απαιτεί μεγάλο αρχικό κόστος επένδυσης (εγκαταστάσεις). Τις περισσότερες φορές, δε, η κυβέρνηση δεν υποστηρίζει τέτοιου είδους επενδύσεις. Επομένως, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η υιοθέτηση του υδροποιημένου φυσικού αερίου ως βασικό καύσιμο μπορεί να καθυστερήσει για πάνω από μια δεκαετία.

Από τη μεριά της, η Νότια Κορέα έχει επενδύσει, τα τελευταία έτη, πάνω από 6 τρις won, με στόχο να τονώσει την εθνική ναυτιλία, η οποία επλήγει από τις ζημιές τις εταιρίας 'Hanjin Shipping'. Από το προαναφερθέν ποσό, η εταιρία 'Hyundai Merchant Marine' θα λάβει περίπου τα 750 δις. won ως οικονομική βοήθεια, ενώ 2,6 τρις won θα διατεθούν για την κατασκευή νέων πλοίων – ανανέωση του στόλου.

Επιπλέον, ένας μεγάλος αριθμός από χρηματοοικονομικούς οργανισμούς έχει υπογράψει ένα σύμφωνο συνεργασίας, με στόχο την περαιτέρω οικονομική ενίσχυση της ναυτιλίας στην περιοχή. Η ίδια η κυβέρνηση προτίθεται να παρέχει υποστήριξη στην επιχειρηματική αναδόμηση για πάνω από 15 συμβόλαια προμηθευτών.

Είναι γεγονός ότι οι ΗΠΑ αποσύρθηκαν από την εμπορική συμφωνία του Ειρηνικού. Αυτό θα δημιουργήσει μεγάλο πρόβλημα στην απελευθέρωση του κλάδου εμπορίου των χωρών Βιετνάμ, Μαλαισία και Ιαπωνία, ενώ η Κίνα θα είναι η χώρα που θα επωφεληθεί περισσότερο στο τόξο της ανατολικής Ασίας. Οι εξαγωγικοί κλάδοι της Μαλαισίας και του Βιετνάμ θα ήταν οι μεγάλοι κερδισμένοι, αν διατηρούταν η συμφωνία, καθώς θα είχαν σχεδόν απεριόριστη πρόσβαση στην αγορά της Βόρειας Αμερικής. Ένα κλασικό παράδειγμα είναι ότι η συμφωνία του Ειρηνικού θα περιορίζε κατά πολύ τις φορολογίες για την εισαγωγή ηλεκτρονικών προϊόντων από την Μαλαισία και το Βιετνάμ στις ΗΠΑ. Επιπλέον, θα αποτελούσε μεγάλη ώθηση στον κλάδο των υφασμάτων. Έτσι, οι προοπτικές των δυο αυτών χωρών, σχετικά με τις εξαγωγές, έχουν επηρεαστεί αρνητικά από την απόσυρση των ΗΠΑ από τη συμφωνία. Από την άλλη μεριά, η Κίνα αναμένεται να διαδραματίσει έναν πιο σημαντικό ρόλο στις εμπορικές σχέσεις της νότιο-ανατολικής Ασίας, με τη θέσπιση αρχών και κανονισμών με όλους τους λοιπούς εταίρους.

Η απόσυρση των ΗΠΑ από την εμπορική συμφωνία των χωρών του Ειρηνικού αποτελεί μια μόνο πλευρά του προβλήματος. Το ζήτημα εντείνεται από τα σχέδια που έχει ο νέος πρόεδρος των ΗΠΑ για την Κίνα και τις σχέσεις της με τις ΗΠΑ. Ουσιαστικά, οι ΗΠΑ έχουν επιλέξει μια επιθετική πολιτική απέναντι στην Κίνα, κάτι που δε μπορούσε να γίνει σε χειρότερη χρονική στιγμή. Η Κίνα δεν αποτελεί μόνο τη μεγαλύτερη δύναμη στην παγκόσμια ναυτιλία και εμπόριο, αλλά η οικονομία της είναι βαρόμετρο για την παγκόσμια οικονομία. Επίσης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν και οι στρατηγικές κινήσεις της Κίνας στη Νότια Θάλασσα, όπου θα φανεί αν ο ρόλος της είναι επεκτατικός ή συμβατικός στο πλαίσιο της παγκόσμιας ισορροπίας. Τυπικά, όλες οι λοιπές οικονομίες της νότιο-ανατολικής Ασίας αναμένεται να πληγούν από έναν οικονομικό 'πόλεμο' μεταξύ των ΗΠΑ και της Κίνας, δεδομένου ότι αποτελούν την πρώτη και δεύτερη οικονομική δύναμη σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι επιπτώσεις θα είναι δραματικές, καθώς η Νότια Θάλασσα της Κίνας αποτελεί έναν αρτηριακό κόμβο για την παγκόσμια ναυτιλία και το εμπόριο για περιοχές όπως η Άπω Ανατολή, η Κίνα και η Κορέα. Επίσης, από εκείνη την περιοχή μεταφέρεται η

