



ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

"Χαρτογραφώντας μπλε ορίζοντες: Ο δρόμος για την πράσινη ναυτιλία"

της

Ζαφειρία Μουτάφη

A. M.: eco21005

Υπεύθυνη Καθηγήτρια: Αναστασία Λίτινα

Θεσσαλονίκη, 2024

Περίληψη

Η καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής αποτελεί επιτακτική ανάγκη για το μέλλον του πλανήτη. Γενικά η ναυτιλία βασίζεται ολοκληρωτικά σε ορυκτά καύσιμα, τα οποία αποφέρουν μεγάλη ρύπανση των θαλασσών. Θα απαιτηθούν τεράστιες δημόσιες επενδύσεις και ιδιωτικά κεφάλαια σε δράσεις για το κλίμα και το περιβάλλον και για να επιτευχθεί ο απεγκλωβισμός από μη βιώσιμες πρακτικές. Αυτή η εργασία αποτελεί μια πολύπλευρη προσέγγιση για τον μετριασμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των θαλάσσιων μεταφορών.

Η πορεία προς τη βιωσιμότητα στη ναυτιλιακή βιομηχανία απαιτεί παγκόσμια συνεργασία, δημιουργώντας ένα πλαίσιο κινήτρων και αντικινήτρων που ευθυγραμμίζει τα οικονομικά συμφέροντα του κλάδου με τους περιβαλλοντικούς στόχους. Τα οικονομικά κίνητρα, συμπεριλαμβανομένων των φορολογικών ελαφρύνσεων και των επιδοτήσεων, ενθαρρύνουν την υιοθέτηση ανανεώσιμων καυσίμων. Αντίθετα, οι κυρώσεις για μη συμμόρφωση διασφαλίζουν ότι οι περιβαλλοντικές ευθύνες λαμβάνονται σοβαρά υπόψη, ενισχύοντας μετάβασης προς όφελος της παγκόσμιας κοινότητας. Στη στρατηγική περιγράφεται ένα μακροπρόθεσμο όραμα για μια κοινωνία ανθεκτική στην κλιματική αλλαγή που αποσκοπεί στην προστασία, τη διατήρηση και την ενίσχυση του φυσικού κεφαλαίου, καθώς και στην προστασία της υγείας και της ευημερίας των πολιτών. Βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση του πλοίου, όπως οι βελτιστοποιημένοι σχεδιασμοί κύτους, η χρήση προωθητικών συστημάτων χαμηλής κατανάλωσης και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μειώνουν τις εκπομπές ρύπων. Το κλειδί για την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας και τη διευκόλυνση του προληπτικού σχεδιασμού είναι η χρήση τεχνολογικών λύσεων για να βοηθήσει στη διαχείριση των λειτουργιών. Πρόκληση αποτελεί η επιτυχής ενσωμάτωση νέων, πολύπλοκων τεχνολογιών και εναλλακτικών καυσίμων.

Λέξεις Κλειδιά: Ναυτιλία, βιώσιμες πρακτικές, ανθρακοποίηση, εναλλακτικά καύσιμα

ABSTRACT

Fighting climate change is an imperative for the future of the planet. In general, shipping is completely based on fossil fuels where they cause a lot of pollution of the seas. Massive public investment and private capital will be required in climate and environmental action and to achieve disengagement from unsustainable practices. This thesis is a multifaceted approach to mitigating the environmental footprint of maritime transport.

The path to sustainability in the shipping industry requires global cooperation, creating a framework of incentives and disincentives that aligns the economic interests of the industry with environmental goals. Financial incentives, including tax breaks and subsidies, encourage the adoption of renewable fuels. Conversely, penalties for non-compliance ensure that environmental responsibilities are taken seriously, fostering a transition that benefits the global community. The strategy outlines a long-term vision for a climate-resilient society that aims to protect, preserve and enhance natural capital, as well as protect the health and well-being of citizens. Improvements in the ship's energy efficiency, such as optimized hull designs, the use of low-consumption propulsion systems and the use of renewable energy sources, reduce emissions. The key to enhancing efficiency and facilitating proactive planning is the use of technology solutions to help manage operations. A challenge is the successful integration of new, complex technologies and alternative fuels.

Keywords: Shipping, sustainable practices, carbonation,

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις βαθύτερες ευχαριστίες μου σε όλους όσους με στήριξαν και με καθοδήγησαν σε όλη τη διαδρομή ολοκλήρωσης αυτής της πτυχιακής εργασίας. Πρώτα και κύρια, είμαι εξαιρετικά ευγνώμων στην Καθηγήτρια μου Κ. Αναστασία Λίτινα, που μου ανέθεσε αυτό το εξαιρετικά ενδιαφέρον και επίκαιρο θέμα και το χρόνο που διέθεσε δίνοντάς μου χρήσιμες και στοχευμένες συμβουλές και οδηγίες. Με την πείρα της, την καλή και συνεχή επικοινωνία μας και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κατάφερα να ολοκληρώσω την παρούσα εργασία με επιτυχία. Στο ίδιο πλαίσιο ευγνωμοσύνης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές και το διδακτικό προσωπικό του Τμήματος Οικονομικών Επιστήμων για τη συμβολή τους στην επιστημονική μου συγκρότηση στα χρόνια της φοίτησής μου στο Τμήμα.

Τέλος, ευχαριστώ από καρδιάς την οικογένειά και τους φίλους μου για την ακλόνητη πίστη τους σε μένα και για τη συναισθηματική υποστήριξη και ενθάρρυνση.

Σκοπός

Η παρούσα εργασία προσπαθεί να αναλύσει τις πολύπλευρες διαστάσεις των πράσινων ναυτιλιακών μεταφορών, εξετάζοντας τις τεχνολογικές, λειτουργικές, ρυθμιστικές και οικονομικές πτυχές της. Ερευνώντας τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες που συνδέονται με τη μετάβαση προς τις βιώσιμες θαλάσσιες μεταφορές, αυτή η έρευνα στοχεύει να συμβάλει στη συζήτηση για την προώθηση μιας πιο περιβαλλοντικά υπεύθυνης ναυτιλιακής βιομηχανίας.

Μέσω κριτικής ανάλυσης, αυτή η μελέτη επιδιώκει να προσφέρει γνώσεις, συστάσεις και στρατηγικές οδούς για την προώθηση της πράσινης ναυτιλίας στην αναζήτηση ενός πιο βιώσιμου μέλλοντος. Θα παρουσιαστεί μια εκτεταμένη ανάλυση πολιτικής και ρυθμιστικών πλαισίων για τη μείωση της ρύπανσης από την παγκόσμια ναυτιλία και θα αξιολογηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των θαλάσσιων δραστηριοτήτων, διερευνώντας πιθανές στρατηγικές μετριασμού και αναδυόμενες τεχνολογίες και καινοτόμες λύσεις. Τέλος, θα διερευνηθεί το οικονομικό κόστος και τα οφέλη που σχετίζονται με την εφαρμογή μέτρων. Κάθε ένα από αυτά τα θέματα της πτυχιακής προσφέρει μια διαφορετική προοπτική για το ζήτημα της ρύπανσης από την παγκόσμια ναυτιλία, παρέχοντας άφθονες ευκαιρίες για έρευνα και ανάλυση.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Ευχαριστίες.....	4
Σκοπός	5
Συνοτομογραφίες.....	8
Εισαγωγή.....	10
Οι κυριότεροι παγκόσμιοι σταθμοί κατά της κλιματικής αλλαγής	11
Το Πρωτόκολλο του Κιότο.....	11
Η Συμφωνία των Παρισίων	12
Υφιστάμενη νομοθεσία.....	12
MARPOL	13
SEEMP	14
Ο Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI).....	14
Το πλαίσιο EEXI	14
Ο δείκτης έντασης άνθρακα (CII)	14
Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (IEEC)	15
SOLAS	16
Σύμβαση BWM.....	17
Η ευρωπαϊκή πράσινη συμφωνία	18
1. Fit for 55.....	19
2.	19
EU-ETS & ναυτιλία.....	21
3. Ο κανονισμός Fuel EU	22
4. Το σύστημα THETIS MRV	23
Η συμβολή της Ελλάδας.....	24
Αντιμετώπιση ναυτιλιακών ρύπων	26
Πλυντρίδες - συστήματα καθαρισμού καυσαερίων (EGCS).....	27
Εναλλακτικές πηγές ενέργειας στη ναυτιλία.....	29
Marine Gas Oil (MGO)	30
Το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο πλοίων (ΥΦΑ - LNG)	30
Η αμμωνία ως εναλλακτικό καύσιμο	31
RFNBO.....	31
Ηλεκτρικά πλοία & Ηλεκτροδότηση των πλοίων από την ξηρά (OPS).....	32
Βελτίωσης της λειτουργικής απόδοσης και της έντασης άνθρακα	33
Βελτιστοποίηση ταχύτητας του σκάφους.....	34

Δρομολόγηση καιρού	35
Αποτελεσματική διαχείριση φορτίου	36
Λιμάνια.....	37
Σύστημα Περιβαλλοντικής Επισκόπησης λιμένων (PERS)	37
Ρύπανση από λύματα και ατυχήματα	39
Ανακύκλωση πλοίων	40
Στατιστικά & Case studies - βαθμός εφαρμογής της νομοθεσίας	41
Οικονομικές συνέπειες της ρύπανσης από την παγκόσμια ναυτιλία	43
Το δημοσιονομικό αντίκτυπο της πράσινης μετάβασης.....	44
Πλοήγηση στο μέλλον.....	45
Συμπεράσματα.....	46
Βιβλιογραφία	47

Συντομογραφίες

Συντομογραφία	Σημασία
BWM	Ballast Water Management Convention (Σύμβαση διαχείρισης υδάτων έρματος)
CO ₂	Διοξείδιο του άνθρακα
CII	Carbon Intensity Indicator (Δείκτης Έντασης Άνθρακα)
DCS	Data Collection System (Σύστημα συλλογής δεδομένων)
EEA	European Economic Area (Ευρωπαϊκός Οικονομικός χώρος)
EEDI	Energy Efficiency Design Index (Δείκτης σχεδιασμού ενεργειακής απόδοσης)
EEXI	Energy Efficiency Existing Ship Index (Δείκτης ενεργειακής απόδοσης υφιστάμενων πλοίων)
ECAs	Emission Control Areas (Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών)
EGCS	Exhaust Gas Cleaning Systems (Συστήματα Καθαρισμού Καυσαερίων)
ETA	Estimated Time of Arrival
EU ETS	European Union Emissions Trading System
GHG	Greenhouse Gases (Αέρια του θερμοκηπίου)
IEEC	International Energy Efficiency Certificate (Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης)
IMO	International Maritime Organization (Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή)
LNG	Liquefied Natural Gas
MARPOL	International convention for the prevention of pollution from ships (Σύμβαση για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος από την ρύπανση)
MEPC	Marine Environment Protection Committee (Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος)
MGO	Marine Gas Oil

MRV	Monitoring Reporting Verification (Σύστημα Παρακολούθησης, Αναφοράς και Επαλήθευσης)
NOx	Οξειδία του αζώτου
PERS	Port Environmental Review System (Σύστημα Περιβαλλοντικής Επισκόπησης Λιμένων)
RFNBO	Renewable Fuels of Non-Biological Origin (Ανανεώσιμα καύσιμα μη βιολογικής προέλευσης)
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan (Σχέδιο Διαχείρισης της Ενεργειακής Απόδοσης)
SOLAS	Safety of Life at Sea (Διεθνής Συνθήκη για την προστασία της ζωής στη θάλασσα)
SOx	Οξειδία του θείου
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Σύμβαση Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή)
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΕΟΧ	Ευρωπαϊκός Οικονομικός Χώρος
ΣΕΔΕ	Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (της ΕΕ)
ΥΦΑ	Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο

Εισαγωγή

Στην απέραντη έκταση του πλανήτη μας, οι ωκεανοί καλύπτουν τα 3/4 της επιφάνειάς του, δημιουργώντας φυσικούς δρόμους για τη μεταφορά αγαθών μεταξύ των ηπείρων. Ως ακρογωνιαίος λίθος του διεθνούς εμπορίου, η ναυτιλία διευκολύνει τη διακίνηση εμπορευμάτων σε τεράστιες αποστάσεις, συνδέοντας αγορές, βιομηχανίες και καταναλωτές.

Ωστόσο, παράλληλα με τα οφέλη της, η ναυτιλία αποτελεί μια σημαντική και αναπτυσσόμενη πηγή ρύπων. Η ρύπανση από την παγκόσμια ναυτιλία συμβάλλει σε σημαντικό βαθμό στην συνολική ρύπανση του πλανήτη, την κλιματική αλλαγή και επιφέρει επιπτώσεις τόσο στα οικοσυστήματα όσο και στην υγεία και την ποιότητα ζωής των πολιτών. Οι εκπομπές ρύπων ανέρχονται περίπου στο 1 δισεκατομμύριο τόνους ανά χρόνο που σημαίνει ότι αποτελούν το 3% παγκόσμιας ρύπανσης. Η εξάρτηση του κλάδου από τα ορυκτά καύσιμα επιδεινώνει την κλιματική αλλαγή, απαιτώντας καινοτόμες λύσεις και υιοθέτηση βιώσιμων τεχνολογιών.

Τα πλοία που τροφοδοτούνται από ορυκτά καύσιμα απελευθερώνουν σημαντικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου (Greenhouse Gas), κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), συμβάλλοντας αισθητά στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Η απόρριψη ρύπων όπως οξείδια του θείου (SO_x), οξείδια του αζώτου (NO_x) και σωματίδια ελλοχεύουν σοβαρούς κινδύνους τόσο για τα θαλάσσια οικοσυστήματα όσο και για την ανθρώπινη υγεία.

Ως απάντηση σε αυτές τις προκλήσεις, η πράσινη ναυτιλία παρουσιάζεται ως μια πολλά υποσχόμενη λύση, η οποία επιδιώκει την διεξαγωγή των θαλάσσιων μεταφορών με περιβαλλοντικά βιώσιμο τρόπο, διατηρώντας παράλληλα την αποτελεσματικότητα, την αξιοπιστία και την οικονομική προσιτότητα. Η βιομηχανία πρέπει να διερευνήσει κάθε πιθανό τρόπο για την επίτευξη των στόχων απαναθρακοποίησης και βιωσιμότητάς της, γεγονός που απαιτεί μια ολική προσέγγιση. Στο επίκεντρο αυτής της μετατόπισης βρίσκεται ένα δυναμικό νομοθετικό πλαίσιο που αποσκοπεί στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις θαλάσσιες δραστηριότητες και στην καθοδήγηση του τομέα προς ένα πιο φιλικό προς το περιβάλλον μέλλον.

Οι κυριότεροι παγκόσμιοι σταθμοί κατά της κλιματικής αλλαγής

Το Πρωτόκολλο του Κιότο

Το Πρωτόκολλο του Κιότο είναι ένα διεθνές καθεστώς που συμφωνήθηκε στο πλαίσιο της σύμβασης των "Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC¹)" και υπογράφηκε το 1997 στο Κιότο της Ιαπωνίας. «Οι αναπτυγμένες χώρες συμφώνησαν να λάβουν νομικά δεσμευτικούς στόχους μείωσης των εκπομπών για το 2012 αναγνωρίζοντας τον κυρίαρχο ρόλο τους ως ιστορικοί ρυπαίνοντες». Συγκεκριμένα, ζητείται μείωση των εκπομπών τους κατά 5,2% μέχρι το 2012, σε σχέση με τα επίπεδα εκπομπών του 1990.

Ορόσημο αποτελεί το Πρωτόκολλο του Κιότο, όπου καθιερώθηκε η αγορά άνθρακα ως μηχανισμός που βασίζεται στην αγορά για τη μείωση ή τον περιορισμό εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις χώρες που το επικυρώνουν. Το Πρωτόκολλο προβλέπει τρεις μηχανισμούς μέσω των οποίων οι χώρες δύνανται να επιτύχουν τον προαναφερόμενο στόχο [1], [2].

1. Σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων (emissions trading), το οποίο θα αναπτυχθεί εκτενώς σε επόμενο κεφάλαιο.
2. Προγράμματα κοινής εφαρμογής (joint implementation programs): Τα ανεπτυγμένα κράτη αναλαμβάνουν κοινές δράσεις για την μείωση των GHG. Μία χώρα χρηματοδοτεί την ανάπτυξη έργων σε μια άλλη χώρα, με σκοπό να μετριάσει τις συνολικές. Αυτές οι μειώσεις εκπομπών μπορούν στη συνέχεια να καταμετρηθούν ως μείωση των εκπομπών της χώρας που προσφέρει τη χρηματοδότηση, η οποία θα λάβει ως επιβράβευση Μονάδες Μείωσης Εκπομπών (ERUs).
3. Μηχανισμούς καθαρής ανάπτυξης (Clean Development Mechanism - CDM): Ο CDM διευκολύνει τη μεταφορά τεχνολογίας και πόρων προς τις αναπτυσσόμενες χώρες για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, ενώ

¹ Η Διεθνής Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή ιδρύθηκε το 1988 από τον "Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό" και το "Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών" για το Περιβάλλον (UNEP) και δημοσίευσε την πρώτη της έκθεση το 1990, δηλώνοντας ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη αποτελεί πραγματικό πρόβλημα και απαιτώντας την εφαρμογή μέτρων. Μετά τα πορίσματα της Επιτροπής, οι κυβερνητικές αρχές προχώρησαν, το 1992, στη σύμβαση πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC), η οποία τέθηκε σε ισχύ το 1994. Η Σύμβαση δεσμεύεται να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG) «η παρεμπόδιση επιβλαβούς ανθρωπογενούς αλληλεπίδρασης με το κλιματικό σύστημα» και υιοθετήθηκε από 37 βιομηχανικές χώρες και την ΕΕ στο Κιότο της Ιαπωνίας το 1997.

παράλληλα συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων μείωσης εκπομπών παγκοσμίως. Τα ανεπτυγμένα - βιομηχανικά κράτη επενδύουν στα αναπτυσσόμενα κράτη παρέχοντας τεχνογνωσία προκειμένου να υιοθετήσουν πιο φιλικές προς το περιβάλλον πρακτικές. Ως επακόλουθο, τα τελευταία αποκτούν μόρια πιστοποιημένων μειώσεων εκπομπών (Certified Emissions Reductions - CERs), τα οποία μπορούν να πωληθούν στις ευημερούσες χώρες.

Εκ των τριών, κομβικής σημασίας αναδεικνύεται ο πρώτος, δηλαδή η λειτουργία συστημάτων εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών. Η λειτουργία των μηχανισμών αυτών στηρίζεται στην παραδοχή πως το φαινόμενο της κλιματικής Αλλαγής δημιουργεί προβλήματα που υπερβαίνουν τα εθνικά σύνορα και δεν περιορίζονται σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή.

Ως επί το πλείστον, το Πρωτόκολλο αποτελεί έναν «οδικό χάρτη», στον οποίο περιλαμβάνονται τα απαραίτητα βήματα για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της ρύπανσης [2], [3].

Η Συμφωνία των Παρισίων

Η "Συμφωνία των Παρισίων" αναφέρεται στην ιστορική συμφωνία για το κλίμα που επετεύχθη στο Παρίσι τον Δεκέμβριο του 2015. Η συμφωνία πραγματεύεται ολοκληρωμένα σχέδια δράσης ώστε να τεθεί υπό έλεγχο η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και συγκεκριμένα να διατηρηθεί κάτω από 2°C σε σχέση με προ-βιομηχανικά επίπεδα. Για την παρακολούθηση της εξέλιξης των δεδομένων, οι συμβαλλόμενες χώρες δεσμεύθηκαν να συνεδριάζουν ανά πενταετία προκειμένου να γνωστοποιείται, να καταγράφεται και να αξιολογείται η πορεία υλοποίησης των στόχων που είχαν θέσει στα πλαίσια των υποχρεωτικών «εθνικά καθορισμένων συνεισφορών» [4], [5].

Υφιστάμενη νομοθεσία

Αναγνωρίζοντας την επείγουσα ανάγκη για βιώσιμες πρακτικές, διεθνείς φορείς, περιφερειακοί οργανισμοί και μεμονωμένες χώρες έχουν θεσπίσει νομοθεσία που στοχεύει στην προώθηση πιο πράσινων θαλάσσιων επιχειρήσεων.

