



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ, ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ & ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΒΙΟΟΙΚΟΝΟΜΙΑ, ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ & ΒΙΩΣΙΜΗ
ΑΝΑΠΤΥΞΗ»

**ΤΟ NET ZERO FRAMEWORK (NZF) ΤΟΥ ΙΜΟ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΤΗΣ
ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ**

Βασιλική Αμπράζη

Πειραιάς, Μάρτιος, 2026



UNIVERSITY OF PIRAEUS
SCHOOL OF ECONOMICS, BUSINESS AND INTERNATIONAL
STUDIES DEPARTMENT OF ECONOMICS

MSc. in Bioeconomy, Circular Economy & Sustainable
Development

**THE IMO'S NET ZERO FRAMEWORK (NZF) FOR
THE ENERGY TRANSITION OF INTERNATIONAL
SHIPPING**

By Vasiliki Amprazi

Piraeus, Greece, March 2026

«Το έργο που εκπονήθηκε έχει γραφτεί από εμένα αποκλειστικά στο σύνολό της. Δεν έχει υποβληθεί ούτε εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού προγράμματος ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό, ούτε είναι εργασία ή τμήμα εργασίας ακαδημαϊκού ή επαγγελματικού χαρακτήρα.

Οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας αναφέρονται στο σύνολό τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.»

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου
κ. Κοτταρίδη Κωνσταντίνα για την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές
που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας.

Το Net Zero Framework (NZF) του IMO για την ενεργειακή μετάβαση της διεθνούς ναυτιλίας

Σημαντικοί Όροι: [Απανθρακοποίηση, GHG (Αέρια του Θερμοκηπίου), Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO), MARPOL Annex VI, EEXI, CII, SEEMP Part III, Net Zero Framework (NZF), GFI (GHG Fuel Intensity Regulation), IMO Net-Zero Fund, EU Emissions Trading System (EU ETS), FuelEU Maritime, Market-Based Measures (MBMs), Life Cycle Assessment (LCA), Well-to-Wake emissions, Εναλλακτικά Καύσιμα (LNG, Μεθανόλη, Αμμωνία, Βιοκαύσιμα, e-fuels), Carbon Pricing, OPEX, CAPEX, Poseidon Principles]

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει το εξελισσόμενο ρυθμιστικό πλαίσιο απανθρακοποίησης της διεθνούς ναυτιλίας, με έμφαση στη μετάβαση από τα βραχυπρόθεσμα μέτρα περιορισμού εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) προς τα μεσοπρόθεσμα διαρθρωτικά εργαλεία που διαμορφώνονται υπό την αιγίδα του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO). Η μελέτη εστιάζει στη νέα στρατηγική Net Zero έως το 2050 και αναλύει σε βάθος το Net Zero Framework (NZF), τον Κανονισμό GFI (GHG Fuel Intensity Regulation) και τον μηχανισμό χρηματοδότησης IMO Net-Zero Fund, αξιολογώντας τη θεσμική τους αρχιτεκτονική, τη μεθοδολογία υπολογισμού εκπομπών (well-to-wake/LCA) και τις οικονομικές τους επιπτώσεις.

Η έρευνα βασίζεται σε ποιοτική και συγκριτική ανάλυση δευτερογενών πηγών, χωρίς συλλογή πρωτογενών δεδομένων, και εξετάζει τη διασύνδεση του παγκόσμιου πλαισίου του IMO με το ευρωπαϊκό κανονιστικό περιβάλλον, ιδίως το EU Emissions Trading System (EU ETS) και τον Κανονισμό FuelEU Maritime. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στον κίνδυνο διπλής ρύθμισης, στις επιπτώσεις στο λειτουργικό (OPEX) και επενδυτικό κόστος (CAPEX), στη στρατηγική ανανέωσης στόλου, καθώς και στη διαφοροποίηση επιδράσεων ανά υποκλάδο της ναυτιλίας.

Τα ευρήματα καταδεικνύουν ότι τα mid-term measures συνιστούν ουσιαστική μετατόπιση από τεχνικά σε αγορακεντρικά εργαλεία πολιτικής, ωστόσο η επιτυχία τους εξαρτάται από την τεχνολογική ωριμότητα εναλλακτικών καυσίμων, την ανάπτυξη

παγκόσμιων υποδομών και τη διασφάλιση ισότιμης μετάβασης για αναπτυσσόμενα κράτη. Συμπερασματικά, η εργασία αξιολογεί την επάρκεια του νέου πλαισίου και διατυπώνει προτάσεις πολιτικής προς τον ΙΜΟ, την Ευρωπαϊκή Ένωση, τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις και τους φορείς χρηματοδότησης, συμβάλλοντας στον επιστημονικό διάλογο για τη βιώσιμη μετάβαση της ναυτιλίας σε καθεστώς καθαρών μηδενικών εκπομπών.

The IMO's Net Zero Framework (NZF) for the energy transition of international shipping

Keywords: [Decarbonization, Greenhouse Gases (GHG), International Maritime Organization (IMO), MARPOL Annex VI, EEXI, CII, SEEMP Part III, Net Zero Framework (NZF), GHG Fuel Intensity Regulation (GFI), IMO Net-Zero Fund, EU Emissions Trading System (EU ETS), FuelEU Maritime, Market-Based Measures (MBMs), Life Cycle Assessment (LCA), Well-to-Wake emissions, Alternative Fuels (LNG, Methanol, Ammonia, Biofuels, e-fuels), Carbon Pricing, OPEX, CAPEX, Poseidon Principles]

ABSTRACT

This Master's thesis examines the evolving regulatory framework for the decarbonization of international shipping, with particular emphasis on the transition from short-term greenhouse gas (GHG) reduction measures to the emerging mid-term market-based mechanisms developed under the auspices of the International Maritime Organization (IMO). The study focuses on the Net Zero strategy towards 2050 and provides an in-depth analysis of the Net Zero Framework (NZF), the GHG Fuel Intensity Regulation (GFI), and the IMO Net-Zero Fund, assessing their institutional architecture, emissions accounting methodology (well-to-wake/LCA), and anticipated economic implications.

The research is based on qualitative and comparative analysis of secondary sources, without the use of primary empirical data. It further explores the interaction between the global IMO framework and the European regulatory regime, particularly the EU Emissions Trading System (EU ETS) and the FuelEU Maritime Regulation. Special attention is given to the risk of double regulation, impacts on operating (OPEX) and capital expenditures (CAPEX), fleet renewal strategies, and differentiated effects across shipping segments.

The findings indicate that the mid-term measures represent a structural shift from technical efficiency standards to market-oriented policy instruments. However, their effectiveness depends on the technological maturity of alternative fuels, the development of global bunkering infrastructure, and the assurance of an equitable transition for developing states. The thesis concludes by evaluating the adequacy of the proposed framework and offering policy recommendations addressed to the IMO, the European Union, shipping

companies, and financial stakeholders, contributing to the broader academic discourse on the transition of maritime transport toward net-zero emissions.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

vii

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή στη Μελέτη και στο Ερευνητικό Πλαίσιο

1.1	Εισαγωγή	1
1.2	Ερευνητικό πλαίσιο και σημασία του θέματος	2
1.2.1	Ερευνητικά ερωτήματα και σκοποί	2
1.2.2	Μεθοδολογία και προσέγγιση	3
1.2.3	Όρια – περιορισμοί της έρευνας	3
1.2.4	Δομή της εργασίας	5
1.3	Ανακεφαλαίωση	5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Το Ρυθμιστικό Πλαίσιο της Απανθρακοποίησης στη Ναυτιλία

2.1	Εισαγωγή	7
2.2	Ο ρόλος του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO)	8
2.3	Εξέλιξη των στρατηγικών GHG πριν και μετά το 2023	9
2.4	Η συμβολή του MARPOL Annex VI στη μείωση αέριων ρύπων GHG	9
2.5	Τα short-term measures (EEXI, CII, SEEMP Part III) – αξιολόγηση έως το 2024	11
2.6	Προκλήσεις στην εφαρμογή των μέχρι σήμερα ρυθμίσεων	13
2.7	Η ανάγκη για mid-term measures: πολιτικό & τεχνολογικό υπόβαθρο	14
2.8	Ανακεφαλαίωση	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

To Net Zero Framework (NZF) του IMO

3.1 Εισαγωγή	17
3.2 Στόχοι του NZF και χρονοδιάγραμμα έως το 2050	18
3.3 Η αρχιτεκτονική του νέου πλαισίου μέτρων	18
3.4 Ο ρόλος της ειδικής MEPC Οκτωβρίου 2025	19
3.5 Διασύνδεση με LCA Guidelines, Well-to-Wake emissions	20
3.6 Σχέση NZF με CCS, alternative fuels και ενεργειακές υποδομές	20
3.7 Ανάγκες χρηματοδότησης και υποδομής σε παγκόσμιο επίπεδο	21
3.8 Ανακεφαλαίωση	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Ο Κανονισμός GFI (GHG Fuel Intensity Regulation)

4.1 Εισαγωγή	23
4.2 Ορισμός και λειτουργία του μέτρου	24
4.3 Μεθοδολογία υπολογισμού έντασης εκπομπών	25
4.4 Στόχοι μείωσης ανά δεκαετία (2027–2040)	27
4.5 Συμβατότητα με εναλλακτικά καύσιμα (LNG, methanol, ammonia, biofuels, e-fuels)	28
4.6 Τεχνικά ζητήματα: LCA, certification, fuel pathways	29
4.7 Αναμενόμενες επιπτώσεις για :	30
4.7.1 Κόστος καυσίμων	30
4.7.2 Σχεδίαση πλοίων	31
4.7.3 Επιλογή μηχανών και τεχνολογιών	31
4.8 Κίνδυνοι, εμπόδια και αβεβαιότητες	31

4.9 Ανακεφαλαίωση	32
--------------------------	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

To IMO Net-Zero Fund

5.1 Εισαγωγή	34
5.2 Λειτουργική δομή του διεθνούς ταμείου	35
5.3 Carbon pricing approach: levy, premium, surcharge	36
5.4 Allocation of revenues – R&D, τεχνολογικές επενδύσεις, LDC & SIDS support	37
5.5 Σύγκριση με άλλα MBMs (EU ETS, σκανδιναβικοί φόροι, ICAO CORSIA)	39
5.6 Οικονομικές επιπτώσεις στην αγορά ναύλων και στις αλυσίδες εφοδιασμού	40
5.7 Πλεονεκτήματα και κριτική στο μοντέλο του Net-Zero Fund	41
5.8 Ανακεφαλαίωση	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συγκριτική Ανάλυση με το Ευρωπαϊκό Πλαίσιο (EU ETS & FuelEU Maritime)

6.1 Εισαγωγή	44
6.2 Ο ρόλος της ΕΕ ως νομοθέτη	45
6.3 Εισαγωγή της ναυτιλίας στο EU ETS – λειτουργία, κόστος, φάσεις ένταξης	45
6.4 FuelEU Maritime – ένταση GHG, RFNBO quotas, well-to-wake	βάση 47
6.5 Συγκρούσεις & επικαλύψεις με GFI	48
6.6 Συμβατότητα του IMO Net-Zero Fund με EU ETS ευθυγράμμιση	49

6.7 Ανάλυση πιθανής διπλής επιβάρυνσης (double regulation)	50
6.8 Ειδικές επιπτώσεις για εταιρείες με ευρωπαϊκές δραστηριότητες	51
6.9 Ανακεφαλαίωση	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ	xi
Επιπτώσεις στη Ναυτιλιακή Βιομηχανία	52
7.1 Εισαγωγή	52
7.2 Επιπτώσεις στο operating cost (OPEX) και capital cost (CAPEX)	53
7.3 Αλλαγές σε fleet strategy & fleet renewal	54
7.4 Επιδράσεις στην αγορά ναύλων (spot & time-charter)	55
7.5 Επιπτώσεις στα logistics και στις αλυσίδες τροφοδοσίας καυσίμων	56
7.6 Επιχειρησιακές προσαρμογές: speed optimization, routing, fuel management	57
7.7 Επιπτώσεις ανά υποκλάδο ναυτιλίας :	57
7.7.1 Containers	58
7.7.2 Tankers	58
7.7.3 Dry bulk	58
7.7.4 LNG carries	59
7.8 Ρόλος των τραπεζών και της πράσινης χρηματοδότησης (Poseidon Principles κ.λπ.)	59
7.9 Ανακεφαλαίωση	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 Αξιολόγηση Ετοιμότητας της Διεθνούς Ναυτιλίας

8.1 Εισαγωγή	62
8.2 Βαθμός τεχνολογικής ωριμότητας πράσινων καυσίμων	62
8.3 Υποδομές ανεφοδιασμού και παγκόσμια γεωγραφική ανισότητα	63
8.4 Διαθεσιμότητα πόρων & παραγωγή e-fuels	64
8.5 Τρέχουσα στρατηγική των ναυτιλιακών ομίλων	64
8.6 Σενάρια συμμόρφωσης έως το 2050	65
8.7 Συνολική αξιολόγηση ωριμότητας κλάδου	66
8.8 Ανακεφαλαίωση	67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Συμπεράσματα & Προτάσεις Πολιτικής

9.1 Εισαγωγή	68
9.2 Συνοπτική σύνθεση ευρημάτων	68
9.3 Αξιολόγηση επάρκειας των mid-term measures	69
9.4 Διοικητικές και στρατηγικές παρατηρήσεις :	70
9.4.1 IMO	70
9.4.2 Ευρωπαϊκή Ένωση	70
9.4.3 Ναυτιλιακές εταιρείες	70
9.4.4 Φορείς χρηματοδότησης	71
9.5 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	71
9.6 Ανακεφαλαίωση	71

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72
---------------------	-----------

Ελληνική	72
Διαδικτυακοί Τόποι	74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή στη Μελέτη και στο Ερευνητικό Πλαίσιο

1.1 Εισαγωγή

Η διεθνής ναυτιλία είναι υπεύθυνη για την μεταφορά του μεγαλύτερου μέρους των εμπορευμάτων ανά τις ηπείρους, υποστηρίζοντας σε μεγάλο βαθμό την παγκόσμια οικονομική δραστηριότητα. Αποτελεί λοιπόν θεμελιώδη συνιστώσα του παγκόσμιου εμπορίου. Ωστόσο, οι υπηρεσίες της βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε ορυκτά καύσιμα, γεγονός που αντικατοπτρίζεται στο μερίδιο της στις παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου GHG. Η ανάγκη για ολοκληρωτική μείωση των εκπομπών αυτών φέρνει την ναυτιλία στο προσκήνιο διεθνών πολιτικών και επιστημονικών συζητήσεων σχετικά με την απανθρακοποίηση και την μετάβαση σε καθαρά καύσιμα. Οι παγκόσμιες υποχρεώσεις για κλιματική ουδετερότητα, όπως αποτυπώνονται στη Συμφωνία των Παρισίων και στις σχετικές κατευθύνσεις του IPCC, σημειώνουν την ανάγκη για άμεσες και οργανωμένες δράσεις σε όλους τους παραγωγικούς τομείς, περιλαμβάνοντας τη ναυτιλία όπως αναφέρει ο IPCC (2021). Τη διεθνή ρύθμιση του κλάδου αναλαμβάνει κατεξοχήν ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (International Maritime Organisation, IMO), ο οποίος έχει υλοποιήσει μια σειρά στρατηγικών και ρυθμιστικών ενεργειών με σκοπό την μείωση της ανθρακικής έντασης και των συνολικών εκπομπών των πλοίων. Η αναθεώρηση της στρατηγικής του IMO το 2023 υπήρξε ορόσημο, βάζοντας φιλόδοξους στόχους ενώ προβάλλει την προοπτική καθαρών μηδενικών εκπομπών «περί το 2050» (IMO,2023). Η σημασία της αναθεωρημένης στρατηγικής έγκειται στο ότι εισάγει ενδεικτικούς σταθμούς μείωσης για τα έτη 2030 και 2040 και προωθεί την εφαρμογή μέτρων που συνδυάζουν τεχνικά πρότυπα με οικονομικά εργαλεία.

Στο πλαίσιο αυτό, το προτεινόμενο Net Zero Framework (NZF) του IMO (που τροποποιείται εν όψη συνεδριάσεων της αρμόδιας επιτροπής Marine Environmental Protection Committee, MEPC) συγκεντρώνει δύο βασικούς άξονες.

Αφενός έναν υποχρεωτικό κανόνα έντασης εκπομπών/καυσίμων και αφετέρου έναν παγκόσμιο μηχανισμό χρηματοδότησης και τιμολόγησης με χαρακτηριστικά χρηματοδότησης της ενεργειακής μετάβασης (Net-Zero Fund). Οι διαπραγματεύσεις γύρω από το NZF και οι πιθανές συνέπειες του στον κλάδο έχουν ήδη προκαλέσει ενδιαφέρον, αντιπαραθέσεις και δημόσιες τοποθετήσεις από κράτη και ενδιαφερόμενους φορείς.

1.2 Ερευνητικό πλαίσιο και σημασία του θέματος

Η έρευνα εντάσσεται σε μια πολυεπίπεδη ρυθμιστική και τεχνολογική δομή, όπου το διεθνές κανονιστικό πλαίσιο (IMO) συνυπάρχει με περιφερειακά -κυρίως της Ευρωπαϊκής Ένωσης- μέτρα και με τις ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις στα εναλλακτικά καύσιμα (e-fuels, αμμωνία, υδρογόνο, μεθανόλη, βιοκαύσιμα) καθώς και στις τεχνολογίες αποθήκευσης και δέσμευσης άνθρακα. Το ερευνητικό πλαίσιο απαιτεί ολοκληρωμένη ανάλυση σε κανονιστικά έγγραφα, τεχνικές μελέτες, οικονομικές προβλέψεις και εκτιμήσεις για την ετοιμότητα των υποδομών. Συγκεκριμένα η εργασία εστιάζει στην αξιολόγηση των mid-term measures του IMO και της σχέσης τους με τα μέτρα της E.E (EU ETS, FuelEU Maritime), με κύριο στόχο την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας, της συμβατότητας και των οικονομικών επιπτώσεων στις ναυτιλιακές επιχειρήσεις. Η ουσία του θέματος πηγάζει αφενός από το γεγονός ότι η ναυτιλία αποτελεί μια διεθνή δραστηριότητα που χρήζει μιας παγκόσμιας λύσης και αφετέρου από τις οικονομικές προεκτάσεις της μετάβασης. Η μεταφορά σε καύσιμα χαμηλής έντασης άνθρακα απαιτεί μεγάλα κεφάλαια επένδυσης σε νέα πλοία, σε λιμενικές και παραγωγικές υποδομές για πράσινα καύσιμα, καθώς και μηχανισμούς δικαιοσύνης και στήριξης για αναπτυσσόμενες χώρες. Το πρόβλημα αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα όταν εξετάζεται ο ρόλος της Ευρώπης ως περιφερειακού νομοθέτη με υψηλές απαιτήσεις και τον κίνδυνο ρυθμιστικής σύγκρουσης που μπορεί να οδηγήσει σε άνισες επιβαρύνσεις.

1.2.1 Ερευνητικά ερωτήματα και σκοποί

Η διεθνής ναυτιλία είναι υπεύθυνη για τις μεγαλύτερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, με καθοριστικό αντίκτυπο στη κλιματική αλλαγή. Στο πλαίσιο της παγκόσμιας προσπάθειας για μείωση των εκπομπών, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) εισάγει το Net Zero Framework (NZF) και τα mid-term measures, τα οποία στοχεύουν να επιτύχουν καθαρές μηδενικές εκπομπές μέχρι το 2020 όπως αναφέρει ο IMO (2023). Αυτή η εργασία έχει στόχο να αναλύσει τα μέτρα αυτά και να αξιολογήσει την ετοιμότητα της διεθνούς ναυτιλιακής κοινότητας να τα εφαρμόσει. Παράλληλα η έρευνα εξετάζει κατά πόσο τα διεθνή και περιφερειακά ρυθμιστικά εργαλεία είναι συμβατά μεταξύ τους, ποιες οικονομικές και τεχνολογικές επιπτώσεις συνεπάγονται για τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις, και πως διαφοροποιούνται ανά υποκλάδο της αγοράς. Τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα αφορούν το πώς δομούνται τα μέτρα GFI και Net-Zero Fund και ποιο είναι το λειτουργικό τους αποτύπωμα. Ποιες είναι οι σχέσεις και οι συγκρούσεις με το ευρωπαϊκό πλαίσιο, όπως το EU ETS και το FuelEU Maritime. Ποιοι παράγοντες τεχνολογίας, υποδομής και χρηματοδότησης είναι κρίσιμοι για την εφαρμογή του NZF. Τέλος, η μελέτη επιδιώκει να προσδιορίσει κατά πόσο το παγκόσμιο σύστημα τιμολόγησης άνθρακα μπορεί να ενισχύσει την αποτελεσματικότητα του νέου πλαισίου, να περιορίσει φαινόμενα διπλής ρύθμισης και να προσφέρει δίκαιη στήριξη σε οικονομικά και γεωγραφικά ευάλωτα κράτη.

Σκοπός της εργασίας είναι να προσφέρει μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση, του πως οι διεθνείς και ευρωπαϊκές ρυθμίσεις αλληλεπιδρούν και ποια μέτρα μπορούν να βελτιώσουν την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα της ενεργειακής μετάβασης στην ναυτιλία. Παράλληλα, επιδιώκεται η διατύπωση προτάσεων πολιτικής που να υποστηρίζουν δίκαιη και βιώσιμη εφαρμογή των μέτρων, λαμβάνοντας υπόψη τις ποικίλες οικονομικές δυνατότητες και υποδομές των κρατών-μελών όπως αναφέρει ο UN/IMO (2025).

Επιπλέον επιδιώκεται να εντοπιστούν οι αβεβαιότητες και οι κίνδυνοι που σχετίζονται με την εφαρμογή του NZF, όπως η τεχνολογική ωριμότητα των πράσινων καυσίμων, η διαθεσιμότητα των υποδομών ανεφοδιασμού, η δυνατότητα χρηματοδότησης και η πιθανή διπλή ρύθμιση με ευρωπαϊκά μέτρα όπως αναφέρει ο EMSA (2025). Έτσι η έρευνα αυτή είναι σε θέση να προσφέρει μια σφαιρική εικόνα

των στρατηγικών και πολιτικών επιλογών που μπορούν να υποστηρίξουν την επίτευξη των στόχων απανθρακοποίησης.

1.2.3 Όρια – περιορισμοί της έρευνας

Βασικός περιορισμός στην έρευνα είναι η έλλειψη πρωτογενών δεδομένων, όπως συνεντεύξεις με διευθυντές στόλου ή ερωτηματολογίων ναυτιλιακών εταιρειών. Το γεγονός περιορίζει την άμεση καταγραφή στρατηγικών αποφάσεων και υποκειμενικών εμπειριών. Επιπλέον, τα μέτρα του IMO δεν έχουν οριστικοποιηθεί πλήρως, οπότε υπάρχει σημαντική αμφιβολία ως προς την τελική μορφή τους, το χρονοδιάγραμμα εφαρμογής και τις λεπτομέρειες του χρηματοδοτικού μηχανισμού. Η εξέλιξη των τεχνολογιών σε εναλλακτικά καύσιμα, όπως υδρογόνο, αμμωνία και ηλεκτροκαύσιμα, μπορούν να αλλάξουν τις οικονομικές προβλέψεις και την αποδοχή των μέτρων όπως αναφέρει ο Henderson (2025).

Επίσης, η προσφορά υποδομών ανεφοδιασμού δείχνει σημαντικές γεωγραφικές ανισότητες, γεγονός που περιορίζει την ισομερειακή εφαρμογή των μέτρων σε παγκόσμιο επίπεδο όπως αναφέρει ο EMSA (2025). Η πιθανή διπλή ρύθμιση από τον IMO και την Ευρωπαϊκή Ένωση μπορεί να δημιουργήσει επιπλέον οικονομικό βάρος για εταιρείες με ευρωπαϊκές δραστηριότητες όπως αναφέρει η European Commission (2023). Παρά τους περιορισμούς, η μελέτη παρέχει μια εμπεριστατωμένη εκτίμηση των δυνατοτήτων και περιορισμών της εφαρμογής των μέτρων mid-term και της στρατηγικής της ναυτιλιακής κοινότητας.