πλειοψηφία των χύδην φορτίων πετρελαίου και αερίου. Περισσότερο από 10 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως (το 30% της παγκόσμιας παραγωγής) διέρχονται από την Νότια Θάλασσα της Κίνας, καθώς επίσης και σημαντικά φορτία από άλλα εμπορεύματα.

9. Συνέντευξη με τον Γενικό Διευθυντή της εταιρείας Maran Gas Maritime Inc.

- Ένας πλοιοκτήτης σήμερα θα πρέπει να επιλέξει LNG ως καύσιμο ή θα είναι καλύτερο να συνεχίσει να χρησιμοποιεί συμβατικά καύσιμα στα πλοία του;

«Αν εξαιρέσουμε τα πλοία που ταξιδεύουν στη Βαλτική ή δραστηριοποιούνται σε περιοχές ECA παραπάνω από το 40% ή το 50% του χρόνου, είναι μία ερώτηση στην οποία θα μπορούσαμε να απαντήσουμε σε τουλάχιστον 3 χρόνια από τώρα. Το LNG ως καύσιμο είναι φθηνότερο να παρασκευαστεί, αυτή τη στιγμή πιο ακριβό να διοχετευθεί αλλά σε ευρύτερο πλαίσιο έχει ένα οικονομικό πλεονέκτημα απέναντι στη χρήση MGO (Marine Gas Oil) ή ULSHFO (Ultra Low Sulphur Heavy Fuel Oil). Τα δύο τελευταία είναι καύσιμα τα οποία το φυσικό αέριο (LNG) καλείται να αντικαταστήσει. Πολλά θα εξαρτηθούν από το πώς θα είναι το καθεστώς στην αγορά όσον αφορά του προμηθευτές του φυσικού αερίου οι οποίοι μέχρι σήμερα το προμηθεύουν σε τιμές οριακά χαμηλότερες από το MGO στη Σκανδιναβία. Η διακύμανση των τιμών σαφώς εξαρτάται και από την τιμή στην οποία αγοράζουν το φυσικό αέριο. Όπως είναι άλλωστε ευρέως γνωστό, η Ευρώπη δεν είναι η πιο οικονομική αγορά φυσικού αερίου.

Πολλά ερευνητικά σχέδια τα οποία σχετίζονται με πλοία τα οποία δραστηριοποιούνται στις Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής, αναπτύσσονται ταχύτατα και προσφέρουν τεράστια πλεονεκτήματα στους διαχειριστές των πλοίων. Η τιμή του φυσικού αερίου στις ΗΠΑ είναι σχετικά χαμηλή και τα ερευνητικά σχέδια ισχυρίζονται ότι η επένδυση θα αποδώσει σε 3-5 χρόνια. Σίγουρα, το κόστος δεν είναι και δε θα είναι αυτό που υπολογίζουμε σήμερα. Η χρήση LNG ως καύσιμο θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση εκπομπών μαύρου άνθρακα στο 20%, 0% εκπομπών διοξειδίων του θείου, 0% PM (Particulate Matter – air emissions), οι μηχανές Diesel που δραστηριοποιούνται στο *Otto cycle* μπορούν να ικανοποιήσουν τα όρια των NOx Tier III χωρίς οποιαδήποτε μετατροπή ή προσθήκη στο σύστημα εξάτμισης και σε μηδενικό κόστος. Η πιθανή εφαρμογή νέων περιοχών ECA ή φόρου διοξειδίου του άνθρακα ή η επιβολή καυσίμου μπορεί να κινητοποιήσει και να φέρει ακόμα πιο μπροστά όλα όσα συζητάμε σήμερα. Το δύσκολο ερώτημα είναι πόσο γρήγορα η αλυσίδα προμήθειας καυσίμου LNG και η διοχέτευσή του μπορεί να αναπτυχθεί. Επιστρέφοντας στην αρχική ερώτηση, τα συμβατικά πλοία δε μπορούν να λειτουργήσουν σήμερα χρησιμοποιώντας φυσικό αέριο εκτός και αν είναι δραστηριοποιούνται σε συγκεκριμένες περιοχές. Οι πλοιοκτήτες σήμερα θα πρέπει να σκεφτούν και να προετοιμαστούν για το LNG ως καύσιμο καθώς πιθανότατα η κατάσταση θα αλλάξει και θα αλλάξει πολύ πιο γρήγορα από το αναμενόμενο. Όσον αφορά στα πλοία που δραστηριοποιούνται ανά τον κόσμο, η χρήση υγρού καυσίμου θα πρέπει πάντα να παραμένει ως πιθανότητα τουλάχιστον σαν εναλλακτικό σχέδιο ή σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης χρήσης καυσίμου.»

