

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

UNIVERSITY OF PIRAEUS

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΝ
ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΗΡΩ ΦΑΛΑΡΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΓΓΕΛΟΣ ΚΟΤΙΟΣ

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΔΙΟΙΚΗΣΗ LOGISTICS

ΠΕΙΡΑΙΑΣ, 2022

«Η εργασία αυτή είναι πρωτότυπη και εκπονήθηκε αποκλειστικά και μόνο για την απόκτηση του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού τίτλου».

«Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του μη πρωτότυπου υλικού ΜΔΕ ανήκουν στο μεταπτυχιακό φοιτητή και το επιβλέπον μέλος ΔΕΠ εις ολόκληρο, δηλαδή εκάτερος μπορεί να κάνει χρήση αυτών χωρίς τη συναίνεση άλλου. Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του πρωτότυπου μέρους ΜΔΕ ανήκουν στον μεταπτυχιακό φοιτητή και τον επιβλέποντα από κοινού, δηλαδή δεν μπορεί ο ένας από τους δύο να κάνει χρήση αυτού χωρίς τη συναίνεση του άλλου. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η δημοσίευση του πρωτότυπου μέρους της διπλωματικής εργασίας σε επιστημονικό περιοδικό ή πρακτικά συνεδρίου από τον ένα εκ των δύο, με την προϋπόθεση ότι αναφέρονται τα ονόματα και των δύο (ή των τριών σε περίπτωση συνεπιβλέποντα) ως συν-συγγραφέων. Στην περίπτωση αυτή προηγείται γραπτή ενημέρωση του μη συμμετέχοντα στη συγγραφή του επιστημονικού άρθρου. Δεν επιτρέπεται η κατά οποιοδήποτε τρόπο δημοσιοποίηση υλικού το οποίο έχει δηλωθεί εγγράφως ως απόρρητο».

Υπογραφή Μεταπτυχιακού Φοιτήτριας.....

Όνοματεπώνυμο ΦΑΛΑΡΗ ΗΡΩ

Ημερομηνία 16/08/2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορίου έφερε άνθιση της οικονομίας και της ευημερίας των κρατών. Παράλληλα όμως οδήγησε και στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος, με σημαντικές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Αν και το θαλάσσιο εμπόριο είναι συγκριτικά με τα άλλα μέσα μεταφοράς φιλικότερο προς το περιβάλλον εξακολουθεί να συμβάλει και αυτό στη συνολική ρύπανση. Μέσω των θαλασσίων οδών όμως μεταφέρονται καθημερινά τεράστιοι όγκοι αγαθών, γεγονός που καθιστά τη ναυτιλία αναπόσπαστο κομμάτι των διεθνών μεταφορών.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι καταρχάς να εντοπιστούν οι τρόποι με τους οποίους η αποστολή ενός πλοίου μολύνει το περιβάλλον. Τα πλοία μεταφέρουν διάφορες επικίνδυνες ουσίες, όπως το πετρέλαιο, κατάλοιπα πετρελαίου, χημικά κ.α. που όταν αναμειχθούν με το νερό προκαλούν μόλυνση των υδάτων. Επίσης κατά τη λειτουργία τους παράγουν στερεά απόβλητα, λύματα, αέρια του θερμοκηπίου, ενώ προκαλούν και ηχορύπανση επηρεάζοντας τη θαλάσσια πανίδα.

Πλέον σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν αναγνωριστεί οι κίνδυνοι και προσπαθούν να αντιμετωπιστούν με τη θέσπιση κανόνων και νόμων. Για τη ναυτιλία ο παγκόσμιος οργανισμός που φροντίζει για την ασφάλεια και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΔΝΟ). Ο ΔΝΟ έχει θεσπίσει διάφορους κανονισμούς που ορίζουν τον τρόπο διαχείρισης των διάφορων αποβλήτων των πλοίων, τόσο από το ίδιο το πλοίο, όσο και από τις λιμενικές υποδοχές. Επίσης ιδιαίτερα σημαντικοί είναι και οι στόχοι που έχει θέσει ως προς τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και αερίων του θερμοκηπίου με την προοδευτική μείωσή τους.

Για να επιτευχθεί ο στόχος των μηδενικών εκπομπών θα πρέπει οι στόλοι να απαλλαγθούν από τα ορυκτά καύσιμα και να μεταβούν σε εναλλακτικά χαμηλότερων ρύπων, όπως το LNG, το LPG, η αμμωνία, το υδρογόνο, οι μπαταρίες και κυψέλες καυσίμου, η πυρηνική ενέργεια, η αιολική ενέργεια, κ.α.. Όλες αυτές οι τεχνολογίες είναι ελπιδοφόρες αλλά βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο. Για να μπορούν να απευθύνονται στην παγκόσμια αγορά χρειάζονται ακόμα αρκετή E&A, ώστε να προσφέρουν αποδοτική ενέργεια με χαμηλό κόστος στα πλοία, καθώς και για να κατασκευαστούν δίκτυα εφοδιασμού και διάφορα μέσα υποστήριξης. Επιπλέον απαιτούν μεγάλα επενδυτικά κεφαλαία, ενώ οι στόχοι του ΔΝΟ για το 2030 και το 2050 απαιτούν άμεση μετάβαση στην τέταρτη επανάσταση της πρόωσης.

Περιεχόμενα

Λίστα Εικόνων και Γραφημάτων.....	V
Λίστα Πινάκων.....	VI
Γλωσσάριο.....	VII
1. Εισαγωγή.....	1
2. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	3
2.1 Μόλυνση από πετρελαιοειδή.....	3
2.2 Μόλυνση από υγρές επιβλαβείς ουσίες χύδην.....	8
2.3 Μόλυνση από στερεών απόβλητων.....	8
2.4 Μόλυνση από τα λύματα των πλοίων.....	9
2.5 Μόλυνση από εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων.....	9
2.6 Υποθαλάσσια ηχορύπανση.....	12
3. Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας.....	13
3.1 Ίδρυση και οργάνωση IMO.....	14
3.2 Διεθνείς συμβάσεις και κώδικες.....	15
3.3 IMO και περιβάλλον.....	17
3.4 MARPOL 73/78.....	17
4. Τεχνολογία και καύσιμα πλοίων.....	31
4.1 Βιοκαύσιμα.....	32
4.2 Αμμωνία.....	33
4.3 Υδρογόνο.....	34
4.4 Κυψέλες καυσίμου και μπαταρίες.....	36
4.5 Αιολική ενέργεια.....	39
4.6 Πυρηνικά καύσιμα.....	41
5. Συμπεράσματα.....	42
Βιβλιογραφία.....	46

Λίστα Εικόνων και Γραφημάτων

Εικόνα 1: Μεταφερόμενο φορτίο σε δισεκατομμύρια τόνους (1990-2020).....	1
Εικόνα 2: Παγκόσμια (αριστερά) και Ευρωπαϊκή (δεξιά) θερμοκρασία (1850-2020)	2
Εικόνα 3: Αριθμός πετρελαιοκηλίδων από δεξαμενόπλοια (1970-2021)	4
Εικόνα 4: Ρύπανση στον Σαρωνικό-10/09/2017	5
Εικόνα 5: Ρύπανση στον Σαρωνικό-13/09/2017	6
Εικόνα 6: Ρύπανση στον Σαρωνικό-13/09/2017	6
Εικόνα 7: Ρύπανση στον Σαρωνικό-15/09/2017 και 16/09/2017	7
Εικόνα 8: Διεθνής κατανάλωση καυσίμου (ισοδύναμη με HFO) ανά τύπο πλοίου	10
Εικόνα 9: Διεθνής κατανάλωση (σε αντίστοιχο χιλιάδες τόνων HFO) ανά τύπο πλοίου και μηχανήμα	11
Εικόνα 10: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά κλάδο	12
Εικόνα 11: Ανθρωπογενείς-Φυσικές πηγές υποθαλάσσιου θορύβου	13
Εικόνα 12: 4 ^η Επανάσταση στην πρόωση και ενέργεια των πλοίων	32
Εικόνα 13: Δεξαμενόπλοιο suezmax Kriti Future	34
Εικόνα 14: Πλοίο Hydra	36
Εικόνα 15: Παραγωγή ενέργειας από το H ₂ με μηδενικούς ρύπους	37
Εικόνα 16: Σχεδιάγραμμα του ηλεκτρικού πλοίου Yara Birkeland	38
Εικόνα 17: Ηλεκτρικό πλοίο Yara Birkeland	39
Εικόνα 18: Φορτηγό πλοίο Sea Zhoushan με αιολική υποβοήθηση.....	40
Εικόνα 19: Πυρηνοκίνητο πλοίο Sevmoirut	42
Εικόνα 20: Γραφική απεικόνιση συστήματος εισφορών (IMRB-IMRF).....	44

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1: Ειδικές περιοχές της MARPOL 73/78	19
Πίνακας 2: Απαιτήσεις αποστράγγισης δεξαμενών φορτίου των δεξαμενόπλοιων χημικών, βάσει του Παραρτήματος II της MARPOL 73/78.....	22
Πίνακας 3: Συνοπτική διαχείριση απορριμμάτων παραρτήματος V της MARPOL	26
Πίνακας 4: Όρια εκπομπών SO _x	28
Πίνακας 5: Όρια εκπομπών NO _x	28
Πίνακας 6: Εκπομπές ghg ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής του H ₂	35

Γλωσσάριο

AFS 2001: International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems in Ships

BWM: International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments

CII: Carbon Intensity Indicator

CO: Carbon Monoxide

CO₂: Carbon Dioxide

DWT: Deadweight tonnage (μονάδα μέτρησης του βάρους που μπορεί να μεταφέρει ένα πλοίο)

ECA: Emission Control Areas

EEDI: Energy Efficiency Design Index

EEOI: Energy Efficiency Operational Indicator

EEXI: Energy Efficiency eXisting ship Index

EU ETS: European Union Emissions Trading System

FAME: Fatty Acid Methyl Esters

GISIS: Global Integrated Shipping Information System

GT: Gross Tonnage

HFO: Heavy Fuel Oil

HME: Harmful to the Marine Environment

HVO: Hydrogenated Vegetable Oil

IBC code: International Bulk Chemical Code

IEA: International Energy Agency

IMCO: Inter-Governmental Maritime Consultative Organization

IMDG Code: International Maritime Dangerous Goods Code

IMO: International Maritime Organization

IMRB: International Maritime Research and Development Board

IMRF: International Maritime Rescue Federation

IOPPC: International Oil Pollution Prevention Certificate

ISM Code: International Safety Management Code

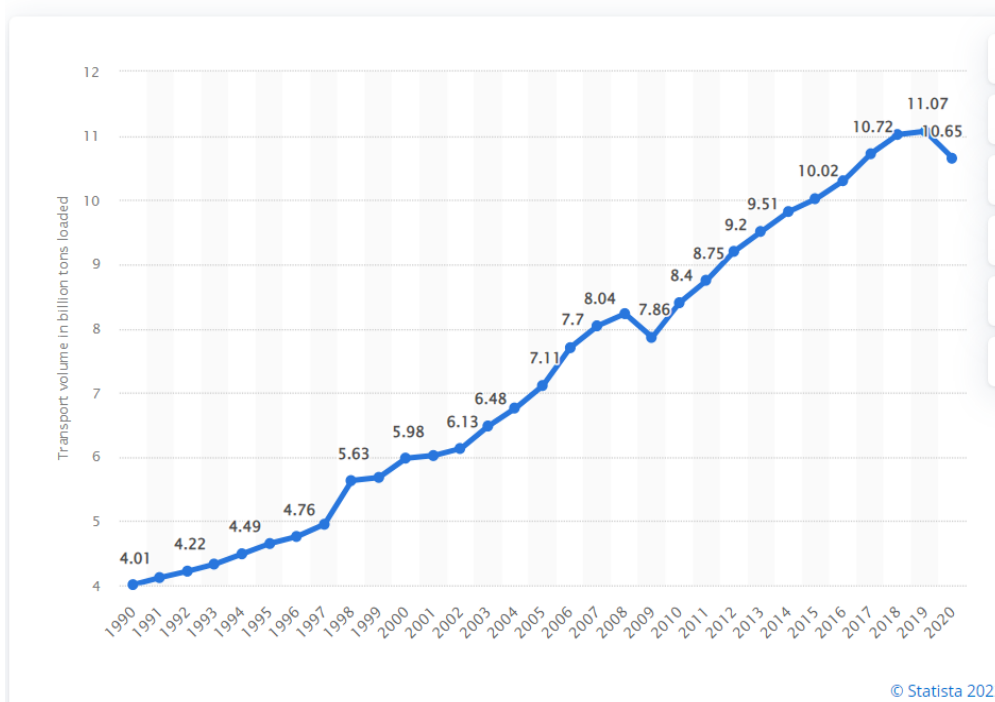
ISPS: International Ship and Port Facility
LBG: Liquefied Biogas
LNG: Liquefied Natural Gas
MARPOL: Convention for Prevention of Marine Pollution
MDO: Marine Diesel Oil
MEPC: Marine Environment Protection Committee
MSC: Maritime Safety Committee
MWh: Megawatt hour
NECA: NO_x Emission Control Areas
NO_x : Nitrogen Oxides
non HME: non Harmful to the Marine Environment
ODS: Ozone-depleting substances
PM: Particulate Matter
RoPax: passenger RoRo
Ro-Ro: Roll-on/Roll-off
SEEMP: Ship Energy Efficiency Management Plan
SIDS: Small Island Developing States
SOLAS: Safety of Life at Sea
STCW: Standards of Training, Certification and Watchkeeping
SO_x: Sulphur Oxides
TEUs: Twenty-foot Equivalent Unit
UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change
VLOC: Very Large Ore Carrier
VOCs: Volatile Organic Compounds
ΔΝΟ: Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός
Ε/Γ-Ο/Γ: Επιβατηγό - Οχηματαγωγό
ΕΕ: Ευρωπαϊκή Ένωση
ΗΠΑ: Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
Ο/Γ: Οχηματαγωγό

1. Εισαγωγή

Οι θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν ένα βασικό πυλώνα της οικονομίας από την αρχαιότητα έως σήμερα. Μέσω των θαλάσσιων οδών μεταφέρονται σε παγκόσμια κλίμακα πληθώρα εμπορευμάτων που αγγίζουν το 90% του συνολικού μεταφερόμενου φορτίου, αξίας 14 τρισεκατομμυρίων δολαρίων, χρησιμοποιώντας 4 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου την ημέρα (αντιστοιχεί στο 4% της παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου) (International Chamber of Shipping, 2021). Η δυνατότητα των πλοίων να μεταφέρουν τεράστιο όγκο αγαθών, που φτάνουν 400.000-550.000 DWT ξηρό-υγρό χύδην φορτίο και 24.000 TEUs, για μεγάλες αποστάσεις διατηρεί το κόστος ανά τονο-χιλιόμετρο συγκριτικά με τα άλλα μέσα μεταφοράς αλλά και με την αξία του μεταφερόμενου φορτίου, χαμηλό. Οι οικονομίες κλίμακας που πετυχαίνει η θαλάσσια μεταφορά έχει ως αποτέλεσμα την ολοένα και μεγαλύτερη άνθιση της ναυτιλίας. Εμπορικά πλοία μεταφέρουν διαρκώς και με αυξανόμενη τάση από τη μια χώρα στην άλλη αγαθά. Ο όγκος του φορτίου που διακινήθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο μέσω των θαλάσσιων οδών υπερδιπλασιάστηκε την τελευταία δεκαετία, όπως φαίνεται στο γράφημα της Εικόνας 1, γεγονός που καθιστά την ναυτιλία αναπόσπαστο κομμάτι των μεταφορών και κατ' επέκταση της παγκόσμιας οικονομία (Statista, 2021).

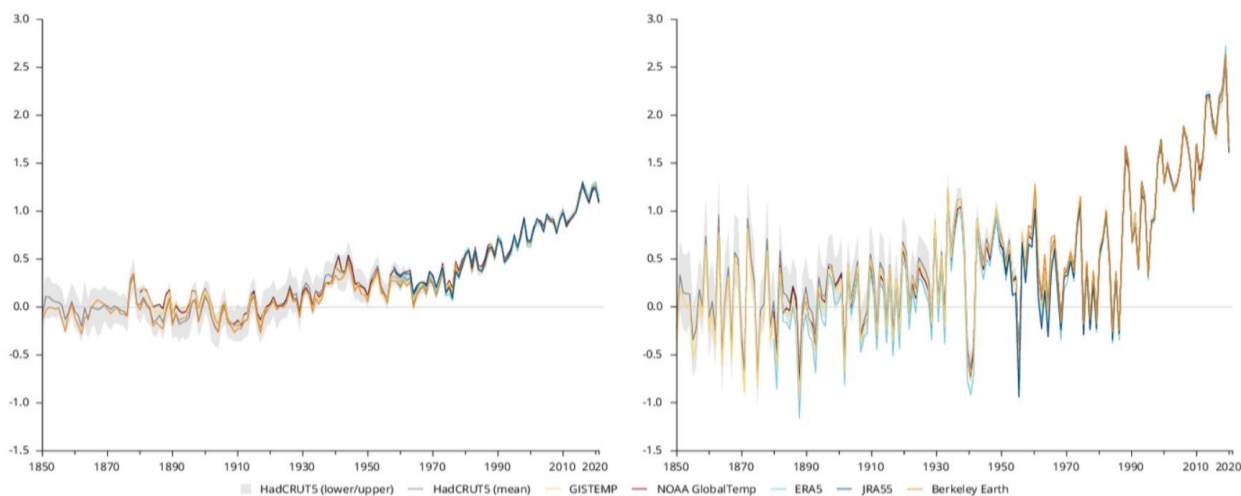
Transport volume of seaborne trade from 1990 to 2020

(in billion tons loaded)



Εικόνα 1: Μεταφερόμενο φορτίο σε δισεκατομμύρια τόνους (1990-2020)

Παράλληλα όμως με την ανάπτυξη της οικονομίας, αυξήθηκε και η περιβαλλοντική μόλυνση. Η παγκόσμια μέση θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια μεταξύ 2012 και 2021 ήταν 1,11 έως 1,14°C υψηλότερη από το προβιομηχανικό επίπεδο, ενώ στην Ευρώπη 1,94 έως 1,99°C για την ίδια περίοδο. Η παγκόσμια ετήσια θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια από τη δεκαετία του 1970 αυξάνεται σταθερά κατά 0,02°C ανά δεκαετία, ενώ τα τελευταία 7 χρόνια έχουν σημειωθεί οι υψηλότερες θερμοκρασίες. Στο μέλλον προβλέπεται εάν δεν ληφθούν μέτρα, η θερμοκρασία να συνεχίσει να αυξάνει με ταχύτατους ρυθμούς. Σε μεγάλο βαθμό για τη θέρμανση του πλανήτη οφείλονται οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που οφείλονται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες. (Agency European Environment, 2022).



Εικόνα 2: Παγκόσμια (αριστερά) και Ευρωπαϊκή (δεξιά) θερμοκρασία (1850-2020)

Οι επιπτώσεις της μόλυνσης του περιβάλλοντος είναι μεγάλες για την ανθρώπινη ζωή, την πανίδα και τη χλωρίδα καθώς και γενικότερα για την οικονομία και κοινωνία. Πλέον η κλιματική αλλαγή είναι αισθητή και τα κράτη προσπαθούν να την αποτρέψουν λαμβάνοντας διάφορα μέτρα, εκδίδοντας κανόνες και θέτοντας στόχους σε εθνικό, περιφερειακό ή και διεθνή επίπεδο. Μια ιδιαίτερα σημαντική ενέργεια είναι η Συμφωνία του Παρισιού του 2015. Όλα τα κράτη που υπέγραψαν τη Σύμβαση Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) δεσμεύτηκα να περιορίσουν την αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας στους 2°C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα μέχρι το 2050 και να συνεχίσουν τις προσπάθειες για μείωση στους 1,5°C. (Agency European Environment, 2022). Για να μειωθεί η θερμοκρασία, θα πρέπει να μειωθούν και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, γεγονός που θα επηρεάσει άμεσα τον κλάδο των μεταφορών και κατ' επέκταση τη ναυτιλία.

Για τις εκπομπές αλλά και γενικότερα για τους ρύπους που προκύπτουν από τη ναυτιλία υπάρχει ένα ρυθμιστικό πλαίσιο που προκύπτει από εθνικούς νόμους και συμφωνίες και οδηγίες

περιφερειακών και διεθνών φορέων. Σε παγκόσμιο επίπεδο κύρια ρυθμιστική αρχή είναι ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΔΝΟ), ο οποίος με την Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (ΜΕΡC) μεριμνά για μια ναυτιλία φιλική προς το περιβάλλον.

2. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

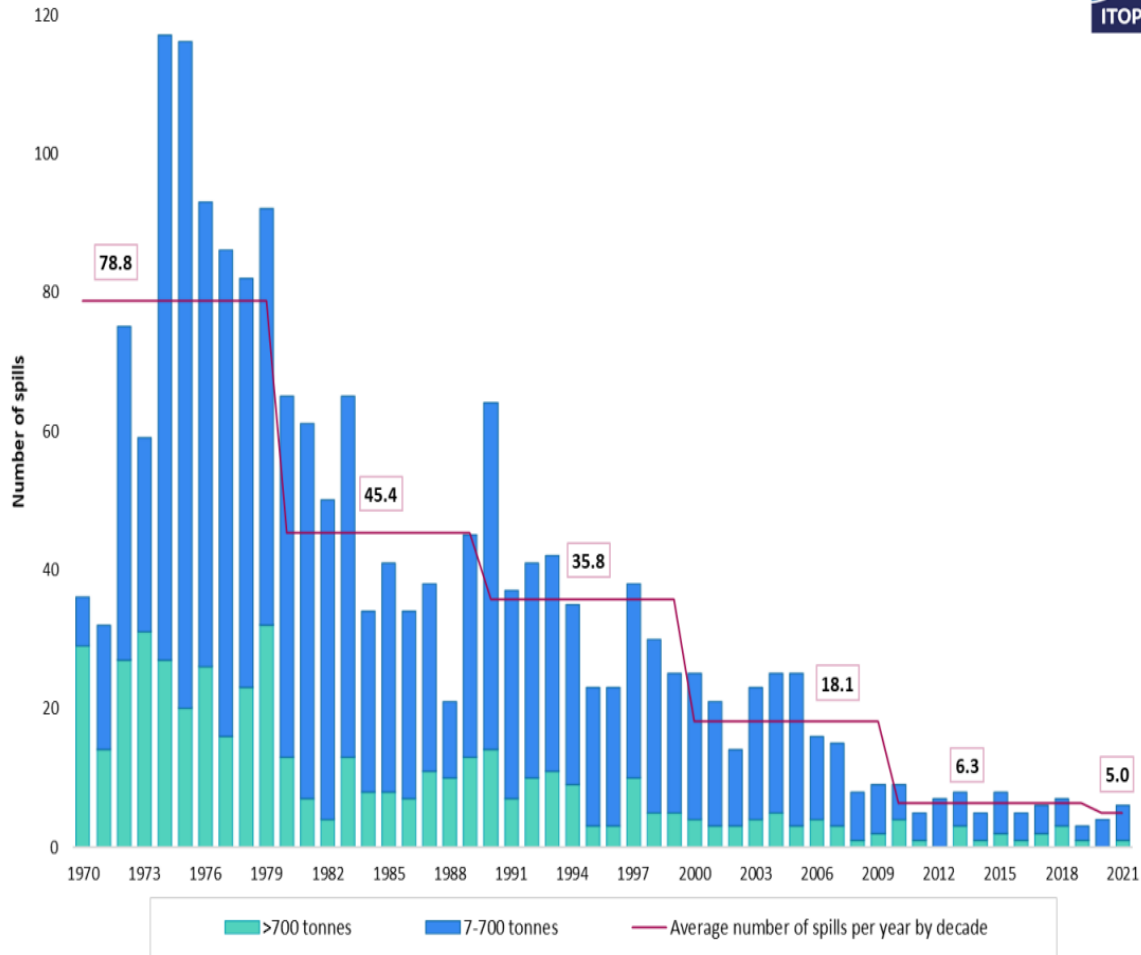
Αν και οι θαλάσσιες μεταφορές θεωρούνται πιο ασφαλείς, οικονομικές αλλά και φιλικές προς το περιβάλλον σε σύγκριση με τα άλλα μέσα μεταφορών, εξακολουθούν να επιβαρύνουν το περιβάλλον με διάφορα απόβλητα και κατάλοιπα μεταφερμένου φορτίου. Για παράδειγμα υπολογίζεται ότι περίπου το 3% των παγκόσμιων εκπομπών ανθρωπογενών αερίων του θερμοκηπίου (Greenhouse gas- GHG) οφείλονται στη ναυτιλία (Elizabeth Lindstad, 2021). Τα απόβλητα των πλοίων προέρχονται από τη συνολική λειτουργία τους, δηλαδή δεν παράγονται μόνο κατά την κίνηση τους, αλλά και κατά τις εργασίες φόρτωσης, εκφόρτωσης, καθαρισμού των καταστρωμάτων, αμπαριών και δεξαμενών τους, παραμονής τους στο λιμάνι, ακόμα και όταν βρίσκονται αγκυροβολημένα έξω από τα λιμάνια σε αναμονή εισόδου τους. Οι κυριότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ναυτιλίας οφείλονται στη μόλυνση που προκαλείται από τα πετρελαιοειδή, από διάφορες υγρές επιβλαβείς ουσίες και στερεά απόβλητα, από λύματα, εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ηχορύπανση κ.α.

2.1 Μόλυνση από πετρελαιοειδή

Ένας βασικός λόγος που τα πλοία προκαλούν μόλυνση του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι η απόρριψη πετρελαίου και καταλοίπων πετρελαίου, λαδιού κ.α. στη θάλασσα. Η πετρελαϊκή ρύπανση είναι ιδιαίτερα επιβλαβής για τη θαλάσσια ζωή, αλλά και για την ανθρώπινη, ενώ επηρεάζει άμεσα την οικονομία των παράκτιων περιοχών. Περιοχές όπου η οικονομία τους στηρίζεται στον τουρισμό θα έρθουν αντιμέτωποι με άμεση μείωση της ζήτησης, όπως και όσες ασχολούνται με την αλιεία ή με ιχθυοκαλλιέργειες. Η ανάκαμψη του οικοσυστήματος διαρκεί περισσότερο από δύο χρόνια ενώ μπορεί να χρειαστεί και περισσότερο από δεκαετία, ανάλογα με τους υδροδυναμικούς παράγοντες, την ποσότητα του πετρελαίου, τον τύπο του ιζήματος και την οικολογική δομή της πληγείσας περιοχής (Garcia, 2023). Επιπλέον είναι δύσκολη και η αντιμετώπιση μια πετρελαιοκηλίδας. Απαιτεί πολύ χρόνο, προσπάθεια, υλικοτεχνική υποστήριξη και μεγάλο κεφάλαιο.

Η απόρριψη πετρελαίου στη θάλασσα μπορεί να γίνει είτε από ατύχημα, είτε από τη λειτουργία του πλοίου. Στις περιπτώσεις ατυχημάτων το πετρέλαιο ή τα παράγωγα πετρελαίου που απορρίπτονται στα ύδατα μπορεί να αποτελούν το φορτίο του πλοίου ή να προέρχονται από

τις δεξαμενές καυσίμου (Bunyamin Kamal & Sevki Kutay, 2021). Η ρύπανση που προέρχεται από τις δεξαμενές καυσίμου είναι συχνότερη από αυτή του πετρελαίου ως φορτίο (Przemyslaw Krata & Jacek Jachowski, 2021). Από έρευνα της ΙΤΟΡΡ, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3 που ακολουθεί τα περιστατικά πρόκλησης πετρελαιοκηλίδας από δεξαμενόπλοια τα τελευταία πενήντα χρόνια έχουν σημειώσει σημαντική μείωση, αν και η κίνηση τους και ο όγκος του διακινούμενου φορτίου έχουν αυξηθεί.



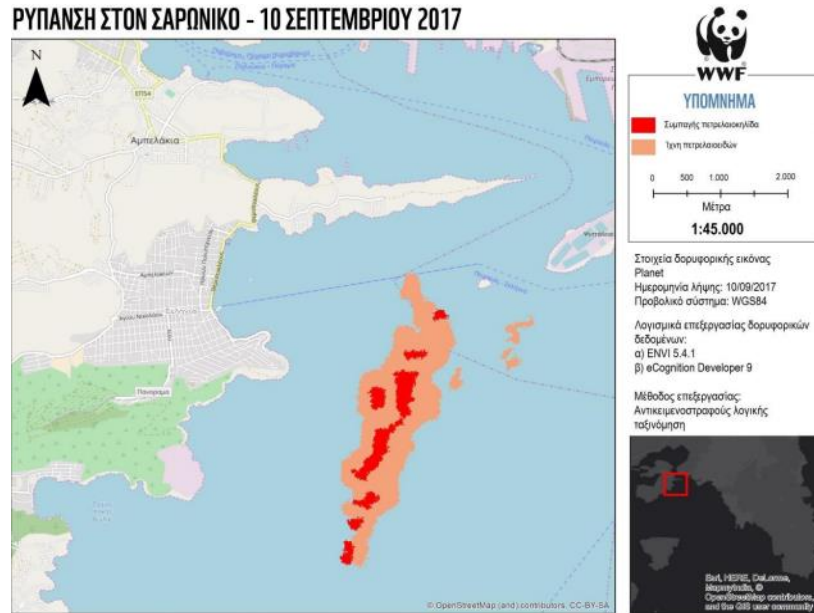
Number of medium (7-700 tonnes) and large (>700 tonnes) tanker spills, 1970 to 2021

Εικόνα 3: Αριθμός πετρελαιοκηλίδων από δεξαμενόπλοια (1970-2021)

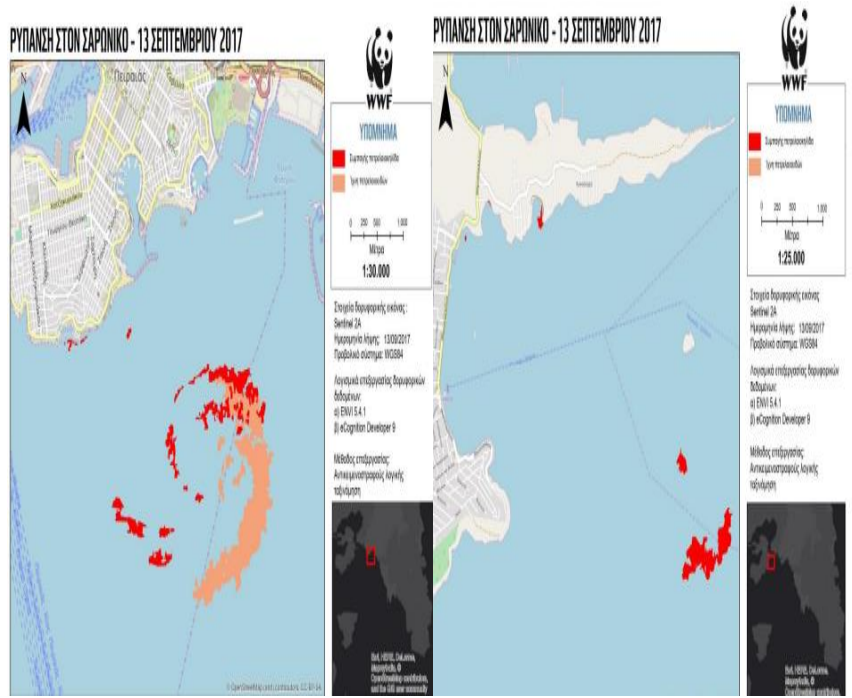
Παρόλα αυτά έχουν σημειωθεί αρκετά ατυχήματα με τρομερές για το περιβάλλον συνέπειες. Για παράδειγμα το 1979 το ελληνικό πετρελαιοφόρο «Atlantic Empress»

συγκρούστηκε με το τάνκερ «Aegean Captain» στην περιοχή ανοικτά του Τρινταντ και Τομπάγκο, λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών. Από την σύγκρουση διέρρευσαν πάνω από 90 εκατομμύρια τόνοι πετρελαίου, οι οποίοι αν και δεν έπληξαν τις ακτές θεωρούνται από τις μεγαλύτερες οικολογικές καταστροφές. Το Νοέμβριο του 2002 το δεξαμενόπλοιο Prestige βυθίστηκε στη περιοχή της Γαλικίας της Ισπανίας απορρίπτοντας στην θάλασσα 77.000 τόνους πετρελαίου, μολύνοντας 3.000km ακτογραμμής. Η μακροπρόθεσμη ζημιά στην οικονομία υπολογίστηκε 5 δισεκατομμύρια ευρώ από την Ένωση Επαγγελματιών Οικονομολόγων της Γαλικίας, ενώ η απορρύπανση της ακτής κόστισε 2,5 δισεκατομμύρια ευρώ. Υπολογίστηκε ότι πέθαναν περίπου 250.000-300.000 θαλάσσια πουλιά λόγω της έκθεσής τους στη ρύπανση, ενώ βρέθηκαν μέσα στον πρώτο μήνα από την καταστροφή 27 σοροί κητών από επτά διαφορετικά είδη και 16 χελώνες εκ των οποίων 13 θαλάσσιες χελώνες καρέτα καρέτα (*Caretta caretta*) και 3 δερματοχελώνες (*Dermochelys coriacea*) (Garcia, 2003).

Στην Ελλάδα στις 10 Σεπτεμβρίου 2017 το δεξαμενόπλοιο «Αγία Ζώνη II» ενώ ήταν αγκυροβολημένο νοτιοδυτικά της νησίδας Αταλάντη στην περιοχή της Σαλαμίνας βυθίστηκε. Το πλοίο ήταν φορτωμένο με 2.200 μετρικούς τόνους πετρελαίου εξωτερικής καύσης (fuel oil) και 370 μετρικούς τόνους πετρελαίου ναυτιλίας εσωτερικής καύσης (marine gas oil). Με την έναρξη του συμβάντος σημειώθηκε διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα που έπληξε τη Σαλαμίνα για αρχή και σύντομα έφτασε στο νότιο παραλιακό μέτωπο της Αττικής.



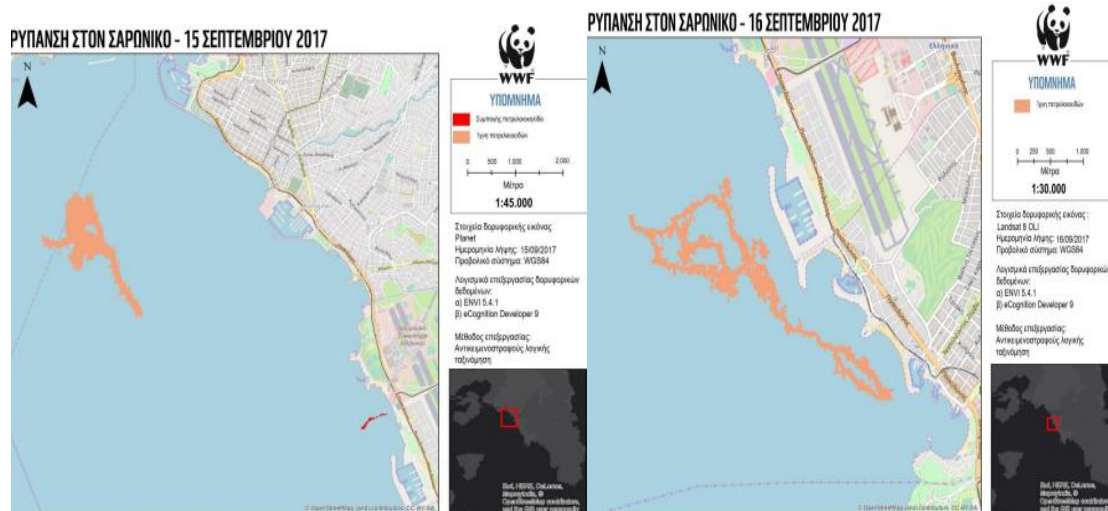
Εικόνα 4: Ρύπανση στον Σαρωνικό-10/09/2017



Εικόνα 5: Ρύπανση στον Σαρωνικό-13/09/2017



Εικόνα 6: Ρύπανση στον Σαρωνικό-13/09/2017



Εικόνα 7: Ρύπανση στον Σαρωνικό-15/09/2017 και 16/09/2017

Όπως φαίνεται η εξάπλωση της πετρελαιοκηλίδας ήταν ραγδαία, ενώ οι προσπάθειες απορρύπανσης της ευρύτερης περιοχής διήρκησαν δύο μήνες (Ελλάς WWF, 2017).

Πέρα από τη μόλυνση από ατυχήματα, υπάρχει και η λειτουργική λόγω της μη σωστής διαχείρισης του έρματος και των διαφόρων καταλοίπων. Τα εμπορικά πλοία είναι σχεδιασμένα να πλέουν με πλήρες φορτίο. Όταν λοιπόν είναι άδεια ή δεν είναι πλήρως φορτωμένα επηρεάζεται η ευστάθειά τους. Για να αντισταθμίσουν την έλλειψη φορτίου διαθέτουν ειδικές δεξαμενές (δεξαμενές έρματος) τις οποίες γεμίζουν με ανάλογη ποσότητα νερού έρμα, ώστε να αποκαταστήσουν την ευστάθειά τους και να διασφαλίσουν ασφαλή ναυσιπλοΐα. Αντίστοιχα όταν προσεγγίζουν το λιμάνι για να φορτώσουν το εμπόρευμα απελευθερώνουν το νερό έρματος από τις δεξαμενές τους. Υπολογίζεται ότι ετησίως δώδεκα δισεκατομμύρια τόνοι έρματος μεταφέρονται και απορρίπτονται από περισσότερα από 45.000 εμπορικά πλοία (Yiseul Kim, et al., 2015).

Το νερό που απελευθερώνεται μπορεί να είναι ακάθαρμο από τις δεξαμενές, να περιέχει κατάλοιπα πετρελαίου ή λαδιού (Hecht, 1997), καθώς και μικροοργανισμούς. Κατά τον ερματισμό εισέρχονται στις δεξαμενές διάφοροι μικροοργανισμοί οι οποίοι μπορεί να επιβιώσουν κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του πλοίου και να απορριφθούν με το άδειασμα των δεξαμενών, επηρεάζοντας τη βιοποικιλότητα της περιοχής με συνήθως αρνητικές για το περιβάλλον συνέπειες (Baoyi Lv, et al., 2022). Αυτό αφορά κυρίως τα παλαιότερης κατασκευής πλοία, διότι τα νέα έχουν διαχωρισμένες δεξαμενές έρματος.

Πέρα από το έρμα, τα πλοία κατά τη λειτουργία τους παράγουν και άλλα υγρά απόβλητα επικίνδυνα για το περιβάλλον, όπως είναι τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια -προϊόντα πετρελαίου που χρησιμοποιούνται κυρίως για τη λίπανση των μηχανών και χρήζουν αντικατάσταση, καθώς με τη χρήση χάνουν τις αρχικές τους ιδιότητες-, ελαιώδη ύδατα

υδροσυλλεκτών, ελαιώδη κατάλοιπα που συγκεντρώνονται στα κήτοι του πλοίου, κυρίως στους χώρους των μηχανοστασίων, ελαιώδη κατάλοιπα και επικαθήσεις από πλύσεις των δεξαμενών (ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2019/883).

2.2 Μόλυνση από υγρές επιβλαβείς ουσίες χύδην

Πέρα από τα πετρελαιοειδή προϊόντα οι θάλασσες αλλά και η ανθρώπινη υγεία κινδυνεύουν και από άλλες υγρές επιβλαβείς ουσίες που μεταφέρουν τα εμπορικά πλοία ως φορτίο. Αυτές οι ουσίες μπορεί να απορριφθούν στην θάλασσα είτε μέσω της πλύσης των δεξαμενών, είτε μέσω του αφερματισμού, όταν χρησιμοποιούνται οι δεξαμενές του φορτίου ως δεξαμενές έρματος.

Το επικίνδυνο χύδην φορτίο μπορεί να είναι τοξικά φυτοφάρμακα, διάφοροι διαλύτες (βενζόλιο, τολουόλιο, φαινόλες, καυστική σόδα κ.ά.), πετροχημικά (πρώτες ύλες της βιομηχανίας πλαστικών και συνθετικών υλικών), βιομηχανικά οξέα και βάσεις, αλκοόλες, λιπαντικά και πρόσθετα λιπαντικών, απορρυπαντικά, κηροί, λίπη και έλαια (φοινικέλαιο, σογιέλαιο, ηλιέλαιο), βρώσιμα προϊόντα, όπως χυμοί φρούτων ή κρασί. Αυτές οι ουσίες διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με τον κίνδυνο που ενέχει εάν απορριφθούν στη θάλασσα. Οι κατηγορίες είναι οι εξής:

- Κατηγορία X: ενέχουν σοβαρό κίνδυνο και απαγορεύεται η απόρριψή τους στο θαλάσσιο περιβάλλον.
- Κατηγορία Y: ενέχουν κίνδυνο και υπάρχουν περιορισμοί στην ποσότητα και ποιότητα των απορρίψεών τους στο θαλάσσιο περιβάλλον.
- Κατηγορία Z: ενέχουν ήσσονος σημασίας κίνδυνο και έχουν λιγότερο αυστηρούς περιορισμούς σε σχέση με την ποιότητα και τις ποσότητες που απορρίπτονται.
- Άλλες ουσίες, εκτός των κατηγοριών X, Y και Z, που δεν αποτελούν κίνδυνο για το θαλάσσιο περιβάλλον και δεν υπόκεινται σε περιορισμούς.