1.2.2 Μεθοδολογία και προσέγγιση (χωρίς πρωτογενή δεδομένα)

Η εργασία χρησιμοποιεί δευτερογενή δεδομένα, τα οποία περιλαμβάνουν επίσημα έγγραφα του IMO, τεχνικές αναφορές, επιστημονικές δημοσιεύσεις και εκθέσεις από διεθνείς οργανισμούς και εταιρείες πιστοποίησης. Η ανάλυση περιλαμβάνει την εξέταση των προτεινόμενων μέτρων mid-term του IMO, την αξιολόγηση των τεχνικών παραμέτρων του GFI και του Net-Zero Fund, τη σύγκριση με τα ευρωπαϊκά μέτρα EU ETS και FuelEU Maritime, και την ποιοτική εκτίμηση των επιχειρησιακών και οικονομικών επιπτώσεων για τις ναυτιλιακές εταιρείες.

Πρόκειται για μια κυρίως ποιοτική προσέγγιση που δίνει βάση στην σύνθεση και ερμηνεία των δεδομένων, ενώ οι συγκριτικές αναλύσεις αφορούν το συνδυασμό τεχνικών, οικονομικών και πολιτικών στοιχείων. Ειδικότερα εξετάζονται τα Guidelines για το Life Cycle Assessment (LCA) και το well-to-wake reporting, καθώς συνδέονται με τις εκπομπές των εναλλακτικών καυσίμων και την τεχνική συμβατότητα με τον κανονισμό GFI όπως αναφέρει ο IMO (2025). Τα δευτερογενή δεδομένα εξασφαλίζουν πρόσβαση σε μια αναλυτική τεχνική και ρυθμιστική πληροφορία, χωρίς τους περιορισμούς και το κόστος της πρωτογενούς συλλογής δεδομένων.

1.2.4 Δομή της εργασίας

Η έρευνα οργανώνεται σε εννέα κεφάλαια. Το πρώτο παρουσιάζει το ερευνητικό πλαίσιο, τους στόχους, τα ερευνητικά ερωτήματα, τη μεθοδολογική προσέγγιση και τα όρια της έρευνας. Το δεύτερο κεφάλαιο αναλύει το ρυθμιστικό πλαίσιο της απανθρακοποίησης, εξετάζοντας τον ρόλο του IMO, την εξέλιξη των στρατηγικών GHG πριν και μετά το 2023, τη συμβολή του MARPOL Annex VI, τα short-term measures (EEXI, CII, SEEMP Part III) και τις προκλήσεις στην εφαρμογή τους. Ταυτόχρονα, αναδεικνύεται η ανάγκη για mid-term measures, με αναφορά στο πολιτικό και τεχνολογικό υπόβαθρο. Το τρίτο κεφάλαιο εξετάζει το Net Zero Framework (NZF), τους στόχους του, τη δομή του, τη διασύνδεση με LCA Guidelines, Well-to-Wake emissions, τη σχέση με CCS, alternative fuels και ενεργειακές υποδομές, καθώς και τις ανάγκες χρηματοδότησης και υποδομής σε παγκόσμιο επίπεδο. Το τέταρτο κεφάλαιο εστιάζει στον κανονισμό GFI, την ένταση εκπομπών, τη συμβατότητα με εναλλακτικά καύσιμα τις τεχνικές απαιτήσεις, τις αναμενόμενες επιπτώσεις σε κόστος και τεχνολογία, και τους κινδύνους.

Το πέμπτο κεφάλαιο εξετάζει το Net-Zero Fund, τη λειτουργική δομή, την προσέγγιση carbon pricing, την κατανομή των εσόδων, τη σύγκριση με άλλα MBMs και τις οικονομικές επιπτώσεις. Το έκτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στη συγκριτική ανάλυση με το ευρωπαϊκό πλαίσιο, ενώ το έβδομο κεφάλαιο διερευνά τις επιπτώσεις στη ναυτιλιακή βιομηχανία σε επίπεδο κόστους, στρατηγικής στόλου, αγοράς

ναύλων, logistics και υποκλάδων. Το όγδοο κεφάλαιο αξιολογεί την ετοιμότητα της διεθνούς ναυτιλίας, και το ένατο κεφάλαιο περιλαμβάνει συμπεράσματα και προτάσεις πολιτικής για IMO, ΕΕ, εταιρείες και φορείς χρηματοδότησης.

1.3 Ανακεφαλαίωση

Αυτό το κεφάλαιο αναλύει το ερευνητικό πλαίσιο της εργασίας, δίνοντας βάση στα μέτρα mid-term του IMO, το Net Zero Framework (NZF) και τον κανονισμό GFI, καθώς και στη σχέση τους με τα ευρωπαϊκά μέτρα EU ETS και FuelEU Maritime. Στην ανάλυση των τεχνικών, οικονομικών και επιχειρησιακών επιπτώσεων των μέτρων, λαμβάνεται υπόψη η τεχνολογική ωριμότητα των καυσίμων, οι υποδομές ανεφοδιασμού και οι ανάγκες χρηματοδότησης. Παρά τους περιορισμούς που προκύπτουν από την έλλειψη πρωτογενών δεδομένων και την αβεβαιότητα οριστικοποίησης των μέτρων, η ανάλυση παρέχει μια συνολική εικόνα των προκλήσεων και των στρατηγικών επιλογών της διεθνούς ναυτιλιακής κοινότητας για την επίτευξη καθαρών μηδενικών εκπομπών έως το 2050 όπως αναφέρει ο IPCC και European Commission (2021), (2023).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Το Ρυθμιστικό Πλαίσιο της Απανθρακοποίησης στη Ναυτιλία

2.1 Εισαγωγή

Η διεθνής ναυτιλία είναι ένας από τους κύριους πυλώνες της παγκόσμιας οικονομίας, αφού εξασφαλίζει τη μεταφορά αγαθών και πρώτων υλών σε ολόκληρο τον κόσμο. Την ίδια στιγμή, αποτελεί έναν τομέα με κρίσιμες περιβαλλοντικές προκλήσεις, καθώς τα πλοία αποτελούν πηγή εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) και αερίων ρύπων που δυσχεραίνουν την ατμόσφαιρα και τα θαλάσσια οικοσυστήματα όπως αναφέρει ο IMO (2023). Η ανάγκη για ένα διεθνές υπόβαθρο όπου θα ρυθμίζονται οι ναυτιλιακές δραστηριότητες, είναι καθοριστική ώστε να διασφαλιστεί τόσο η ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα όσο και η προστασία του περιβάλλοντος.

Κρίσιμο θεσμικό φορέα αποτελεί IMO που οργανώνει αυτές τις προσπάθειες. Με την ίδρυση του το 1948 και την έναρξη λειτουργίας του το 1959, έχει καθορίσει το σύγχρονο διεθνές ναυτικό δίκαιο μέσα από συμβάσεις όπως η SOLAS, η MARPOL και η STCW, ενώ εξειδικευμένοι κώδικες όπως οι ISM και ISPS ενδυναμώνουν την ασφάλεια και την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα των πλοίων όπως αναφέρει Παπαναστασίου και Churchill & Lowe (2018), (2010).

Σημαντική εξέλιξη του έργου του IMO συνιστά η περιβαλλοντική πολιτική, με βασικό στόχο να μειωθούν οι εκπομπές GHG μέσω στρατηγικών και τεχνικών και λειτουργικών μέτρων, όπως οι δείκτες EEXI και CII όπως αναφέρει ο IMO (2021).

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται ο ρόλος του IMO στη διεθνή ναυτιλία, η πρόοδος των στρατηγικών για την μείωση εκπομπών πριν και μετά το 2023, η συμβολή του MARPOL Annex VI και των short-term measures, καθώς και οι προκλήσεις αλλά και οι ανάγκες για mid-term measures όπως αναφέρει ο Anderson (2012). Επιπροσθέτως παρουσιάζεται το ρυθμιστικό πλαίσιο, οι τεχνικές και οικονομικές στρατηγικές όπως και η υλοποίηση τους στην πράξη, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα για το πώς ο IMO οδηγεί τη διεθνή ναυτιλία προς τη

βιώσιμη ανάπτυξη και τη απαραίτητη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όπως αναφέρει ο Μητρόπουλος (2014)

2.2 Ο ρόλος του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO)

Ο IMO αποτελεί τον πλέον αρμόδιο οργανισμό του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών για την οργάνωση της διεθνούς ναυτιλίας και την προσαρμογή διεθνών προτύπων ασφάλειας και περιβαλλοντικής προστασίας. Η σύσταση του το 1948 και η έναρξη λειτουργίας του το 1959 εκφράζουν την ανάγκη για έναν ενιαίο θεσμικό μηχανισμό, ικανό να αντιμετωπίσει τις ανερχόμενες απαιτήσεις της ναυτιλιακής βιομηχανίας, εξασφαλίζοντας την ασφάλεια ανθρώπινης ζωής στην θάλασσα και την προστασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων όπως αναφέρει ο IMO (2023). Η δημιουργία του Οργανισμού αποτέλεσε σημαντικό ορόσημο στη διαμόρφωση του σύγχρονου διεθνούς ναυτικού δικαίου όπως αναφέρει ο Παπαναστασίου (2018).

Κεντρικός πυλώνας του έργου του IMO είναι η ενσωμάτωση και συνεχής επικαιροποίηση διεθνών συμβάσεων και τεχνικών κωδίκων. Μεταξύ των βασικότερων συμβάσεων συγκαταλέγονται η SOLAS για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα, η MARPOL για την πρόληψη της θαλάσσιας ρύπανσης από πλοία και η STCW που καθορίζει τα ελάχιστα πρότυπα εκπαίδευσης και πιστοποίησης των ναυτικών όπως αναφέρουν οι Churchill και Lowe (2010). Οι συμβάσεις αυτές είναι ο ακρογωνιαίος λίθος του σύγχρονου κανονιστικού πλαισίου της ναυτιλίας και συμπληρώνονται από εξειδικευμένους κώδικες, όπως ο ISM και ο ISPS, που επιδιώκουν τη βελτίωση της επιχειρησιακής ασφάλειας και της προστασίας των πλοίων.

Ο IMO λειτουργεί επίσης ως πλατφόρμα διεθνούς ναυτιλιακής διακυβέρνησης. Οι αποφάσεις παίρνονται στο πλαίσιο της Συνέλευσης, του Συμβουλίου και μιας σειράς εξειδικευμένων επιτροπών, γεγονός που επιδιώκει την ενεργή συμμετοχή των κρατών-μελών και της ναυτιλιακής βιομηχανίας στον σχηματισμό των κανόνων όπως αναφέρει ο Basaran (2016). Η διακυβερνητική αυτή δομή ενδυναμώνει τη νομιμοποίηση των αποφάσεων και συμβάλλει στην ευρεία εφαρμογή τους.

Τα τελευταία δέκα χρόνια ο Οργανισμός έχει πρωταγωνιστικό ρόλο και σε ζητήματα βιωσιμότητας. Η υιοθέτηση της Στρατηγικής για τη ελαχιστοποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία και η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής απόδοσης, όπως οι δείκτες EEXI και CII, δείχνουν την προσπάθεια του να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις για την αντιμετώπιση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προκλήσεων όπως αναφέρει ο IMO (2021). Παράλληλα, τα προγράμματα τεχνικής συνεργασίας ενισχύουν την δυνατότητα των αναπτυσσόμενων κρατών να εφαρμόσουν αποτελεσματικά του κανονισμού όπως αναφέρει Μητρόπουλος (2014).

Ουσιαστικά, ο IMO είναι ένας αναντικατάστατος θεματοφύλακας της παγκόσμιας ναυτιλιακής τάξης, αφού συνδυάζει την ανάπτυξη κανόνων, την προώθηση της διεθνούς συνεργασίας και την υποστήριξη της βιώσιμης ναυτιλιακής ανάπτυξης.

2.3 Εξέλιξη των στρατηγικών GHG πριν και μετά το 2023

Η διαχείριση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) από τη διεθνή ναυτιλία είναι μια από τις πιο κρίσιμες προκλήσεις του IMO. Νωρίτερα από το 2023, η δομή δράσης του IMO στηριζόταν στην Αρχική Στρατηγική του 2018, η οποία ήταν το πρώτο ολοκληρωμένο παγκόσμιο κείμενο με στόχους για τη μείωση GHG στον ναυτιλιακό τομέα όπως αναφέρει ο IMO (2018). Η στρατηγική αυτή προέβλεπε στη μείωση έντασης εκπομπών κατά τουλάχιστον 40% έως το 2030 ενώ επιδίωκε μείωση 70% έως το 2050, συγκριτικά με τα επίπεδα του 2008 όπως αναφέρει ο IMO (2018). Επίσης, περιλάμβανε μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα μέτρα, όπως τον σχεδιασμό νέων τεχνικών απαιτήσεων, την προώθηση εναλλακτικών καυσίμων και τους χρηματοδοτικούς μηχανισμούς έρευνας και καινοτομίας.

Παρά την σημαντική ιστορική αξία, η στρατηγική του 2018 δέχθηκε κριτική για τον περιορισμό της φιλοδοξίας της σε σχέση με τους στόχους της Συμφωνίας των Παρισίων (Basaran, 2016). Η ανάγκη για ταχύτερη απανθρακοποίηση, σε συνδυασμό με την πίεση από κράτη-μέλη και περιβαλλοντικούς φορείς οδήγησε σε αναθεώρηση της στρατηγικής το 2023, σηματοδοτώντας μια νέα εποχή για τις

ναυτιλιακές ρυθμίσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) όπως αναφέρει ο Παπαναστασίου (2018).

Η Αναθεωρημένη Στρατηγική GHG του 2023 έφερε σημαντικά αυστηρότερους και πιο συγκεκριμένους στόχους. Ο IMO τώρα στοχεύει στην επίτευξη καθαρών μηδενικών εκπομπών το 2050, ενώ θέτει ενδιάμεσους δεσμευτικούς στόχους όπως ελαχιστοποίηση κατά τουλάχιστον 20% έως το 2030 και 70% έως το 2040 όπως αναφέρει ο IMO (2023). Η στρατηγική αυτή ενδυναμώθηκε με τα νέα τεχνικά και οικονομικά μέτρα, που αφορούν τους μηχανισμούς τιμολόγησης άνθρακα, την προώθηση καυσίμων χαμηλών και μηδενικών εκπομπών, καθώς και αυστηρότερα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης των πλοίων όπως αναφέρει ο Anderson (2012).

Η υιοθέτηση των δεικτών EEXI και CII από το 2023 αποτελεί την έναρξη ενός συστήματος διαρκούς αξιολόγησης των εκπομπών των πλοίων, καθώς εστιάζει τόσο στη σχεδίαση όσο και στη λειτουργική απόδοσή του όπως αναφέρει ο Μητρόπουλος (2014). Παράλληλα, η στρατηγική του 2023 ενθαρρύνει την ανάπτυξη «πράσινων διαδρομών» (green shipping corridors) και τη δημιουργία νέων υποδομών για την υποστήριξη καυσίμων όπως η πράσινη αμμωνία, το υδρογόνο και τα συνθετικά καύσιμα.

Συνολικά, η εξέλιξη πριν και μετά το 2030 δείχνει μια μετάβαση από ένα γενικό πλαίσιο κατευθύνσεων σε ένα σύνολο δεσμευτικών στόχων με σαφές χρονοδιάγραμμα και πολυεπίπεδα μέτρα. Η Αναθεωρημένη Στρατηγική του 2023 αναδιαμορφώνει την διαδρομή της διεθνούς ναυτιλίας προς την απανθρακοποίηση, ενώ ενισχύει τον ρόλο του IMO ως ένας θεσμικός ηγέτης της βιώσιμης ναυτιλίας.

2.4 Η συμβολή του MARPOL Annex VI στη μείωση αέριων ρύπων και GHG

Το παράρτημα VI της Σύμβασης MARPOL αποτελεί το κύριο διεθνές ρυθμιστικό πλαίσιο για τον περιορισμό των αέριων ρύπων από τα πλοία και συνιστά τη θεμελιώδη βάση πάνω στην οποία έχουν αναπτυχθεί οι πρόσφατες στρατηγικές του IMO για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Η αρχική του υιοθέτηση το 1997 εστίαζε στη μείωση των εκπομπών SO_x, NO_x και πτητικών οργανικών

ενώσεων, ενώ οι μεταγενέστερες τροποποιήσεις ενσωμάτωσαν αυστηρότερα πρότυπα και μηχανισμούς παρακολούθησης όπως αναφέρουν οι Churchill και Lowe (2010).

Η σταδιακή καθιέρωση των Emissions Control Areas (ECAs), η σημαντική μείωση των επιτρεπτών ορίων θείου στα καύσιμα και οι αυστηρότεροι κανονισμοί για τα οξείδια του αζώτου συνέβαλλαν καθοριστικά στη βελτίωση ποιότητας του αέρα σε παράκτιες περιοχές και διεθνείς θαλάσσιες διαδρομές όπως αναφέρει ο Anderson (2012).

Από το 2011 και μετά, το Annex VI απέκτησε ακόμη μεγαλύτερη σημασία με την ενσωμάτωση διατάξεων για την ενεργειακή απόδοση των πλοίων. Η εισαγωγή του Energy Efficiency Design Index (EEDI) και μετέπειτα του Ship Energy Management Plan (SEEMP) αποτέλεσαν τις πρώτες δεσμευτικές παγκόσμιες ρυθμίσεις για τη μείωση GHG στη ναυτιλία (Μητρόπουλος, 2014). Με αυτά τα εργαλεία, ο IMO καθιέρωσε τη λογική της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης στον σχεδιασμό και στη λειτουργία των πλοίων, θέτοντας το πλαίσιο για την υιοθέτηση των short-term measures μετά το 2020.

Η συμβολή του Annex VI δεν περιορίζεται μόνο στη διαδικαστική θέσπιση ορίων, αλλά συνδέεται με τη συνολική στρατηγική απανθρακοποίησης του IMO. Η εμπειρία από την εφαρμογή του —ιδίως μέσω EEDI και των ECAs— έδειξε ότι η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι ικανή να ανταποκριθεί σε δεσμευτικούς τεχνικούς κανόνες χωρίς να κινδυνεύει η λειτουργική αποτελεσματικότητα των πλοίων όπως αναφέρει ο Μητρόπουλος (2014). Παράλληλα, το Annex VI δημιουργούσε ένα πλαίσιο τεχνικής συνεργασίας και υποστήριξης μέσω του IMO, επιτρέποντας σε αναπτυσσόμενα κράτη να υιοθετήσουν νέες προσεγγίσεις και τεχνολογίες.

Συνολικά, το MARPOL Annex IV λειτούργησε ως «γέφυρα» ανάμεσα σε παραδοσιακούς κανονισμούς ατμοσφαιρικής ρύπανσης και στη σύγχρονη πολιτική για τη μείωση GHG. Η εξέλιξη του από το 1997 μέχρι σήμερα φανερώνει πως η αποτελεσματική περιβαλλοντική ρύθμιση στη ναυτιλία χρειάζεται έναν συνδυασμό τεχνικών προτύπων, συνεπούς παρακολούθησης και διεθνούς συνεργασίας. Έτσι, το Annex VI ετοίμασε το έδαφος για μεταγενέστερα μέτρα (short-term measures), που αποτελούν πλέον τον ακρογωνιαίο λίθο της πρώτης φάσης εφαρμογής της GHG στρατηγικής.

2.5 Τα short-term measures (EEXI, CII, SEEMP Part III) – αξιολόγηση έως το 2024

Τα short-term measures του IMO είναι το πρώτο ολοκληρωμένο πακέτο ρυθμίσεων που εφαρμόστηκε με στόχο τη μείωση των εκπομπών GHG σε χρονικό διάστημα πριν από την πλήρη υλοποίηση των mid-term measures. Ενεργοποιήθηκαν το 2023 και περιλαμβάνουν τρεις κύριους μηχανισμούς. Τον Energy Efficiency Existing Ship Index (EEXI), τον Carbon Intensity Indicator (CII) και το SEEMP Part III. Όλα αυτά τα μέτρα επεκτείνουν την υποχρέωση ενεργειακής απόδοσης, από τα νέα πλοία (EEDI) σε ολόκληρο τον εν ενεργεία στόλο, σε μια προσπάθεια να εξασφαλίσουν μια μετρήσιμη μείωση στην ένταση άνθρακα σε παγκόσμιο επίπεδο όπως αναφέρει ο IMO (2023).

Ο EEXI λειτουργεί ως τεχνικό μέτρο και απαιτεί την αξιολόγηση της μέγιστης επιτρεπόμενης ισχύος και της ενεργειακής απόδοσης των υφιστάμενων πλοίων. Σε μεγάλο μέρος του στόλου, η συμμόρφωση επιτεύχθηκε μέσω της εγκατάστασης περιορισμού της διαθέσιμης ισχύος (με Engine Power Limitation, EPL ή Shaft Power Limitation, ShaPoli) που περιορίζει την επιχειρησιακή ταχύτητα. Παρόλο που το μέτρο κρίθηκε αποτελεσματικό στη μείωση θεωρητικών εκπομπών, προκάλεσε ανησυχίες σε κάποιες κατηγορίες πλοίων, με πρωταγωνιστές εκείνα που απαιτούν υψηλές ταχύτητες για επιχειρησιακούς λόγους όπως αναφέρουν οι Churchill και Lowe (2010).

Ο CII, ως λειτουργικό μέτρο, αξιολογεί την πραγματική απόδοση ενός πλοίου με βάση την κατανάλωση καυσίμων και τις αποστάσεις ταξιδιού. Η ταξινόμηση σε βαθμίδες A-E έφερε σημαντικές πιέσεις στις εταιρίες, αφού η δυσμενής ταξινόμηση απαιτεί βελτίωση επιχειρησιακών προτύπων, συχνά μέσω slow steaming, αλλαγές στον προγραμματισμό και βελτιστοποίηση των διαδρομών όπως αναφέρει ο Basaran (2016). Το SEEMP Part III συμπληρώνει το σύστημα μέσω ενός σχεδίου που διαχειρίζεται την παρακολούθηση και αξιολογεί τις επιδόσεις CII.

Έως το 2024, η εφαρμογή των short-term measures είχε ανάμεικτα αποτελέσματα. Από τη μια πλευρά, βελτιώθηκε η συλλογή δεδομένων και

ενισχύθηκε η διαφάνεια ως προς τις εκπομπές πλοίων. Από την άλλη, πολλές εταιρείες αντιμετώπισαν δυσκολίες λόγω διαφορετικών κατηγοριών φορτίου, μεταβλητών προφίλ ταξιδιών και ορισμένων περιορισμών της μεθοδολογίας CII για ορισμένους τύπους πλοίων όπως αναφέρει ο IMO (2021). Παρά τα προβλήματα, τα measures αυτά θεωρούνται ένα κρίσιμο ενδιάμεσο στάδιο έως την εισαγωγή των mid-term economic measures.

2.6 Προκλήσεις στην εφαρμογή των μέχρι σήμερα ρυθμίσεων

Η εφαρμογή των ρυθμίσεων GHG από το 2020 και μετά έφερε στο προσκήνιο σημαντικές προκλήσεις σε τεχνικό και λειτουργικό επίπεδο. Οι κανόνες EEXI και CII απαιτούν επαναξιολόγηση στον τρόπο που λειτουργούν τα πλοία, στα πρότυπα διαχείρισης και στην ενεργειακή απόδοση, όμως οι διαφορετικές επιχειρησιακές ανάγκες μεταξύ των τύπων πλοίων δημιουργούν ανισορροπίες στη συμμόρφωση όπως αναφέρει ο IMO (2021). Παράδειγμα αποτελούν τα πλοία ψυγεία και τα LNG carriers, που συχνά χρειάζονται υψηλότερες ταχύτητες ή αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις, γεγονός που καθιστά δύσκολη την επίτευξη υψηλών CII βαθμολογιών.

Τεχνικά, ο περιορισμός ισχύος μέσω EPL μπορεί να μειώσει την ασφάλεια σε κακές καιρικές συνθήκες ή να δημιουργήσει περιορισμούς σε περιοχές με υψηλή κυκλοφορία όπως αναφέρει ο IMO (2021). Επίσης, η κατανομή ανά ηλικία του παγκόσμιου στόλου – με σημαντικό ποσοστό πλοίων άνω των 15 ετών – περιορίζει την εφαρμογή πιο προηγμένων ενεργειακών τεχνολογιών.

