



Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών – Τμήμα Μηχανολογίας

Πτυχιακή Εργασία

**Εκπομπές ρύπων και Διοξειδίου του Άνθρακα
(CO₂): Ανάπτυξη μεθόδων για μια «πράσινη»
ναυτιλία**

Φοιτητής: Ευθυμίου Στέφανος – ΤΜ 6326
Επιβλέπων καθηγητής: Ευάγγελος Τζιράκης

Ηράκλειο 2020-2021



1. Στοιχεία Φοιτητή

Φοιτητής (Πλήρες Ονοματεπώνυμο)	Αριθμός Μητρώου	Ηλεκτρονική Διεύθυνση	Κινητό / Σταθερό Τηλέφωνο
ΕΥΘΥΜΙΟΥ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	TM6326	stfanosefthimiou@hotmail.gr	-

2. Στοιχεία επιβλέποντα καθηγητή

Υπεύθυνος καθηγητής: Δρ. Ευάγγελος Τζιράκης (vtzirakis@hmu.gr)





Περιεχόμενα

1. Στοιχεία Φοιτητή.....	ii
2. Στοιχεία επιβλέποντα καθηγητή	ii
Περιεχόμενα.....	1
Περιεχόμενα εικόνων.....	2
Πρόλογος.....	3
Abstract	4
1. Εισαγωγή.....	5
2. Σκοπός πτυχιακής εργασίας.....	7
3. Τα ενεργειακά αποτυπώματα των πλοίων και διεθνή νομοθεσίες.....	8
4. Εκπομπές ρύπων πλοίων και επιβάρυνση του περιβάλλοντος.....	12
4.1 Εκπομπές από πετρελαιοκινητήρες.....	13
4.2 Εκπομπές από κινητήρες φυσικού αερίου LNG.....	17
5. Διεθνή πρότυπα και περιβαλλοντικοί κανονισμοί.....	19
5.1 Προδιαγραφές εισερχόμενων πλοίων σε ευρωπαϊκά λιμάνια.....	20
5.2 Προδιαγραφές εισερχόμενων πλοίων σε λιμάνια εκτός ευρωπαϊκής ζώνης.....	26
6. Διερεύνηση και ανάλυση εγκατάστασης νέων συστημάτων και μηχανών εσωτερικής καύσεως.....	29
6.1 Σύστημα Scrubber.....	29
6.2 Τύποι συστημάτων scrubber.....	31
6.2.1 Wet Scrubbing.....	31
6.2.2 Dry Scrubbing.....	33
6.2.3 Απορροφητές.....	35
6.2.4 Διαχείριση αποβλήτων.....	36
6.3 Μηχανές φυσικού αερίου LNG.....	36
6.4 Υβριδική τεχνολογία στα πλοία.....	37
6.5 Αιολική – Ηλιακή ενέργεια στα πλοία.....	38
6.5.1 Ηλιακή ενέργεια.....	38
6.5.2 Αιολική ενέργεια.....	39
7. Λειτουργικά κόστη των πλοίων σύμφωνα με τη ποιότητα καυσίμου σε συστήματα Scrubber και LNG μηχανών.....	45
7.1 Οικονομικά στοιχεία συστημάτων Scrubber.....	47
7.2 Προμήθεια και καύση LNG καυσίμου.....	51
7.2.1 Η περίπτωση του Ευρωπαϊκού Σχεδίου Poseidon Med.....	52
8. Συμπεράσματα και προτάσεις μελλοντικών βελτιώσεων στα πλοία.....	56
Βιβλιογραφία.....	57
Πληροφορίες εγγράφου.....	58



Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1.1: Δείγμα εφαρμογής της αιολικής ενέργειας σε εμπορικό πλοίο (πηγή: e-mc2.gr).....	5
Εικόνα 3.1: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά εφαρμογή (πηγή: essd.copernicus.org)	8
Εικόνα 3.2: Παραδείγματα ποσοστού εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά κατηγορία πλοίου (πηγή: essd.copernicus.org).....	9
Εικόνα 3.3: Εικόνα από αρχείο, πλοίο με slow steaming ως πρώτη προσέγγιση πράσινης ενέργειας στα πλοία (πηγή: [1]).....	11
Εικόνα 4.1: Ενδεικτική φωτογραφία πετρελαιοκινητήρα (πηγή: bcfocus.com)	13
Εικόνα 4.2: Ενδεικτική φωτογραφία συστήματος SCR (πηγή: bcfocus.com).....	14
Εικόνα 4.3: Εικόνα από αρχείο, πλοίο με υψηλή εκπομπή μαύρου άνθρακα.....	15
Εικόνα 4.4: Είσοδος και έξοδος μιας ναυτιλιακής μηχανής (Δεδομένα για τις ποσότητες αέρα, καυσίμου, λιπαντικού, τη σύνθεση του καυσίμου και του λαδιού και τη σύσταση των καυσαερίων από Man & Diesel, 2004.....	16
Εικόνα 4.5: Εικόνα από ένα τυπικό σύστημα LNG (Πηγή: zeppelin.com).....	17
Εικόνα 5.1: Εικόνα από τον κανονισμό ελέγχου πλοίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (πηγή: βιβλίο οδηγιών ΕΕ MRV)	19
Εικόνα 5.2: Τα αναφερόμενα βήματα ελέγχου πλοίων σε Ευρωπαϊκά λιμάνια (πηγή: βιβλίο οδηγιών ΕΕ MRV)..	20
Εικόνα 5.3: Βασικά θετικά χαρακτηριστικά του νέου Ευρωπαϊκού κανονισμού (πηγή: βιβλίο οδηγιών ΕΕ MRV)..	22
Εικόνα 5.4: Εικόνα από τον Ευρωπαϊκό κανονισμό εκπομπών ρύπων που αναφέρει τον τύπο πλοίου με τις μεγαλύτερες εκπομπές (πηγή: βιβλίο οδηγιών ΕΕ MRV)	24
Εικόνα 5.5: Βήματα και προτάσεις για τη μείωση των ρύπων διεθνώς στη ναυτιλία (πηγή: imoarcticsummit.org)	26
Εικόνα 5.6: Στάδια εξέλιξης κανονισμών σε παγκόσμιο επίπεδο και Ευρωπαϊκό (πηγή: βιβλίο οδηγιών ΕΕ MRV)	27
Εικόνα 5.7: Τα στάδια ανάπτυξης και εφαρμογής του SEEMP, εικόνα από αρχείο	28
Εικόνα 6.1: Πλήρες σύστημα πλυντρίδας σε πραγματική κλίμακα και διαστάσεις (πηγή: www.mrc.org.ua).....	30
Εικόνα 6.2: Πλήρες σύστημα πλυντρίδας σε κλίμακα (πηγή: www.mrc.org.ua)	31
Εικόνα 6.3: Πλήρες σύστημα πλυντρίδας υγρού τύπου (πηγή: energyeducation.ca)	32
Εικόνα 6.4: Πλήρες σύστημα πλυντρίδας ξηρού τύπου	34
Εικόνα 6.5: Πλήρες σύστημα πλυντρίδας με απορροφητές χημικών	35
Εικόνα 6.6: Πλοίο ecofriendly με κινητήρα υβριδικής τεχνολογίας της Wartsila	38
Εικόνα 6.7: Σχεδιασμός και αρχή λειτουργίας πλοίου κινούμενου με αιολική ενέργεια	40
Εικόνα 6.8: Πλοίο κινούμενο αποκλειστικά με ηλεκτρικό κινητήρα τροφοδοτούμενο από αιολική ενέργεια (concept)	41
Εικόνα 6.9: Πρώτες προσπάθειες εφαρμογής της αιολικής ενέργειας σε πλοίο	41
Εικόνα 6.10: Σχεδιασμός και ανάλυση συστημάτων ώθησης πλοίων με αιολική ενέργεια	42
Εικόνα 6.11: Πλοίο κινούμενο με τεχνολογία Magnus / Flettner Rottor	43
Εικόνα 6.12: Το πρώτο πλοίο κινούμενο με τεχνολογία Magnus / Flettner Rottor	43
Εικόνα 6.13: Conceptual design υβριδικού πλοίου που συνδυάζει όλες τις τεχνολογίες που προαναφέρθηκαν..	44
Εικόνα 6.14: Πλοίο σχεδιασμένο με πανιά, κατοχυρωμένα με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας.....	44
Εικόνα 7.1: Πίνακας με οικονομικά δεδομένα τοποθέτησης συστημάτων scrubber σε νέα και παλαιά πλοία	45
Εικόνα 7.2: Διάγραμμα κόστους κύκλου ζωής κατά iso 2008.....	46
Εικόνα 7.3: Closed Loop FWS System	47
Εικόνα 7.4: Open Loop SWS System	48
Εικόνα 7.5: Χρόνοι οικονομικής απόσβεσης συστημάτων	49
Εικόνα 7.6: Οικονομικά στοιχεία scrubber ανά τύπο πλοίου και εγκατεστημένης ισχύος.....	50
Εικόνα 7.7: Οικονομικά στοιχεία απόσβεσης συστημάτων scrubber ανά μήνα και ανά ισχύ μηχανής	51
Εικόνα 7.8: Η πρόοδος του σχεδίου Poseidon Med 2	53
Εικόνα 7.9: Γράφημα προόδου του LNG καυσίμου το 2020	54
Εικόνα 7.10: Γράφημα τιμών εκπομπών καυσαερίων για κάθε χώρα που παράγει καύσιμο LNG.....	55



Πρόλογος

Η ναυτιλία συμβάλλει σημαντικά στις παγκόσμιες εκπομπές άνθρακα. Ο τομέας της ναυτιλίας σήμερα είναι υπεύθυνος για το 3% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και το 9% των εκπομπών που σχετίζονται με τις μεταφορές και αυτός ο αριθμός θα αυξηθεί σημαντικά καθώς αυξάνεται ο όγκος των συναλλαγών. Εάν δεν ληφθούν μέτρα μετριασμού των ρυπάνσεων, οι θαλάσσιες εκπομπές θα μπορούσαν να αυξηθούν μεταξύ 50 και 250 τοις εκατό έως το 2050, λέει ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΔΝΟ).

Με βαρύ καύσιμο (μαζούτ) που καλύπτει το 82 τοις εκατό των ενεργειακών αναγκών του κλάδου, η απο-ανθρακοποίηση της παγκόσμιας ναυτιλίας θα διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στην επίτευξη των κλιματικών στόχων, σύμφωνα με νέα έκθεση του Διεθνούς Οργανισμού Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA). Η πλοήγηση σε ένα ανανεώσιμο μέλλον διερευνά τον αντίκτυπο της θαλάσσιας ναυτιλίας στις εκπομπές CO₂, τη δομή της ναυτιλίας και τους βασικούς τομείς που πρέπει να αντιμετωπιστούν για τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα του κλάδου.

Η πτυχιακή αυτή διερευνά και αναλύει τους τρόπους και τη τεχνολογία με την οποία η ναυτιλία μπορεί να γίνει πιο οικολογική, μειώνοντας σημαντικά τις εκπομπές ρύπων στο περιβάλλον. Από την αξιοποίηση της αιολικής, ηλιακής ενέργειας μέχρι και την ανάπτυξη και εφαρμογή ειδικών συστημάτων scrubber, για τη μείωση των ρύπων από όλων των τύπων τα πλοία.



Abstract

Shipping is a major contributor to global carbon emissions. The sector today is responsible for 3 per cent of global greenhouse gas emissions and 9 per cent of transport related emissions and this figure will rise significantly as trade volumes increase. If no mitigation action is taken, maritime emissions could grow between 50 and 250 per cent by 2050, the International Maritime Organization (IMO) says.

With heavy fuel oil covering 82 per cent of the sector's energy needs, decarbonizing global shipping will play a critical role in achieving climate objectives, a new report by the International Renewable Energy Agency (IRENA) finds. Navigating a way to a renewable future explores the impact of maritime shipping on CO₂ emissions, the structure of shipping and key areas that need to be addressed to reduce the sector's carbon footprint.

This dissertation explores and analyzes the ways and technology by which shipping can be made more environmentally friendly, significantly reducing emissions into the environment. From the utilization of wind, solar energy to the development and implementation of special scrubber systems, to reduce pollution from all types of ships.



1. Εισαγωγή

Η ναυτιλία αποτελεί από αρχαιοτάτων χρόνων, τον μεγαλύτερο παράγοντα μεταφοράς προϊόντων (υλικών και αγαθών) από μέρος σε μέρος, από πολιτισμό σε πολιτισμό, διασχίζοντας ωκεανούς και θάλασσες συμβάλλοντας έτσι στην ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορίου και της παγκόσμιας οικονομίας.

Γύρο όμως από αυτή, έχουν αναπτυχθεί οργανισμοί παγκόσμιας εμβέλειας που σαν στόχο έχουν την τήρηση ορισμένων κανόνων προστασίας του περιβάλλοντος καθώς και του ανθρώπου που εργάζεται πάνω στο πλοίο, αλλά και των ανθρώπων που ζουν και αναπτύσσονται σε περιοχές όπου εδρεύει και δραστηριοποιείται το 90% του παγκόσμιου στόλου.

Η ταχύτατη ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορικού στόλου ειδικά από τα τέλη του 19ου αιώνα μέχρι και σήμερα, πρόσθεσε έναν μεγάλο αριθμό πλοίων επιβατηγών αλλά και πλοίων με φορτίο γενικού ενδιαφέροντος. Η συνέπεια όλης αυτής της αναγέννησης του στόλου επιβαρύνει σημαντικά την ποιότητα του περιβάλλοντος στο οποίο ζούμε, καθώς η χρήση των μηχανών diesel εσωτερικής καύσεως μπορεί να αποτελεί μια τεχνολογική επανάσταση, αλλά αποτελεί και αιτία ασθενειών ειδικά σε περιοχές που ελλιμενίζονται μεγάλα, ακόμα και μικρά πλοία.

Παρατηρείται μια συνεχής τάση εξέλιξης και βελτίωσης της ποιότητας ζωής του ανθρώπου ειδικά τα τελευταία έτη που επηρεάζεται από όλα τα παραπάνω. Τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και μη, είναι υποχρεωμένα να ακολουθούν την εξέλιξη αυτή και να υποχρεώνουν τον στόλο τους να εναρμονίζεται με τις νέες τεχνολογικές εφαρμογές.



Εικόνα 1.1: Δείγμα εφαρμογής της αιολικής ενέργειας σε εμπορικό πλοίο (πηγή: e-mc2.gr)



Αυτές οι νέες τεχνολογικές εφαρμογές προκύπτουν από κλάδους που ασχολούνται κυρίως με την επιστήμη της μηχανολογίας και της μηχανικής, και στην συνέχεια παρουσιάζονται και καθιερώνονται από οργανισμούς όπως ο I.M.O (International Maritime Organization) που παρουσιάζεται παρακάτω.

Σε αυτή την πτυχιακή λοιπόν, παρουσιάζονται με λεπτομερή αναφορά η επίδραση αυτών των οργανισμών πάνω στην παγκόσμια αλλά και εγχώρια ναυτιλία, αναφέροντας όμως πρώτα κάποια βασικά στοιχεία πάνω στην ίδρυσή τους, καθώς είναι βασικό να κατανοηθεί το πώς καταφέρνουν να έχουν επιρροή απάνω στο κομμάτι της προστασίας της θάλασσας από αυτή την οικονομική δραστηριότητα που τόσο έχει ανάγκη ο πλανήτης.

Γίνεται έρευνα και μελέτη των ταχέων εξελίξεων στην ναυτιλία, από την θέσπιση νέων διεθνούς εμβέλειας κανονισμών για την προστασία του περιβάλλοντος, από τους εκλυόμενους ρύπους που παράγονται από την μηχανική δραστηριότητα του πλοίου.

Έρευνα και αναφορά γίνεται και στην νέα εφαρμογή του κανονισμού I.M.O για τα συστήματα scrubber που έχουν αρχίσει να εγκαθίστανται στα μηχανοστάσια των πλοίων, ενώ δεν μπορεί να λείπει και η αναφορά στην νέα τεχνολογία μηχανών εσωτερικής καύσεως L.N.G (Liquid Natural Gas) που αρχίζει να κερδίζει έδαφος ως πιο οικονομικό και φιλικό καύσιμο για το περιβάλλον και για τις εταιρείες.

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται επίσης αναφορά στην ισχύουσα νομοθεσία παγκοσμίως, στη παρουσίαση στατιστικών στοιχείων όσο αναφορά την δραστηριότητα των πλοίων, και το ενεργειακό αποτύπωμά τους, με τελευταίο την καταγραφή οικονομικών στοιχείων για τα καύσιμα νέου τύπου και το πώς αυτά επηρεάζουν το λειτουργικό κόστος των πλοίων.



2. Σκοπός πτυχιακής εργασίας

Σκοπός λοιπόν της συγκεκριμένης πτυχιακής είναι να παρουσιαστεί η σημερινή καταγραφή των προβλημάτων που προκύπτουν από της δραστηριότητες της θαλάσσιας μεταφοράς φορτίων παντός τύπου σε όλο τον πλανήτη ,καθώς και σε ποια κατεύθυνση κινείται ο κλάδος της μηχανολογίας για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων πάνω σε πλοία αλλά και σε εγκαταστάσεις που σχετίζονται με την λειτουργία αυτών σε στεριά και θάλασσα.

Τι είδους νέες τεχνολογίες έχουν σχεδιαστεί και λειτουργούν η θα λειτουργήσουν στο άμεσο μέλλον προκειμένου να εφαρμοστούν η νέες νομοθεσίες που συνεχώς προκύπτουν η μεταβάλλονται για τη δημιουργία ενός καλύτερου και πιο στενευμένου τρόπου προσέγγισης του θέματος που απασχολεί ολόκληρο τον κλάδο μεταφορών.

Ο κόσμος χρειάζεται πιο πράσινη ενέργεια. Απομένουν μόνο 11 χρόνια για την εφαρμογή λύσεων για την αποτροπή μη αναστρέψιμων ζημιών από την κλιματική αλλαγή και σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη, είναι επιτακτική ανάγκη κάθε βιομηχανία να αναγνωρίσει αυτήν την απειλή και να λάβει γρήγορα τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλίσει ότι οι δραστηριότητές της θα είναι καθαρότερες και βιώσιμες.

Ωστόσο, ένας από τους πιο αργούς τομείς για την υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η ναυτιλιακή βιομηχανία. Η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι ένας από τους χειρότερους ρυπαντές στον κόσμο. Η κυκλοφορία φορτηγών πλοίων αντιπροσωπεύει το επτά τοις εκατό των εταιρικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και οι εκπομπές από 15 πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων ισούται με εκείνες όλων των αυτοκινήτων στον κόσμο. Η ναυτιλία είναι ένας από τους λίγους τομείς που συνδέουν τους υπόλοιπους. Η προσέγγισή της είναι σχεδόν πανταχού παρούσα στα οικονομικά και ασκεί άμεση επιρροή σε άλλους.

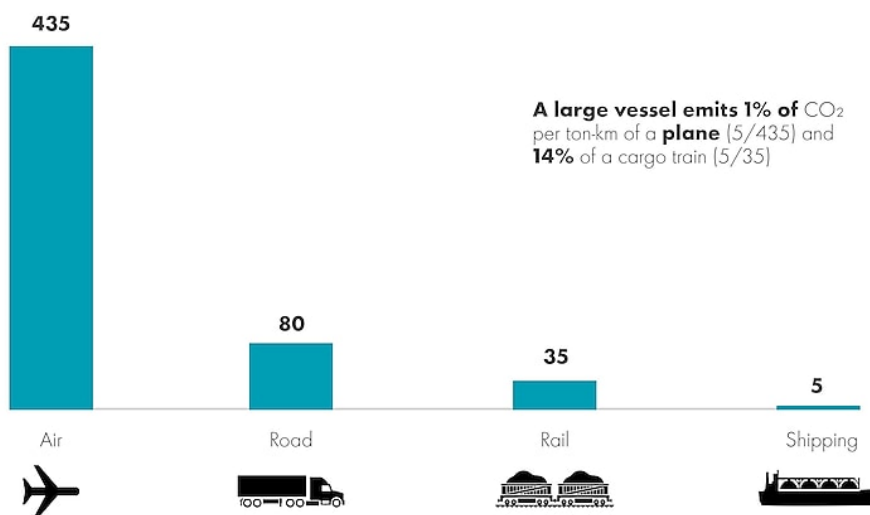


3. Τα ενεργειακά αποτυπώματα των πλοίων και διεθνή νομοθεσίες

Με τους τρέχοντες ρυθμούς ανάπτυξης, η ναυτιλία θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει περίπου το 10% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου έως το 2050. Η τρίτη μελέτη GHG του IMO (2014) υπολόγισε ότι για την περίοδο 2007-2015, η ναυτιλία εκπέμπει περίπου 1.000 Mt CO₂ ετησίως, που ισοδυναμεί με περίπου 3,1% των ετήσιων παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Η τελευταία ενημέρωση της μελέτης της CE Delft προβλέπει ότι οι εκπομπές θα αυξηθούν έως και 120% έως το 2050, εάν άλλοι τομείς από-ανθρακοποιηθούν με επιτυχία.

Σύμφωνα με ένα σενάριο εάν άλλοι τομείς της οικονομίας μειώσουν τις εκπομπές για να διατηρήσουν την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας κάτω από 2 βαθμούς Κελσίου, η ναυτιλία θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει περίπου το 10% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2050.

Emissions by Mode of Transport
g CO₂/ton-km^{1,2,3}



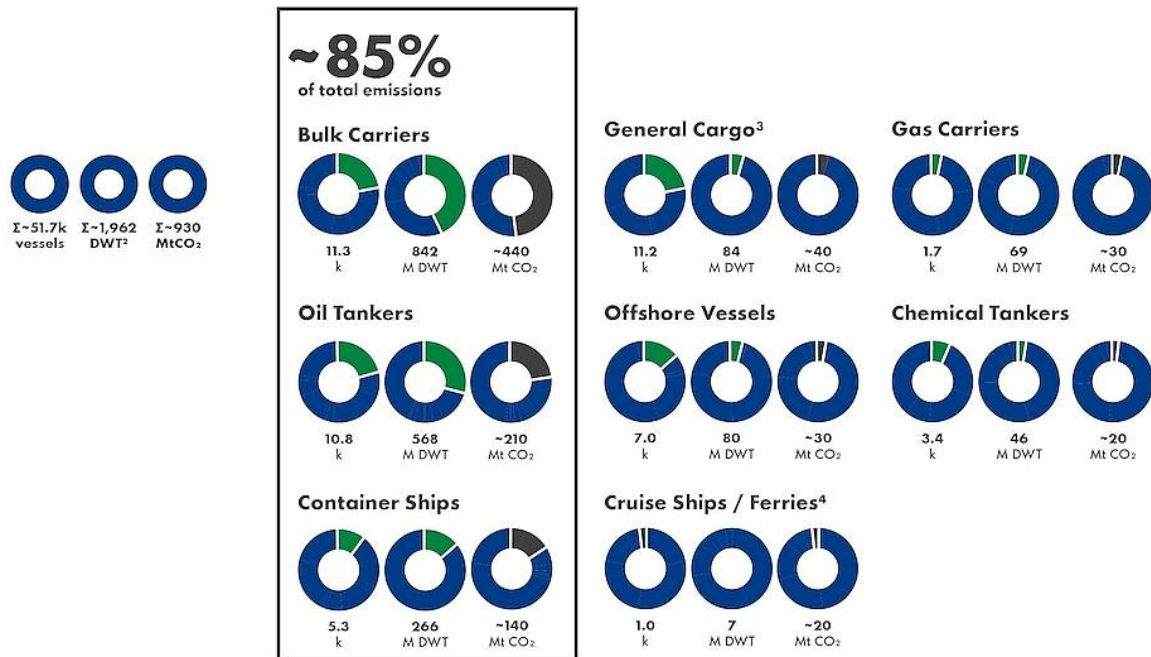
Εικόνα 3.1: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά εφαρμογή (πηγή: essd.copernicus.org)

Η ναυτιλία συμβάλλει επίσης στην κλιματική αλλαγή μέσω των εκπομπών Black Carbon, μικροσκοπικών μαύρων σωματιδίων, που παράγονται από την καύση καυσίμων πλοίων. Οι μεγαλύτερες ποσότητες σωματιδίων μαύρου άνθρακα παράγονται από πλοία που καίνε βαρύ μαζούτ. Αναγκαίο όμως λοιπόν είναι να ορισθούν και η δύο βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν το περιβάλλον μέσω της ναυτιλίας:

Διοξείδιο το άνθρακα: Αποτελεί ένα προϊόν που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων, όπου μέσω της υπέρυθρης ακτινοβολίας που υπάρχει στην γη, παγιδεύει την θερμότητα και αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, σχετίζοντάς το άμεσα με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Περιέχει 27,3 % w/w άνθρακα και 72,7 % w/w οξυγόνο, και αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου ενωμένα με ομοιοπολικό δεσμό.



Μαύρος άνθρακας: Αναφέρεται και ως αιθάλη, είναι προϊόν ατελούς καύσεως ορυκτών καυσίμων, βιοκαυσίμων ή βιομάζας. Συμβάλει πολύ περισσότερο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και της αύξησης της θερμοκρασίας. Απορροφά περισσότερο την ηλιακή ακτινοβολία αλλά έχει μικρότερη διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα σε σχέση με το CO₂ (διοξείδιο του άνθρακα). Το χρώμα του είναι σκούρο μαύρο από όπου προκύπτει και το όνομά του.



Εικόνα 3.2: Παραδείγματα ποσοστού εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά κατηγορία πλοίου (πηγή: essd.copernicus.org)

Ο μαύρος άνθρακας αντιπροσωπεύει το 21% των ισοδύναμων εκπομπών CO₂ από τα πλοία, καθιστώντας το, το δεύτερο σημαντικότερο μοχλό των κλιματικών επιπτώσεων της ναυτιλίας μετά το διοξείδιο του άνθρακα. Επί του παρόντος δεν υπάρχουν κανονισμοί που να ελέγχουν τις εκπομπές μαύρου άνθρακα από τη ναυτιλία.

Μέχρι να οριστικοποιηθεί η συμφωνία του Παρισιού στα τέλη του 2015, η κυριότερη ισχύουσα συμφωνία για το κλίμα ήταν το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο ανέθεσε στις αναπτυγμένες χώρες να εργαστούν μέσω του ΔΝΟ για τη μείωση των εκπομπών. Η συμφωνία του Παρισιού είναι διαφορετική. Σε αντίθεση με το Κιότο, το οποίο είχε συγκεκριμένους στόχους εκπομπών μόνο για ανεπτυγμένες χώρες, η συμφωνία του Παρισιού απαιτεί από όλα τα συμβαλλόμενα μέρη να αντιμετωπίσουν όλες τις εκπομπές. Τα συμβαλλόμενα μέρη πρέπει να καθορίσουν στόχους μείωσης των εκπομπών σε επίπεδο οικονομίας και η ναυτιλία είναι σαφώς βασικό μέρος της οικονομίας.