2.3 Μόλυνση από στερεών απόβλητων

Τα εμπορικά πλοία τα οποία ταξιδεύουν για μήνες έχουν και στερεά απόβλητα όπως κατάλοιπα τροφών, μαγειρικά λάδια, υλικά συσκευασίας (κούτες, σακούλες, μπουκάλια), υλικά που χρησιμοποιούνται για το χειρισμό και τη στοιβασία του φορτίου, διάφορα καθαριστικά ή προσθετικά που περιέχονται στο νερό πλυσίματος του καταστρώματος και των εξωτερικών επιφανειών κ.α. Όταν αυτά καταλήγουν ανεξέλεγκτα στους ωκεανούς αποτελούν κίνδυνο για τη

θαλάσσια ζωή. Τα θαλάσσια είδη είτε τα μπερδεύουν με τη τροφή τους και τα καταναλώνουν, είτε τραυματίζονται και εγκλωβίζονται από αυτά. Πολλοί θάνατοι ζώων οφείλονται στα απορρίμματα. Επιπλέον αυτά τα υλικά συσσωρεύονται στις ακτές δημιουργώντας οικολογική καταστροφή.

2.4 Μόλυνση από τα λύματα των πλοίων

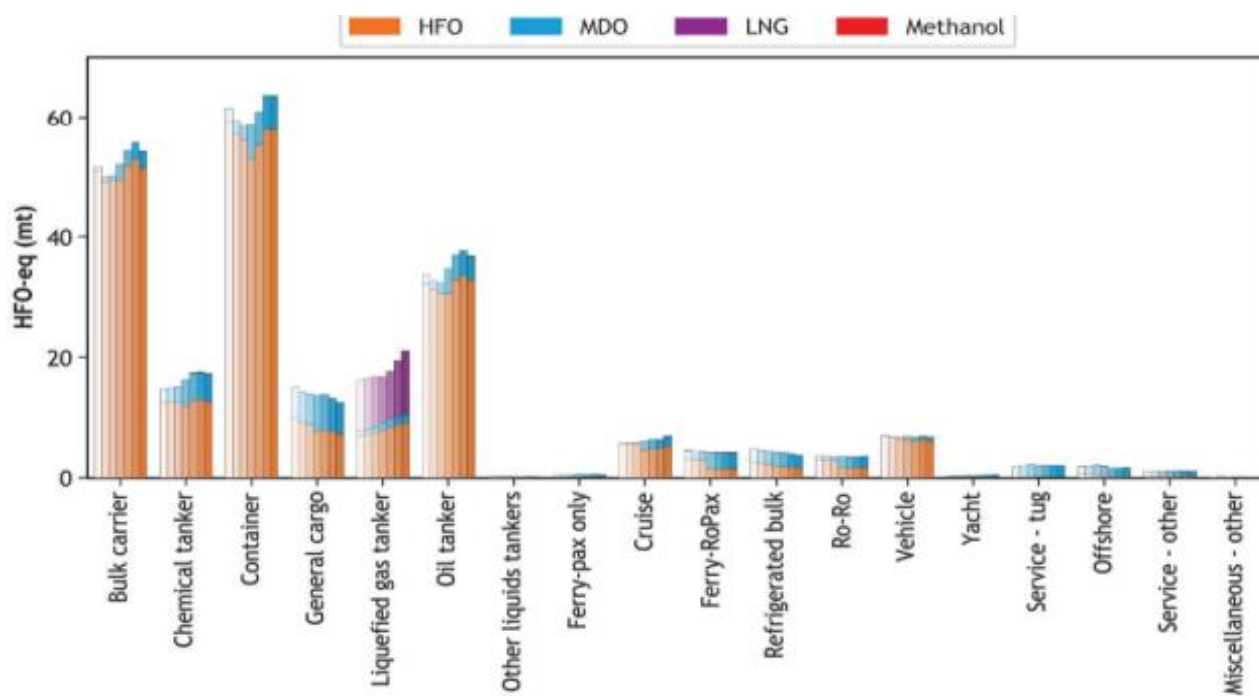
Φυσικό επακόλουθο της ανθρώπινης επιβίωσης επί των πλοίων είναι η παραγωγή λυμάτων που προέρχονται από τις καθημερινές λειτουργίες. Τα λύματα όταν απορριφθούν στην θάλασσα οδηγούν στη μείωση του οξυγόνου και τη δημιουργία αναερόβιων συνθηκών. Επικίνδυνα αέρια όπως το υδρόθειο και η αμμωνία απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα προκαλώντας μόλυνση αλλά και δυσοσμία. Επιπλέον τα λύματα στο νερό ενέχουν κινδύνους και για την ανθρώπινη και θαλάσσια ζωή, καθώς περιέχουν διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς. Ως λύματα σύμφωνα με τη σύμβαση της Marpol ορίζονται:

1. αποχετεύσεις ή άλλα απόβλητα από κάθε είδους τουαλέτες και ουρητήρια,
2. αποχετεύσεις από ιατρικούς χώρους (αναρρωτήρια, φαρμακεία, κλπ) μέσω των νιπτήρων πλυσίματος, των λουτήρων και των αποχετευτικών αγωγών που βρίσκονται σε τέτοιους είδους εγκαταστάσεις,
3. αποχετεύσεις από χώρους που ζουν ζώα ή
4. άλλα υγρά απόβλητα, όταν αυτά αναμειγνύονται με τις αποχετεύσεις που αναφέρονται παραπάνω (Π.Δ. 400, 1996)

Όταν τα λύματα αραιωθούν σε αρκετό θαλασσινό νερό τα βακτήρια προλαβαίνουν να διασπάσουν αερόβια την οργανική ύλη των αποβλήτων μειώνοντας σημαντικά τις αρνητικές επιπτώσεις τους. Επομένως όσον αφορά τις απορρίψεις των λυμάτων από τα πλοία, θεωρείται ότι ρυπαίνουν όταν η απόρριψη γίνεται κοντά στις ακτές σε απόσταση ανάλογη του συστήματος επεξεργασίας τους που διαθέτει το πλοίο.

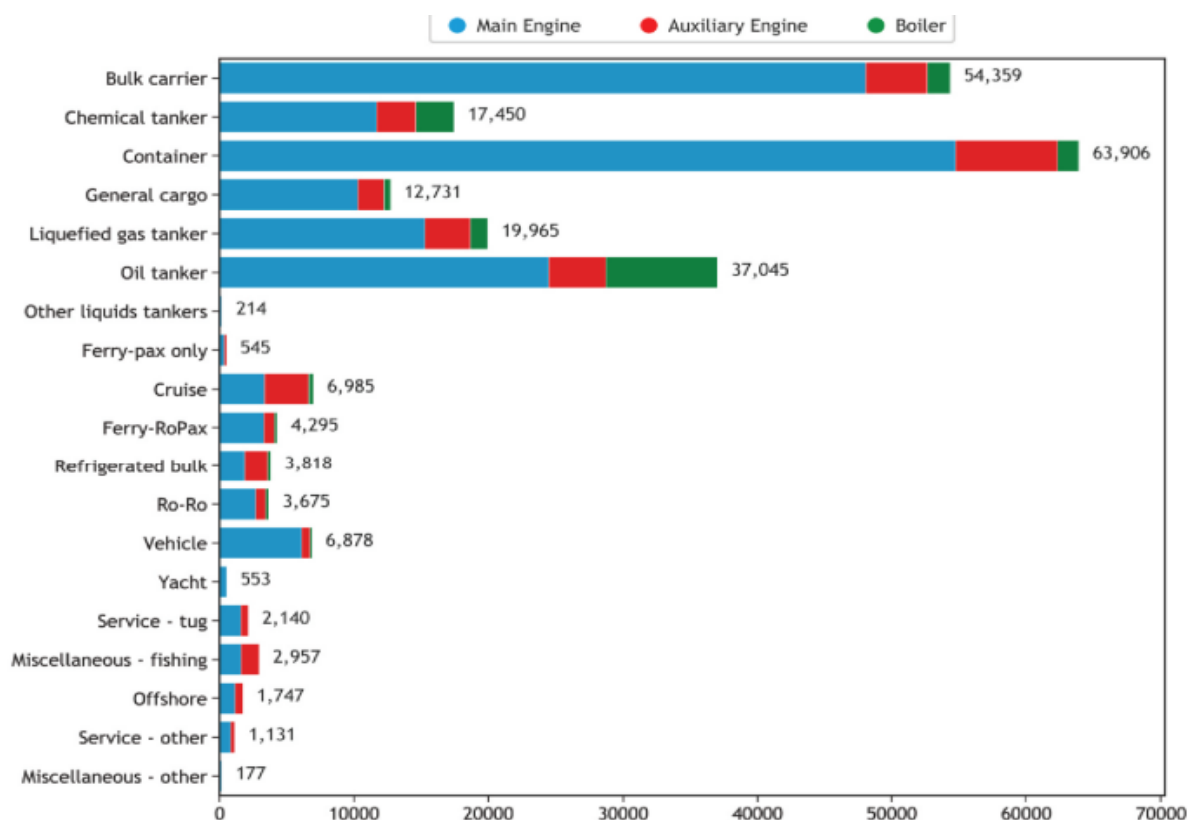
2.5 Μόλυνση από εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων

Αν και οι θαλάσσιες μεταφορές θεωρούνται μέσο μεταφοράς φιλικό προς το περιβάλλον, οι παγκόσμιες εκπομπές από τον ναυτιλιακό τομέα ευθύνονται για το 10-15% των ανθρωπογενών εκπομπών θείου (SO_x) και οξειδίου του αζώτου (NO_x), καθώς και περίπου το 3% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) (Haakon Lindstad, et al., 2017). Το κύριο καύσιμο που χρησιμοποιούν τα εμπορικά πλοία είναι το μαζούτ (heavy fuel oil-HFO) με ποσοστό 79% της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου για το 2018. Επιπλέον σε μικρότερα ποσοστά καταναλώνουν ντίζελ (marine diesel oil- MDO), υγροποιημένο άζωτο και μεθανόλη. Στην Εικόνα 8 που ακολουθεί φαίνεται η διεθνής κατανάλωση καυσίμου (ισοδύναμη με HFO) ανά τύπο πλοίου, σύμφωνα με την κατανομή των διεθνών εκπομπών με βάση το δρομολόγιο (μεταξύ δύο λιμανιών σε διαφορετικά κράτη) (Jasper Faber, et al., 2021).



Εικόνα 8: Διεθνής κατανάλωση καυσίμου (ισοδύναμη με HFO) ανά τύπο πλοίου

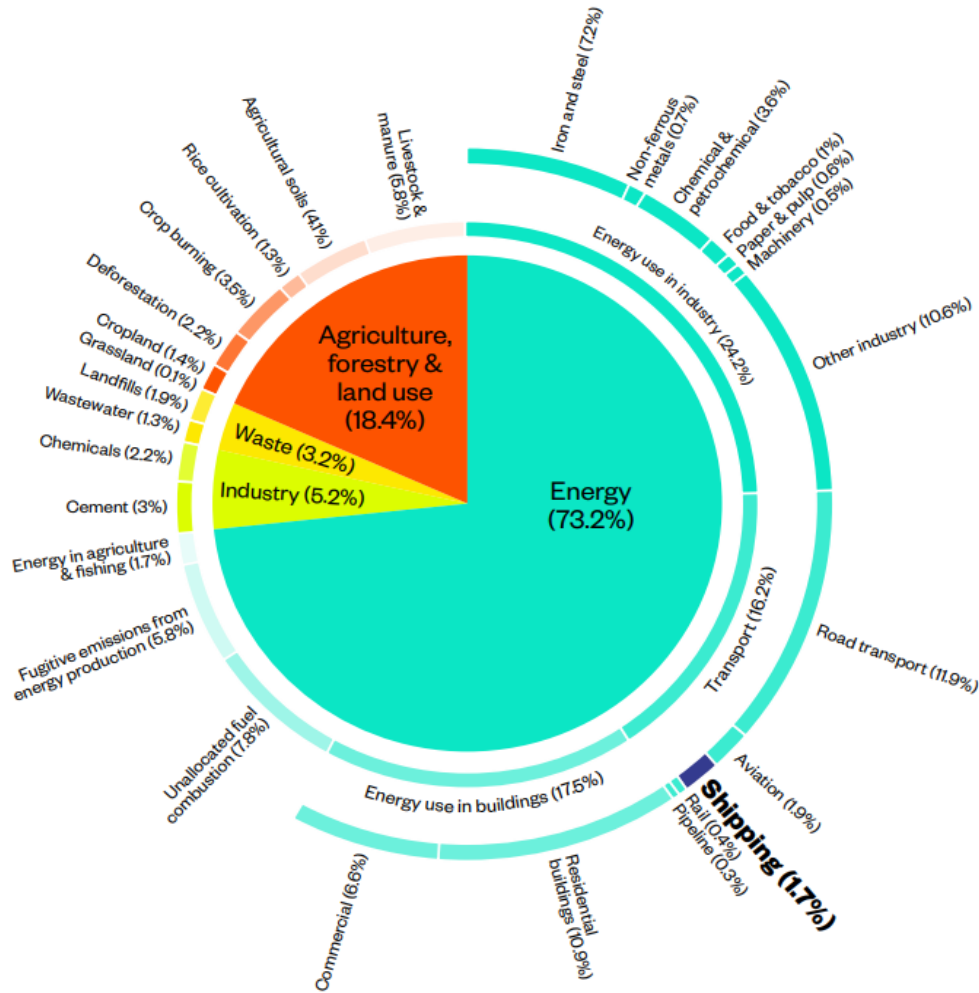
Τα πλοία έχουν διάφορα μηχανήματα που απαιτούν ενέργεια για να λειτουργήσουν, όπως οι κύριες μηχανές - κινητήρες πρόωσης, οι ηλεκτρομηχανές και οι λέβητες. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας για τους περισσότερους τύπους πλοίων καταναλώνεται από τις κύριες μηχανές για την πρόωση του πλοίου. Στην Εικόνα 9 απεικονίζεται η διεθνής κατανάλωση σε αντίστοιχο HFO σε χιλιάδες τόνους ανά τύπο πλοίου και χωρισμένη ανάλογα με το μηχανήμα που εξυπηρετεί (Jasper Faber, et al., 2021).



Εικόνα 9: Διεθνής κατανάλωση (σε αντίστοιχο χιλιάδες τόνων ΗΦΟ) ανά τύπο πλοίου και μηχανήμα

Οι κύριοι ατμοσφαιρικοί ρύποι που προέρχονται από τα ναυτιλιακά καύσιμα είναι τα οξείδια του θείου (SO_x), τα οξείδια του Αζώτου (NO_x), τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) (Veronika Eyring, et al., 2009). Οι υψηλές ποσότητες εκπομπών σε SO_x και NO_x έχουν σοβαρές επιπτώσεις στο οικοσύστημα και στην ανθρώπινη υγεία. Είναι υπεύθυνα για τον σχηματισμό αιθαλομίχλης δημιουργώντας πολλά αναπνευστικά προβλήματα. Επιπλέον αυξάνουν την οξύτητα των ωκεανών διαταράσσοντας την ισορροπία των οικοσυστημάτων. Τα αιωρούμενα σωματίδια ευθύνονται για πολλές καρδιοπνευμονικές παθήσεις και καρκίνους του πνεύμονα, ενώ αναπνευστικές παθήσεις προκαλούνται από το όζον αποτέλεσμα της αντίδρασης NO_x, VOCs και του ηλιακού φωτός (Tony R. Walker , et al., 2018).

Γενικά το 16,20% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου οφείλονται στις μεταφορές. Το μεγαλύτερο ποσοστό προκύπτει από στις οδικές μεταφορές με 11,90%, ενώ ακολουθούν η αεροπορικές με 1,90% και οι θαλάσσιες με 1,70% (Ritchie, 2020).



Εικόνα 10: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά κλάδο

2.6 Υποθαλάσσια ηχορύπανση

Άλλη μια πηγή μόλυνσης που προέρχεται από ανθρωπογενείς ενέργειες και επηρεάζει αρνητικά τη θαλάσσια πανίδα είναι ο θόρυβος που δημιουργείται στο υποθαλάσσιο περιβάλλον. Πέρα από τις φυσικές πηγές θορύβου, όπως είναι τα κύματα, ο άνεμος, η βροχή, οι εκπομπές των θαλάσσιων θηλαστικών κ.α. προκαλείται και θόρυβος από ανθρωπογενείς ενέργειες που σχετίζονται κυρίως με τα logistics, την εξόρυξη πετρελαίου και φυσικού αερίου, τα αιολικά πάρκα, την αλιεία και τις κατασκευές. Επιπλέον στις παράκτιες περιοχές παρατηρείται επίδραση στο θαλάσσιο θόρυβο και από τη βιομηχανία και τις δραστηριότητες αναψυχής. Αποτέλεσμα

αυτών είναι η αύξηση κατά 15 dB του υποθαλάσσιου θορύβου των ωκεανών τα τελευταία 50 χρόνια (Matthew K. Pine, et al., 2016).



Εικόνα 11: Ανθρωπογενείς-Φυσικές πηγές υποθαλάσσιου θορύβου

Τα θαλάσσια θηλαστικά, τα ψάρια και κάποια ασπόνδυλα χρησιμοποιούν τους ήχους για την επιβίωσή τους, επικοινωνία, αναπαραγωγή αλλά και για την κίνησή του μέσα στο νερό. Ο θόρυβος που προκαλείται από τις ανθρωπογενείς πηγές διαφέρει από αυτόν του φυσικού περιβάλλοντος. Έχει διαφορετική ένταση, διάρκεια, συχνότητα και κατεύθυνση (Andersson, K., et al., 2016). Οι διαφορές αυτές μπορούν να προκαλέσουν πολλές αρνητικές επιπτώσεις στην συμπεριφορά των θαλάσσιων ζώων, αλλαγή στην κατεύθυνση και στην ταχύτητα κολύμβησής τους, στον ρυθμό αναπνοής τους, σωματικές βλάβες και ορισμένες φορές να οδηγήσουν μέχρι και την απώλειά τους (Erbe, 2012).

3. Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας

Η παγκόσμια οικονομία ανέκαθεν συνδεόταν άμεσα με την ανάπτυξη της ναυτιλίας. Μεγάλα χρηματικά ποσά επενδύονται στην ναυπήγηση νέων πλοίων, στον εκσυγχρονισμό των ήδη υπαρχόντων, στην ανάπτυξη των λιμενικών εγκαταστάσεων. Εμφανίζονται διάφορες συνεργασίες και συμμαχίες μεταξύ κυβερνήσεων, διεθνών και περιφερειακών οργανισμών, πλοιοκτητών, ναυτιλιακών εταιριών και κάθε ενδιαφερόμενου μέρους. Επιπλέον απασχολεί

πάνω από 1,5 εκατομμύρια ναυτικούς (International Maritime Organization, 2013) και πολύ περισσότερους ανθρώπους σε θέσεις σχετικές με την οργάνωση και λειτουργία των πλοίων και τη μεταφορά των εμπορευμάτων. Η ναυτιλία επομένως είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι της οικονομίας και της κοινωνίας με διεθνή χαρακτήρα καθώς το κάθε μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας δύναται να έχει διαφορετική εθνικότητα, γλώσσα, ήθη και έθιμα, και να υπακούει σε διαφορετικού κανόνες και νόμους.

Επομένως δημιουργήθηκε η ανάγκη δημιουργίας ενός διεθνούς οργανισμού που να καθορίζει τα πρότυπα και τους κανόνες πάνω στους οποίους θα μπορούσε να αναπτυχθεί το παγκόσμιο σύστημα θαλάσσιων μεταφορών αποτελεσματικά και δίκαια. Για την κάλυψη αυτής της ανάγκης ιδρύθηκε ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (International Maritime Organization-IMO) με αντικειμενικό σκοπό την ομαλή και ασφαλή λειτουργία της ναυτιλίας, αλλά και την πρόληψη της θαλάσσιας και ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τα πλοία και τις λιμενικές εγκαταστάσεις.