Λειτουργικά, ο CII δέχθηκε κριτική για την ευαισθησία του σε παράγοντες που δεν σχετίζονται με την τεχνολογία του πλοίου, όπως καθυστερήσεις λιμένων, καιρικές συνθήκες ή μεταβολές στη ζήτηση όπως αναφέρει ο IMO (2021). Αυτό οδηγεί σε διαφορετικές βαθμολογίες για παρόμοια πλοία, δημιουργώντας αίσθηση αδικίας και έλλειψης αξιοπιστίας. Επιπλέον, κάποιες γραμμές εμπορίου δυσκολεύουν την επίτευξη των στόχων CII χωρίς σημαντική οικονομική επιβάρυνση.

Σε γεωπολιτικό επίπεδο, παρατηρείται ανισότητα στην εφαρμογή των κανονισμών μεταξύ ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων κρατών, λόγω περιορισμένης πρόσβασης σε τεχνολογία, υποδομές και χρηματοδότηση για

τεχνολογικές αναβαθμίσεις όπως αναφέρει ο IMO (2021). Επιπλέον, η περιορισμένη παγκόσμια διαθεσιμότητα εναλλακτικών καυσίμων περιορίζει την ικανότητα ταχείας απανθρακοποίησης.

Συνολικά, οι προκλήσεις αυτές δείχνουν ότι τα short-term measures, αν και χρήσιμα, δεν επαρκούν για την επίτευξη φιλόδοξων στόχων μηδενισμού εκπομπών. Αυτό καθιστά αναγκαία την εισαγωγή mid-term measures, που θα αντιμετωπίζουν τεχνικά και συστηματικά προβλήματα του τομέα.

2.7 Η ανάγκη για mid-term measures: πολιτικό & τεχνολογικό υπόβαθρο

Η συζήτηση για τα mid-term measures του IMO προκύπτει στην ανάγνωση ότι τα short-term measures —όπως ο EEXI και ο CII— δεν είναι ικανά από μόνα τους να επιτύχουν στόχους της Αναθεωρημένης Στρατηγικής GHG του 2023. Στην δέσμευση καθαρών μηδενικών εκπομπών έως το 2050, ο IMO χρειάζεται μέτρα που αποκτούν άμεσο, μακροπρόθεσμο και παγκόσμιο αντίκτυπο όπως αναφέρει ο IMO (2023).

Σε πολιτικό επίπεδο, η διαμόρφωση mid-term measures αντανακλά την ισορροπία συμφερόντων μεταξύ κρατών με διαφορετικές οικονομικές, περιβαλλοντικές και ενεργειακές προτεραιότητες. Ανεπτυγμένα κράτη και περιφέρειες όπως η ΕΕ πιέζουν για ισχυρά οικονομικά μέτρα, όπως φόρο άνθρακα ή συστήματα εμπορίας εκπομπών, ενώ αναπτυσσόμενα κράτη εκφράζουν ανησυχίες για το αυξανόμενο κόστος στις μεταφορές και τον ανταγωνιστικό μειονέκτημα. Ο IMO στοχεύει σε συμβιβασμό μέσω του μηχανισμού “equitable transition”, ο οποίος προωθεί παγκόσμια και διαφοροποιημένη εφαρμογή όπως αναφέρει ο IMO (2023).

Σε τεχνολογικό επίπεδο, τα mid-term measures αποτελούν σημείο καμπής ως προς καύσιμα χαμηλών και μηδενικών εκπομπών όπως η πράσινη αμμωνία, το υδρογόνο, η μεθανόλη, τα συνθετικά καύσιμα και η ηλεκτροδότηση. Αυτές οι τεχνολογίες είναι σε διαφορετικά επίπεδα ωριμότητας και απαιτούν σημαντικές

επενδύσεις σε υποδομές, έρευνα και παραγωγή ενέργειας όπως αναφέρει ο Anderson (2012). Το fuel Standard που εξετάζεται στον IMO στοχεύει σε σταδιακή μείωση της επιτρεπόμενης έντασης άνθρακα των ναυτιλιακών καυσίμων, δημιουργώντας κίνητρο για μετάβαση σε εναλλακτικά καύσιμα.

Την ίδια στιγμή, τα οικονομικά μέτρα μπορούν να δημιουργήσουν τα αναγκαία κεφάλαια για επενδύσεις σε πράσινες τεχνολογίες, καθώς και να στηρίξουν τα αναπτυσσόμενα κράτη μέσω ταμείων μετάβασης όπως αναφέρει ο Μητρόπουλος (2014).

Η ανάγκη για mid-term measures επομένως βρίσκεται τόσο στις τεχνολογικές απαιτήσεις για βαθιά απανθρακοποίηση όσο και στη διεθνή πολιτική πραγματικότητα που απαιτεί δίκαιη, σταδιακή και λειτουργικά εφαρμόσιμη μετάβαση. Η επιτυχία θα καθορίσει την ικανότητα του IMO να επιτύχει τους στόχους του 2050 και να εξασφαλίσει μια αληθινά βιώσιμη διεθνή ναυτιλία.

2.8 Ανακεφαλαίωση

Το κεφάλαιο αυτό ανέλυσε τον καθοριστικό ρόλο του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) στη ρύθμιση της διεθνούς ναυτιλίας και την προστασία του περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκε η συμβολή του IMO μέσω διεθνών συμβάσεων, όπως η SOLAS, η MARPOL και η STCW, καθώς και η εφαρμογή short-term measures (EEXI, CII, SEEMP Part III) για τη μείωση των εκπομπών GHG. Επισημάνθηκαν οι τεχνικές και λειτουργικές προκλήσεις της εφαρμογής των μέτρων αυτών, η ανάγκη για mid-term measures και η σημασία της διεθνούς συνεργασίας για την επίτευξη καθαρών μηδενικών εκπομπών έως το 2050 όπως αναφέρει ο IMO (2018), (2021), (2023). Συνολικά, το κεφάλαιο δείχνει πώς ο IMO συνδυάζει νομοθετικές, τεχνικές και πολιτικές στρατηγικές για μια βιώσιμη διεθνή ναυτιλία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Το Net Zero Framework (NZF) του IMO

3.1 Εισαγωγή

Φαίνεται ότι η πορεία της ναυτιλίας προς μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG) έχει σημασία στο παγκόσμιο περιβαλλοντικό και οικονομικό πρόγραμμα. Η πορεία της ναυτιλίας προς την εξάλειψη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι σημαντική στο παγκόσμιο περιβαλλοντικό και οικονομικό πρόγραμμα. Η κοινωνία, οι επενδυτές και οι κυβερνήσεις αναγκάζουν τη ναυτιλιακή βιομηχανία να στραφεί σε ισχυρότερα σχέδια μείωσης του άνθρακα, ενώ η Συμφωνία των Παρισίων δημιουργεί κλιματικές δεσμεύσεις. Η επικρατέστερη άποψη είναι πως ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός καθοδηγεί την ενεργειακή μετάβαση όπως προωθεί επίσης τη βιωσιμότητα στη ναυτιλία. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός το επιτυγχάνει αυτό μέσω του Net-Zero Framework (NZF).

Το NZF μπορεί να οδηγήσει τη ναυτιλία προς μηδενικές εκπομπές περίπου έως το 2050. Το NZF χρησιμοποιεί τεχνικά και οικονομικά εργαλεία. Το NZF θέτει όρια εκπομπών καθώς εισάγει ένα παγκόσμιο σύστημα καυσίμων και τιμολόγησης άνθρακα. Το NZF δημιουργεί επίσης το Ταμείο Καθαρής Μετάβασης για να βοηθήσει τις οικονομίες και τις τεχνολογίες των ανεπτυγμένων χωρών όπως αναφέρει ο IMO (2025).

Το παρόν κεφάλαιο αναλύει τους στόχους του NZF έως το 2050, την αρχιτεκτονική του πλαισίου, τον ρόλο της ειδικής συνεδρίασης MERC το 2025 και τη διασύνδεσή του με τις κατευθυντήριες γραμμές της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA) και τις εκπομπές Well-to-Wake. Επιπλέον, παρουσιάζεται η σχέση με τεχνολογίες όπως η δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (CCS) και τα εναλλακτικά καύσιμα, καθώς και οι ανάγκες χρηματοδότησης και υποδομών σε παγκόσμιο επίπεδο.

3.2 Στόχοι του NZF και χρονοδιάγραμμα έως το 2050

Η ναυτιλία που κινείται προς το μηδέν είναι απαραίτητη. Η ναυτιλία προς μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG) έχει σημασία στο παγκόσμιο περιβαλλοντικό και οικονομικό πρόγραμμα. Αποτελεί μέρος του παγκόσμιου περιβαλλοντικού και οικονομικού προγράμματος η κατεύθυνση της προς την εξάλειψη των εκπομπών αερίων του Θερμοκηπίου. Η κοινωνία, οι επενδυτές και οι κυβερνήσεις πιέζουν τη ναυτιλιακή βιομηχανία να υιοθετήσει μεγαλύτερα σχέδια μείωσης του άνθρακα, και η Συμφωνία των Παρισίων θέτει κλιματικές δεσμεύσεις. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός καθοδηγεί την ενεργειακή μετάβαση. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός υποστηρίζει επίσης τη βιωσιμότητα στη ναυτιλία, ενώ χρησιμοποιεί το Net-Zero Framework (NZF) για να επιτύχει τον στόχο όπως αναφέρει ο OECD (2023).

Το NZF μπορεί να καθοδηγήσει τη ναυτιλία προς μηδενικές εκπομπές περίπου έως το 2050. Χρησιμοποιεί τεχνικά και οικονομικά εργαλεία, καθώς θέτει όρια εκπομπών και εισάγει ένα σύστημα καυσίμων και τιμολόγησης άνθρακα. Επίσης το NZF δημιουργεί το Clean Transition Fund για να στηρίζει τις οικονομίες και τις τεχνολογίες των ανεπτυγμένων χωρών όπως αναφέρει ο IMO (2025).

Το παρόν κεφάλαιο αναλύει τους στόχους του NZF έως το 2050, την αρχιτεκτονική του πλαισίου, τον ρόλο της ειδικής συνεδρίασης MERC το 2025 και τη διασύνδεσή του με τις κατευθυντήριες γραμμές της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA) και τις εκπομπές Well-to-Wake. Επιπλέον, παρουσιάζεται η σχέση με τεχνολογίες όπως η δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (CCS) και τα εναλλακτικά καύσιμα, καθώς και οι ανάγκες χρηματοδότησης και υποδομών σε παγκόσμιο επίπεδο.

3.3 Η αρχιτεκτονική του νέου πλαισίου μέτρων

Η αρχιτεκτονική του νέου πλαισίου μέτρων του Net-Zero Framework (NZF) του

IMO συνδυάζει νομικά δεσμευτικά τεχνικά πρότυπα με οικονομικά κίνητρα και μηχανισμούς διακυβέρνησης, δημιουργώντας μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη μετάβαση της ναυτιλίας σε καθαρές εκπομπές. Βασικό στοιχείο αυτού του σχεδιασμού είναι η εισαγωγή ενός υποχρεωτικού διεθνούς προτύπου καυσίμων, το οποίο ορίζει όρια στην ένταση των εκπομπών άνθρακα για τα ναυτιλιακά καύσιμα, ενώ παράλληλα καθιστά υποχρεωτική την παρακολούθηση των εκπομπών μέσω κατάλληλων συστημάτων ελέγχου. Παράλληλα, καθιερώνεται ένας μηχανισμός τιμολόγησης διοξειδίου του άνθρακα, σύμφωνα με τον οποίο τα πλοία που υπερβαίνουν τα καθορισμένα όρια θα πληρώνουν τέλη άνθρακα, ενώ αυτά που πετυχαίνουν καλύτερες επιδόσεις θα μπορούν να συμμετέχουν σε σύστημα πίστωσης φορτίων (credit trading) ή να αποκτούν μονάδες πλεονάσματος.

Στο επίκεντρο βρίσκεται επίσης το IMO Net-Zero Fund, το οποίο θα συγκεντρώνει έσοδα από αυτή την τιμολόγηση και θα τα επανακατανέμει για επιβράβευση καθαρών πλοίων, χρηματοδότηση έρευνας, υποστήριξη χωρών με περιορισμένες δυνατότητες και ανάπτυξη υποδομών όπως αναφέρει ο IMO (2025). Επιπλέον, το νέο κανονιστικό πλαίσιο ενσωματώνει τροποποιήσεις στην ήδη υπάρχουσα MARPOL Annex VI, ώστε οι αλλαγές να έχουν δεσμευτικό χαρακτήρα για τα κράτη-μέλη, και προβλέπει εγκαθίδρυση συστήματος παρακολούθησης, επαλήθευσης και αναφοράς (MRV) για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης.

3.4 Ο ρόλος της ειδικής MEPC Οκτωβρίου 2025

Η MEPC (Marine Environment Protection Committee) του IMO αναμένεται να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στην τελική μορφοποίηση και έγκριση του NZF στο πλαίσιο της έκτακτης συνεδρίασης τον Οκτώβριο 2025 όπως αναφέρει ο IMO (2025). Σύμφωνα με το σχέδιο, θα εγκριθούν οι τροποποιήσεις της MARPOL Annex VI και θα θεσπιστεί επίσημα το νομικό πλαίσιο.

Κατά τη διάρκεια αυτής της MEPC, οι χώρες — μέλη θα αντιμετωπίσουν σημαντικά ζητήματα: τη διαμόρφωση του τελικού μέτρου τιμολόγησης άνθρακα, τον ορισμό επιπέδων στόχων, τον τρόπο λειτουργίας του Ταμείου Καθαρής Μετάβασης, καθώς και τον τρόπο πιστοποίησης και συμμόρφωσης των πλοίων. Η

συμφωνία αυτή θα καθορίσει τόσο το ρυθμιστικό όσο και το οικονομικό περιεχόμενο του πλαισίου και θα θέσει τις βάσεις για την υλοποίησή του.

Επιπλέον, η διαδικασία παροχής καθοδήγησης σχετικά με τον έλεγχο, την επαλήθευση και την αναφορά (monitoring, reporting, verification — MRV) θα είναι κρίσιμη, ώστε τα νέα μέτρα να μην παραμείνουν θεωρητικά, αλλά να εφαρμοστούν ουσιαστικά και με δικαιοσύνη. Η MEPC Οκτωβρίου 2025 επομένως αποτελεί σημείο καμπής: από τη ρήτρα σε μέτρο δράσης, από τη ρύθμιση στην εφαρμογή.

3.5 Διασύνδεση με LCA Guidelines, Well-to-Wake emissions

Η στρατηγική NZF είναι στενά συνδεδεμένη με τις Οδηγίες LCA (Life Cycle Assessment) του IMO, οι οποίες αντιμετωπίζουν την ένταση εκπομπών καυσίμων σε όλο τον κύκλο ζωής τους — από την παραγωγή έως τη χρήση (well-to-wake) όπως αναφέρει ο IMO (2024). Το LCA επιτρέπει μια ολοκληρωμένη εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και αποτρέπει την μετατόπιση των εκπομπών σε άλλους τομείς (π.χ. παραγωγή καυσίμου σε ξηρά).

Οι 2024 LCA Guidelines, υιοθετημένες από την MEPC 81, καλύπτουν τόσο τις upstream (“well-to-tank”) όσο και τις downstream (“tank-to-wake”) εκπομπές, περιλαμβάνοντας CO₂, μεθάνιο (CH₄), και οξείδια αζώτου (N₂O) όπως αναφέρει ο IMO (2024). Επίσης, εισάγουν την έννοια του Fuel Lifecycle Label (FLL), που παρέχει διαφανή πληροφόρηση για την περιεκτικότητα άνθρακα και την ένταση των εκπομπών, βασισμένη σε επαληθεύσιμα δεδομένα.

Η ενσωμάτωση του LCA στην πιστοποίηση και την παρακολούθηση του NZF ενισχύει την περιβαλλοντική ακεραιότητα: τα πλοία δεν θα τιμωρούνται μόνο για τις άμεσες εκπομπές καυσίμου, αλλά και για το συνολικό οικολογικό αποτύπωμα των καυσίμων που χρησιμοποιούν. Αυτό επιτρέπει στον IMO να εφαρμόσει πιο δικαιολογημένα και δίκαια κριτήρια συμμόρφωσης, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές τεχνολογικές οδούς και τις πολύπλευρες επιπτώσεις.

3.6 Σχέση NZF με CCS, alternative fuels και ενεργειακές υποδομές

Το Net-Zero Framework (NZF) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (ΙΜΟ) συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη και υιοθέτηση καθαρών τεχνολογιών, όπως η δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (Carbon Capture and Storage — CCS) και τα εναλλακτικά καύσιμα χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών (green ammonia, υδρογόνο, συνθετικά καύσιμα). Το NZF παρέχει σαφείς κατευθύνσεις για την ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογικών λύσεων, θέτοντας τόσο ρυθμιστικούς όσο και οικονομικούς μηχανισμούς για την υποστήριξή τους όπως αναφέρει ο ΙΜΟ (2025).

Η χρήση «zero» ή «near-zero» καυσίμων αποτελεί βασικό στοιχείο της στρατηγικής του NZF, ενώ η επιβράβευσή τους μέσω του Net Zero Fund παρέχει κίνητρα για την ευρύτερη υιοθέτησή τους. Παράλληλα, η ενσωμάτωση τεχνολογιών CCS, όπου τεχνικά εφικτό, συμβάλλει στη μείωση των καθαρών εκπομπών σε πλοία όπου η πλήρης μετάβαση σε μηδενικά καύσιμα είναι δύσκολη ή αργή. Η συνδυαστική χρήση εναλλακτικών καυσίμων και CCS καθιστά δυνατή τη διατήρηση λειτουργικών στόλων ενώ μειώνεται δραστικά το ανθρακικό αποτύπωμα της ναυτιλίας.

Η υλοποίηση αυτών των τεχνολογιών απαιτεί παράλληλη ανάπτυξη ενεργειακών υποδομών. Απαραίτητη είναι η δημιουργία λιμενικών εγκαταστάσεων bunkering για τα νέα καύσιμα, εγκαταστάσεων παραγωγής και αποθήκευσης, καθώς και συστημάτων δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα είτε στην ξηρά είτε επί των πλοίων (on-board capture). Χωρίς συντονισμό μεταξύ κρατών, επενδυτών και βιομηχανίας, η τεχνολογική μετάβαση δεν μπορεί να επιτευχθεί δίκαια και βιώσιμα. Το NZF, επομένως, λειτουργεί ως ολοκληρωμένο πλαίσιο που συνδέει τεχνολογία, οικονομία και υποδομές, εξασφαλίζοντας ότι η ενεργειακή μετάβαση της ναυτιλίας γίνεται οργανωμένα και με μακροπρόθεσμη στρατηγική όπως αναφέρει ο ΙΜΟ (2025).

3.7 Ανάγκες χρηματοδότησης και υποδομής σε παγκόσμιο επίπεδο

Οι ανάγκες χρηματοδότησης και υποδομής σε παγκόσμιο επίπεδο για την υλοποίηση του NZF είναι πολύ μεγάλες και πολυδιάστατες. Το Net-Zero Fund αναμένεται να συγκεντρώνει σημαντικά ποσά ετησίως, καθώς τα πλοία θα καταβάλλουν συνεισφορές ανά τόνο διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπουν πάνω από τα όρια.

Τα έσοδα αυτά προορίζονται όχι μόνο για την επιβράβευση μέτρων χαμηλών εκπομπών, αλλά και για τη στήριξη έργων έρευνας και καινοτομίας, εκπαίδευσης σε τεχνολογίες πράσινων καυσίμων, μεταφοράς τεχνολογίας και ενίσχυσης χωρών πιο ευάλωτων, όπως νησιωτικών κρατών και αναπτυσσόμενων οικονομιών όπως αναφέρει ο IMO (2025).

Παράλληλα, είναι απαραίτητη η επένδυση σε λιμενικές υποδομές ανεφοδιασμού νέων καυσίμων, εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας και δέσμευσης άνθρακα, καθώς και η αναβάθμιση των στόλων μέσω retrofit ή κατασκευής νέων “πράσινων” πλοίων. Σύμφωνα με εκτιμήσεις από φορείς της βιομηχανίας και οικονομικού σχεδιασμού, οι επενδύσεις αυτές μπορεί να φτάσουν δισεκατομμύρια δολάρια, και η παγκόσμια ενεργειακή μετάβαση της ναυτιλίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δυνατότητα συνεργασίας μεταξύ χωρών, χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων και διεθνών οργανισμών όπως αναφέρει ο ICS και World Bank / IMO (2024), (2025).

3.8 Ανακεφαλαίωση

Το παρόν κεφάλαιο παρουσίασε το Net-Zero Framework (NZF) του IMO ως τη θεμελιώδη στρατηγική για την απανθρακοποίηση της διεθνούς ναυτιλίας έως ~2050. Αναλύθηκαν οι στόχοι του NZF, ο σχεδιασμός του ως μια σύνθετη αρχιτεκτονική που ενσωματώνει τεχνικά όρια εκπομπών, τιμολόγηση άνθρακα και χρηματοδοτικό ταμείο. Εξετάστηκε ο ρόλος της MEPC Οκτωβρίου 2025 στην τελική έγκριση και εφαρμογή των μέτρων. Επιπλέον, αναδείχθηκε η διασύνδεση με τις LCA Guidelines, που επιτρέπουν τη μέτρηση well-to-wake εκπομπών, καθώς και η σημασία της τεχνολογίας CCS και των εναλλακτικών καυσίμων. Τέλος, υπογραμμίστηκαν οι μεγάλες ανάγκες χρηματοδότησης και υποδομών, ειδικά σε αναπτυσσόμενες περιοχές, και η ανάγκη διεθνούς συνεργασίας για μια δίκαιη μετάβαση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Ο Κανονισμός GFI (GHG Fuel Intensity Regulation)

4.1 Εισαγωγή

Ο κανονισμός GHG Fuel Intensity Regulation (GFI) αποτελεί ένα νέο κανονιστικό εργαλείο που αναπτύσσεται στο πλαίσιο των προσπαθειών απανθρακοποίησης της διεθνούς ναυτιλίας υπό την καθοδήγηση του International Maritime Organization (IMO). Στόχος του είναι η σταδιακή μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα ναυτιλιακά καύσιμα μέσω της αξιολόγησης της έντασης εκπομπών τους, λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο του κύκλου ζωής τους. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στη μεθοδολογία Well-to-Wake, η οποία υπολογίζει τις εκπομπές που προκύπτουν από την παραγωγή, επεξεργασία και μεταφορά του καυσίμου έως και την τελική καύση του επί του πλοίου όπως αναφέρει ο IMO και ICCT (2024).

Η υιοθέτηση μιας προσέγγισης βασισμένης στον κύκλο ζωής των καυσίμων αντανακλά τη διευρυμένη αντίληψη της ναυτιλιακής πολιτικής για την κλιματική αλλαγή, σύμφωνα με την οποία οι εκπομπές δεν πρέπει να αξιολογούνται μόνο στο στάδιο της καύσης αλλά σε ολόκληρη την ενεργειακή αλυσίδα. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται εργαλεία όπως η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment – LCA), τα οποία επιτρέπουν την ολοκληρωμένη εκτίμηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από την παραγωγή των πρώτων υλών έως και τη χρήση του καυσίμου στη ναυτιλία όπως αναφέρει ο IMO και DNV (2025), (2024).

Σε αντίθεση με λειτουργικά μέτρα που αξιολογούν την ενεργειακή απόδοση των πλοίων, όπως ο Carbon Intensity Indicator (CII), ο κανονισμός GFI επικεντρώνεται κυρίως στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ίδιων των καυσίμων. Ενώ ο CII συνδέει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα με το μεταφορικό έργο και τη λειτουργική αποδοτικότητα ενός πλοίου, ο GFI αξιολογεί την ένταση εκπομπών των καυσίμων ανεξάρτητα από το μέγεθος, τον τύπο ή τη λειτουργία του πλοίου. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα ενιαίο πλαίσιο σύγκρισης μεταξύ διαφορετικών ενεργειακών επιλογών, ενθαρρύνοντας την υιοθέτηση καυσίμων χαμηλού ή μηδενικού άνθρακα όπως αναφέρει ο IEA και ICCT (2023), (2024).