Τον Απρίλιο του 2018, ο ΔΝΟ συμφώνησε σε ένα σχέδιο στρατηγικής για τα αέρια του θερμοκηπίου για τη ναυτιλία, απαιτώντας από τον ναυτιλιακό τομέα να μειώσει τις εκπομπές του κατά τουλάχιστον 50% έως το 2050 σε σύγκριση με το 2008, ενώ συνεχίζει τις προσπάθειές του για την κατάργησή τους το συντομότερο δυνατό. Συμφωνήθηκε ότι η ένταση του άνθρακα της διεθνούς ναυτιλίας θα πρέπει να μειωθεί με τη μείωση των εκπομπών CO₂ ανά μεταφορική



εργασία, ως μέσος όρος στις διεθνείς μεταφορές, κατά τουλάχιστον 40% έως το 2030, συνεχίζοντας προσπάθειες προς το 70% έως το 2050, σε σύγκριση με το 2008.

Αυτό πρέπει να επιτευχθεί με ένα συμφωνημένο σύνολο βραχυπρόθεσμων, μεσαίων και μακροπρόθεσμων μέτρων τα οποία αποτελούν αντικείμενο συνεχιζόμενων διαπραγματεύσεων. Τα υποψήφια βραχυπρόθεσμα μέτρα, περιλαμβάνουν την ενίσχυση των απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για υπάρχοντα πλοία (EEDI), την ταχύτητα και άλλα τεχνικά και επιχειρησιακά μέτρα.

Η CE Delft ανέλυσε τον αντίκτυπο των προτεινόμενων βραχυπρόθεσμων μέτρων στις εκπομπές και καταλήγει στο συμπέρασμα ότι μόνο με μέτρα που αλλάζουν τις επιχειρησιακές πρακτικές (για παράδειγμα, την ταχύτητα του σκάφους) μπορεί να επιτευχθεί ο στόχος του 2030. Από μόνα τους, τεχνικά μέτρα ή μέτρα που εξαλείφουν τα εμπόδια στην αγορά δεν θα βελτιώσουν επαρκώς την εκπομπή του άνθρακα για να επιτύχουν τον παγκόσμιο στόχο μείωσης της ενεργειακής έντασης του της ναυτιλίας κατά 40% έως το 2030.

Παρά τα σχέδια αυτά και τους πολλούς διαδοχικούς γύρους διαπραγματεύσεων, ο ΔΝΟ μέχρι στιγμής απέτυχε να λάβει μέτρα μείωσης για να θέσει τον ναυτιλιακό τομέα σε μια πορεία συμβατή με τους στόχους θερμοκρασίας της συμφωνίας του Παρισιού.

Ο Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI) του IMO, που εγκρίθηκε τον Ιούλιο του 2011, είναι το πρώτο παγκοσμίως δεσμευτικό πρότυπο σχεδιασμού που αποσκοπεί στη μείωση της αλλαγής του κλίματος από τη ναυτιλία. Ισχύει για (σχεδόν) όλα τα νέα πλοία και τέθηκε σε ισχύ το 2013. Ο δείκτης απαιτεί τα νέα πλοία να γίνουν πιο ενεργειακά αποδοτικά, με πρότυπα που θα γίνονται όλο και πιο αυστηρά με την πάροδο του χρόνου. Διαβάστε τις ερωτήσεις και τις απαντήσεις μας στο EEDI του IMO [1].

Διαφορετικές κατηγορίες και μεγέθη πλοίων θα έχουν διαφορετικά πρότυπα που πρέπει να πληρούν. Τα πρότυπα συγκρίνονται με τη βασική γραμμή, που ορίζεται ως η μέση απόδοση των πλοίων που κατασκευάστηκαν μεταξύ 1999-2009.

- Φάση I: συνολικός στόχος βελτίωσης 10% στην ενεργειακή απόδοση των πλοίων ισχύει για νέα πλοία που κατασκευάστηκαν μεταξύ 2015 και 2019.
- Φάση II: τα πλοία που κατασκευάστηκαν μεταξύ 2020 και 2024 θα πρέπει να βελτιώσουν την ενεργειακή τους απόδοση κατά 15 και 20%, ανάλογα με τον τύπο του πλοίου.
- Φάση III: Τα πλοία που παραδίδονται μετά το 2025 θα πρέπει να είναι 30% πιο αποτελεσματικά.
- Τα μικρότερα πλοία έχουν διαφορετικές απαιτήσεις απόδοσης για κάθε φάση.

Ωστόσο, από το 2013, η σχεδιαστική απόδοση των πλοίων έχει βελτιωθεί σημαντικά. Η βιομηχανία ισχυρίζεται ότι οφείλεται στον EEDI, αλλά αυτό δεν μπορεί να εξηγήσει μερικά από τα εξαιρετικά επίπεδα υπερβολικής συμμόρφωσης που παρατηρούνται από ορισμένους τύπους νέων πλοίων με τις απαιτήσεις EEDI της φάσης III του 2025, τα οποία πληρούν σχεδόν μια δεκαετία νωρίτερα και μερικές φορές από έναν παράγοντα από 2.

Οι κυκλικές υψηλότερες τιμές καυσίμων και οι χαμηλοί ναύλοι είναι πιο πιθανό να είναι οι κύριοι παράγοντες αποδοτικότητας. Παρόλο που η τρέχουσα υπερβολική συμμόρφωση είναι ευπρόσδεκτη είδηση, χωρίς την ενίσχυση του EEDI, τα νέα πλοία πιθανότατα θα είναι λιγότερο



αποτελεσματικά όταν αλλάξουν οι συνθήκες της αγοράς (μακροπρόθεσμες τιμές καυσίμων και τιμές ναύλων).

Η συζήτηση του IMO αναγνώρισε ότι το EEDI δεν ενθαρρύνει την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών, ούτε οδηγεί σε βελτιώσεις της αποδοτικότητας. Διαβάστε τη μελέτη εδώ. Από το 2013 τα νεότερα πλοία που υπόκεινται στον EEDI έχουν αποδώσει σχεδόν τα ίδια με αυτά που δεν καλύπτονται από τον κανονισμό [1].



Εικόνα 3.3: Εικόνα από αρχείο, πλοίο με *slow steaming* ως πρώτη προσέγγιση πράσινης ενέργειας στα πλοία (πηγή: [1])

Σχεδόν τα τρία τέταρτα (71%) όλων των νέων πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, που εκπέμπουν περίπου το ένα τέταρτο των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ πλοίων, συμμορφώνονται ήδη με τις απαιτήσεις μετά το 2025 του Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI) του ΔΝΟ, σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη που βασίστηκε σε την εσωτερική ανάλυση των δεδομένων του IMO.

Επιπλέον, το καλύτερο 10% των νέων πλοίων εμπορευματοκιβωτίων (container ships), είναι ήδη σχεδόν διπλάσιο από την απαίτηση για 10 χρόνια. Αυτό αποκαλύπτει ότι το EEDI δεν ενθαρρύνει την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών - το μόνο που μπορεί να κάνει είναι να αποτρέψει την επιστροφή στα χειρότερα σχέδια του παρελθόντος. Αυτά τα πρόσφατα κέρδη απόδοσης είναι μέρος μιας αναγνωρισμένης ιστορικής τάσης με την απόδοση του σχεδιασμού πλοίων να κυμαίνεται σύμφωνα με τους οικονομικούς κύκλους και τις τιμές των καυσίμων.



4. Εκπομπές ρύπων πλοίων και επιβάρυνση του περιβάλλοντος

Οι εκπομπές ρύπων των πλοίων σε λιμάνια είναι σημαντικές, αντιπροσωπεύοντας 18 εκατομμύρια τόνους εκπομπών CO₂, 0,4 εκατομμύρια τόνους NO_x, 0,2 εκατομμύρια SO_x και 0,03 εκατομμύρια τόνους PM₁₀ το 2011. Περίπου το 85% των εκπομπών προέρχονται από container ships και δεξαμενόπλοια. Τα container ships, έχουν μικρή παραμονή στους λιμένες, αλλά υψηλές εκπομπές κατά τη διάρκεια αυτών των διαμονών. Οι περισσότερες εκπομπές CO₂ σε λιμάνια από τη ναυτιλία πραγματοποιούνται στην Ασία και την Ευρώπη (58%), αλλά το μερίδιο αυτό είναι χαμηλό σε σύγκριση με το μερίδιο των ports of call δηλαδή τα λιμάνια προσεγγίσεων ή λιμένων κλήσεων (70%).

Οι ευρωπαϊκοί λιμένες έχουν πολύ λιγότερες εκπομπές SO_x (5%) και PM (7%) από το μερίδιο των λιμενικών κλήσεων (22%), κάτι που εξηγείται από τον κανονισμό της ΕΕ για τη χρήση καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο στο αγκυροβόλιο. Τα λιμάνια με τα μεγαλύτερα επίπεδα εκπομπών λόγω ναυτιλίας είναι η Σιγκαπούρη, το Χονγκ Κονγκ (Κίνα), η Τιαντζίν (Κίνα) και το λιμάνι Κλάγκ (Μαλαισία).

Η κατανομή των εκπομπών ρύπων πλοίων σε λιμάνια είναι περίεργη: τα δέκα λιμάνια με τις μεγαλύτερες εκπομπές αντιπροσωπεύουν το 19% των συνολικών εκπομπών CO₂ στα λιμάνια και το 22% των εκπομπών SO_x. Το λιμάνι με τις χαμηλότερες σχετικές εκπομπές CO₂ (εκπομπές ανά πλοίο) είναι το Kitakyushu (Ιαπωνία), το λιμάνι της Κυλλήνης (Ελλάδα) έχει τις χαμηλότερες εκπομπές SO_x. Άλλα λιμάνια με χαμηλές σχετικές εκπομπές προέρχονται από την Ιαπωνία, την Ελλάδα, το Ηνωμένο Βασίλειο, τις ΗΠΑ και τη Σουηδία.

Οι εκπομπές πλοίων έχουν σημαντικό εξωτερικό κόστος στα λιμάνια: σχεδόν 12 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως στα 50 μεγαλύτερα λιμάνια του ΟΟΣΑ για εκπομπές NO_x, SO_x και PM, ενώ οι εκπομπές σχετίζονται άμεσα με τους τοπικούς πληθυσμούς. Περίπου 230 εκατομμύρια άνθρωποι εκτίθενται άμεσα στις εκπομπές στα 100 κορυφαία λιμάνια του κόσμου όσον αφορά τις εκπομπές πλοίων. Οι περισσότερες εκπομπές σε λιμάνια (CH₄, CO, CO₂ και NO_x) εκτιμάται ότι θα αυξηθούν τέσσερα τοις εκατό έως το 2050. Αυτό θα οδηγήσει σε εκπομπές CO₂ από πλοία σε λιμάνια σε περίπου 70 εκατομμύρια τόνους το 2050 και εκπομπές NO_x έως 1,3 εκατομμύρια τόνους [2].

Η Ασία και η Αφρική θα σημειώσουν τις μεγαλύτερες αυξήσεις των εκπομπών, λόγω της έντονης αύξησης της κυκλοφορίας των λιμένων και των περιορισμένων μέτρων κατά των εκπομπών αυτών. Προκειμένου να μειωθούν αυτές οι προβλεπόμενες εκπομπές, θα χρειαστούν ισχυρές πολιτικές απαντήσεις. Αυτό θα μπορούσε να λάβει τη μορφή παγκόσμιας ρύθμισης, όπως αυστηρότεροι κανόνες για την περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων πλοίου (όπως το θείο 0,5% που έχει ήδη συμφωνηθεί από τον IMO). Επιπλέον, η ναυτιλία θα μπορούσε να συμπεριληφθεί σε μηχανισμούς που βασίζονται στην αγορά για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Πολλά θα μπορούσαν επίσης να αποκτηθούν από τις πολιτικές πρωτοβουλίες των ιδίων των λιμένων. Διάφορα λιμάνια έχουν αναπτύξει υποδομές, ρυθμίσεις και κίνητρα που μετριάζουν τις εκπομπές των πλοίων στα λιμάνια. Αυτά τα μέσα θα χρειαστούν ευρύτερη εφαρμογή, προκειμένου να μειωθούν σημαντικά οι εκπομπές πλοίων σε λιμάνια [2].



4.1 Εκπομπές από πετρελαιοκινητήρες

Οι εκπομπές καυσαερίων γίνονται όλο και πιο αυστηρό θέμα δημοσίου ενδιαφέροντος στο πλαίσιο της εμπορικής ναυτιλιακής βιομηχανίας. Οι εκπομπές καυσαερίων από κινητήρες ντίζελ πλοίων περιλαμβάνουν άζωτο, οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξειδία του θείου (SO_x), οξειδία του αζώτου (NO_x), υδρογονάνθρακες, υδρατμούς και καπνό. Τα οξειδία του αζώτου και του θείου προκαλούν ιδιαίτερη ανησυχία ως απειλές για τη βλάστηση, το περιβάλλον και την ανθρωπίνη υγεία.

Κατά τη διάρκεια της καύσης, τα περισσότερα από τα οξειδία του αζώτου (NO_x) παράγονται σε σημεία υψηλής θερμοκρασίας με αντίδραση μεταξύ του ατμοσφαιρικού αζώτου και του οξυγόνου. Τα οξειδία του αζώτου προκαλούν ευτροφισμό, οξίνιση και σχηματισμό όζοντος παρουσία VOC και ηλιακού φωτός. Αυτές οι εκπομπές NO_x μπορούν να μειωθούν χρησιμοποιώντας πρωτογενείς ή / και δευτερεύουσες μεθόδους.



Εικόνα 4.1: Ενδεικτική φωτογραφία πετρελαιοκινητήρα (πηγή: bcfocus.com)

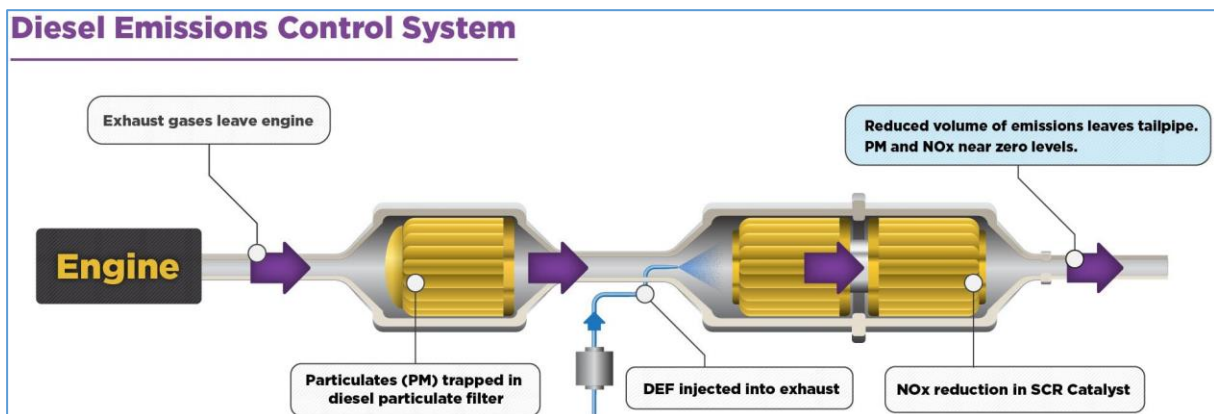
Οι πρωταρχικές μέθοδοι στοχεύουν στη μείωση του σχηματισμού εκπομπών NO_x στον κινητήρα χρησιμοποιώντας νέους μεθόδους σχεδιασμού κινητήρα, ή επιπλέον μέσω έγχυσης νερού ή ανακυκλοφορίας καυσαερίων. Για πλοία που απαιτούν τις χαμηλότερες δυνατές εκπομπές NO_x, η μόνη βιώσιμη λύση που διατίθεται σήμερα είναι η επεξεργασία των καυσαερίων μετά τον κινητήρα με τη χρήση Selective Catalytic Reduction (SCR).

Το Selective Catalytic Reduction (SCR) είναι ένα προηγμένο σύστημα τεχνολογίας ελέγχου ενεργών εκπομπών που εγχέει έναν υγρό-αναγωγικό παράγοντα μέσω ενός ειδικού καταλύτη στη ροή καυσαερίων ενός κινητήρα ντίζελ. Η αναγωγική πηγή είναι συνήθως ουρία ποιότητας αυτοκινήτου, αλλιώς γνωστή ως Diesel Exhaust Fluid (DEF).



Το DEF πυροδοτεί μια χημική αντίδραση που μετατρέπει τα οξείδια του αζώτου σε άζωτο, νερό και μικρές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), φυσικά συστατικά του αέρα που αναπνέουμε, η οποία στη συνέχεια αποβάλλεται μέσω του σωλήνα εξαγωγής του οχήματος.

Η τεχνολογία SCR έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει αντιδράσεις μείωσης οξειδίου του αζώτου (NO_x) σε οξειδωτική ατμόσφαιρα. Ονομάζεται «επιλεκτική» επειδή μειώνει τα επίπεδα NO_x χρησιμοποιώντας αμμωνία ως αναγωγικό μέσο σε ένα σύστημα καταλύτη. Η χημική αντίδραση είναι γνωστή ως «αναγωγή» όπου το DEF είναι ο αναγωγικός παράγοντας που αντιδρά με NO_x για τη μετατροπή των ρύπων σε άζωτο, νερό και μικρές ποσότητες CO₂. Το DEF μπορεί να αναλυθεί γρήγορα για να παράγει την οξειδωτική αμμωνία στη ροή των καυσαερίων. Η τεχνολογία SCR από μόνη της μπορεί να επιτύχει μειώσεις NO_x έως και 90 τοις εκατό.



Εικόνα 4.2: Ενδεικτική φωτογραφία συστήματος SCR (πηγή: bcfocus.com)

Η τεχνολογία SCR μπορεί να μειώσει τις εκπομπές κατά περισσότερο από 90%, σε λιγότερο από 2g / kWh. Ισχύει εξίσου για κινητήρες χαμηλής και μεσαίας ταχύτητας. Ωστόσο, οι χαμηλότερες θερμοκρασίες εξάτμισης κινητήρων χαμηλής ταχύτητας σημαίνουν ότι η μονάδα SCR πρέπει να βρίσκεται πριν από τον υπερσυμπιεστή [2].

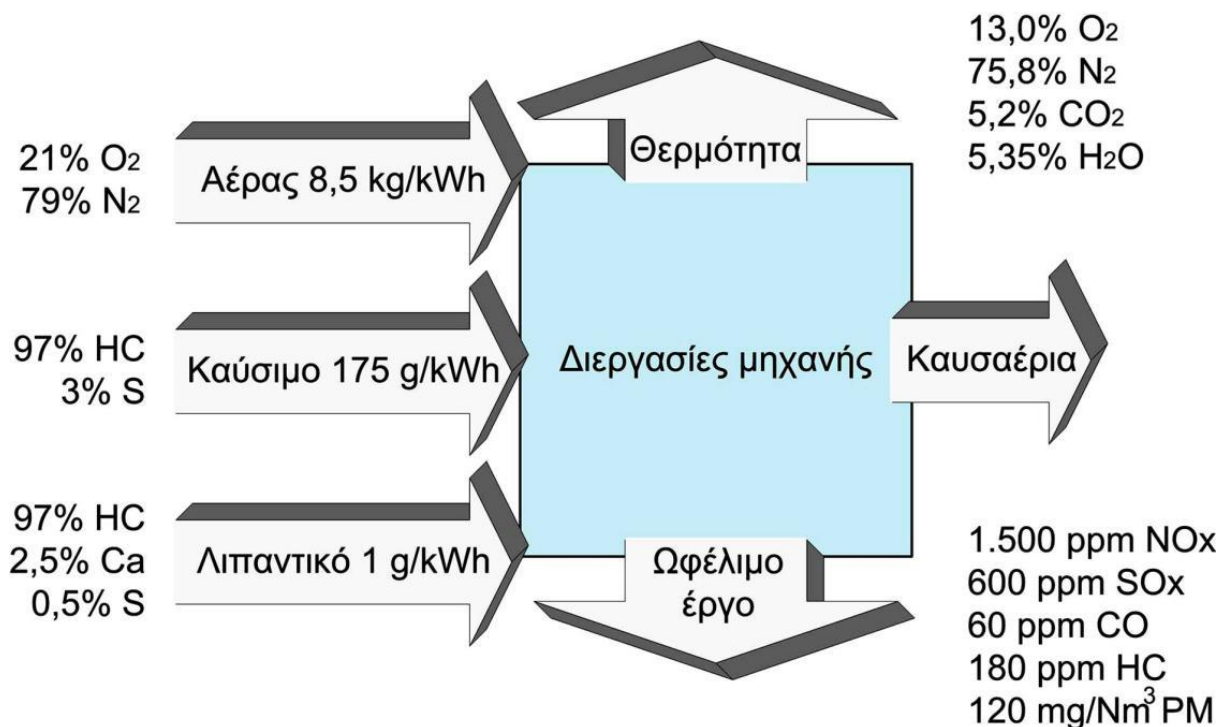
Για να λειτουργήσει το SCR, απαιτείται αμμωνία ως αναγωγικός παράγοντας για να επιτραπεί η χημική αντίδραση να πραγματοποιείται καθώς τα καυσαέρια διέρχονται από την κηρήθρα του καταλύτη. Στην πράξη χρησιμοποιείται 40% υδατικό διάλυμα ουρίας. Η ουρία προτιμάται ως αναγωγικός παράγοντας επειδή είναι άχρωμη, άοσμη, μη τοξική, βιολογικά αβλαβής και μπορεί να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί χωρίς προβλήματα.



Εικόνα 4.3: Εικόνα από αρχείο, πλοίο με υψηλή εκπομπή μαύρου άνθρακα.

Το σύστημα SCR αποτελείται από μια δεξαμενή αποθήκευσης αναγωγικών μέσων, μια μονάδα τροφοδοσίας και δόσης αναγωγικού παράγοντα, έναν αντιδραστήρα με καταλυτικά στοιχεία και ένα σύστημα ελέγχου.

Τα ναυτιλιακά καύσιμα, αποτελούνται κατά κύριο λόγο από άνθρακα και υδρογόνο (υδρογονάνθρακες πετρελαίου). Το περιεχόμενο του ναυτιλιακού πετρελαίου σε άνθρακα κυμαίνεται μεταξύ 84,9% και 87,4% (MEPC,2014). Περιέχουν επίσης προσμίξεις, όπως θείο, η περιεκτικότητα των οποίων διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος του καυσίμου (εάν είναι αποσταγματικό – MDO, MGO– ή υπολειμματικό καύσιμο – HFO).



Εικόνα 4.4: Είσοδος και έξοδος μιας ναυτιλιακής μηχανής (Δεδομένα για τις ποσότητες αέρα, καυσίμου, λιπαντικού, τη σύνθεση του καυσίμου και του λαδιού και τη σύσταση των καυσαερίων από Man & Diesel, 2004.

Τα καυσαέρια μιας ναυτιλιακής μηχανής περιέχουν κατά κύριο λόγο άζωτο (N₂), οξυγόνο (O₂), υδρατμούς (H₂O) και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) (σχήμα 6.1). Σε πολύ μικρότερο ποσοστό περιέχουν οξείδια του αζώτου (NO_x), οξείδια του θείου (SO_x), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), άκαυστους υδρογονάνθρακες και αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter – PM).

Εκπομπές SO_x

Τα SO_x οφείλονται στις υψηλές περιεκτικότητες σε θείο των ναυτιλιακών καυσίμων. Σήμερα, τα ναυτιλιακά καύσιμα παγκοσμίως περιέχουν κατά μέσο όρο 2,7% κ.β. θείο ή 27.000 ppm. Συγκριτικά, το όριο σε θείο για το πετρέλαιο κίνησης είναι 10 ppm, σύμφωνα με την οδηγία 2003/17/ΕΚ.

Το θείο που περιέχουν τα καύσιμα οξειδώνεται κατά τη διάρκεια της καύσης στη μηχανή σε οξείδια του θείου, κυρίως SO₂ και SO₃, σε τυπική αναλογία SO₂/SO₃ 15/1. Τα οξείδια του θείου αναφέρονται ως SO_x. Το SO₃ αντιδρά με την υγρασία (H₂O) και δημιουργεί σωματίδια θειικού οξέος (H₂SO₄) μικροσκοπικού μεγέθους, που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα (αερολύματα).

Το SO_x ως προϊόν καύσης μαζούτ μπορεί να μειωθεί μειώνοντας την περιεκτικότητα σε θείο στο καύσιμο. Τον Οκτώβριο του 2008, η Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του ΔΝΟ συμφώνησε για τη σταδιακή μείωση της μέγιστης περιεκτικότητας σε θείο στα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στα πλοία. Οι αναθεωρημένοι κανονισμοί του παραρτήματος VI της Marpol μειώνουν το παγκόσμιο όριο θείου σε 0,5%, με ισχύ από την 1η Ιανουαρίου 2020. Το όριο που ισχύει στις περιοχές ελέγχου εκπομπών SO_x (SECA) μειώθηκε σε 0,1%, με ισχύ από την 1η Ιανουαρίου 2015 [2].