3.1 Ίδρυση και οργάνωση IMO

Από τα μέσα του 19ου αιώνα άρχισε να συζητιέται η θέσπιση ενός διεθνούς ρυθμιστικού πλαισίου, μέσα στο οποίο θα μπορούσαν τα ναυτιλιακά κράτη να εμπορεύονται με ασφάλεια. Έτσι άρχισαν να εμφανίζονται συνθήκες μεταξύ κρατών. Στη συνέχεια τα έθνη άρχισαν να οραματίζονται έναν διεθνή οργανισμό που σκοπός του θα ήταν η προάσπιση της θαλάσσιας ασφάλειας. Το 1948 στη Γενεύη ιδρύθηκε ο Διακυβερνητικός Ναυτιλιακός Συμβουλευτικός Οργανισμός (IMCO) ενώ η σύμβασή του τέθηκε σε ισχύ το 1958. Το 1982 μετονομάστηκε σε Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO), όπως και ονομάζεται μέχρι και σήμερα και μετέφερε την έδρα του στο Λονδίνο. Σκοπός του οργανισμού όπως αναφέρεται στο άρθρο 1 της σύμβασης είναι:

«να παρέχει μηχανισμούς συνεργασίας μεταξύ των κυβερνήσεων στον τομέα των κυβερνητικών ρυθμίσεων και πρακτικών που σχετίζονται με τεχνικά θέματα κάθε είδους που επηρεάζουν τη ναυτιλία που ασκείται στο διεθνές εμπόριο· ενθαρρύνουν και διευκολύνουν τη γενική υιοθέτηση των υψηλότερων πρακτικών προτύπων σε θέματα που αφορούν την ασφάλεια στη θάλασσα, την αποτελεσματικότητα της ναυσιπλοΐας και την πρόληψη και τον έλεγχο της θαλάσσιας ρύπανσης από τα πλοία»

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός διοικείται από τη Συνέλευση, η οποία είναι και το ανώτερο διοικητικό όργανο. Συνεδριάζει ανά δύο έτη ή και εκτάκτως εάν απαιτηθεί και λαμβάνει αποφάσεις σχετικά με τη διαχείριση του προϋπολογισμού, τη χρηματοδότηση των προγραμμάτων, την οργάνωση των εργασιών. Επίσης εκλέγει ανά δύο χρόνια το Συμβούλιο. Το Συμβούλιο είναι το εκτελεστικό όργανο του IMO και υποχρέωση του είναι εκτελεί τα καθήκοντα της συνέλευσης. Δεν μπορεί όμως να κάνει συστάσεις προς τα κράτη-μέλη του

οργανισμού σε θέματα που αφορούν την πρόληψη της ρύπανσης του περιβάλλοντος και της ασφάλειας.

Μετά τη Συνέλευση και το Συμβούλιο υπάρχουν πέντε κύριες επιτροπές που εξειδικεύονται σε πιο ειδικά θέματα. Αυτές είναι οι εξής:

1. Επιτροπή Ναυτικής Ασφάλειας (MSC)
2. Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC)
3. Νομική Επιτροπή
4. Επιτροπή Τεχνικής Συνεργασίας
5. Επιτροπή Διευκόλυνσης

Το έργο το επιτροπών υποστηρίζεται και βοηθιέται από διάφορες υποεπιτροπές. Τέλος στην έδρα του οργανισμού στο Λονδίνο στελεχώνεται η Γραμματεία από το Γενικό Γραμματέα και 300 υπαλλήλους.

Ο ΙΜΟ αυτή τη στιγμή αποτελείται από 175 Κράτη-Μέλη και 3 Συνδεδεμένα Μέλη. Επιπλέον έχει υπογράψει συνεργασίες με 66 Διακυβερνητικούς Οργανισμούς και συνεργάζεται με 85 Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις (ΜΚΟ).

3.2 Διεθνείς συμβάσεις και κώδικες

Στο πλαίσιο του ΙΜΟ θεσπίστηκαν και αναθεωρήθηκαν συμβάσεις και κώδικες καίριας σημασίας για τη λειτουργία και την ασφάλεια της ναυτιλίας, καθώς και για την προστασία του περιβάλλοντος. Οι βασικότερες είναι οι εξής:

- Διεθνής Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS): είναι η σημαντικότερη συνθήκη για την ναυτιλιακή ασφάλεια. Το πρώτο κείμενο τέθηκε σε ισχύ το 1914 και το δεύτερο το 1933 όπως τροποποιήθηκε το 1948. Με την ίδρυση του, ο ΙΜΟ δεσμεύτηκε για την επιμέλεια της σύμβασης τροποποιώντας την και προσθέτοντάς εξειδικεύσεις και βελτιώσεις. Η τελευταία σύμβαση τέθηκε σε ισχύ το 1980 και ισχύει έως σήμερα με κάποιες βελτιώσεις. Η συνθήκη περιγράφει κάποια απαιτούμενα πρότυπα ασφαλείας για την ναυπήγηση, τον εξοπλισμό και την λειτουργία των πλοίων καθώς επίσης και τα πιστοποιητικά που πρέπει να φέρει το πλοίο και τους ελέγχους που πρέπει να διεξάγει, ώστε να τηρούνται τα πρότυπα.
- Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία του 1973, όπως τροποποιήθηκε από το σχετικό Πρωτόκολλο του 1978 (MARPOL 73/78): περιλαμβάνει κανόνες που αποσκοπούν στον έλεγχο και περιορισμό των θαλάσσιων ρύπων που είτε

προκαλούνται από ατυχήματα είτε από την απόρριψη πετρελαίου και καταλοίπων, επιβλαβών υγρών ουσιών, συσκευασμένου εμπορεύματος, λυμάτων και ατμοσφαιρικών ρύπων. Τα παραρτήματα της σύμβασης ορίζουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες επιτρέπεται η οποιαδήποτε ρυπογόνο απόρριψη και τα όρια των ποσοτήτων.

- Παγκόσμιο Ναυτιλιακό Σύστημα Κινδύνου και Ασφάλειας (Global Maritime Distress and Safety System): είναι ένα σύστημα παγκόσμιας ναυτιλιακής κάλυψης που στηρίζεται σε αυτοματοποιημένες επίγειες και δορυφορικές ραδιοεπικοινωνίες, ώστε ανά πάσα στιγμή ένα πλοίο εάν χρειαστεί να μπορεί να εκπέμψει σήμα για βοήθεια αυτόματα.
- Διεθνής Κώδικας Ασφαλούς Διαχείρισης Πλοίων (ISM Code): τέθηκε σε ισχύ το 1998 με τελευταία αναθεώρηση το 2015. Είναι ένας κώδικας που αποσκοπεί στην ασφαλή διαχείριση των πλοίων και την αποφυγή ατυχημάτων και ρύπανσης των θαλασσών και η εφαρμογή του είναι υποχρεωτική για τα περισσότερα εμπορικά πλοία.
- Διεθνή Σύμβαση για τα Πρότυπα Εκπαίδευσης, Πιστοποίησης και Τήρησης Φυλακών των Ναυτικών (STCW): η σύμβαση αυτή τέθηκε σε ισχύ το 1978 ενώ τροποποιήθηκε το 1995 βελτιώνοντας σημαντικά τα πρότυπα των ναυτικών. Η τελευταία αναθεώρηση έγινε το 2010 με την τροπολογία της Μανίλα.
- Σύμβαση για τα προστατευτικά συστήματα υφαλοχρωματισμού των πλοίων (AFS 2001): κύριος σκοπός της σύμβασης είναι η απαγόρευση χρήσης επιβλαβών για το περιβάλλον ουσιών στα υφαλοχρώματα (οργανοκασσιτερικών ενώσεων - TBT).
- Διεθνής σύμβαση για τον έλεγχο και τη διαχείριση των υδάτων έρματος πλοίων και ιζημάτων (BWM): η σύμβαση υιοθετήθηκε το 2004 στο Λονδίνο και είναι υποχρεωτική η εφαρμογή της για όλα τα πλοία.
- Διεθνής σύμβαση του Χονγκ Κονγκ για την ασφαλή και περιβαλλοντικά ορθή ανακύκλωση πλοίων (Hong Kong International Convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships): η σύμβαση εγκρίθηκε το 2009, αλλά δεν έχει τεθεί ακόμα σε ισχύ. Τα περισσότερα υλικά ενός πλοίου μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Οι εργασίες όμως για τη διάλυσή του είναι επικίνδυνες και συνοδεύονται με πολλά ατυχήματα. Η σύμβαση αναδεικνύει την ανακύκλωση των πλοίων ως τη πιο φιλική προς το περιβάλλον ενέργεια και την οριοθετεί σε ένα πλαίσιο κανόνων και μέτρων ατομικής προστασίας για την ασφάλεια του προσωπικού.
- Διεθνής Κώδικας Ασφάλειας Πλοίων και Λιμενικών Εγκαταστάσεων (ISPS): ο κώδικας τέθηκε σε εφαρμογή το 2004 και αφορά την ασφάλεια των πλοίων τόσο στη θάλασσα (πχ πειρατεία), όσο και στις λιμενικές υποδοχές.

3.3 IMO και περιβάλλον

Πρωταρχικός ρόλος του IMO ήταν η δημιουργία κανόνων και μέτρων, καθώς και η εξασφάλιση της τήρησής τους, ώστε η ναυτιλία να ανθίζει σε ένα ασφαλές περιβάλλον. Καθώς όμως η περιβαλλοντική μόλυνση από τους ανθρωπογενείς παράγοντες άρχισε να γίνεται αισθητή και να απασχολεί τα έθνη και τις κοινωνίες, άρχισε και ο οργανισμός να θεσμοθετεί και με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος. Αφορμή στάθηκε το 1967 η προσάραξη σε βράχια στις ακτές της Κορνουάλης του Ηνωμένου Βασιλείου του υπερδεξαμενόπλοιο SS Torrey Canyon. Από την πρόσκρουση χύθηκε στη θάλασσα 94-164 εκατομμύρια λίτρα πετρελαίου. Η πετρελαιοκηλίδα αυτή ήταν η χειρότερη που είχε υπάρξει μέχρι τότε και έναυσμα για μια νέα αρχή φιλική προς το περιβάλλον (Moss, 2022).

Άρχισαν λοιπόν να εκδίδονται από τον οργανισμό πληθώρα κανόνων με επίκεντρο την προστασία του περιβάλλοντος. Το σημαντικότερο έργο του IMO για την πρόληψη της ρύπανσης είναι η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL 73/78). Η Σύμβαση ψηφίστηκε το 1973, αλλά πριν προλάβει να τεθεί σε εφαρμογή, ψηφίστηκε το Πρωτόκολλο της Σύμβασης το 1978. Το Πρωτόκολλο ήταν απόρροια διασκέψεων με θέμα την ασφάλεια των δεξαμενόπλοιων, καθώς για τα έτη 1976-1977 είχαν σημειωθεί αρκετά ατυχήματα. Στις 2 Οκτωβρίου 1983 τέθηκε σε ισχύ η ενιαία Σύμβαση που περιείχε και τη Σύμβαση του 1973 και το Πρωτόκολλο του 1978 με την ονομασία (MARPOL 73/78). Με τη σύμβαση καθορίζεται ο τρόπος που οφείλουν τα πλοία να διαχειρίζονται κάποια επικίνδυνα για το περιβάλλον υλικά, όπως το πετρέλαιο και τα διάφορα πετρελαιοειδή, χημικά λύματα κ.α.. Επίσης ορίζει και τις συνθήκες και τις προϋποθέσεις υπό τις οποίες επιτρέπεται η απόρριψή τους στη θάλασσα.

3.4 MARPOL 73/78

Η Σύμβαση MARPOL 73/78 αποτελείται από έξι τεχνικά παραρτήματα (annexes). Στο αρχικό κείμενο τα παραρτήματα ήταν πέντε, αλλά με το Πρωτόκολλο του 1977 εισήχθη και το έκτο παράρτημα. Στο κάθε παράρτημα καθορίζονται οι κανόνες που διέπουν τη διαχείριση κάποιας συγκεκριμένης επικίνδυνης ουσίας, ώστε να προβλεφθεί η πρόκληση μόλυνσης από αυτή, είτε τυχαία, είτε από τη συνήθη λειτουργία του πλοίου. Η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) αναθεωρεί ανά τακτά χρονικά διαστήματα τα παραρτήματα ώστε να είναι σύγχρονα και εφαρμόσιμα.

Η σύμβαση αποτελείται από:

- Διεθνής Σύμβαση του 1973 και το Πρωτόκολλο του 1978
- Πρωτόκολλο I: Πρόβλεψη σχετικά με αναφορές για ατυχήματα που περιλαμβάνουν επιβλαβείς ουσίες.
- Πρωτόκολλο II: Διαιτησία.
- Έξι τεχνικά παραρτήματα:
 1. Παράρτημα I: Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από πετρέλαιο. Τέθηκε σε ισχύ στις 2 Οκτωβρίου 1983.
 2. Παράρτημα II: Κανονισμοί για τον έλεγχο της ρύπανσης από υγρές επιβλαβείς ουσίες χύδην. Τέθηκε σε ισχύ στις 6 Απριλίου 1987.
 3. Παράρτημα III: Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από επιβλαβείς ουσίες σε συσκευασμένη μορφή. Τέθηκε σε ισχύ στη 1 Ιουλίου 1992.
 4. Παράρτημα IV: Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από τα λύματα των πλοίων. Τέθηκε σε ισχύ στις 27 Σεπτεμβρίου 2003. Το αναθεωρημένο Παράρτημα IV έγινε αποδεκτό το 2004.
 5. Παράρτημα V: Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από τα απορρίμματα των πλοίων. Τέθηκε σε ισχύ στις 31 Δεκεμβρίου 1988.
 6. Παράρτημα VI: Κανονισμοί για την πρόληψη της αέριας ρύπανσης από πλοία. Τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005.

Επιπλέον η σύμβαση MARPOL 73/78 ορίζει κάποιες περιοχές ως «Ειδικές περιοχές». Αυτές είναι θαλάσσιες περιοχές, οι οποίες για οικολογικούς και ωκεανογραφικούς λόγους θεωρούνται υψηλής σημασίας και πρέπει να προστατεύονται από τη μόλυνση με πιο αυστηρούς νόμους. Εμφανίζονται στα παραρτήματα I, II, IV, V, VI και είναι:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ
I	Μεσογειακή Θάλασσα, Βαλτική Θάλασσα, Μαύρη Θάλασσα, Ερυθρά Θάλασσα, Περιοχή "Κόλπων", Κόλπος του Άντεν, περιοχή Ανταρκτικής, Βορειο-Δυτικά Ευρωπαϊκά Ύδατα, Περιοχή της Ομάν στην Αραβική Θάλασσα, Νοτιο-Αφρικανικά Ύδατα
II	Ανταρκτική

IV	Βαλτική Θάλασσα
V	Μεσογειακή Θάλασσα, Βαλτική Θάλασσα, Μαύρη Θάλασσα, Ερυθρά Θάλασσα, Περιοχή "Κόλπων", Βόρεια Θάλασσα, περιοχή Ανταρκτικής (νότια του πλάτος 60 μοιρών νότια), Ευρύτερη περιοχή της Καραϊβικής συμπεριλαμβανόμενο το Κόλπο του Μεξικού και την Καραϊβική Θάλασσα
VI	Βαλτική Θάλασσα (SOx) (NOx), Βόρεια Θάλασσα (SOx) (NOx), Περιοχή ελέγχου εκπομπών στην Βόρεια Αμερική (SOx και PM) (NOx), Περιοχή ελέγχου εκπομπών στη Θάλασσα της Καραϊβικής των ΗΠΑ (SOx και PM) (NOx)

Πίνακας 1: Ειδικές περιοχές της MARPOL 73/78

Παράρτημα I: Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από πετρέλαιο.

Το Παράρτημα I ισχύει για όλους τους τύπους των πλοίων και είναι υποχρεωτική η εφαρμογή του από της 2 Οκτωβρίου 1983, όπου και τέθηκε σε ισχύ. Απαγορεύει κάθε απόρριψη πετρελαίου και μιγμάτων πετρελαίου στη θάλασσα, ενώ εξαιρεί τις περιπτώσεις όπου η απόρριψη είναι απαραίτητη για την ασφάλεια του πλοίου ή τη διάσωση ανθρώπινης ζωής και την περίπτωση βλάβης για την οποία όμως θα πρέπει να έχουν ληφθεί όλα τα απαραίτητα μέτρα και να έχουν γίνει όλες οι προβλεπόμενες ενέργειες. Επιπλέον ορίζει και κάποιες ακόμα προϋποθέσεις που εξαρτώνται από το μέγεθος και τύπο του πλοίου, την ταχύτητά του, την τοποθεσία του, από την απορριπτέα ποσότητα, την περιεκτικότητά της, της προέλευσής της κ.α.

Για τα πετρελαιοφόρα όλων των μεγεθών απαγορεύεται κάθε απόρριψη πετρελαίου από τις δεξαμενές φορτίου συμπεριλαμβανομένου και του χώρου των αντλιοστασίων σε ειδικές περιοχές και σε απόσταση μικρότερη των 50νμ από την πλησιέστερη ακτή, ώστε να μην φτάσουν στην ακτή πιθανόν αδιάλυτες ποσότητες. Εάν βρίσκεται εκτός ειδικής περιοχής και σε απόσταση μεγαλύτερη των 50νμ από την πλησιέστερη ακτή μπορεί να απορρίψει πετρέλαιο όταν ισχύουν σωρευτικά οι παρακάτω προϋποθέσεις:

1. το πετρελαιοφόρο κινείται στον προορισμό του, και
2. ο στιγμιαίος ρυθμός απόρριψης πετρελαίου δεν υπερβαίνει τα 30 λίτρα ανά ναυτικό μίλι, ώστε να προλαβαίνει η ποσότητα που απορρίπτεται να διασκορπίζεται γρήγορα και να μην αφήνει υπολείμματα, και
3. η συνολική ποσότητα πετρελαίου που απορρίφθηκε δεν υπερβαίνει:
 - για τα υπάρχοντα πετρελαιοφόρα το 1/15.000

- για τα νέα πετρελαιοφόρα (ναυπήγηση μετά τη 31/12/1979) το 1/30.000 του φορτίου που μετέφερε στο τελευταίο ταξίδι, και
4. το πετρελαιοφόρο έχει σε λειτουργία σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου απόρριψης πετρελαίου και διάταξη δεξαμενών καταλοίπων σύμφωνα με τον Κανονισμό 15.

Για τα πετρελαιοφόρα όλων των μεγεθών και για όλους τους τύπους των πλοίων άνω των 400 κόρων σε:

- **Ειδικές περιοχές:** Απαγορεύεται η απόρριψη πετρελαίου, εκτός εάν το πλοίο κινείται στον προορισμό του, η περιεκτικότητα του πετρελαίου στην εκροή χωρίς διάλυση δεν υπερβαίνει τα 15 ppm, το πλοίο έχει σε λειτουργία μηχανήμα φιλτραρίσματος πετρελαίου των 15 ppm με αυτόματο διακόπτη της εκροής και τα νερά των σεντινών δεν έχουν αναμιχθεί με τα κατάλοιπα φορτίου ή με σεντίνες αντλιοστασίου φορτίου (στα πετρελαιοφόρα). Ενώ στην περιοχή της Ανταρκτικής δεν επιτρέπεται καμία απόρριψη.
- **Εκτός ειδικών περιοχών:** Απαγορεύεται η απόρριψη πετρελαίου, εκτός εάν το πλοίο κινείται στον προορισμό του, η περιεκτικότητα πετρελαίου στην εκροή είναι μικρότερη των 15 ppm, το πλοίο έχει σε λειτουργία σύστημα φιλτραρίσματος του πετρελαίου και τα νερά των σεντινών δεν έχουν αναμιχθεί με τα κατάλοιπα φορτίου ή με σεντίνες αντλιοστασίου φορτίου (στα πετρελαιοφόρα).

Όλα τα ελαιώδη κατάλοιπα που δεν επιτρέπεται να απορριφθούν από τους κανόνες της MARPOL, θα πρέπει να φυλαχθούν πάνω στο πλοίο σε ειδική δεξαμενή καταλοίπων ή σε μια δεξαμενή φορτίου που ορίζεται ως δεξαμενή καταλοίπων, και να παραδοθούν στο λιμάνι σύμφωνα με τα όσο προβλέπει Ευρωπαϊκή Οδηγία ΕΕ 2019/883 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 17ης Απριλίου 2019 σχετικά με τις λιμενικές εγκαταστάσεις παραλαβής για την παράδοση αποβλήτων από πλοία. Επίσης σε περίπτωση απόρριψης πρέπει να ενημερώνονται οι κοντινές παράκτιες περιοχές.

Για να εξασφαλίσει ο ΙΜΟ την τήρηση των κανόνων και τον έλεγχο των πλοίων, προέβλεψε στο παράρτημα Ι και κάποιες επιθεωρήσεις, πιστοποιητικά, τηρούμε αρχεία και αναφορές που θα πρέπει να κάνουν τα πλοία. Καταρχάς όλα τα πετρελαιοφόρα άνω των 150 κόρων και όλα τα πλοία άνω των 400 κόρων θα πρέπει να έχουν Πιστοποιητικό για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πετρέλαιο (International Oil Pollution Prevention Certificate – ΙΟΡΡΡ). Το πιστοποιητικό δεν μπορεί να έχει ισχύ μεγαλύτερη των πέντε ετών και το πλοίο πρέπει να περνάει σχετικές επιθεωρήσεις πριν την έναρξη λειτουργίας του και περιοδικές, ετήσιες και έκτακτες επιθεωρήσεις.

Σύμφωνα με τους κανόνες της MARPOL απαγορεύεται ο ερματισμός των δεξαμενών καυσίμου για πετρελαιοφόρα άνω των 150 κόρων και για όλους τους τύπους των πλοίων άνω των 4.000 κόρων, πλην κάποιων ειδικών περιπτώσεων. Επίσης όλα τα πλοία πρέπει να είναι εξοπλισμένα με σύστημα αυτόματης παρακολούθησης και ελέγχου απόρριψης πετρελαίου. Αυτά τα συστήματα πρέπει να καταγράφουν τη ποσότητα απόρριψη και το ρυθμό απόρριψης πετρελαίου (L/νμ) και να διαθέτουν διαχωριστήρα ελαίου, μηχανήμα διήθησης (15rpm), μετρητή περιεκτικότητας πετρελαίου, σύστημα συναγερωμών και ενδείξεων βλάβης κ.α..