Η ανάπτυξη του GFI συνδέεται άμεσα με τη στρατηγική απανθρακοποίησης της διεθνούς ναυτιλίας που προωθεί ο IMO, η οποία στοχεύει στην επίτευξη καθαρών μηδενικών εκπομπών έως τα μέσα του αιώνα. Στο πλαίσιο αυτής της

στρατηγικής, η σταδιακή μείωση της έντασης εκπομπών των καυσίμων θεωρείται βασικό εργαλείο για την επιτάχυνση της ενεργειακής μετάβασης του ναυτιλιακού τομέα και για την προώθηση της ανάπτυξης εναλλακτικών ναυτιλιακών καυσίμων, όπως το υδρογόνο, η αμμωνία και τα συνθετικά καύσιμα όπως αναφέρει ο IEA και DNV (2023), (2025).

Συνεπώς, ο κανονισμός GFI διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση ενός παγκόσμιου πλαισίου αξιολόγησης των εκπομπών των ναυτιλιακών καυσίμων, συμβάλλοντας στη διαφάνεια της αγοράς ενέργειας και στη δημιουργία κινήτρων για επενδύσεις σε καθαρότερες τεχνολογίες καυσίμων. Μέσω της σταδιακής θέσπισης αυστηρότερων ορίων έντασης εκπομπών, ο κανονισμός επιδιώκει να επιταχύνει τη μετάβαση της διεθνούς ναυτιλίας προς ένα βιώσιμο και κλιματικά ουδέτερο ενεργειακό σύστημα.

4.2 Ορισμός και λειτουργία του μέτρου

Ο κανονισμός GHG Fuel Intensity Regulation (GFI) αποτελεί ένα προτεινόμενο κανονιστικό μέτρο του International Maritime Organization που αποσκοπεί στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στη διεθνή ναυτιλία μέσω της ρύθμισης της έντασης εκπομπών των ναυτιλιακών καυσίμων. Σε αντίθεση με λειτουργικούς δείκτες που αξιολογούν την ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων, ο GFI εστιάζει στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα των καυσίμων, λαμβάνοντας υπόψη τις εκπομπές που παράγονται σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους όπως αναφέρει ο IMO και ICCT (2024).

Η βασική αρχή λειτουργίας του μέτρου στηρίζεται στον υπολογισμό της έντασης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου ανά μονάδα ενέργειας καυσίμου, σύμφωνα με τη μεθοδολογία Well-to-Wake. Η προσέγγιση αυτή περιλαμβάνει τόσο τις εκπομπές που προκύπτουν κατά την παραγωγή, επεξεργασία και μεταφορά των καυσίμων (Well-to-Tank), όσο και τις εκπομπές που δημιουργούνται κατά την τελική καύση τους επί του πλοίου (Tank-to-Wake). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση του πραγματικού περιβαλλοντικού αποτυπώματος των διαφορετικών ενεργειακών επιλογών που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία όπως αναφέρει ο IEA και IMO (2023), (2024).

Στο πλαίσιο εφαρμογής του GFI, προβλέπεται η θέσπιση ανώτατων ορίων έντασης εκπομπών για τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στα πλοία, τα οποία θα μειώνονται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου. Η σταδιακή αυτή μείωση δημιουργεί ένα κανονιστικό μονοπάτι απανθρακοποίησης για τον ναυτιλιακό τομέα, ενθαρρύνοντας τη μετάβαση προς καύσιμα χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών άνθρακα, όπως το υδρογόνο, η αμμωνία, η πράσινη μεθανόλη και τα συνθετικά καύσιμα όπως αναφέρει ο IEA και DNV (2023), (2025).

Η λειτουργία του μέτρου βασίζεται στη συλλογή και επαλήθευση δεδομένων σχετικά με τον τύπο και την ποσότητα καυσίμων που χρησιμοποιούνται από τα πλοία, καθώς και στην εφαρμογή μεθοδολογιών υπολογισμού της έντασης εκπομπών σύμφωνα με κατευθυντήριες οδηγίες του IMO. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα ενιαίο πλαίσιο μέτρησης και σύγκρισης των εκπομπών μεταξύ διαφορετικών καυσίμων και τεχνολογιών πρόωσης όπως αναφέρει ο IMO και ICCT (2024).

Παράλληλα, το μέτρο λειτουργεί ως οικονομικό και τεχνολογικό κίνητρο για τη ναυτιλιακή βιομηχανία, καθώς η συμμόρφωση με αυστηρότερα όρια έντασης εκπομπών θα απαιτήσει την υιοθέτηση καθαρότερων ενεργειακών λύσεων και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών καυσίμων. Με τον τρόπο αυτό, ο κανονισμός GFI συμβάλλει στη δημιουργία μιας παγκόσμιας αγοράς βιώσιμων ναυτιλιακών καυσίμων και υποστηρίζει τη στρατηγική μετάβασης της διεθνούς ναυτιλίας προς την κλιματική ουδετερότητα έως τα μέσα του αιώνα όπως αναφέρει ο IEA και DNV (2023), (2025).

4.3 Μεθοδολογία υπολογισμού έντασης εκπομπών

Η μέτρηση της έντασης εκπομπών CO₂ στα πλοία πραγματοποιείται μέσω της μεθοδολογίας του Carbon Intensity Indicator (CII), η οποία συνδέει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου με το μεταφορικό έργο του πλοίου. Ο δείκτης υπολογίζεται με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$CII = \frac{\text{Τόνοι CO}_2}{\text{Μεταφορικό έργο (τόνοι} \times \text{ναυτικά μίλια)}}$$

όπου:

Τόνοι CO₂ είναι οι συνολικές εκπομπές CO₂ από την κατανάλωση καυσίμων για ένα έτος και μεταφορικό έργο είναι το γινόμενο της ποσότητας φορτίου που μεταφέρθηκε σε τόνους επί την απόσταση που διανύθηκε (σε ναυτικά μίλια).

Με αυτόν τον τρόπο, η αξιολόγηση της αποδοτικότητας γίνεται συγκρίσιμη μεταξύ διαφορετικών πλοίων και τύπων φορτίου, καθώς η εξίσωση συνδέει άμεσα την εκπομπή CO₂ με την πραγματική παραγωγική δραστηριότητα του πλοίου όπως αναφέρει ο IMO και EMSA (2023–2024).

Τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό περιλαμβάνουν την ετήσια κατανάλωση καυσίμου, την απόσταση που διανύθηκε και την ποσότητα φορτίου. Οι ναυτιλιακές εταιρείες υποχρεούνται να συλλέγουν αυτά τα στοιχεία συστηματικά και να τα υποβάλλουν για έλεγχο και επαλήθευση, ώστε να διασφαλιστεί η ακρίβεια των υπολογισμών όπως αναφέρει ο IMO και IEA (2023).

Η χρήση αξιόπιστων δεδομένων είναι κρίσιμη, καθώς η ακρίβεια των αποτελεσμάτων επηρεάζει άμεσα την κατάταξη του πλοίου στην κλίμακα CII και, κατ' επέκταση, τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς της MARPOL Annex VI όπως αναφέρει ο DNV (2025).

Η μεθοδολογία ενσωματώνει επίσης μηχανισμούς αναθεώρησης, ώστε οι στόχοι έντασης εκπομπών να προσαρμόζονται σταδιακά με βάση τεχνολογικές εξελίξεις και βέλτιστες πρακτικές. Τα πλοία βαθμολογούνται από Α έως Ε, με σκοπό την ενθάρρυνση βελτιώσεων στην ενεργειακή απόδοση και την προώθηση επενδύσεων σε καθαρότερες τεχνολογίες και εναλλακτικά καύσιμα. Αυτή η βαθμολογική κλίμακα επιτρέπει συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ στόλων και ενισχύει τη διαφάνεια στον ναυτιλιακό κλάδο όπως αναφέρει ο DNV και Ναυτικά Χρονικά (2023), (2025).

Συνολικά, η μεθοδολογία υπολογισμού του CII αποτελεί ένα πλήρως τεκμηριωμένο εργαλείο που επιτρέπει τη σύνδεση των εκπομπών με την

παραγωγικότητα, διασφαλίζει τη συμμόρφωση με διεθνείς κανονισμούς και προωθεί σταδιακά την ενεργειακή μετάβαση της ναυτιλίας προς βιώσιμες πρακτικές όπως αναφέρει ο EMSA και IEA (2023–2024).

4.4 Στόχοι μείωσης ανά δεκαετία (2027–2040)

Η θέσπιση στόχων μείωσης της έντασης εκπομπών των ναυτιλιακών καυσίμων αποτελεί βασικό στοιχείο της στρατηγικής απανθρακοποίησης που προωθεί ο International Maritime Organization. Στο πλαίσιο της αναθεωρημένης στρατηγικής για τα αέρια θερμοκηπίου, ο οργανισμός έχει υιοθετήσει ενδιάμεσους στόχους για τη σταδιακή μείωση των εκπομπών της διεθνούς ναυτιλίας έως τα μέσα του αιώνα. Οι στόχοι αυτοί περιλαμβάνουν τη σημαντική μείωση των εκπομπών έως το 2030 και το 2040, με τελικό σκοπό την επίτευξη καθαρών μηδενικών εκπομπών περίπου έως το 2050 όπως αναφέρει ο IMO και IEA (2024), (2023).

Στο πλαίσιο αυτό, ο κανονισμός GHG Fuel Intensity Regulation (GFI) συμβάλλει στη διαμόρφωση ενός μηχανισμού σταδιακής μείωσης της έντασης εκπομπών των ναυτιλιακών καυσίμων. Η εφαρμογή του βασίζεται στη θέσπιση προοδευτικά αυστηρότερων ορίων εκπομπών ανά μονάδα ενέργειας καυσίμου, τα οποία αναμένεται να μειώνονται σε διαδοχικά στάδια κατά την περίοδο 2027–2040. Η σταδιακή αυτή προσέγγιση επιτρέπει στον ναυτιλιακό κλάδο να προσαρμοστεί στις νέες απαιτήσεις, παρέχοντας χρόνο για την ανάπτυξη τεχνολογιών, τη δημιουργία υποδομών και την εμπορική ωρίμανση εναλλακτικών καυσίμων χαμηλών εκπομπών όπως αναφέρει ο ICCT και DNV (2024), (2025).

Η σταδιακή μείωση της έντασης εκπομπών καυσίμων αναμένεται να ενισχύσει τη χρήση ενεργειακών λύσεων χαμηλού ή μηδενικού άνθρακα, όπως η πράσινη αμμωνία, το υδρογόνο, η πράσινη μεθανόλη και τα συνθετικά καύσιμα. Μέσω του μηχανισμού αυτού, δημιουργούνται ισχυρά κανονιστικά και οικονομικά κίνητρα για επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες καυσίμων και συστήματα πρόωσης, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση μιας παγκόσμιας αγοράς βιώσιμων ναυτιλιακών καυσίμων όπως αναφέρει ο IEA και DNV (2023), (2025).

Παράλληλα, το σύστημα στόχων επιτρέπει την περιοδική αξιολόγηση και αναθεώρηση των απαιτήσεων, λαμβάνοντας υπόψη την τεχνολογική πρόοδο και τις εξελίξεις στην αγορά ενέργειας. Η ευελιξία αυτή θεωρείται σημαντική για τη διασφάλιση της τεχνικής και οικονομικής βιωσιμότητας της ενεργειακής μετάβασης της ναυτιλίας, καθώς επιτρέπει την προσαρμογή των πολιτικών στις πραγματικές συνθήκες της βιομηχανίας όπως αναφέρει ο IMO και DNV (2024;), (2025).

Συνολικά, οι ενδιάμεσοι στόχοι της περιόδου 2027–2040 λειτουργούν ως κρίσιμος μηχανισμός καθοδήγησης για τη μετάβαση της ναυτιλίας προς ένα ενεργειακό σύστημα χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Μέσω της σταδιακής μείωσης της έντασης εκπομπών των καυσίμων, ο κανονισμός GFI αναμένεται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη των κλιματικών δεσμεύσεων της διεθνούς ναυτιλίας και στη μετάβαση προς την κλιματική ουδετερότητα έως τα μέσα του αιώνα.

4.5 Συμβατότητα με εναλλακτικά καύσιμα (LNG, methanol, ammonia, biofuels, e-fuels)

Η επίτευξη των στόχων απανθρακοποίησης της διεθνούς ναυτιλίας προϋποθέτει τη σταδιακή υιοθέτηση εναλλακτικών καυσίμων χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών άνθρακα. Στο πλαίσιο αυτό, ο κανονισμός GHG Fuel Intensity Regulation (GFI) που αναπτύσσεται από τον International Maritime Organization (IMO) δημιουργεί ένα κανονιστικό πλαίσιο το οποίο αξιολογεί τα ναυτιλιακά καύσιμα με βάση την ένταση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τη συγκριτική αξιολόγηση διαφορετικών ενεργειακών επιλογών και ενθαρρύνει τη χρήση καυσίμων με χαμηλότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα όπως αναφέρει ο IMO και ICCT (2024).

Η αξιολόγηση των καυσίμων στο πλαίσιο του GFI βασίζεται στη μεθοδολογία Well-to-Wake, η οποία περιλαμβάνει τόσο τις εκπομπές που παράγονται κατά την παραγωγή και μεταφορά του καυσίμου όσο και εκείνες που προκύπτουν κατά την τελική καύση του στο πλοίο. Μέσω αυτής της μεθοδολογίας, καύσιμα όπως το υδροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), η μεθανόλη, η αμμωνία, τα βιοκαύσιμα και τα συνθετικά καύσιμα μπορούν να αξιολογηθούν με ενιαίο τρόπο

ως προς τη συνολική τους συμβολή στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου όπως αναφέρει ο IEA και IMO (2023), (2024).

Κάθε μία από αυτές τις ενεργειακές επιλογές παρουσιάζει διαφορετικά τεχνικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά. Το LNG μπορεί να προσφέρει περιορισμένη μείωση εκπομπών σε σύγκριση με τα συμβατικά ναυτιλιακά καύσιμα, αν και το όφελος επηρεάζεται από φαινόμενα όπως η διαρροή μεθανίου κατά τον κύκλο ζωής του καυσίμου. Αντίθετα, καύσιμα όπως η πράσινη αμμωνία, το υδρογόνο και τα συνθετικά καύσιμα έχουν τη δυνατότητα να επιτύχουν πολύ χαμηλές ή σχεδόν μηδενικές εκπομπές όταν παράγονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Παράλληλα, η πράσινη μεθανόλη και τα βιώσιμα βιοκαύσιμα θεωρούνται μεταβατικές λύσεις που μπορούν να εφαρμοστούν σχετικά γρήγορα στον υπάρχοντα στόλο με περιορισμένες τεχνικές τροποποιήσεις όπως αναφέρει ο IEA (2023) και DNV (2025).

Η εφαρμογή του GFI αναμένεται να ενισχύσει τη χρήση αυτών των καυσίμων, καθώς τα προοδευτικά αυστηρότερα όρια έντασης εκπομπών θα δημιουργούν αυξανόμενη πίεση για την υιοθέτηση καθαρότερων ενεργειακών λύσεων. Παράλληλα, η ανάπτυξη υποδομών ανεφοδιασμού (bunkering infrastructure), η τεχνολογική εξέλιξη των κινητήρων και η παραγωγή βιώσιμων καυσίμων σε μεγάλη κλίμακα αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την επιτυχή εφαρμογή της ενεργειακής μετάβασης της ναυτιλίας όπως αναφέρει ο DNV και EMSA (2025).

Συνολικά, η συμβατότητα του GFI με διαφορετικές κατηγορίες εναλλακτικών καυσίμων δημιουργεί ένα τεχνολογικά ουδέτερο κανονιστικό πλαίσιο, το οποίο επιτρέπει στην αγορά να αναπτύξει τις πιο αποδοτικές και βιώσιμες ενεργειακές λύσεις. Με τον τρόπο αυτό, ο κανονισμός συμβάλλει στην επιτάχυνση της μετάβασης της διεθνούς ναυτιλίας προς καύσιμα χαμηλών εκπομπών και υποστηρίζει την επίτευξη των στόχων κλιματικής ουδετερότητας που έχουν τεθεί για τις επόμενες δεκαετίες όπως αναφέρει ο IMO (2023) και DNV (2025).

4.6 Τεχνικά ζητήματα: LCA, certification, fuel pathways

Η εφαρμογή του κανονισμού GHG Fuel Intensity Regulation (GFI) απαιτεί προσεκτική διαχείριση τεχνικών ζητημάτων που σχετίζονται με την αξιολόγηση κύκλου ζωής των καυσίμων (Life Cycle Assessment – LCA), τη διαδικασία πιστοποίησης των πλοίων και τον σχεδιασμό των fuel pathways. Η LCA αξιολογεί πλήρως τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από την παραγωγή, μεταφορά και χρήση του καυσίμου, σύμφωνα με την προσέγγιση Well-to-Wake, επιτρέποντας συγκριτική ανάλυση διαφορετικών καυσίμων και τη βελτιστοποίηση των επιλογών με βάση την ένταση εκπομπών όπως αναφέρει ο IMO (2024) και IFP Energies Nouvelles (2023).

Η πιστοποίηση των πλοίων διασφαλίζει τη συμμόρφωση με τον κανονισμό GFI, ελέγχοντας τεχνικά χαρακτηριστικά όπως συστήματα καυσίμων, κινητήρες και διαδικασίες διαχείρισης ενέργειας, ώστε οι αναφορές εκπομπών να είναι ακριβείς και επαληθεύσιμες. Οι πιστοποιήσεις παρέχουν επίσης διαφάνεια για επενδυτές και διευκολύνουν τη συμμετοχή σε χρηματοδοτικά εργαλεία όπως το Net-Zero Fund όπως αναφέρει ο EMSA (2024) και ICS (2023).

Τέλος, η ανάπτυξη των fuel pathways καθορίζει τον τρόπο μεταφοράς, αποθήκευσης και χρήσης των καυσίμων στα πλοία, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις των κινητήρων και τη διαθεσιμότητα υποδομών ανεφοδιασμού. Η σωστή διαχείριση μειώνει τεχνικούς κινδύνους και διασφαλίζει την αξιοπιστία των πλοίων κατά την υιοθέτηση νέων καυσίμων, όπως πράσινη αμμωνία, υδρογόνο ή μεθανόλη όπως αναφέρει ο DNV (2025) και EMSA (2025).

Η συνδυαστική εφαρμογή LCA, πιστοποίησης και fuel pathways αποτελεί τη βάση για μια τεχνικά ασφαλή και περιβαλλοντικά υπεύθυνη εφαρμογή του GFI, εξασφαλίζοντας ότι οι στόχοι ενεργειακής μετάβασης είναι εφικτοί και ουσιαστικοί.

4.7 Αναμενόμενες επιπτώσεις για :

4.7.1 Κόστος καυσίμων

Η εφαρμογή του GFI αναμένεται να αυξήσει αρχικά το κόστος καυσίμων στη ναυτιλία, καθώς η μετάβαση από συμβατικά ορυκτά καύσιμα σε εναλλακτικά χαμηλής ή μηδενικής έντασης άνθρακα καύσιμα συνεπάγεται υψηλότερο κόστος παραγωγής και περιορισμένη διαθεσιμότητα όπως αναφέρει ο IEA (2023) και DNV (2025). Η εισαγωγή μηχανισμών τιμολόγησης άνθρακα εντείνει την οικονομική

πίεση για καύσιμα υψηλής έντασης εκπομπών, ενισχύοντας την ανταγωνιστικότητα των καθαρότερων επιλογών όπως αναφέρει ο OECD (2023) και ICCT (2024).

Μακροπρόθεσμα, η αύξηση παραγωγής και η ανάπτυξη υποδομών αναμένεται να οδηγήσουν σε σταδιακή αποκλιμάκωση του κόστους των εναλλακτικών καυσίμων.

4.7.2 Σχεδίαση πλοίων

Ο GFI επηρεάζει άμεσα τον σχεδιασμό νέων πλοίων, καθώς η συμμόρφωση με τα όρια έντασης εκπομπών απαιτεί βελτιστοποιημένη ενεργειακή απόδοση και ευελιξία στη χρήση διαφορετικών καυσίμων. Παρατηρείται αύξηση σχεδίων “**fuelready**” ή “**future-proof**”, που επιτρέπουν μελλοντική μετάβαση σε εναλλακτικά καύσιμα χωρίς εκτεταμένες δομικές τροποποιήσεις όπως αναφέρει ο ICS (2023) και DNV (2025).

4.7.3 Επιλογή μηχανών και τεχνολογιών

Η συμμόρφωση με τον GFI οδηγεί σε υιοθέτηση dual-fuel και multi-fuel κινητήρων, ικανών να λειτουργούν με LNG, μεθανόλη, αμμωνία ή βιοκαύσιμα όπως αναφέρει Ναυτικά Χρονικά (2023) και EMSA (2024). Ενισχύεται επίσης η χρήση τεχνολογιών βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης, όπως ανάκτηση θερμότητας, ψηφιακά εργαλεία βελτιστοποίησης πλεύσης και σε ορισμένες περιπτώσεις τεχνολογίες δέσμευσης άνθρακα επί του πλοίου όπως αναφέρει ο IMO (2024).

4.8 Κίνδυνοι, εμπόδια και αβεβαιότητες

Η εφαρμογή του Κανονισμού GFI συνοδεύεται από μια σειρά τεχνικών, οικονομικών και κοινωνικοοικονομικών προκλήσεων. Ένας από τους κύριους παράγοντες αβεβαιότητας αφορά τη διαθεσιμότητα και το κόστος των εναλλακτικών καυσίμων. Η παραγωγή καυσίμων χαμηλής ή μηδενικής έντασης άνθρακα παραμένει περιορισμένη και γεωγραφικά άνισα κατανομημένη, γεγονός που μπορεί να δημιουργήσει πιέσεις στην αγορά και αυξημένο κόστος για τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις όπως αναφέρει ο IEA (2023) και OECD (2023).

Σημαντικό εμπόδιο αποτελεί επίσης η τεχνολογική αβεβαιότητα. Πολλές από τις λύσεις που υποστηρίζουν τη συμμόρφωση με τον GFI, όπως οι μηχανές αμμωνίας, τα ηλεκτρονικά καύσιμα (e-fuels) ή οι τεχνολογίες δέσμευσης άνθρακα επί πλοίου, βρίσκονται ακόμη σε στάδιο ανάπτυξης ή πιλοτικής εφαρμογής. Η έλλειψη μακροχρόνιας λειτουργικής εμπειρίας αυξάνει τον τεχνικό και επενδυτικό κίνδυνο, ιδιαίτερα για τον υφιστάμενο στόλο όπως αναφέρει ο DNV (2025) και ICCT (2024).

Επιπλέον, η μεθοδολογία υπολογισμού της έντασης εκπομπών μέσω LCA και Well-to-Wake δημιουργεί ζητήματα πολυπλοκότητας και ερμηνείας. Διαφορές στα δεδομένα, στις παραδοχές και στα πρότυπα πιστοποίησης ενδέχεται να οδηγήσουν σε ασυνέπειες μεταξύ κρατών και νηογνομώνων, επηρεάζοντας την αξιοπιστία και τη συγκρισιμότητα των αποτελεσμάτων όπως αναφέρει ο IMO (2024) και MSA (2024)

Τέλος, δεν μπορεί να αγνοηθεί ο κίνδυνος κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων, ιδιαίτερα για αναπτυσσόμενα κράτη και μικρότερες ναυτιλιακές εταιρείες. Η αύξηση του κόστους συμμόρφωσης μπορεί να επηρεάσει την ανταγωνιστικότητα και να απαιτήσει μηχανισμούς αναδιανομής και υποστήριξης, ώστε η μετάβαση να παραμείνει δίκαιη και ισόρροπη όπως αναφέρει ο UNCTAD (2023) και IMO (2024).