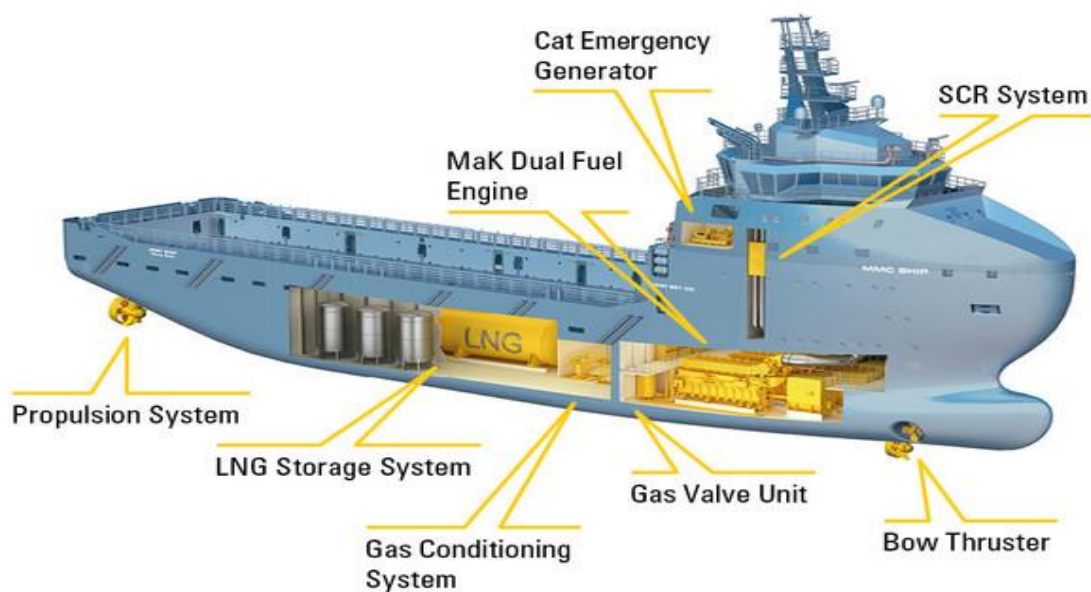


4.2 Εκπομπές από κινητήρες φυσικού αερίου LNG

Ένας κινητήρας πλοίου LNG είναι ένας κινητήρας διπλού καυσίμου που χρησιμοποιεί φυσικό αέριο και καύσιμο για τη μετατροπή της χημικής ενέργειας σε μηχανική ενέργεια. Λόγω των καθαρότερων ιδιοτήτων καύσης φυσικού αερίου, η χρήση φυσικού αερίου σε μηχανές πρόωσης σε εμπορικά πλοία καθίσταται μια επιλογή για τις εταιρείες προκειμένου να συμμορφωθούν με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς του IMO και της MARPOL [6].

Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται σε υγρή κατάσταση (ΥΦΑ) και το αέριο βρασμού διοχετεύεται και καίγεται σε κινητήρες διπλού καυσίμου. Οι ναυτιλιακές εταιρείες είναι γενικά προσεκτικές όταν επιλέγουν ένα σύστημα πρόωσης τέτοιου τύπου για τους στόλους τους.

Οι αερομεταφορείς LNG είναι πολύ καλά μονωμένοι για να διατηρήσουν το LNG καύσιμο στους -160°C περίπου - για να διατηρηθεί υγροποιημένο. Αυτό που συμβαίνει είναι ότι ακόμη και με όλη τη μόνωση, η περιοχή συγκράτησης του ΥΦΑ επηρεάζεται από θερμότητα που επιτρέπει τη δημιουργία φυσικού αερίου (BOG).



Εικόνα 4.5: Εικόνα από ένα τυπικό σύστημα LNG (Πηγή: zepelin.com)

Το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, το οποίο έχει πολύ ισχυρότερο αποτέλεσμα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου από το CO_2 . Οι κλιματικές επιπτώσεις του μεθανίου οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στη διαρροή μεθανίου. Για παράδειγμα, υπάρχει ένα πρόβλημα που ονομάζεται ολίσθηση μεθανίου. Η ολίσθηση μεθανίου είναι όταν η διαρροή αερίου δεν καίγεται τελείως μέσω του κινητήρα.

Το μεθάνιο έχει GWP (20) (δυναμικό υπερθέρμανσης 20 ετών) που είναι 86x υψηλότερο από το CO_2 . Εάν η ολίσθηση μεθανίου δεν ελέγχεται, τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση φυσικού αερίου μειώνονται και μπορούν να ακυρώσουν τα πλεονεκτήματα σε σχέση με το καύσιμο ντίζελ ή καυσίμων λόγω της υψηλής επίδρασης του μεθανίου στο θερμοκήπιο. Μια άλλη πρόκληση είναι οι κίνδυνοι που σχετίζονται με την αποθήκευση του ΥΦΑ σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες [5].



Η μόνωση της δεξαμενής είναι κρίσιμη και υπάρχουν πιθανότητες δομικής ευθραυστότητας και τραυματισμών από κρουπαγήματα στο προσωπικό. Ουσιαστικά, δεδομένου ότι έχει αποδειχθεί ότι η χρήση ΥΦΑ για την πρόωση πλοίων μειώνει το CO₂ και άλλους ρύπους σε σύγκριση με τα κοινά βαρέα μαζούτ, η εφαρμογή ΥΦΑ εξαρτάται από αυτούς τους βασικούς παράγοντες: Διαθεσιμότητα αερίου, ζήτηση στα πλοία, όρια εκπομπών (ελεγχόμενες εκπομπές), εγκατάσταση δεξαμενών ΥΦΑ, και απαιτήσεις ασφαλείας.

Οι προκλήσεις που σχετίζονται με τη χρήση του ΥΦΑ πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Προκλήσεις όπως η έλλειψη υποδομής στην πλειονότητα των εμπορικών λιμένων, η περιορισμένη εμπειρία του πληρώματος σε λειτουργία κινητήρων με καύσιμα αερίου, η μελλοντική τιμή του φυσικού αερίου και τα απαιτούμενα μέτρα ασφαλείας είναι όλα κρίσιμα σημεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Η χρήση του LNG μειώνει τα οξείδια του θείου κατά σχεδόν 100 τοις εκατό και μειώνει τις εκπομπές οξειδίου του αζώτου κατά περίπου 85 τοις εκατό. Υπάρχει σημαντική συζήτηση σχετικά με το εάν η χρήση ΥΦΑ οδηγεί σε μειωμένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, με μελέτες που διαπιστώνουν ότι η διαρροή μεθανίου αναιρεί τα κλιματικά οφέλη [4].

Το LNG γίνεται δημοφιλές στη σημερινή ημέρα για διάφορους λόγους. Πρώτον, περιέχει πολύ λίγο θείο. Επιπλέον, οι κινητήρες LNG είναι ρυθμισμένοι είτε να εκπέμπουν χαμηλές εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x) - με κόστος υψηλότερων εκπομπών μεθανίου σε ορισμένες περιπτώσεις - είτε να ενσωματώνουν τεχνολογίες μείωσης NO_x όπως η ανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR) ή επιλεκτική καταλυτική μείωση (SCR).

Αυτές οι εκπομπές χαμηλού οξειδίου θείου (SO_x) και NO_x καθιστούν το ΥΦΑ ελκυστικό καύσιμο για πλοία που λειτουργούν σε περιοχές ελέγχου εκπομπών (ECA), όπου τα πλοία πρέπει να συμμορφώνονται με αυστηρότερα πρότυπα ποιότητας αέρα. Δεύτερον, το ΥΦΑ είναι, και ήταν, λιγότερο ακριβό από το MGO και τώρα είναι σε ορισμένες περιοχές φθηνότερο από το βαρύ μαζούτ (HFO).

Επιπλέον, για να συμμορφωθούν με το παγκόσμιο όριο θείου του IMO για το 2020, τα πλοία πρέπει είτε να μεταβούν από το HFO σε πιο ακριβά μαζούτ με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (VLSFO) ή να χρησιμοποιήσουν το HFO με ένα μηχανισμό πλυντρίδων, τα λεγόμενα scrubbers, εάν και εφόσον έχει εγκατασταθεί στο πλοίο [3].

Ωστόσο, η χρήση των πλυντρίδων έχει υποβληθεί πρόσφατα σε έντονο έλεγχο και υπόκειται σε κανονιστική επανεξέταση λόγω ανησυχιών τόσο για την αξιοπιστία αυτών των συστημάτων για την επίτευξη συνεπούς συμμόρφωσης με την ατμοσφαιρική ρύπανση όσο και λόγω της ρύπανσης των υδάτων που παράγεται από συστήματα ανοιχτού βρόγχου.

Το κανάλι του Παναμά απαγόρευσε επίσης πρόσφατα τη χρήση πλυντριών ανοιχτού βρόχου. Η Καλιφόρνια απαγορεύει τη χρήση όλων των πλυντριών - ανοιχτού βρόχου (scrubbers) ή κλειστού βρόχου - λόγω στοιχείων που υποδηλώνουν ότι οι πλυντρίδες ενδέχεται να μην οδηγήσουν σε ισοδύναμες μειώσεις εκπομπών με τα καύσιμα που συμμορφώνονται με το ECA.



5. Διεθνή πρότυπα και περιβαλλοντικοί κανονισμοί

Μερικές από τις σημαντικότερες διεθνείς προσπάθειες με τη μορφή συνθηκών είναι η συνθήκη για τη θαλάσσια ρύπανση Χονολουλού, η οποία ασχολείται με τη ρύθμιση της θαλάσσιας ρύπανσης από πλοία και η σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το δίκαιο της θάλασσας, η οποία ασχολείται με τα θαλάσσια είδη και τη ρύπανση. Ενώ πολλοί τοπικοί και διεθνείς κανονισμοί έχουν εισαχθεί καθ 'όλη τη θαλάσσια ιστορία, πολλοί από τους ισχύοντες κανονισμούς θεωρούνται ανεπαρκείς.

Τα πιο συνηθισμένα προβλήματα που συναντώνται με τη διεθνή ναυτιλία προκύπτουν από σφάλματα εγγράφων και τελωνειακούς μεσίτες που δεν έχουν τις κατάλληλες πληροφορίες σχετικά με τα αντικείμενά τους. Τα κρουαζιερόπλοια, για παράδειγμα, εξαιρούνται από τη ρύθμιση βάσει του συστήματος αδειών απορρίψεων των ΗΠΑ (NPDES, σύμφωνα με τον νόμο περί καθαρού νερού) που απαιτεί συμμόρφωση με πρότυπα που βασίζονται στην τεχνολογία. Στην Καραϊβική, πολλά λιμάνια δεν διαθέτουν κατάλληλες εγκαταστάσεις διάθεσης αποβλήτων και πολλά πλοία απορρίπτουν τα απόβλητά τους στη θάλασσα.

Scope of the EU MRV Regulation



Εικόνα 5.1: Εικόνα από τον κανονισμό ελέγχου πλοίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (πηγή: βιβλίο οδηγιών ΕΕ MRV)



Επιπλέον, λόγω της πολυπλοκότητας του ναυτιλιακού εμπορίου και των δυσκολιών που σχετίζονται με τη ρύθμιση αυτού του κλάδου, είναι απίθανο να επιτευχθεί σύντομα ένα ολοκληρωμένο και γενικά αποδεκτό κανονιστικό πλαίσιο για την εταιρική ευθύνη για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στην πραγματικότητα, οι εκπομπές συνεχίζουν να αυξάνονται. Υπό αυτές τις συνθήκες, είναι απαραίτητο για τα κράτη, τη ναυτιλιακή βιομηχανία και τους παγκόσμιους οργανισμούς να διερευνήσουν και να συζητήσουν μηχανισμούς που βασίζονται στην αγορά για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

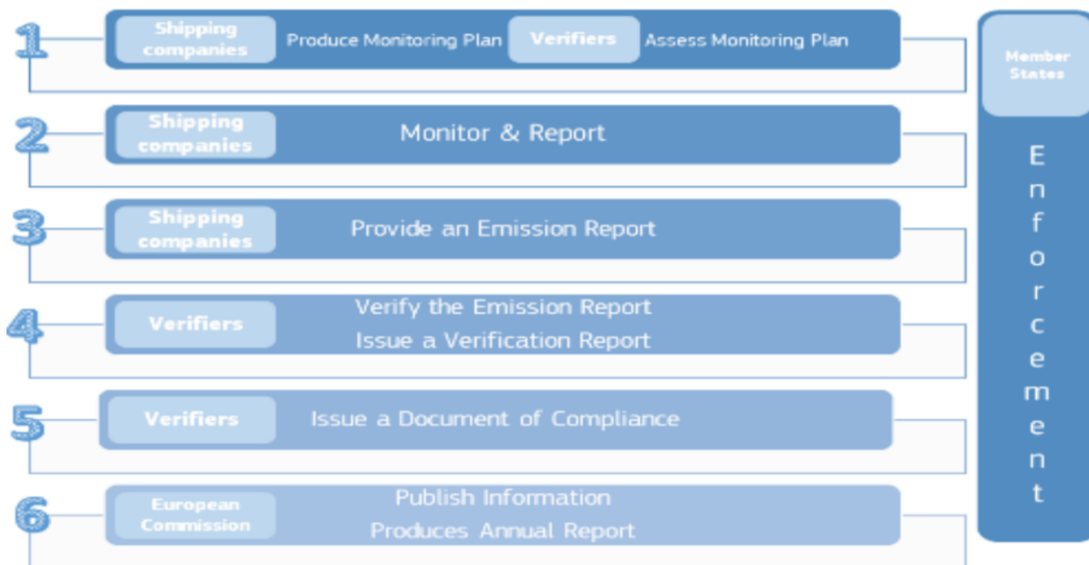
5.1 Προδιαγραφές εισερχόμενων πλοίων σε ευρωπαϊκά λιμάνια

Η διεθνής ναυτιλία είναι μια μεγάλη και αυξανόμενη πηγή εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Η ΕΕ υποστηρίζει την παγκόσμια δράση για την αντιμετώπιση αυτών των εκπομπών και έχει θεσπίσει μέτρα συλλογής δεδομένων σε ολόκληρη την ΕΕ. Οι θαλάσσιες μεταφορές εκπέμπουν περίπου 940 εκατομμύρια τόνους CO₂ ετησίως και ευθύνεται για περίπου 2,5% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG).

Αυτές οι εκπομπές προβλέπεται να αυξηθούν σημαντικά εάν δεν ληφθούν γρήγορα μέτρα. Σύμφωνα με την 3η μελέτη του GHG του IMO, οι εκπομπές θαλάσσιων μεταφορών θα μπορούσαν, σύμφωνα με τις συνήθεις συνθήκες, να αυξηθούν μεταξύ 50% και 250% έως το 2050, υπονομεύοντας τους στόχους της Συμφωνίας του Παρισιού [8].

Ταυτόχρονα, υπάρχει σημαντική ανεκμετάλλευτη δυνατότητα μείωσης των εκπομπών οικονομικά και αποδοτικά. Πολλά τεχνικά και λειτουργικά μέτρα, όπως αργός ατμός, πλοήγηση σύμφωνα με τις καιρικές συνθήκες, αντίθετες περιστρεφόμενες έλικες και συσκευές απόδοσης πρόωσης, μπορούν να προσφέρουν μεγαλύτερη εξοικονόμηση καυσίμου από την απαιτούμενη επένδυση.

Μολονότι μια παγκόσμια προσέγγιση για την αντιμετώπιση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη διεθνή ναυτιλία υπό την ηγεσία του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (ΔΝΟ) θα ήταν η πιο αποτελεσματική και κατά συνέπεια προτιμότερη, η σχετικά αργή πρόοδος στον IMO ώθησε την ΕΕ να αναλάβει δράση.



Εικόνα 5.2: Τα αναφερόμενα βήματα ελέγχου πλοίων σε Ευρωπαϊκά λιμάνια (πηγή: βιβλίο οδηγιών ΕΕ MRV)



Το Σχέδιο στρατηγικής της ΕΕ

Το 2013, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θέσπισε μια στρατηγική αναζήτησης και μέτρησης εκπομπών και για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη ναυτιλία.

Η στρατηγική αποτελείται από 4 διαδοχικά βήματα:

1. Παρακολούθηση, αναφορά και εξακρίβωση των εκπομπών CO₂ από μεγάλα πλοία που χρησιμοποιούν λιμένες της ΕΕ
2. Στόχοι μείωσης των αερίων θερμοκηπίου για τον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών
3. Περαιτέρω μέτρα, συμπεριλαμβανομένων μέτρων με βάση την αγορά, μεσοπρόθεσμα έως μακροπρόθεσμα
4. Η συμβολή του ναυτιλιακού τομέα στις μειώσεις εκπομπών σύμφωνα με τους στόχους θερμοκρασίας της συμφωνίας του Παρισιού παραμένει σημαντικό ζήτημα στην ΕΕ.

Η πρόσφατη τροποποίηση της οδηγίας για το σύστημα εμπορίας εκπομπών της ΕΕ (ETS), με την οδηγία (ΕΕ) 2018/410 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, υπογραμμίζει την ανάγκη δράσης για τις εκπομπές από τη ναυτιλία καθώς και για όλους τους άλλους τομείς της οικονομίας.

Η οδηγία ορίζει επίσης ότι η Επιτροπή θα πρέπει να επανεξετάζει τακτικά τη δράση του IMO και ζητεί να αρχίσει η δράση για την αντιμετώπιση των εκπομπών από τον ΔNO ή την ΕΕ από το 2023, συμπεριλαμβανομένων των προπαρασκευαστικών εργασιών και της διαβούλευσης με τα ενδιαφερόμενα μέρη [8].

Πρώτο βήμα: παρακολούθηση, αναφορά και επαλήθευση των εκπομπών CO₂

Από την 1η Ιανουαρίου 2018, μεγάλα πλοία άνω των 5.000 ολικής χωρητικότητας φόρτωσης ή εκφόρτωσης φορτίου ή επιβατών σε λιμένες του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου (ΕΟΧ) θα παρακολουθούν και θα αναφέρουν τις σχετικές εκπομπές CO₂ και άλλες σχετικές πληροφορίες.

Η παρακολούθηση, η υποβολή εκθέσεων και η επαλήθευση των πληροφοριών πραγματοποιούνται σύμφωνα με τον κανονισμό 2015/757 (όπως τροποποιήθηκε από τον κατ'εξουσιοδότηση κανονισμό 2016/2071).

Τέσσερις άλλες νομικές πράξεις είναι επίσης σχετικές:

1. Κατ'εξουσιοδότηση κανονισμός (ΕΕ) 2016/2072 σχετικά με τις δραστηριότητες επαλήθευσης και τη διαπίστευση των επαληθευτών.
2. Κατ'εξουσιοδότηση κανονισμός (ΕΕ) 2016/2071 όσον αφορά τις μεθόδους παρακολούθησης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και τους κανόνες παρακολούθησης άλλων σχετικών πληροφοριών.
3. Εκτελεστικός κανονισμός 2016/1927 για πρότυπα.
4. Εκτελεστικός κανονισμός 2016/1928 για τον περαιτέρω καθορισμό του φορτίου που μεταφέρεται για ορισμένες κατηγορίες πλοίων.

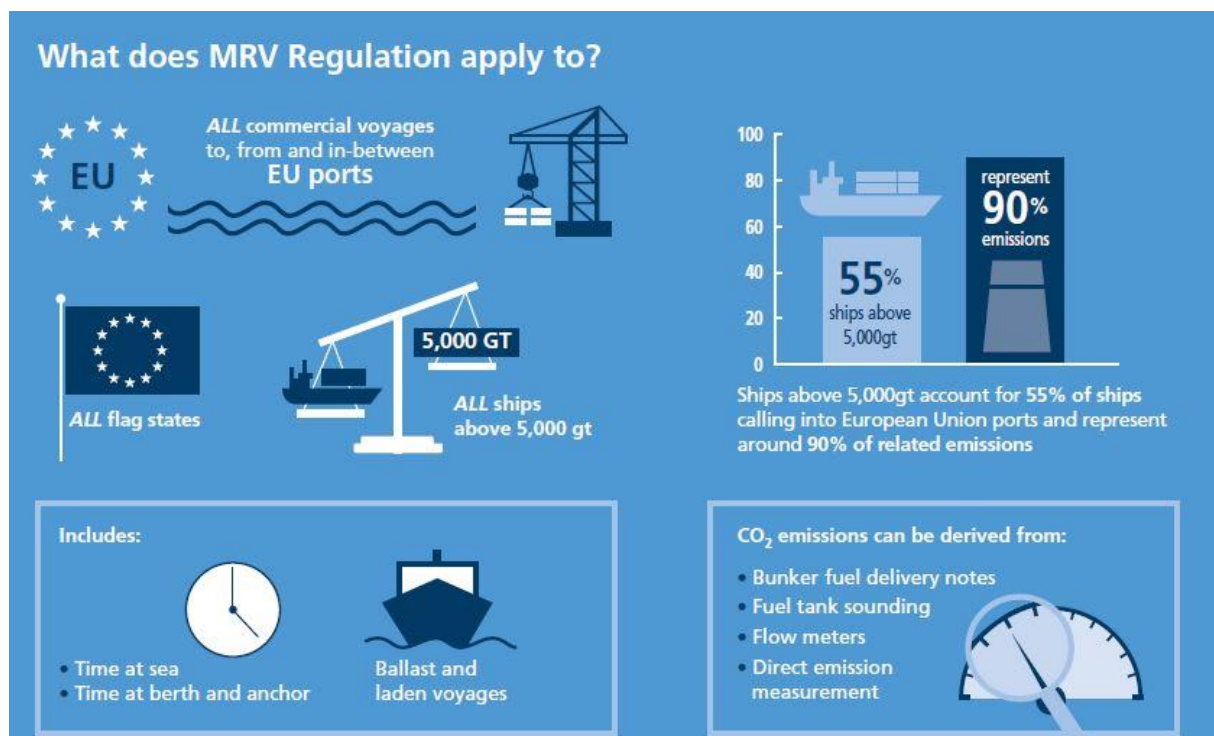


Κύριες υποχρεώσεις για εταιρείες που είναι επιλέξιμες βάσει του κανονισμού ΕΕ MRV:

Παρακολούθηση: Από την 1η Ιανουαρίου 2018, οι εταιρείες - σύμφωνα με τα αντίστοιχα σχέδια παρακολούθησής τους - παρακολουθούν για κάθε ένα από τα πλοία τους τις εκπομπές CO₂, την κατανάλωση καυσίμου και άλλες παραμέτρους, όπως η απόσταση που διανύθηκε, ο χρόνος στη θάλασσα και το φορτίο που μεταφέρονται ανά ταξίδι, ώστε να συλλέγονται ετήσια δεδομένα σε μια έκθεση εκπομπών που υποβάλλεται σε διαπιστευμένο ελεγκτή αποστολής MRV.

Έκθεση εκπομπών: Από το 2019, έως τις 30 Απριλίου κάθε έτους, οι εταιρείες, μέσω του THETIS MRV, υποβάλλουν στην Επιτροπή και στα κράτη στα οποία είναι νηολογημένα αυτά τα πλοία («κράτη σημαίας») έκθεση σχετικά με τις εκπομπές για κάθε πλοίο που έχει πραγματοποιήσει δραστηριότητες θαλάσσιων μεταφορών στον Ευρωπαϊκό Οικονομικό Χώρο κατά την προηγούμενη περίοδο αναφοράς (ημερολογιακό έτος) [8].

Έγγραφο συμμόρφωσης: Από το 2019, έως τις 30 Ιουνίου κάθε έτους, οι εταιρείες διασφαλίζουν ότι όλα τα πλοία τους που έχουν εκτελέσει δραστηριότητες κατά την προηγούμενη περίοδο αναφοράς και επισκέπτονται λιμάνια του Ευρωπαϊκού Οικονομικού χώρου φέρουν μαζί τους έγγραφο συμμόρφωσης που εκδόθηκε από την THETIS MRV. Η υποχρέωση αυτή ενδέχεται να υπόκειται σε επιθεωρήσεις από τις αρχές των κρατών μελών. Κάθε χρόνο, η Επιτροπή δημοσιεύει μια έκθεση για να ενημερώνει το κοινό σχετικά με τις εκπομπές CO₂ και τις πληροφορίες ενεργειακής απόδοσης του ελεγχόμενου στόλου.



Εικόνα 5.3: Βασικά θετικά χαρακτηριστικά του νέου Ευρωπαϊκού κανονισμού (πηγή: βιβλίο οδηγιών ΕΕ MRV)

Ο κανονισμός καλύπτει όλα τα μεγάλα πλοία άνω των 5.000 ολικής χωρητικότητας (GT) φόρτωσης ή εκφόρτωσης φορτίου ή επιβατών σε λιμένες του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου (ΕΟΧ). Ο κανονισμός είναι τυφλός, πράγμα που σημαίνει ότι τα πλοία πρέπει να παρακολουθούν και να αναφέρουν τις εκπομπές τους ανεξάρτητα από τη σημαία τους. Περιορίζοντας τις απαιτήσεις παρακολούθησης σε μεγάλα πλοία, ο κανονισμός καλύπτει



περίπου το 90% όλων των εκπομπών CO₂, ενώ περιλαμβάνει μόνο περίπου το 55% όλων των πλοίων που εισέρχονται σε λιμένες του ΕΟΧ. Για λόγους αναλογικότητας και επικουρικότητας, στρατιωτικά πλοία, μικρά βοηθητικά, πλοία αλίευσης ή επεξεργασίας ψαριών εξαιρούνται από τον κανονισμό.

Ο κανονισμός καλύπτει τις εκπομπές CO₂ που παράγονται όταν ένα πλοίο που πραγματοποιεί ταξίδι από ή προς λιμένα του ΕΟΧ κατά τη μεταφορά εμπορευμάτων ή επιβατών για εμπορικούς σκοπούς. Για παράδειγμα, καλύπτει εκπομπές από πλοίο που πηγαίνει από το Ρότερνταμ στη Σαγκάη.

Ο κανονισμός καλύπτει επίσης τις εκπομπές που παράγονται όταν ένα πλοίο πλέει από τη Σαγκάη στο Ρότερνταμ. Ωστόσο, εάν ένα πλοίο αναχωρήσει από τη Σαγκάη για το Ρότερνταμ και κάνει στάση σε άλλο λιμάνι (π.χ. το λιμάνι της Σιγκαπούρης) για εργασίες φορτίου ή επιβατών, θα αναφερθούν μόνο οι εκπομπές που σχετίζονται με το τελευταίο σκέλος του ταξιδιού (στην περίπτωση αυτή Singapore-Rotterdam) μέσα στο σύστημα.

Καλύπτονται επίσης τα ταξίδια που πραγματοποιούνται εντός του ΕΟΧ, όπως όταν ένα πλοίο ταξιδεύει από τη Χάβρη στο Ρότερνταμ ή από τη Γάνδη στην Αμβέρσα (εσωτερικά ταξίδια). Οι εκπομπές που προκύπτουν όταν το πλοίο είναι αγκυροβολημένο στο αγκυροβόλιο ή αγκυροβολημένο και προσδεμένο με ασφάλεια σε ένα λιμάνι κατά τη φόρτωση, εκφόρτωση καθώς και από την ξενοδοχειακή κάλυψη του πληρώματος ή των επιβατών καλύπτονται επίσης, αφού λειτουργούν σε εικοσιτετράωρη βάση ή ηλεκτρομηχανές του για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος για κάλυψη των αναγκών του. Πρέπει να σημειωθεί ότι οποιαδήποτε άλλη πράξη εκτός από τη μεταφορά φορτίου ή επιβατών εξαιρείται από τον κανονισμό [8].