Ένας από τους επιβλητικότερους διεθνείς ρυθμιστικούς φορείς στην παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία είναι ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO). Ο IMO έχει επιβάλει περιορισμούς που αποσκοπούν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ναυτιλιακών δραστηριοτήτων.

MARPOL

Μία από τις σημαντικότερες συμβάσεις για το θαλάσσιο περιβάλλον είναι η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL). Το όνομα MARPOL προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Maritime - Pollution . Οι κανόνες της MARPOL ισχύουν για όλα τα πλοία που φέρουν τη σημαία των χωρών που έχουν υπογράψει τη συμφωνία, ανεξάρτητα από το πού πλέουν. Η Σύμβαση αποβλέπει στην πρόληψη και στην ελαχιστοποίηση της ρύπανσης από πλοία, τόσο από επιχειρησιακά όσο και από τυχαία αίτια και περιλαμβάνει επί του παρόντος έξι παραρτήματα καθένα από τα οποία αντιμετωπίζει διαφορετικούς τύπους ρύπανσης.

Παράρτημα I: Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από πετρέλαιο. Σύμφωνα με το οποίο, υποχρεωτικό κατέστη το διπλό κύτος για τα νέα πετρελαιοφόρα και ορίστηκε χρονοδιάγραμμα εισαγωγής για τα υπάρχοντα δεξαμενόπλοια.

Παράρτημα II: Κανονισμοί για τον έλεγχο της ρύπανσης από επιβλαβείς υγρές ουσίες χύδην. Περιγράφει λεπτομερώς τα κριτήρια απόρριψης και τα μέτρα ελέγχου.

Παράρτημα III: Πρόληψη της ρύπανσης από επιβλαβείς ουσίες² που μεταφέρονται σε συσκευασμένη μορφή. Περιέχει απαιτήσεις σχετικά με τη συσκευασία, τη σήμανση, την τεκμηρίωση, τη στοιβασία, τους ποσοτικούς περιορισμούς, τις εξαιρέσεις και τις κοινοποιήσεις.

Παράρτημα IV: Πρόληψη της ρύπανσης από λύματα από πλοία. Απαγορεύει την ρίψη λυμάτων στη θάλασσα, εκτός αν το πλοίο διαθέτει εγκεκριμένο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων, έτσι ώστε να τα αποβάλει θρυμματισμένα και απολυμασμένα σε απόσταση μεγαλύτερη των 3 ναυτικών μιλίων από την πλησιέστερη ξηρά. Σε κάθε άλλη περίπτωση, η εκκένωση των λυμάτων ενδείκνυται σε απόσταση μεγαλύτερη των 12 ναυτικών μιλίων από την πλησιέστερη ξηρά.

Παράρτημα V: Πρόληψη της ρύπανσης από σκουπίδια από πλοία. Ασχολείται με διαφορετικούς τύπους σκουπιδιών, καθορίζει τις αποστάσεις από τη στεριά και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να απορριφθούν. Το βασικότερο χαρακτηριστικό του είναι η πλήρης απαγόρευση της απόρριψης στη θάλασσα όλων των μορφών πλαστικών.

Παράρτημα VI: Πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία. Θέτει όρια στις εκπομπές SO_x, NO_x και σωματιδίων από τα καυσαέρια των πλοίων που καταστρέφουν το όζον. Καθιέρωσε, επίσης, Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών (ECA) σε πυκνοκατοικημένες περιοχές με στόχο την ελαχιστοποίηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τα πλοία και επιβαρύνει τόσο τους ανθρώπους που ζουν

² Για τους σκοπούς των παραρτημάτων, ως "επιβλαβείς ουσίες" εννοούνται οι ουσίες που προσδιορίζονται ως θαλάσσιοι ρύποι στον διεθνή ναυτιλιακό κώδικα επικίνδυνων εμπορευμάτων (IMDG).

σε αυτές όσο και τα οικοσυστήματα. Ο κανονισμός 4 του παραρτήματος VI της MARPOL επιτρέπει στις αρχές των κρατών σημαίας να εγκρίνουν «ισοδύναμα» εξάρτημα ικανά να πληρούν τα ίδια πρότυπα ελέγχου των εκπομπών, δηλαδή υλικά, εξοπλισμό ή συσκευές που τοποθετούνται σε πλοία ή άλλες διεργασίες, εναλλακτικά καύσιμα ή μεθόδους προσαρμογής που χρησιμοποιούνται αντί των απαιτούμενων.

SEEMP

Ο IMO, επιπλέον, έχει εισαγάγει κανονισμούς που αντιστοιχούν στα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής ενός πλοίου. Από τον σχεδιασμό (EEDI) έως τη λειτουργία (CII), και από τα νέα πλοία (EEDI) έως τον υπάρχοντα στόλο (EEXI), όλα υπό το γενικό πλαίσιο ενός Σχεδίου Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης (SEEMP).

Ο Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI) αφορά αποκλειστικά τα νεότευκτα πλοία, ολικής χωρητικότητας 400 τόνων και άνω, τα οποία για να εγκριθούν για λειτουργία πρέπει να πληρούν τους στόχους απόδοσης. Ο δείκτης υπολογίζει την ποσότητα CO₂ που εκπέμπεται ανά μονάδα μεταφορικού έργου, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως το μέγεθος, τη χωρητικότητα (DWT³), τον τύπο πλοίου και τεχνολογίες ενεργειακής απόδοσης που έχουν ενσωματωθεί στο σχεδιασμό του. Ο EEDI ορίζει τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για την ποσότητα των εκπομπών CO₂ ανά τόνο-μίλι για κάθε πλοίο.

Το πλαίσιο EEXI ακολουθεί την ίδια λογική με το EEDI, με τη διαφορά ότι άπτεται στα υπάρχοντα πλοία 400 DWT και άνω. Υποδεικνύει ένα ελάχιστο απαιτούμενο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης για διάφορους τύπους πλοίων. Ο EEXI αντιπροσωπεύει ένα πρότυπο που πρέπει να τηρείται, διασφαλίζοντας ότι τα υπάρχοντα πλοία θα προβούν σε τεχνικές τροποποιήσεις εάν υπερβαίνουν τις καθορισμένες εκπομπές CO₂.

Ο δείκτης έντασης άνθρακα (CII) είναι ένα σύστημα αξιολόγησης για πλοία που δείχνει πόσο αποτελεσματικά μεταφέρουν αγαθά ή επιβάτες, δηλαδή την ενεργειακή τους απόδοση. Η μονάδα μέτρησης του είναι σε γραμμάρια CO₂ που εκπέμπονται ανά μονάδα μεταφορικού έργου και ναυτικό μίλι που διανύει ένα πλοίο [6].

Το πρώτο έτος της ετήσιας αξιολόγησης CII θα είναι το 2024 για τη λειτουργία του ημερολογιακού έτους 2023. Τα πλοία, με βάση την ετήσια κατανάλωση καυσίμου, από τα δεδομένα DCS του IMO, θα δέχονται περιβαλλοντική βαθμολογία. Α (ανώτατο), Β (δευτερεύων ανώτερο), C (μέτριο), D (κατώτερο) ή E (κατώτατο επίπεδο απόδοσης). Τα όρια θα γίνονται όλο και πιο αυστηρά. Για πλοία που έχουν κατάταξη σε D ή E επί

³ Η μεταφορική ικανότητα εκφράζεται είτε ως DWT είτε ως GT ανάλογα με τον τύπο του πλοίου.

3 αδιάληπτα έτη, απαιτείται η συγκρότηση σχεδίου διορθωτικών μέτρων για να παρουσιάσει πώς θα επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο (C ή υψηλότερο) [7].

Το SEEMP είναι ένα εργαλείο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης και συμβάλει στον εντοπισμό των ανεπαρκειών στις συνολικές λειτουργίες ενός πλοίου. Προτρέπει τον πλοιοκτήτη να ερευνήσει και να προσαρτήσει νέες τεχνολογίες και πρακτικές για την βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας του πλοίου κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Ειδικότερα η εφαρμογή του SEEMP λειτουργεί παρακολουθώντας συνεχώς μετρήσεις τιμών (monitoring) των εκπομπών CO₂ υπό πραγματικές συνθήκες, στο πλαίσιο μιας ευρύτερης εταιρικής πολιτικής με στόχο τη συνεχή εξέλιξη [8].

Συντίθεται από τα εξής 3 μέρη:

Μέρος I: Σχέδιο διαχείρισης πλοίων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Τέθηκε σε εφαρμογή την 1η Ιανουαρίου του 2013 και σύμφωνα με το περιεχόμενο του, όλα τα πλοία άνω των 400 τόνων (ολικής χωρητικότητας) που εκτελούν διεθνείς πλεύσεις θα πρέπει να αναπτύξουν ένα σχέδιο για την μείωση των εκπομπών CO₂.

Μέρος II: Σχέδιο συλλογής δεδομένων κατανάλωσης μαζούτ. Τέθηκε σε εφαρμογή την 1η Ιανουαρίου 2019 και σύμφωνα με τον κανονισμό IMO DCS, όλα τα πλοία άνω των 5000 τόνων (ολικής χωρητικότητας) οφείλουν να συλλέγουν και να αναφέρουν την κατανάλωση καυσίμου στις αρμόδιες αρχές.

Μέρος III: Σχέδιο έντασης άνθρακα πλοίου. Υιοθετήθηκε ο δείκτης CII, ο οποίος τέθηκε σε εφαρμογή την 1η Ιανουαρίου 2023. Μέρος του αποτελεί ένα υποχρεωτικό ειδικό έγγραφο για το πλοίο που προσδιορίζει το σχέδιο βελτίωσης του CII για τα επόμενα χρόνια της λειτουργίας του και υπόκειται σε τακτικές ενημερώσεις και αναθεωρήσεις, αντικατοπτρίζοντας τις μεταβαλλόμενες επιδόσεις και τα απαιτούμενα μέτρα. Ο πλοιοκτήτης αναλαμβάνει την πλήρη ευθύνη κάθε πλοίο του στόλου του να τηρεί ειδικό για κάθε πλοίο Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης, λαμβάνοντας υπόψη τις κατευθυντήριες γραμμές που έχει εγκρίνει ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός [9], [10].

Το SEEMP μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά σε 4 βήματα:

1. Σχεδιασμός
2. Εφαρμογή
3. Παρακολούθηση
4. Αυτοαξιολόγηση και βελτίωση

Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (IEEC)

Όλα τα πλοία 400 GT και άνω που δραστηριοποιούνται διεθνή υδάτινα μονοπάτια υποχρεούνται να διαθέτουν Πιστοποιητικό Διεθνούς Ενεργειακής Απόδοσης (IEEC). Αυτό το πιστοποιητικό πρέπει να είναι διαθέσιμο επί του πλοίου για επιθεωρήσεις και ελέγχους. Με την κατοχή του επαληθεύεται η επίτευξη λειτουργίας του πλοίου εντός των απαιτούμενων ορίων εκπομπών.

Το Πιστοποιητικό IEEC ισχύει για τη ζωή του πλοίου. Για τα νέα πλοία εκδίδεται κατά την αρχική επιθεώρηση πριν ξεκινήσει η λειτουργία του πλοίου. Για τα υπάρχοντα πλοία, θα έπρεπε να έχει εκδοθεί μετά την πρώτη ενδιάμεση ή ανανεωτική επιθεώρηση μετά την 1η Ιανουαρίου 2013.

Τα μέτρα αυτά αποτελούν μια ολοκληρωμένη συλλογή εργαλείων που βοηθούν τη ναυτιλιακή βιομηχανία να μειώσει το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα. Είναι τεχνολογικά ουδέτερα και ο πλοιοκτήτης ή ο ναυλωτής μπορεί να επιλέξει τα καταλληλότερα μέσα για την ικανοποίηση των στόχων που ορίζονται από τον IMO.

SOLAS

Μια ακόμη αξιοσημείωτη ρυθμιστική προσπάθεια του IMO είναι η Διεθνής Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS). Ξεκίνησε το 1914 ως απάντηση στην καταστροφή του Τιτανικού και έκτοτε υπαγορεύει ελάχιστα πρότυπα ασφαλείας στην κατασκευή, τον εξοπλισμό και τη λειτουργία των εμπορικών πλοίων. Η σύμβαση έχει υποστεί πολυάριθμες τροποποιήσεις για την αντιμετώπιση των αναδυόμενων προκλήσεων και τεχνολογιών (SOLAS, 1974). Η ισχύουσα σύμβαση χωρίζεται σε 14 κεφάλαια [11].

Κεφάλαιο I: Γενικές διατάξεις: Περιλαμβάνονται επιθεωρήσεις και πιστοποίηση όλων των στοιχείων ασφαλείας κ.λπ.

Κεφάλαιο II-1: Κατασκευές – Υποδιαίρεση και ευστάθεια, μηχανήματα και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις: Ασχολείται με τη στεγανότητα του πλοίου, ειδικά για τα επιβατηγά πλοία.

Κεφάλαιο II-2: Πυροπροστασία, πυρανίχνευση και κατάσβεση: Αναλύει τα μέσα και τα μέτρα πυροπροστασίας στους χώρους ενδιαίτησης, στους χώρους φορτίου και στα μηχανοστάσια επιβατηγών, φορτηγών και δεξαμενόπλοιων.

Κεφάλαιο III: Σωστικά μέσα και διατάξεις.

Κεφάλαιο IV: Ραδιοεπικοινωνίες: Περιλαμβάνει απαιτήσεις GMDSS, SART, EPIRB κ.λπ., για φορτηγά και επιβατηγά πλοία.

Κεφάλαιο V: Ασφάλεια της ναυσιπλοΐας: Το κεφάλαιο αυτό ασχολείται με όλα τα ποντοπόρα πλοία όλων των μεγεθών, από σκάφη έως VLCC, και περιλαμβάνει σχεδιασμό διέλευσης, πλοήγηση, σήμα κινδύνου κ.λπ.

Κεφάλαιο VI: Μεταφορά φορτίων: Ορίζει την αποθήκευση και την ασφάλεια διαφόρων φορτίων και εμπορευματοκιβωτίων, αλλά δεν περιλαμβάνει το φορτίο πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Κεφάλαιο VII: Μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων.

Κεφάλαιο VIII: Κώδικας ασφαλείας για πυρηνικά πλοία.

Κεφάλαιο IX: Διεθνής Κώδικας Διαχείρισης της Ασφάλειας και διαχείρισης για τους πλοιοκτήτες και τους φορείς εκμετάλλευσης περιγράφεται σαφώς.

Κεφάλαιο X: Μέτρα ασφαλείας για ταχύπλοα σκάφη.

Κεφάλαιο XI-1 & 2: Ειδικά μέτρα για την ενίσχυση της ασφάλειας στη θάλασσα: Ενισχυμένες λειτουργικές απαιτήσεις και ενημέρωση του κώδικα ISPS.

Κεφάλαιο XII: Πρόσθετα μέτρα ασφαλείας για τα πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην: Περιλαμβάνει απαιτήσεις ασφαλείας για πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου μήκους άνω των 150 μέτρων.

Κεφάλαιο XIII: Επαλήθευση της συμμόρφωσης.

Κεφάλαιο XIV: Μέτρα ασφαλείας για τα πλοία που πλέουν σε πολικά ύδατα.

Το κεφάλαιο πέντε (SOLAS V), είναι το μόνο που ισχύει για όλα τα πλοία στη θάλασσα, συμπεριλαμβανομένων των ιδιωτικών θαλαμηγών και των μικρών σκαφών σε τοπικά ταξίδια, καθώς και των εμπορικών πλοίων σε διεθνή περάσματα. Πολλές χώρες, ωστόσο, έχουν μετατρέψει αυτές τις διεθνείς απαιτήσεις σε εθνικούς νόμους.

Οι κανόνες θα αναβαθμίζονται τακτικά ανάλογα με την ανάπτυξη και εξέλιξη της ναυπήγησης και με τις εκ νέου συμβουλές των νηογνομόνων μέσα από την αυξανόμενη εμπειρία τους. Τα ναυπηγεία οφείλουν να ενημερώνονται και να ακολουθούν όλες τις ανανεωμένες προδιαγραφές για τα νεότευκτα πλοία.

Σύμβαση BWM

Η Σύμβαση BWM (Ballast Water Management Convention) είναι μια διεθνής συμφωνία που υιοθετήθηκε από τον IMO το 2004. Στόχος της είναι η πρόληψη, η ελαχιστοποίηση και τελικά η εξάλειψη της μεταφοράς και εξάπλωσης επιβλαβών υδρόβιων οργανισμών και παθογόνων παραγόντων από τη θαλάσσια κυκλοφορία των πλοίων, μέσω του νερού έρματος και των ιζημάτων των πλοίων. Τα πλοία οφείλουν να διαχειρίζονται το έρμα τους σύμφωνα με ορισμένα πρότυπα και να διασφαλίζουν ότι οι επιβλαβείς υδρόβιοι οργανισμοί και τα παθογόνα απομακρύνονται ή καθίστανται αβλαβή πριν το νερό του έρματος απελευθερωθεί σε ένα νέο περιβάλλον. Η εγκατάσταση συστημάτων επεξεργασίας του νερού έρματος πριν την απόρριψη του (BWTS) είναι αναγκαία για το φιλτράρισμα και την απολύμανση του νερού ώστε να πληροί τις προϋποθέσεις. Επιπλέον, υποχρεούνται να διατηρούν βιβλίο αρχείων (BWRB) που τεκμηριώνει όλες τις λειτουργίες του νερού έρματος.

Το "νερό έρματος" αναφέρεται στο θαλασινό νερό που παίρνουν τα πλοία στις δεξαμενές έρματος τους, προκειμένου να διατηρήσουν τη σταθερότητα και την ασφάλεια κατά τη διάρκεια της ναυσιπλοΐας. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται κυρίως όταν τα πλοία είναι άδεια ή μερικώς φορτωμένα, ώστε να εξασφαλιστεί η κατάλληλη κατανομή βάρους και να βελτιωθεί η πλοϊμότητα και η ευστάθεια του πλοίου. Ωστόσο, το νερό έρματος μπορεί να περιέχει οργανισμούς όπως φυτά, ζώα, βακτήρια και ιούς, τα οποία μπορεί να μεταφερθούν από μια περιοχή σε άλλη, όταν το νερό εκκενώνεται από τις δεξαμενές, προκαλώντας δυνητικά σημαντική οικολογική ζημιά, όπως την εισαγωγή ξένων ειδών που μπορεί να προκαλέσουν δυσλειτουργία και να πλήξουν τα τοπικά οικοσυστήματα. Η μεταφορά χωροκατακτητικών ειδών μέσω του νερού έρματος προκαλεί επίσης και οικονομική ζημιά σε βιομηχανίες όπως η αλιεία και ο τουρισμός, καθώς αυτοί οι οργανισμοί μπορούν να ξεπεράσουν τα ιθαγενή είδη και να διαταράξουν τους βιοτόπους και την εγγενή βιοποικιλότητα.

Η ευρωπαϊκή πράσινη συμφωνία

Το μέλλον της Ευρώπης εξαρτάται από την υγεία του πλανήτη. Οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), με τη σειρά τους, έχουν δεσμευτεί να επιτύχουν κλιματική ουδετερότητα έως το 2050. Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία είναι η στρατηγική της ΕΕ η οποία έχει ως στόχο να την θέσει σε τροχιά προς την πράσινη μετάβαση. Η μετάβαση αυτή πρέπει να είναι οικονομικά αποδοτική και κοινωνικά δίκαιη και χωρίς αποκλεισμούς. Προτεραιότητα χρειάζεται να δοθεί στον άνθρωπο, τις περιφέρειες, τους κλάδους και τους εργαζομένους που θα έρθουν αντιμέτωποι με τις προκλήσεις. Για να εξασφαλιστεί αυτό απαραίτητη κρίνεται η ανάπτυξη συστήματος παρακολούθησης και υποβολή εκθέσεων σχετικά με την πρόοδο καθώς και χαρτογράφηση του ρυθμού μείωσης των εκπομπών, ώστε να είναι δυνατές κάποιες προβλέψεις. Η διαμόρφωση ενός συνεκτικού και ισορροπημένου πλαισίου θα ενισχύει την καινοτομία και την ανταγωνιστικότητα της βιομηχανίας της ΕΕ εξασφαλίζοντας παράλληλα ισότιμους όρους έναντι των οικονομικών φορέων τρίτων χωρών. Η ΕΕ στην πρώτη γραμμή των παγκόσμιων προσπαθειών για τον μετριασμό της περιβαλλοντικής υποβάθμισης στις θαλάσσιες δραστηριότητες, θα εξακολουθεί να ηγείται των διεθνών προσπαθειών και επιθυμεί να χτίσει συμμαχίες με όσους συμμερίζονται τις απόψεις της. Επίσης, αναγνωρίζει την ανάγκη να διατηρηθεί η ασφάλεια του εφοδιασμού και η ανταγωνιστικότητά της, ακόμη κι αν οι άλλοι διστάζουν να δράσουν. Όλα αυτά με τελικό στόχο την εξάλειψη των εκπομπών CO₂ από τη ναυτιλία, μαζί και με άλλους κλάδους.