Τέλος όλα τα δεξαμενόπλοια από 150 κόρους και πάνω και όλοι οι τύποι πλοίων από 400 κόρους και άνω πρέπει να τηρούν Βιβλίο Πετρελαίου (Oil Record Book) για την τελευταία τριετία. Το βιβλίο αποτελείται από δύο μέρη, το πρώτο αφορά όλα τα πλοία και καταγράφονται οι λειτουργίες του μηχανοστασίου, ενώ το δεύτερο αφορά μόνο τα πετρελαιοφόρα και καταγράφονται οι λειτουργίες φορτοεκφόρτωσης και ερματισμού.

Για την διαχείριση του έρματος και τον καθαρισμό των δεξαμενών των πετρελαιοφόρων ισχύουν ειδικές διατάξεις.

Παράρτημα II: Κανονισμοί για τον έλεγχο της ρύπανσης από υγρές επιβλαβείς ουσίες χύδην.

Το παράρτημα II τέθηκε σε ισχύ στις 6 Απριλίου 1987 και λόγω της ταχείας εξέλιξης της τεχνολογίας και αύξηση της περιβαλλοντικής ευαισθησίας, τροποποιήθηκε το 2004 και το 2007 τέθηκε σε ισχύ τροποποιημένο. Το παράρτημα αυτό καθορίζει τη διαχείριση επικίνδυνων ουσιών που μεταφέρονται χύδην και δεν εμπίπτουν στο παράρτημα I, δηλαδή κάθε ουσίας πέρα του πετρελαίου και των καταλοίπων πετρελαίου. Επίσης τις κατηγοριοποιεί, όπως έχει προαναφερθεί, σε τέσσερις κατηγορίες (X, Y, Z, και λοιπές ουσίες) ανάλογα με τον κίνδυνο που απορρέουν.

Το παράρτημα II της σύμβασης MARPOL και το κεφάλαιο VII της σύμβασης SOLAS, προβλέπουν τα πλοία που κατασκευάστηκαν μετά την 1η Ιουλίου 1986 να συμμορφώνονται Διεθνή Κώδικα για την Κατασκευή και τον Εξοπλισμό Πλοίων που Μεταφέρουν Επικίνδυνες Χημικές ουσίες Χύδην (IBC code) όπως τροποποιήθηκε το 2004, ενώ αυτά που κατασκευάστηκαν πριν την 1η Ιουλίου 1986 με τον προκάτοχό του κώδικα BCH. Οι κώδικες αυτοί καθορίζουν τον τρόπο κατασκευής των πλοίων και τον εξοπλισμό που πρέπει να φέρουν, ώστε να προστατευθεί η ανθρώπινη ζωή, το πλοίο και το θαλάσσιο περιβάλλον από αυτές τις ουσίες.

Με βάση τον κώδικα IBC η κατασκευή των πλοίων χωρίζεται σε τρία πρότυπα ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητας της μεταφερόμενης ουσίας και είναι οι εξής:

- Τύπος 1: για πλοία που μεταφέρουν υγρά χύδην φορτία ιδιαίτερα επικίνδυνα για το περιβάλλον και την ασφάλεια. Ορίζονται τα μέγιστα προληπτικά μέτρα για την αποφυγή διαρροής.

- Τύπος 2: για πλοία που μεταφέρουν υγρά χύδην φορτία με σημαντικούς κινδύνους για το περιβάλλον και την ασφάλεια. Ορίζονται αρκετά προληπτικά μέτρα για την αποφυγή διαρροής.
- Τύπος 3: για πλοία που μεταφέρουν υγρά χύδην φορτία με μικρούς κινδύνους για το περιβάλλον και την ασφάλεια. Ορίζονται ελάχιστα προληπτικά μέτρα για την αποφυγή διαρροής.

Τα πρότυπα πλοία τύπου 1 έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να επιβιώσουν σε πολύ αντίξοες συνθήκες και να μην διαρρεύσει το φορτίο τους στη θάλασσα. Γενικά τα ειδικά μέτρα εστιάζουν στην αποφυγή διαρροών και εκπομπών, τη σωστή άντληση των φορτίων, την διατήρηση της σωστής θερμοκρασίας και επαρκούς εξαερισμού (καθώς κάποια είναι εύφλεκτα), την αποφυγή πυρκαγιάς με τη χρήση σύγχρονου συστήματος πυρόσβεσης κ.α..

Το παράρτημα II ορίζονται και οι διαδικασίες μετά την εκφόρτωση του φορτίου, δηλαδή η αποστράγγιση των δεξαμενών, η πλύση τους και η απόρριψη των υπολειμμάτων. Όταν λοιπόν εκφορτωθεί το φορτίο θα πρέπει να γίνει πολύ καλή αποστράγγιση (stripping) των δεξαμενών, ώστε να μείνουν τα ελάχιστα δυνατά υπολείμματα. Μετά τη αποστράγγιση, τα υπολείμματα που θα παραμείνουν στην δεξαμενή και στο σύστημα άντλησης θα πρέπει να μην ξεπερνάνε κάποια όρια ανάλογα με τον κώδικα που υπάγεται το πλοίο.

Πλοία	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ X	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Y	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Z
Νέα πλοία (η τρόπιδα τοποθετήθηκε μετά την 1/1/2007)	75L	75L	75L
Πλοία κώδικα IBC μέχρι 1/1/2007	100L + 50L αποδεκτή απόκλιση	100L + 50 L αποδεκτή απόκλιση	300L + 50 L αποδεκτή απόκλιση
Πλοία κώδικα BCH	300L + 50L αποδεκτή απόκλιση	300L + 50L αποδεκτή απόκλιση	900L + 50L αποδεκτή απόκλιση

Πίνακας 2: Απαιτήσεις αποστράγγισης δεξαμενών φορτίου των δεξαμενόπλοιων χημικών, βάσει του Παραρτήματος II της MARPOL 73/78.

Στη συνέχεια οι δεξαμενές πλένονται (washing) με νερό και τα αποπλύματα παραδίδονται στις λιμενικές υποδοχές ή υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις που ορίζονται στο παράρτημα απορρίπτονται στη θάλασσα. Για όλες τις κατηγορίες των χημικών θα πρέπει να τηρούνται σωρευτικά τα ακόλουθα:

1. Ταχύτητα ≥ 7 κόμβους (αυτοπροωθούμενα πλοία) ή ≥ 4 κόμβους (μη αυτοπροωθούμενα πλοία)
2. Απόσταση από την πλησιέστερη ακτή $\geq 12\text{nm}$
3. Βάθος $\geq 25\text{m}$
4. Απόρριψη κάτω της ίσαλο γραμμής

Για τα πλοία που μεταφέρουν χημικά κατηγορίας X ισχύουν και άλλες προϋποθέσεις για να απορριφθούν με ασφάλεια στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Παράρτημα III: Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από επιβλαβείς ουσίες σε συσκευασμένη μορφή.

Το παράρτημα III τέθηκε σε ισχύ στη 1 Ιουλίου 1992 και η εφαρμογή του δεν είναι υποχρεωτική από τα κράτη που επικύρωσαν τη σύμβαση. Περιλαμβάνει κάποιους κανόνες για τη σωστή συσκευασία των εμπορευμάτων, την αποθήκευσή τους, την τοποθέτηση ετικετών και σημάτων, τα φορτωτικά έγγραφα που θα πρέπει να τα συνοδεύουν, κ.α.. Σκοπός του παραρτήματος είναι η προστασία του περιβάλλοντος από κάθε επιβλαβή ουσία σύμφωνα με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Κώδικα Επικίνδυνων Φορτίων (International Maritime Dangerous Goods Code – IMDG Code) σε συσκευασμένη μορφή.

Παράρτημα IV: Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από τα λύματα των πλοίων.

Το παράρτημα IV τέθηκε σε ισχύ στις 27 Σεπτεμβρίου 2003 και η αναθεώρησή του εγκρίθηκε την 1η Απριλίου 2004 και τέθηκε σε ισχύ την 1η Αυγούστου 2005. Η τελευταία τροποποίηση έγινε τον Ιούλιο του 2011, η οποία τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2013. Όσον αφορά τις Ειδικές Περιοχές η τελευταία τροποποίηση θα τεθεί σε ισχύ την 1η Ιουνίου 2023. Σκοπός του είναι να καθορίσει το τρόπο διαχείρισης των λυμάτων των πλοίων. Η ύπαρξη τους είναι φυσικό επακόλουθο της ανθρώπινης στελέχωσης τους. Επίσης τα λύματα μπορεί να προέρχονται και από το φορτίο, όταν αυτό είναι ζώα. Το παράρτημα αφορά πλοία που εκτελούν διεθνή ταξίδια ολικής χωρητικότητας μεγαλύτερης των 400 τόνων ή στελέχωσης άνω των 15 ατόμων.

Τα πλοία πρέπει να διαθέτουν εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ή σύστημα πολτοποίησης και απολύμανσης τους. Σε περίπτωση που δεν έχουν τέτοια συστήματα, πρέπει να διαθέτουν ικανοποιητικού μεγέθους (ανάλογα με το πλήρωμα και τις ημέρες μεταξύ των λιμανιών) δεξαμενή συγκράτησης και κατάλληλη σωλήνωση για να μπορεί το πλοίο να τα παραδίδει στις λιμενικές υποδοχές. Αυτά ελέγχονται με επιθεωρήσεις και με την έκδοση του Πιστοποιητικού Πρόληψης της Ρύπανσης από τα Λύματα.

Σύμφωνα με τη MARPOL τα πλοία μπορούν να απορρίπτουν τα λύματά τους:

- Παντού, εάν διαθέτει μονάδα επεξεργασίας λυμάτων και λειτουργεί όπως ορίζει η MARPOL. Σε περίπτωση επιβατηγού πλοίου που θέλει να απορρίψει λύματα σε Ειδικές Περιοχές θα πρέπει η μονάδα επεξεργασία λυμάτων που διαθέτει να τηρεί επιπλέον το πρότυπο αφαίρεσης αζώτου και φωσφόρου.
- Σε απόσταση μεγαλύτερη των 3νμ από την πλησιέστερη ακτή, εάν διαθέτει σύστημα πολυτοποίησης και απολύμανσης και λειτουργεί όπως ορίζει η MARPOL.
- Σε απόσταση μεγαλύτερη των 12νμ από την πλησιέστερη ακτή, με ταχύτητα άνω των 4κόμβων και ρυθμό απόρριψης όπως ορίζεται κάθε φορά, εάν δεν διαθέτει κάποιο σύστημα.

Εάν κάποιο κράτος έχει δικούς του πιο αυστηρούς περιορισμούς, για παράδειγμα ότι απαγορεύεται σε κάθε περίπτωση η απόρριψη λυμάτων στα λιμάνια, το πλοίο οφείλει να συμμορφωθεί στους τοπικούς κανόνες. Εξαιρέση στα ανωτέρω αποτελεί η περίπτωση κινδύνου της ανθρώπινης ζωής ή της ασφάλειας του πλοίου και σε περίπτωση βλάβης όταν τηρήθηκαν όλα τα μέτρα και ελήφθησαν όλες οι προφυλάξεις.

Παράρτημα V: Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από τα απορρίμματα των πλοίων.

Το παράρτημα V τέθηκε σε ισχύ στις 31 Δεκεμβρίου 1988, ενώ η τελευταία αναθεωρημένη έκδοσή του την 1^η Μαρτίου του 2018. Παρόλο που είναι προαιρετικό παράρτημα, σήμερα το έχουν επικυρώσει 150 χώρες, γεγονός που δείχνει τη γενικότερη τάση προστασίας του περιβάλλοντος. Το παράρτημα προβλέπει την κατηγοριοποίηση των απορριμμάτων σε έντεκα βασικές κατηγορίες και ανάλογα με την κατηγορία προβλέπει διαφορετική διαχείριση. Επιπλέον ορίζει ότι πρέπει να τηρούνται στο Βιβλίο Απορριμμάτων το οποίο χωρίζεται σε δύο μέρη και πρέπει να φυλάσσεται για δυο χρόνια. Επίσης δύναται να καταχωρούνται και στο επίσημο ημερολόγιο του πλοίου. Οι κατηγορίες είναι η εξής:

Μέρος I

1. Πλαστικά: όλα τα πλαστικά απορρίμματα καθώς και τα συνθετικά σχοινιά και τα δίχτυα ψαρέματος.
2. Απόβλητα τροφών: περισσεύματα τροφίμων.
3. Οικιακά απόβλητα: υλικά που προκύπτουν από τους χώρους διαμονής, όπως μπουκάλια, κουτάκια κτλ.
4. Μαγειρικά λάδια: έλαια και λίπη που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του συσσιτίου.

5. Στάχτες αποτέφρωσης: στάχτες και σκωρίες που προέρχονται από αποτεφρωτήρες του πλοίου που χρησιμοποιούνται για την αποτέφρωση απορριμμάτων.
6. Λειτουργικά απόβλητα: στερεά απόβλητα (συμπεριλαμβανόμενης και της ιλύος) που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας ή συντήρησης ενός πλοίου ή χρησιμοποιούνται για τον χειρισμό και τη στοιβασία του φορτίου.
7. Σφάλγια ζώων: σώμα κάθε ζώου που μεταφέρεται ως φορτίο και πεθαίνει ή θανατώνεται στη διάρκεια του ταξιδιού.
8. Αλιευτικός εξοπλισμός: εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για αλιεία.
9. Ηλεκτρονικά Απόβλητα: ηλεκτρικές συσκευές ή ηλεκτρονικά μέρη συσκευής.

Μέρος II

10. Κατάλοιπα φορτίου: υπολείμματα κάθε φορτίου που παραμένει στο κατάστρωμα ή στα αμπάρια του πλοίου μετά τη φόρτωση ή την εκφόρτωση, δεν είναι επιβλαβή για το θαλάσσιο περιβάλλον-non HME και δεν καλύπτονται από άλλα παραρτήματα της MARPOL.
11. Κατάλοιπα φορτίου: κατάλοιπα επιβλαβή για το θαλάσσιο περιβάλλον-HME (MEPC.277(70), 2016)

Γενικά τα απορρίμματα απαγορεύεται να απορριφθούν στη θάλασσα εκτός από τα κατάλοιπα τροφίμων, καθαριστικά και πρόσθετα, τα σφάλγια ζώων και τα κατάλοιπα φορτίου που επιτρέπεται να απορριφθούν υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Για παράδειγμα τα κατάλοιπα τροφίμων επιτρέπεται η απόρριψή τους στη θάλασσα όταν είναι πολτοποιημένα ή αλεσμένα, δηλαδή μπορούν να διέλθουν μέσα από πλέγμα με οπές μικρότερες των 25mm, σε απόσταση μεγαλύτερη ή ίση των 3nm εκτός ειδικών περιοχών και 12nm εντός ειδικών περιοχών, ενώ εάν δεν είναι πολτοποιημένα ή αλεσμένα δύναται να απορριφθούν μόνο σε απόσταση μεγαλύτερη των 12nm από την πλησιέστερη ακτή και όταν το πλοίο πλέει εκτός των ειδικών περιοχών του παραρτήματος. Τα σφάλγια ζώων επιτρέπεται η απόρριψή τους μόνο σε περιοχές εκτός των ειδικών περιοχών και σε απόσταση μεγαλύτερη των 100nm και στο μέγιστο δυνατό βάθος.

Garbage type	All ships except platforms		Regulation 5 Offshore platforms located more than 12 nm from nearest land and ships when alongside or within 500 metres of such platforms.
	Regulation 4 Outside special areas and Arctic waters (Distances are from the nearest land)	Regulation 6 Within special areas and Arctic waters (Distances are from nearest land, nearest ice-shelf or nearest fast ice)	
Food waste comminuted or ground ²	≥3 nm, en route and as far as practicable	≥12 nm, en route and as far as practicable	Discharge permitted
Food waste not comminuted or ground	≥12 nm, en route and as far as practicable	Discharge prohibited	Discharge prohibited
Cargo residues not contained in washwater		Discharge prohibited	Discharge prohibited
Cargo residues contained in washwater	≥ 12 nm, en route and as far as practicable	≥ 12 nm, en route and as far as practicable (subject to conditions in regulation 6.1.2 and paragraph 5.2.1.5 of part II-A of the Polar Code)	
Cleaning agents and additives contained in cargo hold washwater	Discharge permitted	≥ 12 nm, en route and as far as practicable (subject to conditions in regulation 6.1.2 and paragraph 5.2.1.5 of part II-A of the Polar Code)	Discharge prohibited
Cleaning agents and additives in deck and external surfaces washwater		Discharge permitted	
Animal Carcasses (should be split or otherwise treated to ensure the carcasses will sink immediately)	Must be en route and as far from the nearest land as possible. Should be >100 nm and maximum water depth	Discharge prohibited	Discharge prohibited
All other garbage including plastics, synthetic ropes, fishing gear, plastic garbage bags, incinerator ashes, clinkers, cooking oil, floating dunnage, lining and packing materials, paper, rags, glass, metal, bottles, crockery and similar refuse	Discharge prohibited	Discharge prohibited	Discharge prohibited

Πίνακας 3: Συνοπτική διαχείριση απορριμμάτων παραρτήματος V της MARPOL

Οι λιμενικές εγκαταστάσεις υποχρεώνονται από τη MARPOL να διαθέτουν σταθμούς υποδοχής των απορριμμάτων και να έχουν τη δυνατότητα να συλλέγουν τα απορρίμματα των πλοίων χωρίς να προκαλούν αδικαιολόγητες καθυστερήσεις σύμφωνα με την ΕΕ 2019/883 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 17ης Απριλίου 2019 σχετικά με τις λιμενικές εγκαταστάσεις παραλαβής για την παράδοση αποβλήτων από πλοία. Όσον αφορά τα Μικρά Νησιωτικά Αναπτυσσόμενα Κράτη (SIDS), δύναται λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών να κάνουν κάποιες περιφερειακές ρυθμίσεις και να αναπτύξουν ένα περιφερειακό σχέδιο για την απομάκρυνση των απορριμμάτων από τα πλοία. Γενικά η MARPOL έχει δώσει στα κράτη την ευθύνη και το καθήκον του ελέγχου των πλοίων και των λιμενικών εγκαταστάσεων για τη τήρηση των προβλεπόμενων στο παράρτημα V.

Επίσης τα πλοία ολικής χωρητικότητας μεγαλύτερης των 100 τόνων, αυτά που μεταφέρουν περισσότερους από 15 ανθρώπους και κάθε πλατφόρμα πρέπει να έχει ορίσει ένα σχέδιο διαχείρισης απορριμμάτων σύμφωνα με το παράρτημα V. Το σχέδιο αυτό πρέπει να είναι γραμμένο στην γλώσσα εργασίας του πληρώματος, να δίνει οδηγίες για τη διαχείριση των απορριμμάτων επί του πλοίου και να ορίζει έναν υπεύθυνο. Επιπλέον απαιτείται για πλοία άνω των 12m και για πλατφόρμες να υπάρχουν πινακίδες σε ορατά σημεία που να ενημερώνουν τους επιβάτες και το πλήρωμα για την ισχύουσα νομοθεσία. Οι πινακίδες πρέπει να είναι γραμμένες στην γλώσσα εργασίας του πληρώματος και στα Αγγλικά και Γαλλικά ή Ισπανικά για πλοία διεθνών δρομολογίων.

Τέλος τα πλοία που εμπορεύονται στις περιοχές της Ανταρκτικής και Αρκτικής θα πρέπει να συμμορφώνονται με τις διατάξεις του Πολικού Κώδικα, οποίος περιλαμβάνει αυστηρότερα μέτρα λόγω της Ειδικής περιοχής.

Παράρτημα VI: Κανονισμοί για την πρόληψη της αέριας ρύπανσης από πλοία.

Το παράρτημα VI προστέθηκε στη σύμβαση MARPOL73/78 το 1997, ενώ τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005. Σκοπός του ήταν να θέσει όρια στους ατμοσφαιρικούς ρύπους που μπορούν τα πλοία να παράγουν, ώστε να μειωθούν οι εκπομπές σε οξειδία του θείου (SO_x), οξειδία του αζώτου (NO_x), σε εκπομπές που καταστρέφουν το όζον (ODS) σε πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), σε διοξειδία του άνθρακα (CO₂), αιωρούμενα σωματίδια (PM). Τον Οκτώβριο του 2008 εγκρίθηκαν αυστηρότερα μέτρα και το πλέον αναθεωρημένο παράρτημα τέθηκε σε ισχύ το 1η Ιουλίου 2010, ενώ η τελευταία τροποποίηση υιοθετήθηκε την 4^η Απριλίου 2014.

Όσον αφορά το διοξείδιο του θείου (SO₂), με την αναθεώρηση του παραρτήματος τα όρια εκπομπών έγιναν πολύ πιο αυστηρά, ενώ καθορίστηκαν και οι περιοχές ελέγχου εκπομπών θείου (ECA), όπου ισχύουν ακόμα αυστηρότεροι κανόνες, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.

ΟΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ SO _x	
Εκτός ECA	Εντός ECA
4,50% κ.β. (πριν 01/01/2012)	1,50% κ.β. (πριν 01/07/2010)
3,50% κ.β. (01/01/2012-31/12/2019)	1,00% κ.β. (01/07/2010-30/06/2015)
0,50% κ.β. (από 01/01/2020)	0,10% κ.β. (από 01/07/2015)

Πίνακας 4: Όρια εκπομπών SO_x

Τα όρια των εκπομπών των οξειδίων του Αζώτου (NO_x) είναι αυστηρότερα όσο νεότερο είναι το πλοίο. Οι ποσότητες που επιτρέπεται ένα πλοίο να εκπέμπει, εξαρτώνται από την ονομαστική ταχύτητα του κινητήρα. Υπάρχουν τρία επίπεδα εκπομπών, τα Tier I, Tier II και Tier III, τα όρια των οποίων φαίνονται στον Πίνακα 5.

Επίπεδο (Tier)	Ημερομηνία κατασκευή πλοίου (κατά ή μετά την)	Όρια εκπομπών NO _x (g/kWh), n=ονομαστική ταχύτητα του κινητήρα (rpm)		
		n<130	130≤n≤1999	n≥2000
I	1/1/2000	17,0	45n ^{-0,2} (π.χ. αν n=720rpm, τότε το όριο είναι 12,1g/kWh)	9,8
II	1/1/2011	14,4	44n ^{-0,23} (π.χ. αν n=720rpm, τότε το όριο είναι 9,7g/kWh)	7,7
III	1/1/2016 για λειτουργία σε NECA	3,4	9n ^{-0,2} (π.χ. αν n=720rpm, τότε το όριο είναι 2,4g/kWh)	2,0

Πίνακας 5: Όρια εκπομπών NO_x

Με σκοπό τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ο IMO το 2011 ενέκρινε κάποια σχέδια ενεργειακής απόδοσης, το Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI) και το Σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου (SEEMP). Σκοπός των μέτρων αυτών είναι η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης με την παράλληλη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη διεθνή ναυτιλία. Τα μέτρα αυτά τέθηκαν σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2013.

Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI)

Ο EEDI είναι ένας δείκτης που μετράει την απόδοση των καυσίμων ανά τονομίλι και είναι υποχρεωτικός για τα νέα πλοία. Ξεκινάει από το 2013 όπου τα νέα πλοία πρέπει να τηρούν το επίπεδο αναφοράς ανάλογα με την κατηγορία τους. Ως επίπεδο αναφοράς ορίστηκε ο μέσος όρος των αποδόσεων ανά τύπο και μέγεθος πλοίου, όσον ναυπηγήθηκαν από 2000 έως το 2010. Τα επόμενα δύο χρόνια ορίζει μηδενικό ποσοστό (φάση 0) και μετά ανά πέντε χρόνο γίνεται πιο αυστηρός. Δηλαδή την επόμενη πενταετία, από 01/01/2015 έως 31/12/2020 (φάση 1), το ποσοστό των γραμμαρίων CO₂ ανά τονομίλι μειώθηκε σε 10%, ενώ από το 2025 και μετά έχει οριστεί μείωση της τάξης του 30%. Η σταδιακή αυτή μείωση στοχεύει στην ενθάρρυνση της έρευνα και της τεχνολογίας για την ανάπτυξη μεθόδων, μηχανών, καυσίμων που θα επιφέρουν μείωση των ρύπων. Ο EEDI εφαρμόστηκε αρχικά σε δεξαμενόπλοια, πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου, πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου, πλοία γενικού φορτίου, πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, πλοία μεταφοράς εμπορευμάτων ψυγείου και σε συνδυασμένες μεταφορές και από το 2014 προστέθηκαν στο πεδίο εφαρμογής του πλοία LNG, Ro-Ro (O/Γ), Ro-Ro (E/Γ-O/Γ) και κρουαζιερόπλοια. Ο Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης καλύπτει τα πλοία που εκπέμπουν το 85% των εκπομπών CO₂ που προέρχονται από την ναυτιλία.

Στη συνέχεια αναπτύχθηκε και ο δείκτης απόδοσης EEXI ο οποίος είναι αντίστοιχος του EEDI αλλά αφορά όλα τα υπάρχοντα πλοία ανεξάρτητα από το έτος κατασκευής τους. Ο δείκτης EEXI σχετίζεται με τον τεχνικό σχεδιασμό ενός πλοίου και αποτελεί ένα Πιστοποιητικό Ενεργειακής Αποδοτικότητας. Τα πλοία πρέπει να λάβουν έγκριση EEXI μία φορά στη ζωή τους, έως την πρώτη περιοδική έρευνα και το αργότερο έως το 2023. Η απαιτούμενη τιμή EEXI καθορίζεται από τον τύπο του πλοίου, την ικανότητα του πλοίου και την αρχή της πρόωσης και είναι η μέγιστη αποδεκτή τιμή που έχει επιτευχθεί (Det Norske Veritas, 2021)

Επιπλέον αναπτύχθηκε ακόμα ένα σύστημα βαθμολόγησης του δείκτη έντασης του άνθρακα (CII) που από το 2023 θα πρέπει να εφαρμόζεται για όλα τα φορτηγά, RoPax και κρουαζιερόπλοια άνω των 5.000 GT. Το CII μετρά εκπεμπόμενα γραμμάρια CO₂ ανά μεταφορική ικανότητα και ναυτικά μίλια (DWT-mile ή GT-mile), δηλαδή το πόσο

αποτελεσματικά ένα πλοίο μεταφέρει εμπορεύματα ή επιβάτες. Με βάση το δείκτη δίνεται μια ετήσια βαθμολογία στο πλοίο που κυμαίνεται από το Α έως Ε, με το Α την υψηλότερη ενεργειακή απόδοση. Τα κατώτερα όρια καθορίστηκαν στο έτος αναφοράς, το 2019. Η ζώνη βαθμολογίας ξεκίνησε 5% κάτω από το σημείο αναφοράς το 2023 και θα συνεχίσει με μείωση 2% μέχρι το 2026%. Ουσιαστικά ο δείκτης CII μετρά τις πραγματικές εκπομπές σε λειτουργία, επομένως ένα πλοίο που είναι αγκυροβολημένο έξω από το λιμάνι και περιμένει να έρθει η σειρά του για μπει μέσα και να φορτώσει/ξεφορτώσει (η αναμονή μπορεί να διαρκέσει και μήνες) συνεχίζει να έχει εκπομπές καθώς οι ηλεκτρομηχανές του εξακολουθούν να λειτουργούν ώστε να έχει ρεύμα, ενώ ο παρονομαστής του δείκτη είναι μηδενικός καθώς δεν διανύει μίλια. Επομένως ο δείκτης αυξάνεται πάρα πολύ

Σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου (SEEMP)

Το SEEMP είναι μέτρο για την αξιολόγηση και παρακολούθηση της αποδοτικότητας του πλοίου μέσω δεικτών, όπως ο Επιχειρησιακός Δείκτης Ενεργειακής Απόδοσης (EEOI), και την βελτίωσής της λαμβάνοντάς υπόψη και το κόστος. Μέσω του EEOI δύναται η δυνατότητα να μετρείται η απόδοση του καυσίμου ενός πλοίου σε λειτουργία αλλά και να αξιολογούνται οι επιπτώσεις στην κατανάλωση αλλάζοντας τους παράγοντες, όπως για παράδειγμα την αλλαγή της διαδρομής ή συχνότερος καθαρισμός ή αλλαγή της προπέλας. Επίσης μέσω του SEEMP προτείνεται σε κάθε στάδιο του σχεδιασμού νέοι μέθοδοι και τεχνολογίες για τη βελτίωση της απόδοσης.

Όσον αφορά τις καταναλώσεις πετρελαίου, ο IMO υποχρεώνει τα πλοία άνω των 5.000 τόνων από την 1η Μαρτίου 2018, να συλλέγουν τα ποσά κατανάλωσης ανά τύπο καυσίμου καθώς και κάποια άλλα σχετικά στοιχεία και να τα στέλνουν στη χώρα σημαίας στο τέλος κάθε έτους. Οι χώρες μετά από έλεγχο τους, εκδίδουν Δήλωση Συμμόρφωσης στο πλοίο και καταχωρούν τα δεδομένα στην πλατφόρμα του Παγκόσμιου Ολοκληρωμένου Συστήματος Πληροφοριών Ναυτιλίας (GISIS) του IMO. Ο Γενικός Γραμματέας του IMO λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα της πλατφόρμας συντάσσει ετήσια έκθεση προς τη MEPC, βάση της οποίας η MEPC λαμβάνει αποφάσεις.

Τον Μάιο του 2019 εφαρμόστηκε η στρατηγική για την μείωση των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου η οποία απαρτιζόταν από 3 βασικά επίπεδα, ενώ στην συνέχεια πέρασαν και κάποιες τροποποιήσεις/προσθήσεις. Τα επίπεδα είναι τα εξής:

1. Μείωση των εκπομπών άνθρακα μέσω περαιτέρω φάσεων του δείκτη σχεδιασμού ενεργειακής απόδοσης (EEDI).

2. Μείωση του CO₂ 40% έως το 2030 και 70% έως το 2050, σε σύγκριση με το 2008.
3. Μείωση των συνολικών ετήσιων εκπομπών GHG κατά 50% έως το 2023 αναφορικά με το 2008 και την επίτευξη καθαρών μηδενικών εκπομπών έως το 2050 που απαιτείται ώστε να περιοριστεί η υπερθέρμανση του πλανήτη σε 1,5°C.

Από την 1 Ιανουαρίου 2023 θα τεθούν σε ισχύ όλοι οι νέοι κανονισμοί αναθεωρημένοι και αναμένετε να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στο σχεδιασμό και τις λειτουργίες των πλοίων.

Πέρα από τους στόχους-απαιτήσεις του IMO έχουν εκδοθεί και διάφοροι κανονισμοί και έχουν τεθεί στόχοι και σε περιφερειακό επίπεδο. Η ΕΕ, μια από τις σημαντικότερες ρυθμιστικές αρχές, στοχεύει στην μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 55% το 2030 σε σχέση με το 1990 και να γίνει κλιματικά ουδέτερη έως το 2050. Η ΕΕ εργάζεται για τη θεσμοθέτηση του πακέτου «Fit for 55» όπου αναμένεται να συμπεριλάβει και τη ναυτιλία στο Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU ETS) και στην πρωτοβουλία Fuel EU Maritime, μέσω της αύξησης της χρήσης βιώσιμων καυσίμων. Το πεδίο εφαρμογής προτείνεται να είναι το 50% των εκπομπών από εισερχόμενα και εξερχόμενα ταξίδια στην ΕΕ και 100% των εκπομπών από ταξίδια εντός της ΕΕ και όταν βρίσκονται σε λιμένες της ΕΕ (Hughes, 2021).

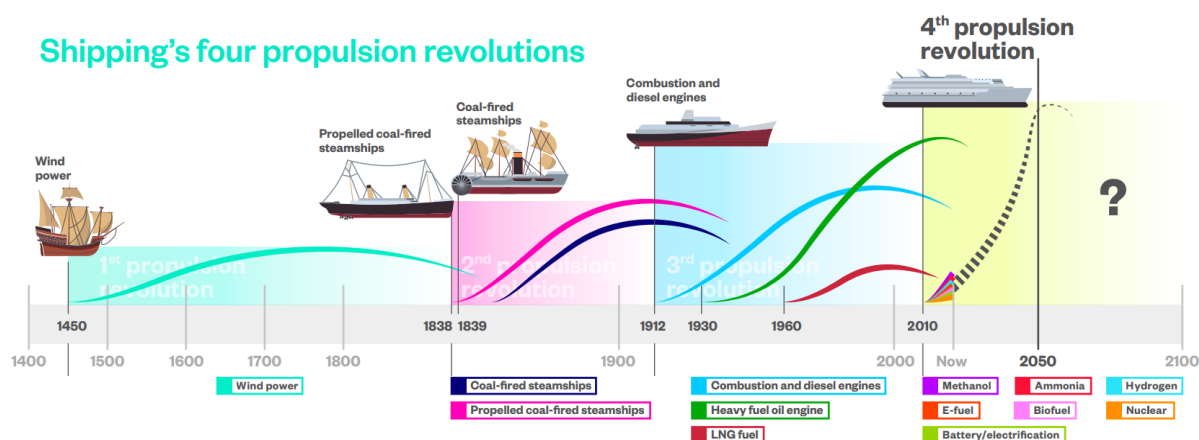
Επίσης μεγάλες χώρες έχουν θέσει περιβαλλοντικούς στόχους, όπως η Κίνα που στοχεύει σε απαλλαγή από τους ρύπους του άνθρακα μέχρι το 2060 και η ΗΠΑ σε μείωση κατά 50% σε σύγκριση με το 2005 των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2030. Αντίστοιχα η Ιαπωνία και ο Καναδάς στοχεύει μείωση 40%-45%.

4. Τεχνολογία και καύσιμα πλοίων

Για να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί από τον IMO για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου πρέπει να αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες που να καλύπτουν τις τεράστιες ανάγκες των πλοίων σε ενέργεια και παράλληλα να τείνουν στους μηδενικούς ρύπους. Οι πλοιοκτήτες θα κληθούν να εντοπίσουν, να αξιολογήσουν και να χρησιμοποιήσουν νέες τεχνολογίες, νέα καύσιμα και νέες λύσεις για να επιτύχουν το μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα. Σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA) μόλις το 0,1% της ενέργειας που

καταναλώνεται στη ναυτιλία προέρχεται από καύσιμα χαμηλών εκπομπών άνθρακα. (International Chamber of Shipping και Ricardo, 2021).

Αυτή τη στιγμή τα πλοία χρησιμοποιούν κυρίως κινητήρες ντίζελ με καύσιμα υψηλής εντάσεως σε άνθρακα, ενώ έχουν αρχίσει να εισέρχονται στην αγορά τα βιοκαύσιμα, τα καύσιμα LNG, οι μπαταρίες και τα δοχεία που τροφοδοτούνται με LPG, καθώς και η μεθανόλη. Την εμφάνισή της έχει κάνει και η ενέργεια από υδρογονάνθρακες και αμμωνία. Επίσης στα συστήματα πρόωσης και ενέργειας των πλοίων αναμένεται να εμφανιστούν και οι κυψέλες καυσίμου οι οποίες παρέχουν υψηλή απόδοση και η χρήση πυρηνικών αντιδραστήρων. Συζητήσεις γίνονται ακόμα για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας και της δέσμευσης και αποθήκευσης του άνθρακα επί του πλοίου, αλλά βρίσκονται ακόμα σε πρώιμο στάδιο. Ουσιαστικά μιλάμε για τη 4^η επανάσταση στην πρόωση και ενέργεια των πλοίων, από τα πανιά, στο κάρβουνο, στη συνέχεια στο μαζούτ και τώρα στα εναλλακτικά καύσιμα χαμηλού ή μηδενικού άνθρακα.



Εικόνα 12: 4^η Επανάσταση στην πρόωση και ενέργεια των πλοίων

4.1 Βιοκαύσιμα

Τα βιοκαύσιμα παράγονται από βιομάζα και ορίζεται ως το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και κατάλοιπων από γεωργικές (συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών), δασοκομικές και συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων, σύμφωνα με την Οδηγία 2003/30/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου. Είτε σε υγρή, είτε σε αέρια μορφή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικά καύσιμα για τη ναυτιλία, με πιο γνωστά τα HVO (υδρογονωμένο φυτικό έλαιο), FAME (μεθυλεστέρας λιπαρών οξέων) και LBG (υγροποιημένο βιοαέριο). Αν και η χρήση τους σήμερα είναι περιορισμένη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αναμειγμένα με άλλα ορυκτά καύσιμα, μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του

θερμοκηπίου. Ένα πλεονέκτημα του HVO σε σχέση με τα υπόλοιπα βιοκαύσιμα, είναι ότι δύναται ο ανεφοδιασμός του να πραγματοποιηθεί μέσω του ήδη υφιστάμενου δικτύου διανομής των ορυκτών καυσίμων (Pape, 2020).

4.2 Αμμωνία

Η Αμμωνία είναι ένα από τα νέα καύσιμα χαμηλών εκπομπών που αναμένεται να χρησιμοποιηθεί στη ναυτιλία. Κατά την καύση της παράγει μόνο οξείδια του Αζώτου, τα οποία με τη χρήση ειδικού καταλυτικού συστήματος μπορούν να περιοριστούν πλήρως. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κινητήρα εσωτερικής καύσης. Μέχρι σήμερα παράγεται σε στερεή μορφή για την παραγωγή λιπασμάτων και παρασκευάζεται από φυσικό ή υγρό αέριο πετρελαίου απελευθερώνοντας μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Υπάρχει όμως η δυνατότητα παρασκευής της και από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με αντίδραση υδρογόνου και αζώτου, χωρίς την παραγωγή ρύπων. **Αν το σύνολο του στόλου κινούταν με αμμωνία, τότε σύμφωνα με τη Βασιλική Εταιρεία της Βρετανίας, θα απαιτούνταν 750 gigawatt ισχύς, δηλαδή το 60% της παγκόσμια παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ποσοστό που είναι πολύ μεγάλο** (International Chamber Shipping , 2020).

Η αμμωνία σε υγρή μορφή είναι ένα ιδιαίτερα τοξικό διάλυμα. Για να γίνει ο ανεφοδιασμός των πλοίων απαιτείται να σχεδιαστεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα logistics που να παρέχει ασφαλή ανεφοδιασμό. Επιπλέον επειδή η ενεργειακή του πυκνότητα σε σχέση με το μαζούτ είναι αρκετά χαμηλότερη, χρειάζονται οι διπλάσιες δεξαμενές για την αποθήκευσή της επί του πλοίου. Η αμμωνία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μίξη με τα υπάρχοντα καύσιμα και έτσι σταδιακά να αυξάνεται η χρήση της. Όσον αφορά το κόστος της, μετά από μελέτη της δανικής εταιρεία Topsøe προβλέφθηκε ότι μέχρι το 2025 η τιμή της θα είναι διπλάσια από το μαζούτ, ενώ το 2050 οι τιμές των δύο καυσίμων θα έχουν εξισορροπηθεί (International Chamber Shipping , 2020).

Έχει κατασκευαστή και παραδοθεί στην Avin International το πρώτο δεξαμενόπλοιο που μπορεί να χρησιμοποιήσει ως καύσιμο την αμμωνία. Είναι το δεξαμενόπλοιο suezmax Kriti Future, χωρητικότητας 160.000 dwt, και φέρει ελληνική σημαία. Αν και αυτή τη στιγμή χρησιμοποιεί συμβατά καύσιμα, είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε με μικρές αλλαγές στον κινητήρα του να μπορεί να πλεύσει και με αμμωνία, ενώ παράλληλα έχει προβλεφθεί χώρος για τις ειδικές δεξαμενές που απαιτούνται.