Βήμα 1: Δημιουργία σχεδίου παρακολούθησης

Το πρώτο βήμα της διαδικασίας MRV είναι η σύνταξη του λεγόμενου σχεδίου παρακολούθησης. Οι πλοιοκτήτες πρέπει να συμπληρώσουν ένα έντυπο/εντολή παρακολούθησης προγραμματισμένο πριν ξεκινήσουν και προτού συντάξουν την αναφορά. Σε αυτό το έγγραφο αναφοράς, οι ιδιοκτήτες πλοίων εξηγούν πώς σκοπεύουν να παρακολουθούν τις σχετικές παραμέτρους που απαιτούνται από τον κανονισμό MRV της ΕΕ.

Αυτό το σχέδιο παρακολούθησης πρέπει να παρέχει πλήρη και διαφανή τεκμηρίωση της μεθόδου παρακολούθησης που πρέπει να εφαρμόζεται για κάθε πλοίο. Πρέπει να ακολουθεί το προκαθορισμένο πρότυπο που παρέχεται στη νομοθεσία εφαρμογής.

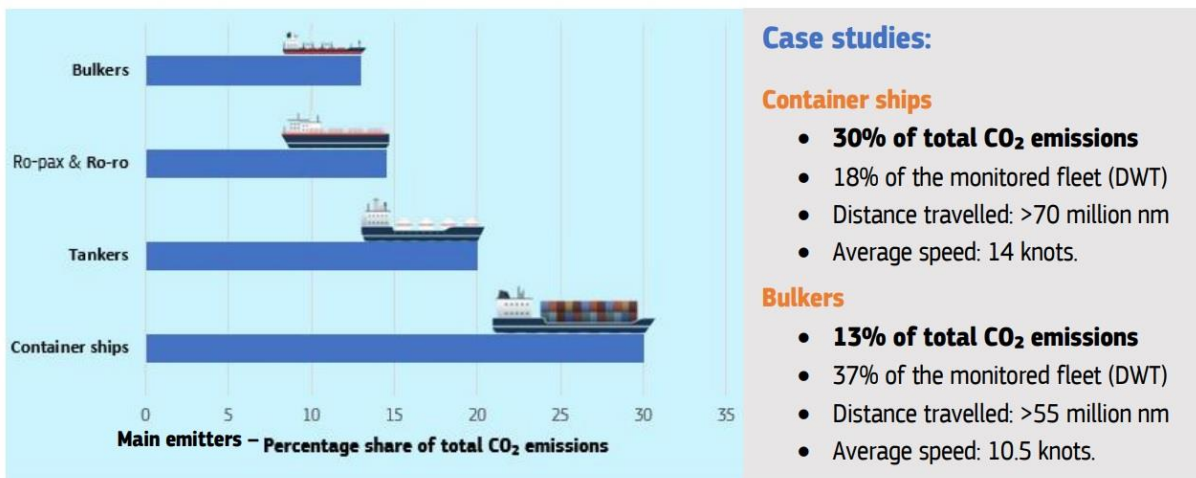
Οι εταιρείες μπορούν να επιλέξουν μεταξύ τριών μεθόδων για την παρακολούθηση των εκπομπών CO₂:

1. Bunker Fuel Delivery Note (BDN) και περιοδικά αποθέματα δεξαμενών καυσίμων, παρακολούθηση δεξαμενών καυσίμων επί του σκάφους ·
2. Μετρητές ροής, για ισχύουσα καύση,
3. Άμεσες μετρήσεις εκπομπών CO₂.

Για κάθε μέθοδο, οι εταιρείες πρέπει να αναφέρουν το αντίστοιχο επίπεδο αβεβαιότητας. Όλα τα σχέδια παρακολούθησης πρέπει να αξιολογούνται από έναν διαπιστευμένο επαληθευτή. Εάν ο ελεγκτής εντοπίσει τυχόν μη συμμορφώσεις, η εταιρεία πρέπει να αναθεωρήσει το σχέδιο παρακολούθησης και να υποβάλει το αναθεωρημένο σχέδιο για τελική αξιολόγηση. Τα σχέδια παρακολούθησης μπορούν να δημιουργηθούν και να αξιολογηθούν στο THETIS-MRV σε εθελοντική βάση.



Container ships: the largest CO₂ emitters



Εικόνα 5.4: Εικόνα από τον Ευρωπαϊκό κανονισμό εκπομπών ρύπων που αναφέρει τον τύπο πλοίου με τις μεγαλύτερες εκπομπές (πηγή: βιβλίο οδηγιών ΕΕ MRV)

Ανατροφοδότηση από την πρώτη άσκηση αναφοράς.

Κατά την πρώτη περίοδο αναφοράς, οι εταιρείες βασίστηκαν στις τρεις πρώτες μεθόδους παρακολούθησης σε παρόμοιο βαθμό, αλλά δεν χρησιμοποιήθηκαν άμεσες μετρήσεις εκπομπών CO₂, πιθανώς λόγω της πολυπλοκότητας μιας τέτοιας μεθόδου μέτρησης.

Η συντριπτική πλειονότητα των εταιρειών χρησιμοποίησε προεπιλεγμένες τιμές για το επίπεδο αβεβαιότητας που σχετίζεται με την παρακολούθηση των καυσίμων, σύμφωνα με το έγγραφο καθοδήγησης και βέλτιστων πρακτικών που καταρτίστηκε από το Ευρωπαϊκό Φόρουμ Βιώσιμης Ναυτιλίας (ESSF).

Περίπου το 50% των σχεδίων παρακολούθησης εκπονήθηκαν σε εθελοντική βάση στο THETIS-MRV, το οποίο προφανώς παρείχε στις ναυτιλιακές εταιρείες έναν τρόπο να εξοικειωθούν με το πρότυπο που παρέχεται στον εκτελεστικό κανονισμό.

Βήμα 2: Παρακολούθηση και αναφορά

Μόλις αξιολογηθεί το σχέδιο παρακολούθησης από έναν διαπιστευμένο ελεγκτή, οι ιδιοκτήτες πλοίων μπορούν να προχωρήσουν στο δεύτερο βήμα της διαδικασίας MRV, το οποίο συνίσταται στην παρακολούθηση και αναφορά των σχετικών παραμέτρων. Τα δεδομένα που παράγονται από αυτήν τη συνεχιζόμενη δραστηριότητα παρακολούθησης και αναφέρονται σε ετήσια βάση. Οι απαιτήσεις παρακολούθησης του κανονισμού βασίζονται σε ήδη διαθέσιμες πληροφορίες επί του σκάφους.

Αυτό μεγιστοποιεί την αποτελεσματικότητα του κανονισμού και ελαχιστοποιεί το διοικητικό φόρτο που βαρύνει τις εταιρείες. Η παρακολούθηση και η αναφορά των εκπομπών CO₂ και άλλων υποχρεωτικών πληροφοριών πρέπει να πραγματοποιούνται ενώ το πλοίο βρίσκεται στη θάλασσα, καθώς και στο αγκυροβόλιο. Επιπλέον, οι εταιρείες μπορούν να αναφέρουν εθελοντικές πληροφορίες για να διευκολύνουν την ερμηνεία των εκπομπών CO₂ και των δεικτών ενεργειακής απόδοσης. Για παράδειγμα, οι εταιρείες μπορούν να διακρίνουν εθελοντικά τα ταξίδια έρματος (χωρίς φορτίο) από τα φορτωμένα ταξίδια (με φορτίο) και, για τους σχετικούς τύπους πλοίων.

Οι ναυτιλιακές εταιρείες είναι τελικά υπεύθυνες για την ακρίβεια και την πληρότητα των δεδομένων που παρακολουθούνται και αναφέρονται. Κατά συνέπεια, πρέπει να καταγράφουν,



να συντάσσουν, να αναλύουν και να τεκμηριώνουν δεδομένα παρακολούθησης, συμπεριλαμβανομένων παραδοχών, αναφορών, παραγόντων εκπομπών και δεδομένων δραστηριότητας. Αυτό πρέπει να γίνει με διαφανή τρόπο που επιτρέπει την αναπαραγωγή του προσδιορισμού των εκπομπών CO₂ από τον επαληθευτή.

Σχόλια από την πρώτη διαδικασία αναφοράς: Περίπου το 10-15% των εταιρειών εκμεταλλεύτηκαν την ευκαιρία να αναφέρουν οικειοθελώς και ξεχωριστά τις εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με τα ταξίδια με φορτίο και τα ταξίδια χωρίς φορτίο. [8].

Βήμα 3: Παροχή αναφοράς εκπομπών

Στο τρίτο βήμα της διαδικασίας MRV, οι εταιρείες πρέπει να προετοιμάσουν μια έκθεση εκπομπών στο THETIS-MRV βάσει των δραστηριοτήτων παρακολούθησης.

Σχόλια από την πρώτη άσκηση αναφοράς: Σχεδόν 12.400 αναφορές εκπομπών δημιουργήθηκαν στο σύστημα ως μέρος της πρώτης περιόδου αναφοράς.

Βήμα 4: Επαλήθευση της έκθεσης εκπομπών

Στο τέταρτο βήμα της διαδικασίας MRV, ανεξάρτητοι διαπιστευμένοι ελεγκτές πρέπει να επιβεβαιώσουν τις εκθέσεις εκπομπών που υποβάλλονται από εταιρείες. Ο σχεδιασμός αυτού του μηχανισμού επαλήθευσης διαμορφώνεται εν μέρει σε άλλα συστήματα παρακολούθησης εκπομπών.

Οι ελεγκτές πρέπει να αξιολογούν, την αξιοπιστία και την ακρίβεια των αναφερόμενων δεδομένων και πληροφοριών σύμφωνα με τις διαδικασίες που ορίζονται στη νομοθεσία. Αν μια έκθεση εκπομπών δεν έχει παραλείψεις και σφάλματα και εάν πληροί τις απαιτήσεις της νομοθεσίας - οι ελεγκτές εκδίδουν μια έκθεση επαλήθευσης που την θεωρεί ικανοποιητική [8].

Από το 2019, οι εταιρείες πρέπει να έχουν επαληθεύσει την έκθεση εκπομπών τους ως ικανοποιητική στο THETISMRV έως τις 30 Απριλίου κάθε έτους και να την υποβάλλουν στην Επιτροπή και στο κράτος σημαίας τους.

Σχόλια από την πρώτη διαδικασία αναφοράς: Συνολικά, 11.653 εκθέσεις εκπομπών από 12.400 ήταν επαληθευμένες επιτυχώς και υποβλήθηκαν στην Επιτροπή από τις 23 Σεπτεμβρίου 2019.

Περίπου 400 επαληθεύτηκαν ικανοποιητικά αλλά δεν υποβλήθηκαν από εταιρείες, γεγονός που υποδηλώνει ότι ορισμένοι από αυτούς δεν κατανοούσαν πλήρως την απαίτηση υποβολής της έκθεσης εκπομπών τους μόλις εγκριθούν από ελεγκτές. Επιπλέον, περίπου 300 άλλες εκθέσεις εκπομπών ήταν σε διάφορα στάδια σύνταξης. Μια ανάλυση του THETIS-MRV που πραγματοποιήθηκε λίγο μετά την προθεσμία του Απριλίου 2019 έδειξε ότι οι περισσότερες εταιρείες εκπλήρωσαν την υποχρέωσή τους εγκαίρως. Σχεδόν το 80% των εκθέσεων εκπομπών επαληθεύτηκαν επιτυχώς και υποβλήθηκαν πριν από την προθεσμία.

Βήμα 5: Έκδοση εγγράφου συμμόρφωσης

Όταν μια έκθεση εκπομπών έχει επαληθευτεί ικανοποιητικά, ο ελεγκτής συντάσσει την έκθεση επαλήθευσης, εκδίδει έγγραφο συμμόρφωσης και ενημερώνει την Επιτροπή και το κράτος σημαίας για αυτήν την έκδοση. Αυτό το έγγραφο επιβεβαιώνει τη συμμόρφωση ενός πλοίου με τις απαιτήσεις του κανονισμού για μια συγκεκριμένη περίοδο αναφοράς. Πρέπει να μεταφερθεί επί του σκάφους το αργότερο έως στις 30 Ιουνίου. Το έγγραφο συμμόρφωσης δημιουργείται χρησιμοποιώντας το THETIS-MRV και ισχύει για περίοδο 18 μηνών.



Σχόλια από την πρώτη άσκηση αναφοράς: Κατά το πρώτο έτος αναφοράς, 11.589 έγγραφα συμμόρφωσης εκδόθηκαν στο σύστημα. Αυτό σημαίνει ότι σχεδόν το 100% όλων των υποβαλλόμενων αναφορών εκπομπών είχε ως αποτέλεσμα την έκδοση ενός εγγράφου συμμόρφωσης.

5.2 Προδιαγραφές εισερχόμενων πλοίων σε λιμάνια εκτός ευρωπαϊκής ζώνης

Παγκόσμια δράση Σύστημα συλλογής δεδομένων IMO

Μετά την έγκριση του κανονισμού MRV της ΕΕ, ο IMO δημιούργησε ένα σύστημα συλλογής δεδομένων IMO.

Το σύστημα απαιτεί από τους ιδιοκτήτες μεγάλων πλοίων (άνω των 5.000 ολικής χωρητικότητας) που ασχολούνται με τη διεθνή ναυτιλία να αναφέρουν πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση καυσίμων των πλοίων τους στα κράτη σημαίας αυτών των πλοίων. Στη συνέχεια, τα κράτη σημαίας αναφέρουν συγκεντρωτικά δεδομένα στον IMO, ο οποίος υποβάλλει ετήσια συνοπτική έκθεση στην επιτροπή προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος του IMO.

Το σύστημα IMO τέθηκε σε ισχύ τον Μάρτιο του 2018 και η συλλογή δεδομένων κατανάλωσης καυσίμου ξεκίνησε την 1η Ιανουαρίου 2019.



Εικόνα 5.5: Βήματα και προτάσεις για τη μείωση των ρύπων διεθνώς στη ναυτιλία (πηγή: imoarcticsummit.org)



Ως αποτέλεσμα, από το 2019, τα πλοία που εισέρχονται σε λιμένες του ΕΟΧ θα πρέπει να υποβάλλουν έκθεση τόσο βάσει του κανονισμού MRV της ΕΕ όσο και του συστήματος συλλογής δεδομένων του ΙΜΟ. Ο κανονισμός MRV της ΕΕ (άρθρο 22) προέβλεπε αυτήν την κατάσταση καθώς προβλέπει ότι η επιτροπή θα πρέπει, σε περίπτωση διεθνούς συμφωνίας για ένα παγκόσμιο σύστημα MRV για τις εκπομπές πλοίων, να επανεξετάσει τον κανονισμό και, εάν ενδείκνυται, να προτείνει τροποποιήσεις για να διασφαλιστεί η ευθυγράμμιση με αυτόν της διεθνούς συμφωνίας.

Τον Φεβρουάριο του 2019, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπέβαλε πρόταση τροποποίησης του κανονισμού MRV της ΕΕ, ώστε να ληφθεί δεόντως υπόψη το παγκόσμιο σύστημα συλλογής δεδομένων.

Αρχική στρατηγική για τα αέρια θερμοκηπίου του ΙΜΟ

Μετά από σημαντικές προσπάθειες τα τελευταία χρόνια, ο ΔΝΟ συμφώνησε τον Απρίλιο του 2018 για μια αρχική στρατηγική μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

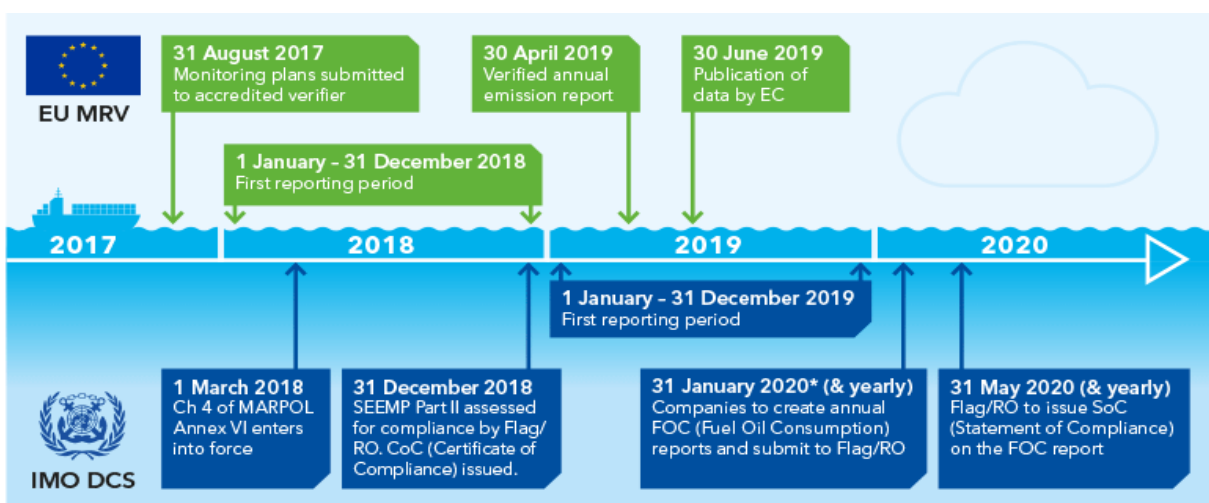
Σύμφωνα με τους διεθνώς συμφωνημένους στόχους θερμοκρασίας βάσει της Συμφωνίας των Παρισίων, η στρατηγική περιλαμβάνει στόχους για τη μείωση των συνολικών ετήσιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη ναυτιλία κατά τουλάχιστον 50% έως το 2050 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2008 ενώ συνεχίζονται οι προσπάθειες.

Ωστόσο, τα βραχυπρόθεσμα, μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα μέτρα μείωσης των εκπομπών, καθώς και η έρευνα και η καινοτομία, που είναι απαραίτητα για την επίτευξη των στόχων στο πλαίσιο της στρατηγικής, δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί και συμφωνηθεί.

Τον Οκτώβριο του 2018, η Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του ΙΜΟ συμφώνησε σε ένα πρόγραμμα δράσεων παρακολούθησης για την εφαρμογή της αρχικής στρατηγικής, με χρονοδιαγράμματα προς εξέταση και συμφωνία σχετικά με τα μέτρα μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου:

Τα βραχυπρόθεσμα μέτρα θα αποφασιστούν μεταξύ 2020 και 2023.

Θα πρέπει να εξεταστούν προτάσεις για μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα μέτρα, χωρίς να αναφερθούν τα χρονοδιαγράμματα συμφωνίας.



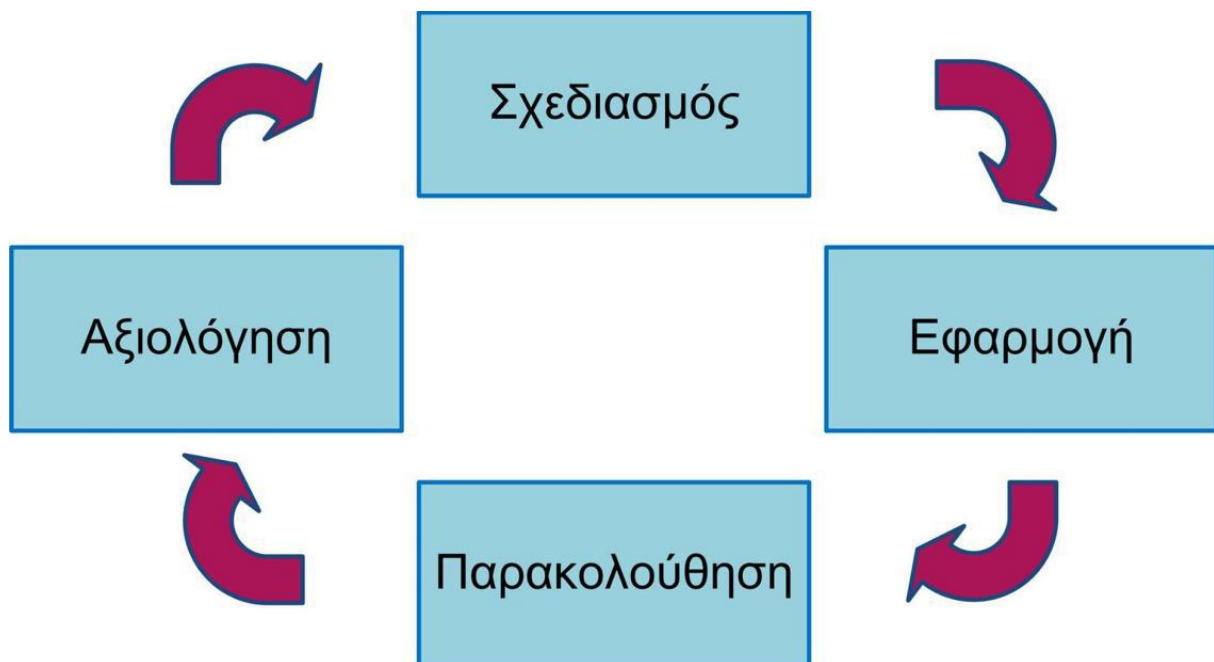
*The IMO DCS regulations requires companies to submit the FOC by end-March 2020 (and yearly), but DNV GL, as an RO, will strongly recommend earlier submission to rectify possible errors/non-compliance and ensure timely issuance of the SoC

Εικόνα 5.6: Στάδια εξέλιξης κανονισμών σε παγκόσμιο επίπεδο και Ευρωπαϊκό (πηγή: βιβλίο οδηγιών ΕΕ MRV)



Η στρατηγική θα αναθεωρηθεί το 2023, λαμβάνοντας υπόψη δεδομένα από το σύστημα συλλογής δεδομένων IMO και άλλα δεδομένα, όπως εκθέσεις της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή. Υποστήριξη της ΕΕ στο έργο ενεργειακής απόδοσης του IMO. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συνεισφέρει χρηματοδότηση 10 εκατομμυρίων ευρώ σε ένα έργο ενεργειακής απόδοσης EC-IMO.

Στο πλαίσιο του τετραετούς έργου, έχουν δημιουργηθεί Κέντρα Θαλάσσιας Συνεργασίας σε 5 περιοχές: την Αφρική, την Ασία, την Καραϊβική, τη Λατινική Αμερική και τον Ειρηνικό.



Εικόνα 5.7: Τα στάδια ανάπτυξης και εφαρμογής του SEEMP, εικόνα από αρχείο

Μέσω της τεχνικής βοήθειας και της ανάπτυξης ικανοτήτων, τα κέντρα θα προωθήσουν την υιοθέτηση τεχνολογιών και επιχειρήσεων χαμηλών εκπομπών άνθρακα στις θαλάσσιες μεταφορές σε λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες.

Αυτό θα υποστηρίξει επίσης την εφαρμογή των διεθνώς συμφωνημένων κανόνων και προτύπων ενεργειακής απόδοσης - Δείκτης σχεδιασμού ενεργειακής απόδοσης (EEDI) και σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου (SEEMP).

Το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Αποδοτικότητας Πλοίου είναι ένα υποχρεωτικό λειτουργικό μέτρο το οποίο καθιερώνει έναν μηχανισμό βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας του πλοίου με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Το SEEMP έγινε υποχρεωτικό από τον IMO για όλα τα πλοία πάνω από 400 GT σε διεθνείς πλώες από την 1/1/2013 και απαιτείται για την έκδοση του Διεθνούς Πιστοποιητικού Ενεργειακής Αποδοτικότητας (International Energy Efficiency Certificate – IEEC).

Κάθε πλοίο θα πρέπει να διαθέτει ένα SEEMP επί του σκάφους, που θα έχει εκπονηθεί λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Το SEEMP δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως μια ακόμη γραφειοκρατική διαδικασία, αλλά ως ιδανική ευκαιρία για τον διαχειριστή του



πλοίου να μειώσει το κόστος του καυσίμου, βελτιώνοντας την ενεργειακή αποτελεσματικότητα του πλοίου.

Η ανάπτυξη και εφαρμογή του SEEMP είναι μια κυκλική διαδικασία που περιλαμβάνει τέσσερα κύρια στάδια (σχήμα 5.7):

- σχεδιασμός,
- εφαρμογή,
- παρακολούθηση,
- αυτοαξιολόγηση και βελτίωση.

Οι κύριες (και περισσότερο χρονοβόρες) διαδικασίες κατά το στάδιο του σχεδιασμού είναι η εκτίμηση της τρέχουσας ενεργειακής αποδοτικότητας του πλοίου και του στόλου και η αξιολόγηση/επιλογή των νέων μέτρων που θα εφαρμοστούν. Συγκεκριμένα, οι εργασίες σχεδιασμού περιλαμβάνουν:

- εκτίμηση της τρέχουσας ενεργειακής αποδοτικότητας του πλοίου και του στόλου,
- καθορισμό των μελλοντικών στόχων ενεργειακής αποδοτικότητας για το πλοίο, τον στόλο και την εταιρεία συνολικά,
- αξιολόγηση και επιλογή μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης για την επίτευξη των στόχων,
- σχεδιασμό των απαιτούμενων αλλαγών σε διαδικασίες και εξοπλισμό για το πλοίο και τον στόλο,
- προσδιορισμό ή ανάπτυξη των εργαλείων μέτρησης και παρακολούθησης της ενεργειακής αποδοτικότητας,
- σύνταξη του SEEMP.