Ποιες πρωτοβουλίες περιλαμβάνει η Πράσινη Συμφωνία;

- 1) Προσαρμογή στον στόχο του 55 % (Fit for 55)
- 2) Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών
- 3) Κανονισμός FuelEU
- 4) Το σύστημα THETIS MRV – MRV

1. Fit for 55

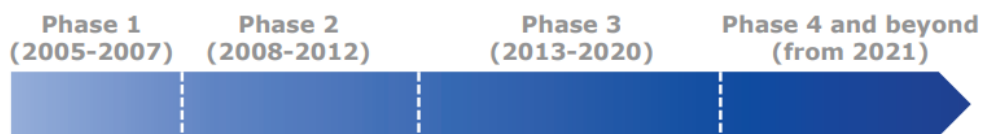
Η ονομασία «Fit for 55» αντιπροσωπεύει τον στόχο της ΕΕ να μειωθούν οι καθαρές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030. Οι φιλόδοξοι στόχοι του πακέτου Fit for 55 είναι προσανατολισμένοι στο κλίμα, την ενέργεια και τις μεταφορές, σε μία προσπάθεια ενίσχυσης της οικολογικής συνείδησης.

Το πακέτο μέτρων Fit for 55 είναι μια σειρά προτάσεων για την αναθεώρηση και την επικαιροποίηση της νομοθεσίας της ένωσης. Αποσκοπεί στο να δώσει μορφή στο όραμα της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας μέσω νομοθετήματος, εδραιώνοντας τη θέση της ΕΕ ως πρωτοπόρου στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής σε παγκόσμιο επίπεδο [12].

2. Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών Ρύπων

Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών Ρύπων (ΣΕΔΕ της ΕΕ) αποτελεί πυλώνα της πολιτικής που έχει αναπτύξει η ΕΕ και είναι κομβικής σημασίας για την ανταπόκριση στις δεσμεύσεις για μείωση εκπομπών ρύπων που έχει αναλάβει από την κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο και την Συμφωνία του Παρισιού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα και πρότυπο υπήρξε το σύστημα εμπορίας διοξειδίου του θείου που εφαρμόστηκε στις ΗΠΑ το 1995.

Το ΣΕΔΕ τέθηκε σε εφαρμογή το 2005 και εφαρμόστηκε σε τέσσερις διαφορετικές φάσεις.



Εικόνα 1: Πηγή EU ETS Handbook

Πρόκειται για μια αγορά εκπομπών άνθρακα που βασίζεται σε ένα σύστημα ανώτατων ορίων. Το ανώτατο όριο καθορίζεται από την ΕΕ και μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, προκειμένου να μειωθούν σταδιακά οι συνολικές ποσότητες εκπομπών. Το σύστημα λειτουργεί με τη διανομή δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις επιχειρήσεις. Κάθε επιχείρηση λαμβάνει ένα περιορισμένο αριθμό αυτών των δικαιωμάτων, τα οποία αντιστοιχούν σε συγκεκριμένο όγκο εκπομπών που επιτρέπεται να προκαλέσει κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Το κάθε δικαίωμα – άδεια ισοδυναμεί με δικαίωμα εκπομπής αερίων ίσο με ένα τόνο. Αν μια εγκατάσταση υπερβεί το όριο, πρέπει να αγοράσει περισσότερες άδειες για να καλύψει τις ανάγκες της, ή να μειώσει τις εκπομπές της, για την αποφυγή προστίμου. Σε κάθε άλλη

περίπτωση, κρατάει στην κατοχή της τις υπολειπόμενες άδειες, δημιουργώντας απόθεμα, που μπορεί να εξαργυρώσει σε επόμενη περίοδο ή να το πουλήσει σε άλλη εταιρεία. Αυτός ο μηχανισμός παρέχει ένα οικονομικό κίνητρο για τη μείωση των εκπομπών.

Βασικά χαρακτηριστικά του EU-ETS.

- i. Το σύστημα «cap and trade» (σύστημα ανώτατου ορίου και εμπορίου). Η λογική πίσω από τη λειτουργία της αρχής αυτής βρίσκεται στη θέσπιση από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενός ανώτατου ορίου εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (cap) για κάθε ένα από τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Έπειτα οι συμμετέχουσες εταιρείες⁴ πωλούν και αγοράζουν ελεύθερα δικαιώματα εκπομπών (trade), ανάλογα τις ανάγκες τους.

Οι επιχειρήσεις, για τη λειτουργία των οποίων απαιτείται η εκπομπή ρυπογόνων αερίων στην ατμόσφαιρα, έχουν τη δυνατότητα να αποκτήσουν δικαιώματα εκπομπών ρύπων είτε μέσω δωρεάν χορήγησης από τα κράτη είτε μέσω αγοράς στη δευτερογενή αγορά, εφόσον πληρώσουν το ανάλογο χρηματικό ποσό. Αντίθετα, θα αντιμετωπίζουν υψηλά πρόστιμα εάν υπερβούν την ποσότητα ρύπων για την οποία έχουν λάβει άδεια.

Η αξία των δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων προκύπτει από το νόμο προσφοράς και ζήτησης. Η προσφορά τους είναι περιορισμένη. Η ζήτηση προέρχεται από τους συμμετέχοντες του συστήματος, οι οποίοι αντιμετωπίζουν υψηλά κόστη μείωσης εκπομπών ρύπων και συνεπώς επιλέγουν ως οικονομικότερη λύση την αγορά δικαιωμάτων.

- ii. Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Οι υπαίτιοι για την ρύπανση οφείλουν να λαμβάνουν μέτρα πρόληψης ή αποκατάστασης των περιβαλλοντικών ζημιών προκειμένου κατά τον τρόπο αυτό να εσωτερικευθεί η αρνητική εξωτερικότητα της δράσης τους. Δηλαδή, η ποσότητα των εκπομπών αερίων ρύπων που προκύπτει από την παραγωγική διαδικασία, είναι ανάλογη του οικονομικού αντιτίμου που θα πρέπει να δαπανήσει μια επιχείρηση, ώστε να εξασφαλίσει τα αντίστοιχα δικαιώματα εκπομπών, σε μια προσπάθεια να συμβαδίσει με τους κανονισμούς. Με αυτό τον τρόπο, δίνεται οικονομικό κίνητρο για στροφή σε επενδύσεις με περιβαλλοντικό πρόσημο.
- iii. Ο πλειστηριασμός των αδειών εκπομπής ρύπων. Η Επιτροπή προτείνει τη σταδιακή κατάργηση των δωρεάν δικαιωμάτων εκπομπών και τη μετάβαση σε πλήρη πλειστηριασμό δικαιωμάτων έως το 2027. Ο συνολικός

⁴ Σύμφωνα με τον κανονισμό ΕΕ 2015/757 (MRV), ως «εταιρεία» νοείται ο πλοιοκτήτης ή οποιοσδήποτε άλλος οργανισμός ή φυσικό πρόσωπο, όπως ο διαχειριστής ή ο ναυλωτής γυμνού πλοίου, που έχει αναλάβει την ευθύνη για τη λειτουργία του πλοίου από τον πλοιοκτήτη.

αριθμός δικαιωμάτων εκπομπών θα μειώνεται με ταχύτερο ρυθμό από ό,τι στο παρελθόν. Συγκεκριμένα, στόχος της φάσης 4 είναι να αυξηθεί ο ρυθμός μείωσης των εκπομπών, από το 2021 και μετά, σε 2,2% αντί για 1,74%. Επιπροσθέτως, η ΕΕ εξέδωσε πρόσφατα απόφαση για τη δημιουργία αποθεματικού για τη σταθερότητα της αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών στην ΕΕ. Σκοπός του είναι η διόρθωση του μεγάλου πλεονάσματος δικαιωμάτων εκπομπών που έχουν συσσωρευτεί.

- iv. Το φαινόμενο της διαρροής άνθρακα (Carbon leakage). Για την αντιμετώπιση του παρουσιάστηκε ο μηχανισμός συνοριακής προσαρμογής άνθρακα (CBAM), ο οποίος στρέφεται ενάντια στον κίνδυνο διαρροής άνθρακα, μέσω της τιμολόγησης των ανθρακούχων εκπομπών που εμπεριέχονται στα προϊόντα που εισάγονται στην ΕΕ. Το αντίστοιχο ποσό μπορεί να αφαιρεθεί αν επαληθευτεί ότι έχει ήδη καταβληθεί τιμή ανθρακούχων εκπομπών κατά την παραγωγή των εισαγόμενων εμπορευμάτων. Πρόκειται για μέτρο περιβαλλοντικής πολιτικής που διασφαλίζει ότι η κλιματική προσδοκία της ΕΕ δεν υπονομεύεται από τις λιγότερο φιλόδοξες κλιματικές πολιτικές που υιοθετούνται σε άλλα μέρη του κόσμου.

EU-ETS & ναυτιλία

Για να εξασφαλιστεί ότι ο τομέας των θαλάσσιων μεταφορών θα συμβάλλει κι αυτός στις κλιματικές φιλοδοξίες της ΕΕ, η Επιτροπή εισηγείται να επεκταθεί το πεδίο εφαρμογής του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ ώστε να καλύπτει τις εκπομπές CO₂ από μεγάλα πλοία, ανεξάρτητα από τη σημαία που φέρουν. Η επέκταση θα περιλαμβάνει όλες τις εκπομπές από πλοία που προσεγγίζουν λιμάνια της ΕΕ για ταξίδια εντός της ΕΕ και το 50% των εκπομπών από ταξίδια με αφετηρία ή προορισμό εκτός της ΕΕ.

Στο πλαίσιο αυτό θα υπάρξει μια τριετής περίοδος προσαρμογής, τη διασφάλιση μιας ομαλής μετάβασης για τον τομέα, κατά την οποία οι ναυτιλιακές εταιρείες θα μπορούν αγοράζουν δικαιώματα εμπορίας ρύπων για το 40% των εκπομπών το 2024, ενώ στη συνέχεια θα αυξηθεί σταδιακά στο 75% το 2025 και στο 100% το 2026. Αρχικά οι εκπομπές αερίων θα καλύπτουν το διοξείδιο του άνθρακα αλλά στη συνέχεια και από το 2026 θα συμπεριληφθούν οι εκπομπές του μεθανίου και του οξειδίου του αζώτου.

Με το πρώτο πραγματικό κόστος του EU ETS να επηρεάζει τους πλοιοκτήτες, τους φορείς εκμετάλλευσης και τους ναυλωτές από την 1η Ιανουαρίου 2024, η αποτελεσματική διαχείριση των εκπομπών είναι καίριας σημασίας. Το σύστημα εμπορίας ρύπων στη ναυτιλία εκτιμάται ότι θα κοστίσει στις ναυτιλιακές εταιρείες

μεταξύ 6 με 7 δισ. ευρώ ετησίως μόλις συμπεριληφθεί το 100% των εκπομπών. Σύμφωνα με το κείμενο της απόφασης, δυνατή κρίνεται η μετακύληση του κόστους από τους πλοιοκτήτες στους εμπορικούς φορείς εκμετάλλευσης και τους ναυλωτές, όταν είναι υπεύθυνοι για λειτουργικές αποφάσεις που επηρεάζουν τις εκπομπές αερίων των πλοίων. Το νομοθετικό πλαίσιο επίσης εμπεριέχει διάφορους μηχανισμούς ευελιξίας, στηρίζοντας τους υφιστάμενους στόλους ώστε να βρουν κατάλληλες στρατηγικές συμμόρφωσης και ανταμείβοντας τους πρωτοπόρους για τις έγκαιρες επενδύσεις στην ενεργειακή μετάβαση. Μέρος των εσοδών του EU ETS θα ενισχύσει τον κλάδο της ναυτιλίας για την ανθρακοποίηση.

3. Ο κανονισμός Fuel EU

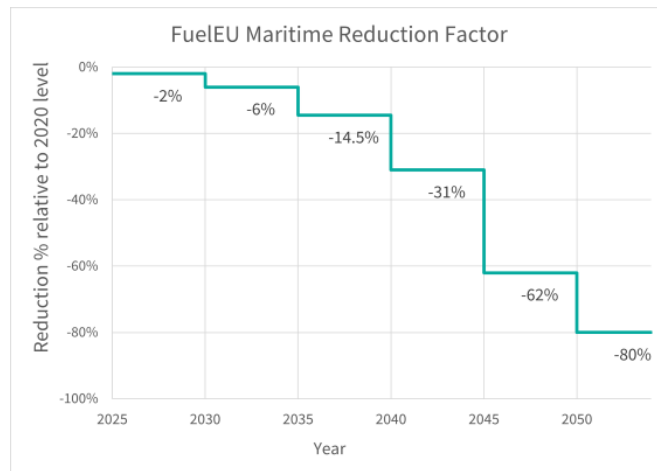
Ο κανονισμός FuelEU για τη ναυτιλία προωθεί τη χρήση ανανεώσιμων καυσίμων χαμηλών σε περιεκτικότητα άνθρακα και τεχνολογιών καθαρής ενέργειας για τα πλοία, οι οποίες είναι επιτακτικές για την απαλλαγή του κλάδου από τις εκπομπές άνθρακα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της οριοθέτησης της μέγιστης μέσης ετήσιας έντασης αερίων θερμοκηπίου (GHG) που παράγονται από την ενέργεια που χρησιμοποιείται από πλοία άνω των 5.000 κόνων ολικής χωρητικότητας καταπλέοντα σε ευρωπαϊκούς λιμένες, ανεξάρτητα από τη σημαία τους.

Επιπρόσθετες απαιτήσεις εισάγονται σχετικά με τα ελλιμενισμένα πλοία για μηδενικές εκπομπές, επιβάλλοντας τη χρήση ηλεκτροδότησης από ξηράς (OPS) ή εναλλακτικών τεχνολογιών σε λιμένες. Αυτή η πολιτική εφαρμόζεται σε επιβατηγά και φορτηγά πλοία, με σκοπό τον μετριασμό της εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα, ειδικά σε περιοχές όπου οι λιμένες βρίσκονται συχνά κοντά σε πυκνοκατοικημένες περιοχές.

Ο στόχος της νέας νομοθεσίας είναι διττού προσανατολισμού. Πρώτον, έχει σχεδιαστεί να παρέχει ασφάλεια δικαίου για τους διαχειριστές των πλοίων και τους παραγωγούς καυσίμων, και ταυτόχρονα να συμβάλει στην εκκίνηση της παραγωγής, σε εκτεταμένη κλίμακα, βιώσιμων ναυτιλιακών καυσίμων. Η FuelEU Maritime επιτρέπει την καινοτομία και την ανάπτυξη νέων βιώσιμων καυσίμων και τεχνολογιών μετατροπής ενέργειας, προσφέροντας στους φορείς εκμετάλλευσης την ελευθερία να αποφασίζουν ποια καύσιμα θα χρησιμοποιούν με βάση τον τύπο και τη λειτουργία των πλοίων.

Το FuelEU Maritime θα τεθεί σε ισχύ από την 1η Ιανουαρίου 2025, με εξαίρεση τα άρθρα 8 και 9 σχετικά με τα σχέδια παρακολούθησης, τα οποία εφαρμόζονται από τις 31 Αυγούστου 2024. Οι πλοιοκτήτες πρέπει να προετοιμαστούν και να εφοδιαστούν με τα καταλληλά καύσιμα και μηχανικές διατάξεις, τα οποία φέρουν ως αποτέλεσμα λιγότερες και καθαρότερες εκπομπές [13].

Το παρακάτω γράφημα παρουσιάζει την απαιτούμενη μείωση ανά διαστήματα 5 ετών έως το 2050, έναντι της τιμής αναφοράς του 2020.



Εικόνα 2: Πηγή Lloyd's Register

4. Το σύστημα THETIS MRV

Η παρακολούθηση, η αναφορά και η επαλήθευση (MRV) είναι μια διαδικασία πολλαπλών σταδίων, που διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο για την ενίσχυση της διαφάνειας, της λογοδοσίας, της εμπιστοσύνης και την συμμόρφωση του κλάδου προς τις διεθνείς και ευρωπαϊκές περιβαλλοντικές ρυθμίσεις.

Παρακολούθηση: Η συστηματική συλλογή και ανάλυση δεδομένων συντελούν στον έλεγχο της προόδου, της απόδοσης ή των αλλαγών με την πάροδο του χρόνου. Η παρακολούθηση παρέχει τη βάση για την κατανόηση της τρέχουσας κατάστασης και την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των παρεμβάσεων ή των πολιτικών.

Αναφορά: Ανάρτηση των αποτελεσμάτων του πρώτου μέρους σε ένα αξιόπιστο πληροφοριακό σύστημα (THETIS MRV), όπου συγκεντρώνονται με τη μορφή δομημένων εκθέσεων ή συνόλων δεδομένων, επιτρέποντας στους εμπλεκόμενους να προσδιορίζουν τις τάσεις και να παίρνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις. Στο πλαίσιο διεθνών συμφωνιών, οι χώρες υποχρεούνται συχνά να υποβάλλουν τακτικές γνωστοποιήσεις με λεπτομέρειες για τις εκπομπές τους, τις προσπάθειες μετριασμού και άλλες σχετικές πληροφορίες.

Επαλήθευση: Η επαλήθευση υλοποιείται από διαπιστευμένο ελεγκτή, για την επιβεβαίωση της ακρίβειας, της αξιοπιστίας και της ακεραιότητας των αναφερόμενων δεδομένων, καθώς και για να διασφαλιστεί ότι ευθυγραμμίζομαι με τα πρότυπα και κατευθυντήριες γραμμές.

Η ΕΕ, μέσω του MRV, απαιτεί από τα πλοία που δραστηριοποιούνται εντός των υδάτων και των λιμένων της να παρακολουθούν και να αναφέρουν τις εκπομπές CO₂ τους. Κάθε χρόνο, οι φορείς εκμετάλλευσης καλούνται να υποβάλλουν έκθεση εκπομπών.

Χρονοδιάγραμμα συμμόρφωσης [13]:

Έως τις 31 Αυγούστου 2024, οι ναυτιλιακές εταιρείες θα πρέπει να υποβάλουν σχέδιο παρακολούθησης, το οποίο θα περιλαμβάνει λεπτομέρειες σχετικά με τη μέθοδο και την ενέργεια που έχουν επιλέξει για κάθε πλοίο.

Από την 1η Ιανουαρίου 2025 και κατόπιν κάθε έτος, οι εταιρείες θα πρέπει να καταγράφουν ετήσιες πληροφορίες (έως 31 Δεκεμβρίου), όπως η διαδρομή των πλοίων, ο χρόνος παραμονής στα λιμάνια, η χρήση χερσαίας ενέργειας, η χρήση εναλλακτικών τεχνολογιών και πηγών ενέργειας, η ποσότητα καυσίμων και η εκπομπή αερίων θερμοκηπίου κατά τον ελλιμενισμό και στη θάλασσα.

Τα δεδομένα για ένα έτος πρέπει να επαληθεύονται από διαπιστευμένο ελεγκτή έως τις 31 Μαρτίου του επόμενου έτους.