Συνολικά, η αναγνώριση και η αποτελεσματική διαχείριση αυτών των κινδύνων και εμποδίων είναι κρίσιμη για την επιτυχή εφαρμογή του GFI, τη βιώσιμη ενεργειακή μετάβαση της διεθνούς ναυτιλίας και την επίτευξη των στόχων κλιματικής ουδετερότητας.

4.9 Ανακεφαλαίωση

Το παρόν κεφάλαιο ανέλυσε τον Κανονισμό GFI (GHG Fuel Intensity Regulation) ως βασικό εργαλείο του International Maritime Organization για τη μείωση της έντασης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στη διεθνή ναυτιλία. Μέσα από την παρουσίαση του ορισμού και της λειτουργίας του μέτρου, αναδείχθηκε η μετάβαση από την παραδοσιακή αξιολόγηση των συνολικών εκπομπών σε μια προσέγγιση που αξιολογεί την ένταση εκπομπών ανά μονάδα ενέργειας καυσίμου, ανεξαρτήτως

μεγέθους πλοίου ή τύπου φορτίου, επιτρέποντας συγκρίσιμη και αντικειμενική αξιολόγηση διαφορετικών καυσίμων.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη μεθοδολογία υπολογισμού της έντασης εκπομπών μέσω της προσέγγισης Life Cycle Assessment (LCA) – Well-to-Wake, στους ενδιάμεσους στόχους μείωσης ανά δεκαετία (2027–2040) και στη συμβατότητα του κανονισμού με εναλλακτικά καύσιμα όπως LNG, μεθανόλη, αμμωνία, βιοκαύσιμα και e-fuels. Παράλληλα, εξετάστηκαν τα τεχνικά ζητήματα που σχετίζονται με την εφαρμογή της LCA, τη διαδικασία πιστοποίησης των πλοίων και τη διαχείριση των διαδρομών καυσίμων (fuel pathways), καθώς και οι αναμενόμενες επιπτώσεις στο κόστος καυσίμων, στον σχεδιασμό πλοίων και στην επιλογή μηχανών και τεχνολογιών.

Τέλος, το κεφάλαιο ανέδειξε τους βασικούς κινδύνους, τα εμπόδια και τις αβεβαιότητες που συνοδεύουν την εφαρμογή του GFI, όπως η περιορισμένη διαθεσιμότητα και υψηλό κόστος εναλλακτικών καυσίμων, η τεχνολογική αβεβαιότητα των νέων κινητήρων και συστημάτων, οι μεθοδολογικές προκλήσεις στην αξιολόγηση LCA και οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις για αναπτυσσόμενες χώρες και μικρότερες εταιρείες. Η ανάλυση υπογραμμίζει την ανάγκη για τεχνολογική ωρίμανση, επαρκείς υποδομές ανεφοδιασμού και διεθνή συνεργασία, ώστε ο κανονισμός να συμβάλει ουσιαστικά και δίκαια στη μετάβαση της ναυτιλίας προς ένα χαμηλών εκπομπών μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

To IMO Net-Zero Fund

5.1 Εισαγωγή

Η κλιματική κρίση και η ανάγκη για βιώσιμη ανάπτυξη έχουν θέσει στο επίκεντρο της διεθνούς ναυτιλίας την υποχρέωση μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η ναυτιλία, ως βασικός πυλώνας του παγκόσμιου εμπορίου, αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις, καθώς οι εκπομπές της συμβάλλουν ουσιαστικά στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Στο πλαίσιο αυτό, η εφαρμογή αποτελεσματικών οικονομικών και ρυθμιστικών εργαλείων είναι απαραίτητη για την επιτάχυνση της μετάβασης σε καθαρά καύσιμα και την επίτευξη των στόχων μηδενικών καθαρών εκπομπών μέχρι το 2050, όπως έχουν τεθεί από τον Διεθνή Οργανισμό Ναυτιλίας (IMO).

Μια από τις πιο σημαντικές πρωτοβουλίες προς αυτή την κατεύθυνση αποτελεί το IMO Net-Zero Fund (NZF), ένας διεθνής μηχανισμός χρηματοδότησης που βασίζεται στη λογική *levy-reward-redistribution* και συνδέεται στενά με τον κανονισμό GFI. Το ταμείο επιδιώκει να δημιουργήσει ένα παγκόσμιο σύστημα κινήτρων που θα ενισχύει τόσο την τεχνολογική καινοτομία όσο και τη δίκαιη κατανομή των πόρων, με έμφαση σε αναπτυσσόμενες χώρες και κράτη μικρών νησιών. Παράλληλα, η αρχιτεκτονική του NZF περιλαμβάνει ένα ολοκληρωμένο σύστημα MRV, διασφαλίζοντας την ακρίβεια των δεδομένων εκπομπών και την αξιοπιστία των οικονομικών και περιβαλλοντικών μέτρων.

Το κεφάλαιο αυτό θα εξετάσει λεπτομερώς τη λειτουργική δομή του NetZero Fund, την προσέγγιση τιμολόγησης άνθρακα μέσω *levy-premium-surcharge*, την κατανομή των εσόδων για έρευνα, τεχνολογικές επενδύσεις και υποστήριξη αναπτυσσόμενων κρατών, τη σύγκριση με άλλα διεθνή μέτρα τιμολόγησης άνθρακα (MBMs) όπως το EU ETS και το ICAO CORSIA, καθώς και τις οικονομικές επιπτώσεις στην αγορά ναύλων και τις αλυσίδες εφοδιασμού. Τέλος, θα παρουσιαστούν τα πλεονεκτήματα και η κριτική του μοντέλου NZF,

αναδεικνύοντας τον ρόλο του ως εργαλείο προώθησης της πράσινης μετάβασης στη ναυτιλία.

5.2 Λειτουργική δομή του διεθνούς ταμείου

Η λειτουργική δομή του IMO Net-Zero Fund (NZF) διαμορφώνεται ως παγκόσμιος χρηματοδοτικός μηχανισμός με στόχο την επιτάχυνση της απανθρακοποίησης της ναυτιλίας, στο πλαίσιο των αναθεωρημένων στόχων του IMO για επίτευξη καθαρών μηδενικών εκπομπών έως το 2050. Το ταμείο εντάσσεται στο ευρύτερο ρυθμιστικό πλαίσιο που καθορίζεται από την Επιτροπή Προστασίας Θαλασσίου Περιβάλλοντος (MEPC), η οποία επιβλέπει την εφαρμογή των μέτρων μείωσης εκπομπών και τη διαμόρφωση της περιβαλλοντικής πολιτικής του Οργανισμού όπως αναφέρει ο IMO (2023) και IMO (2024).

Κεντρικό στοιχείο της λειτουργικής αρχιτεκτονικής του NZF αποτελεί η λογική «εισφοράς – επιβράβευσης – ανακατανομής» (levy–reward–redistribution), η οποία έχει υποστηριχθεί από διεθνείς φορείς, όπως το International Chamber of Shipping, το ICCT και η World Bank όπως αναφέρει ο ICS (2023) και ICCT (2024) και World Bank (2021). Η εισφορά επιβάλλεται με τη μορφή σταθερού τέλους επί των εκπομπών CO₂e ανά τόνο καυσίμου, δημιουργώντας έσοδα που κατευθύνονται στην ενίσχυση καθαρών τεχνολογιών και στη μείωση του επενδυτικού κινδύνου. Σύμφωνα με το UNCTAD και τον OECD, η προσέγγιση αυτή περιορίζει τον κανονιστικό κατακερματισμό και μειώνει τον κίνδυνο «carbon leakage» όπως αναφέρει ο UNCTAD (2023) και OECD (2022).

Τα έσοδα του ταμείου κατανέμονται σε τέσσερις βασικούς άξονες: επιβράβευση πλοίων με χαμηλή ένταση εκπομπών, χρηματοδότηση τεχνολογιών απανθρακοποίησης, υποστήριξη έρευνας και ανάπτυξης και στήριξη αναπτυσσόμενων κρατών, με έμφαση στις LDCs και SIDS όπως αναφέρει ο IMO (2024) και UNCTAD (2022). Η ανάγκη ανακατανομής πόρων προς περιοχές χαμηλής τεχνολογικής ετοιμότητας τονίζεται και από τον IRENA, καθώς η μετάβαση σε πράσινα καύσιμα απαιτεί εκτεταμένες επενδύσεις σε νέες ενεργειακές υποδομές όπως αναφέρει ο IRENA (2023).

Ιδιαίτερη σημασία έχει η σύνδεση του NZF με τον κανονισμό GFI (GHG Fuel Intensity), μέσω μηχανισμών όπως οι «Surplus Units» και «Remedial Units», οι οποίοι δημιουργούν εσωτερική αγορά συμμόρφωσης και ενισχύουν τα οικονομικά κίνητρα για τη χρήση καθαρών καυσίμων όπως αναφέρει ο IMO (2024) και ICS (2024). Η λειτουργία του ταμείου υποστηρίζεται από σύστημα MRV και κατευθυντήριες οδηγίες LCA με προσέγγιση well-to-wake, ώστε να διασφαλίζεται η αξιοπιστία των δεδομένων εκπομπών όπως αναφέρει ο IMO (2024) και EMSA (2023).

Παρά τις προοπτικές του, το Net-Zero Fund αντιμετωπίζει προκλήσεις που σχετίζονται με το ύψος της εισφοράς άνθρακα και την πιθανή επικάλυψη με περιφερειακά καθεστώτα, όπως το EU ETS όπως αναφέρει ο World Bank (2022) και OECD (2023). Ωστόσο, παραμένει ένα από τα πλέον ολοκληρωμένα διεθνή εργαλεία οικονομικής στήριξης της πράσινης μετάβασης της ναυτιλίας, με δυνατότητα ενίσχυσης της τεχνολογικής καινοτομίας και της περιβαλλοντικής δικαιοσύνης σε παγκόσμιο επίπεδο.

5.3 Carbon pricing approach: levy, premium, surcharge

Η προσέγγιση τιμολόγησης του άνθρακα στο πλαίσιο του IMO Net-Zero Fund βασίζεται σε έναν συνδυασμό μηχανισμών οικονομικής επιβάρυνσης, οι οποίοι αποσκοπούν στην εσωτερική του περιβαλλοντικού κόστους των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στη ναυτιλία. Κεντρικός άξονας της προσέγγισης αυτής είναι η επιβολή καθολικής εισφοράς άνθρακα (levy), η οποία εφαρμόζεται ανά μονάδα εκπεμπόμενου CO_{2e} και λειτουργεί ως βασικό εργαλείο χρηματοδότησης του ταμείου όπως αναφέρει ο IMO (2024a) και World Bank (2021).

Το levy σχεδιάζεται ως σταθερό και προβλέψιμο τέλος, ανεξάρτητο από την τιμή των καυσίμων, με στόχο την παροχή σαφών μακροπρόθεσμων επενδυτικών σημάτων προς τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Σύμφωνα με τον OECD και το ICCT, η σταθερότητα αυτή θεωρείται κρίσιμη για τη μείωση της αβεβαιότητας και την ενίσχυση επενδύσεων σε εναλλακτικά καύσιμα και τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών όπως αναφέρει ο OECD (2023) και ICCT (2024). Παράλληλα, η καθολική εφαρμογή του μέτρου σε παγκόσμιο επίπεδο περιορίζει τον κίνδυνο στρέβλωσης του

ανταγωνισμού μεταξύ πλοίων διαφορετικών σημαιών όπως αναφέρει ο UNCTAD (2023).

Συμπληρωματικά προς το levy, το πλαίσιο του NZF προβλέπει τη χρήση premium μηχανισμών, οι οποίοι λειτουργούν ως οικονομικά κίνητρα υπέρ των πλοίων που χρησιμοποιούν καύσιμα με χαμηλή ένταση εκπομπών. Τα premiums καταβάλλονται σε πλοία που υπερκαλύπτουν τους στόχους του GHG Fuel Intensity, επιβραβεύοντας τη χρήση πράσινης αμμωνίας, πράσινης μεθανόλης και e-fuels όπως αναφέρει ο IMO (2024b) και ICS (2024). Η λογική αυτή συνδέεται άμεσα με την ανάγκη γεφύρωσης του κόστους μεταξύ συμβατικών και καθαρών καυσίμων, το οποίο, σύμφωνα με τον IEA, παραμένει σημαντικό έως το 2035–2040 όπως αναφέρει ο IEA (2023).

Ο τρίτος πυλώνας της προσέγγισης αφορά την επιβολή surcharge σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης με τα όρια έντασης εκπομπών. Τα surcharges λειτουργούν αποτρεπτικά, αυξάνοντας το κόστος για πλοία που υπερβαίνουν τα επιτρεπόμενα επίπεδα GHG Fuel Intensity και ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα του κανονιστικού πλαισίου όπως αναφέρει ο IMO (2024c). Όπως επισημαίνεται από την EMSA και την European Commission, οι μηχανισμοί αυτοί παρουσιάζουν λειτουργικές ομοιότητες με τα καθεστώτα «penalty pricing» του EU ETS, χωρίς ωστόσο να υιοθετούν πλήρως τη λογική cap-and-trade όπως αναφέρει ο EMSA (2024) και European Commission (2023).

Συνολικά, ο συνδυασμός levy, premium και surcharge συνθέτει ένα υβριδικό σύστημα τιμολόγησης άνθρακα, το οποίο επιδιώκει να ισορροπήσει μεταξύ κανονιστικής συμμόρφωσης και οικονομικών κινήτρων. Παρά τις προκλήσεις που αφορούν τον καθορισμό των επιπέδων τιμολόγησης και τη συμβατότητα με περιφερειακά μέτρα, όπως το FuelEU Maritime και το EU ETS, η προσέγγιση του NZF θεωρείται από διεθνείς οργανισμούς ως ένα από τα πλέον ρεαλιστικά εργαλεία για την παγκόσμια απανθρακοποίηση της ναυτιλίας όπως αναφέρει ο OECD (2023) και World Bank (2022).

5.4 Allocation of revenues – R&D, τεχνολογικές επενδύσεις, LDC

& SIDS support

Η κατανομή των εσόδων του IMO Net-Zero Fund (NZF) αποτελεί έναν από τους κεντρικούς μηχανισμούς για την επίτευξη της διεθνούς ενεργειακής μετάβασης στη ναυτιλία, διασφαλίζοντας ότι οι οικονομικοί πόροι χρησιμοποιούνται στρατηγικά και με μακροπρόθεσμο όφελος για τον κλάδο. Το ταμείο έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να ενισχύει τέσσερις βασικούς άξονες: α) την υποστήριξη έργων Έρευνας & Ανάπτυξης (R&D) σε καθαρές τεχνολογίες και καύσιμα, β) την ενίσχυση επενδύσεων σε τεχνολογίες πλοίων και υποδομές, γ) τη στήριξη αναπτυσσόμενων χωρών και νησιωτικών κρατών (LDCs και SIDS), και δ) τη διασφάλιση δίκαιης κατανομής και αποφυγής «carbon leakage» σε διεθνές επίπεδο όπως αναφέρει ο IMO (2024a) και ICCT (2024).

Στον πρώτο άξονα, τα κεφάλαια του NZF προορίζονται για την ανάπτυξη και δοκιμή καινοτόμων τεχνολογιών καθαρών καυσίμων, όπως η πράσινη αμμωνία, η υδρογόνο, η συνθετική μεθανόλη και τα e-fuels, καθώς και για την ανάπτυξη υποδομών bunkering και logistic για τα νέα αυτά καύσιμα όπως αναφέρει ο IMO (2024c) και IEA (2023). Η έμφαση στην έρευνα και στην ανάπτυξη στοχεύει όχι μόνο στην παραγωγή καινοτόμων λύσεων, αλλά και στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και τη μείωση της έντασης εκπομπών για τον υπάρχοντα στόλο πλοίων, με ιδιαίτερη έμφαση στις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις όπως αναφέρει ο ICS (2024).

Ο δεύτερος άξονας αφορά άμεσα τις τεχνολογικές επενδύσεις σε πλοία και τις σχετικές υποδομές. Η χρηματοδότηση επιτρέπει την αναβάθμιση των υφιστάμενων πλοίων, την εγκατάσταση συστημάτων παρακολούθησης και ελέγχου εκπομπών, καθώς και την υιοθέτηση πιο αποδοτικών μηχανών και τεχνολογιών πρόωσης όπως αναφέρει ο EMSA (2024) και ICCT (2024). Παράλληλα, το NZF ενισχύει τη δημιουργία λιμενικών εγκαταστάσεων ανεφοδιασμού με χαμηλό ανθρακικό αποτύπωμα, κάτι που θεωρείται απαραίτητο για την ευρεία υιοθέτηση εναλλακτικών καυσίμων.

Ο τρίτος άξονας επικεντρώνεται στην υποστήριξη των LDCs και SIDS. Αυτές οι χώρες συχνά αντιμετωπίζουν περιορισμούς σε τεχνολογική ετοιμότητα και επενδυτικούς πόρους, γεγονός που καθιστά κρίσιμη τη διεθνή στήριξη για την

ένταξή τους στην παγκόσμια προσπάθεια απανθρακοποίησης όπως αναφέρει ο UNCTAD (2023) και IMO (2024b). Τα κεφάλαια χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη υποδομών, εκπαίδευση προσωπικού, τεχνική υποστήριξη και μεταφορά τεχνολογίας, εξασφαλίζοντας ότι η μετάβαση δεν αφήνει πίσω κράτη με χαμηλή τεχνολογική δυνατότητα.

Τέλος, η στρατηγική κατανομής των πόρων επιδιώκει να επιτύχει μια ισορροπία μεταξύ καινοτομίας και πρακτικής εφαρμογής, συνδέοντας την επένδυση στην τεχνολογία με την επίτευξη στόχων μετρήσιμης μείωσης εκπομπών. Η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι η συγκέντρωση πόρων σε R&D και τεχνολογικές επενδύσεις σε συνδυασμό με την υποστήριξη των λιγότερο ανεπτυγμένων κρατών αυξάνει την αποδοτικότητα και τη συνοχή της παγκόσμιας ενεργειακής μετάβασης όπως αναφέρει ο OECD (2023) και World Bank (2022).

5.5 Σύγκριση με άλλα MBMs (EU ETS, σκανδιναβικοί φόροι, ICAO CORSIA)

Η εισαγωγή του IMO Net-Zero Fund (NZF) ως διεθνούς μηχανισμού τιμολόγησης άνθρακα στη ναυτιλία έχει δημιουργήσει το πλαίσιο για την εφαρμογή ενός καθολικού Market-Based Measure (MBM), ενώ ταυτόχρονα καθίσταται αναγκαίο να συγκριθεί με άλλες αντίστοιχες πρωτοβουλίες, όπως το EU ETS, οι σκανδιναβικοί φόροι άνθρακα και το ICAO CORSIA για την αεροπορία. Η σύγκριση αυτή αναδεικνύει τα πλεονεκτήματα, τους περιορισμούς και τις προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή MBMs σε διαφορετικά μεταφορικά μέσα και νομοθετικά περιβάλλοντα όπως αναφέρει ο European Commission (2023), ICAO (2025) και World Bank (2021).

Το EU ETS αποτελεί ένα από τα πλέον ώριμα συστήματα cap-and-trade, το οποίο επιβάλλει όρια εκπομπών CO₂ και επιτρέπει την αγορά και πώληση δικαιωμάτων εκπομπών μεταξύ εταιρειών. Η εφαρμογή του σε ναυτιλιακές δραστηριότητες παρουσιάζει ομοιότητες με το NZF, καθώς και οι δύο μηχανισμοί βασίζονται σε ένα σύστημα MRV για την ακριβή μέτρηση εκπομπών όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και EMSA (2024). Ωστόσο, το EU ETS λειτουργεί κυρίως σε ευρωπαϊκό πλαίσιο, ενώ το NZF επιδιώκει καθολική εφαρμογή σε

παγκόσμιο επίπεδο, αντιμετωπίζοντας ζητήματα πολυεθνικής συμμόρφωσης και «carbon leakage» όπως αναφέρει ο OECD (2023).

Οι σκανδιναβικοί φόροι άνθρακα, όπως εφαρμόζονται στη Νορβηγία και τη Σουηδία, παρέχουν ένα άλλο παράδειγμα MBM, βασισμένο σε απευθείας εισφορά ανά τόνο καυσίμου. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει μεγαλύτερη σταθερότητα στην τιμή του άνθρακα, αλλά περιορίζει την ευελιξία της αγοράς και την ανταπόκριση σε διαφοροποιήσεις εκπομπών μεταξύ πλοίων και διαδρομών όπως αναφέρει ο Nordic Council (2024). Το NZF συνδυάζει στοιχεία τόσο της σταθερής εισφοράς όσο και της αγοράς μονάδων «levy–reward–redistribution», προσφέροντας ένα πιο δυναμικό αλλά και ελεγχόμενο πλαίσιο όπως αναφέρει ο ICS (2024) και ICCT (2024).

Το ICAO CORSIA, το οποίο εφαρμόζεται στον αεροπορικό τομέα, βασίζεται σε σύστημα αντιστάθμισης εκπομπών για τη διασφάλιση ουδέτερων GHG emissions growth. Αν και αφορά διαφορετικό μέσο, η συγκριτική ανάλυση δείχνει ότι η χρήση διεθνών ταμείων και συστημάτων συμμόρφωσης, όπως τα «Remedial Units» και «Surplus Units» του NZF, εμπνέεται από αντίστοιχες αρχές που χρησιμοποιούνται στο CORSIA όπως αναφέρει ο ICAO (2025) και UNCTAD (2023). Η βασική διαφορά έγκειται στο ότι το NZF εστιάζει όχι μόνο στην αντιστάθμιση, αλλά και στην ενίσχυση τεχνολογικής καινοτομίας και στη στήριξη αναπτυσσόμενων κρατών (LDCs και SIDS), καθιστώντας το ένα πιο ολοκληρωμένο MBM για τη ναυτιλία όπως αναφέρει ο IMO (2024b) και ICS (2024).

Συνολικά, η σύγκριση των διαφορετικών MBMs αναδεικνύει ότι ο NZF επιδιώκει να συνδυάσει τα πλεονεκτήματα των προηγούμενων συστημάτων – αυστηρό MRV, σταθερή χρηματοδότηση, δυναμική αγορά και διεθνή εφαρμογή – προσφέροντας ταυτόχρονα μηχανισμούς κοινωνικής δικαιοσύνης και τεχνολογικής υποστήριξης, που δεν καλύπτονται πλήρως από τα υφιστάμενα περιφερειακά ή κλαδικά MBMs όπως αναφέρει ο OECD (2023) και World Bank (2022).

5.6 Οικονομικές επιπτώσεις στην αγορά ναύλων και στις αλυσίδες εφοδιασμού

Η εφαρμογή του IMO Net-Zero Fund (NZF) και των σχετικών μέτρων τιμολόγησης άνθρακα αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά την αγορά ναύλων και τις παγκόσμιες

αλυσίδες εφοδιασμού. Τα κόστη καυσίμων και εκπομπών θα ενσωματωθούν στα ναύλα, επηρεάζοντας τόσο τη ναυτιλιακή βιομηχανία όσο και τους τελικούς χρήστες των υπηρεσιών μεταφοράς όπως αναφέρει ο UNCTAD (2023) και OECD (2023). Σύμφωνα με αναλύσεις της World Bank (2022) και του ICCT (2024), η εισαγωγή ενός σταθερού levy και συστήματος επιβράβευσης/ανακατανομής στο NZF μπορεί να αυξήσει προσωρινά το κόστος μεταφοράς, αλλά ταυτόχρονα δημιουργεί κίνητρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την υιοθέτηση καθαρών τεχνολογιών, γεγονός που ενδεχομένως μεσοπρόθεσμα περιορίζει τις αυξήσεις ναύλων.

Οι αναλύσεις δείχνουν ότι οι μεταβολές στα ναύλα δεν είναι ομοιογενείς μεταξύ διαφορετικών τύπων πλοίων και δρομολογίων. Μεγάλες γραμμές μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων που χρησιμοποιούν σύγχρονες τεχνολογίες και εναλλακτικά καύσιμα ενδέχεται να αντιμετωπίσουν χαμηλότερες αυξήσεις σε σχέση με παλαιότερα πλοία υψηλής έντασης άνθρακα όπως αναφέρει ο DNV (2025) και ICS (2023). Παράλληλα, οι αλυσίδες εφοδιασμού μπορεί να υποστούν προσωρινές διαταραχές λόγω αναπροσαρμογής δρομολογίων, αναπρομήθειας καυσίμων και επενδύσεων σε νέες υποδομές bunkering για πράσινα καύσιμα όπως αναφέρει ο IEA (2023) και OECD (2023).