Ακολουθεί το στάδιο της εφαρμογής του SEEMP. Το στάδιο αυτό απαιτεί συγκεκριμένα σχέδια ώστε να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες αλλαγές στα σκάφη, τις λειτουργίες τους και τη διαχείρισή τους. Συμπεριλαμβάνεται η ανάθεση αρμοδιοτήτων για κάθε στοιχείο του SEEMP. Συγκεκριμένα, απαιτούνται τα ακόλουθα:

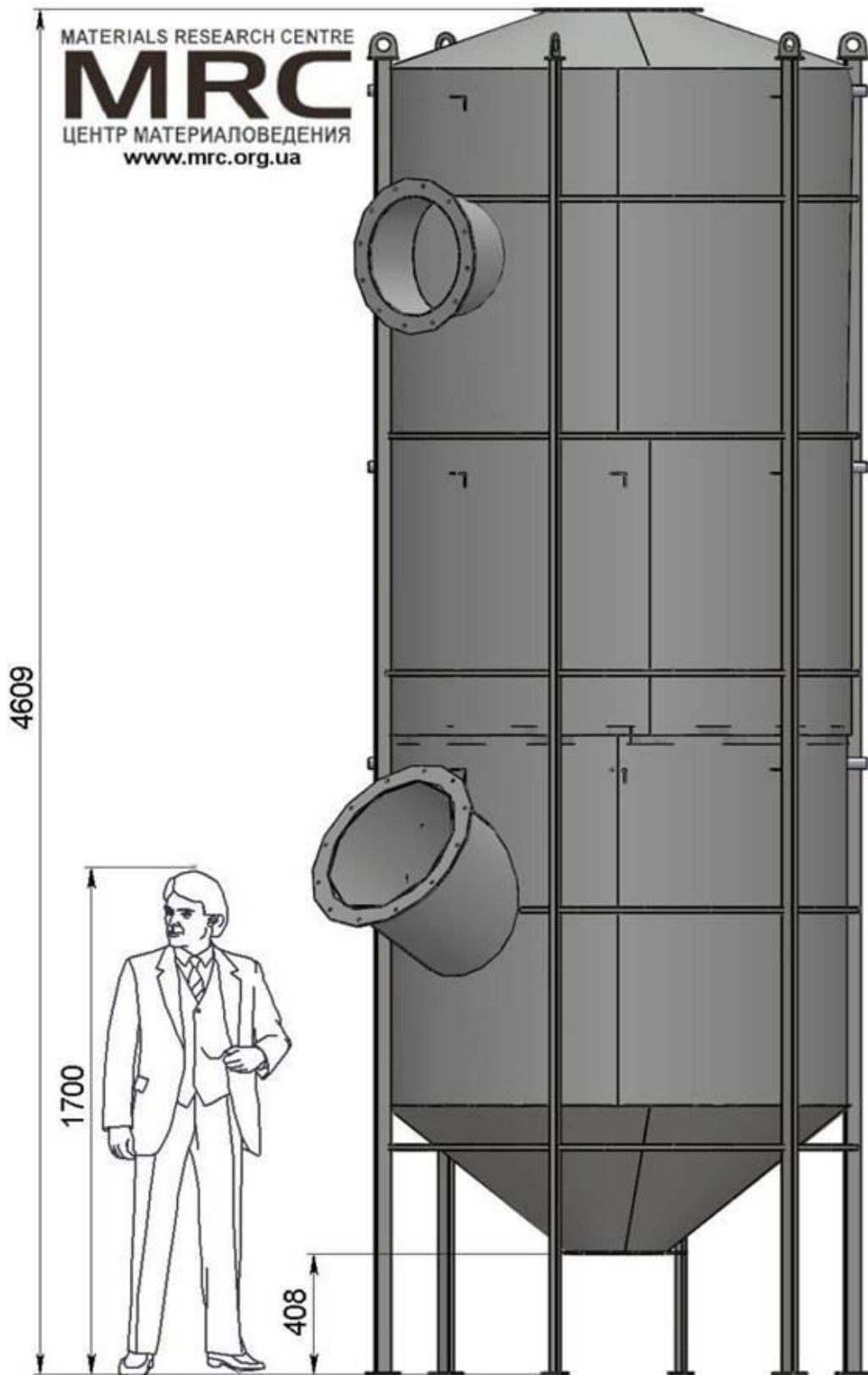
- δημοσίευση του SEEMP,
- υλοποίηση των αλλαγών στις διαδικασίες και τον εξοπλισμό του πλοίου,
- ανάθεση αρμοδιοτήτων,
- παροχή εκπαίδευσης στο πλήρωμα του πλοίου και στο προσωπικό ξηράς.

6. Διερεύνηση και ανάλυση εγκατάστασης νέων συστημάτων και μηχανών εσωτερικής καύσεως

6.1 Σύστημα Scrubber

Τα πλυντήρια ή τα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων (EGCS) χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση σωματιδίων και επιβλαβών συστατικών, όπως οξείδια θείου (SO_x) και οξείδια αζώτου (NO_x) από τα καυσαέρια που δημιουργούνται ως αποτέλεσμα διαδικασιών καύσης σε θαλάσσιους κινητήρες, για την εφαρμογή ελέγχου της ρύπανσης.

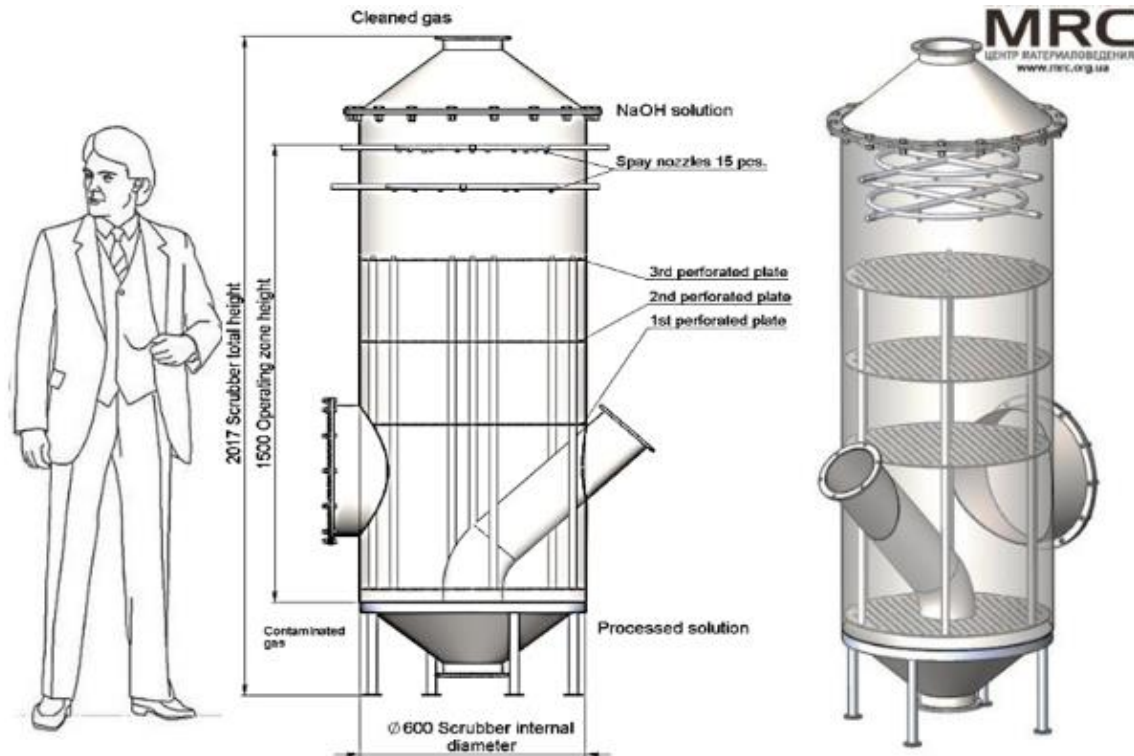
Αυτά τα συστήματα καθαρισμού έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία καυσαερίων από κύριους κινητήρες, βοηθητικούς κινητήρες και λέβητες, χερσαία και επί του σκάφους, σε θαλάσσια σκάφη, για να διασφαλιστεί ότι δεν θα προκληθεί ζημιά στην ανθρώπινη ζωή και στο περιβάλλον από τοξικές χημικές ουσίες.



Εικόνα 6.1: Πλήρες σύστημα πλυντρίδας σε πραγματική κλίμακα και διαστάσεις (πηγή: www.mrc.org.ua)



Οι εκπομπές θείου στην ατμόσφαιρα από τα θαλάσσια πλοία περιορίζονται από νέους και επικαιροποιημένους διεθνείς κανονισμούς, οι οποίοι τέθηκαν σε ισχύ από την 1η Ιανουαρίου 2020 βάσει της Συνθήκης Marpol.



Εικόνα 6.2: Πλήρες σύστημα πλυντρίδας σε κλίμακα (πηγή: www.mrc.org.ua)

Τα συστήματα καθαρισμού scrubber είναι μια διαφορετική ομάδα συσκευών ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αφαίρεση ορισμένων σωματιδίων και / ή αερίων από βιομηχανικά ρεύματα καυσαερίων. Οι πλυντρίδες είναι μία από τις κύριες συσκευές που ελέγχουν τις αέρια εκπομπές, ιδίως όξινα αέρια. Τα πλυντήρια αυτά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την ανάκτηση θερμότητας από θερμά αέρια με τη συμπύκνωση καυσαερίων.

Η αποτελεσματικότητα απομάκρυνσης των ρύπων βελτιώνεται αυξάνοντας τον χρόνο παραμονής στον καθαριστή ή με την αύξηση της επιφάνειας του διαλύματος του καθαριστή ή με τη χρήση ενός ακροφυσίου ψεκασμού.

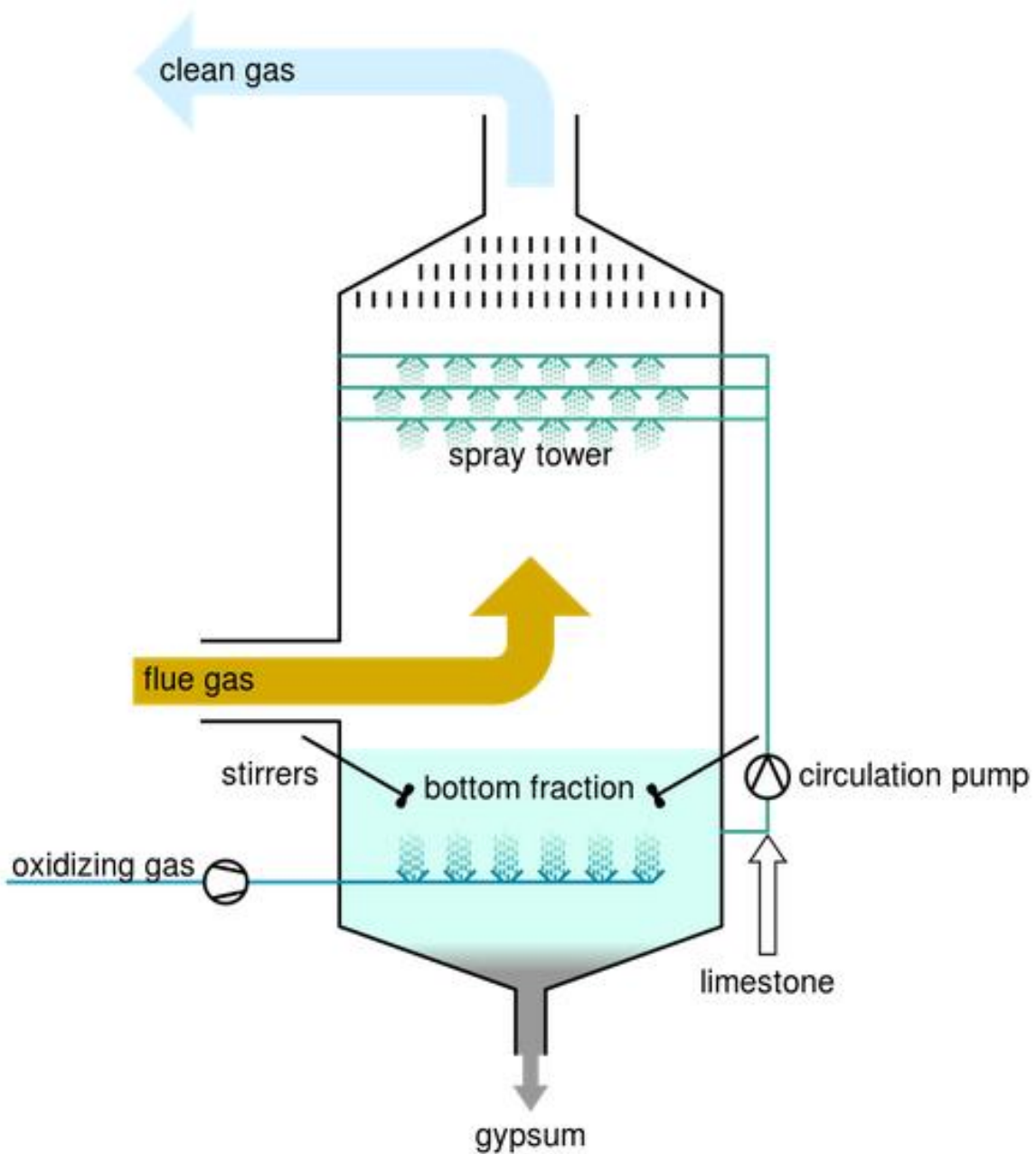
6.2 Τύποι συστημάτων scrubber

6.2.1 Wet Scrubbing

Τα καυσαέρια από τη καύση μπορεί να περιέχουν ουσίες που θεωρούνται επιβλαβείς για το περιβάλλον και η πλυντρίδα μπορεί να τις αφαιρέσει ή να εξουδετερώσει κάποιες από αυτές. Ένας υγρός καθαριστής χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό αέρα, αερίου καυσίμου ή άλλων αερίων διαφόρων ρύπων και σωματιδίων σκόνης. Το υγρό «τρίψιμο» λειτουργεί μέσω της επαφής των στοχευμένων ενώσεων ή σωματιδίων με το διάλυμα καθαρισμού. Τα διαλύματα μπορεί απλώς να είναι νερό (για σκόνη) ή διαλύματα αντιδραστηρίων που στοχεύουν συγκεκριμένα ορισμένες ενώσεις ρύπων.



Τα καυσαέρια διαφόρων διεργασιών μπορούν επίσης να περιέχουν υδατοδιαλυτά τοξικά και / ή διαβρωτικά αέρια όπως υδροχλωρικό οξύ (HCl) ή αμμωνία (NH₃). Αυτά μπορούν να αφαιρεθούν πολύ καλά με ένα υγρό πλυντήριο [7].



Εικόνα 6.3: Πλήρες σύστημα πλυντρίδας υγρού τύπου (πηγή: energyeducation.ca)



Η αποτελεσματικότητα απομάκρυνσης των ρύπων βελτιώνεται αυξάνοντας τον χρόνο παραμονής στον καθαριστή ή με την αύξηση της επιφάνειας του διαλύματος καθαριστή με τη χρήση ενός ψεκασμού μέσω ακροφυσίων, συσκευασμένων πύργων ή αναρροφητήρα.

Οι υγροί καθαριστές μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για ανάκτηση θερμότητας από θερμά αέρια με συμπύκνωση καυσαερίων. Σε αυτόν τον τρόπο, που ονομάζεται συμπυκνωτής πλυντρίδας, το νερό από την αποχέτευση της πλυντρίδας κυκλοφορεί μέσω ψυγείου στα ακροφύσια στην κορυφή του πλυντηρίου. Το καυτό αέριο εισέρχεται στο πλυντήριο στο κάτω μέρος. Εάν η θερμοκρασία του αερίου είναι πάνω από το σημείο δρόσου του νερού, ψύχεται αρχικά με ψεκασμό σταγόνων νερού. Η περαιτέρω ψύξη προκαλεί συμπύκνωση υδρατμών, προσθέτοντας την ποσότητα του κυκλοφορούντος νερού.

Η συμπύκνωση νερού απελευθερώνει σημαντικές ποσότητες θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας λόγω της υψηλής τιμής της ειδικής λανθάνουσας θερμότητας της εξάτμισης του νερού (πάνω από 2 gigajoules (560 kWh) ανά τόνο νερού, που μπορούν να ανακτηθούν από πιο δροσερό για π.χ. σκοπούς τηλεθέρμανσης).

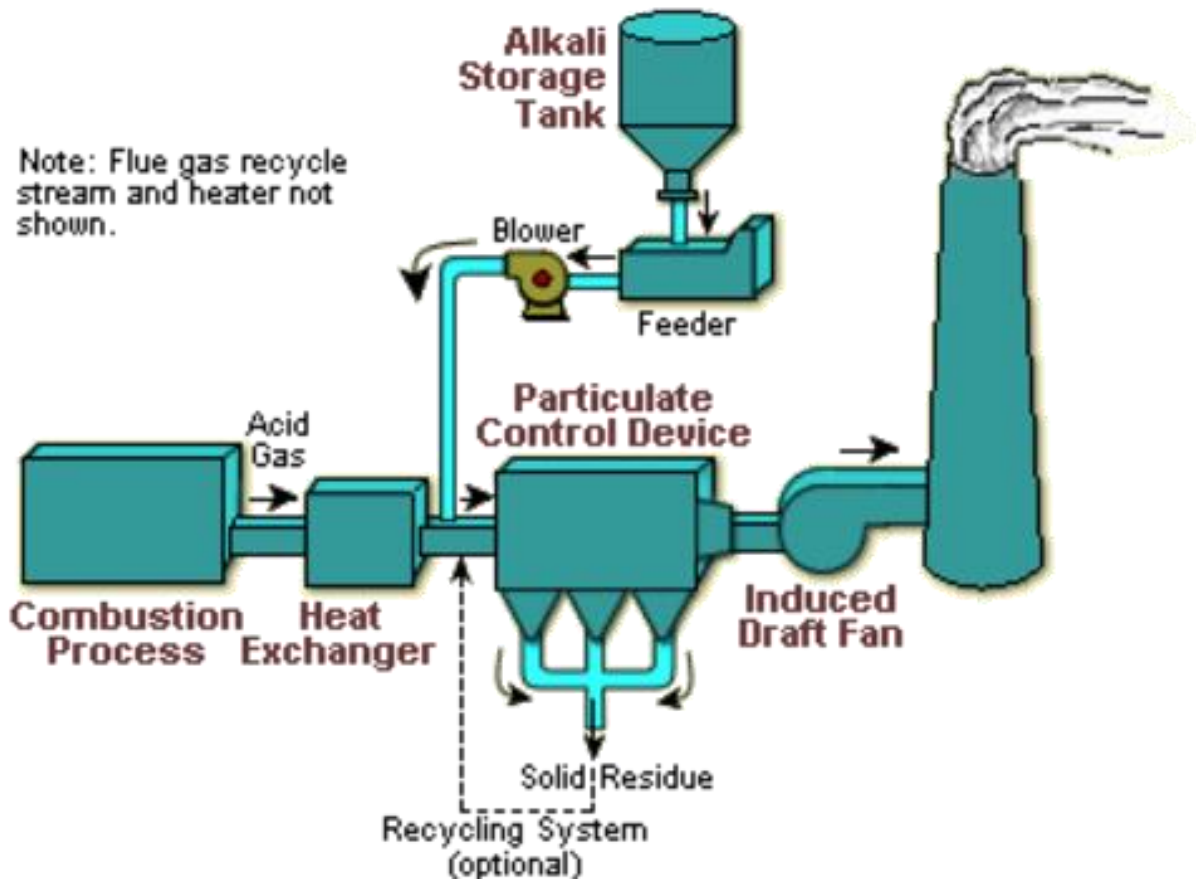
Το υπερβολικό συμπυκνωμένο νερό πρέπει να αφαιρείται συνεχώς από το κυκλοφορούν νερό.

6.2.2 Dry Scrubbing

Ένα ξηρό ή ημι-ξηρό σύστημα καθαρισμού, σε αντίθεση με τον υγρό καθαριστή, δεν διαποτίζει το ρεύμα καυσαερίων που υποβάλλεται σε επεξεργασία με υγρασία. Σε ορισμένες περιπτώσεις δεν προστίθεται υγρασία, ενώ σε άλλες προστίθεται μόνο η ποσότητα υγρασίας που μπορεί να εξατμιστεί στο καυσαέριο χωρίς συμπύκνωση.

Επομένως, οι ξηρές πλυντρίδες γενικά δεν έχουν απαιτήσεις στομίου ατμού ή απαιτήσεις χειρισμού / απόρριψης λυμάτων. Τα συστήματα ξηρού καθαρισμού χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των αερίων οξέος (όπως SO₂ διοξείδιο του θείου και HCl υδροχλωρικό οξύ.) κυρίως από τις πηγές καύσης.

Υπάρχουν διάφορα σχέδια συστημάτων καθαρισμού ξηρού τύπου. Ωστόσο, όλα αποτελούνται από δύο κύρια τμήματα ή συσκευές: μια συσκευή για την εισαγωγή του απορροφητικού υλικού οξέος στο ρεύμα αερίου και μια συσκευή ελέγχου σωματιδιακής ύλης για την απομάκρυνση των προϊόντων αντίδρασης, του περίσσιου απορροφητικού υλικού καθώς και οποιουδήποτε σωματιδιακού υλικού που υπάρχει ήδη στα καυσαέρια.



Εικόνα 6.4: Πλήρες σύστημα πλυντρίδας ξηρού τύπου (πηγή: waterwisesys.com)

Τα συστήματα ξηρού καθαρισμού μπορούν να χαρακτηριστούν ως εγχυτήρες ξηρού απορροφητή (DSIs) ή ως απορροφητικά στεγνωτήρια ψεκασμού (SDAs). Τα απορροφητικά στεγνωτήρια ψεκασμού καλούνται επίσης ημι-ξηρά πλυντήρια ή στεγνωτήρια ψεκασμού.

Τα συστήματα ξηρού καθαρισμού χρησιμοποιούνται συχνά για την απομάκρυνση οσμών και διαβρωτικών αερίων από τις εργασίες της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων. Το μέσο που χρησιμοποιείται είναι τυπικά μια ένωση ενεργοποιημένης αλουμίνας εμπροτισμένη με υλικά για τον χειρισμό συγκεκριμένων αερίων όπως το υδρόθειο.

Η έγχυση ξηρού προσροφητικού περιλαμβάνει την προσθήκη αλκαλικού υλικού (συνήθως ένυδρου ασβέστου, ανθρακικού νατρίου ή όξινου ανθρακικού νατρίου) στο ρεύμα αερίου για αντίδραση με τα όξινα αέρια.

Αυτά τα απλά συστήματα μπορούν να επιτύχουν μόνο περιορισμένες αποδόσεις απομάκρυνσης αερίων οξέος (SO_2 και HCl). Υψηλότερες αποδόσεις συλλογής μπορούν να επιτευχθούν αυξάνοντας την υγρασία των καυσαερίων (δηλαδή, ψύξη με ψεκασμό νερού).

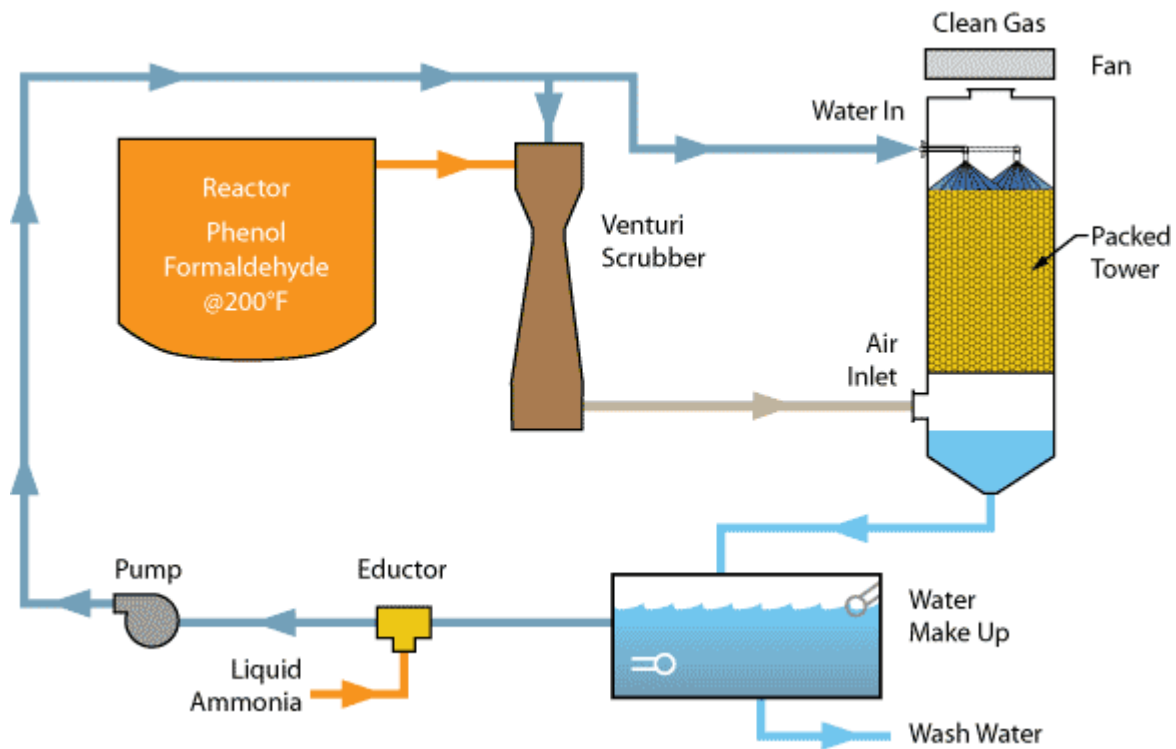


Στα απορροφητικά στεγνωτήρια ψεκασμού, τα καυσαέρια εισάγονται σε έναν πύργο απορρόφησης (στεγνωτήριο) όπου τα αέρια έρχονται σε επαφή με έναν λεπτόκοκκο ψεκασμένο αλκαλικό πολτό. Τα όξινα αέρια απορροφώνται από το μείγμα πολτού και αντιδρούν για να σχηματίσουν στερεά άλατα τα οποία απομακρύνονται από τη συσκευή ελέγχου σωματιδίων.

Η θερμότητα του καυσαερίου χρησιμοποιείται για την εξάτμιση όλων των σταγονιδίων νερού, αφήνοντας ένα μη κορεσμένο καυσαέριο να βγει από τον πύργο απορροφητή. Τα στεγνωτήρια ψεκασμού είναι ικανά να επιτύχουν υψηλές (80 +%) αποδόσεις αφαίρεσης οξέος. Αυτές οι συσκευές έχουν χρησιμοποιηθεί σε λέβητες βιομηχανικής χρήσης και χρησιμότητας και σε αποτεφρωτήρες αστικών αποβλήτων.

6.2.3 Απορροφητές

Πολλές χημικές ουσίες μπορούν να αφαιρεθούν από τα καυσαέρια επίσης χρησιμοποιώντας ένα υλικό προσρόφησης. Το καυσαέριο διέρχεται από ένα φυσίγγιο το οποίο είναι γεμάτο με ένα ή περισσότερα υλικά προσρόφησης και έχει προσαρμοστεί στις χημικές ιδιότητες των συστατικών που πρέπει να αφαιρεθούν. Αυτός ο τύπος πλυντρίδας ονομάζεται μερικές φορές και ξηρός. Το υλικό προσρόφησης πρέπει να αντικατασταθεί αφού κορεστεί η επιφάνειά του.



Εικόνα 6.5: πλήρες σύστημα πλυντρίδας με απορροφητές χημικών (πηγή: monroenvironmental.com)

Σημείωση: η προσρόφηση είναι επιφανειακό φαινόμενο, η απορρόφηση περιλαμβάνει ολόκληρο το υλικό. Π.χ. : Ο Ενεργός άνθρακας ένα προσροφητικό, που χρησιμοποιείται για την προσρόφηση των οσμών.