Στη συνέχεια, οι ελεγκτές έχουν χρονικό περιθώριο μέχρι τις 30 Απριλίου, να υποβάλλουν αναφορές στις εταιρείες σχετικά με το ισοζύγιο συμμόρφωσης, τις μη συμμορφούμενες λιμενικές κλήσεις και τις κυρώσεις. Τα πλοία με πλεόνασμα συμμόρφωσης μπορούν να διατηρήσουν το πλεόνασμά τους για την επόμενη περίοδο αναφοράς. Τα πλοία με έλλειμμα μπορούν να χρησιμοποιήσουν το πλεόνασμα από την προηγούμενη περίοδο, αλλά με μειωμένο ποσοστό, αν δεν διαθέτουν τότε θα υποστούν κυρώσεις. Τέλος, οι ελεγκτές θα εκδίδουν πιστοποιητικό συμμόρφωσης για το πλοίο, το οποίο θα ισχύει έως τις 30 Ιουνίου του επόμενου έτους. Τα πλοία που εισέρχονται σε λιμάνια του ΕΟΧ θα πρέπει να φέρουν έγκυρο πιστοποιητικό. Δεν μπορεί να εκδοθεί πιστοποιητικό εάν το πλοίο παρουσιάζει έλλειμμα συμμόρφωσης ή μη συμμορφούμενους ελλιμενισμούς για τους οποίους δεν έχει καταβληθεί το πρόστιμο. Η μη προσκόμιση πιστοποιητικού συμμόρφωσης FuelEU για δύο ή περισσότερες διαδοχικές περιόδους αναφοράς θα μπορούσε να οδηγήσει σε απαγόρευση εισόδου πλοίου στην ΕΕ.

Το συνοδευτικό, αυτό, σύστημα επιδιώκει να αποδείξει ότι οι επιχειρήσεις έχουν πράγματι αποτρέψει ή εξαλείψει τις επιβλαβείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου καθιστά τα όρια που έχουν τεθεί απαραβίαστα.

Η ψηφιακή εξέλιξη θα αλλάξει τα δεδομένα, επιφέροντας αλλαγές στον τρόπο που λαμβάνονται και διαχειρίζονται τα στοιχεία. Παράλληλα, στο προσκήνιο έρχονται πιο σύγχρονες τεχνολογίες που ελαχιστοποιούν τυχόν σφάλματα στη συλλογή, στην επεξεργασία και στον ποιοτικό έλεγχο των δεδομένων, συμβάλλοντας στη μείωση του κόστους και του χρόνου. Σε αντίθεση με τις τρέχουσες μεθόδους που είναι πιο δαπανηρές και χρονοβόρες, συχνά βασιζόμενες σε χειροκίνητες λειτουργίες.

Η συμβολή της Ελλάδας

Η ναυτιλία μαζί με τον τουρισμό αποτελούν τους στυλοβάτες της εθνικής οικονομίας. Η ελληνική ναυτιλία συνεισφέρει περισσότερο από 7% στο συνολικό ΑΕΠ της χώρας. Η Ελλάδα είναι η μεγαλύτερη ναυτιλιακή αγορά στο κόσμο, καθώς οι Έλληνες

πλοιοκτήτες ελέγχουν το 21% του παγκοσμίου στόλου. Ο ελληνικός εμπορικός στόλος αποτελείται από 5.520 πλοία. Επί σειράν ετών, η Ελλάδα κατατάσσεται στις 5 κορυφαίες ναυτιλιακές χώρες, μεταξύ άλλων η Ιαπωνία, η Κίνα, η Σιγκαπούρη και το Χονγκ Κονγκ και ανήκει στα 10 κορυφαία κέντρα του κόσμου. Πολλά ελληνικά λιμάνια βρίσκονται σε στρατηγικά σημεία και αποτελούν σημαντικούς πόλους έλξης επενδύσεων (εμπορικών και τουριστικών).

Η Ελλάδα, ως συμβαλλόμενο μέλος του συστήματος και αναγνωρίζοντας το δυνητικό πρόβλημα συνέταξε άμεσα το πλάνο δράσης της για την ενέργεια και το κλίμα. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, ανέλαβε περιβαλλοντικές δεσμεύσεις, καθώς, ως κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κύρωσε τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές (UNFCCC).

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) είναι ένας οδικός χάρτης πολιτικής και μέτρων με συγκεκριμένους ποσοτικούς και ποιοτικούς στόχους για το έτος 2030, λαμβάνοντας υπόψη τις συστάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής αλλά και τους στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ. Πρόκειται ουσιαστικά για έναν μακροπρόθεσμο σχεδιασμό της εθνικής πολιτικής, ενταγμένο στο πλαίσιο της συμμετοχής της χώρας στο συλλογικό Ευρωπαϊκό στόχο της επιτυχούς και βιώσιμης μετάβασης σε μια οικονομία κλιματικής ουδετερότητας έως το έτος 2050. Παρουσιάζει τις διαθέσιμες τεχνολογικές λύσεις με δυνατότητα εφαρμογής στο εγχώριο πεδίο, με στόχο την ανασυγκρότηση και διαμόρφωση της εθνικής οικονομίας του μέλλοντος. Μια καινοτομία του κλιματικού νόμου είναι ότι επιβάλλει την κατάρτιση επτά τομεακών προϋπολογισμών άνθρακα, οι οποίοι όταν αθροίζονται θα αποδίδουν έναν εθνικό προϋπολογισμό άνθρακα. Ο προϋπολογισμός άνθρακα ορίζεται ως η μέγιστη ποσότητα εκπομπών που επιτρέπεται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Στον τομέα των μεταφορών, το ΕΣΕΚ εστιάζει στην ηλεκτροκίνηση και τα βιώσιμα καύσιμα. Αυτό ευθυγραμμίζεται με τον ευρύτερο στόχο της μείωσης του ανθρακικού αποτυπώματος του ναυτιλιακού τομέα της ΕΕ μέσω της αυξημένης χρήσης ανανεώσιμων καυσίμων και καυσίμων χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα της Ελλάδας ήταν περίπου 103,4 εκατομμύρια τόνους το 1990 και μειώθηκαν σε 74,8 εκατομμύρια τόνους το 2020. Σύμφωνα λοιπόν με τον στόχο, έως το 2030 θα πρέπει να περιοριστούν στους 46,5 εκατομμύρια τόνους εκπομπών. Μέχρι το 2040, οι εκπομπές της χώρας πρέπει να μειωθούν σημαντικά σε μόλις 20,7 εκατομμύρια τόνους. Η χώρα έχει ήδη ξεκινήσει την διαδικασία απολιγνιτοποίησης, με στόχο την πλήρη απομάκρυνση του λιγνίτη από την ηλεκτροπαραγωγή έως το 2028. Η αντικατάσταση του λιγνίτη με ΑΠΕ είναι κρίσιμη για την επίτευξη του στόχου αυτού.

Το ΕΣΕΚ προβλέπει επτά παρεμβάσεις για την επίτευξη των στόχων και συγκεκριμένα:

1. Ραγδαία ανάπτυξη των ΑΠΕ
2. Προσθήκη αποθήκευσης ενέργειας
3. Ενεργειακή αποδοτικότητα
4. Εξηλεκτρισμός των ελαφρών μεταφορών

5. Δημιουργία οικονομίας πρασίνου υδρογόνου
6. Ανάπτυξη συνθετικών πράσινων καυσίμων
7. Καινοτομία και συστημικές λύσεις στη δέσμευση απανθρακοποίησης
8. Βιο-οικονομία
9. Υποστήριξη νέων βιομηχανιών και επιχειρηματικών δραστηριοτήτων που αναπτύσσουν εγχώρια αλυσίδα αξίας για τις τεχνολογίες της πράσινης ενεργειακής μετάβασης

Συγκεκριμένα, στο πλαίσιο ανάπτυξης των ΑΠΕ στην Ελλάδα, το αναθεωρημένο ΕΣΕΚ στοχεύει στην συμμετοχή τους για τουλάχιστον 35% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας έως το 2030. Σήμερα, το συνολικό μερίδιο των ΑΠΕ στην αγορά ενέργειας εκτιμάται στο 18% [14].

ΕΣΕΚ (Απρ. 2023)	2021	ΕΣΕΚ	για το					
	(εκτίμηση)	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Αέρια του θερμοκηπίου χωρίς LULUCF (μεταβολή από το 1990)	-26%	-40%	-41%	-54%	-68%	-82%	-89%	-93%
Αέρια του θερμοκηπίου με LULUCF (μεταβολή από το 1990)			-44%	-57%	-72%	-87%	-95%	-99%
Δείκτης ΑΠΕ ως % ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας	22%	35%	31%	44%	65%	83%	97%	105%
Ενεργειακή αποδοτικότητα		0%	-4%	-5%	-14%	-18%	-22%	-27%
Τελική κατανάλωση ενέργειας (εκ. τυπ)	15.2	16.5	16.6	15.4	13.7	12.7	12.0	11.5
ΑΠΕ-Ηλεκτροπαραγωγή (% ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας)	36%	61%	58%	79%	94%	96%	96%	97%
ΑΠΕ-Θέρμανση/Ψύξη	31%	43%	36%	46%	63%	80%	99%	100%
ΑΠΕ-Μεταφορές	4%	19%	13%	29%	98%	209%	381%	584%
RFNBO (% καύσιμα μεταφορών)	0%	0%	0%	1.00%	11%	23%	31%	50%
Προηγμένα βιοκαύσιμα (% καύσιμα μεταφορών)	0%	1.50%	0%	2.40%	10%	17%	26%	32%
Συμβατικά βιοκαύσιμα (% καύσιμα μεταφορών) - άνω όριο	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%
ESR (% μεταβολή ΑτΘ στους τομείς εκτός ETS)	-32%	-40%	-36%	-46%	-61%	-76%	-84%	-87%

Εικόνα 3: Επισκόπηση στόχων αναθεωρημένου ΕΣΕΚ 2021-2050

Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας [14]

Αντιμετώπιση ναυτιλιακών ρύπων

Η ναυτιλιακή εταιρεία φέρει την ευθύνη να συμμορφώνεται και να συμβαδίζει με τις απαιτήσεις που ισχύουν. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα επιλογών και τεχνικών για τη

μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων από τη ναυτιλία, οι περισσότερες από τις οποίες είναι εύκολα εφαρμόσιμες και ήδη διαθέσιμες σε μεγάλη κλίμακα.

Ο καινοτόμος σχεδιασμός του πλοίου παίζει καθοριστικό ρόλο στη βελτίωση της απόδοσης, της ασφάλειας και της βιωσιμότητας ενός πλοίου. Οι νέες προσεγγίσεις σχεδιασμού εστιάζουν σε εναλλακτικά καύσιμα χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών άνθρακα, για παράδειγμα υγροποιημένο φυσικό αέριο ή βιοκαύσιμα. Για τους πλοιοκτήτες, τους σχεδιαστές και τους ναυλωτές, η υιοθέτηση πρωτοποριακών σχεδίων πλοίων συνοδεύεται από προκλήσεις πέρα από σημαντικές επενδύσεις κεφαλαίου, αλλά και αύξηση του ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος στη σημερινή αγορά.

Πλυντρίδες - συστήματα καθαρισμού καυσαερίων (EGCS)

Οι ναυτιλιακές εταιρείες εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου, κάτι που να πρέπει να συνυπολογίσουν στην στρατηγική τους, τους για να βελτιώσουν την εταιρική τους ταυτότητα. Επομένως, αποτελεί αναγκαιότητα τόσο η επικέντρωση στη μείωση της ενέργειας και της αποδοτικότητας, όσο και η επένδυση σε εναλλακτικές τεχνολογίες για τη μείωση των εκπομπών. Με προοπτική να μειωθεί ο αντίκτυπος της ναυτιλίας στην κλιματική αλλαγή τα κράτη σημαίας έχουν αποδεχθεί και εγκρίνει πλυντρίδες, γνωστές και ως "συστήματα καθαρισμού καυσαερίων" (EGCS) ή "συστήματα αποθείωσης". Αυτές οι συσκευές επιτρέπουν στα πλοία να χρησιμοποιούν βαρύ μαζούτ μειώνοντας παράλληλα το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Οι "scrubbers", όπως επίσης είναι γνωστά, έχουν σχεδιαστεί για να αφαιρούν τα οξείδια του θείου από τα καυσαέρια του κινητήρα και του λέβητα του πλοίου και διαχωρίζονται σε 2 κατηγορίες υγρού και στερέου, ανάλογα στον τύπο πλύσης που αντιστοιχούν [15].

Στα συστήματα καθαρισμού των καυσαερίων υγρού τύπου (Wet Scrubbers) τα καυσαέρια διέρχονται από κάποιο υγρό πλύσης για την απομάκρυνση των χημικών ενώσεων. Τα πιο συνηθισμένα υγρά καθαρισμού είναι το μη-επεξεργασμένο θαλασσινό νερό και το χημικά επεξεργασμένο γλυκό νερό. Ως εκ τούτου προκύπτουν εκ νέου υποκατηγορίες για αυτή τη τεχνική.

Τα «πλυντήρια» ανοιχτού βρόχου είναι μια τεχνολογία, υγρού τύπου, που χρησιμοποιείται για την απορρύπανση των αερίων, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές θείου στην ατμόσφαιρα. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, προστίθεται θαλασσινό νερό στα καυσαέρια προκειμένου να προκαλέσει αντιδράσεις με τα οξείδια του θείου (SO_x), μετατρέποντας τα σε θειικά άλατα ή θειικό οξύ. Τα οξείδια του θείου αντιδρούν με το νερό για να σχηματίσουν θειικό οξύ, το οποίο στη συνέχεια εξουδετερώνεται από τη φυσική αλκαλικότητα του. Εάν το νερό δεν έχει την απαραίτητη αλκαλική ιδιότητα, το επίπεδο καθαρισμού των καυσαερίων δεν θα είναι επαρκές, και ως αποτέλεσμα, το πλοίο δεν θα ανταποκρίνεται στα επιθυμητά επίπεδα εκπομπών που απαιτούνται από τους κανονισμούς. Σε αυτή την περίπτωση, ο φορέας εκμετάλλευσης του πλοίου θα πρέπει να χρησιμοποιήσει καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο για να συμμορφωθεί με τους ισχύοντες κανονισμούς.

Ως εναλλακτική επιλογή προτείνονται οι καθαριστές κλειστού βρόχου στους οποίους χρησιμοποιείται κυρίως γλυκό νερό. Το επεξεργασμένο νερό κυκλοφορεί μέσω του συστήματος για τον καθαρισμό των καυσαερίων, ανεξάρτητα από την ποιότητα του νερού που αντλείται και την περιοχή λειτουργίας του πλοίου. Στα συστήματα αποθείωσης χρησιμοποιούνται αλκαλικά χημικά, συνήθως υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) και σπάνια οξείδιο του μαγνησίου (MgO), για τη ρύθμιση της αλκαλικότητας του νερού. Επιπρόσθετο πλεονέκτημα του κλειστού βρόχου γίνεται να είναι η επαναχρησιμοποίηση του νερού, καθώς αυτό ανακυκλώνεται εντός του συστήματος, μειώνοντας την ανάγκη για συνεχή λήψη και απόρριψη νερού [16].

Όλα τα συστήματα αποθείωσης υγρού τύπου λειτουργούν με την ίδια βασική χημική διεργασία, αλλά υπάρχουν σημαντικές διαφορές στο σχεδιασμό τους και στα υγρά μέσα που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των καυσαερίων. Η κύρια διαφορά μεταξύ των δύο συστημάτων είναι ότι το νερό έκπλυσης πέφτει στη θάλασσα στα πλυντήρια ανοικτού κυκλώματος, ενώ στα πλυντήρια κλειστού κυκλώματος το μεγαλύτερο μέρος του που κυκλοφορεί επεξεργάζεται μετά τον πύργο πλύσης και έτσι καθίσταται κατάλληλο για ανακυκλοφορία εντός του συστήματος. Το νερό έκπλυσης γίνεται γλυκό ή αλμυρό νερό, ανάλογα με το σχεδιασμό του συστήματος καθαρισμού. Σε αυτή τη διαδικασία επεξεργασίας, τα υπολείμματα απομακρύνονται από το νερό ξεπλύματος και το νερό αυτό εισάγεται μια αλκαλική χημική επεξεργασία. Η αλκαλικότητα αποκαθίσταται με αλκαλικές χημικές ουσίες πριν από την επιστροφή του νερού στη στήλη πλύσης. Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν τα πλεονεκτήματα και των δύο τεχνολογιών δημιουργήθηκαν τα υβριδικά μοντέλα. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν ως ανοικτά όταν τα πλοία επιχειρούν στη θάλασσα και ως κλειστά όταν δραστηριοποιούνται σε ελεγχόμενες ή χαμηλής αλκαλικότητας περιοχές.

Οι κατασκευαστές ισχυρίζονται ότι οι συσκευές καθαρισμού κλειστού βρόχου απαιτούν το μισό ή λιγότερο νερό για να επιτύχουν τα ίδια αποτελέσματα με τις συσκευές καθαρισμού ανοικτού βρόχου. Ο λόγος είναι ότι επιτυγχάνονται υψηλότερα επίπεδα αλκαλικότητας στο νερό έκπλυσης με άμεσο έλεγχο του επιπέδου pH μέσω της προσθήκης αλκαλικών χημικών ουσιών. Στις πλυντρίδες που χρησιμοποιούν γλυκό νερό, το διοξείδιο του θείου (SO₂) συνδέεται με άλατα και επομένως δεν αντιδρά με τα φυσικά διττανθρακικά του θαλασσινού νερού, επομένως, δεν απελευθερώνεται CO₂.

Είναι σημαντικό το νερό που επιστρέφει στη θάλασσα μετά τη χρήση του σε αυτή τη διαδικασία να ανταποκρίνεται στα απαιτούμενα πρότυπα ποιότητας. Ο IMO έχει θεσπίσει αυστηρά κριτήρια για τη διαχείριση και την απόρριψη υδάτων πλύσης από το EGCS. Ένα από τα κριτήρια που πρέπει να πληροί είναι το pH του νερού, το οποίο πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 6,5. Αυτό βοηθά στη διατήρηση της ισορροπίας του pH στο νερό και στην προστασία των θαλάσσιων οργανισμών και του θαλάσσιου οικοσυστήματος. Ένα χαμηλό pH μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στη θαλάσσια ζωή, συμπεριλαμβανομένης της επηρεασμένης από τοξικές ουσίες και των αλλαγών στο θαλάσσιο περιβάλλον. Τυχόν υπολείμματα που παράγονται από τη μονάδα επεξεργασίας, συνήθως κλειστού βρόχου, θα πρέπει να παραδίδονται στην ξηρά σε

κατάλληλες εγκαταστάσεις υποδοχής. Τα κατάλοιπα αυτά δεν θα πρέπει να απορρίπτονται στη θάλασσα ούτε να αποτεφρώνονται επί του σκάφους [16].

Οι ξηροί καθαριστές δεν χρησιμοποιούν νερό ή υγρά γενικότερα στη διαδικασία καθαρισμού, αλλά χρησιμοποιούν ενυδατωμένους κόκκους ασβέστη για να δημιουργήσουν χημικές αντιδράσεις που απομακρύνουν τα οξείδια του θείου από τα καυσαέρια. Ένα τυπικό σύστημα στεγνού καθαρισμού χρειάζεται μεγάλο χώρο για την αποθήκευση τόσο του ασβέστη όσο και του γύψου και αποτελεί μία από τις παραμέτρους που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή μιας τέτοιας τεχνολογίας.