- *Υπάρχουν εμπορικοί κίνδυνοι επιλέγοντας το LNG ως καύσιμο;*

«Το να κατασκευάσεις ένα πλοίο το οποίο να καίει LNG ως καύσιμο απαιτεί προσεκτική σκέψη. Όπως προαναφέρθηκε, σήμερα η υποδομή του εφοδιασμού LNG δεν είναι απόλυτα διαθέσιμη και ως εκ τούτου δεν τίθεται ερώτημα για το αν θα πρέπει κανείς να πάρει το ρίσκο να κατασκευάσει ένα συμβατικό πλοίο το οποίο θα χρησιμοποιεί μόνο LNG ως καύσιμο.

Οι πλοιοκτήτες σκεπτόμενοι το μέλλον συνδιαλέγονται με τα ναυπηγεία και κάνουν κάποιες προετοιμασίες ώστε τα συστήματα πρόωσης και μηχανών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα πλοία τους να μπορούν να μετασχηματιστούν έτσι ώστε να χρησιμοποιούν το LNG ως καύσιμο σε ελάχιστο χρόνο. Παρ'όλα αυτά, η επένδυση η οποία απαιτείται για να προετοιμάσεις ένα πλοίο να είναι έτοιμο να δέχεται LNG ως καύσιμο είναι τις περισσότερες φορές (εκτός κι αν έχουν ήδη τοποθετηθεί δεξαμενές LNG) ένα μικρό μέρος της συνολικής επένδυσης που απαιτείται για να κάνεις μια πλήρη μετατροπή σε "LNG ready vessel".»

- *Πώς μπορεί η απόφαση ενός πλοιοκτήτη να χρησιμοποιήσει LNG ως καύσιμο να επηρεάσει την εμπορική απόδοση ενός πλοίου;*

«Είναι μία λίγο ή πολύ θεωρητική ερώτηση για την αχανή πλειοψηφία των συμβατικών πλοίων που δραστηριοποιούνται ανά τον κόσμο. Όπως ήδη συζητήθηκε, για τα πλοία που δραστηριοποιούνται σε συγκεκριμένες περιοχές στις οποίες υπάρχουν οι υποδομές για τον εφοδιασμό φυσικού αερίου, υπάρχουν και εμπορικά πλεονεκτήματα στο να χρησιμοποιούν LNG ως καύσιμο. Θα έρθει η ώρα και για τα μεγάλα φορτηγά πλοία και τα δεξαμενόπλοια. Ποιός μπορεί να εγγυηθεί ότι η εφαρμογή του ορίου εκπομπών διοξειδίου του θείου το 2020 σε 0,5 % δε θα μειωθεί περαιτέρω; Ποιος μπορεί να μας πει αν θα υπάρξουν περισσότερες περιοχές ECA που απαιτούν την εφαρμογή ορίου εκπομπών διοξειδίου του θείου σε 0,1 % ; Η προσωπική μου άποψη είναι πως μετά από 5-7 χρόνια και για τα επόμενα 25 ή και παραπάνω το φυσικό αέριο (LNG) θα παραμείνει το κυρίαρχο καύσιμο στη ναυτιλία. Μελλοντικά, θα υπάρξουν και άλλες μορφές ενέργειας που θα αντικαταστήσουν το LNG. Υπολογίζοντας ότι η ζωή ενός πλοίου ανέρχεται σε 20-25 χρόνια θα πρέπει να σκεφτούμε από σήμερα το LNG ως καύσιμο.»