6.2.4 Διαχείριση αποβλήτων

Μία παρενέργεια του καθαρισμού είναι ότι η διαδικασία αυτή μετακινεί μόνο την ανεπιθύμητη ουσία από τα καυσαέρια σε υγρό διάλυμα, στερεή πάστα ή μορφή σκόνης. Αυτό πρέπει να απορρίπτεται με ασφάλεια, εάν δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.

Για παράδειγμα, η αφαίρεση υδραργύρου οδηγεί σε ένα απόβλητο προϊόν το οποίο είτε χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία για την εξαγωγή του ακατέργαστου υδραργύρου, είτε πρέπει να ταφεί σε έναν ειδικό χώρο υγειονομικής ταφής επικίνδυνων αποβλήτων που εμποδίζει τον υδράργυρο να διεισδύσει στο περιβάλλον. Υπάρχουν προβλήματα με αυτό, καθώς είναι εξαιρετικά επικίνδυνο για το περιβάλλον και πολλά εργοστάσια δεν μπορούν να τα επεξεργαστούν ή να μπορέσουν να το μετακινήσουν σε χώρο υγειονομικής ταφής.

Ως παράδειγμα επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης τέτοιων ουσιών, οι πλυντρίδες με βάση τον ασβεστόλιθο σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με άνθρακα μπορούν να παράγουν συνθετικό γύψο επαρκούς ποιότητας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή γυψοσανίδας και άλλων βιομηχανικών προϊόντων.

6.3 Μηχανές φυσικού αερίου LNG

Το υγρό φυσικό αέριο (LNG) θεωρείται πιθανή εναλλακτική λύση έναντι του συμβατικού βαρέος μαζούτ (HFO) και του θαλάσσιου πετρελαίου (MGO) εν μέρει λόγω των αντιληπτών περιβαλλοντικών οφελών του, καθώς το LNG μπορεί να οδηγήσει σε καθαρή μείωση του SO_x έως και 100% και Εκπομπές NO_x έως 90% σε σύγκριση με το HFO.

Για κίνηση μηχανών, είναι δυνατή η χρήση των ακόλουθων εναλλακτικών ενεργειακών πόρων: Υγραέριο (LPG), συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG), υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), βιοντίζελ, καύσιμα με βάση τον μεθυλεστέρα του κραμβελαίου, καύσιμα που χρησιμοποιούν αλκοόλ (μεθανόλη, αιθανόλη, βουτανόλη), υδρογόνο και ηλεκτρική ενέργεια.

Από τις προαναφερόμενες εναλλακτικές πηγές ενέργειας (χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η ηλεκτρική ενέργεια), το φυσικό αέριο είναι μια πηγή που είναι, σχετικά, μια από τις πιο φιλικές προς το περιβάλλον, καθώς έχει μια εγγενώς καθαρή διαδικασία καύσης. Σύμφωνα με τα μελλοντικά σενάρια που θα παρουσιάσει ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (ΔΟΕ), η ζήτηση για φυσικό αέριο πρέπει να αποτελεί έναν από τους ταχύτερους ρυθμούς ανάπτυξης.

Το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη φυσική του μορφή, σε συμπιεσμένη κατάσταση (CNG) ή σε υγρή κατάσταση (LNG). Το LNG είναι πιο κατάλληλο για βαρέα οχήματα, καθώς η ενέργειά του είναι πυκνότερη από το CNG. Τα τελευταία χρόνια, από τις διαθέσιμες φόρμες, το ΥΦΑ έχει γίνει δημοφιλής επιλογή για πολλές μικρές και μεσαίες αλυσίδες εφοδιασμού. Αυτό είναι σημαντικό για πολλούς τομείς, όπως η γεωργία.

Μερικά παραδείγματα μπορούν να βρεθούν στη Νορβηγία ή στην Ιαπωνία, όπου οι αλυσίδες εφοδιασμού μικρής κλίμακας ικανοποιούν τις ανάγκες των τοπικών καταναλωτών, όπως οι εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας και η χημική βιομηχανία. Επιπλέον, οι περιορισμοί εκπομπών στις θαλάσσιες μεταφορές που επιβάλλονται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (ΙΜΟ) ευνοούν τη χρήση ΥΦΑ ως καθαρότερο προωθητικό καύσιμο για πλοία.



Επίσης, ορισμένοι ηγέτες του κλάδου και υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής θεωρούν επίσης το ΥΦΑ μια επιλογή για την παροχή μιας πορείας για την απαλλαγή από τον άνθρακα στον τομέα της ναυτιλίας, με αποτέλεσμα το ΥΦΑ να κατατάσσεται ως «εναλλακτικό καύσιμο [6].

6.4 Υβριδική τεχνολογία στα πλοία

Η απανθρακοποίηση, απαιτεί τη χρήση τεχνολογιών απόδοσης, τη βελτιστοποίηση των λιμενικών και των επιχειρησιακών logistics πλοίων, και τα καύσιμα ουδέτερου άνθρακα να γίνουν ο κανόνας. Το σημαντικό είναι ότι η ζήτηση των πελατών για διαφάνεια ωθεί τον κλάδο προς την υβριδική ναυτιλία και επιτυγχάνει τεράστιους στόχους αποκαρβονισμού.

Οι ναυτιλιακές αγορές αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των παγκόσμιων αλυσίδων εφοδιασμού μέσω μεταφοράς ενέργειας, εμπορευμάτων και μεταποιημένων αγαθών σε τεράστιους όγκους - σχεδόν το 80% του παγκόσμιου εμπορίου φυσικών αγαθών. Ωστόσο, η ναυτιλιακή βιομηχανία καίει το βρώμικο καύσιμο στον κόσμο για να μεταφέρει φορτία και επιβάτες σε όλο τον κόσμο. Είναι ένας από τους μεγαλύτερους συντελεστές στην κλιματική αλλαγή, που αντιπροσωπεύει έως και 3% των παγκόσμιων εκπομπών και 10% των εκπομπών μεταφορών.

Η ναυτιλία έχει εισέλθει στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση

Η ετήσια ανασκόπηση του Διεθνούς Επιμελητηρίου Ναυτιλίας για το 2019 αναφέρει ότι μια νέα εποχή βρίσκεται στη ναυτιλιακή βιομηχανία λόγω της «ριζικής προόδου στην επικοινωνία και τη σύνδεση στο Διαδίκτυο». Ο οργανισμός βλέπει τη δυνατότητα να βελτιώσει δραστικά την αποτελεσματικότητα των θαλάσσιων μεταφορών, ενώ υποστηρίζει περαιτέρω βελτιώσεις στην ασφάλεια και τις περιβαλλοντικές επιδόσεις.

Η υβριδική τεχνολογία που συνδυάζει πρωταρχικό κινητήρα και ενεργειακή αποθήκευση χρησιμοποιείται με επιτυχία σε οχήματα στην αυτοκινητοβιομηχανία και έχει αποδειχθεί ότι συμβάλλει στις εκπομπές CO₂. Η έννοια της αποθηκευμένης ενέργειας στα πλοία έχει καθιερωθεί από τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, όπου τα υποβρύχια χρησιμοποίησαν ηλεκτρική ενέργεια για την πρόωση υποβρύχιων, όπου η λειτουργία των πετρελαιοκινητήρων δεν ήταν δυνατή.

Συνήθως, η βελτιστοποίηση των κινητήρων marine diesel στοχεύει στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, ενώ μηχανικά μέρη όπως οι υπερσυμπιεστές της μηχανής τα λεγόμενα αλλιώς turbo, επηρεάζουν τη συνολική απόδοση. Οι κινητήρες λειτουργούν σε συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες ανάλογα με τα κύματα και τον άνεμο, καθώς και τις απαιτήσεις του ναυλωτή, αλλάζουν συνεχώς την ταχύτητα και τον προορισμό του ταξιδιού. Έτσι, οι κύριες μηχανές πρόωσης του πλοίου, δεν λειτουργούν στο βέλτιστο σημείο τους και ως εκ τούτου αυξάνεται η ειδική κατανάλωση καυσίμου (SFOC).

Όλα τα ηλεκτρικά και υβριδικά πλοία με αποθήκευση ενέργειας σε μεγάλες μπαταρίες ιόντων λιθίου μπορούν να προσφέρουν σημαντικές μειώσεις στο κόστος καυσίμου, τη συντήρηση και τις εκπομπές, καθώς και βελτιωμένη απόδοση, κανονικότητα και ασφάλεια.



Εικόνα 6.6: Πλοίο ecofriendly με κινητήρα υβριδικής τεχνολογίας της Wartsila (Πηγή: Wartsila.com)

6.5 Αιολική – Ηλιακή ενέργεια στα πλοία

6.5.1 Ηλιακή ενέργεια

Ένα από τα πλεονεκτήματα της πράσινης ενέργειας είναι ότι δεν χρειάζεται να παράγεται ή να εισάγεται από ξένες χώρες. Ανανεώσιμες πηγές, όπως ο άνεμος και το ηλιακό φως, μπορούν να αξιοποιηθούν οπουδήποτε. Η ανανεώσιμη ενέργεια είναι απεριόριστη και φθηνότερη

Ένα άλλο πρωταρχικό όφελος της ανανεώσιμης ενέργειας είναι ότι είναι ακριβώς αυτό που προβάλλει το όνομα - ανανεώσιμο. Ο άνθρακας και το πετρέλαιο είναι πεπερασμένοι πόροι. Ακόμα κι αν η γη κρατά αρκετά για να μας υποστηρίξει πέρα από τη διάρκεια ζωής αυτής της γενιάς, τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων θα εξαντληθούν και οι διαδικασίες ανεύρεσης και εξόρυξης θα συνεχίσουν να γίνονται πιο δύσκολες καθώς τα αποθέματα γίνονται λιγότερα (για να μην αναφέρουμε πιο ακριβά).

Ωστόσο, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι απεριόριστες. Ο ήλιος θα συνεχίσει να λάμπει και ο άνεμος δεν θα σταματήσει ποτέ να φυσάει, και όταν συνδυάζεται με άλλες μεθόδους όπως η γεωθερμική θερμότητα, οι φυσικοί πόροι μπορούν να τροφοδοτήσουν και ακόμη και να υπερβούν τις ενεργειακές ανάγκες ολόκληρης της χώρας - και του κόσμου.

Από άποψη κόστους, η Forbes σημειώνει ότι η τιμή της παραγωγής ενέργειας από την ξηρά αιολική ενέργεια μειώθηκε κατά 23% από το 2010 έως το 2018 και το κόστος της φωτοβολταϊκής ισχύος μειώθηκε κατά 73% την ίδια περίοδο.

Το πρώτο κοστίζει κατά μέσο όρο 0,06 \$ ανά κιλοβατώρα (αν και ορισμένες εφαρμογές είναι τώρα στα 0,04 \$) και το δεύτερο κοστίζει 0,10 \$ ανά Kwh. Αυτές οι τιμές συγκρίνονται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ορυκτών καυσίμων, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 0,05 \$ και 0,17 \$ ανά Kwh. Η IRENA - ο Διεθνής Οργανισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας - λέει ότι "όλες οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα πρέπει να είναι ανταγωνιστικές ως



προς τις τιμές με τα ορυκτά καύσιμα έως το 2020". Η πράσινη ενέργεια θα επιτρέψει στη ναυτιλιακή βιομηχανία να επεκταθεί

Παρά την εκτεταμένη εμβέλεια της ναυτιλιακής βιομηχανίας, εξακολουθούν να υπάρχουν μέρη του κόσμου όπου οι άνθρωποι ζουν χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα και επομένως δεν έχουν πρόσβαση σε εισαγόμενα αγαθά ή μέσα για να εξαγάγουν τα δικά τους.

Το Business.com αναφέρει ότι το 2011, 1,1,3 δισεκατομμύρια άνθρωποι σε όλο τον κόσμο - κυρίως στην Ασία και την υποσαχάρια Αφρική - δεν είχαν πρόσβαση σε ηλεκτρισμό λόγω μιας παραμορφωμένης αγοράς ενέργειας ορυκτών καυσίμων. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να φτάσουν σε αυτές τις περιοχές, παρέχοντας όχι μόνο σπίτια και κτίρια με ισχύ, αλλά ενδεχομένως ηλεκτρικά οχήματα και άλλους τρόπους μεταφοράς.

Ενώ χρειάζονται περισσότερα, υπάρχουν ευτυχώς κινήσεις προς τη σωστή κατεύθυνση για τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Η Science Direct, ως πηγή, αναφέρει ότι ενώ η ηλεκτρική ενέργεια στις μεταφορές φαινόταν κάποτε μακριά, τα ηλεκτρικά οχήματα σημείωσαν ταχεία πρόοδο τα τελευταία χρόνια. Περίπου το ένα τοις εκατό όλων των πωλήσεων αυτοκινήτων το 2016 ήταν EV, με σχεδόν δύο εκατομμύρια στο δρόμο από τον Απρίλιο του 2019.

Τα επιβατικά οχήματα είναι υπεύθυνα για το ήμισυ περίπου της κατανάλωσης ενέργειας στον τομέα των μεταφορών, αντικαθιστώντας έτσι μοντέλα με βάση τα ορυκτά καύσιμα με ηλεκτρικά. με ηλιακή ή άλλη ανανεώσιμη ενέργεια, μπορεί να μειώσει δραστικά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Όταν η παρόμοια τεχνολογία είναι διαθέσιμη στη βιομηχανία φορτηγών, το ηλεκτρονικό εμπόριο και άλλες αποστολές θα μπορούσαν να επιταχυνθούν σημαντικά.

Όσον αφορά τη θαλάσσια ναυτιλία, η Marine Insight σημειώνει ότι υπάρχουν πολλές ιδέες πλοίων σε εξέλιξη που θα αξιοποιήσουν την αιολική ενέργεια. Μερικές εταιρείες έχουν επίσης ανακοινώσει προθέσεις να στραφούν σε ελαφρύτερο πετρέλαιο θαλάσσιου φυσικού αερίου, το οποίο δεν είναι ανανεώσιμο, αλλά ένα πρακτικό βήμα προς την είσοδο στην πράσινη ενέργεια.

Η ναυτιλιακή βιομηχανία χρειάζεται ανανεώσιμη ενέργεια. Η μετάβαση δεν θα ωφελήσει μόνο το περιβάλλον και τη διαβίωση των ανθρώπων, αλλά και την αποδοτικότητα και την αποδοτικότητα του τομέα.

6.5.2 Αιολική ενέργεια

Καθώς η ναυτιλιακή βιομηχανία βαδίζει στην εποχή των αυστηρών περιβαλλοντικών κανονισμών και του αυξανόμενου κόστους των καυσίμων, οι ναυτιλιακές εταιρείες και οι οργανισμοί ξοδεύουν σημαντικό αριθμό πόρων για να αναζητήσουν βιώσιμες εναλλακτικές τεχνολογίες πράσινων πλοίων, οι οποίες όχι μόνο θα βοηθήσουν στην επιτυχή τροφοδότηση των πλοίων αλλά και θα ικανοποιήσουν την αυξανόμενη ανάπτυξη απαιτήσεις για πρότυπα προστασίας του περιβάλλοντος.

Σε ένα πρόσφατο τεύχος του Horizon, το Lloyd's Register παρείχε μια σειρά έργων στα οποία συμμετείχαν πλοία που χρησιμοποιούν με επιτυχία την αιολική ενέργεια στο μέλλον. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των δοκιμών μίας από τις έννοιες, οι ειδικοί πιστεύουν ότι εάν η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται με τον σωστό τρόπο, τότε είναι δυνατή η εξοικονόμηση καυσίμου έως και 50% ειδικά στις θυελλώδεις διαδρομές.

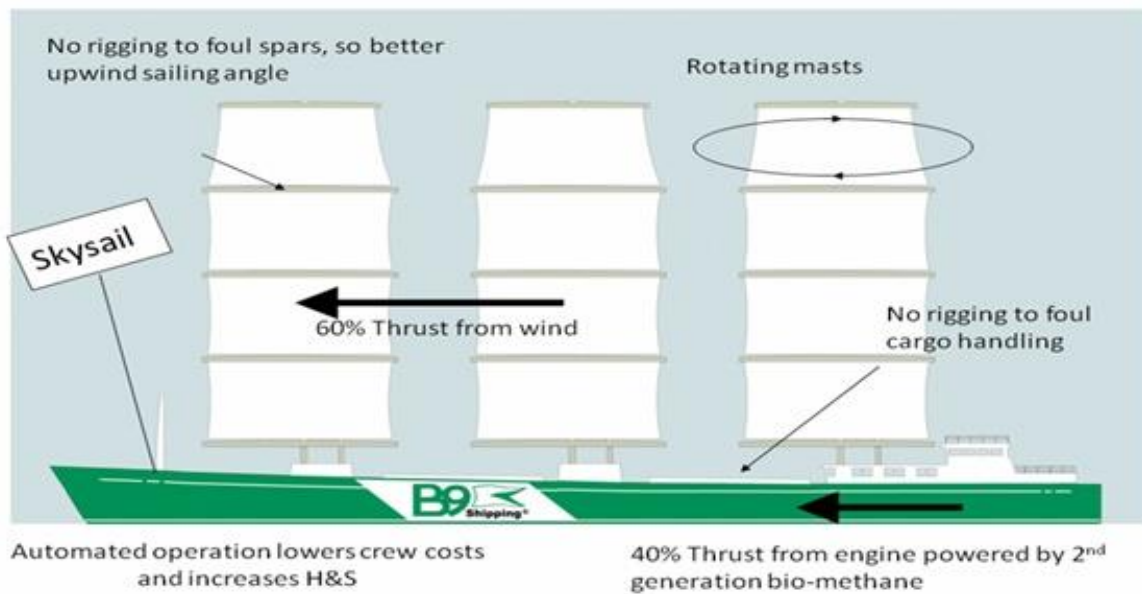
Ορισμένα έργα βρίσκονται υπό ανάπτυξη σε όλο τον κόσμο για να εκμεταλλευτούν τα οφέλη της αιολικής ενέργειας για τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Παρακάτω αναφέρονται μερικές από τις



σημαντικότερες έννοιες και τεχνολογίες πράσινων πλοίων που αναμένεται να αποφέρουν ευνοϊκά αποτελέσματα στη ναυτιλιακή βιομηχανία [9].

B9 Sail Cargo Ship

Η χρήση πανιών για φορτηγά πλοία είναι μια ιδέα που βρίσκεται υπό έρευνα εδώ και αρκετό καιρό. Η ιδέα B9 που περιστρέφεται γύρω από ένα φορτηγό πλοίο που χρησιμοποιεί ένα μοναδικό σύστημα προώσης πανιού που χρησιμοποιεί αιολική ενέργεια για να παράγει το 60% της ισχύος για την προώθηση του πλοίου και το υπόλοιπο από βοηθητικούς κινητήρες που τροφοδοτούνται με βιοαέριο.



Εικόνα 6.7: Σχεδιασμός και αρχή λειτουργίας πλοίου κινούμενου με αιολική ενέργεια (πηγή: newatlas.com)

Eco Marine Power Wind – Solar Ship

Η τεχνολογία EnergySail της Eco Marine Power χρησιμοποιεί μια σειρά από άκαμπτα πανιά που μπορούν να χρησιμοποιούν τόσο την αιολική όσο και την ηλιακή ενέργεια. Τα πανιά μπορούν να χρησιμοποιηθούν με άλλες τεχνολογίες πράσινων πλοίων για τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών αερίων. Οι τεχνολογίες αναμένεται να εφαρμοστούν σε ένα μελλοντικό πλοίο που ονομάζεται Aquarius Eco Ship.

Το EnergySail είναι σε αντίθεση με οποιοδήποτε άλλο πανί - μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και όταν ένα πλοίο βρίσκεται σε αγκυροβόλιο ή σε λιμάνι και έχει σχεδιαστεί για να αντέχει σε υψηλούς ανέμους ή ακόμη και ξαφνικές μικρό ριπές ανέμου. Μπορεί να τοποθετηθεί σε μια μεγάλη ποικιλία πλοίων, από μεγάλους μεταφορείς χύδην φορτίου Capesize έως και περιπολικά ακτοφυλακής.



Εικόνα 6.8: Πλοίο κινούμενο αποκλειστικά με ηλεκτρικό κινητήρα τροφοδοτούμενο από αιολική ενέργεια (concept) (πηγή: ecomarinepower.com)

Sky Sails / Kite Ship

Η τεχνολογία skysail χρησιμοποιεί αιωρούμενα πανιά για την πρόωση του πλοίου, μειώνοντας το φορτίο του κινητήρα και μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου. Αυτή η καινοτόμος χρήση της αιολικής ενέργειας έχει εφαρμοστεί σε διάφορους τύπους φορτηγών πλοίων με θετικά αποτελέσματα.

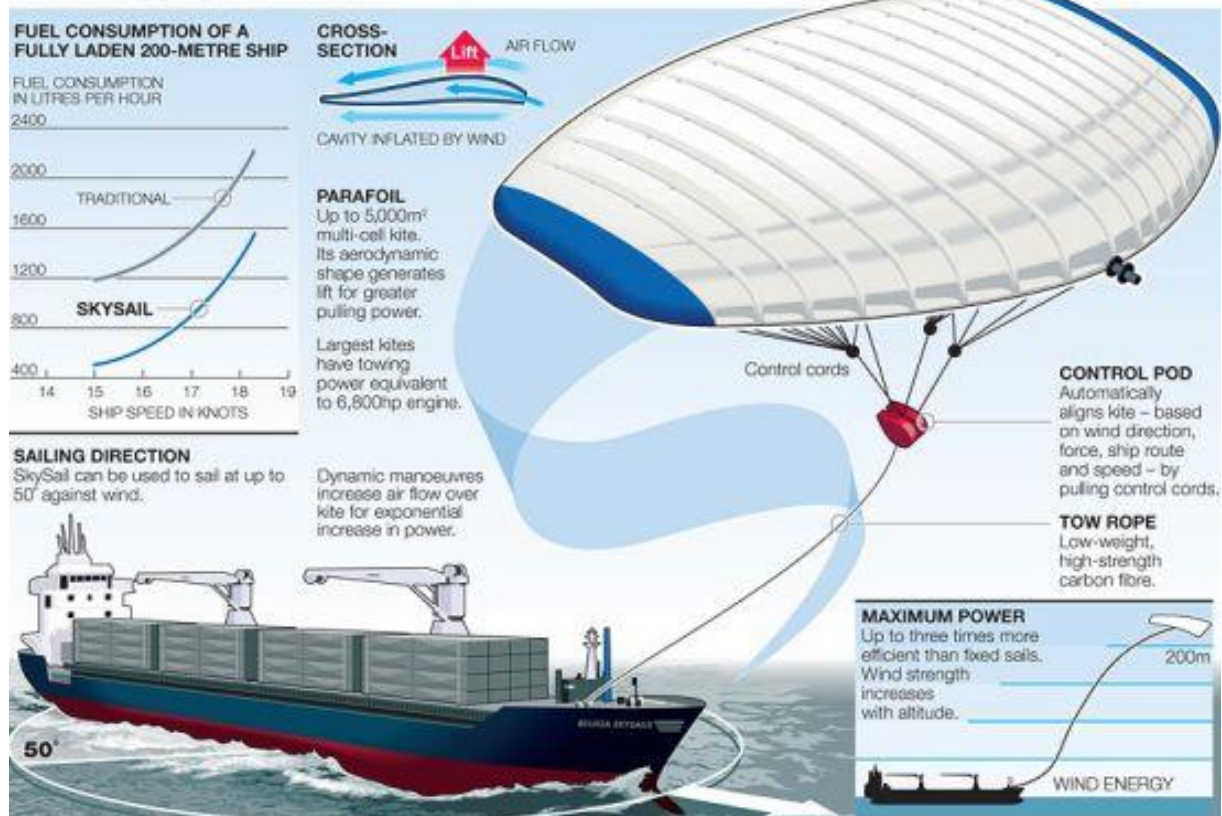


Εικόνα 6.9: Πρώτες προσπάθειες εφαρμογής της αιολικής ενέργειας σε πλοίο (πηγή: newatlas.com)



Ο χαρταετός ή η τεχνολογία skysail έχει αποδειχθεί ότι μειώνει την κατανάλωση καυσίμου των πλοίων όταν ο χαρταετός χρησιμοποιείται σε ισχυρούς ανέμους. Aghina Marina - Το μεγαλύτερο πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου που χρησιμοποιεί την τεχνολογία skysail και το Belunga Skysail είναι μερικά παραδείγματα όπου η τεχνολογία χαρταετού έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς.

HARNESSING THE WIND



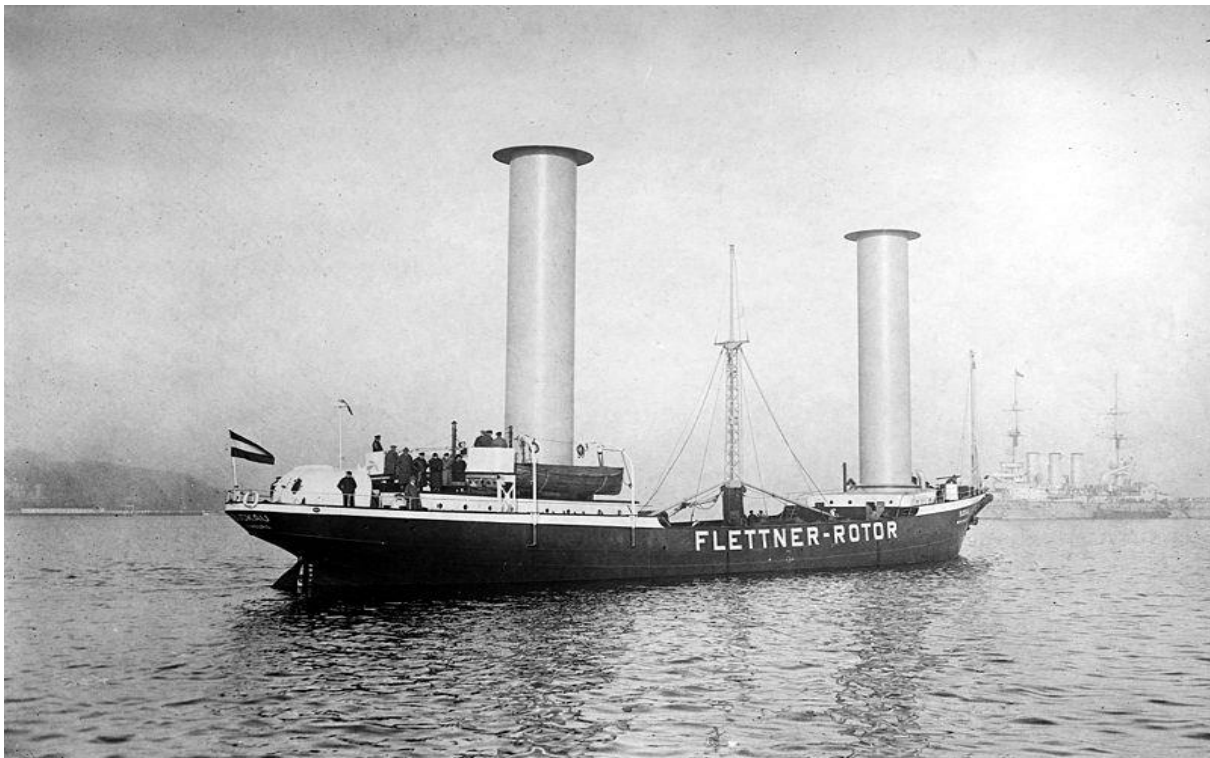
Εικόνα 6.10: Σχεδιασμός και ανάλυση συστημάτων ώθησης πλοίων με αιολική ενέργεια (πηγή: newatlas.com)

Flettner Rotor Ship

Οι ρότορες Flettner είναι ειδικοί κάθετοι κύλινδροι περιστροφής που χρησιμοποιούν το Magnus Effect για την πρόωση του πλοίου. Αυτή η ιδέα του πλοίου που χρησιμοποιεί τέτοια τεχνολογία είναι γνωστή ως ρότορας ή Flettner Ship. Η χρήση κυλινδρικών κάθετων σωμάτων για πρόωση με χρήση του φαινομένου Magnus effect δεν είναι μια νέα ιδέα πλοίου. Ο Γερμανός μηχανικός Anton Flettner ήταν ο πρώτος που κατασκεύασε ένα τέτοιο πλοίο το 1922 χρησιμοποιώντας το Magnus effect propulsion.