Μακροπρόθεσμα, η ενσωμάτωση των εξόδων άνθρακα στο κόστος μεταφοράς μπορεί να οδηγήσει σε μια πιο αποτελεσματική και βιώσιμη αγορά. Οι εταιρείες που επενδύουν σε καθαρά καύσιμα και τεχνολογίες υψηλής απόδοσης θα επωφεληθούν μέσω μειωμένων πληρωμών στο NZF, ενώ οι αλυσίδες εφοδιασμού που υιοθετούν βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης ενέργειας θα βελτιώσουν τη συνολική ανταγωνιστικότητά τους όπως αναφέρει ο UMAS (2025) και ICS (2024).

Συμπερασματικά, αν και οι οικονομικές επιπτώσεις στην αγορά ναύλων και στις αλυσίδες εφοδιασμού είναι αναπόφευκτες, η σχεδιασμένη λειτουργία του NZF, σε συνδυασμό με τεχνικά και οικονομικά κίνητρα, προσφέρει τη δυνατότητα μετριασμού των άμεσων επιβαρύνσεων και ταυτόχρονα προώθησης της πράσινης μετάβασης στη ναυτιλία όπως αναφέρει ο World Bank (2022) και OECD (2023).

5.7 Πλεονεκτήματα και κριτική στο μοντέλο του Net-Zero Fund

Το Net-Zero Fund (NZF) του IMO παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα ως διεθνής μηχανισμός χρηματοδότησης της πράσινης μετάβασης στη ναυτιλία. Κατ' αρχάς, παρέχει μια ενιαία, παγκόσμια προσέγγιση στη χρηματοδότηση της μείωσης εκπομπών, ενσωματώνοντας ταυτόχρονα οικονομικά κίνητρα και μηχανισμούς συμμόρφωσης όπως αναφέρει ο IMO (2024a) και ICS (2024). Μέσω της λογικής *levy-reward-redistribution*, το ταμείο δημιουργεί κίνητρα για τις εταιρείες που επενδύουν σε καθαρά καύσιμα και τεχνολογίες υψηλής ενεργειακής απόδοσης, προωθώντας την τεχνολογική καινοτομία και την ανάπτυξη πράσινων υποδομών όπως αναφέρει ο ICCT (2024) και World Bank (2022). Παράλληλα, η υποστήριξη σε αναπτυσσόμενες χώρες, ιδίως LDCs και SIDS, συμβάλλει στη διασφάλιση μιας δίκαιης και συμπεριληπτικής μετάβασης, περιορίζοντας την ανισότητα στην πρόσβαση σε τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών όπως αναφέρει ο UNCTAD (2023) και IMO (2024c).

Ωστόσο, το μοντέλο αντιμετωπίζει επίσης κριτική και περιορισμούς. Η αβεβαιότητα σχετικά με το ύψος της εισφοράς άνθρακα μπορεί να επηρεάσει την αποτελεσματικότητα των κινήτρων και να δημιουργήσει οικονομική πίεση στις ναυτιλιακές εταιρείες, ιδιαίτερα σε περιόδους υψηλού κόστους καυσίμων όπως αναφέρει ο OECD (2023) και World Bank (2022). Επιπλέον, υπάρχει κίνδυνος επικάλυψης με περιφερειακές πολιτικές, όπως το EU ETS ή το FuelEU Maritime, γεγονός που μπορεί να δημιουργήσει διπλή επιβάρυνση ή ασάφεια στη συμμόρφωση όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και ICCT (2024). Η διαχείριση και διανομή των πόρων απαιτεί υψηλό επίπεδο διαφάνειας και συντονισμού, ώστε να αποφευχθούν στρεβλώσεις και η δημιουργία ανισοτήτων μεταξύ κρατών με διαφορετική τεχνολογική και οικονομική ικανότητα όπως αναφέρει ο IRENA (2023) και UNCTAD (2023).

Παρά τις προκλήσεις αυτές, το NZF αποτελεί ένα πρωτοποριακό παράδειγμα διεθνούς συνεργασίας, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την οικονομική ενίσχυση της μετάβασης σε καθαρά καύσιμα, με δυνατότητα περιορισμού των εκπομπών GHG της ναυτιλίας έως το 2050, ενώ ταυτόχρονα προωθεί τη δικαιοσύνη, τη διαφάνεια και την τεχνολογική καινοτομία σε παγκόσμιο επίπεδο όπως αναφέρει ο IMO (2024a), ICS (2023) και World Bank (2022).

5.8 Ανακεφαλαίωση

Στο Κεφάλαιο 5 αναλύθηκε ο ρόλος και η λειτουργία του IMO Net-Zero Fund (NZF) ως διεθνούς μηχανισμού χρηματοδότησης της απανθρακοποίησης της ναυτιλίας. Το ταμείο έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει την επίτευξη των στόχων μηδενικών καθαρών εκπομπών έως το 2050, προσφέροντας χρηματοδότηση για τεχνολογικές επενδύσεις, έρευνα και ανάπτυξη, καθώς και στήριξη σε αναπτυσσόμενες χώρες, ιδιαίτερα LDCs και SIDS όπως αναφέρει ο IMO (2024a) και UNCTAD (2023).

Η λειτουργική του δομή βασίζεται στη λογική levy–reward–redistribution, ενώ ενσωματώνει μηχανισμούς MRV (Monitoring, Reporting, Verification) και guidelines Life-Cycle Assessment (LCA) για την ακριβή παρακολούθηση των εκπομπών και τη διασφάλιση της συμμόρφωσης όπως αναφέρει ο IMO (2024d) και EMSA (2024). Παράλληλα, το ταμείο συνδέεται με τον κανονισμό GFI (GHG Fuel Intensity), δημιουργώντας μια εσωτερική αγορά συμμόρφωσης που προωθεί την τεχνολογική καινοτομία και την υιοθέτηση καθαρών καυσίμων όπως αναφέρει ο ICS (2024) και IMO (2024c).

Το κεφάλαιο παρουσίασε επίσης την προσέγγιση τιμολόγησης άνθρακα μέσω levy, premium και surcharge, την κατανομή των εσόδων για R&D, επενδύσεις και στήριξη αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και τη σύγκριση με άλλα MBMs όπως το EU ETS και το ICAO CORSIA όπως αναφέρει ο ICCT (2024) και European Commission (2023). Τέλος, συζητήθηκαν οι οικονομικές επιπτώσεις στην αγορά ναύλων, τα πλεονεκτήματα του NZF ως παγκόσμιου μηχανισμού χρηματοδότησης, καθώς και η κριτική που αφορά την αβεβαιότητα εισφορών και τη δυνατότητα επικάλυψης με περιφερειακούς κανονισμούς όπως αναφέρει ο World Bank (2022) και OECD (2023).

Συνολικά, το NZF αποτελεί μια πρωτοποριακή και ολοκληρωμένη προσέγγιση, που συνδυάζει οικονομικά κίνητρα, τεχνολογική υποστήριξη και δίκαιη κατανομή πόρων, θέτοντας τις βάσεις για μια βιώσιμη και δίκαιη παγκόσμια ενεργειακή μετάβαση στη ναυτιλία όπως αναφέρει ο IMO (2024a) και ICS (2023).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συγκριτική Ανάλυση με το Ευρωπαϊκό Πλαίσιο (EU ETS & FuelEU Maritime)

6.1 Εισαγωγή

Η ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών πολιτικών στη ναυτιλία αποτελεί βασικό στοιχείο της παγκόσμιας στρατηγικής για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σε αυτό το πλαίσιο, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναδειχθεί σε ηγετικό φορέα νομοθέτησης υψηλών απαιτήσεων, εισάγοντας ρυθμιστικά μέτρα όπως το EU ETS και το FuelEU Maritime που στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση της έντασης εκπομπών από τον ναυτιλιακό τομέα όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και DNV (2025). Η προσέγγιση της ΕΕ, σε συνδυασμό με τις διεθνείς πρωτοβουλίες του IMO, δημιουργεί ένα περίπλοκο ρυθμιστικό περιβάλλον, όπου οι εταιρείες πρέπει να προσαρμόσουν στρατηγικές συμμόρφωσης και επενδύσεων.

Συγκεκριμένα, το EU ETS επεκτείνεται σταδιακά στη ναυτιλία, ενώ το FuelEU Maritime θέτει όρια έντασης εκπομπών, απαιτήσεις χρήσης ανανεώσιμων καυσίμων χαμηλών εκπομπών (RFNBO) και εφαρμόζει τη μεθοδολογία well-to-wake για την εκτίμηση εκπομπών όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και EMSA (2025). Αυτή η διπλή προσέγγιση από την ΕΕ δημιουργεί προκλήσεις για τη συμβατότητα με το διεθνές πλαίσιο του IMO, συμπεριλαμβανομένου του NetZero Fund και του κανονισμού GFI, καθιστώντας αναγκαία τη συγκριτική ανάλυση των δύο συστημάτων.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται μια ολοκληρωμένη ανάλυση της σύγκρισης μεταξύ του IMO Net-Zero Fund και των ευρωπαϊκών μηχανισμών EU ETS και FuelEU Maritime. Συγκεκριμένα, αναλύεται ο ρόλος της ΕΕ ως νομοθέτη υψηλών απαιτήσεων, οι φάσεις ένταξης της ναυτιλίας στο EU ETS, οι απαιτήσεις του FuelEU Maritime, οι πιθανές επικαλύψεις και οι κίνδυνοι διπλής ρύθμισης, καθώς και οι ειδικές επιπτώσεις για εταιρείες με δραστηριότητες σε ευρωπαϊκό έδαφος όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και ICS (2024).

6.2 Ο ρόλος της ΕΕ ως νομοθέτη

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναδειχθεί σε παγκόσμιο ηγέτη στη θέσπιση περιβαλλοντικών κανόνων υψηλής αυστηρότητας, ιδίως στον τομέα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Μέσα από νομοθετικά εργαλεία όπως το EU ETS και το FuelEU Maritime, η ΕΕ καθορίζει πλαίσια που υπερβαίνουν τις τρέχουσες διεθνείς απαιτήσεις και θέτει αυστηρά κριτήρια για τη μείωση της έντασης εκπομπών στη ναυτιλία όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και DNV (2025). Η πολιτική αυτή αντανάκλα τη στρατηγική της Ένωσης να προωθήσει την ενεργειακή μετάβαση, να ενισχύσει την καινοτομία στις καθαρές τεχνολογίες και να διασφαλίσει την αειφόρο ανάπτυξη στον ναυτιλιακό κλάδο.

Συγκεκριμένα, η ΕΕ λειτουργεί ως πρότυπο για άλλες χώρες και διεθνείς οργανισμούς, θέτοντας κανόνες που περιλαμβάνουν μετρήσιμους στόχους μείωσης εκπομπών, υποχρεωτική αναφορά εκπομπών και συμμόρφωση με αυστηρές διαδικασίες MRV (Monitoring, Reporting, Verification) όπως αναφέρει ο EMSA (2025) και European Commission (2023). Αυτή η στρατηγική υψηλών απαιτήσεων ενισχύει τη διαφάνεια στην αγορά, δημιουργεί κίνητρα για επενδύσεις σε εναλλακτικά καύσιμα και τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών και αποτρέπει τον κατακερματισμό της αγοράς, μειώνοντας παράλληλα τον κίνδυνο «carbon leakage» όπως αναφέρει ο ICCT (2024).

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει τη θέση της ΕΕ ως νομοθέτη υψηλών απαιτήσεων στο πλαίσιο της συγκριτικής ανάλυσης με το IMO Net-Zero Fund. Θα εξεταστούν οι βασικές αρχές των ευρωπαϊκών κανονισμών, η επιρροή τους στη λειτουργία των πλοίων και τις στρατηγικές των εταιρειών, καθώς και οι προκλήσεις που ανακύπτουν για τη διασφάλιση συμβατότητας μεταξύ διεθνών και ευρωπαϊκών πλαισίων όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και ICS (2024).

6.3 Εισαγωγή της ναυτιλίας στο EU ETS – λειτουργία, κόστος, φάσεις ένταξης

Η ένταξη της ναυτιλίας στο Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (EU ETS) αποτελεί σημαντικό βήμα για την εφαρμογή αυστηρών περιβαλλοντικών κανόνων στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών. Το EU ETS επεκτείνει την αρχή “polluter pays” στη ναυτιλία, υποχρεώνοντας τα πλοία που δραστηριοποιούνται

εντός ευρωπαϊκών λιμένων και θαλάσσιων περιοχών να αποκτούν δικαιώματα εκπομπών για το CO₂ που παράγουν όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και DNV (2025). Μέσω του μηχανισμού αυτού, η ΕΕ στοχεύει στη δημιουργία οικονομικών κινήτρων για τη μείωση εκπομπών και στην προώθηση της υιοθέτησης καθαρών τεχνολογιών και εναλλακτικών καυσίμων. Η λειτουργία του EU ETS στη ναυτιλία περιλαμβάνει τρεις κύριες φάσεις. Στην πρώτη φάση, που καλύπτει τα έτη 2024–2026, εφαρμόζεται περιορισμένη κάλυψη και οι εταιρείες πλοίων υποχρεούνται σε αναφορά εκπομπών, χωρίς σημαντική οικονομική επιβάρυνση όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και EMSA (2025). Η δεύτερη φάση, 2027–2030, εισάγει πλήρη δέσμευση αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών, καθιστώντας υποχρεωτική την απόκτηση και καταβολή για το σύνολο των εκπομπών CO₂, αυξάνοντας αντίστοιχα το κόστος λειτουργίας των πλοίων όπως αναφέρει ο ICCT (2024) και OECD (2023). Η τρίτη φάση, μετά το 2030, περιλαμβάνει αναθεωρημένες αυστηρότερες απαιτήσεις για την ένταση εκπομπών, με αυξημένα όρια συμμόρφωσης και πλήρη ενσωμάτωση σε διαδικασίες MRV όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και EMSA (2025).

Το κόστος ένταξης στο EU ETS αναμένεται να επηρεάσει άμεσα τις ναυτιλιακές δαπάνες και τις τιμές ναύλων. Μελέτες υπολογίζουν ότι η εφαρμογή του συστήματος θα επιφέρει σημαντική αύξηση λειτουργικού κόστους, κυρίως για τα παλαιότερα πλοία που χρησιμοποιούν βαριά καύσιμα υψηλής έντασης άνθρακα όπως αναφέρει ο DNV (2025) και ICCT (2024). Παράλληλα, η συμμετοχή στο EU ETS αναμένεται να προωθήσει επενδύσεις σε βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης και στην υιοθέτηση καυσίμων χαμηλών εκπομπών, ενισχύοντας τη συμβατότητα με άλλα διεθνή μέτρα, όπως το IMO Net-Zero Fund όπως αναφέρει ο ICS (2024) και IMO (2024c).

Η ενσωμάτωση της ναυτιλίας στο EU ETS αποτελεί επομένως ένα κρίσιμο εργαλείο για την επίτευξη των ευρωπαϊκών περιβαλλοντικών στόχων, ενώ παράλληλα δημιουργεί προκλήσεις για την οικονομική βιωσιμότητα και τη στρατηγική προσαρμογή των ναυτιλιακών εταιρειών όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και OECD (2023).

6.4 FuelEU Maritime – ένταση GHG, RFNBO quotas, well-to-

wake βάση

Το FuelEU Maritime αποτελεί ένα από τα βασικά εργαλεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την απανθρακοποίηση της ναυτιλίας, στο πλαίσιο της στρατηγικής Fit-for-55. Το κανονιστικό πλαίσιο εισάγει όρια στην ένταση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά μονάδα ενέργειας καυσίμου, υποχρεώνοντας τις εταιρείες να χρησιμοποιούν καύσιμα χαμηλού ή μηδενικού άνθρακα (RFNBO – Renewable Fuels of Non-Biological Origin) όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και EMSA (2025). Η στόχευση στη μείωση της GHG intensity επιτρέπει στην ΕΕ να προωθήσει τη σταδιακή αντικατάσταση βαρέων καυσίμων με εναλλακτικά καύσιμα, όπως πράσινη αμμωνία, υδρογόνο, συνθετικά καύσιμα και βιοκαύσιμα όπως αναφέρει ο DNV (2025) και ICCT (2024).

Μία κρίσιμη παράμετρος του FuelEU Maritime είναι η βάση υπολογισμού «well-to-wake» (WtW), που περιλαμβάνει όχι μόνο τις εκπομπές κατά την καύση αλλά και τις εκπομπές που παράγονται κατά την παραγωγή, μεταφορά και αποθήκευση του καυσίμου όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και IEA (2023). Αυτή η ολιστική προσέγγιση επιτρέπει την ακριβέστερη εκτίμηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος κάθε τύπου καυσίμου, ενισχύοντας τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων από τις ναυτιλιακές εταιρείες και την τήρηση των ευρωπαϊκών στόχων μείωσης των εκπομπών.

Επιπλέον, το FuelEU Maritime εισάγει ποσοτώσεις χρήσης RFNBO για κάθε έτος, οι οποίες αυξάνονται σταδιακά μέχρι το 2050, ενθαρρύνοντας την παραγωγή και διάθεση ανανεώσιμων καυσίμων και δημιουργώντας αγορά για επενδύσεις σε πράσινες τεχνολογίες όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και ICCT (2024). Η συμμόρφωση ελέγχεται μέσω διαδικασιών MRV (Monitoring, Reporting, Verification), με στόχο τη διαφάνεια και την αξιοπιστία των δεδομένων εκπομπών όπως αναφέρει ο EMSA (2025) και IEA (2023).

Το κανονιστικό πλαίσιο του FuelEU Maritime αποτελεί ουσιαστικά ένα ευρωπαϊκό παράδειγμα ενσωμάτωσης ποσοτικών περιορισμών έντασης εκπομπών και υποχρεωτικών ποσοτώσεων ανανεώσιμων καυσίμων, προσφέροντας έναν μηχανισμό που συμπληρώνει αλλά και μπορεί να συγκριθεί με διεθνείς πρωτοβουλίες όπως το IMO Net-Zero Fund και τα μέτρα GFI όπως αναφέρει ο IMO

(2024c) και ICS (2024). Οι φάσεις εφαρμογής του και η σταδιακή ενσωμάτωση καυσίμων χαμηλού άνθρακα αναμένεται να επηρεάσουν τόσο την αγορά ναύλων όσο και την επενδυτική στρατηγική των εταιρειών με ευρωπαϊκές δραστηριότητες όπως αναφέρει ο OECD (2023) και European Commission (2023).

6.5 Συγκρούσεις & επικαλύψεις με GFI

Η ενσωμάτωση της ναυτιλίας στο ευρωπαϊκό πλαίσιο FuelEU Maritime και στο EU ETS δημιουργεί ενδεχόμενες συγκρούσεις και επικαλύψεις με τον κανονισμό GFI (GHG Fuel Intensity Regulation) του IMO, δεδομένου ότι και τα δύο πλαίσια επιδιώκουν τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία, αλλά με διαφορετική γεωγραφική εμβέλεια και ρυθμιστικές προσεγγίσεις όπως αναφέρει ο IMO (2023) και European Commission (2023). Ο δείκτης CII χρησιμοποιείται από το IMO για την παγκόσμια μέτρηση της έντασης εκπομπών ανά μεταφορικό έργο, ενώ το GFI αποτελεί τον κανονισμό που εφαρμόζει αυτόν τον δείκτη σε διεθνές επίπεδο. Το FuelEU Maritime εισάγει παράλληλα ευρωπαϊκές δεσμεύσεις, όπως ετήσια όρια έντασης καυσίμου και ποσοστάσεις RFNBO, με υποχρεωτική εφαρμογή για όλα τα πλοία που δραστηριοποιούνται σε ευρωπαϊκά ύδατα όπως αναφέρει ο EMSA (2025) και ICCT (2024).

Η ταυτόχρονη εφαρμογή των δύο πλαισίων μπορεί να οδηγήσει σε διπλή ρύθμιση («double regulation») για πλοία με διεθνείς και ευρωπαϊκές γραμμές, καθώς οι εταιρείες πρέπει να συμμορφώνονται με τα όρια CII/GFI για το συνολικό στόλο και παράλληλα με τις ποσοστάσεις και τους υπολογισμούς well-to-wake του FuelEU Maritime για τα ευρωπαϊκά δρομολόγια όπως αναφέρει ο DNV (2025) και ICS (2024). Επιπλέον, η χρήση διαφορετικών μεθοδολογιών υπολογισμού της έντασης εκπομπών μπορεί να δημιουργήσει ασυμφωνίες στα δεδομένα MRV, επιβαρύνοντας τη διαχείριση και την αναφορά εκπομπών από τις ναυτιλιακές εταιρείες όπως αναφέρει ο EMSA (2025) και IMO (2024d).

Παράλληλα, η οικονομική επικάλυψη προκύπτει από τις πιθανές ταυτόχρονες εισφορές άνθρακα, φόρους και επιδόματα που εφαρμόζονται σε διαφορετικές ρυθμιστικές σφαίρες. Μελέτες υποστηρίζουν ότι η συντονισμένη πολιτική ευθυγράμμισης μεταξύ GFI και ευρωπαϊκών MBMs θα μπορούσε να

μειώσει τις στρεβλώσεις της αγοράς και τον κίνδυνο carbon leakage, διασφαλίζοντας την αποτελεσματική υιοθέτηση καθαρών καυσίμων και τεχνολογιών απανθρακοποίησης όπως αναφέρει ο OECD (2023) και UNCTAD (2023).

Συνολικά, η ανάλυση των επικαλύψεων αναδεικνύει την ανάγκη για διεθνή συνεργασία και συγχρονισμό κανονιστικών πλαισίων, ώστε να εξασφαλιστεί ότι οι παγκόσμιοι στόχοι μείωσης GHG και οι ευρωπαϊκοί δεσμευτικοί στόχοι μπορούν να υλοποιηθούν χωρίς να δημιουργούνται αδικαιολόγητα οικονομικά ή διοικητικά βάρη για τις ναυτιλιακές εταιρείες όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και ICCT (2024).

6.6 Συμβατότητα του IMO Net-Zero Fund με EU ETS

ευθυγράμμιση

Η συμβατότητα του IMO Net-Zero Fund (NZF) με το ευρωπαϊκό πλαίσιο EU ETS αποτελεί κρίσιμο ζήτημα για την αποτελεσματική εφαρμογή πολιτικών απανθρακοποίησης στη ναυτιλία. Το NZF λειτουργεί ως διεθνής μηχανισμός χρηματοδότησης, παρέχοντας κίνητρα για χρήση καθαρών καυσίμων, R&D και τεχνολογικές επενδύσεις, ενώ το EU ETS επιβάλλει οικονομικό κόστος για εκπομπές CO₂ σε ευρωπαϊκά δρομολόγια όπως αναφέρει ο IMO (2024a) και European Commission (2023). Η ευθυγράμμιση επιδιώκει να μειώσει τον κίνδυνο διπλής τιμολόγησης, να διευκολύνει τη συμμετοχή πλοιοκτητών σε διεθνές και ευρωπαϊκό πλαίσιο και να ενισχύσει τη συνολική αποτελεσματικότητα των πολιτικών όπως αναφέρει ο ICCT (2024) και UNCTAD (2023).

Κύρια στοιχεία της ευθυγράμμισης περιλαμβάνουν:

Αναγνώριση εισφορών NZF στο EU ETS: Οι εισφορές από το NZF μπορούν να ληφθούν υπόψη για μείωση υποχρεώσεων allowances, αποτρέποντας οικονομικό διπλασιασμό όπως αναφέρει ο ICCT (2024).

Συντονισμός MRV: Η κοινή χρήση πλατφορμών MRV βελτιώνει τη διαφάνεια και μειώνει τη γραφειοκρατία, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζει συγκρίσιμα δεδομένα εκπομπών όπως αναφέρει ο EMSA (2024).