- *Πιστεύετε ότι τα εμπόδια (όπως η έλλειψη υποδομής εφοδιασμού και εφοδιαστικής αλυσίδας) θα επηρεάσουν την απόφαση ενός πλοιοκτήτη να επιλέξει LNG ως νέο καύσιμο για τα πλοία του;*

«Προφανώς και αυτό είναι που συζητήθηκε και στα προηγούμενα ερωτήματα. Η άποψη μου είναι ότι οι χώρες που παράγουν φυσικό αέριο (LNG) θα αποκτήσουν και ένα κεκτημένο ενδιαφέρον να αναπτύξουν την υποδομή εφοδιασμού-ανεφοδιασμού φυσικού αερίου (LNG). Αυτό άλλωστε θα τους βοηθήσει να εισέλθουν, να αναπτύξουν και να κυριαρχήσουν στις downstream αγορές οι οποίες είναι λίγο «αδύναμες» μέχρι σήμερα.»

- *Ποια είναι η άποψή σας στο δίλημμα μεταξύ LNG ως καύσιμο και πλυντρίδας (scrubber);*

«Θεωρώ ότι τα scrubbers ήταν μία γρήγορη λύση έτσι ώστε να συμμορφωθούν τα πλοία με τις χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίων του θείου. Το μέγεθός τους είναι τόσο μεγάλο σαν μεγάλες μηχανές πλύσης αερίου, κατασκευασμένες από υλικό ανεκτικό στη διάβρωση «πεινασμένο» να καταναλώσει ενέργεια. Μπορεί να αποτελούν λύση σε μικρότερα πλοία αλλά όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος ενός πλοίου ακολούθως και το σύστημα πρόωσής του και το σύστημα παραγωγής ενέργειας τόσο πιο δύσκολο είναι να εγκαταστήσουμε και να λειτουργήσουμε σε αυτό ένα scrubber. Τα scrubbers επιπρόσθετα αυξάνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Το να διοχετεύεις θείο σε ένα λιμάνι και σε παράκτια νερά μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα τα οποία είναι δύσκολο να προβλέψει κανείς σήμερα. Όπως προαναφέρθηκε, λαμβάνοντας υπ'όψιν πάντα το χρόνο που περνάει ένα πλοίο σε μια περιοχή ECA, η πιο προφανής λύση θα είναι να χρησιμοποιηθεί καύσιμο MGO ή ULSHFO. Τα scrubbers μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε πλοία τα οποία δραστηριοποιούνται αποκλειστικά σε τοπικές αγορές περιλαμβάνοντας πολλά πλοία τα οποία δραστηριοποιούνται σε περιοχές εντός ECA. Κατά την άποψή μου, δεν είναι λύση μακροπρόθεσμη. Το LNG ως καύσιμο θα πάρει σύντομα τη σκυτάλη.»

- *Παρουσιάστε με λίγα λόγια την εμπειρία του να χρησιμοποιείς LNG ως καύσιμο της εταιρείας Maran Gas Maritime.*

«Όπως είναι γνωστό, η Maran Gas διαχειρίζεται πλοία LNG. Ως εκ τούτου στα πλοία έχουμε φυσικό αέριο το οποίο εξαερώνεται (LNG Boil off) το οποίο αν δε χρησιμοποιήσουμε ως καύσιμο θα πρέπει με κάποιο τρόπο να το σπαταλήσουμε μέσω μιας μονάδας εσωτερικής καύσης (GCU) ή να παράγουμε ατμό ο οποίος στη συνέχεια συμπυκνώνεται χωρίς να παράγει κάποια ενέργεια. Η χρήση φυσικού αερίου ως καύσιμο βελτιώνει τις εκπομπές ενός πλοίου ενώ ταυτόχρονα είναι και πιο φιλικό προς τη χρήση τόσο για τους καυστήρες όσο και για τις μηχανές τύπου diesel εφόσον η καύση είναι πιο καθαρή. Μερικές φορές και όσο εξαρτάται από τη σύνθεση του φυσικού αερίου που έχουμε πάνω στα πλοία, αντιμετωπίζουμε δυσκολίες στο να αξιοποιήσουμε με τον καλύτερο τρόπο την καύση αλλά αυτό είναι ένα πρόβλημα το οποίο μπορούμε να διαχειριστούμε. Καταλήγοντας, πιστεύουμε ότι το φυσικό αέριο είναι ένα πολύ καλύτερο καύσιμο από το HFO ή το MGO.»