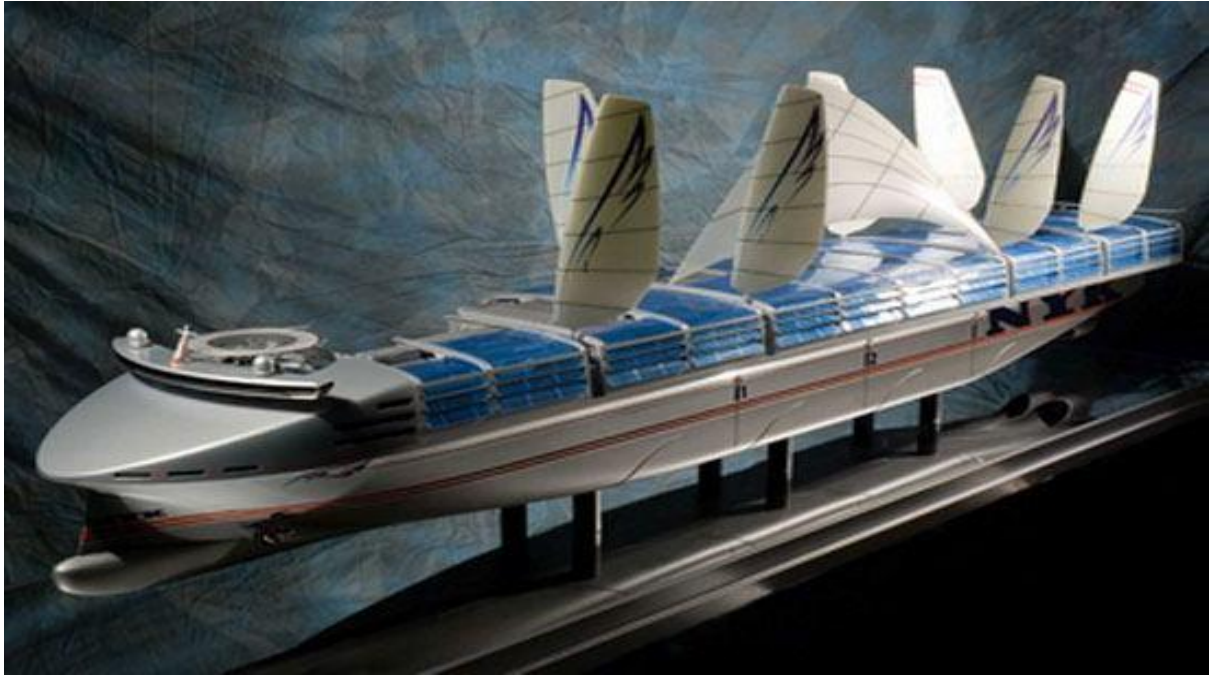
Εικόνα 6.11: Πλοίο κινούμενο με τεχνολογία Magnus / Flettner Rottor (πηγή: maritimocyprus.com)



Εικόνα 6.12: Το πρώτο πλοίο κινούμενο με τεχνολογία Magnus / Flettner Rottor (πηγή: maritimocyprus.com)

NYK Super Eco-Ship 2030

Με το όνειρο να πετύχει μηδενικές εκπομπές ρύπων σε πλοία έως το 2030, η εταιρία NYK σχεδίασε το φουτουριστικό Eco-Ship 2030. Η ιδέα του πράσινου πλοίου έχει μια ποικιλία μοναδικών χαρακτηριστικών, όπως δομή μείωσης βάρους, βελτιστοποιημένη μορφή σχεδιασμού για απόδοση πρόωσης, αξιοποίηση ηλιακής και αιολικής ενέργειας εξοπλισμό και χρήση κυψελών καυσίμου για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με εκπληκτική απόδοση και εξοικονόμηση έως και 69%.



Εικόνα 6.13: Conceptual design υβριδικού πλοίου που συνδυάζει όλες τις τεχνολογίες που προαναφέρθηκαν (πηγή: NYK.com)

Το concept του πλοίου χρησιμοποιεί επίσης νέα υλικά όπως εξαιρετικού υψηλού εφελκυσμού χάλυβα και κράματα, και σύνθετα υλικά, και μεταφέρει ελαφρύτερες δεξαμενές καυσίμων και λιγότερα καύσιμα για συνολική μείωση κατά 20% βάρους και 9% διοξείδιο του άνθρακα.

STX Eoseas

Το STX Eoseas είναι μια καινοτόμος ιδέα κρουαζιερόπλοιων που αναπτύχθηκε από την STX Europe. Το έργο στοχεύει στη χρήση θαλάσσιων καθαρών τεχνολογιών για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 50%, των εκπομπών CO₂ κατά 50%, του SO₂ κατά 100%, του NO_x κατά 90% και της τέφρας κατά 100%. Το πρωτότυπο πλοίο θα τροφοδοτείται από τέσσερις ηλεκτρικές γεννήτριες ντίζελ LNG.



Εικόνα 6.14: Πλοίο σχεδιασμένο με πανιά, κατοχυρωμένα με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας (πηγή: eoseas.com)



Το πλοίο είναι εξοπλισμένο με μια καινοτόμο ιδέα πανιού που έχει κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από την STX France και βοηθά στη χρήση της αιολικής ενέργειας για την προώθηση.

7. Λειτουργικά κόστη των πλοίων σύμφωνα με τη ποιότητα καυσίμου σε συστήματα Scrubber και LNG μηχανών

Αρκετές μελέτες που εξετάζουν το κόστος-όφελος των συστημάτων καθαρισμού κατέληξαν σε παρόμοια συμπεράσματα. Η διαφορά τιμής μεταξύ HFO και MGO, ο χρόνος που αφιερώνεται σε περιοχές ελέγχου εκπομπών και η εναπομένουσα διάρκεια ζωής του πλοίου θεωρούνται όλοι ως θεμελιώδεις παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την εξέταση μιας εγκατάστασης πλυντρίδων (Abadie, Goicoechea και Galarraga 2017; Christensen, Jiang και Kronbak 2014). Οι Gu και Wallace (2017) υποστηρίζουν ότι ορισμένα από τα οφέλη από τη χρήση πλυντηρίων για συμμόρφωση με τους κανονισμούς εκπομπών είναι υπερβολικά υπερεκτιμημένα.

Η μελέτη τους δείχνει ότι εάν συμπεριληφθούν πιθανές βελτιστοποιήσεις διαδρομής (για ελαχιστοποίηση του χρόνου σε ECA) κατά την εξέταση μιας εγκατάστασης καθαριστή, η επένδυση σε ένα σύστημα καθαρισμού μπορεί να φαίνεται λιγότερο επικερδής σε σύγκριση με τα κοινά σενάρια που παρουσιάζονται σε άλλες μελέτες.

Ως μέρος ενός μεγάλου έργου σχετικά με την πρακτική εφαρμογή ενός συστήματος πλυσίματος scrubber σε πλοίο της Stena Lines, το Σουηδικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικής Έρευνας πραγματοποίησε εκτεταμένη μελέτη που αποτελείται από διάφορες δραστηριότητες. Από τη σκοπιά των εκπομπών, η μελέτη διαπίστωσε ότι οι συντελεστές εκπομπών SO₂ και υδρογονανθράκων είναι χαμηλότεροι με ένα πλυντήριο σε σύγκριση με τη λειτουργία σε VLSFO καύσιμο με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο. (Fridell et al. 2018, σελ. 6).

Type of scrubber	Installation old vessel (cargo vessel, 20 MW)	Installation new built (cargo vessel, 20 MW)
Wet-scrubber open system	2.4 million Euro	2.1 million Euro
Wet-scrubber closed system	2.4 million Euro	1.9 million Euro
Hybrid system	3.0 million Euro	2.6 million Euro

Εικόνα 7.1: Πίνακας με οικονομικά δεδομένα τοποθέτησης συστημάτων scrubber σε νέα και παλαιά πλοία (πηγή: [5])

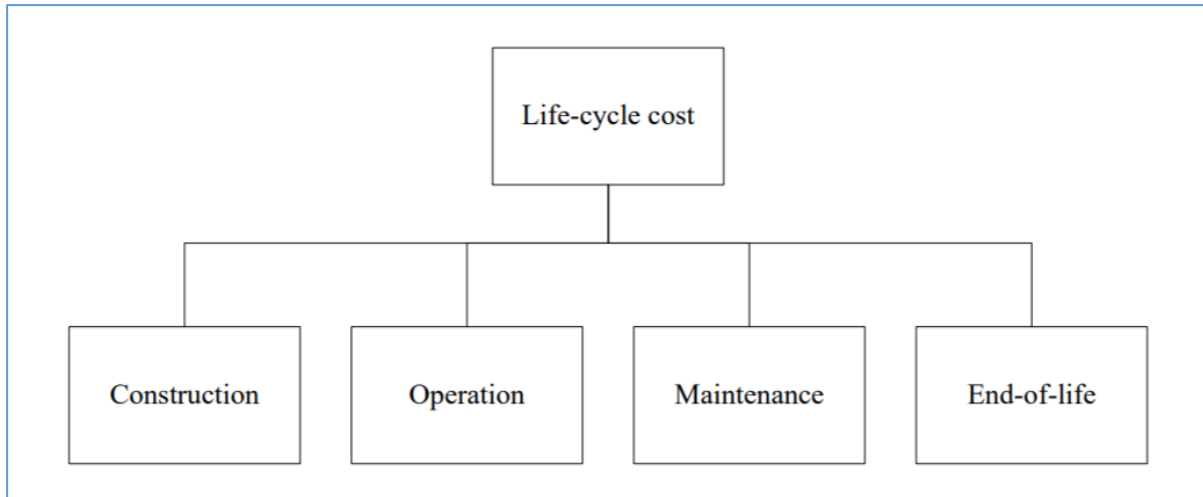
Ωστόσο, από μια γενική προοπτική, διαπιστώθηκε ότι η λειτουργία σε LSFO είναι προτιμότερη από την ύπαρξη συστήματος πλυντρίδας κατά τη λειτουργία σε HFO (Malmaeus et al. 2018, σελ.7). Αυτό το επιχείρημα εφιστά την προσοχή μας στην αναγκαιότητα περαιτέρω διερεύνησης σχετικά με το εάν τα συστήματα καθαρισμού είναι πραγματικά αποτελεσματικά ή ακόμη και επιβλαβή από μια ολιστική περιβαλλοντική προοπτική.

Χωρίς να κατανοήσουμε πραγματικά τον όρο της έννοιας: «κοστολόγηση κύκλου ζωής», καμία ανάλυση κόστους κύκλου ζωής δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί σωστά. Όπως ορίζεται από τους White et al (1976): «Το κόστος κύκλου ζωής ενός αντικειμένου είναι το άθροισμα όλων



των κεφαλαίων που δαπανήθηκαν για την υποστήριξη του αντικειμένου από τη σύλληψη και την κατασκευή του μέσω της λειτουργίας του έως το τέλος της ωφέλιμης ζωής του». Με άλλα λόγια, ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος ισούται με όλες τις δαπάνες που πρέπει να πληρώσει κάποιος για το προϊόν πριν είτε το εγκαταλείψει είτε το βάλει στο ράφι για πάντα.

Το κόστος του κύκλου ζωής μπορεί συνήθως να χωριστεί σε τέσσερις κατηγορίες: κατασκευή, λειτουργία, συντήρηση και τέλος του κύκλου ζωής, ή λεγόμενες αγορές, χρήση, συντήρηση και διάθεση, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα: (ISO, 2008)



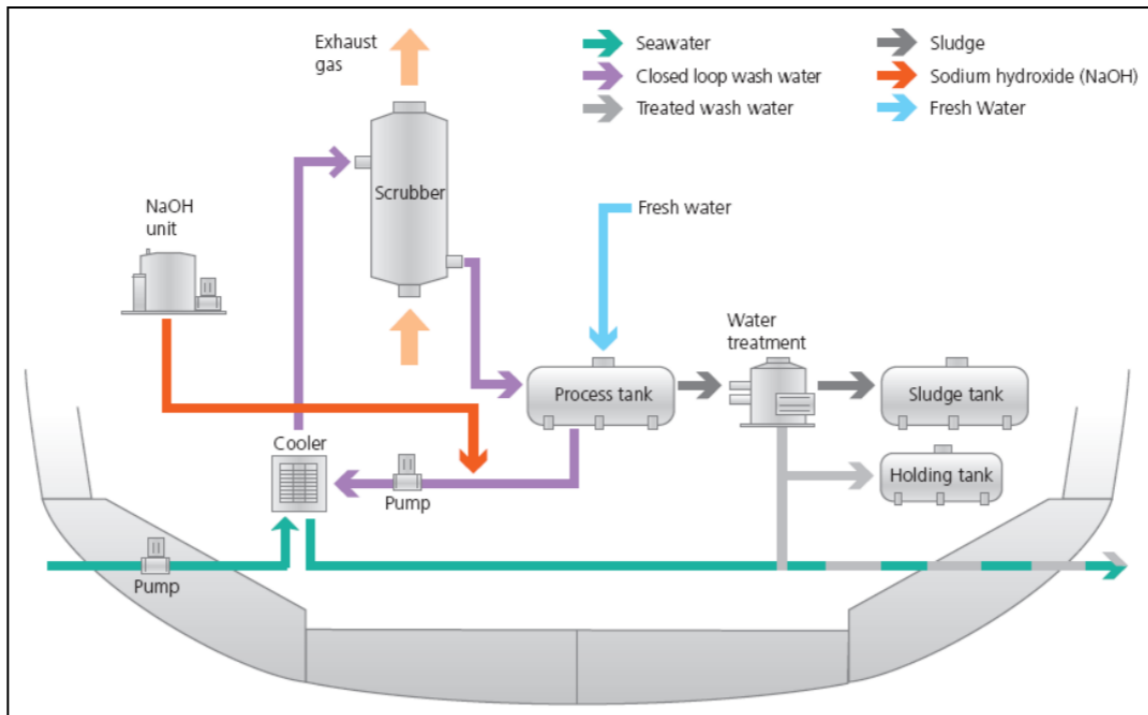
Εικόνα 7.2: Διάγραμμα κόστους κύκλου ζωής κατά iso 2008 (πηγή: iso manual 2008)

Ενώ το κόστος κύκλου ζωής είναι μια ολοκληρωμένη έννοια, μια ανάλυση κόστους κύκλου ζωής (LCCA) είναι περισσότερο ένα εργαλείο που μετρά πότε εισέρχονται τα έξοδα και πόσο πραγματικά κοστίζουν τώρα ή στο μέλλον. Για να περιγράψουμε με ακρίβεια το LCCA, είναι μια οικονομική μέθοδος αξιολόγησης του κόστους ενός έργου καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του συστηματικά. Θα πρέπει να παρέχονται εναλλακτικές λύσεις που πληρούν τις απαιτήσεις του έργου για την ανάλυση κόστους κύκλου ζωής, προκειμένου να συγκριθεί η συνολική οικονομική απόδοση σε όλο το στάδιο κατασκευής, λειτουργίας, συντήρησης και τέλους ζωής.



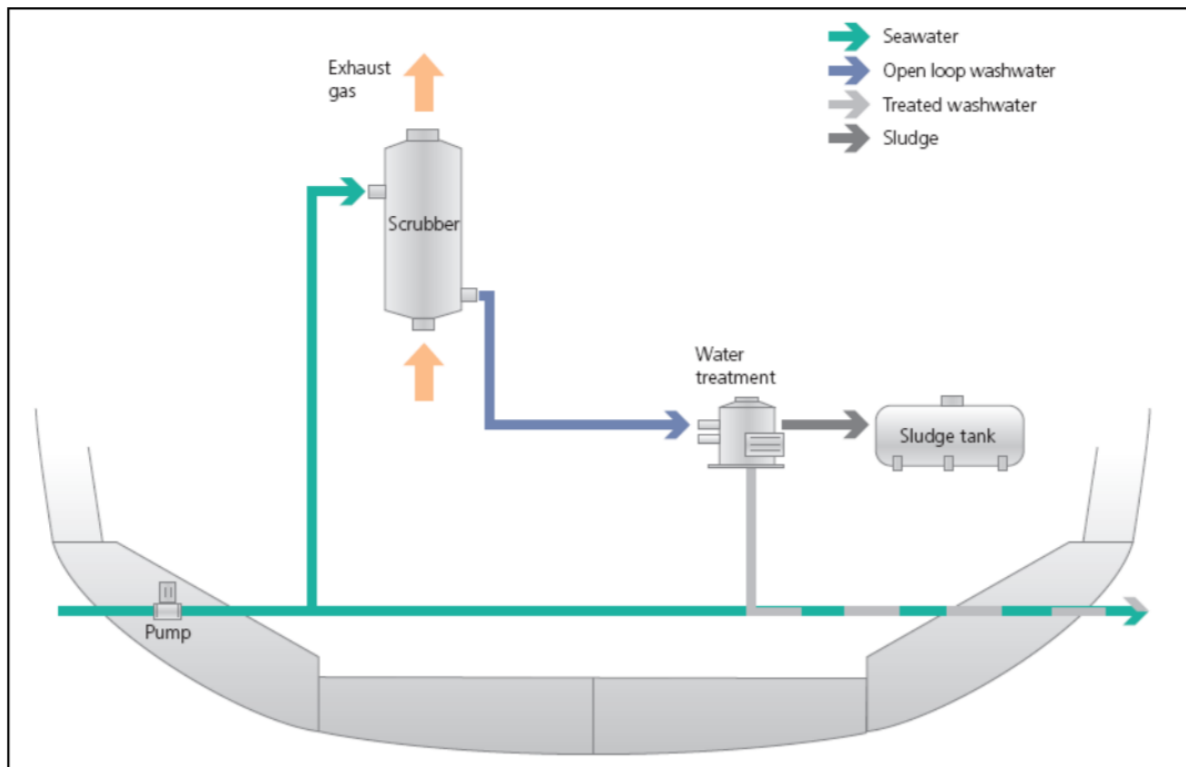
7.1 Οικονομικά στοιχεία συστημάτων Scrubber

Υπάρχουν κυρίως τέσσερις τύποι πλυντριδών, δηλαδή θαλασσινό νερό ανοιχτού βρόχου, γλυκό νερό κλειστού βρόχου, υβριδικά και ξηρά πλυντήρια. Η βασική θήκη χρησιμοποιεί λιπαντικό θαλάσσιου πετρελαίου χωρίς να εγκαταστήσει κανένα από τα συστήματα καθαρισμού.



Εικόνα 7.3: Closed Loop FWS System (πηγή: martenaengineering.com)

Οι πληροφορίες κόστους του πλυντηρίου συλλέγονται από ερευνητικές μελέτες, φυλλάδια προμηθευτών, άρθρα ειδήσεων και ερωτήσεις στους πωλητές. Δεν παρέχεται ακριβής τιμή λόγω έλλειψης εμπορικών εγκαταστάσεων.



Εικόνα 7.4: Open Loop SWS System (πηγή: researchgate.com)

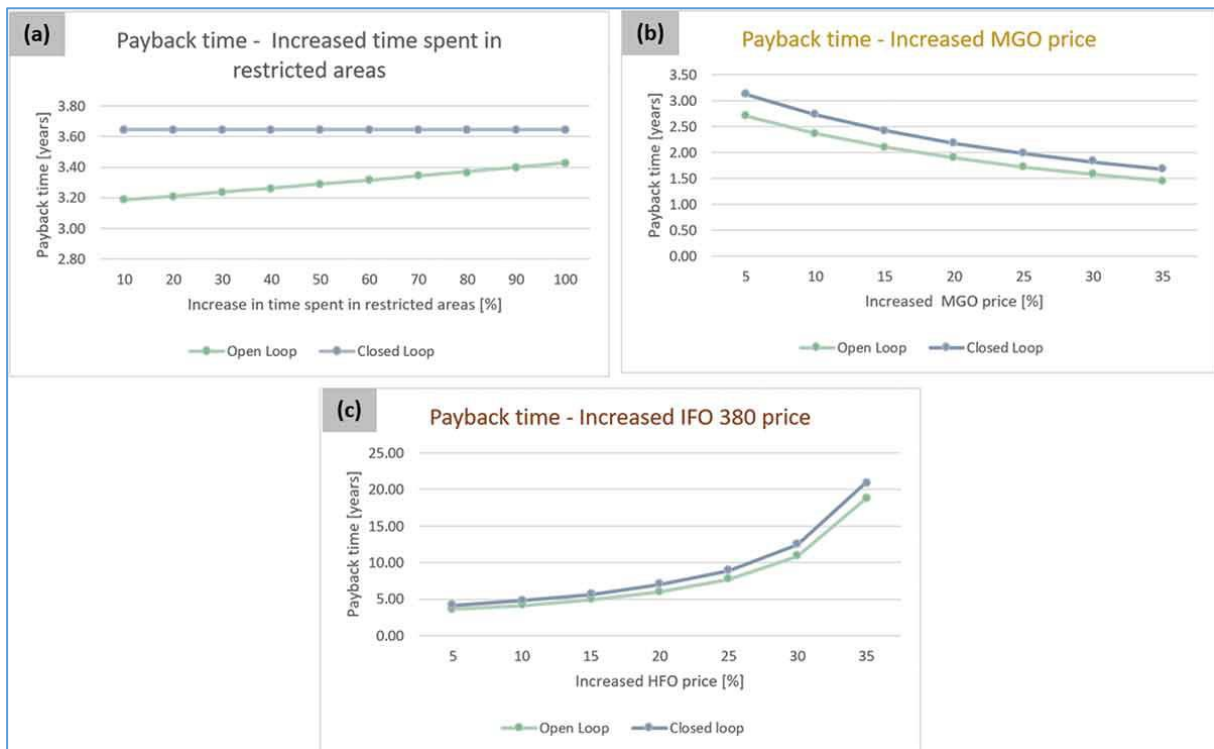
Το κόστος επένδυσης του συστήματος Scrubber έχει συγκεντρωθεί από διάφορες πηγές. Όλα τα αναφερόμενα κόστη καθαρισμού εμπίπτουν στο εύρος των 3–4 εκατομμυρίων δολαρίων. Οι τιμές αυτές πηγάζουν από το Glosten Associates (2011) και θα χρησιμοποιηθούν για τους υπολογισμούς του χρόνου αποπληρωμής, κυρίως επειδή έχουν δοθεί τιμές αναφοράς τόσο για σύστημα με κλειστό βρόχο όσο και για ανοιχτό βρόχο.

Κόστος καυσίμου

Οι τιμές κατανάλωσης καυσίμου για τα τέσσερα σενάρια χρόνου απόδοσης έχουν υπολογιστεί σύμφωνα με τα προφίλ του ταξιδιού του πλοίου. Τα αποτελέσματα των μηνιαίων τιμών κατανάλωσης καυσίμου για τα διαφορετικά σενάρια.

Υπολογίστηκαν οι τιμές των καυσίμων χοντρικά με βάση τη βιβλιογραφία: IFO 180 Huston (375 \$). IFO 380 Global (\$ 295). VLSFO Global (351 \$). MGO Global (420 \$) από τις 14 Αυγούστου 2020. (Ship & Bunker 2020).

Δεδομένου ότι το πλοίο λειτουργεί κανονικά στο καύσιμο IFO 380, το βαρύ μαζούτ θα χρησιμοποιηθεί για τις συγκρίσεις στο χρόνο απόδοσης. Η ετήσια εξοικονόμηση κόστους καυσίμου με ένα σύστημα πλυσίματος ανοιχτού και κλειστού βρόχου, σε σύγκριση με ένα σενάριο όπου δεν υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα scrubber παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Εικόνα 7.5: Χρόνοι οικονομικής απόσβεσης συστημάτων (πηγή: Glosten Associates (2011))

Οι χρόνοι απόσβεσης που βρέθηκαν από τη βιβλιογραφία ήταν: No EGCS (MGO) ήταν 3,2 χρόνια (σε ανοιχτό βρόχο) και 3,6 χρόνια (σε κλειστό βρόχο) και No EGCS (VLSFO + MGO) ήταν 5,4 χρόνια (σε ανοιχτό βρόχο) και 5,9 χρόνια (σε κλειστό βρόχο).

Οι χρόνοι απόδοσης για τα συστήματα πλυσίματος ανοιχτού και κλειστού βρόχου διαφέρουν μόνο οριακά. Αν και πρέπει να αναφερθεί ότι το λειτουργικό κόστος για τα συστήματα κλειστού βρόχου αναμένεται να είναι σημαντικά υψηλότερο από ό, τι για τον ανοιχτό βρόχο, λόγω της κατανάλωσης υδροξειδίου του νατρίου NaOH. Οι τιμές για υγρό NaOH είναι κατά μέσο όρο 350 USD ανά τόνο (Alibaba.com 2020). Ανάλογα με το λειτουργικό προφίλ, το ετήσιο κόστος NaOH εκτιμάται σε τουλάχιστον 360.000 USD (Asplind 2017, σελ. 18).