Εικόνα 13: Δεξαμενόπλοιο suezmax Kriti Future

4.3 Υδρογόνο

Νέα τάση στις εναλλακτικές πηγές ενέργειας για τα πλοία, που καλύπτει τις απαιτήσεις του IMO καθώς έχει μηδενικούς ρύπους, είναι η χρήση του υδρογόνου. Όπως και η αμμωνία, έτσι και το υδρογόνο, προς το παρόν παρασκευάζεται κυρίως από ορυκτά καύσιμα με μεγάλες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Βέβαια βρίσκονται σε εξέλιξη έρευνες ώστε να γίνει βιώσιμη η παραγωγή του από το νερό μέσω της ηλεκτρόλυσης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική και η ηλιακή. Επίσης για να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για τη ναυτιλία απαιτείται να υγροποιηθεί και να αποθηκευτεί υπό πίεση, καθώς και να κατασκευαστεί ένα κατάλληλο δίκτυο ανεφοδιασμού. Κάθε μονάδα ψυχρού υγροποιημένου υδρογόνου περιέχει αποδοτικά λιγότερη ενέργεια συγκριτικά με το πετρέλαιο, ενώ απαιτεί περισσότερο χώρο. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι το κόστος αποθήκευσης και μεταφοράς του σε σχέση με την ενέργεια που αποδίδει είναι υψηλό. Αυτή είναι και μεγαλύτερη πρόκληση στη χρήση του από τη ναυτιλία ως καύσιμο. Στον Πίνακα 6 φαίνονται οι άμεσες και οι έμμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής του υδρογόνου. (Linda S. Hammer, et al., 2022)

ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΧΡΩΜΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ	ΆΥΛΗ	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΚΠΟΜΠΕΣ GHG kgCO ₂ e/kgH ₂	ΕΜΜΕΣΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ GHG kgCO ₂ e/kgH ₂
Παραγωγή με χρήση ηλεκτρισμού	ΠΡΑΣΙΝΟ	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, νερό και/ή ατμός από θερμόλυση	ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ	-	>0
	ΚΙΤΡΙΝΟ	Ηλεκτρικό δίκτυο, νερό		-	<1-30
	ΡΟΖ	Πυρηνική ηλεκτρική ενέργεια, νερό		-	>0
Παραγωγή με χρήση ορυκτών καυσίμων	ΓΚΡΙ	Φυσικό αέριο	Αναμόρφωση μεθανίου	9-11	0,5-4
	ΚΑΦΕ	Λιγνίτης	Αεριοποίηση	18-20	1-7
	ΜΑΥΡΟ	Μαύρο κάρβουνο	Αεριοποίηση	18-20	1-7
	ΜΠΛΕ	Φυσικό αέριο ή κάρβουνο	Αναμόρφωση μεθανίου με CCS Αεριοποίηση με CCS	0,5-4	0,5-7
	ΤΥΡΚΟΥΑΖ	Φυσικό αέριο	Πυρόλυση	Στερεός άνθρακας (υποπροϊόν)	0,5-5
	ΠΡΑΣΙΝΟ	Βιοαέριο ή Βιομάζα	Αναμόρφωση με/χωρίς CCS Αεριοποίηση με/χωρίς CCS	Μηδενικές εκπομπές με CCS	1-3
Άλλος τρόπος	ΚΟΚΚΙΝΟ	Πυρηνική θερμότητα, νερό	Θερμόλυση	-	>0
	ΜΩΒ	Πυρηνική ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα, νερό	Θερμόλυση και ηλεκτρόλυση	-	>0
	ΠΟΤΡΟΚΑΛΙ	Ηλιακή ακτινοβολία, νερό	Φωτόλυση	-	>0
	ΠΡΑΣΙΝΟ	Απορρίμματα ξύλου, πλαστικό, αστικά στερεά απόβλητα	Θερμοχημική	Μηδενικές εκπομπές με CCS	Δεν αξιολογήθηκαν

Πίνακας 6: Εκπομπές ghg ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής του H₂

Τον Ιούλιο 2021 κατασκευάστηκε το πρώτο πλοίο που χρησιμοποιεί ως ενέργεια το υγρό υδρογόνο. Πρόκειται για το πλοίο Hydra της εταιρείας Norled, ένα μικρό επιβατηγό – οχηματαγωγό πλοίο που μπορεί να μεταφέρει 300 επιβάτες και 80 αυτοκίνητα. Το Hydra διαθέτει σύστημα πρόωσης που επιτρέπει στις μπαταρίες να λειτουργούν σε συνδυασμό με τις κυψέλες καυσίμου που τροφοδοτούνται από υγρό υδρογόνο. Είναι εξοπλισμένο με δεξαμενή όγκου 80m³ η οποία πληροί όλες τις προδιαγραφές για την ασφαλή αποθήκευση υδρογόνου. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα να πλεύσει και με πετρέλαιο.

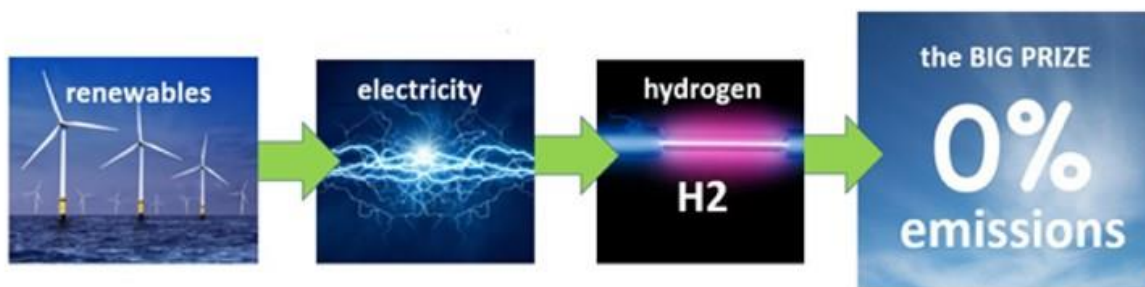


Εικόνα 14: Πλοίο Hydra

4.4 Κυψέλες καυσίμου και μπαταρίες

Το υδρογόνο εκτός της προοπτική για τη χρήση του ως κύριο καύσιμο, μελετάτε και η αξιοποίηση του για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε κυψέλες καυσίμου (fuel cell), μέσω ηλεκτροχημικών αντιδράσεων μετατρέπεται το υδρογόνο και το οξυγόνο σε νερό, παράγοντας θερμότητα και ηλεκτρισμό. Με αυτή την ηλεκτρική ενέργεια δύναται να πλέουν τα πλοία με μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα σε μικρές αποστάσεις ή για μεγαλύτερες να συντελεί επικουρικά στη συνολική ενέργεια του πλοίου. Έχουν ξεκινήσει μελέτες για τη ναυπήγηση πλοίων με

κυψέλες καυσίμου για μεταφορές σε κοντινές αποστάσεις, όπως το ερευνητικό πρόγραμμα HySeas III, που μελετά τη ναυπήγηση ενός επιβατηγού και οχηματαγωγού πλοίου που θα εκτελεί δρομολόγια στα νησιά Orkney της βόρειας Σκωτίας, από το Kirkwall προς το Shapinsay. Στα νησιά Orkney γίνονται έρευνες για την παραγωγή και αποθήκευση υδρογόνου από την περισσευούμενη ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως οι ανεμογεννήτριες και τα κύματα. Το πρόγραμμα στοχεύει στην αξιοποίηση αυτού του υδρογόνου μέσω των κυψελών καυσίμου για την πρόωση και ενέργεια του των πλοίων απαλλάσσοντάς τα από ρύπους.



Εικόνα 15: Παραγωγή ενέργειας από το H₂ με μηδενικούς ρύπους

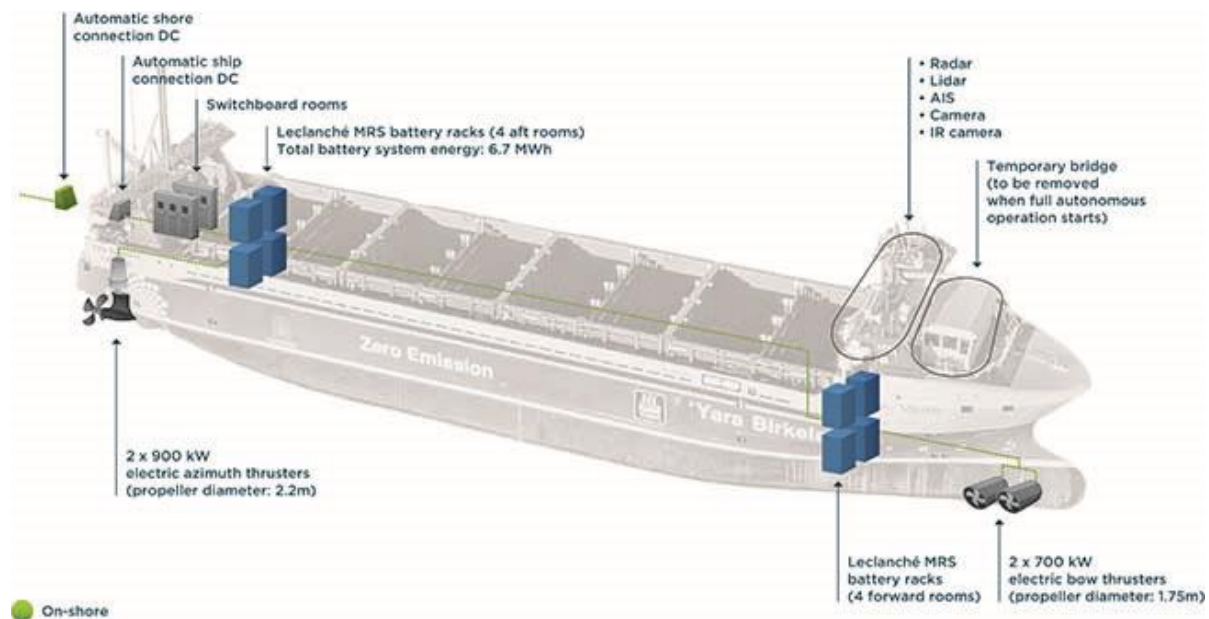
Η χρήση μπαταριών για την κίνηση των πλοίων είναι μια ακόμα τεχνολογία με προοπτικές ανάπτυξης, καθώς όταν η φόρτισή τους γίνεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή από γεννήτριες που χρησιμοποιούν καύσιμα χωρίς άνθρακα, δύναται να πετύχουν μέχρι και μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Μπορεί στο οδικό δίκτυο να έχουν κάνει την εμφάνισή τους οχήματα αμιγώς ηλεκτρικά, στις θαλάσσιες οδούς η απαίτηση για μεγάλη ισχύ κάνει την τρέχουσα τεχνολογία μη επαρκή. Οι μπαταρίες που κυκλοφορούν στην αγορά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εφεδρική ισχύ σε σύντομα ταξίδια ή για πλοία που πλέουν κοντά σε κατοικημένες περιοχές. Για να χρησιμοποιηθούν από ένα πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, υπολογίζεται ότι κατά μέσο όρο απαιτούνται **10.000 μπαταρίες Tesla S85 ανά ημέρα πλού**, γεγονός που καθιστά την τεχνολογία της ηλεκτρικής κίνησης μη βιώσιμη για τη διεθνή ναυτιλία. Βέβαια καθώς η έρευνα και ανάπτυξη συνεχίζεται, στο άμεσο μέλλον είναι πιθανόν να ναυπηγηθούν αμιγώς ηλεκτρικά πλοία, καθώς ήδη εταιρείες κάνουν λόγο για αύξηση της ισχύς των μπαταριών τους στις 1.000 Wh/kg (International Chamber Shipping , 2020).

Οι μπαταρίες όμως ενέχουν και κινδύνους, όπως η θερμική διαφυγή. Η θερμική διαφυγή της μπαταρίας είναι μια ασταμάτητη αλυσιδωτή αντίδραση που απελευθερώνει την ενέργεια της μπαταρίας μέσα σε κλάσματα του δευτερολέπτου. Εάν συμβεί αυτό, τότε η θερμοκρασία της θα αυξηθεί πολύ και απότομα, με αποτέλεσμα να υπάρξουν μεγάλες πιθανότητες να προκληθεί πυρκαγιά και να κινδυνεύσει τόσο το προσωπικό όσο και το σκάφος. Για αυτό το λόγο έχουν

αναπτυχθεί αυστηροί κανόνες και πρότυπα για την κατασκευή και δοκιμή των μπαταριών και συστήματα διαχείρισης τους επί του σκάφους για την παρακολούθηση της τάσης του ρεύματος, της θερμοκρασίας, τον έλεγχο της σωστής σύνδεσης, την ειδοποίηση σε περίπτωση σφάλματος.

Ένα ακόμα θέμα που προκύπτει από τη χρήση των μπαταριών είναι ο περιορισμένος κύκλος ζωής τους. Με την πάροδο του χρόνου η χωρητικότητα της μπαταρίας χάνεται σταδιακά και πρέπει να αντικατασταθεί. Τα υγρά των μπαταριών είναι ιδιαίτερα επιβλαβή και επικίνδυνα για το περιβάλλον και δεν πρέπει να διαρρέουν σε αυτό. Σημαντικό είναι λοιπόν να αναπτυχθεί παράλληλα με τις μπαταρίες και ένα δίκτυο reverse logistics που να εξασφαλίζει την ασφαλή ανακύκλωση όλων των μπαταριών.

Στη Νορβηγία κατελκύσθηκε το πρώτο ηλεκτρικό και αυτόνομο πλοίο, το Yara Birkeland, το οποίο έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει 120 εμπορευματοκιβώτια σε απόσταση 7,5νμ πλήρως αυτόνομα με τη χρήση αισθητήρων. Το πλοίο ναυπηγήθηκε με σκοπό να μεταφέρει λίπασμα από την πόλη Porsgrunn στο λιμάνι Brevik. Διαθέτει οκτώ διαμερίσματα μπαταριών χωρητικότητας 6,7 MWh, τα οποία έχουν αντικαταστήσει το μηχανοστάσιο, ενώ οι μπαταρίες φορτίζονται από ανανεώσιμες πηγές υδροηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 16: Σχεδιάγραμμα του ηλεκτρικού πλοίου Yara Birkeland



Εικόνα 17: Ηλεκτρικό πλοίο Yara Birkeland

Παράλληλα έχουν σχεδιαστεί και υπολογίζεται να παραδοθούν στα τέλη του 2023 δύο μικρά πλοία feeder 700 TEUs, το Shanghai Pan και το Asia Shipping. Τα δύο αυτά πλοία θα μεταφέρουν εμπορευματοκιβώτια στην ενδοασιατική γραμμή, μεταξύ της Γουχάν και της Σαγκάης προς όφελος της COSCO. Τα πλοία αυτά θα είναι αμιγώς ηλεκτρικά και θα τροφοδοτούνται από 36 μπαταρίες, χωρητικότητας 50.000 kWh ηλεκτρικής ενέργειας ενώ θα φορτίζονται από εγκαταστάσεις στην στεριά.

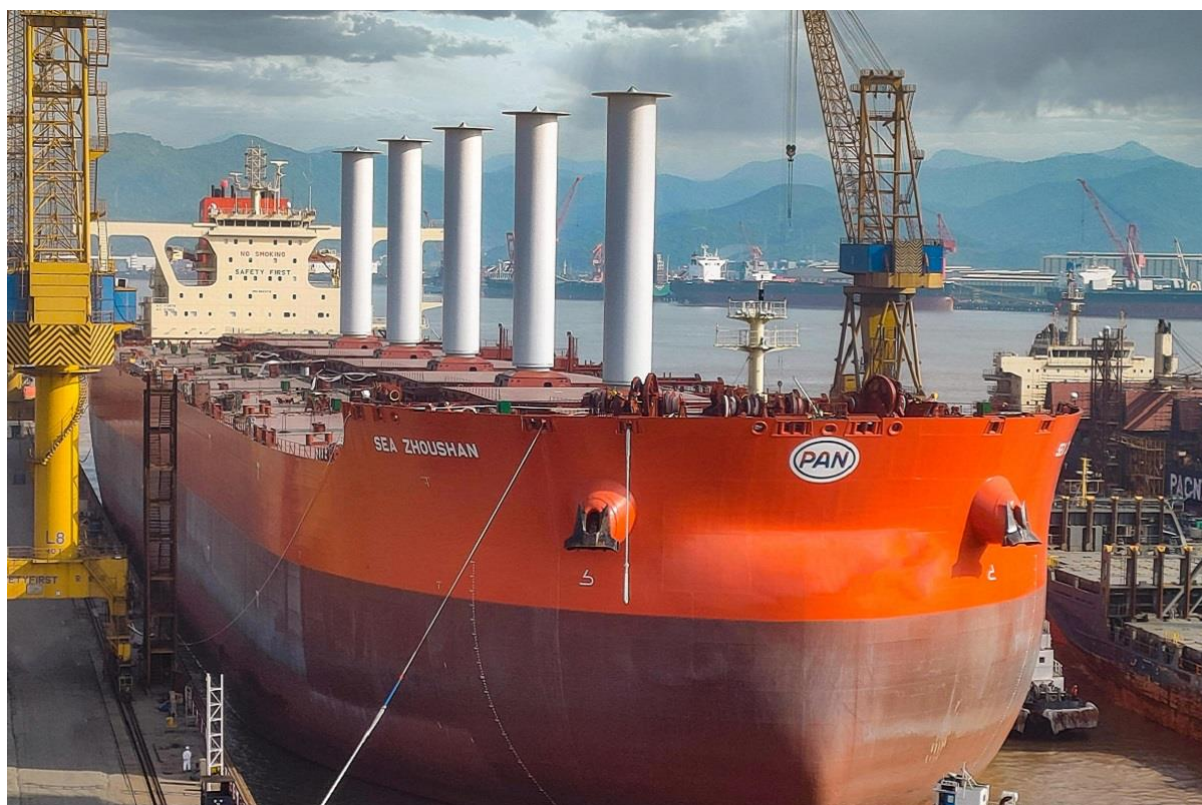
4.5 Αιολική ενέργεια

Από την αρχαιότητα οι άνθρωποι αξιοποιούσαν την δύναμη του αέρα μέσω των πανιών για την πρόωση των πλοίων. Με την εφεύρεση των μηχανών εσωτερικής καύσης σε συνδυασμό με την αύξηση του μεγέθους και της χωρητικότητας των πλοίων απομακρύνθηκαν από την αιολική ενέργεια, καθώς πλέον δεν μπορούσε να ανταπεξέλθει στις σύγχρονες απαιτήσεις των μεταφορών. Σήμερα λόγω της επιτακτικής ανάγκης για εύρεση εναλλακτικών πράσινων λύσεων στη ναυτιλία, οι έρευνες στράφηκαν και πάλι στην αξιοποίηση του ανέμου. Παρόλου που δεν διαφαίνεται, τουλάχιστον στο άμεσο μέλλον, να κατασκευαστούν πλοία αμιγώς αιολικά, έχουν τεθεί τα θεμέλια για την επικουρική συμμετοχή του ανέμου στην πρόωση και ενέργεια. Η αιολική δύναμη μπορεί να συμπληρώσει την ενέργεια που παράγεται από εναλλακτικές πηγές,

πέρα των ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων, και να συμβάλλει στη λειτουργία των πλοίων με μηδενικούς ρύπους.

Πλέον δεν αναφερόμαστε στα κλασικά πανιά των ιστιοφόρων πλοίων, αλλά σε προηγμένα αυτοματοποιημένα συστήματα, όπως παραλλαγές πανιών ή φτερών, ρότορες ή προφίλ με αναρρόφηση (π.χ. στροφεία Flettner) και χαρταετούς. Αυτά τα συστήματα μπορούν να τοποθετηθούν και εκ των υστέρων στα πλοία με μικρή προς το παρόν απόδοση, αλλά με ελπιδοφόρο μέλλον (International Chamber Shipping , 2020).

Το μεγαλύτερο πλοίο που χρησιμοποιεί βοηθητικά την αιολική ενέργεια είναι το Sea Zhoushan φορτηγό πλοίο VLCC χωρητικότητας 325.000 dwt. Το πλοίο διαθέτει στο κατάστρωμα πέντε ρότορες, ύψους 25m. Τα πανιά λειτουργούν αυτόματα, αφού διαθέτουν αισθητήρες που ανιχνεύουν την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου και στη συνέχεια ξεκινούν τη λειτουργία τους. Η Norsepower εκτιμά ότι το αιολικό σύστημα θα μειώσει του ρύπους του CO2 κατά 3.400 τόνους ετησίως.



Εικόνα 18: Φορτηγό πλοίο Sea Zhoushan με αιολική υποβοήθηση

4.6 Πυρηνικά καύσιμα

Μία ακόμα δοκιμασμένη εναλλακτική ενέργεια για την πρόωση των πλοίων απαλλαγμένη από εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, είναι η πυρηνική ενέργεια. Για τη λειτουργία τους απαιτείται ένας μικρός πυρηνικός αντιδραστήρας τύπου PWR που θέτει σε κίνηση τις ηλεκτρομηχανές (τουρμπίνες) και κινεί τις προπέλες ή φορτίζει μπαταρίες. Γίνονται έρευνες για την κατασκευή πολύ μικρών αντιδραστήρων τέταρτης γενιάς, οι οποίοι δεν απαιτούν συντήρηση και ανατροφοδότηση για 15 με 20 χρόνια, ενώ στο τέλος του κύκλου ζωής τους θα έχουν ελάχιστα ή καθόλου ραδιενεργά κατάλοιπα. Η ψύξη του αντιδραστήρα γίνεται ή με υγρό μέταλλο (π.χ. μόλυβδος) ή λιωμένο αλάτι ή ήλιον, εξαλείφοντας τις πιθανότητες να ανέβει η θερμοκρασία πέραν των προδιαγραφών. Συγκριτικά με τους τωρινούς πυρηνικούς αντιδραστήρες, οι αντιδραστήρες τέταρτη γενιάς παρουσιάζουν σημαντικά μειωμένα ραδιενεργά απόβλητα. Ένας αντιδραστήρας δεύτερης γενιάς παράγει 20 τόνους αποβλήτων το χρόνο, τα οποία παραμένουν ραδιενεργά για 100.000 χρόνια, ενώ ένας τέταρτης γενιάς παράγει 4 κιλά το χρόνο, ραδιενεργά για 300 χρόνια με προοπτικές εξάλειψης τελείως της αποβληθείσας ραδιενέργειας. Όσον αφορά το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού από την πυρηνική ενέργεια, είναι αντίστοιχο αυτού που παράγεται από την αιολική, 5-10cent/kWh. Μεγάλες χώρες και εταιρείες επενδύουν στην ανάπτυξη αντιδραστήρων τέταρτης γενιάς, με κάποιους να βρίσκονται στο στάδιο της σχεδιάσεως, ενώ άλλοι να κατασκευάζονται (Ζαχαριάδης, 2020).