10. Επίλογος

Η επιλογή της καταλληλότερης λύσης για τη μείωση των εκπομπών του οξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα από τα πλοία είναι ένα ζήτημα που απασχολεί και θα συνεχίσει να απασχολεί τον κλάδο της ναυτιλίας επηρεάζοντας ήσσονος αλλά και ελάσσονος σημασίας μέλη της. Ωστόσο, οι πλοιοκτήτες και οι σύμβουλοι αυτών καλούνται να κάνουν μόνο υποθέσεις καθώς η αγορά των καυσίμων είναι ευμετάβλητη και η διαθεσιμότητα πλυντρίδων ή κατάλληλων καυσίμων δεν εξαρτάται μόνο από τους ίδιους.

Σύμφωνα με πρόσφατα άρθρα, η Exxonmobil πιστεύει ότι η διαθεσιμότητα των scrubbers θα είναι αμφίβολη καθώς η δυνατότητα κατασκευής τους είναι περιορισμένη. Μεταξύ πολλών εταιρειών που κατασκευάζουν scrubbers, μόνο η Alfa Laval, η Wartsila και η Clean Marine ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις και προσφέρουν περιβαλλοντολογική ασφάλεια. Το 2040 αναμένεται το 10% των απαιτήσεων της παγκόσμιας αγοράς να είναι το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), τα εναπομείναντα των αποσταγμάτων και το HFO καθώς κι ένα πολύ μικρό ποσοστό οικολογικών καυσίμων (methanol, hybrids). Αυτό συνεπάγεται ότι τα scrubbers θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να μειώσουν το κόστος του HFO. Άλλωστε, η Exxonmobil δήλωσε πως θα υπογράψει συμβόλαια μακράς διάρκειας (8-10 χρόνων) για την προμήθεια 3,5% sulphur HFO και μπορεί μάλιστα να βοηθήσει με τον διακανονισμό αγοράς και εγκατάστασης scrubbers, πετυχαίνοντας οικονομίες κλίμακας. Όσο για την επιλογή καυσίμου κλίνουν προς το LNG σκοπεύοντας μάλιστα να επενδύσουν και στην υποδομή εφοδιασμού του. Αυτό είναι όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω μια έξυπνη σκέψη-λύση μεγάλων εταιρειών που έχουν και τη δυνατότητα να το πραγματοποιήσουν με τη λογική πως ότι δε μπορείς να το βρεις στην αγορά, το δημιουργείς μόνος σου εφόσον έχεις τη δύναμη.

Καταλήγοντας, όπως φάνηκε και από το παράδειγμα εφαρμογής scrubbers σε δύο VLCCs, τα scrubbers φαίνεται να αποτελούν την οικονομικότερη και πρακτικότερη λύση, παίρνοντας ως δεδομένη την τιμή του καυσίμου που εξασφαλίζεται με μακροχρόνιο συμβόλαιο μεταξύ εταιρείας και προμηθευτή. Ωστόσο, η εγκατάστασή τους μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε πλοία που είναι νέα (newbuilding vessels) ή σε πλοία που έχουν κατασκευαστεί ως Scrubber Ready, είναι δηλαδή έτοιμα κάποια στιγμή να δεχθούν την εγκατάσταση scrubber, έχουν τον προαπαιτούμενο χώρο, την υποδομή.

Παραπομπές

Andreoni, V., Miola, A., & Perujo, A. (2008). Cost effectiveness analysis of the emission abatement in the shipping sector. European Commission Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability.

Buhaug, O. J., Corbett, O., Endresen, V., Eyring, J., Faber, S., Hanayama, D. S., και συν. (2009). Updated study on greenhouse gas emissions from ships: phase I report. London: IMO.