Εναλλακτικές πηγές ενέργειας στη ναυτιλία

Η ενέργεια αποτελεί κεντρικό στοιχείο για σχεδόν κάθε σημαντική πρόκληση και ευκαιρία που αντιμετωπίζει ο κόσμος σήμερα. Η εξασφάλιση πρόσβασης σε προσιτή, αξιόπιστη, βιώσιμη και σύγχρονη ενέργεια για όλους τους τομείς είναι ύψιστης σημασίας [17]. Προς την κατεύθυνση της απαναθρακοποίησης και προκειμένου τα πλοία να καταστούν λιγότερο ρυπογόνα, έχουν τη δυνατότητα να εξετάσουν εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Οι εναλλακτικές μορφές ενέργειας, συχνά αναφερόμενες και ως ήπιες μορφές ενέργειας ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), αποτελούν τη σημαντικότερη ίσως προσπάθεια για την επίλυση δύο βασικών προβλημάτων του πλανήτη, τη ρύπανση που προκαλείται από τα παραδοσιακά καύσιμα και τη βαθμιαία εξάντληση των αποθεμάτων των συμβατικών πηγών ενέργειας, δηλαδή των ορυκτών καυσίμων. Ισχυρή σύσταση γίνεται για χρήση εναλλακτικών καυσίμων, όπως το υδροποιημένο φυσικό αέριο (ΥΦΑ - LNG), τα βιοκαύσιμα, το υδρογόνο, η αμμωνία, η μεθανόλη και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολικής, ηλιακής, υδροηλεκτρικής, γεωθερμικής) [18]. Επιπλέον, έχουν αναπτυχθεί νέα μείγματα μαζούτ για τη αξιοποίηση στα πλοία. Τα διωλιστήρια μπορούν να αναμειγνύουν μαζούτ με υψηλή (μη συμμορφούμενη) περιεκτικότητα σε θείο με μαζούτ χαμηλότερης από την απαιτούμενη περιεκτικότητα σε θείο για την επίτευξη συμμορφούμενου μαζούτ. Για παράδειγμα, ένα πετρέλαιο εσωτερικής καύσης, με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, μπορεί να αναμειχθεί με βαρύ μαζούτ για να μειωθεί η περιεκτικότητά του σε θείο. Η ενεργειακή πυκνότητα του καυσίμου παίζει καθοριστικό ρόλο, ιδίως στις περιπτώσεις των πλοίων τα οποία πρέπει να ταξιδεύουν αυτόνομα για μέρες. Όσο υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα είχε, τόσο περισσότερος χώρος είναι διαθέσιμος κάτι που επιφέρει περισσότερα έσοδα στην ναυτιλιακή. Η ποικιλομορφία των μειγμάτων μαζούτ επιτρέπει στις εταιρείες να προσαρμόζουν τα καύσιμα ανάλογα με τις ανάγκες και τις απαιτήσεις του κάθε πλοίου, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση και την αποτελεσματικότητα της καύσης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη κατανάλωση καυσίμων και εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Για να ξεπεραστούν οι προκλήσεις απαλλαγής από τις ανθρακούχες εκπομπές, ο τομέας μπορεί να υιοθετήσει επιχειρησιακά μέτρα ενεργειακής απόδοσης, όπως συστήματα λίπανσης αέρα και πρόωση με αιολική ενέργεια. Το τελευταίο έχει ήδη εγκατασταθεί σε 28 μεγάλα σκάφη,

παρέχοντας εξοικονόμηση καυσίμου μεταξύ 5-9% μέχρι σήμερα. Η επένδυση σε έρευνα και ανάπτυξη για νέες τεχνολογίες ναυτιλιακών καυσίμων είναι το κλειδί για την ανακάλυψη και την τελειοποίηση εναλλακτικών επιλογών καυσίμων που μπορούν να μειώσουν αποτελεσματικά τις θαλάσσιες εκπομπές. Αυτή η στρατηγική εστίαση στην E&A αντικατοπτρίζει τη δέσμευση στην οδηγία για καινοτομία και πρόοδο στην τεχνολογία των ναυτιλιακών καυσίμων [19].

Marine Gas Oil (MGO)

Το Marine Gas Oil (MGO) είναι ένας τύπος ναυτιλιακού καυσίμου που χρησιμοποιείται στη ναυτιλία υποκαθιστώντας το βαρύ μαζούτ (HFO) και το ντίζελ. Η αντικατάσταση αυτή κρίνεται ιδανική, λόγω της συμβατότητας του σε ευρύ φάσμα κινητήρων πρόωσης, αλλά και σε βοηθητικούς κινητήρες πλοίων. Το MGO προέρχεται από τη διύλιση αργού πετρελαίου και είναι πριν μεσαίου αποστάγματος. Η παραγωγή του επιτυγχάνεται μέσω διαχωρισμού σε διάφορα συστατικά με βάση τα σημεία βρασμού τους. Αυτό το εύρος θερμοκρασίας επιτρέπει τον διαχωρισμό των μεσαίων αποσταγμάτων από τα ελαφρύτερα και βαρύτερα συστατικά του αργού πετρελαίου, που από τη φύση τους είναι καθαρότερα κατά την καύση τους συγκριτικά με τα υπολειμματικά καύσιμα όπως το Heavy Fuel Oil (HFO). Παρόλα αυτά, αυτό δε σημαίνει ότι είναι ένα εντελώς καθαρό καύσιμο, εφόσον εξακολουθεί να παράγει ένα ποσό ατμοσφαιρικών ρύπων. Κυρίο μειονέκτημα του είναι η χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα, γεγονός που το κάνει περισσότερο κοστοβόρο και λιγότερο αποδοτικό. Έτσι, ενδέχεται τα πλοία προκυμμένον να διανύσουν την ίδια απόσταση να απαιτούν περισσότερο καύσιμο. Για να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις, η ναυτιλιακή βιομηχανία εξερευνά εναλλακτικά καύσιμα όπως το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), τα βιοκαύσιμα και το υδρογόνο.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο πλοίων (ΥΦΑ - LNG)

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (ΥΦΑ - LNG) εμφανίζεται ως μεταβατική επιλογή και χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο ως καύσιμο πλοίων λόγω των περιβαλλοντικών και οικονομικών πλεονεκτημάτων του. Το LNG είναι καθαρότερο καύσιμο από τα συνηθισμένα μέχρι τώρα ναυτιλιακά καύσιμα και εκπέμπει λιγότερους έως και αμελητέους ρύπους και αέρια θερμοκηπίου και αναγνωρίζεται ως μεταβατικό καύσιμο στην πορεία προς εναλλακτικές ναυτιλιακές λύσεις χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ορισμένα πλοία κατασκευάζονται για να λειτουργούν με LNG, ενώ άλλα μετασκευάζονται για να το χρησιμοποιούν. Παρά το υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης των συστημάτων αποθήκευσης και διαχείρισης του ΥΦΑ, το λειτουργικό κόστος μπορεί να είναι χαμηλότερο σε μακροπρόθεσμη βάση λόγω της αυξημένης αποδοτικότητας και των χαμηλότερων τιμών του ΥΦΑ σε σύγκριση με το πετρέλαιο. Το ΥΦΑ είναι προσιτό, σε αντίθεση με τις ολοένα και αυξανόμενες τιμές του πετρελαίου και των παράγωγων προϊόντων του και προσφέρει οικονομική ευελιξία στις επιχειρήσεις μιας και το κόστος των καυσίμων είναι σημαντικό για τους φορείς

εκμετάλλευσης των πλοίων καθώς μπορεί να αντιπροσωπεύει μεταξύ του 50 % και του 60% του συνολικού λειτουργικού κόστους ενός πλοίου. Οι κινητήρες με καύσιμο LNG είναι συχνά πιο αποδοτικοί και απαιτούν λιγότερη συντήρηση, οδηγώντας σε μειωμένα λειτουργικά έξοδα. Από τη χρήση ΥΦΑ όμως προκύπτουν κάποια ζητήματα ασφάλειας λόγω της αναφλεξιμότητάς του, απαιτώντας αυστηρά πρωτόκολλα ασφαλείας για την αποφυγή διαρροών και τη διαχείριση των κινδύνων μιας και είναι εξαιρετικά εύφλεκτο. Υβριδικές λύσεις είναι υπό εξέλιξη για τον συνδυασμό LNG με άλλες τεχνολογίες, όπως μπαταρίες ή ανανεώσιμα καύσιμα, για ενίσχυση της βιωσιμότητας [20], [21], [22].

Η αμμωνία ως εναλλακτικό καύσιμο

Η αμμωνία (NH₃) έχει αναγνωριστεί ως καύσιμο με μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που θα μπορούσε να εισέλθει στην παγκόσμια αγορά σχετικά γρήγορα, παρέχοντας δυνατότητα μηδενικών εκπομπών στους φορείς εκμετάλλευσης πλοίων, συμβάλλοντας στον αγώνα επίτευξης του στόχου για μηδενικές εκπομπές GHG. Ως ναυτιλιακό καύσιμο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε μηχανές εσωτερικής καύσης όσο και σε κυψέλες καυσίμου. Χάρη στην υψηλή ενεργειακή πυκνότητα που διαθέτει, περίπου 3 kWh ανά λίτρο, κάτι που την τοποθετεί κάπου ανάμεσα στο υδρογόνο και στο ΥΦΑ όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση ανά μονάδα όγκου αποθήκευσης, καθίσταται ιδανική για μεγάλες αποστάσεις στη ναυτιλία. Παρόλα αυτά, η αποδοτικότητα της αμμωνίας κατά την καύση της είναι μικρότερη από αυτή των συμβατικών καυσίμων, γεγονός που απαιτεί ειδική μελέτη και προσαρμογές για τον εκάστοτε κινητήρα και το σύστημα καύσης που του αντιστοιχεί. Κίνδυνοι και προκλήσεις που δεν έχουν επιλυθεί πλήρως αφορούν την τοξικότητα, τη διαβρωτικότητα και την αργή ανάφλεξη. Η αμμωνία αυξάνει αισθητά το ρυθμό διάβρωσης ορισμένων υλικών στο σύστημα καύσης, καθώς αποτελεί πιο έντονο διαβρωτικό παράγοντα από τις υπόλοιπες επιλογές με αποτέλεσμα να γίνεται απαραίτητη η χρήση εξειδικευμένων κραμάτων και επιστρώσεων για την αποφυγή φθοράς. Επιπλέον, η τοξική της ιδιότητα χαρακτηρίζει την χρήση της επισφαλή, απαιτώντας ειδικούς χειρισμούς, εξοπλισμό και αυστηρά μέτρα ασφαλείας κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση [23].

RFNBO

Το RFNBO σημαίνει "Ανανεώσιμα καύσιμα μη βιολογικής προέλευσης". Τα RFNBO θεωρούνται φιλικά προς το περιβάλλον, καθώς μπορούν να παραχθούν με χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, υπό την προϋπόθεση ότι η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα παραδοσιακά ορυκτά καύσιμα και ακόμη και ορισμένα βιοκαύσιμα, τα οποία μπορούν να έχουν σημαντικά αποτυπώματα άνθρακα. Η παραγωγή RFNBOs συχνά περιλαμβάνει ηλεκτρόλυση, όπου το νερό χωρίζεται σε υδρογόνο και οξυγόνο

χρησιμοποιώντας ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό το υδρογόνο μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί απευθείας ως καύσιμο ή σε συνδυασμό με διοξείδιο του άνθρακα για την παραγωγή άλλων συνθετικών καυσίμων όπως μεθάνιο ή μεθανόλη. Προκειμένου να ενισχυθεί η ζήτηση για ορισμένα είδη καυσίμων, πολλές περιφέρειες, συμπεριλαμβανομένης της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αναπτύσσουν κανονισμούς και πολιτικές για την προώθηση της χρήσης RFNBO ως μέρος των στρατηγικών τους για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τη μετάβαση σε βιώσιμα ενεργειακά συστήματα. Αυτό περιλαμβάνει τον καθορισμό στόχων για το μερίδιο των RFNBO στο ενεργειακό μείγμα και την παροχή κινήτρων για την παραγωγή και τη χρήση τους. Ένας πρόσθετος συντελεστής ανταμοιβής είχε ενταχθεί στον υπολογισμό της έντασης αερίων του θερμοκηπίου της ενέργειας που χρησιμοποιείται επί του πλοίου. Αυτός ο συντελεστής ανταμοιβής ενθαρρύνει τη χρήση συνθετικών καυσίμων και με την πάροδο του χρόνου θα θεσπιστεί υποχρεωτικό ελάχιστο ποσοστό χρήσης τους. Για την ενσωμάτωση των RFNBO στο συνολικό μείγμα καυσίμων, θα παρέχονται κίνητρα κατά το διάστημα 2025 – 2034. Η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ηλιακοί συλλέκτες, ανεμογεννήτριες και υδροκινητικά συστήματα μπορεί να συμβάλει στη συμπλήρωση της ενσωματωμένης παραγωγής ενέργειας και στη μείωση της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα.

Ηλεκτρικά πλοία & Ηλεκτροδότηση των πλοίων από την ξηρά (OPS)

Η χρήση του ηλεκτρισμού ως εναλλακτικού καυσίμου για τα πλοία είναι το μεγάλο στοίχημα για την παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία και παρουσιάζεται ως πολλά υποσχόμενη λύση. Για την ηλεκτροπαραγωγή, επιδιώκεται η συμμετοχή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) να ξεπεράσει το 65%, ειδικότερα μετά από την ραγδαία ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών και αιολικών σταθμών την τελευταία δεκαετία.

Η χερσαία ηλεκτροδότηση πλοίων (OPS), επίσης γνωστή ως τροφοδοσία από την ξηρά ή κρύο σιδέρωμα (Cold ironing), είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει στα πλοία να απενεργοποιούν τις βοηθητικές τους μηχανές ενώ είναι ελλιμενισμένα και να συνδέονται σε μια χερσαία πηγή ενέργειας. Ουσιαστικοί αρωγοί στην προσπάθεια μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των πλοίων είναι οι χώροι υποδοχής, εξυπηρέτησης και τροφοδοσίας τους, δηλαδή τα λιμάνια, που ωφελούνται και τα ίδια από το μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα των πλοίων. Αυτή η προσέγγιση αποσκοπεί στην εξάλειψη αισθητού μέρους των εκπομπών και της κατανάλωσης καυσίμου όσο τα πλοία είναι αγκυροβολημένα. Το κλείσιμο των κινητήρων, επιπλέον, μειώνει τα επίπεδα θορύβου και κατ' επέκταση της ηχορύπανσης μέσα και γύρω από την περιοχή του λιμανιού. Οι προπέλες των πλοίων και οι μηχανές παράγουν θόρυβο που επηρεάζει την θαλάσσια ζωή, ειδικά τα θηλαστικά που χρησιμοποιούν τον ήχο για επικοινωνία και πλοήγηση. Περαιτέρω προκύπτουν και οικονομικά οφέλη, καθώς η χρήση ενέργειας από την ξηρά είναι πιο οικονομική από τα καύσιμα των πλοίων, ειδικά με το αυξανόμενο κόστος των καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο που απαιτείται από τους διεθνείς κανονισμούς. Η διάρκεια ζωής των κινητήρων του πλοίου

παρατείνεται με τη μειωμένη χρήση του κινητήρα και μπορεί να μειωθεί και το κόστος συντήρησης.

Το OPS βοηθά στην τήρηση αυτών των περιβαλλοντικών κανονισμών, όπως εκείνους που ορίζονται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) και περιφερειακούς περιβαλλοντικούς οργανισμούς. Όπως δηλώνεται σε πρώιμες συμφωνίες, από το 2030 τα φορτηγά πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και τα επιβατηγά πλοία, κατά το διάστημα παραμονής τους σε αποβάθρες σε σημαντικών λιμένων της ΕΕ, θα υποχρεούνται να ηλεκτροδοτούνται από την στεριά για το σύνολο της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτά. Η υπόδειξη αυτή θα επεκταθεί και στα υπόλοιπα λιμάνια της της ΕΕ από το 2035, εάν διαθέτουν χερσαία παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Στον κανονισμό, ωστόσο, προβλέπονται ορισμένες εξαιρέσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν περιπτώσεις παραμονής στο λιμάνι για χρονικό διάστημα μικρότερο των δύο ωρών, ενσωμάτωση και αξιοποίηση παρόμοιας τεχνολογίας μηδενικών εκπομπών ή κατάπλου σε λιμένα λόγω απρόβλεπτων περιστάσεων ή καταστάσεων έκτακτης ανάγκης .

Οι τροποποιήσεις και οι υποδομές που απαιτούνται από τα πλοία αναφέρονται στον κατάλληλο εξοπλισμό με συμβατά ηλεκτρικά συστήματα και σημεία σύνδεσης για να λαμβάνουν ενέργεια από την ξηρά. Από πλευράς λιμένων, περιλαμβάνουν την εγκατάσταση τροφοδοτικών υψηλής τάσης, μετασχηματιστών και σημείων σύνδεσης στη θύρα. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης τόσο για τα λιμάνια όσο και για τα πλοία μπορεί να είναι υψηλό. Ωστόσο, η μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση και τα περιβαλλοντικά οφέλη δικαιολογούν την επένδυση. Οικονομικά κίνητρα και επιδοτήσεις μπορεί να διατίθενται από κυβερνήσεις ή περιβαλλοντικά προγράμματα για την αντιστάθμιση του πρώτου κόστους.

Βελτίωσης της λειτουργικής απόδοσης και της έντασης άνθρακα

Οι ναυτιλιακές εταιρείες και τα ναυπηγεία καταβάλλουν συστηματικές προσπάθειες για την κατασκευή πλοίων μεγαλύτερο υδροδυναμικό σχεδιασμό, καλύτερα κύτη, βελτιωμένα εξαρτήματα μηχανών που αποσκοπούν στην καλύτερη διαχείριση του έρματος, στην αξιοποίηση φιλικών προς το περιβάλλον καύσιμα. Η ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), οι αισθητήρες και οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης έχει φέρει σημαντικές αλλαγές στη διαχείριση των σκαφών και του στόλου. Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, κάτι που βελτιώνει την απόδοση, την ασφάλεια και τη λήψη αποφάσεων και αυτοματοποιεί πολλές διαδικασίες που προηγουμένως ήταν χειροκίνητες και χρονοβόρες..

Ως αποτελεσματικά τεχνικά μέτρα για την αύξηση της αποτελεσματικότητας του πλοίου κρίνονται επίσης τα εξής:

Βελτιστοποίηση ταχύτητας του σκάφους

Η ταχύτητα του πλοίου επηρεάζει την απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου που χρησιμοποιεί η κύρια μηχανή για να προωθήσει το πλοίο. Η βέλτιστη ταχύτητα είναι εκείνη κατά την οποία η κατανάλωση καυσίμου μειώνεται χωρίς να επηρεάζει τον χρόνο άφιξης στον προορισμό. Η χρήση αργού ατμού έχει αποδειχθεί ως αποτελεσματική στρατηγική για τη μείωση της κατανάλωσης, εξοικονομώντας ταυτόχρονα σημαντικά χρήματα σε κόστος καυσίμων για τον ιδιοκτήτη.

Η χρήση ελαφρύτερων και πιο ανθεκτικών υλικών μπορεί να μειώσει το βάρος και να αυξήσει την ταχύτητα και σε συνδυασμό με τη γενική αναβάθμιση της δομής του σκάφους. Η ανασχεδίαση του σκάφους συνεισφέρει στη βελτίωση της υδροδυναμικής του, μειώνοντας την αντίσταση και κατά συνέπεια αυξάνεται η ταχύτητα. Κομβικό ρόλο έχει και η σωστή επιλογή και ρύθμιση της προπέλας μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην ταχύτητα. Οι προπέλες με σωστό βήμα και διάμετρο μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση. Στην ομαλή λειτουργία και μέγιστη απόδοση του κινητήρα συμβάλει και η συντήρηση του κινητήρα, των συστημάτων προώθησης και της δομικής ακεραιότητας του πλοίου.

Η ταχύτητα που δύναται να επιτευχθεί επηρεάζεται από τη τραχύτητα του πλοίου και μάλιστα αρνητικά, καθώς όσο αυξάνεται η τραχύτητα αυξάνεται και η αντίσταση από την κίνηση στην θάλασσα (θετική συσχέτιση).

Η τραχύτητα της επιφάνειας του κύτους θα πρέπει να επιμετράται τακτικά, τόσο με οπτικές επιθεωρήσεις που πραγματοποιούνται συχνά από το πλήρωμα και εξειδικευμένους επιθεωρητές για τον εντοπισμό ρωγμών, διαβρώσεων ή άλλων ορατών προβλημάτων, όσο και με τη χρήση μεθόδων για έγκαιρη ανίχνευση και παρέμβαση στα προβλήματα όπως υπερηχογράφημα, μαγνητικά σωματίδια και ακτινογραφίες για την ανίχνευση εσωτερικών ελαττωμάτων. Απαραίτητη κρίνεται η εγκατάσταση αισθητήρων στο κύτος για την παρακολούθηση των τάσεων και των παραμορφώσεων σε πραγματικό χρόνο και οι ηλεκτροχημικές μετρήσεις για την αξιολόγηση του ρυθμού διάβρωσης και την αποτελεσματικότητα των αντιδιαβρωτικών συστημάτων. Σε συνδυασμό με τακτικό καθαρισμό και επισκευές, συμπεριλαμβανομένης της ξηρής σύνδεσης και της χρήσης υποβρύχιων ρομπότ ή δυτών για την απομάκρυνση των ρύπων, αποτελούν επίσης μέρος μιας στρατηγικής κατά της ρύπανσης και διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο για την ασφάλεια, την αποδοτική λειτουργία και τη μακροζωία των θαλάσσιων περιουσιακών στοιχείων. Καλύτερα και πιο προηγμένα συστήματα, όπως το MGPS, μπορούν να μειώσουν την ανάπτυξη θαλάσσιας ζωής επί του πλοίου και να βελτιώσουν τη βιωσιμότητα και λειτουργικότητα των πλοίων. Τα συστήματα αντιρρύπανσης αντιρρυπαντικά χρώματα και επιστρώσεις, είναι τεχνολογίες και πρακτικές που έχουν σχεδιαστεί για να αποτρέπουν ή να μειώνουν τη συσσώρευση θαλάσσιων οργανισμών, όπως τα φύκια και τα μαλάκια, σε υποβρύχιες επιφάνειες όπως το κύτος πλοίων, υπεράκτιες πλατφόρμες και άλλες βυθισμένες κατασκευές.