Η πρόωση μέσω πυρηνικής ενέργειας σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως σε πλοία των πολεμικών ναυτικών, κυρίως σε υποβρύχια και αεροπλανοφόρα πλοία. Το πρώτο πυρηνικό πλοίο που ναυπηγήθηκε ήταν το υποβρύχιο USS Nautilus (SSN-571) στο ναυπηγείο του Γκρότον της πολιτείας Κονέκτικατ των ΗΠΑ, στις 30 Σεπτεμβρίου 1954 και το οποίο παροπλίστηκε στις 3 Μαρτίου 1980. Λόγω του πρωτοποριακού του ρόλου στην χρήση της πυρηνικής ενέργειας για την κίνηση των πλοίων χαρακτηρίστηκε ως Εθνικό Ιστορικό Ορόσημο από τον Υπουργό Εσωτερικών των ΗΠΑ στις 20 Μαΐου 1982 και μετατράπηκε σε μουσείο.

Η χρήση της πυρηνικής ενέργειας από τα εμπορικά πλοία μέχρι σήμερα θεωρείται οικονομικά ασύμφορη, καθώς το λειτουργικό κόστος είναι πολύ μεγάλο. Το αμερικάνικης κατασκευής NS Savannah (1962–1972) θωρήθηκε μη ικανοποιητικά αποδοτικό και ακριβό, ενώ το γερμανικό Otto Hahn (1968–1979) και το ιαπωνικό Mutsu, Ιαπωνία (1970–1992) ανακατασκευάστηκαν με κινητήρες ντίζελ. Η Σοβιετική ένωση και πλέον η Ρωσία για την ανάπτυξη της ναυτιλίας στην Αρκτική έχει αναπτύξει στόλο από πυρηνικά παγοθραυστικά, ξεκινώντας από τη δεκαετία του 1950, με ναυαρχίδα το πρώτο παγκοσμίως πυρηνικό παγοθραυστικό, το Λένιν. Επιπλέον η Ρωσία κατασκεύασε το πυρηνοκίνητο αεροσκάφος LASH το οποίο ονόμασε Sevmojput και καθελκύστηκε στις 20 Φεβρουαρίου 1986.



Εικόνα 19: Πυρηνοκίνητο πλοίο Sevmoreput

5. Συμπεράσματα

Για να επιτευχθεί ο στόχος του μηδενικού αποτυπώματος άνθρακα από την ναυτιλία απαραίτητη προϋπόθεση είναι η μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα υψηλών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε εναλλακτικά χαμηλότερων ρύπων. Αυτή τη στιγμή, όπως προαναφέρθηκε, μόνο το 1% των καυσίμων που χρησιμοποιούνται από την ναυτιλία εκπέμπουν χαμηλούς ρύπους. Συνυπολογίζοντας ότι ο μέσος χρόνος ζωής ενός πλοίου είναι 20 με 25 χρόνια, για να επιτευχθούν οι στόχοι του IMO για μηδενικούς ρύπους άνθρακα το 2050, είναι επιτακτική η ανάγκη για άμεση μετάβαση του παγκόσμιου στόλου σε εναλλακτικά καύσιμα. Εδώ όμως δημιουργούνται πολλά ερωτήματα για τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η μετάβαση σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η τέταρτη επανάσταση στην πρόωση και ενέργεια των πλοίων περιλαμβάνει αρκετές τεχνολογικές προτάσεις που υπόσχονται ελάχιστους ή και μηδενικούς ρύπους. Η αμμωνία, το υδρογόνο, η ηλεκτρική ενέργεια από μπαταρίες και κυψέλες καυσίμου, η δέσμευση των εκπομπών, η χρήση πυρηνικής ενέργειας, η προσθήκη αιολικής ενίσχυσης στην κίνηση είναι κάποιες από αυτές τις προτάσεις, οι οποίες όμως βρίσκονται ακόμα σε πρώιμο τεχνολογικό στάδιο. Αν και έχουν ναυπηγηθεί εδώ και δεκαετίες πλοία τέτοιων κατηγοριών, σε γενικές γραμμές η λειτουργία τους κρίθηκε ως αποδοτικά ασύμφορη. Κάποια από αυτά οδηγήθηκαν σύντομα στη διάλυσή τους, ενώ άλλα μετασκευάστηκαν ώστε να λειτουργούν με κοινά καύσιμα.

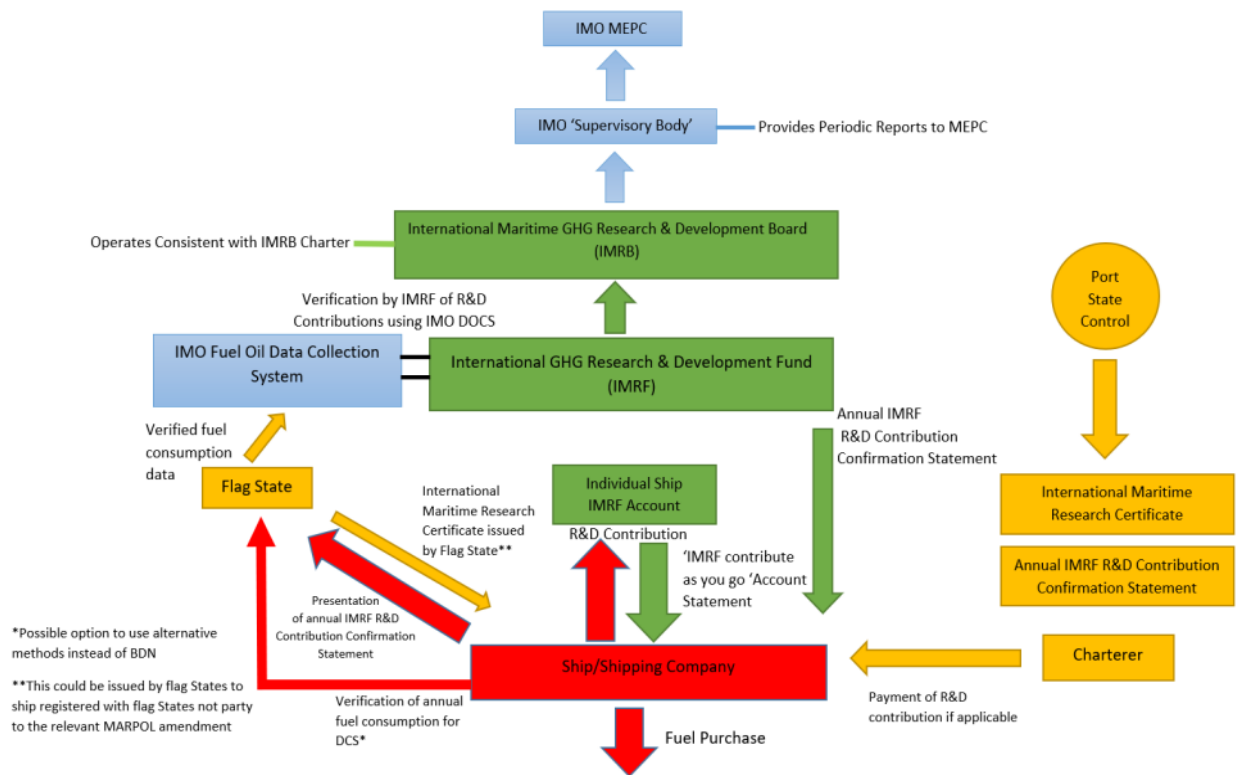
Αυτά που συνέχισαν να εκτελούν το έργο τους και τα νεόδμητα αφορούν κυρίως πλοία μικρών αποστάσεων και μικρής χωρητικότητας. Για παράδειγμα τα αμιγώς ηλεκτρικά feeder Shanghai Pan και Asia Shipping, έχουν χωρητικότητα 700TEUs, όταν τα container ships ορυκτών καυσίμων φτάνουν τα 24.000 TEUs. Είναι γεγονός λοιπόν, ότι οι τεχνολογίες των εναλλακτικών καυσίμων δεν είναι ακόμα έτοιμες να υποστηρίξουν ποντοπόρα πλοία μεγάλης χωρητικότητας. Τα ποσά ενέργειας που απαιτούν τα εμπορικά πλοία για την πρόωση και λειτουργεία τους είναι τεράστια συγκριτικά με αυτά που μπορούν να αποδώσουν τα εναλλακτικά καύσιμα.

Επιπλέον δημιουργούνται και άλλοι ευρύτεροι προβληματισμοί σχετικά με τις νέες τεχνολογίες. Ένας βασικός προβληματισμός αφορά τους χώρους και όρους αποθήκευσης των νέων χημικών ουσιών επί των πλοίων. Κάποιες είναι ιδιαίτερα τοξικές, εύφλεκτες και επικίνδυνες τόσο για την ανθρώπινη ζωή, όσο και για το περιβάλλον. Σημαντικό είναι η θέσπιση νέων μέτρων ασφάλειας καθώς και η αναθεώρηση των ήδη υπαρχόντων κανονισμών και η σωστή εκπαίδευση των πληρωμάτων των πλοίων στα νέα τεχνολογικά μέσα.

Οι νέες τεχνολογίες δεν θα επιφέρουν αλλαγές μόνο στα πλοία, αλλά και στον ευρύτερο ναυτιλιακό κλάδο, ώστε να μπορεί να τα υποστηρίξει. Τα λιμάνια πρέπει να διαθέτουν κατάλληλες εγκαταστάσεις που να ανταπεξέρχονται στον ανεφοδιασμό των πλοίων με έτερα καύσιμα, να διαθέτουν φορτηγίδες για τα πάσης φύσεως απόβλητά τους, να τους παρέχουν ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές κατά την διάρκεια παραμονής τους στο λιμάνι, να μειώσουν τις καθυστερήσεις και ότι άλλο απαιτείται για τη διευκόλυνση των πλοίων και τη μείωση των ρύπων. Από την άλλη πλευρά τα ναυπηγία πρέπει να εφοδιαστούν με τη γνώση των νέων τεχνολογιών και να εξοπλιστούν κατάλληλα, ώστε να είναι σε ετοιμότητα για μαζικές παραγωγές πλοίων και μετασκευές των ήδη υπαρχόντων.

Για να ολοκληρωθεί λοιπόν η μετάβαση και να επιτευχθούν οι νέοι περιβαλλοντικοί στόχοι απαιτούνται μεγάλα χρηματικά ποσά που πρέπει να επενδυθούν τόσο στην έρευνα και ανάπτυξη, όσο και στα ευρύτερα logistics των θαλάσσιων μεταφορών. Ο κλάδος όμως της ναυτιλίας δεν αποτελείται μόνο από μεγάλες ναυτιλιακές εταιρείες, ισχυρούς πλοιοκτήτες και πλούσια κράτη που πιθανόν να διαθέτουν τα επενδυτικά κεφάλαια που χρειάζονται. Η μικρές και οι μεσαίες επιχειρήσεις δεν θα μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στις τεχνολογικές απαιτήσεις. Επιπλέον σημαντικό είναι να παραμείνει χαμηλό το κόστος ανά μεταφερόμενο φορτίο, ώστε να διατηρηθεί η ανταγωνιστικότητα της ναυτιλίας και να μη δημιουργηθούν δυσχέρειες στις παγκόσμιες μεταφορές, καθώς ο μεγαλύτερος όγκος των αγαθών μεταφέρεται μέσω των θαλάσσιων οδών. Σύμφωνα όμως με τον IMO οι εταιρείες επένδυσαν το 2017 σε E&A για τη ναυτιλία 2,7 δισεκατομμύρια δολάρια, ενώ το 2019 μείωσαν σε 1,6 δισεκατομμύρια. Απαιτείται λοιπόν η δημιουργία ενός διεθνούς επενδυτικού συστήματος και μίας παγκόσμιας συνεργασίας όλων των εμπλεκόμενων φορέων.

Από το Δεκέμβριο του 2019 υπάρχει μια πρόταση από τον ναυτιλιακό κλάδο προς τον ΙΜΟ για την άμεση χρηματοδότηση της έρευνας για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της συμφωνίας του Παρισιού. Η πρόταση αυτή περιλάμβανε τη δημιουργία ενός μη κυβερνητικού οργανισμού έρευνας και ανάπτυξης, του International Maritime Research and Development Board (IMRB), με αποστολή την επιτάχυνση εισαγωγής νέων τεχνολογιών μηδενικών ρύπων στις θαλάσσιες μεταφορές. Η χρηματοδότηση θα παρέχεται από το Διεθνές Ταμείο Θαλάσσιας Έρευνας (IMRF). Οι ναυτιλιακές εταιρείες θα συνεισφέρουν 2 USD ανά τόνο καυσίμου που καταναλώνεται από κάθε πλοίο τους στο ταμείο, συγκεντρώνοντας έτσι περίπου 5 δισεκατομμύρια USD σε μια δεκαετή περίοδο. Επιπλέον στο πρόγραμμα θα μπορούσαν να συμμετάσχουν και άλλοι ενδιαφερόμενοι, όπως προμηθευτές ενέργειας, κατασκευαστές κινητήρων, εταιρείες τεχνολογίας, ιδρύματα έρευνας και ανάπτυξης, κτλ. (MEPC 75/7/4, 2019).



Εικόνα 20: Γραφική απεικόνιση συστήματος εισφορών (IMRB-IMRF)

Η πρόταση υποβλήθηκε από διεθνείς ενώσεις πλοιοκτητών που αντιπροσωπεύουν πάνω από το 90% του παγκόσμιου εμπορικού στόλου. Αυτές οι ενώσεις είναι:

- Bimco
- Cruise Lines International Association
- Intercargo
- Interferry
- International Chamber Of Shipping
- Intertanko
- International Parcel Tankers Association
- World Shipping Council

Η πρόταση για το ταμείο έρευνα και ανάπτυξης δεν έχει προωθηθεί από την Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC 78) του IMO, καθώς δεν συμφωνούν όλα τα κράτη. Παρόλα αυτά είναι επιτακτική η ανάγκη για άμεση αναβάθμιση του στόλου σε τεχνολογίες πρόωσης τέταρτης γενιάς. Στον τομέας της ναυτιλίας τα επόμενα χρόνια θα εμφανιστούν πολλές προκλήσεις και ευκαιρίες με κοινό παρονομαστή την καινοτομία, που θα οδηγήσουν στην γενικότερη αναμόρφωση του κλάδου.

Βιβλιογραφία

- Agency European Environment, 2022. *eea.europa*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.eea.europa.eu/ims/global-and-european-temperatures>
[Accessed 22 Ιούνιος 2022].
- Andersson, K., Brynolf, S., Lindgren, J.F. & Wilewska-Bien, 2016. Shipping and the environment: improving environmental performance in marine transportation. *Springer*.
- Baird Maritime, 2021. *Baird Maritime*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.bairdmaritime.com/work-boat-world/passenger-vessel-world/ro-pax/vessel-review-hydra-norled-takes-delivery-of-ferry-designed-to-run-on-liquid-hydrogen/>
- Baoyi Lv, et al., 2022. Deciphering the characterization, ecological function and assembly processes of bacterial communities in ship ballast water and sediments. *Science of the Total Environment*.
- Bunyamin Kamal & Sevki Kutay, 2021. Assessment of causal mechanism of ship bunkering oil pollution. *Ocean and Coastal Management*.
- Det Norske Veritas, 2021. *DNV*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.dnv.com/maritime/insights/topics/eexi/index.html>
- Elizabeth Lindstad, et al., 2021. Reduction of maritime GHG emissions and the potential role of E-fuels. *Transportation Research Part D*, Νοέμβριος.
- Erbe, C., 2012. Effects of underwater noise on marine mammals.. *The effects of noise on aquatic life..*
- Garcia, R., 2003. *The Prestige: one year on, a continuing disaster*, Μαδρίτη: WWF-Spain.
- Haakon Lindstad, Carl Rehn & Gunnar S. Eskeland, 2017. Sulphur Abatement Globally in Maritime Shipping. *Business and Management Science Discussion*.
- Hecht, D. J., 1997. *The environmental effects of freight*, Παρίσι: OECD.
- Hughes, D. E., 2021. *FuelEU Maritime – Avoiding Unintended Consequences-efficacy and implications of potential measures, including new EU fuel standards, to help decarbonise international shipping*, Βρυξέλλες: European Community Shipowners' Associations και International Chamber of Shipping.
- HySeas III, 2022. *HySeas III*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.hyseas3.eu/>
- IMO, n.d. *International Maritime Organization*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>

International Chamber of Shipping και Ricardo, 2021. *A zero emission blueprint for shipping*, Λονδίνο: Marisec Publications.

International Chamber of Shipping, *International Chamber of Shipping*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.ics-shipping.org/>

International Chamber Shipping , 2020. *Catalysing the fourth propulsion revolution-the urgent need to accelerate R&D to deliver zero-carbon shipping by 2050*, Λονδίνο: Marisec Publications.

International Maritime Organization, 2013. *World maritime day-a concept of a sustainable maritime transportation system*, Λονδίνο: International Maritime Organization.

Jasper Faber, et al., 2021. *Fourth IMO ghg study 2020-full report*, Λονδίνο: International Maritime Organization.

Leclanché , 2021. *Leclanché*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.leclanche.com/yara-birkeland-worlds-first-100-electric-and-autonomous-e-container-ship-fully-powered-by-a-leclanche-battery-system-prepares-for-commercial-operation/>

Linda S. Hammer, et al., 2022. *Maritime Forecast To 2050-energy transition outlook 2021*, Høvik: DNV.

Matthew K. Pine, Andrew G. Jeffs, Ding Wang & Craig A. Radford, 2016. The potential for vessel noise to mask biologically important sounds. *Ocean & Coastal Management*.

Moss, L., 2022. The 14 Biggest Oil Spills in History. *Treehugger*.

Naftemporiki, 2021. *Naftemporiki*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://m.naftemporiki.gr/story/1802663/to-proto-ilektriko-fortigo-ploio-dromologithike-sti-norbigia-stoxos-to-mideniko-plieroma>

Naval History and Heritage Command, *Naval History and Heritage Command*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.history.navy.mil/browse-by-topic/ships/submarines/uss-nautilus.html>

Pape, M., 2020. Decarbonising maritime transport: the EU perspective. *European Parliamentary Research Service*.

Przemyslaw Krata & Jacek Jachowski, 2021. Towards a modification of a regulatory framework aiming at bunker oil spill prevention from ships – A design aspect of bunker tanks vents location guided by CFD simulations. *Reliability Engineering and System Safety*.

Reporter, 2022. *Reporter*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.reporter.gr/Eidhseis/Naytilia/517062-H-Cosco-anaptyssei-plhrws-hlektrika-ploia-feeder>

Ritchie, H., 2020. Using data in climate watch. *the World Resources Institute*.

Statista, 2021. *Statista*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.statista.com/statistics/264117/tonnage-of-worldwide-maritime-trade-since-1990/#statisticContainer>

[Πρόσβαση Νοέμβριος 2021].

Tony R. Walker , et al., 2018. Environmental Effects of Marine Transportation. *ResearchGate*.

Veronika Eyring, et al., 2009. Transport impacts on atmosphere and climate: shipping.

Atmospheric Environment.

Yiseul Kim, Tiong Gim Aw, Tracy K. Teal & Joan B. Rose, 2015. Metagenomic Investigation of Viral Communities in Ballast Water. *Environmental. Science & Technology*.

Marine-offshore, 2021. *Marine-offshore*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://marine-offshore.bureauveritas.com/>

Topsoe, 2021. *Topsoe*. [Online]

Available at: <https://www.topsoe.com/>

MEPC 75/7/4, 18 Δεκεμβρίου 2019. *Reduction of ghg emissions from ships-Proposal to establish an International Maritime Research and Development Board (IMRB)*.

MEPC.277(70), 2016. *Amendments to the annex of the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto*.

Ελλάς WWF, 2017. *Ρύπανση στον Σαρωνικό κόλπο-υπόμνημα προς τις αρμόδιες αρχές σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από το ναυάγιο του δεξαμενόπλοιου «Αγία Ζώνη II»*, Αθήνα: Ελλάδα WWF.

Ζαχαριάδης, Π., 2020. Εμπορικά πλοία με πυρηνική ενέργεια: σύντομα κοντά σας. *Ναυτικά Χρονικά*.

ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2019/883. *του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου σχετικά με τις λιμενικές εγκαταστάσεις παραλαβής για την παράδοση αποβλήτων από πλοία*.

ΟΔΗΓΙΑ 2003/30/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 8ης Μαΐου 2003 σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές.

ΟΔΗΓΙΑ 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 19ης Νοεμβρίου 2008 για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών

Π.Δ. 400, 1996. *Κανονισμός για την πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από τα λύματα των πλοίων*. ΦΕΚ 268.

Έκθεση της επιτροπής προς το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο και το συμβούλιο, Ενδιάμεση αξιολόγηση του κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 911/2014 σχετικά με την πολυετή χρηματοδότηση της

δράσης του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Ασφάλεια στη Θάλασσα για την αντιμετώπιση της θαλάσσιας ρύπανσης από πλοία και εγκαταστάσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου, Βρυξέλλες, 31.7.2018 COM(2018) 564 final.