Draffin, N. (2013). An introduction to LNG bunkering (1st εκδ.). England: Petrosport Limited.

Enresen, O., Sogard, E., Begrens, H. L., Brett, P. O., & Isaksen, I. S. (2007). A historical reconstruction of ships fuel consumption and emissions. Journal of Geophysical Research , 112.

Harmon, H.,(2002), The Dawn of New Golden Age for LNG, IAEE Houston Meeting, February

Foss, M. M., (2012), An overview on liquefied natural gas (LNG), its properties, the LNG industry, and safety considerations, Center for Energy Economics, Bureau of Economic Geology, available at: <http://www.beg.utexas.edu/energyecon/INTRODUCTION%20TO%20LNG%20Update%202012.pdf>

Ferreiro, J. (n.d.). LinkedIn. Ανάκτηση 6 27, 2017, από LNG fuelled vessels - A history of firsts: https://www.linkedin.com/pulse/lng-fueled-vessels-history-firsts-jorge-ferreiro?trk=pulse-det-nav_art

Green4Sea. (2015, 2 27). Ανάκτηση από <http://www.green4sea.com/steamship-club-advice-low-sulphur-change-operations/>

Hart, G. (n.d.). LNG marine perspectives. Ανάκτηση 6 27, 2017, από <http://bv.com/Home/news/solutions/Expert>

<http://bv.com/Home/news/solutions/Expert>
<http://bv.com/Home/news/solutions/Expert> <http://bv.com>, τελευταία πρόσβαση 4-6-2017

http://de.amiando.com/eventResources/x/5/fkci4mMIG5FnUk/Cool_ironing_-_A_new_environmental_friendly_solution_for_powering_ships_and_berth.pdf Cold Ironing in Venice, V.T.P. Engineering, τελευταία πρόσβαση 4-6-2017

http://www.shipandoffshore.net/fileadmin/user_upload/pdf/www.shipandoffshore.net-issue1-2011.pdf, τελευταία πρόσβαση 14-6-2017

Henriksson, Torb, Jorn, (2010), "SOx scrubbing of marine exhaust gases", Wartsila technical Journal

IMO. (2016). IMO regulatory updates:MEPC70 - major decisions and resolutions. London: IMO.

IMO. (2009). Liaison with the secretariats of UNFCCC and IPCC concerning the carbon to CO2 conversion factor doc (MEPC 58/4/3). London: IMO.

IMO. (n.d.). MARPOL ANNEX VI. Ανάκτηση 6 27, 2017, από <http://www.imo.org/en/OurWork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/air-pollution.aspx>

IPCC. (2007). Climate change 2007: the physical science basis. Στο S. D. Solomon, M. Qin, Z. Manning, M. Chen, K. B. Marquis, M. Averyt, και συν., Working group I: Fourth assessment report. Cambridge.

Marpol Annex VI Sulphur Regs Current Status, John Aitken, SEA at Platts European Bunker Fuel Conference, Barcelona Nov 201

Liang, L. H. (2017, 3 22). Seatrade Maritime News. Ανάκτηση από <http://www.seatrade-maritime.com/news/asia/gas-oil-low-sulphur-hybrid-fuels-scrubbers-methanol-lng-which-ones-will-shipping-choose-by-2020.html>

Lloyds. (n.d.). Lloyds List. Ανάκτηση 6 27, 2017, από CMA 2015: LNG-Fuelled future for shipping presents risks and opportunities: <https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/?redirecturl=459323>

Psaraftis, H. N., & Kontovas, C. A. (2008). *Ship Emissions Study*. Athens: National Technical University of Athens.

Psaraftis, H., N. (2010), *Green Logistics for Surface Intermodal Transport*, Laboratory for Maritime Transport, National Technical University of Athens Greece.

Zhang, F and Yu, X. M. (2009)"LNG Cold Energy Recovery and Power Generation," *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*, Wuhan, pp. 1-3.

www.mol.co.jp/pr-e/2011/e-pr_1145.html, τελευταία πρόσβαση 19/6/2017

Τσώλη, Θ. (2011, 09 21). TO ΒΗΜΑ science. Ανάκτηση από <http://www.tovima.gr/science/technology-planet/article/?aid=421019>