Συμμόρφωση με GFI και RFNBO quotas: Η αναγνώριση πράσινων καυσίμων και τεχνολογικών κινήτρων του NZF μπορεί να λογίζεται ως συμμόρφωση με ευρωπαϊκές απαιτήσεις FuelEU Maritime, ελαχιστοποιώντας οικονομικές εντάσεις όπως αναφέρει ο ICCT (2024) και European Commission (2021e).

Η τεχνική και οικονομική ευθυγράμμιση μειώνει τον κίνδυνο υψηλού κόστους, διευκολύνει την επενδυτική σταθερότητα και ενισχύει την αποδοχή των πολιτικών από τους ναυτιλιακούς φορείς όπως αναφέρει ο OECD (2023) και World Bank (2022).

6.7 Ανάλυση πιθανής διπλής επιβάρυνσης (double regulation)

Η έννοια της διπλής επιβάρυνσης («double regulation») αναφέρεται στον κίνδυνο ταυτόχρονης οικονομικής επιβάρυνσης των πλοιοκτητών, όταν ένα πλοίο υπόκειται τόσο στις απαιτήσεις του ευρωπαϊκού EU ETS και του FuelEU Maritime όσο και στις εισφορές του IMO Net-Zero Fund (NZF). Η ταυτόχρονη εφαρμογή των δύο συστημάτων μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο λειτουργικό κόστος, περιορισμένη δυνατότητα επενδύσεων σε καθαρές τεχνολογίες και δυνητική στρέβλωση της ανταγωνιστικότητας σε ευρωπαϊκές αλλά και διεθνείς γραμμές όπως αναφέρει ο UNCTAD (2023) και OECD (2023).

Η διαχείριση της διπλής επιβάρυνσης απαιτεί συντονισμένες λύσεις σε τρία επίπεδα. Πρώτον, η αναγνώριση των εισφορών NZF ως offset για τις υποχρεώσεις EU ETS μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο διπλής πληρωμής, δίνοντας κίνητρο στους πλοιοκτήτες να συμμετέχουν ενεργά και στα δύο συστήματα όπως αναφέρει ο World Bank (2022). Δεύτερον, ο συντονισμός του συστήματος MRV (Monitoring, Reporting, Verification) μέσω κοινών ψηφιακών πλατφορμών διασφαλίζει ότι οι εκπομπές καταγράφονται με συγκρίσιμη και αξιόπιστη μεθοδολογία, μειώνοντας τη γραφειοκρατία και αυξάνοντας τη διαφάνεια όπως αναφέρει ο EMSA (2024). Τρίτον, η συμφωνία περί offsets και αναγνώριση τεχνολογικών κινήτρων του NZF επιτρέπει η χρηματοδότηση έργων καθαρών καυσίμων και τεχνολογιών να θεωρείται συμμόρφωση με ευρωπαϊκές υποχρεώσεις, διασφαλίζοντας ότι οι

μειώσεις εκπομπών είναι ουσιαστικές και μετρήσιμες όπως αναφέρει ο ICCT (2024) και UNCTAD (2023).

Η ενσωμάτωση αυτών των μηχανισμών καθιστά δυνατή την οικονομικά βιώσιμη και τεχνικά συνεπή εφαρμογή των διεθνών και ευρωπαϊκών κανονισμών, αποφεύγοντας περιττά κόστη για τους πλοιοκτήτες και ενισχύοντας την αποδοχή των πολιτικών απανθρακοποίησης από τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Παράλληλα, μειώνει τον κίνδυνο «carbon leakage», διασφαλίζοντας ότι οι εκπομπές μειώνονται πραγματικά και δεν μεταφέρονται σε περιοχές εκτός ΕΕ όπου οι ρυθμίσεις είναι χαλαρότερες όπως αναφέρει ο OECD (2023) και World Bank (2022).

6.8 Ειδικές επιπτώσεις για εταιρείες με ευρωπαϊκές δραστηριότητες

Οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται σε ευρωπαϊκές γραμμές αντιμετωπίζουν έναν συνδυασμό κανονιστικών απαιτήσεων, καθώς υπόκεινται τόσο στο EU ETS και στο FuelEU Maritime όσο και στις εισφορές του IMO Net-Zero Fund (NZF). Αυτή η διπλή επιβολή συνεπάγεται αυξημένο λειτουργικό κόστος, το οποίο μπορεί να επηρεάσει τις τιμές των ναύλων, την ανταγωνιστικότητα και τα περιθώρια κέρδους, ιδιαίτερα για μικρότερες εταιρείες που δεν διαθέτουν την ίδια οικονομική ισχύ με μεγάλους διεθνείς ομίλους όπως αναφέρει ο UNCTAD (2023) και OECD (2023).

Σε τεχνικό επίπεδο, οι ευρωπαϊκές εταιρείες πρέπει να προσαρμοστούν σε διαφορετικά πρότυπα MRV, με το EU ETS να απαιτεί καταγραφή εκπομπών ανά τόνο CO₂ σε ευρωπαϊκά δρομολόγια και το NZF να εστιάζει στην ένταση άνθρακα παγκοσμίως μέσω GFI-based metrics. Η χρήση κοινής μεθοδολογίας well-to-wake και Life-Cycle Assessment (LCA) είναι κρίσιμη για τη σύγκλιση των δεδομένων και τη μείωση του κινδύνου διπλής μέτρησης ή ασυμβατότητας όπως αναφέρει ο EMSA (2024) και IMO (2024d).

Οικονομικά κίνητρα όπως τα premium και surcharge του NZF σε συνδυασμό με τις υποχρεώσεις allowances του EU ETS δημιουργούν την ανάγκη στρατηγικού σχεδιασμού από τις εταιρείες. Οι επιχειρήσεις που επενδύουν σε καθαρά καύσιμα και τεχνολογίες απανθρακοποίησης μπορούν να επωφεληθούν από μειωμένα κόστη συμμόρφωσης και πιθανή αναγνώριση offsets για τις ευρωπαϊκές υποχρεώσεις,

ενισχύοντας την αποδοτικότητα κεφαλαίων και περιορίζοντας τον κίνδυνο οικονομικής ασφυξίας όπως αναφέρει ο ICCT (2024) και ICS (2024).

Επιπλέον, οι εταιρείες με ευρωπαϊκές δραστηριότητες πρέπει να εξετάσουν τις επιπτώσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού, καθώς η τιμολόγηση άνθρακα μπορεί να αυξήσει το κόστος προμήθειας καυσίμων και logistics. Ο συνδυασμός EU ETS και NZF καθιστά απαραίτητο τον συντονισμό μεταξύ τμημάτων επιχειρησιακής διαχείρισης, χρηματοοικονομικών και τεχνικής υποστήριξης, ώστε να διασφαλιστεί η συμμόρφωση χωρίς να υπονομεύεται η ανταγωνιστικότητα όπως αναφέρει ο World Bank (2022) και OECD (2023).

Συνολικά, οι ειδικές επιπτώσεις για τις ευρωπαϊκές εταιρείες συνίστανται σε συνδυασμό αυξημένων κόστους, ανάγκης για τεχνική και επιχειρησιακή προσαρμογή και στρατηγικής αξιοποίησης των κινήτρων του NZF για τη μείωση των εκπομπών, προκειμένου να διασφαλιστεί η βιώσιμη συμμετοχή τους στην παγκόσμια αγορά όπως αναφέρει ο UNCTAD (2023) και EMSA (2024).

6.9 Ανακεφαλαίωση

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύθηκε η συγκριτική σχέση του IMO Net-Zero Fund (NZF) με το ευρωπαϊκό πλαίσιο EU ETS και FuelEU Maritime, εστιάζοντας τόσο στις κοινοτικές απαιτήσεις όσο και στη διεθνή διάσταση της ναυτιλιακής απανθρακοποίησης. Το κεφάλαιο ανέδειξε τις βασικές αρχές που διέπουν και τα δύο πλαίσια, όπως η εσωτερίκευση του κόστους άνθρακα και η χρήση MRV συστημάτων με μεθοδολογία well-to-wake, που επιτρέπουν συγκρίσιμα και αξιόπιστα δεδομένα εκπομπών όπως αναφέρει ο IMO (2024d) και EMSA (2024).

Η ανάλυση κατέδειξε ότι, θεωρητικά, η συνεργιστική λειτουργία μεταξύ EU ETS / FuelEU Maritime και του IMO GFI θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω αναγνώρισης εισφορών, συντονισμού reporting και αναγνώρισης offsets, μειώνοντας τον κίνδυνο διπλής επιβάρυνσης για ευρωπαϊκές εταιρείες. Στην πράξη, όμως, δεν υπάρχει επίσημη συνεργασία μεταξύ IMO και ΕΕ, και τα ευρωπαϊκά πλαίσια εφαρμόζονται μόνο σε πλοία που εκτελούν δρομολόγια εντός ΕΕ ή

προς/από ΕΕ, ή δραστηριοποιούνται σε ευρωπαϊκά ύδατα όπως αναφέρει ο ICCT (2024), UNCTAD (2023), World Bank (2022) και European Commission (2023).

Παράλληλα, επισημάνθηκαν οι τεχνικές και πολιτικές συνιστώσες της ευθυγράμμισης, όπως η συμμόρφωση με RFNBO quotas, η ενσωμάτωση GFI metrics και η συμβατότητα με τις κατευθυντήριες οδηγίες LCA, που καθιστούν δυνατή τη σταδιακή μετάβαση σε καθαρά καύσιμα όπως αναφέρει ο European Commission (2021e) και IMO (2024c).

Οι ειδικές επιπτώσεις για εταιρείες με ευρωπαϊκές δραστηριότητες περιλαμβάνουν αυξημένο κόστος λειτουργίας, ανάγκη για στρατηγική διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού και επενδύσεις σε τεχνολογίες απανθρακοποίησης, ενώ ταυτόχρονα προσφέρουν κίνητρα για τεχνολογική καινοτομία και αποφυγή carbon leakage όπως αναφέρει ο OECD (2023) και ICS (2024).

Συνολικά, το κεφάλαιο υπογραμμίζει ότι η συνδυαστική εφαρμογή NZF και ευρωπαϊκών κανονισμών απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και συνεργασία μεταξύ διεθνών και ευρωπαϊκών φορέων, ώστε να επιτευχθεί μία δίκαιη, τεχνικά εφικτή και οικονομικά βιώσιμη μετάβαση της ναυτιλιακής βιομηχανίας προς μηδενικές εκπομπές όπως αναφέρει ο UNCTAD (2023) και World Bank (2022).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Επιπτώσεις στη Ναυτιλιακή Βιομηχανία

7.1 Εισαγωγή

Η διεθνής ναυτιλία αποτελεί έναν από τους κύριους τομείς της παγκόσμιας οικονομίας, συνεισφέροντας σημαντικά στην μεταφορά εμπορευμάτων, ενέργειας και πρώτων υλών. Παράλληλα, η βιομηχανία αυτή είναι υπεύθυνη για σημαντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, γεγονός που την καθιστά κεντρικό πεδίο εφαρμογής πολιτικών μείωσης άνθρακα και πράσινης μετάβασης. Η ανάγκη για βιώσιμη ναυτιλία έχει οδηγήσει σε διεθνείς και περιφερειακούς κανονισμούς, όπως το IMO Net-Zero Fund, το EU ETS και το FuelEU Maritime, που στοχεύουν στη σταδιακή μείωση των εκπομπών, ενώ παράλληλα δημιουργούν νέες οικονομικές και λειτουργικές προκλήσεις για τις ναυτιλιακές εταιρείες.

Στο πλαίσιο αυτό, οι εταιρείες καλούνται να επανασχεδιάσουν τη στρατηγική στόλου τους, να αναβαθμίσουν την τεχνολογία των πλοίων και να επενδύσουν σε υποδομές πράσινων καυσίμων, με παράλληλη διαχείριση του κόστους λειτουργίας και κεφαλαίου. Η προσαρμογή αυτή επηρεάζει το σύνολο της αλυσίδας εφοδιασμού, από την παραγωγή και διανομή καυσίμων έως τις επιχειρησιακές πρακτικές πλοίων, όπως η βελτιστοποίηση ταχύτητας και δρομολόγησης, αλλά και την πρόσβαση σε χρηματοδότηση μέσω πράσινων δανείων και των Poseidon Principles. Επιπλέον, οι διαφορές ανά υποκλάδο ναυτιλίας (containers, tankers, dry bulk, LNG carriers) απαιτούν εξατομικευμένες στρατηγικές, γεγονός που καθιστά αναγκαία μια λεπτομερή ανάλυση των οικονομικών, τεχνικών και επιχειρησιακών επιπτώσεων.

Το κεφάλαιο αυτό αναλύει συστηματικά τις επιπτώσεις των νέων κανονισμών και μηχανισμών carbon pricing στη ναυτιλία, εξετάζοντας τις οικονομικές συνέπειες σε OPEX και CAPEX, τις στρατηγικές fleet renewal, την αγορά ναύλων, τις αλυσίδες logistics και τις επιχειρησιακές προσαρμογές. Επιπλέον, παρουσιάζεται η διαφοροποίηση των επιπτώσεων ανά υποκλάδο ναυτιλίας και ο ρόλος των τραπεζών και της πράσινης χρηματοδότησης στην υποστήριξη της μετάβασης. Μέσα από αυτή την ανάλυση, επιδιώκεται η κατανόηση των κρίσιμων παραμέτρων που διαμορφώνουν το νέο περιβάλλον λειτουργίας της διεθνούς ναυτιλίας και τις στρατηγικές που απαιτούνται για την επίτευξη βιώσιμων και ανταγωνιστικών αποτελεσμάτων.

7.2 Επιπτώσεις στο operating cost (OPEX) και capital cost (CAPEX)

Η εισαγωγή μέτρων τιμολόγησης άνθρακα και η μετάβαση σε πράσινα καύσιμα επηρεάζουν άμεσα τα λειτουργικά κόστη (OPEX) και τα κεφαλαιουχικά έξοδα (CAPEX) των ναυτιλιακών επιχειρήσεων. Οι εταιρείες αντιμετωπίζουν αυξημένα OPEX λόγω υψηλότερου κόστους καυσίμων χαμηλών εκπομπών, όπως πράσινη μεθανόλη, πράσινη αμμωνία και συνθετικά e-fuels, τα οποία ενδέχεται να είναι 3–7 φορές ακριβότερα από τα συμβατικά καύσιμα όπως αναφέρει ο IEA (2023) και ICCT (2024). Παράλληλα, η συμμόρφωση με πρότυπα εκπομπών οδηγεί σε πρόσθετες δαπάνες για monitoring, reporting και verification (MRV), καθώς και για

τη συντήρηση εξοπλισμού που επιτρέπει την κατανάλωση εναλλακτικών καυσίμων σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες well-to-wake όπως αναφέρει ο IMO (2024c).

Στο επίπεδο CAPEX, η ανάγκη για ανανέωση ή τροποποίηση στόλου για να είναι συμβατός με καύσιμα χαμηλών εκπομπών συνεπάγεται σημαντικές επενδύσεις. Όπως αναφέρει ο IEA (2023), η αντικατάσταση ή αναβάθμιση πλοίων για χρήση πράσινων καυσίμων μπορεί να αυξήσει το αρχικό κόστος κατά 20–40% ανά πλοίο, ανάλογα με την τεχνολογία πρόωσης και τη διαθεσιμότητα υποδομών. Η επένδυση σε νέες τεχνολογίες, όπως κυψέλες καυσίμου, scrubbers, ηλεκτρική πρόωση ή συστήματα υβριδικής κατανάλωσης, απαιτεί επίσης σημαντικό κεφαλαιουχικό προγραμματισμό όπως αναφέρει ο World Bank (2022) και OECD (2023).

Η μακροπρόθεσμη επίδραση στα OPEX και CAPEX μπορεί να μετριαστεί μέσω στρατηγικών όπως η συμμετοχή σε Net-Zero Funds ή η αξιοποίηση επιδοτήσεων και κινήτρων R&D, τα οποία μειώνουν τον επενδυτικό κίνδυνο και υποστηρίζουν την οικονομική βιωσιμότητα της μετάβασης όπως αναφέρει ο UNCTAD (2023) και ICS (2024). Ωστόσο, η αβεβαιότητα γύρω από την τιμή άνθρακα, την προσφορά πράσινων καυσίμων και τη γεωπολιτική σταθερότητα ενισχύει την ανάγκη για προσεκτικό οικονομικό σχεδιασμό και ανάλυση ευαισθησίας κόστους.

7.3 Αλλαγές σε fleet strategy & fleet renewal

Η στρατηγική στόλου (fleet strategy) και οι πολιτικές ανανέωσης στόλου επηρεάζονται βαθιά από την εφαρμογή συστημάτων τιμολόγησης άνθρακα και την αυξανόμενη απαίτηση για πλοία χαμηλών εκπομπών. Οι ναυτιλιακές εταιρείες πρέπει να επανεκτιμήσουν τη διάρκεια ζωής των υπάρχοντων πλοίων και να αποφασίσουν αν η αναβάθμιση για πράσινα καύσιμα είναι πιο αποδοτική από την αντικατάσταση με νέα πλοία χαμηλών εκπομπών όπως αναφέρει ο ICCT (2024). Οι επιλογές fleet renewal εξαρτώνται επίσης από τη διαθεσιμότητα υποδομών για

πράσινα καύσιμα στους κύριους εμπορικούς κόμβους και τη γεωγραφική κατανομή των carbon pricing μηχανισμών όπως αναφέρει ο IMO (2024c).

Στρατηγικές όπως η αναδιάρθρωση των δρομολογίων, η κατηγοριοποίηση πλοίων ανά τύπο καυσίμου και η δημιουργία πράσινων corridors έχουν σημαντικό ρόλο. Οι εταιρείες προτιμούν να επενδύουν σε πλοία με υψηλή ενεργειακή απόδοση και δυνατότητα ευελιξίας καυσίμου, ώστε να μειώσουν τον κίνδυνο stranded assets σε περίπτωση αυστηρότερων κανονισμών ή υψηλότερων τιμών άνθρακα όπως αναφέρει ο OECD (2023) και UNCTAD (2023).

Η μετάβαση απαιτεί επίσης στρατηγικό συνδυασμό βραχυπρόθεσμων προσαρμογών, όπως retrofitting και χρήση hybrid systems, με μακροπρόθεσμες επενδύσεις σε νέα πλοία που εκμεταλλεύονται τεχνολογίες μηδενικών εκπομπών όπως αναφέρει ο World Bank (2022) και IEA (2023). Αυτό επιτρέπει στις εταιρείες να διαχειριστούν την οικονομική αβεβαιότητα, να μειώσουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και να διατηρήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά.

7.4 Επιδράσεις στην αγορά ναύλων (spot & time-charter)

Η εισαγωγή carbon pricing και κανονισμών χαμηλών εκπομπών επηρεάζει άμεσα την αγορά ναύλων, τόσο στην spot όσο και στην time-charter αγορά. Το αυξημένο κόστος λειτουργίας και καυσίμων μετακλύεται εν μέρει στους φορτωτές, οδηγώντας σε υψηλότερους ναύλους και μεγαλύτερη μεταβλητότητα στις τιμές όπως αναφέρει ο Stopford (2020) και UNCTAD (2023). Σε spot αγορές, οι τιμές ναύλων είναι πιο ευμετάβλητες, καθώς οι επιχειρήσεις προσπαθούν να μετακυλήσουν τα έξοδα άμεσα, ενώ στις time-charter συμφωνίες η προσαρμογή είναι πιο αργή και εξαρτάται από τους όρους των συμβολαίων και τις ρήτρες fuel escalation όπως αναφέρει ο ICCT (2023).

Οι αυξημένες τιμές καυσίμων και λειτουργικά έξοδα επηρεάζουν επίσης την κατανομή ζήτησης μεταξύ διαφορετικών τύπων πλοίων και γραμμών. Πλοία υψηλής ενεργειακής απόδοσης και με πρόσβαση σε πράσινα καύσιμα αποκτούν συγκριτικό πλεονέκτημα, ενώ οι λιμένες με χαμηλή υποδομή green fuels γίνονται λιγότερο ανταγωνιστικοί όπως αναφέρει ο European Commission (2023) και DNV (2025). Η αγορά πρέπει να προσαρμοστεί σε νέες ισορροπίες προσφοράς και ζήτησης,

λαμβάνοντας υπόψη τόσο την τιμολόγηση άνθρακα όσο και τη μεταβαλλόμενη κατανομή καυσίμων.

Η εμπειρική βιβλιογραφία δείχνει ότι η χρήση των εσόδων από carbon pricing για επιδότηση πράσινων τεχνολογιών μπορεί να μετριάσει τις αυξήσεις ναύλων, διατηρώντας τη ρευστότητα και την προσβασιμότητα της αγοράς όπως αναφέρει ο ICCT (2024) και IEA (2023). Ταυτόχρονα, η προσαρμογή της αγοράς σε νέες τιμές άνθρακα απαιτεί στρατηγική συνεργασία μεταξύ πλοιοκτητών, φορτωτών και χρηματοπιστωτικών φορέων για τη διαχείριση κινδύνων και αστάθειας.

7.5 Επιπτώσεις στα logistics και στις αλυσίδες τροφοδοσίας καυσίμων

Η εφαρμογή carbon pricing επηρεάζει τις αλυσίδες εφοδιασμού και logistics, με πολλαπλές συνέπειες για την προσφορά και την τιμή καυσίμων. Η ενσωμάτωση πράσινων καυσίμων απαιτεί ανάπτυξη υποδομών, όπως παραγωγή, αποθήκευση και δίκτυα διανομής όπως αναφέρει ο IEA (2023) και ICCT (2024). Η έλλειψη επαρκούς υποδομής δημιουργεί πιέσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού, αυξάνει τον κίνδυνο ελλείψεων και προσωρινή αύξηση των τιμών, επηρεάζοντας την ανταγωνιστικότητα των εμπορικών γραμμών.

Οι αυξήσεις κόστους μεταφοράς μπορεί να προκαλέσουν αναπροσαρμογές στην επιλογή λιμένων, προτεραιοποίηση γραμμών με καλύτερη υποδομή και αλλαγές στο modal split, μετατοπίζοντας φορτία προς λιμάνια ή μεταφορικά μέσα που δεν επιβαρύνονται με carbon costs όπως αναφέρει η Eur-Lex (2023). Επιπλέον, η αυξημένη αστάθεια κόστους επιβαρύνει τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις και τους παραγωγούς που λειτουργούν με λεπτά περιθώρια κέρδους, αυξάνοντας την ανάγκη για στρατηγικές hedging και χρηματοδοτική υποστήριξη.

Η στρατηγική διαχείριση logistics περιλαμβάνει προσαρμογές στις παραγγελίες, τη διαχείριση αποθεμάτων, τον προγραμματισμό δρομολογίων και τη χρήση green fuels, ώστε να διασφαλιστεί η συνέχεια της εφοδιαστικής αλυσίδας χωρίς σοβαρές διαταραχές. Ταυτόχρονα, η δημιουργία πράσινων corridors και η

ενίσχυση υποδομών στα λιμάνια μειώνει την αβεβαιότητα και ενισχύει την προβλεψιμότητα του κόστους όπως αναφέρει ο OECD (2023) και UNCTAD (2023).

7.6 Επιχειρησιακές προσαρμογές: speed optimization, routing, fuel management

Οι επιχειρησιακές προσαρμογές αποτελούν κρίσιμο εργαλείο για τη μείωση κόστους και εκπομπών στη ναυτιλία. Η βελτιστοποίηση ταχύτητας (speed optimization) μειώνει την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές CO₂, ενώ η βελτιστοποίηση δρομολογίων (routing) περιορίζει το χρόνο ταξιδιού και τις επιπτώσεις από κυκλοφοριακή συμφόρηση ή δυσμενείς καιρικές συνθήκες όπως αναφέρει ο ICCT (2024) και IMO (2024c).

Η διαχείριση καυσίμου (fuel management) περιλαμβάνει επιλογή τύπων καυσίμου χαμηλής έντασης άνθρακα, χρήση blended fuels και εφαρμογή τεχνολογιών ενεργειακής αποδοτικότητας όπως air lubrication, hull modifications και hybrid propulsion. Οι πρακτικές αυτές μειώνουν το OPEX και διευκολύνουν τη συμμόρφωση με carbon pricing και MRV συστήματα, ενώ ενισχύουν την οικονομική βιωσιμότητα των πράσινων επενδύσεων όπως αναφέρει ο IEA (2023) και EMSA (2024).