Η σύγχρονη χημική βιομηχανία είχε αναπτύξει αποτελεσματικά αντιρρυπαντικά χρώματα χρησιμοποιώντας μεταλλικές ενώσεις. Αυτές οι ενώσεις σιγά-σιγά "ξεπλένονται" στο θαλασινό νερό, εμποδίζοντας τις πεταλίδες και άλλη θαλάσσια ζωή να προσκολληθούν στο πλοίο. Η επίστρωση με βιοκτονα όπως χαλκό, είναι μια συνήθης λύση. Ένα από τα πιο συστήματα για χρήση σε αντιρρυπαντικά χρώματα, που αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1960, ήταν η οργανοκασσιτερική ένωση τριβουτυλίνη (TBT), η οποία έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί παραμορφώσεις και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις λόγω της επιμονής και της βιοσυσσωρεύσής της. Γενικά, μελέτες έχουν δείξει ότι αυτές οι ενώσεις παραμένουν στο νερό, σκοτώνοντας τη θαλάσσια ζωή, βλάπτοντας το περιβάλλον και εισερχόμενες στην τροφική αλυσίδα. Οι επιβλαβείς περιβαλλοντικές αναγνωρίστηκαν από τον IMO το 1989 και το 1990, η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) εξέδωσε ψήφισμα με το οποίο συνιστούσε στις κυβερνήσεις να λάβουν μέτρα για την εξάλειψη της χρήσης αντιρρυπαντικών χρωμάτων που περιέχουν TBT.

Η αμέσως επόμενη λύση είναι μη τοξικές επικαλύψεις απελευθέρωσης ρύπων, οι οποίες δημιουργούν μια λεία, ολισθηρή επιφάνεια που εμποδίζει τους οργανισμούς να προσκολληθούν. Οι επικαλύψεις με βάση τη σιλικόνη είναι ένα συνηθισμένο παράδειγμα. Η έρευνα βρίσκεται σε εξέλιξη για φυσικές ενώσεις και βιολογικές προσεγγίσεις που μιμούνται τις αντιρρυπαντικές ιδιότητες που βρίσκονται σε ορισμένους θαλάσσιους οργανισμούς και σε κάποιους τύπους φυκιών.

Η ανάπτυξη προηγμένων υλικών, όπως οι νανοδομημένες επιφάνειες, μπορεί να προσφέρει μακροχρόνιες αντιρρυπαντικές ιδιότητες κάνοντας τις επιφάνειες εγγενώς ανθεκτικές στη ρύπανση. Τέτοιου είδους τεχνολογίες είναι τα ηλεκτρολυτικά αντιρρυπαντικά συστήματα και τα συστήματα υπερήχων. Τα πρώτα χρησιμοποιούν ηλεκτρικό ρεύμα για να δημιουργήσουν ένα περιβάλλον αφιλόξενο για τη θαλάσσια ανάπτυξη, ενώ στα δεύτερα τα υπερηχητικά κύματα χρησιμοποιούνται για την πρόληψη της καθίζησης των ρυπογόνων οργανισμών, διαταράσσοντας την ικανότητά τους να προσκολλώνται στις επιφάνειες [24].

Η ρύπανση μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη αντίσταση, επιβράδυνση, μειωμένη απόδοση καυσίμου και υψηλότερο κόστος συντήρησης. Ο κινητήρας του πλοίου πρέπει να λειτουργεί περισσότερο για να επιτύχει την επιθυμητή ταχύτητα εάν το κύτος είναι τραχύ έτσι, τα συστήματα αντιρρύπανσης καθίστανται ζωτικής σημασίας για τις θαλάσσιες λειτουργίες.

Δρομολόγηση καιρού

Οι ναυτιλιακές εταιρείες λαμβάνουν υπόψη τον καιρό, την κατάσταση της θάλασσας, τους προβλεπόμενους ανέμους και άλλους παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την πλεύση του πλοίου. Κατά τη διάρκεια κακοκαιρίας, ένα πλοίο μπορεί να επιβραδύνει

λόγω της αντίστασης που ασκεί η παλίρροια ή ο άνεμος, αλλά και για την αποφυγή ατυχήματος. Ως επακόλουθο, ο κινητήρας του πλοίου θα χρειαστεί μεγαλύτερη ισχύ για να κινηθεί ενάντια σε αυτές τις δυσμενείς συνθήκες, προκαλώντας μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου. Για τη δρομολόγηση καιρού χρησιμοποιείται προηγμένη τεχνολογία για να προβλέψει τον επερχόμενο καιρό και να αλλάξει την πορεία του πλοίου, για την αντιμετώπιση των δύσκολων καιρικών συνθηκών. Ανακατευθύνοντας το πλοίο ώστε να αποφύγει τις πιο έντονες επιδράσεις του καιρού, διαφυλάσσεται η ασφάλεια του πληρώματος και του φορτίου, ενώ ταυτόχρονα εξοικονομεί καύσιμα και αυξάνει την ενεργειακή απόδοση του πλοίου. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένη οικονομική και περιβαλλοντική απόδοση. Επιπλέον, η συνεχής παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών και ο σχεδιασμός της πορείας με βάση τις προβλέψεις, εξαλείφει την πιθανότητα ατυχήματος κατά το οποίο κινδυνεύουν τόσο οι ανθρώπινες όσο και οι υδρόβιες ζωές. Η εκπαίδευση των επαγγελματιών για την αντιμετώπιση των δυσμενών καιρικών συνθηκών μπορεί να έχει σημαντική επίδραση. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει εκπαίδευση για την ασφαλή οδήγηση κατά τη διάρκεια χιονοθύελλων ή για την προετοιμασία ενάντια σε πυρκαγιές κατά τη διάρκεια ξηρών καταστάσεων. Οι ναυτικές ακαδημίες και οι εταιρείες επενδύουν στην εκπαίδευση των πληρωμάτων τους για να εξασφαλίσουν ότι είναι ενημερωμένοι και προετοιμασμένοι.

Αποτελεσματική διαχείριση φορτίου

Η επιχείρηση στο λιμάνι είναι μια ομαδική εργασία μεταξύ του πλοίου, του λιμένα, των πρακτόρων και άλλων εμπλεκόμενων μερών. Η καλή και σαφής επικοινωνία μεταξύ τους θα εξασφαλίσει διαθεσιμότητα χώρων, ταχεία εξυπηρέτηση κατά την άφιξη και ομαλότερη λειτουργία του φορτίου, οδηγώντας σε λιγότερο χρόνο στο λιμάνι. Η εφαρμογή αποτελεσματικών λιμενικών λειτουργιών, συμπεριλαμβανομένης της παροχής ενέργειας στην ξηρά (κρύο σιδέρωμα) και βελτιστοποιημένης εφοδιαστικής, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών που σχετίζονται με τις λιμενικές δραστηριότητες. Για να επιτύχει ένα πλοίο αποτελεσματική λειτουργία φορτίου και να διατηρήσει την ΕΤΑ για τους άλλους λιμένες, πρέπει να τηρηθούν ορισμένες βέλτιστες πρακτικές και μέθοδοι, διαφορετικά το πλοίο πρέπει να πλεύσει με μεγαλύτερη ταχύτητα για την επόμενη κατάπλου, γεγονός που θα οδηγήσει σε πρόσθετη κατανάλωση καυσίμου, επηρεάζοντας την ενεργειακή απόδοση του πλοίου.

Ως αποτελεσματικό τεχνικό μέτρο παρουσιάζεται και η χρήση εξειδικευμένου λογισμικού για το σχεδιασμό της φορτοεκφόρτωσης του φορτίου, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος και να βελτιστοποιηθεί η διανομή του βάρους. Το ορθά κατανομημένο φορτίο διασφαλίζει ότι το εμπόρευμα είναι ισορροπημένο σωστά για να αποφευχθούν ατυχήματα και προβλήματα στη σταθερότητα κατά την πλεύση.

Λιμάνια

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, τα λιμάνια αποτελούν συνδέσμους υψηλής σημασίας ανάμεσα στην ξηρά και στη θάλασσα, δρώντας ως πύλες και συνδέοντας διαδρόμους μεταφορών, ενισχύοντας έτσι το εμπόριο και την παγκόσμια επικοινωνία. Οι τερματικοί σταθμοί είναι σημεία συγκέντρωσης και διανομής προϊόντων. Εδώ γίνεται η φόρτωση και εκφόρτωση εμπορευματοκιβωτίων από τα πλοία σε φορτηγά και τρένα, και αντίστροφα, εξασφαλίζοντας έτσι τη συνεχή ροή αγαθών από και προς τις αγορές. Τα σύγχρονα λιμάνια οφείλουν να υιοθετούν νέες τεχνολογίες και καινοτομίες, όπως τα αυτόματα συστήματα διαχείρισης φορτίων και οι ψηφιακές πλατφόρμες, για να βελτιώσουν την αποδοτικότητα και να μειώσουν τα κόστη.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των λιμένων, κυρίως μέσω των αέριων ρύπων, έχουν σημαντική επίδραση στην ατμόσφαιρα και στην ανθρώπινη υγεία. Αυτές οι επιπτώσεις είναι ιδιαίτερα έντονες στις πυκνοκατοικημένες περιοχές κοντά σε λιμάνια. Εκτιμάται ότι περίπου 50.000 πρόωροι θάνατοι ετησίως στην ΕΕ προκαλούνται από την ατμοσφαιρική ρύπανση της ναυτιλίας, ιδίως σε περιοχές που γειτνιάζουν με λιμάνια, με αντίστοιχο ετήσιο κοινωνικό κόστος 58 δισεκατομμυρίων ευρώ. Οι εκλύσεις αερίων από τους λιμένες κατηγοριοποιούνται σε εκπομπές που προέρχονται άμεσα από τις δραστηριότητες εντός αυτού και στις έμμεσες εκπομπές του λιμένα από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για τις ανάγκες του λιμένα. Οι εκπομπές αυτές εξαρτώνται από το ενεργειακό μίγμα και την αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο έλεγχος και η μείωση των εκπομπών αυτών αποτελεί σημαντικό μέρος της περιβαλλοντικής πολιτικής των λιμένων, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και τη μείωση των επιπτώσεων στην κλιματική αλλαγή. Ένα σύνολο διαδικασιών και πρακτικών που επιτρέπουν σε ένα λιμάνι να μειώσει τις περιβαλλοντικές του επιπτώσεις και να αυξήσει τη λειτουργική του απόδοση. Συνήθως περιλαμβάνει συνεχή βελτίωση μέσω του κύκλου Plan-Do-Check-Act (PDCA).

Δεδομένης της εγγενώς επικίνδυνης φύσης και των δυνητικών κινδύνων που ενέχει η εργασία σε λιμένες, απαιτείται επαρκής φωτισμός για να εξασφαλίζεται η ορατότητα ανά πάσα στιγμή, ώστε να αποφεύγονται τα εργατικά ατυχήματα λόγω κακής ορατότητας ή έλλειψης φωτισμού. Αυτό φυσικά οδηγεί σε μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Τα τυπικά συστήματα φωτισμού δύναται να αντικατασταθούν με ενεργειακά αποδοτικά φώτα LED και αισθητήρες δραστηριότητας – φωτοκύτταρα, όπου τα φώτα ανάβουν αυτόματα όταν αντιλαμβάνονται κίνηση και σβήνουν όταν δεν υπάρχει κίνηση [25]. Αυτό βοηθά τους λιμένες να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας, συμβάλλοντας στην επίτευξη της σωστής ισορροπίας μεταξύ ασφάλειας και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύστημα Περιβαλλοντικής Επισκόπησης λιμένων (PERS)

Το PERS είναι ένα πλαίσιο που έχει σχεδιαστεί για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τις λιμενικές λειτουργίες και τα αναπτυξιακά έργα. Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Λιμένων (ESPO) και το Ίδρυμα ECOPORTS⁵ ανέπτυξαν το συγκεκριμένο σύστημα, προσαρμοσμένο στις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες των λιμανιών και προορίζεται να βοηθήσει τις λιμενικές αρχές και τους ενδιαφερόμενους φορείς να διασφαλίσουν τη συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς, να προωθήσουν βιώσιμες πρακτικές και να μετριάσουν τις δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις [26]. Το σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης PERS αποτελεί θεσμοθετημένο μέσο και η πιστοποίηση λιμένων με αυτό το σύστημα δηλώνει ότι ακολουθούν μια ολοκληρωμένη περιβαλλοντική διαχείριση [27], η πιστοποίησή του γίνεται από τον ανεξάρτητο και διεθνώς αναγνωρισμένο φορέα πιστοποίησης Lloyd's Register. Η πιστοποίηση PERS μπορεί να υιοθετηθεί από οποιονδήποτε λιμένα, ανά πάσα στιγμή και ισχύει για δύο έτη, μετά τα οποία ο λιμένας πρέπει να επαναξιολογηθεί και να ανανεώσει την πιστοποίησή του και ως εκ τούτου αποτελεί απόδειξη της δέσμευσής του για περιβαλλοντική υπευθυνότητα και βιώσιμη ανάπτυξη. Οι λιμένες πρέπει να επιλέγουν μεταξύ πέντε και δέκα δεικτών που συνδέονται με τις κύριες περιβαλλοντικές πτυχές και την πολιτική του κάθε λιμένα, ώστε να επικυρωθεί η συνεχή βελτίωση και η ευθυγράμμιση των περιβαλλοντικών επιδόσεών τους. Για τη διευκόλυνση των λιμένων, το PERS παρέχει παραδείγματα περιβαλλοντικών δεικτών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κατευθυντήριες γραμμές, κάποια εκ των οποίων είναι:

1. Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου (GHG)
2. Κατανάλωση Ενέργειας
3. Διαχείριση Υδάτων
4. Ποιότητα Ατμόσφαιρας
5. Διαχείριση Αποβλήτων
6. Θόρυβος
7. Βιοποικιλότητα
8. Έδαφος και Υποδομές
9. Διαχείριση Κινδύνων
10. Επιπτώσεις στις Κοινότητες

Για την οικοδόμηση εμπιστοσύνης με τα ενδιαφερόμενα μέρη, σημαντικό ρόλο έχει η λογοδοσία μέσω τακτικών εκθέσεων σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιδόσεις, τις πρωτοβουλίες αειφορίας και τη συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς, ώστε να διασφαλιστεί η διαφάνεια και να αντιμετωπιστούν οι ανησυχίες που σχετίζονται με τις λιμενικές δραστηριότητες.

⁵ Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Θαλάσσιων Λιμένων (ECOPORTS) ιδρύθηκε το 1993 και ήταν ο πρώτος φορέας που εφάρμοσε την προστασία του περιβάλλοντος στα ευρωπαϊκά λιμάνια. Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί διάφορα εργαλεία και μεθοδολογίες για την υποστήριξη της ολοκληρωμένης περιβαλλοντικής διαχείρισης στους λιμένες, με σημαντικότερα από αυτά τη μεθοδολογία αυτοδιάγνωσης (SDM) και το σύστημα περιβαλλοντικής αξιολόγησης λιμένων (PERS).

Ρύπανση από λύματα και ατυχήματα

Από τις εκπομπές έως τις πετρελαιοκηλίδες, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ναυτιλίας είναι σημαντικές και εκτεταμένες. Παρά τους αυστηρούς κανονισμούς, πετρελαιοκηλίδες εξακολουθούν να συμβαίνουν λόγω ατυχημάτων ή παράνομων εκκενώσεων. Η διαχείριση των αποβλήτων από τα πλοία και τις λιμενικές δραστηριότητες είναι μια συνεχιζόμενη πρόκληση. Τα απόβλητα περιλαμβάνουν σκουπίδια, λύματα και επικίνδυνα υλικά. Το πλήρωμα και οι επιβάτες παράγουν καθημερινά ανεξέλεγκτες ποσότητες σκουπιδιών όπως πλαστικά, μέταλλα, γυαλιά, χαρτί, και άλλα στερεά απόβλητα, τα οποία μολύνουν τις θάλασσές και τις ακτές. Στην ανοικτή θάλασσα, είναι γενικά αποδεκτό ότι ο ωκεανός έχει την ικανότητα να αφομοιώνει και να καθαρίζει τα ακατέργαστα λύματα μέσω της δράσης των φυσικών βακτηρίων. Ως εκ τούτου, οι κανονισμοί του παραρτήματος IV της MARPOL απαγορεύουν την απόρριψη λυμάτων στη θάλασσα εντός καθορισμένης απόστασης από το πλησιέστερο σημείο της ξηράς[28], [29]. Όσον αναφορά τα λύματα αναφέρονται σε λειτουργικές απορρίψεις που προκύπτουν από:

1. Διαρροές κατά τη φόρτωση και την εκφόρτωση
2. Διαρροές κατά τον ερματισμό και τον αφερματισμό
3. Απορρίψεις αποβλήτων κατά την πλύση των δεξαμενών φορτίου
4. Μεταγίσεις καυσίμων
5. Διαρροές καταλοίπων στους χώρους φορτίου και μηχανοστασίου
6. Ανθρώπινα απόβλητα και απόνερα που παράγονται από τουαλέτες, κουζίνες και άλλες υγειονομικές εγκαταστάσεις.

Όλα αυτά μπορεί να περιέχουν χημικές ουσίες, λιπαντικά, απόβλητα πετρελαίου και άλλες τοξικές ουσίες και ως επακόλουθο η απόρριψη ανεπεξέργαστων λυμάτων στη θάλασσα μπορεί να οδηγήσει σε μόλυνση του νερού και να επηρεάσει αρνητικά την υδρόβια ζωή και την ανθρώπινη υγεία. Η διαχείριση των επικίνδυνων υλικών απαιτεί ειδικές διαδικασίες και μέτρα για την αποφυγή διαρροών και ατυχημάτων που θα μπορούσαν να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για την αποτροπή της ρύπανσης, οι λιμένες πρέπει να διαθέτουν κατάλληλες εγκαταστάσεις για την υποδοχή και επεξεργασία των αποβλήτων που παράγονται από τα πλοία. Τα τελευταία από την πλευρά τους οφείλουν να διαθέτουν συστήματα για το διαχωρισμό και την αποθήκευση των διαφόρων ειδών αποβλήτων.

Τα ατυχήματα που συμβαίνουν ενέχουν σοβαρές συνέπειες για το θαλάσσιο περιβάλλον και τη δημόσια ασφάλεια. Οι συγκρούσεις μεταξύ πλοίων ή με εγκαταστάσεις και φυσικά εμπόδια μπορούν να προκαλέσουν ρωγμές και διαρροές καυσίμων και άλλων ρυπογόνων ουσιών στη θάλασσα, οδηγώντας σε μόλυνση του υδάτινου περιβάλλοντος. Κάποια μέτρα πρόληψης που μπορούν να ληφθούν είναι η χρήση προηγμένων συστημάτων ναυσιπλοΐας και παρακολούθησης βυθού, καθώς και τακτική συντήρηση του πλοίου και των συστημάτων του. Για την αποφυγή προσαράξεων απαραίτητη είναι η χρήση ακριβών ναυτιλιακών χαρτών και συστημάτων GPS και η εγκατάσταση συστημάτων ειδοποίησης για επικίνδυνα νερά

και ρηγά σημεία. Ζωτικής σημασίας κρίνεται η εγκατάσταση πυροσβεστικών συστημάτων, η τακτική επιθεώρηση και συντήρηση του εξοπλισμού και η εκπαίδευση του πληρώματος σε θέματα πυρασφάλειας και αντιμετώπισης εκτάκτων καταστάσεων, μιας και εκρήξεις και πυρκαγιές λαμβάνουν συχνά χώρα και οδηγούν σε απώλεια ανθρώπων και ζώων, σοβαρές ζημιές ή ολοσχερή καταστροφή του πλοίου και ρύπανση του περιβάλλοντος από τα καύσιμα και άλλα επικίνδυνα υλικά. Τέλος σημαντική είναι η συνεργασία με στρατιωτικές αρχές, η χρήση τεχνολογιών αποφυγής επιθέσεων ακόμα και η συνοδεία εμπορικών πλοίων από πολεμικά σε επικίνδυνες ζώνες. Προτεραιότητα παραμένει η ασφάλεια των πλοίων, των πληρωμάτων και των φορτίων. Οι πολεμικές επιθέσεις μπορούν να προκαλέσουν βύθιση ή σοβαρές ζημιές στα πλοία.