Οι εταιρείες που προμηθεύουν εξοπλισμό πλυντριδων, όπως οι Wärtsilä (HoSik 2017, σελ.16) και η Alfa Laval (2018) παρέχουν γενικά παραδείγματα χρονικών περιόδων απόσβεσης μεταξύ 1 και 3 ετών. Ωστόσο, ο χρόνος απόδοσης εξαρτάται από το μέγεθος του κινητήρα και του πλοίου και τείνει να είναι σημαντικά μεγαλύτερος για μικρότερα σκάφη (Alfa Laval „, n.d., p. 15; Lahtinen 2016, p.113).

Ο Lahtinen (2016, σελ.113) καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ο χρόνος αποπληρωμής τριών ετών είναι λογικός μόνο για μεγαλύτερα πλοία και δεν ισχύει για μικρότερα πλοία (Alfa Laval „, n.d.). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι εταιρείες που προμηθεύουν εξοπλισμό πλυντριδων είναι πιθανότατα πρόθυμες να διαφημίσουν σύντομους χρόνους αποπληρωμής, ώστε τα προϊόντα και οι λύσεις τους να φαίνονται σαν επικερδείς επενδύσεις. Συνολικά, από τις πληροφορίες που συζητήθηκαν, οι προτεινόμενοι χρόνοι απόδοσης για το σενάριο του πλοίου φαίνονται λογικοί.

Όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφική ανασκόπηση, ο χρόνος που δαπανάται σε περιοχές ελέγχου εκπομπών και περιοχές όπου απαγορεύεται η απόρριψη νερού πλύσης έχει μικρή επίδραση στον χρόνο απόδοσης. Με βάση τα ίδια δεδομένα και μεθόδους υπολογισμού που



εξηγούνται στην ανάλυση αποθέματος, το Σχήμα 7.4 δείχνει πώς επηρεάζεται ο χρόνος απόσβεσης από την αύξηση του χρόνου που δαπανάται σε περιοχές ελέγχου εκπομπών και περιοχές όπου απαγορεύεται η απόρριψη νερού.

Scrubber	Amount	Unit
Scrubber cost (newbuild)	250	EUR/kW
Scrubber cost (retrofit)	280	EUR/kW
Operational costs – ships <6000kW	3	% of newbuild
Operational costs – ships ≥6,000 to <15,000 kW	2	% of newbuild
Operational costs – ships ≥15,000 kW	1	% of newbuild

Εικόνα 7.6: Οικονομικά στοιχεία scrubber ανά τύπο πλοίου και εγκατεστημένης ισχύος (πηγή: onthemosway.eu)

Όπως αναφέρεται από άλλες μελέτες που αναφέρονται σε αυτήν την έκθεση, οι χρόνοι απόσβεσης επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τις τιμές των καυσίμων. Για την περίπτωση του πλοίου, τόσο οι χρόνοι απόδοσης εγκατάστασης ανοιχτού βρόχου όσο και κλειστού βρόχου φαίνονται εφικτοί, δεδομένου ότι το πλοίο έχει τουλάχιστον 16 χρόνια που απομένουν από τη διάρκεια ζωής του.

Αν και ο χρόνος απόδοσης του συστήματος ανοιχτού βρόχου είναι ελαφρώς μικρότερος (4 μήνες), θα μπορούσε να υπάρξει αρνητική επίδραση εάν αλλάξει η τιμή μεταξύ HFO και MGO. Το σχήμα δείχνει επίσης πώς μια αύξηση των τιμών MGO και HFO θα μπορούσε να επηρεάσει το χρόνο αποπληρωμής της εγκατάστασης καθαρισμού. Οι υψηλότερες τιμές HFO ισοδυναμούν με μεγαλύτερες περιόδους αποπληρωμής και για τα δύο συστήματα καθαρισμού. Αντίθετα, οι αυξημένες τιμές MGO θα οδηγήσουν σε μείωση των χρόνων απόσβεσης.

1) Με βάση αποκλειστικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υλικών που απαιτούνται για μια εγκατάσταση, προτιμάται ένα σύστημα καθαρισμού ανοιχτού βρόχου, καθώς απαιτούνται λιγότερα υλικά και εξαρτήματα σε σύγκριση με ένα σύστημα καθαρισμού κλειστού βρόχου. Ωστόσο, οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της κατανάλωσης υδροξειδίου του νατρίου NaOH πλυντηρίων κλειστού βρόχου και η απόρριψη νερού πλυσίματος από πλυντρίδες ανοιχτού βρόχου ενδέχεται να αντισταθμίσουν αυτήν τη σχέση.

2) Δεδομένου ότι η ετήσια εξοικονόμηση κόστους καυσίμου διαφέρει μόνο οριακά μεταξύ των δύο συστημάτων, δεν υπάρχει συγκεκριμένος νικητής. Ωστόσο, οι αλλαγές στη διαφορά τιμών μεταξύ HFO και MGO είναι σίγουρο ότι επηρεάζουν τους χρόνους απόσβεσης και ευνοούν ένα σύστημα.

3) Έχει δείξει ότι υπάρχει μια πιθανή γκρίζα περιοχή σχετικά με λεπτομερείς εισόδους υλικού για ανάλυση κύκλου ζωής (LCA) εγκατάστασης scrubber. Για να διορθωθεί αυτό, έχει γίνει μια προσπάθεια παροχής συγκεκριμένων υλικών εισροών για τη φάση ανάλυσης αποθέματος κύκλου ζωής. Από τα αποτελέσματα της μελέτης, υπάρχει σαφές όφελος από τη χρήση λιγότερων υλικών και ανακυκλωμένων υλικών όσο το δυνατόν περισσότερο. Συνιστάται επίσης



η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του καθαριστή σε αρχικό στάδιο για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης του συστήματος.

Fuel costs saving with EGCS per engine type

Engine Size	Fuel Consumption per year	Saving per month
3.0MW	2250 MT	EUR 49,500
6.0MW	4500 MT	EUR 99,000
9.0MW	6750 MT	EUR 148,500

Εικόνα 7.7: Οικονομικά στοιχεία απόσβεσης συστημάτων scrubber ανά μήνα και ανά ισχύ μηχανής (πηγή: onthemosway.eu)

4) Επί του παρόντος δεν υπάρχει απόλυτο ρητό ως προς το ποιο σύστημα είναι το ανώτερο από περιβαλλοντική και οικονομική άποψη. Αντ' αυτού, η πεποίθηση του πελάτη που παραγγέλνει τον καθαριστή θα χρησιμεύσει ως αποφασιστικός παράγοντας.

Ένας πλοιοκτήτης που ανησυχεί για το περιβάλλον και ίσως ανυπόμονος να συλλέξει την καλή θέληση του PR (Public Relations Association) μπορεί να κλίνει προς ένα σύστημα καθαρισμού κλειστού βρόχου. Ενώ ο πλοιοκτήτης που δεν είναι πρόθυμος να συμβιβαστεί στα κέρδη είναι πιο πιθανό να εγκαταστήσει ένα σύστημα καθαρισμού ανοικτού βρόχου.

7.2 Προμήθεια και καύση LNG καυσίμου

Το φυσικό αέριο είναι μια επιλογή που συμμορφώνεται με τους κανονισμούς χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Οι κινητήρες διπλού καυσίμου έχουν σχεδιαστεί που μπορούν να χρησιμοποιούν LNG για πρόωση πλοίου. Στο παρελθόν, μόνο οι μεταφορείς ΥΦΑ χρησιμοποιούσαν μέρος του φορτίου τους ως καύσιμο, για να διατηρήσουν την πίεση της δεξαμενής φορτίου. Ο στόλος αερομεταφορέων ΥΦΑ έχει αυξηθεί σημαντικά την τελευταία δεκαετία και πολλά λιμάνια προσφέρουν τώρα ή σχεδιάζουν εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού ΥΦΑ.

Το LNG έχει σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς οδηγεί σε χαμηλότερη παραγωγή εκπομπών, υψηλότερη απόδοση καυσίμου και χαμηλότερο κόστος καυσίμου από ότι τόσο το MGO όσο και το HFO. Το ΥΦΑ αναμένεται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο ως καύσιμο πλοίων για πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στο μέλλον, ειδικά για νέα πλοία, επειδή η οικονομία καυσίμου και η συμμόρφωση με τους κανονισμούς μπορεί να αντισταθμίσουν το υψηλότερο κόστος κατασκευής.



Η κύρια πρόκληση που σχετίζεται με το ΥΦΑ είναι ότι υπάρχουν λίγες θύρες καυσίμων σε αυτό το στάδιο. Πολύ λίγα λιμάνια εντός των ECA προσέφεραν εγκαταστάσεις καυσίμων ΥΦΑ, και για τους σκοπούς αυτής της έρευνας η χρήση του ΥΦΑ ως επιλογή μείωσης δεν έχει σημασία.

Η Πράσινη Βίβλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης διευκρινίζει την ανάγκη αντικατάστασης του 20% της συμβατικής κατανάλωσης καυσίμου με εναλλακτικά καύσιμα έως το έτος 2020. Σήμερα, οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας κατανέμονται συχνότερα στην παραγωγή και μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ηλιακοί συλλέκτες, η βιομάζα, οι αιολικοί σταθμοί ή οι ηλιακοί σταθμοί χρησιμοποιούνται συνήθως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

7.2.1 Η περίπτωση του Ευρωπαϊκού Σχεδίου Poseidon Med

Συνολικά, το Παγκόσμιο Πρόγραμμα στοχεύει να λάβει όλα τα βήματα προς την υιοθέτηση του LNG ως καυσίμου πλοίων στην Ανατολική Μεσόγειο, καθιστώντας ταυτόχρονα την Ελλάδα έναν διεθνή θαλάσσιο κόμβο ανεφοδιασμού και διανομής LNG στη Νοτιοανατολική Ευρώπη.

Η έναρξη του έργου το 2014 βασίστηκε στα αποτελέσματα του έργου COSTA I, το οποίο εκπόνησε ένα Masterplan LNG για τις θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων μεταξύ της Μεσογείου και του Βόρειου Ατλαντικού Ωκεανού, καθώς και τις κρουαζιέρες βαθιάς θάλασσας στον Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό και υπερ-περιφερειακές ζώνες των Αζορών και του νησιού της Μαδέρας.

Επικεντρώθηκε στην ακτογραμμή της Ανατολικής Μεσογείου, 19 εταίροι οργανισμοί και εταιρείες από 5 κράτη μέλη της ΕΕ (Κύπρος, Ελλάδα, Ιταλία, Κροατία και Σλοβενία), ενώθηκαν δυνάμεις στο πλαίσιο του Poseidon Med (COSTA II East) προκειμένου να ολοκληρώσουν 8 δραστηριότητες που τα θεμέλια για ένα εφικτό και βιώσιμο λειτουργικό δίκτυο για την προμήθεια, αποθήκευση, διανομή και αποθήκευση καυσίμων ΥΦΑ με τον πυρήνα του να βρίσκεται στο λιμάνι του Πειραιά.

Περιλάμβανε μελέτες σχετικά με:

- το δίκτυο ΥΦΑ,
- την προσφορά και τη ζήτηση,
- το νομοθετικό και κανονιστικό πλαίσιο για την υιοθέτηση του ΥΦΑ ως καυσίμου σε υπεράκτιες και χερσαίες εγκαταστάσεις,
- υποδομές και εγκαταστάσεις ΥΦΑ,
- Ολοκληρωμένη θαλάσσια εφοδιαστική αλυσίδα για ΥΦΑ,
- Αξιολόγηση Κινδύνου,
- Βιώσιμη Χρηματοδότηση,
- Τοπική Αξιολογήσεις των λιμένων της Βόρειας Αδριατικής και
- δραστηριότητες διαχείρισης και διάδοσης.



Εικόνα 7.8: Η πρόοδος του σχεδίου Poseidon Med 2 (πηγή: Poseidon med2)

Η επιτυχημένη πρόοδος και οι δυνατότητες του έργου Poseidon Med οδήγησαν στην έναρξη του Poseidon Med II το 2015, με στόχο την προώθηση βελτιωμένων τεχνικών και επιχειρηματικών μελετών που καλύπτουν πλοία, μεγάλα λιμάνια, λειτουργίες ανεφοδιασμού και εγκαταστάσεις ΥΦΑ, λαμβάνοντας περαιτέρω βήματα προς την ωριμότητα και την εφαρμογή του κύριου πεδίου εφαρμογής.

Στόχοι

Το Poseidon Med II στοχεύει να συμβάλει στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της τροφοδότησης με βαρύ μαζούτ και να διευκολύνει την εφαρμογή των απαιτήσεων ορισμένων οδηγιών της ΕΕ σχετικά με εναλλακτικά καύσιμα για ένα βιώσιμο μέλλον στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

Οι συγκεκριμένοι στόχοι του έργου είναι:

- διευκολύνει την έγκριση του ρυθμιστικού πλαισίου για τις δεξαμενές ΥΦΑ
- σχεδίασης και επέκταση του τερματικού LNG Revithoussa
- σχεδίαση και κατασκευή ενός ειδικού τροφοδοτικού πλοίου με ΥΦΑ
- να εφαρμόσει τεχνικά σχέδια και εγκρίσεις σχεδίων για τη μετασκευή / νέο κτίριο πλοίων που τροφοδοτούνται με ΥΦΑ και για πρόσθετες υποδομές λιμένων για εργασίες ανεφοδιασμού
- να εξετάσει πιθανές συνέργειες με και για άλλες χρήσεις του ΥΦΑ
- να αναπτύξει ένα βιώσιμο πρότυπο διαπραγμάτευσης και τιμολόγησης ΥΦΑ
- να αναπτύξει χρηματοοικονομικά μέσα για την υποστήριξη



China, India, South Korea and Pakistan led LNG demand growth in 2018



LNG trade reached
319
million tonnes

Enough to power
643
million homes

China became the world's largest gas importer, with LNG imports doubling over 2 years.



LNG imports account for over
50% of India's gas mix in 2018.

Efforts to **improve** air quality saw China's LNG imports surge by around **16 million** tonnes in 2018

LNG exports grew by **27 million tonnes** half of the growth came from Australia



spot cargo deliveries in 2018



Bunkering of world's first LNG-fuelled oil tanker and cruise ship

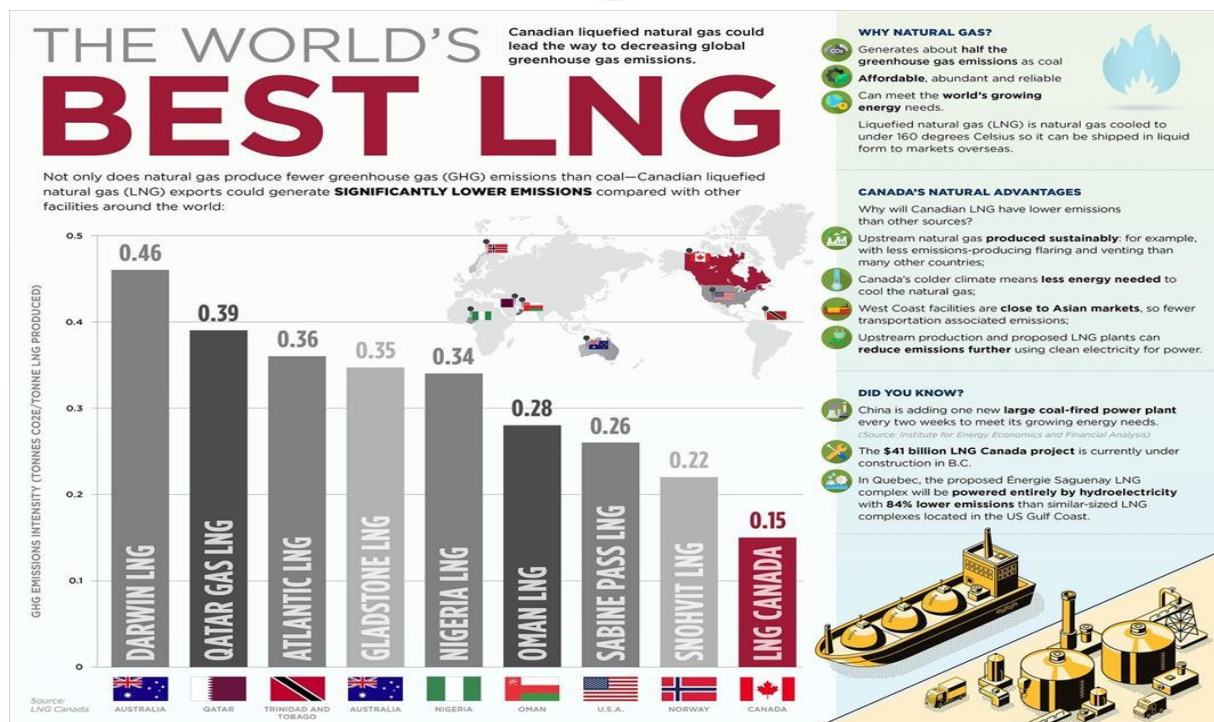


signed with an average length of more than
13 years

Εικόνα 7.9: Γράφημα πρόδου του LNG καυσίμου το 2020 (πηγή: searade-maritime.com)

Ωστόσο, η έρευνα δείχνει ότι, στην καλύτερη περίπτωση, το LNG προσφέρει έως και 10% μείωση αερίων του θερμοκηπίου GHG σε σύγκριση με το αντικατεστημένο καύσιμο ντίζελ και όλα αυτά υπό ένα αισιόδοξο σενάριο διαρροής μεθανίου. Αυτό το επίπεδο πιθανής εξοικονόμησης αερίων του θερμοκηπίου πιθανότατα θα ακυρωθεί σε απόλυτους όρους λόγω της ανάπτυξης του θαλάσσιου εμπορίου.

Εάν τα ποσοστά διαρροής μεθανίου είναι υψηλότερα, όπως δείχνουν ορισμένες μελέτες, η μετάβαση σε LNG θα μπορούσε να οδηγήσει σε αυξημένες εκπομπές GHG σε σύγκριση με το καύσιμο ντίζελ που αντικαθιστά. Η ανάλυση των εργαστηριακών δοκιμών κινητήρα δείχνει ότι οι σύγχρονοι κινητήρες LNG διπλού καυσίμου που είναι εγκατεστημένοι σε νέα πλοία θα έχουν απόδοση GHG χειρότερη από το MGO.



Εικόνα 7.10: Γράφημα τιμών εκπομπών καυσαερίων για κάθε χώρα που παράγει καύσιμο LNG (Πηγή: context.capp.ca)

Σύμφωνα με τις προβλέψεις του IEA, οι εισαγωγές φυσικού αερίου θα πρέπει συνεπώς να αυξηθούν σε 425 bcm (billion cubic meters) το 2020 και 516 bcm το 2030, πράγμα που αντιστοιχεί σε εξάρτηση από τις εισαγωγές κατά 75% το 2020 και κατά 83% το 2030.

Οι κύριοι προμηθευτές φυσικού αερίου επί του παρόντος περιλαμβάνουν τη Ρωσία (24% της κατανάλωσης στην ΕΕ), τη Νορβηγία (15%) και την Αλγερία (11%). Τα μερίδια εισαγωγής τους είναι 42%, 22% και 18%. Το LNG μοιράζει περίπου το 9,4% της συνολικής κατανάλωσης φυσικού αερίου στην ΕΕ.

Το μερίδιο εισαγωγών της είναι περίπου 15,6%. Αναμένεται ότι αυτοί οι τρεις μεγαλύτεροι εξαγωγείς θα συνεχίσουν να κατέχουν τη δεσπίζουσα θέση τους. Το 2020, το προβλεπόμενο μερίδιο ήταν περίπου 31% (Ρωσία), 18% (Νορβηγία) και 17% (Αλγερία). Μια ευρύτερη περιοχή της Κασπίας (μερίδιο 8% στις εισαγωγές το 2020) θα μπορούσε να είναι μια νέα πηγή, με προμήθειες από τον αγωγό Nabucco και / ή South Stream.

Εκεί θα υπάρξει επίσης μια σημαντική αύξηση του μεριδίου των προμηθειών ΥΦΑ από τη Δυτική Αφρική (ειδικά τη Νιγηρία) και τον Περσικό Κόλπο (ειδικά το Κατάρ), το οποίο θα μπορούσε να καλύψει έως και το 30% των εισαγωγών της ΕΕ το 2020.

Η Ουκρανία έχει επίσης δεσμευτεί να διαφοροποιήσει τον εφοδιασμό τους. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί με το τερματικό έργο ΥΦΑ στην Οδησό με χωρητικότητα 5 bcm στην πρώτη φάση και 10 bcm στη δεύτερη, μέσω του οποίου η Ουκρανία θα εισήγαγε φυσικό αέριο από το Αζερμπαϊτζάν.

Η αναμενόμενη τιμή του τερματικού σταθμού κυμαίνεται μεταξύ 1 δισεκατομμυρίου και 1,2 δισεκατομμυρίων δολαρίων, αλλά η Ουκρανία θα πρέπει να λάβει οικονομική υποστήριξη από την ΕΕ. Εκτιμάται ότι η τιμή του LNG θα μπορούσε να είναι περίπου 190 \$ / t cm, σε σύγκριση με 250 \$ / t cm για το ρωσικό φυσικό αέριο.



8. Συμπεράσματα και προτάσεις μελλοντικών βελτιώσεων στα πλοία

Πέρα από τις τεχνολογικές αλλαγές και τις βελτιώσεις στη λειτουργία των πλοίων, ο IMO θεωρεί ότι είναι απαραίτητο να ληφθούν και οικονομικά μέτρα με στόχο να στραφεί η ναυτιλιακή βιομηχανία στην υιοθέτηση φιλοπεριβαλλοντικών τεχνολογικών και λειτουργικών λύσεων.

Τα προτεινόμενα οικονομικά μέτρα χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: σε συστήματα εισφορών όσων ρυπαίνουν και σε συστήματα εμπορίας ρύπων (emissions trading). Για την πρώτη κατηγορία, σε κάθε αγοροπωλησία καυσίμων πλοίων θα πληρώνεται και ένα τέλος (από τον προμηθευτή καυσίμων ή τον πλοιοκτήτη), το οποίο θα χρηματοδοτεί ένα ταμείο, του οποίου τα έσοδα θα διατίθενται σε δράσεις καταπολέμησης του φαινομένου του θερμοκηπίου, κυρίως σε αναπτυσσόμενες χώρες.

Μια παραλλαγή της πρότασης προβλέπει μέρος των εσόδων του ταμείου να επιστρέφεται σε πλοία με καλή ενεργειακή απόδοση, που θα αποδεικνύεται από τον δείκτη EEDI και τον δείκτη EEOI.

Όσον αφορά το προτεινόμενο σύστημα εμπορίας εκπομπών (Emission Trading System – ETS) για τη ναυτιλία, αυτό θα λειτουργεί ως εξής: Κατ' αρχάς θεσπίζεται ένα άνω όριο συνολικών εκπομπών CO₂ από τον τομέα της ναυτιλίας (σε τόνους), το οποίο μπορεί να μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Κατόπιν εκδίδεται ένας αριθμός αδειών εκπομπών (κάθε άδεια μπορεί να αντιστοιχεί σε εκπομπές 1 τόνου CO₂), που αντιστοιχεί σε ποσότητα CO₂ ίση με το άνω όριο που έχει ήδη τεθεί. Οι άδειες πωλούνται μέσω δημοπράτησης στα πλοία, ώστε να καλύπτουν τις εκπομπές του καθενός.

Αν κάποιο πλοίο καταφέρει να μειώσει τις εκπομπές του με κάποιο τεχνολογικό ή λειτουργικό μέτρο που θα λάβει, μπορεί να πωλήσει τις επιπλέον άδειες. Αντίθετα, ένα πλοίο που αυξάνει τις εκπομπές του θα χρειαστεί να αγοράσει επιπλέον άδειες.

Με τον τρόπο αυτό το συνολικό ποσό της ρύπανσης από τη ναυτιλία είναι το επιθυμητό, αλλά κατανέμεται στις διάφορες κατηγορίες πλοίων ανάλογα με την τεχνολογική και οικονομική δυνατότητα που υπάρχει για μείωση των εκπομπών από αυτά. Τα έσοδα από τη δημοπράτηση των αδειών εκπομπών προτείνεται να χρηματοδοτήσουν ένα ταμείο που θα υποστηρίζει δράσεις στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Τα καθιερωμένα μέτρα για θαλάσσιους περιβαλλοντικούς δείκτες γνωστά ως Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI) και Λειτουργικός Δείκτης Ενεργειακής Απόδοσης (EEOI) δεν υποδηλώνουν τις δυνατότητες εκπομπών που σχετίζονται με τα θαλάσσια συστήματα (IMO 2014). Με άλλα λόγια, υπάρχει έλλειψη μέτρων για την εκτίμηση των ολιστικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Οι τρέχουσες πρακτικές δεν είναι παρά ο καθορισμός των επιπέδων μείωσης οξειδίων του SO_x, ενώ δεν λαμβάνονται υπόψη άλλα αποτελέσματα εκπομπών που σχετίζονται για παράδειγμα με τα συστήματα καθαρισμού scrubber.



Βιβλιογραφία

- [1] Κλιματική αλλαγή και πλοία - <https://www.transportenvironment.org/what-we-do/shipping-and-environment/shipping-and-climate-change>
- [2] Εκπομπές πετρέλαιο-κινητήρων - <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/exhaust-gas-emissions-from-ships>
- [3] Brandt, A.R.; Heath, G.A.; Kort, E.A; et al. (2014). "Methane Leaks from North American Natural Gas Systems". Science 343 (6172): 733-735, doi: 10.1126/science.1247045.
- [4] Pospiech, Peter (21 April 2014). "Is Internal Combustion Engine Methane Slip Harmful to the Environment?". Maritime Reporter and Engineering News. Retrieved 27 September 2019.
- [5] Livanos, George A.; Theotokatos, Gerasimos; Pagonis, Dimitrios-Nikolaos (2014). "Techno-economic investigation of alternative propulsion plants for Ferries and RoRo ships". Energy Conversion and Management. 79: 640–651
- [6] Burel, Fabio; Taccani, Rodolfo; Zuliani, Nicola (2013). "Improving sustainability of maritime transport through utilization of Liquefied Natural Gas (LNG) for propulsion". Energy. 57 (1): 412–420
- [7] Συστήματα scrubber - https://energyeducation.ca/encyclopedia/Wet_scrubber
- [8] 2019 Annual Report on CO2 Emissions from Maritime Transport
- [9] <https://www.marineinsight.com/green-shipping/top-7-green-ship-concepts-using-wind-energy/>



Πληροφορίες εγγράφου

Αυτό το κείμενο αποτελείται από **61** σελίδες και περιέχει **14747** λέξεις.