Ανακύκλωση πλοίων

Η ανακύκλωση πλοίων, που συχνά αναφέρεται ως διάλυση πλοίου, είναι η διαδικασία αποσυναρμολόγησης μιας απαρχαιωμένης κατασκευής σκάφους για διάλυση ή διάθεση. Αυτή η δραστηριότητα διεξάγεται σε ναυπηγείο διάλυσης πλοίων και περιλαμβάνει την ανάκτηση χάλυβα και άλλων πολύτιμων υλικών. Όταν εφαρμοστεί σωστά, σχεδόν όλα τα υλικά και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ενός πλοίου μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν με διαφορετικό τρόπο, σε άλλες μορφές, ένα αποτέλεσμα που είναι τόσο φιλικό προς το περιβάλλον όσο και ενεργειακά αποδοτικό [30]. Πριν από τη διάλυση, τα πλοία καθαρίζονται από επικίνδυνα υλικά όπως καύσιμα, πετρέλαιο και άλλες τοξικές ουσίες για την πρόληψη της ρύπανσης και των ατυχημάτων. Το σπάσιμο του πλοίου μπορεί να απελευθερώσει επικίνδυνες ουσίες, όπως αμιάντο, PCB και βαρέλα μέταλλα, στο περιβάλλον. Εν συνεχεία, εφόσον το πλοίο έχει παροπλιστεί από το νηολόγιο του, συντάσσεται λεπτομερής τεκμηρίωση της δομής και των υλικών του. Τα υλικά ταξινομούνται σε διαφορετικές κατηγορίες όπως σιδηρούχα μέταλλα, μη σιδηρούχα μέταλλα, ξύλο και άλλα επαναχρησιμοποιήσιμα ή ανακυκλώσιμα εξαρτήματα. Έπειτα ακολουθεί η κοπή και το σπάσιμο, όπου το πλοίο κόβεται σε κομμάτια. Τελευταίο στάδιο είναι η ανάκτηση και ανακύκλωση υλικών. Τα μη μεταλλικά υλικά όπως τα πλαστικά, το γυαλί και το καουτσούκ ανακυκλώνονται ή απορρίπτονται σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Ο χάλυβας που ανακτάται από τα πλοία τήκεται και επαναχρησιμοποιείται σε διάφορες βιομηχανίες.

Ενώ η αρχή της ανακύκλωσης πλοίων είναι ορθή, οι πρακτικές εργασίες και τα περιβαλλοντικά πρότυπα στις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης πλοίων διαφέρουν από ναυπηγείο σε ναυπηγείο. Το Μπαγκλαντές, η Ινδία, το Πακιστάν και γενικότερα η νότια Ασία είναι οι κορυφαίες χώρες στη διάλυση πλοίων λόγω του χαμηλότερου κόστους εργασίας και των λιγότερο αυστηρών περιβαλλοντικών κανονισμών. Οι παγκόσμιοι κανονισμοί, θα εξασφαλίσουν ασφαλείς συνθήκες εργασίας τόσο για τους εργαζόμενους όσο και για το περιβάλλον. Η Σύμβαση του Χονγκ Κονγκ (HKC) για την ασφαλή και περιβαλλοντικά φιλική ανακύκλωση πλοίων θέτει τα ελάχιστα πρότυπα για την ανακύκλωση πλοίων. Η συμμόρφωση με την HKC απαιτεί από τα ναυπηγεία

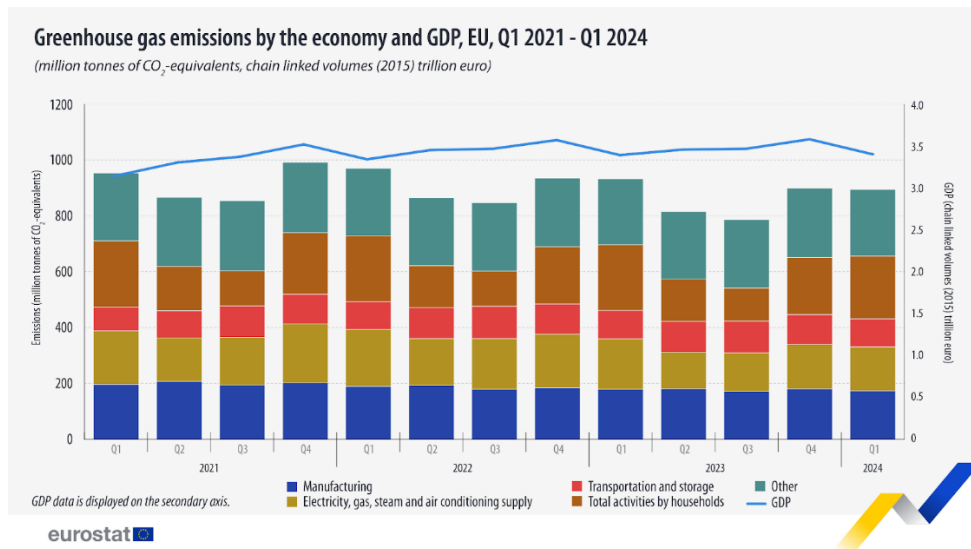
να έχουν πιστοποιήσεις και να ακολουθούν συγκεκριμένες διαδικασίες για την ασφαλή διάλυση.

Ακολουθώντας αυστηρούς κανονισμούς και υιοθετώντας βιώσιμες πρακτικές, η βιομηχανία ανακύκλωσης πλοίων μπορεί να μετριάσει τις αρνητικές επιπτώσεις της, ενώ συνεχίζει να παρέχει πολύτιμα υλικά και οικονομικά οφέλη. Η ανακύκλωση πλοίων προσφέρει αξιοσημείωτα οικονομικά οφέλη, όπως η αύξηση προσφοράς παλιοσίδερων, μειώνοντας την ανάγκη για εξόρυξη νέων πόρων και κατ' επέκταση μειώνονται οι τιμές επιφέροντας κέρδη, οικονομικό αλλά και περιβαλλοντικό πλεόνασμα πόρων και κεφαλαίου.

Ο σχεδιασμός πλοίων με γνώμονα την ανακύκλωση, γνωστός ως “Design for recycling”, περιλαμβάνει την χρήση υλικών και κατασκευαστικών μεθόδων που διευκολύνουν την αποσυναρμολόγηση και την ανάκτηση υλικών στο τέλος της ζωής του πλοίου, προσφέροντας έτσι μια κυκλική οικονομία σε μεγάλο φάσμα του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται. Η επιλογή υλικών κατά την κατασκευή του πλοίου είναι κρίσιμη για την τελική του διάλυση. Ανακυκλώσιμα υλικά όπως ο χάλυβας, το αλουμίνιο και οι σύνθετες ίνες μπορούν να ανακυκλωθούν πιο εύκολα και με λιγότερη ενέργεια σε σχέση με άλλα υλικά. Η συμμετοχή μη τοξικών βαφών, επικαλύψεων και άλλων υλικών επιδρά θετικά στην περιβαλλοντική προστασία κατά τη διάλυση. Καταλήγοντας, η κατασκευή του πλοίου επηρεάζει την τελική διάλυση με πράσινο τρόπο και σύμφωνα με τις διεθνείς απαιτήσεις αλλά και με ακόμη μεγαλύτερη τη μείωση του αποτυπώματος.

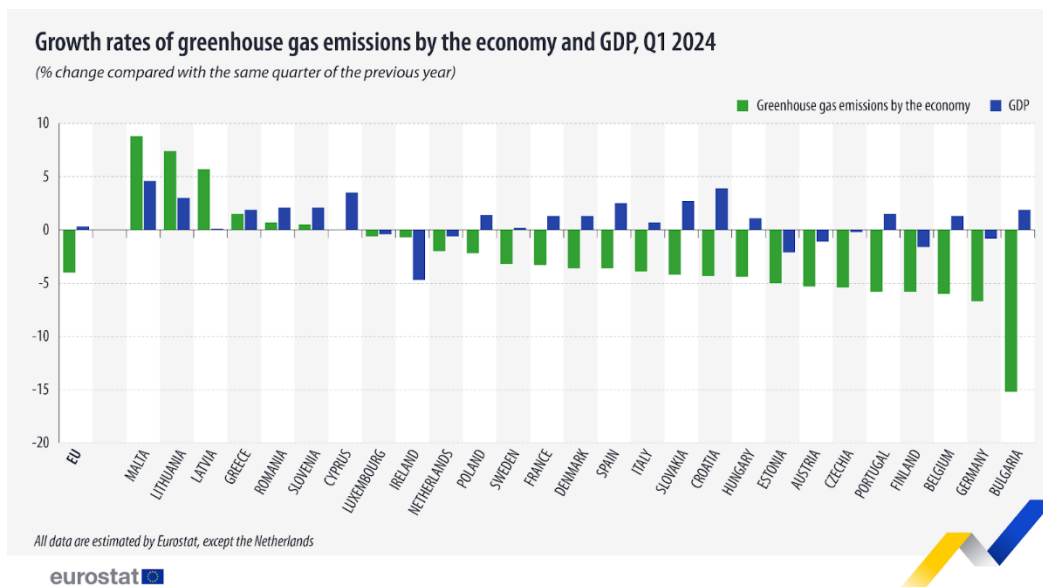
Στατιστικά & Case studies - βαθμός εφαρμογής της νομοθεσίας

Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης μειώθηκαν κατά 4,0% το πρώτο τρίμηνο του 2024, σε σύγκριση με το αντίστοιχο τρίμηνο του 2023. Συγκεκριμένα, οι εκπομπές υπολογίστηκαν σε 894 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου CO₂, μειωμένες από τους 931 εκατομμύρια τόνους το προηγούμενο έτος. Αυτή η μείωση είναι αποτέλεσμα διάφορων παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών πολιτικών, της μείωσης της βιομηχανικής δραστηριότητας και των τεχνολογικών βελτιώσεων σε τομείς όπως η ενέργεια και οι μεταφορές.



Πηγή: Eurostat, [env_ac_aigg_q](#), [nama_10_gdp](#)

Η Βουλγαρία, η Γερμανία και το Βέλγιο σημείωσαν τις μεγαλύτερες μειώσεις στις εκπομπές τους, με ποσοστά 15,2%, 6,7% και 6,0% αντίστοιχα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι ενώ 20 κράτη μέλη της ΕΕ κατάφεραν να μειώσουν τις εκπομπές τους, μόνο τα 12 από αυτά κατάφεραν να το πετύχουν παράλληλα με την αύξηση του ΑΕΠ τους, όπως το Βέλγιο, η Βουλγαρία, και η Γαλλία. Οι άλλες 8, Τσεχία, Γερμανία, Εσθονία, Ιρλανδία, Λουξεμβούργο, Ολλανδία, Αυστρία και Φινλανδία, κατέγραψαν μείωση του ΑΕΠ τους.



Πηγή: Eurostat, [env_ac_aigg_q](#), [nama_10_gdp](#).

Η απογραφή των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου της ΕΕ βασίζεται σε ετήσιες εκθέσεις απογραφής των κρατών μελών, καταρτίζεται και ελέγχεται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος για λογαριασμό της Επιτροπής και υποβάλλεται στη Σύμβαση Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) κάθε άνοιξη. Οι χώρες της ΕΕ υποχρεούνται να παρακολουθούν και να αναφέρουν τις

εκπομπές τους σύμφωνα με τους κανόνες αναφοράς βάσει διεθνώς συμφωνημένων υποχρεώσεων ακολουθώντας τις κατευθυντήριες γραμμές της IPCC.

Οικονομικές συνέπειες της ρύπανσης από την παγκόσμια ναυτιλία

Καθώς η ανάγκη για βιωσιμότητα γίνεται ολοένα και πιο έντονη, η μετάβαση προς την πράσινη ναυτιλία δεν είναι απλώς θέμα περιβαλλοντικής ευθύνης αλλά και οικονομικής αναγκαιότητας. Η θαλάσσια και ατμοσφαιρική ρύπανση από θαλάσσιες δραστηριότητες συνεπάγεται σημαντικό κόστος για την κοινωνία, συμπεριλαμβανομένου του κόστους που σχετίζεται με τις επιχειρήσεις καθαρισμού, του ιατρικού κόστους για τη θεραπεία ασθενειών που σχετίζονται με τη ρύπανση και της απώλειας εισοδήματος λόγω ζημιών στα οικοσυστήματα και τον τουρισμό.

Η κλιματική αλλαγή που είναι απόρροια της ρύπανσης μέσω αερίων, έχει μακροπρόθεσμες οικονομικές συνέπειες, όπως ακραία καιρικά φαινόμενα, άνοδος της στάθμης της θάλασσας και αλλαγές στη γεωργική παραγωγικότητα που μπορεί να είναι σοβαρές και εκτεταμένες. Η εναπόθεση ρύπων και σωματιδίων από τον αέρα στο έδαφος μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του εδάφους και των καλλιεργειών, επηρεάζοντας τη γεωργική παραγωγικότητα και την επισιτιστική ασφάλεια. Η κατανάλωση μολυσμένων θαλασσινών μπορεί να προκαλέσει ασθένειες και δηλητηριάσεις. Οι εκπομπές CO₂, SO₂, NO_x και άλλων αερίων συνδέονται με αναπνευστικές και καρδιαγγειακές ασθένειες, αυξάνοντας τις ιατρικές δαπάνες και τις νοσηλείες και κατά συνέπεια επιβαρύνει τα συστήματα υγείας. Μελέτες εκτιμούν ότι οι εκπομπές από τη ναυτιλία συμβάλλουν σε δεκάδες χιλιάδες πρόωρους θανάτους ετησίως, επιβάλλοντας σημαντική οικονομική επιβάρυνση μέσω απώλειας παραγωγικότητας.

Οι ναυτιλιακές εταιρείες που εμπλέκονται σε περιβαλλοντικές παραβιάσεις ή περιβαλλοντικά ατυχήματα, όπως πετρελαιοκηλίδες, αντιμετωπίζουν σημαντική ζημιά στη φήμη τους. Αυτό μπορεί να επηρεάσει τις σχέσεις τους με τους πελάτες, τους επενδυτές και τις τοπικές κοινότητες και να επιφέρει νομικές ευθύνες, κυρώσεις και πρόστιμα. Οι εμπλεκόμενες επιχειρήσεις ενδέχεται να υποχρεωθούν να καταβάλουν σημαντικές αποζημιώσεις για την αποκατάσταση των ζημιών που προκλήθηκαν από την ρύπανση, καλύπτοντας τα έξοδα καθαρισμού και αποζημιώνοντας πληγείσες κοινότητες και βιομηχανίες. Η αρνητική δημόσια εικόνα μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια εμπιστοσύνης από τους καταναλωτές, επηρεάζοντας τις πωλήσεις και την οικονομική απόδοση της εταιρείας.

Αναφορικά με το κόστος σε αλιεία και τουρισμό, οι πετρελαιοκηλίδες και άλλες μορφές χημικής ρύπανσης έχουν ως αποτέλεσμα τη διαταραχή της τροφικής αλυσίδας, όπως για παράδειγμα τη μείωση του αριθμού των ψαριών και άλλων θαλάσσιων οργανισμών, επηρεάζοντας την αλιευτική βιομηχανία και τους αλιείς. Η απώλεια θαλάσσιας

βιοποικιλότητας μπορεί να έχει μακροπρόθεσμες οικονομικές συνέπειες, επηρεάζοντας τις οικολογικές υπηρεσίες που παρέχουν τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Τα κοράλλια και οι ύφαλοι, που αποτελούν σημαντικό παράγοντα για τη θαλάσσια ζωή, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στη ρύπανση και μπορεί να υποστούν ανεπανόρθωτες ζημιές. Οι προσπάθειες για την αποκατάσταση των κατεστραμμένων θαλάσσιων οικοσυστημάτων, όπως κοραλλιογενείς ύφαλοι και βιότοποι ψαριών, είναι χρονοβόρες και απαιτούν μεγάλες επενδύσεις. Ο τουρισμός μπορεί επίσης να πληγεί, ειδικά σε περιοχές όπου η ποιότητα των υδάτων και οι καθαρές παραλίες είναι βασικά αξιοθέατα. Οι μολυσμένες θάλασσες και ακτές αποθαρρύνουν τους τουρίστες, μειώνοντας τα έσοδα των τοπικών οικονομιών. Αρνητικό αντίκτυπο επιφέρει και στα θαλάσσια αθλήματα και τις δραστηριότητες αναψυχής, όπως η κατάδυση και το κολύμπι, αφού επηρεάζονται από την ποιότητα του νερού και τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Το δημοσιονομικό αντίκτυπο της πράσινης μετάβασης

Η μετάβαση προς την κλιματική ουδετερότητα θα αλλάξει το ενεργειακό μείγμα στη ζήτηση ενεργειακών προϊόντων. Η ζήτηση για ορυκτά καύσιμα, κυρίως πετρελαιοειδή στον τομέα των μεταφορών, τα οποία λόγω της υψηλής φορολόγησης τους αποδίδουν σημαντικά φορολογικά έσοδα, θα μειωθεί, σε όφελος των πιο φιλικά προς το περιβάλλον ενεργειακών προϊόντων, τα οποία δεν θα φορολογούνται ώστε να προωθηθούν στην αγορά. Οι κυβερνήσεις που εξαρτώνται από την εξόρυξη ορυκτών καυσίμων ενδέχεται να δουν μείωση των εσόδων καθώς προχωρά η μετάβαση. Η εφαρμογή φόρων άνθρακα ή συστημάτων ανώτατου ορίου και εμπορίου μπορεί να αποφέρει έσοδα, καλύπτοντας του δημοσιονομικό κενό που θα προκύψει, ενώ παράλληλα θα παρέχει κίνητρα για μειώσεις εκπομπών [14]. Η έκδοση πράσινων ομολόγων μπορεί να συγκεντρώσει επιπλέον κεφάλαια για περιβαλλοντικά έργα, συχνά με χαμηλότερα επιτόκια λόγω της ελκυστικότητάς τους σε κοινωνικά συνειδητοποιημένους επενδυτές.

Η επένδυση σε E&A για νέες πράσινες τεχνολογίες είναι απαραίτητη για την προώθηση της καινοτομίας και τη μείωση του κόστους με την πάροδο του χρόνου. Οι αρχικές δαπάνες μπορεί να είναι υψηλές και να επιβαρύνουν χώρες με περιορισμένους πόρους, μειωμένη ρευστότητα και η ελλιπής πρόσβαση σε δανεισμό. Οι κυβερνήσεις συχνά παρέχουν επιδοτήσεις, φορολογικές εκπτώσεις και κίνητρα για να ενθαρρύνουν την υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών. Η μετάβαση σε βιώσιμες πρακτικές μπορεί να επιτρέψει στις εταιρείες να επωφεληθούν από χρηματοδοτικά εργαλεία και επενδυτικά κεφάλαια που διατίθενται για πράσινες και βιώσιμες επιχειρήσεις. Οι εταιρείες που είναι πρωτοπόρες και υιοθετούν πράσινες πρακτικές κερδίζουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, διαφοροποιώντας τα προϊόντα και τις υπηρεσίες τους. Ως φυσικό επακόλουθο, αποκτούν πρόσβαση σε νέες αγορές και προσελκύουν καταναλωτές που δίνουν έμφαση στη βιωσιμότητα και την περιβαλλοντική ευθύνη.

Πλοήγηση στο μέλλον

Κοιτώντας το μέλλον, έχουν γίνει σημαντικά βήματα για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας του κλάδου, η συνεχής επαγρύπνηση και η προσαρμοστικότητα στις εξελισσόμενες προκλήσεις είναι πρωταρχικής σημασία. Η δεκαετία του 2020 χαρακτηρίζεται κρίσιμη, γεμάτη από σημαντικές εξελίξεις και κανονιστικές πρωτοβουλίες, που αναμένεται να λειτουργήσουν ως καταλύτες για την επιτάχυνση της απανθρακοποίησης, οδηγώντας τη ναυτιλιακή βιομηχανία προς ένα μέλλον με χαμηλότερο ανθρακικό αποτύπωμα σηματοδοτώντας ένα μεγάλο βήμα προς την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται αυτή τη δεκαετία θα έχουν μακροχρόνιες συνέπειες, διαμορφώνοντας την πορεία της βιομηχανίας για τις επόμενες δεκαετίες. Οι προβλέψεις για τη ναυτιλία έως το 2050 δείχνουν ότι μπορεί να αναπτυχθεί ένα οικοσύστημα για καύσιμα με ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα, όπως η αμμωνία, το υδρογόνο, τα συνθετικά καύσιμα και τα βιοκαύσιμα. Τα στατιστικά στοιχεία αποκαλύπτουν ότι η ναυτιλία θα χρειαστεί το 30-40% της εκτιμώμενης παγκόσμιας προσφοράς καυσίμων με ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα, εάν πρόκειται να καλύψει την αναμενόμενη ζήτηση των 17 εκατομμυρίων ΤΙΠ⁶ ετησίως έως το 2030, λαμβάνοντας υπόψη την τρέχουσα στρατηγική του ΙΜΟ για τα αέρια του θερμοκηπίου. Η επιλογή καυσίμων θα είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για την απαλλαγή της ναυτιλίας από τον άνθρακα. Η βιομηχανία βρίσκεται σε μεταβατική φάση, με πολλές πιθανές επιλογές να αναδύονται. Η μετάβαση αυτή δεν είναι απλή και απαιτεί τεχνολογικές καινοτομίες, αναβάθμιση υποδομών, καθώς και συνεργασία μεταξύ κρατών, βιομηχανιών και οργανισμών. Η υιοθέτηση νέων καυσίμων θα εξαρτηθεί από διάφορους παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα των καυσίμων, η ανάπτυξη της τεχνολογίας πρόωσης, οι κανονισμοί και οι οικονομικές συνθήκες. Εν ολίγοις, καθώς η ναυτιλιακή βιομηχανία χαράζει την πορεία της για το μέλλον, πλέει σε νερά γεμάτα προκλήσεις και ευκαιρίες.

⁶ ΤΙΠ: Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου

Συμπεράσματα

Οι πρόσφατες εξελίξεις στη ρυθμιστική πολιτική της ναυτιλίας, για απαλλαγή από τον άνθρακα, συμπεριλαμβανομένων αυστηρότερων στόχων που έθεσε ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) τον Ιούλιο, σημαίνουν ότι η ναυτιλιακή βιομηχανία πρέπει τώρα να επιτύχει μείωση των εκπομπών κατά 20% έως το 2030 και καθαρές μηδενικές εκπομπές έως ή γύρω στο 2050. Αυτοί οι στόχοι απαιτούν ριζικές αλλαγές στην τεχνολογία των πλοίων, στα καύσιμα που χρησιμοποιούν και προσεκτική διαχείριση από τους εμπλεκόμενους φορείς. Η επίτευξη αυτών των στόχων δεν είναι μόνο ζήτημα συμμόρφωσης με τους κανονισμούς, αλλά και θέμα διατήρησης της ανταγωνιστικότητας σε μια βιομηχανία που εξελίσσεται ταχύτατα. Η ανάπτυξη των κατάλληλων υποδομών για νέα καύσιμα και η εξασφάλιση χρηματοδότησης για τις αναγκαίες επενδύσεις αποτελούν επίσης σημαντικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Τα καύσιμα με ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα πρόκειται να είναι δαπανηρά και σε περιορισμένη προσφορά, οπότε η ναυτιλιακή βιομηχανία πρέπει να διερευνήσει όλους τους πιθανούς τρόπους επίτευξης των στόχων απαλλαγής από τον άνθρακα. Επιπλέον, η συζήτηση γύρω από τα αυτόνομα πλοία, τα οποία υπόσχονται μείωση του λειτουργικού κόστους και βελτίωση της ασφάλειας, δείχνει την κατεύθυνση προς την οποία κινείται η βιομηχανία. Αυτές οι τεχνολογικές εξελίξεις αναγκάζουν τα παραδοσιακά επιχειρηματικά μοντέλα στη ναυτιλία να επανεξεταστούν, οδηγώντας τις εταιρείες να αναζητούν πιο συνεργατικά μοντέλα, αξιοποιώντας κοινές υπηρεσίες και πλατφόρμες. Το αποτέλεσμα αναμένεται να είναι ένας κλάδος πιο διασυνδεδεμένος, αποδοτικός και έτοιμος να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις του μέλλοντος. Σε αυτή τη νέα εποχή, η ναυτιλία βρίσκεται μπροστά σε μια κρίσιμη καμπή, όπου οι αποφάσεις που λαμβάνονται σήμερα θα καθορίσουν όχι μόνο την περιβαλλοντική βιωσιμότητα του κλάδου, αλλά και τη μακροχρόνια οικονομική του επιτυχία. Κατέστη συνεπώς φανερό ότι μόνο μέσω μιας συντονισμένης διεθνούς δράσης, θα ήταν εφικτή η ανατροπή των πιο δυσοίωνων προβλέψεων για το κλίμα.

Βιβλιογραφία

- [1] ΜΥΛΩΝΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ‘ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΜΗΔΕΝΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO₂ ΑΠΟ ΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΜΕΧΡΙ ΤΟ ΕΤΟΣ 2050’, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ, 2023.
- [2] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ‘Πρωτόκολλο του Κυότο’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/diethneis-diapragmatefseis/protokollo-tou-kyoto/>
- [3] Βικιπαίδεια, ‘Πρωτόκολλο του Κιότο’. 2024. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%81%CF%89%CF%84%CF%8C%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%BF_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%9A%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%BF
- [4] Βικιπαίδεια, ‘Συμφωνία του Παρισιού’. 2024. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%85%CE%BC%CF%86%CF%89%CE%BD%CE%AF%CE%B1_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B9%CE%BF%CF%8D
- [5] Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, ‘Συμφωνία του Παρισιού για την κλιματική αλλαγή’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/paris-agreement/>
- [6] International Maritime Organization (IMO), ‘EEXI and CII - ship carbon intensity and rating system’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/EEXI-CII-FAQ.aspx>
- [7] DNV, ‘CII – Carbon Intensity Indicator’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.dnv.com/maritime/insights/topics/CII-carbon-intensity-indicator/>
- [8] Marine Insight, ‘What is Ship Energy Efficiency Management Plan?’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.marineinsight.com/maritime-law/what-is-ship-energy-efficiency-management-plan/>
- [9] Australian Maritime Safety Authority, ‘Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.amsa.gov.au/marine-environment/air-pollution/ship-energy-efficiency-management-plan-seemp>

- [10] DNV, ‘Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.dnv.com/maritime/hub/decarbonize-shipping/key-drivers/regulations/imo-regulations/seemp/>
- [11] Wikipedia, ‘SOLAS Convention’. 2024. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: https://en.wikipedia.org/wiki/SOLAS_Convention
- [12] Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, ‘Δέσμη Fit for 55’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/green-deal/fit-for-55/>
- [13] LR, ‘Timetable for compliance’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.lr.org/en/services/statutory-compliance/fit-for-55/fueleu-regulation/timetable-for-compliance/>
- [14] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ‘ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΣ – ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ ΑΝΑΘΕΩΡΗΜΕΝΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ ’. Ημερομηνία πρόσβασης: 4 Αύγουστος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <file:///C:/Users/zafir/Downloads/GREECE%20-%20DRAFT%20UPDATED%20NECP%202021-2030%20EL.pdf>
- [15] Κων/νος Π. Κανναβός, ‘ΜΕΛΕΤΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΕΦΙΚΤΟΤΗΤΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΛΟΙΩΝ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ ΚΑΙ RORO ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ’, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, 2013.
- [16] Λίτσας Σπυρίδων, ‘Μελέτη οικονομικής εφικτότητας χρήσης Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου ως καυσίμου σε μεγάλα κρουαζιερόπλοια’, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, 2020.
- [17] Οικονομικός Ταχυδρόμος, ‘Ενεργειακή αναβάθμιση λιμανιών και ηλεκτροδότηση πλοίων’. Ημερομηνία πρόσβασης: 24 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.ot.gr/2022/06/07/naytilia/energeiaki-anavathmisi-limanion-kai-ilektrodotisi-ploion/>
- [18] ΕΥΘΥΜΙΑΔΟΥ ΕΛΙΣΑΒΕΤ, ‘«ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ»’, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, 2023.
- [19] ΜΠΑΧΑ ΜΑΡΙΑ, ‘ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ’, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ, 2022.
- [20] Ελένη Μιχαλοπούλου, ‘LNG ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΙΑ ΘΑΛΑΣΣΗΣ, ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΤΟΥ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ’, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ, 2016.

- [21] ΛΟΥΡΑΝΤΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΞΑΚΟΥΣΤΗ, “ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΚΑΙ ΠΛΟΙΑ LNG”, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ, 2021.
- [22] ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΚΡΙΔΗΣ, ‘Αναγνώριση κινδύνων κατά την λειτουργία εγκαταστάσεων τροφοδοσίας Πλοίων με Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο’, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, 2022.
- [23] isalos, ‘Η αμμωνία ως εναλλακτικό ναυτιλιακό καύσιμο’. Ημερομηνία πρόσβασης: 29 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.isalos.net/2021/08/i-ammonia-os-enallaktiko-naftiliako-kafsimo/>
- [24] International Maritime Organization (IMO), ‘Anti-fouling systems’. Ημερομηνία πρόσβασης: 24 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Anti-fouling.aspx>
- [25] Marine Insight, ‘How Port and Terminal Operators Can Control Emissions?’ Ημερομηνία πρόσβασης: 24 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.marineinsight.com/maritime-law/how-port-and-terminal-operators-can-control-emissions/>
- [26] Ντουμάνης Κωνσταντίνος, ‘ΠΡΑΣΙΝΑ ΛΙΜΑΝΙΑ’, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ, ΧΙΟΣ, 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 1 Αύγουστος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/25601/%cf%80%cf%84%cf%85%cf%87%ce%b9%ce%b1%ce%ba%ce%ae%20%ce%b5%cf%81%ce%b3%ce%b1%cf%83%ce%af%ce%b1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [27] Στυλιανός Μαμαλάκης, ‘Μέτρα για πράσινα λιμάνια και λιμενικές περιβαλλοντικές χρεώσεις’, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς, 2022. Ημερομηνία πρόσβασης: 1 Αύγουστος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/14494/Mamalakis_%ce%9c%ce%9d%ce%a3%ce%9d%ce%9420041.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [28] International Maritime Organization (IMO), ‘Prevention of Pollution by Sewage from Ships’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Sewage-Default.aspx>
- [29] International Maritime Organization (IMO), ‘Pollution Prevention’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Pollution-Prevention.aspx>
- [30] International Maritime Organization (IMO), ‘Recycling of ships’. Ημερομηνία πρόσβασης: 24 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Ship-Recycling.aspx>

- [31] European Commission, ‘Commission launches consultations on the regulatory framework for renewable hydrogen’. Ημερομηνία πρόσβασης: 24 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: https://commission.europa.eu/news/commission-launches-consultations-regulatory-framework-renewable-hydrogen-2022-05-23_en
- [32] European Parliament, ‘EU rules for renewable hydrogen’. Ημερομηνία πρόσβασης: 24 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/747085/EPRS_BRI\(2023\)747085_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/747085/EPRS_BRI(2023)747085_EN.pdf)
- [33] Ψαραύτης Γεώργιος, “Μελέτη Οικονομικής Εφικτότητας Πλοίου Εφοδιασμού με Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG)”, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, 2020.
- [34] ΜΠΑΧΑ ΜΑΡΙΑ, «ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ», ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ, 2022.
- [35] Λίτσας Σπυρίδων, «Μελέτη οικονομικής εφικτότητας χρήσης Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου ως καυσίμου σε μεγάλα κρουαζιερόπλοια», ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, 2020.
- [36] LR, ‘Advancing sustainability and driving efficiency’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.lr.org/en/expertise/innovative-ship-design/>
- [37] European Commission, ‘European Maritime Safety Agency (EMSA)’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/maritime/european-maritime-safety-agency-ems_a_en
- [38] United Nations, ‘What is the Kyoto Protocol?’ Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: https://unfccc.int/kyoto_protocol
- [39] European Commission, ‘Decarbonising maritime transport – FuelEU Maritime’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/maritime/decarbonising-maritime-transport-fueleu-maritime_en
- [40] European Union, ‘REGULATION (EU) 2023’, 2023.
- [41] DNV, ‘EU MRV extended to ships from 400 GT - start preparing now’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.dnv.com/news/eu-mrv-extended-to-ships-from-400-gt-start-preparing-now/>
- [42] World Bank Group, ‘What You Need to Know About the Measurement, Reporting, and Verification (MRV) of Carbon Credits’. Ημερομηνία πρόσβασης:

- 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2022/07/27/what-you-need-to-know-about-the-measurement-reporting-and-verification-mrv-of-carbon-credits>
- [43] Lloyd’s Register, ‘What is the FuelEU Maritime Regulation?’ Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.lr.org/en/services/statutory-compliance/fit-for-55/fueleu-regulation/>
- [44] International Maritime Organization (IMO), ‘International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: [https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)
- [45] International Maritime Organization (IMO), ‘INTERNATIONAL CONFERENCE ON SAFETY OF LIFE AT SEA, 1974’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ConferencesMeetings/Pages/SOLAS-CONF-1974-default.aspx>
- [46] Lloyd’s Register, ‘The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.lr.org/en/services/statutory-compliance/marpol-international-convention-for-the-prevention-of-pollution/?msclkid=b7d32c91677d14bc1d9c4a98e0b02b4a>
- [47] International Maritime Organization (IMO), ‘Improving the energy efficiency of ships’, 2019, Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Improving%20the%20energy%20efficiency%20of%20ships.aspx>
- [48] International Maritime Organization (IMO), ‘IMO 2020 – cutting sulphur oxide emissions’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>
- [49] European Commission, ‘Sustainable transport’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/sustainable-transport_en
- [50] European Commission, ‘EU ETS Handbook’, 2024.
- [51] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ‘Εθνικό σχέδιο για την ενέργεια και το κλίμα’, 2024. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2019/11/%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%91%>

CE%A1%CE%A4%CE%97%CE%9C%CE%91-
%CE%95%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C-
%CE%A3%CF%87%CE%AD%CE%B4%CE%B9%CE%BF-
%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CE%BD-
%CE%95%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%
B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF-
%CE%9A%CE%BB%CE%AF%CE%BC%CE%B1-
%CE%95%CE%A3%CE%95%CE%9A.pdf

- [52] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ‘Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://ypen.gov.gr/energeia/esek/lts/>
- [53] CNN, ‘Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα: Οι επτά παρεμβάσεις της Ελλάδας’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.cnn.gr/oikonomia/anaptyxi/story/346374/ethniko-sxedio-gia-tin-energeia-kai-to-klima-oi-epta-paremvaseis-tis-elladas>
- [54] Ερτ, ‘Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα: Θα δημιουργήσει έως το 2030, 38.000 νέες θέσεις εργασίας’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.ertnews.gr/eidiseis/ellada/politiki/ethniko-schedio-gia-tin-energeia-kai-to-klima-tha-dimioyrgisei-eos-to-2030-38-000-nees-theseis-ergasias/>
- [55] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ‘Ευέλικτοι Μηχανισμοί του Πρωτοκόλλου του Κιότο’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/eveliktoi-michanismoi-tou-protokollou-tou-kioto/>
- [56] Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, ‘Μεταρρύθμιση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: Μεταρρύθμιση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ
- [57] Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, ‘Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/green-deal/>
- [58] Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, ‘«Fit for 55»: Πώς η ΕΕ θα κατοχυρώσει νομοθετικά τους στόχους για το κλίμα’, 2024, Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.consilium.europa.eu/el/infographics/fit-for-55-how-the-eu-will-turn-climate-goals-into-law/>
- [59] Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ‘Ερωτήσεις και απαντήσεις — Εμπορία εκπομπών — Τιμολόγηση των ανθρακούχων εκπομπών’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος

2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/qanda_21_3542?fbclid=IwAR2A3RVoKrRu_V7J29vLa61MskOAYCsq9jly16MeTtSK14ayIrFcGK0tam0
- [60] Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, ‘Μεταρρύθμιση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/reform-eu-ets/>
- [61] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ‘Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/systima-eborias-dikaiomaton-ekprobon/>
- [62] NavGreen, ‘Πράσινη Ναυτιλία’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://navgreen.gr/#casestudies>
- [63] Isalos, ‘Πράσινη ναυτιλία και ο ρόλος του ναυτικού’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.isalos.net/2017/03/prasini-naftilia-kai-o-rol-os-tou-naftikou-vinteo/>
- [64] FORTUNE GREECE, ‘Νέα σελίδα στη ναυτιλία: Μπαίνει στο σύστημα εμπορίας ρύπων’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.fortunegreece.com/article/nea-selida-sti-naftilia-bainei-sto-sistema-emporias-rip-on/>
- [65] Michanikos Online, ‘«Πράσινες τεχνολογίες στη ναυτιλία – αξιοποίηση επιστημονικού δυναμικού»’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.michanikos-online.gr/%CF%80%CF%81%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CF%83%CF%84%CE%B7-%CE%BD%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BB%CE%AF%CE%B1-%CE%B1/>
- [66] ΣΠΥΡΟΣ ΠΑΠΑΕΥΘΥΜΙΟΥ, ‘Αποψη: Η «πράσινη» ναυτιλία και ο ρόλος της Ελλάδας’. Ημερομηνία πρόσβασης: 19 Ιούλιος 2024. [Έκδοση σε ψηφιακή μορφή]. Διαθέσιμο στο: <https://www.kathimerini.gr/economy/local/853644/apopsi-i-prasini-naytilia-kai-o-rol-os-tis-elladas/>
- [67] Μήλα Παναγιώτα, ‘Οι επιπτώσεις της Διεθνούς Σύμβασης MARPOL 73/78 στη ναυσιπλοΐα και στις θαλάσσιες μεταφορές’, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ, 2020.

- [68] Νικόλαος Γ. Φραγκιαδάκης, ‘ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΖΩΗΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ’, 2024.
- [69] Ντόκου Ευαγγελία, ‘Ανάλυση των κανονισμών DCS και MRV’, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ, 2023.
- [70] Μπουρνιά Λαμπρινή, ‘Ατμοσφαιρική ρύπανση στα λιμάνια’, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ, 2023.
- [71] Ευγενία Μπεςσή, ‘Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία: Προκλήσεις, προοπτικές’, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 2023.
- [72] ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΧΟΥΛΙΑΡΑΣ, ‘ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ (ΣΕΔΕ): ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΔΕΙΩΝ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΤΕΤΑΡΤΗ ΦΑΣΗ’, ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, 2024.
- [73] Αθανάσιος Δ. Κακαμούκας, ‘Η ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΠΡΑΣΙΝΗ ΣΥΜΦΩΝΙΑ’, ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ, 2021.
- [74] Μωράκης Δημήτριος-Ανδρέας, ‘Μετάβαση στην Πράσινη Ναυτιλία - Πράσινες τεχνολογίες στα πλοία’, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, 2024.
- [75] ΤΣΑΟΥΣΑΙ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ, ‘ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ’, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ, 2023.
- [76] Ευάγγελος Κόλλιας, ‘Η Λογιστική Αντιμετώπιση των Δικαιωμάτων Εκπομπών του Διοξειδίου του Άνθρακα (CO₂). Περίπτωση της Ναυτιλίας’, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, 2018.
- [77] ΠΕΤΡΟΣ ΒΕΝΕΤΙΚΑΣ, ‘ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΣ ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΙΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ’, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ, 2023.
- [78] Δημήτριος Μυζιθράς-Γρηγοράκος, ‘Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Ρύπων EU ETS’, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2018.
- [79] ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΜΟΥΤΣΙΟΥΝΑΣ, ‘Ο ΛΟΓΙΣΤΙΚΟΣ ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂ ΑΠΟ ΤΙΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ’, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ, 2018.
- [80] Ανδρεάδου Βασιλική, ‘Η λογιστική αντιμετώπιση των εκπομπών αερίων ρύπων του θερμοκηπίου’, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, 2023.