Η εφαρμογή επιχειρησιακών προσαρμογών απαιτεί ψηφιακά εργαλεία παρακολούθησης, δεδομένα real-time και συστήματα decision support για την αξιολόγηση trade-offs κόστους και εκπομπών. Η ενσωμάτωση τέτοιων εργαλείων επιτρέπει στις ναυτιλιακές εταιρείες να διαχειρίζονται καλύτερα την αβεβαιότητα στην τιμή καυσίμου και να μεγιστοποιούν την αποδοτικότητα της μεταφοράς, διατηρώντας παράλληλα συμμόρφωση με τα κανονιστικά πλαίσια EU ETS, FuelEU Maritime και IMO Net-Zero Fund όπως αναφέρει ο UNCTAD (2023) και EMSA (2024).

7.7 Επιπτώσεις ανά υποκλάδο ναυτιλίας :

7.7.1 Containers

Η επίδραση της τιμολόγησης άνθρακα, της εισαγωγής πράσινων καυσίμων και των νέων κανονισμών EU ETS και FuelEU Maritime διαφέρει σημαντικά ανά υποκλάδο ναυτιλίας. Στον τομέα των containers, οι αυξημένες απαιτήσεις carbon pricing και η ανάγκη για πράσινα καύσιμα οδηγούν σε υψηλότερα OPEX, ειδικά σε γραμμές με υψηλή συχνότητα ταξιδιών και περιορισμένες υποδομές για RFNBO fuels. Οι εταιρείες containers συχνά επενδύουν σε hybrid propulsion και μεγαλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα, ενώ η στρατηγική fleet renewal επικεντρώνεται σε πλοία μεγάλης χωρητικότητας με δυνατότητα χρήσης πράσινων καυσίμων όπως αναφέρει ο ICCT (2024) και IEA (2023).

7.7.2 Tankers

Στον τομέα των tankers, οι επιπτώσεις είναι πιο έντονες σε ταξίδια μεγάλης διάρκειας, όπου η κατανάλωση καυσίμου αποτελεί σημαντικό μέρος του OPEX. Οι εταιρείες tanker στρέφονται σε βελτιώσεις hull efficiency, slow steaming και επιλογή λιμένων με υποδομές green fuels για να μειώσουν τις εκπομπές και το κόστος συμμόρφωσης όπως αναφέρει ο EMSA (2024). Επιπλέον, η διαχείριση ρίσκου από carbon pricing γίνεται κρίσιμη, καθώς οι ναύλοι tankers επηρεάζονται από τις αυξήσεις κόστους σε spot και time-charter αγορές.

7.7.3 Dry bulk

Στον υποκλάδο dry bulk, οι επιπτώσεις επηρεάζουν κυρίως τη διάρκεια ταξιδιών και τη διαχείριση στόλου, καθώς οι γραμμές συνήθως εκτείνονται σε λιγότερο ανεπτυγμένες αγορές με περιορισμένη πρόσβαση σε πράσινα καύσιμα. Οι εταιρείες dry bulk εφαρμόζουν speed optimization, βελτιστοποίηση φορτίου και retrofitting παλαιότερων πλοίων για να περιορίσουν τις εκπομπές, ενώ οι μακροπρόθεσμες στρατηγικές περιλαμβάνουν επενδύσεις σε νέα πλοία με υψηλή ενεργειακή αποδοτικότητα όπως αναφέρει ο OECD (2023) και UNCTAD (2023).

7.7.4 LNG carriers

Οι LNG carriers επηρεάζονται σε διαφορετικό βαθμό, καθώς ήδη χρησιμοποιούν καθαρότερα καύσιμα όπως LNG, αλλά η μετάβαση σε πράσινα LNG ή e-fuels είναι απαραίτητη για συμμόρφωση με EU ETS και FuelEU Maritime. Η διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού LNG και η προσαρμογή των terminals για πράσινο LNG αποτελούν βασικές προκλήσεις, ενώ οι εταιρείες επενδύουν σε fuel flexibility και τεχνολογίες μειωμένων εκπομπών όπως αναφέρει ο IEA (2023) και EMSA (2024).

Σε όλους τους υποκλάδους, η ανάγκη για συμμόρφωση με carbon pricing και κανονισμούς MRV ενισχύει την σημασία στρατηγικής fleet renewal, επιχειρησιακών προσαρμογών, και ανάπτυξης συνεργασιών με λιμένες και προμηθευτές πράσινων καυσίμων, διασφαλίζοντας βιωσιμότητα και ανταγωνιστικότητα σε ένα περιβάλλον αυξημένου ρυθμιστικού κόστους.

7.8 Ρόλος των τραπεζών και της πράσινης χρηματοδότησης (Poseidon Principles κ.λπ.)

Οι τράπεζες και οι χρηματοπιστωτικοί φορείς παίζουν καθοριστικό ρόλο στη μετάβαση της ναυτιλίας σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Μέσω των Poseidon Principles και άλλων πρωτοβουλιών πράσινης χρηματοδότησης, οι τράπεζες αξιολογούν την περιβαλλοντική επίδοση των πλοίων και των εταιρειών πριν χορηγήσουν δάνεια ή πιστώσεις όπως αναφέρει ο ICS (2024). Η δέσμευση αυτή οδηγεί σε μεγαλύτερη διαφάνεια, βελτιώνει την αποδοχή πράσινων τεχνολογιών και μειώνει τον κίνδυνο stranded assets.

Τα χρηματοδοτικά εργαλεία περιλαμβάνουν πράσινα loans, δάνεια για fleet renewal, επιδοτήσεις retrofit, καθώς και ευνοϊκές ρήτρες για compliance με EU ETS, FuelEU Maritime και IMO Net-Zero Fund. Η προσέγγιση αυτή μειώνει το CAPEX και ενισχύει τη χρηματοοικονομική βιωσιμότητα των εταιρειών που επενδύουν σε πλοία χαμηλών εκπομπών όπως αναφέρει ο UNCTAD (2023) και OECD (2023).

Η πράσινη χρηματοδότηση ενισχύει επίσης την εφαρμογή best practices στη διαχείριση καυσίμου, MRV συστήματα και reporting, επιτρέποντας στις εταιρείες να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Επιπλέον, η συνεργασία με τράπεζες

που ακολουθούν τα Poseidon Principles δίνει πρόσβαση σε πιο ευνοϊκούς όρους δανεισμού, επιτρέποντας σε πλοιοκτήτες να μειώσουν οικονομικούς κινδύνους και να ενισχύσουν την επενδυτική τους στρατηγική για την πράσινη μετάβαση.

7.9 Ανακεφαλαίωση

Συνολικά, η ανάλυση των επιπτώσεων της τιμολόγησης άνθρακα, των κανονισμών EU ETS, FuelEU Maritime και των σχετικών χρηματοδοτικών εργαλείων δείχνει ότι η ναυτιλία αντιμετωπίζει πολλαπλές προκλήσεις αλλά και ευκαιρίες. Τα OPEX και CAPEX αυξάνονται σημαντικά λόγω υψηλότερου κόστους καυσίμων και απαιτήσεων συμμόρφωσης, ενώ οι στρατηγικές fleet renewal και operational adjustments αποτελούν κρίσιμα εργαλεία για την αντιμετώπιση αυτών των αυξήσεων.

Οι επιπτώσεις διαφέρουν ανά υποκλάδο: containers και tankers αντιμετωπίζουν υψηλές πιέσεις σε OPEX και ανάγκη για fleet modernization, dry bulk επηρεάζεται κυρίως από γεωγραφικούς περιορισμούς πρόσβασης σε green fuels, ενώ LNG carriers επωφελούνται από την ήδη καθαρότερη καύσιμη βάση αλλά χρειάζονται επενδύσεις για πράσινο LNG και fuel flexibility.

Η αγορά ναύλων προσαρμόζεται μέσω μεταβολών σε spot και time-charter rates, ενώ τα logistics και οι αλυσίδες τροφοδοσίας απαιτούν επενδύσεις σε υποδομές και στρατηγικό σχεδιασμό για πράσινα corridors. Οι επιχειρησιακές προσαρμογές, όπως speed optimization, routing και fuel management, συμβάλλουν στη μείωση OPEX και εκπομπών, ενώ η συνεργασία με τράπεζες μέσω πράσινης χρηματοδότησης και Poseidon Principles ενισχύει την οικονομική βιωσιμότητα και μειώνει τους κινδύνους stranded assets.

Η συνολική εικόνα δείχνει ότι η πράσινη μετάβαση είναι πλέον αναπόφευκτη, απαιτώντας συνδυασμό τεχνολογικών, οικονομικών και στρατηγικών λύσεων ώστε οι ναυτιλιακές εταιρείες να διατηρήσουν ανταγωνιστικότητα, συμμόρφωση και βιωσιμότητα στο νέο ρυθμιστικό περιβάλλον όπως αναφέρει ο IEA (2023), ICCT (2024), EMSA (2024), UNCTAD (2023) και OECD (2023).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Αξιολόγηση Ετοιμότητας της Διεθνούς Ναυτιλίας

8.1 Εισαγωγή

Η ανάγκη για ουσιαστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στη ναυτιλία έχει καταστήσει επιτακτική τη μετάβαση σε πράσινα καύσιμα. Η παγκόσμια ναυτιλία παραμένει βασικός παράγοντας για το διεθνές εμπόριο, μεταφέροντας περίπου το 80% των αγαθών σε όγκο, αλλά ταυτόχρονα ευθύνεται για σημαντικές εκπομπές CO₂ όπως αναφέρει ο IMO (2024) και DNV (2025). Η προοπτική μηδενικών καθαρών εκπομπών έως το 2050, όπως έχει θεσπιστεί από το IMO Net-Zero Framework, απαιτεί όχι μόνο τεχνολογικές λύσεις αλλά και αναπροσαρμογή των επιχειρησιακών πρακτικών και της παγκόσμιας αλυσίδας προμήθειας καυσίμων.

Η τεχνολογική ωριμότητα των εναλλακτικών καυσίμων, η διαθεσιμότητα υποδομών bunkering, η ικανότητα παραγωγής e-fuels, καθώς και οι στρατηγικές που υιοθετούν οι ναυτιλιακές εταιρείες, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την επιτυχία της μετάβασης. Επιπλέον, η γεωγραφική ανισότητα στην προσβασιμότητα σε «πράσινα» καύσιμα δημιουργεί σημαντικές προκλήσεις για τον παγκόσμιο στόλο, καθώς ορισμένα λιμάνια ή περιοχές ενδέχεται να μην υποστηρίζουν πλήρως την τροφοδοσία των νέων καυσίμων όπως αναφέρει ο Global Maritime Forum (2025).

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει αναλυτικά τον βαθμό τεχνολογικής ωριμότητας των πράσινων καυσίμων, την κατάσταση των υποδομών bunkering σε παγκόσμιο επίπεδο, τη διαθεσιμότητα πόρων για παραγωγή e-fuels, τις τρέχουσες στρατηγικές των ναυτιλιακών ομίλων και προβλέψεις για σενάρια συμμόρφωσης έως το 2050. Τέλος, θα αξιολογηθεί συνολικά η ωριμότητα του κλάδου και οι προοπτικές επίτευξης των στόχων της πράσινης μετάβασης.

8.2 Βαθμός τεχνολογικής ωριμότητας πράσινων καυσίμων

Η τεχνολογική ωριμότητα των εναλλακτικών καυσίμων για τη ναυτιλία ποικίλει σημαντικά. Καύσιμα όπως η πράσινη αμμωνία και η πράσινη μεθανόλη βρίσκονται

σε στάδιο προ-εμπορικής ωριμότητας, ενώ υδρογόνο και e-fuels αντιμετωπίζουν περιορισμένη εμπορική διαθεσιμότητα λόγω υψηλού κόστους και περιορισμένων υποδομών παραγωγής όπως αναφέρει ο DNV (2025) και T&E (2024). Η εφαρμογή dual-fuel μηχανών έχει επιτευχθεί σε μερικές παραγγελίες νέων πλοίων, αλλά η μετατροπή υπαρχόντων πλοίων παραμένει δαπανηρή και τεχνικά απαιτητική όπως αναφέρει ο IMO (2024).

Η τεχνολογική ωριμότητα συνδέεται άμεσα με την ασφάλεια και την αποδοτικότητα των καυσίμων. Η χρήση αμμωνίας ως κύριου καυσίμου απαιτεί ειδικές δεξαμενές και συστήματα αποθήκευσης υπό πίεση, ενώ η χρήση μεθανόλης και συνθετικών e-fuels απαιτεί υποδομές για τη διαχείριση και την επεξεργασία καυσίμων υψηλής καθαρότητας όπως αναφέρει ο Maritime Executive (2025). Επιπλέον, οι μηχανές που καίνε ammonia παρουσιάζουν χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα σε σύγκριση με το παραδοσιακό diesel, κάτι που επηρεάζει την αυτονομία και τις επιχειρησιακές δυνατότητες των πλοίων.

Οι πρόσφατες μελέτες τονίζουν ότι η τεχνολογική ωριμότητα δεν περιορίζεται μόνο στις μηχανές αλλά επεκτείνεται στην αλυσίδα παραγωγής και διανομής. Η ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων «well-to-wake» για καύσιμα χαμηλών εκπομπών, με πιστοποιημένα lifecycle emissions, είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της πραγματικής μείωσης CO₂ όπως αναφέρει ο UMAS (2025). Η πρόκληση για τις ναυτιλιακές εταιρείες είναι να επιλέξουν καύσιμα που μπορούν να υποστηριχθούν από υποδομές και παράλληλα να είναι οικονομικά βιώσιμα.

8.3 Υποδομές ανεφοδιασμού και παγκόσμια γεωγραφική ανισότητα

Η ανάπτυξη υποδομών ανεφοδιασμού αποτελεί βασικό περιοριστικό παράγοντα για την ευρεία χρήση πράσινων καυσίμων. Τα λιμάνια σε ανεπτυγμένες περιοχές όπως η Ευρώπη και η Ασία επενδύουν σε green bunkering, αλλά πολλές χώρες της Αφρικής, της Λατινικής Αμερικής και νησιωτικές περιοχές παραμένουν ανεπαρκώς εξοπλισμένες όπως αναφέρει ο Global Maritime Forum (2025).

Οι ανισότητες αυτές έχουν επιπτώσεις στην επιχειρησιακή ευελιξία των πλοίων, καθώς τα δρομολόγια πρέπει να σχεδιάζονται λαμβάνοντας υπόψη τη

διαθεσιμότητα καυσίμου. Η δημιουργία «Green Shipping Corridors» σε εμπορικά πυκνές διαδρομές μπορεί να μειώσει εν μέρει την ανισότητα, αλλά απαιτείται συντονισμός δημόσιου και ιδιωτικού τομέα για τη διασφάλιση σταθερής τροφοδοσίας όπως αναφέρει ο DNV (2025) και T&E (2024).

Η παγκόσμια γεωγραφική ανισότητα υπογραμμίζει την ανάγκη για στοχευμένες επενδύσεις σε λιμάνια αναπτυσσόμενων χωρών και την παροχή τεχνογνωσίας, ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία «κενών» σε διεθνείς εμπορικές διαδρομές όπως αναφέρει ο IMO (2024) και Maritime Magazine (2025). Η ελλιπής υποδομή αποτελεί επίσης οικονομικό εμπόδιο, καθώς η ανάγκη μεταφοράς καυσίμου σε περιοχές χωρίς bunkering αυξάνει το OPEX των εταιρειών.

8.4 Διαθεσιμότητα πόρων & παραγωγή e-fuels

Η παραγωγή e-fuels απαιτεί συνδυασμό ανανεώσιμης ενέργειας, νερού και διοξειδίου του άνθρακα. Η περιορισμένη διαθεσιμότητα αυτών των πόρων και οι υψηλές επενδυτικές απαιτήσεις καθιστούν τα e-fuels λιγότερο ανταγωνιστικά σε σχέση με παραδοσιακά καύσιμα όπως αναφέρει ο S&P Global (2022). Επιπλέον, η χωρική κατανομή παραγωγής είναι άνιση: Ευρώπη και Ασία φιλοξενούν τα περισσότερα πιλοτικά έργα, ενώ Αφρική και Λατινική Αμερική παραμένουν περιορισμένες σε παραγωγική δυνατότητα.

Η κλίμακα παραγωγής είναι κρίσιμη για τη μείωση του κόστους ανά τόνο καυσίμου. Σύμφωνα με το IMO (2024), για να επιτευχθεί η ευρεία διάδοση των efuels έως το 2050, απαιτείται αύξηση της παραγωγής κατά τουλάχιστον 10 φορές σε σχέση με τα σημερινά επίπεδα. Επιπλέον, η ανάπτυξη υποδομών μεταφοράς και αποθήκευσης αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση για την εμπορική βιωσιμότητα.

8.5 Τρέχουσα στρατηγική των ναυτιλιακών ομίλων

Οι ναυτιλιακές εταιρείες σήμερα ακολουθούν ποικίλες στρατηγικές για την προσαρμογή τους στη μετάβαση προς πράσινα καύσιμα και χαμηλές εκπομπές. Οι μεγαλύτεροι όμιλοι, όπως η Maersk, η MSC και η CMA CGM, έχουν επενδύσει σε πλοία dual-fuel, προγράμματα ενεργειακής βελτιστοποίησης και πιλοτικά έργα με

πράσινη μεθανόλη ή αμμωνία όπως αναφέρει ο DNV (2025) και UMAS (2025). Αυτές οι στρατηγικές αποσκοπούν στη σταδιακή μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος ενώ διασφαλίζουν επιχειρησιακή βιωσιμότητα σε διεθνές επίπεδο.

Οι μικρότεροι όμιλοι συχνά υιοθετούν πιο συντηρητικές προσεγγίσεις, επενδύοντας αρχικά σε retrofitting υπαρχόντων πλοίων ή σε λύσεις όπως LNG, που θεωρείται transitional fuel. Η διαφοροποίηση στη στρατηγική μεταξύ μεγάλων και μικρών παικτών δημιουργεί διαφοροποιημένα επίπεδα ετοιμότητας στον κλάδο, ενώ παράλληλα επηρεάζει τις διαπραγματεύσεις με προμηθευτές καυσίμου και τράπεζες για χρηματοδότηση όπως αναφέρει ο Poseidon Principles (2024).

Η στρατηγική επιλογή καυσίμου συνδέεται άμεσα με το γεωγραφικό δίκτυο των δρομολογίων. Πλοία που δρομολογούνται κυρίως σε διαδρόμους με διαθέσιμη υποδομή για αμμωνία ή μεθανόλη υιοθετούν πιο φιλόδοξες στρατηγικές, ενώ πλοία που λειτουργούν σε περιοχές με περιορισμένη πρόσβαση σε πράσινα καύσιμα προτιμούν transitional fuels ή hybrid λύσεις όπως αναφέρει ο IMO (2024) και T&E (2024).

Η τρέχουσα στρατηγική των ναυτιλιακών ομίλων συνδέεται επίσης με τη διαχείριση κινδύνου. Η προσαρμογή σε καύσιμα χαμηλών εκπομπών απαιτεί σημαντικές κεφαλαιουχικές δαπάνες (CAPEX) και επηρεάζει το λειτουργικό κόστος (OPEX). Οι εταιρείες υιοθετούν συχνά στρατηγικές διαφοροποίησης καυσίμων, ώστε να μειωθούν οι επιπτώσεις από πιθανές διακυμάνσεις τιμών ή περιορισμένη διαθεσιμότητα όπως αναφέρει ο DNV (2025).

8.6 Σενάρια συμμόρφωσης έως το 2050

Τα σενάρια συμμόρφωσης για τη ναυτιλία έως το 2050 βασίζονται σε υποθέσεις για τη μείωση εκπομπών CO₂, την τεχνολογική ωριμότητα των καυσίμων και τη διαθεσιμότητα υποδομών. Οι κυριότερες προβλέψεις χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: gradual transition, accelerated adoption και hybrid scenario.

Στο gradual transition scenario, η ναυτιλία συνεχίζει να χρησιμοποιεί transitional fuels έως το 2040 και μεταβαίνει σταδιακά σε πράσινα καύσιμα, με μέση μείωση εκπομπών 50% έως το όπως αναφέρει ο IMO (2024). Το accelerated

adoption scenario προβλέπει ταχεία υιοθέτηση e-fuels και αμμωνίας, απαιτώντας ταυτόχρονα σημαντικές επενδύσεις σε CAPEX και ανάπτυξη bunkering υποδομών. Τέλος, το hybrid scenario συνδυάζει transitional fuels με περιορισμένη χρήση πράσινων καυσίμων, προσαρμόζοντας τις στρατηγικές ανάλογα με τη γεωγραφική κατανομή και τις δυνατότητες παραγωγής★ όπως αναφέρει ο DNV (2025) και UMAS (2025).

Η επιλογή σεναρίου επηρεάζει άμεσα τις αποφάσεις fleet renewal, επενδύσεις σε τεχνολογίες αποθήκευσης και υποδομές, καθώς και στρατηγικές hedge έναντι κόστους καυσίμου και πιστώσεων άνθρακα. Η διεθνής συμμόρφωση με το EU ETS και το IMO Net-Zero Fund απαιτεί προσαρμογή των εταιρικών στρατηγικών ώστε να αποφευχθούν πιθανές διπλές επιβαρύνσεις ή ποινές όπως αναφέρει ο T&E (2024).

8.7 Συνολική αξιολόγηση ωριμότητας κλάδου

Η συνολική αξιολόγηση της ωριμότητας του ναυτιλιακού κλάδου καταδεικνύει ότι ενώ η τεχνολογική και επιχειρησιακή προετοιμασία προχωρά, παραμένουν σημαντικά κενά. Τα σημεία ωριμότητας περιλαμβάνουν: ανάπτυξη dual-fuel πλοίων, πιλοτικά έργα e-fuels και αυξανόμενη χρήση green financing όπως αναφέρει ο Poseidon Principles (2024) και DNV (2025).

Ταυτόχρονα, η περιορισμένη διαθεσιμότητα υποδομών bunkering, η υψηλή τιμή παραγωγής e-fuels και η γεωγραφική ανισότητα περιορίζουν την ευρεία εφαρμογή. Οι εταιρείες με εκτενή διεθνή δρομολόγια αντιμετωπίζουν μεγαλύτερες προκλήσεις σε σχέση με όσες δρουν σε περιορισμένες γεωγραφικές περιοχές με διαθέσιμες υποδομές όπως αναφέρει ο Global Maritime Forum (2025).

Η αξιολόγηση υπογραμμίζει ότι η ωριμότητα δεν είναι ομοιογενής στον κλάδο: μεγάλοι όμιλοι προχωρούν ταχύτερα, ενώ μικρότερες εταιρείες αντιμετωπίζουν δυσκολίες λόγω κεφαλαιουχικών περιορισμών. Η επίτευξη των στόχων για net-zero 2050 απαιτεί ολοκληρωμένη προσέγγιση που συνδυάζει τεχνολογική ανάπτυξη, διεθνή συνεργασία και πολιτικές ενίσχυσης green fuels όπως αναφέρει ο UMAS (2025) και T&E (2024).

8.8 Ανακεφαλαίωση

Το Κεφάλαιο 8 ανέλυσε την κατάσταση του ναυτιλιακού κλάδου όσον αφορά τη μετάβαση σε πράσινα καύσιμα και τη συμμόρφωση με τους στόχους για μηδενικές εκπομπές έως το 2050. Εξετάστηκαν η τεχνολογική ωριμότητα των εναλλακτικών καυσίμων, η παγκόσμια γεωγραφική ανισότητα στις υποδομές bunkering, η διαθεσιμότητα πόρων για e-fuels, οι στρατηγικές που υιοθετούν οι ναυτιλιακές εταιρείες και τα σενάρια συμμόρφωσης έως το 2050.

Η συνολική αξιολόγηση έδειξε ότι, ενώ σημειώνονται σημαντικές προόδους, παραμένουν εμπόδια σε τεχνολογία, υποδομές και οικονομική βιωσιμότητα. Η ολοκληρωμένη προετοιμασία του κλάδου απαιτεί συνέργειες μεταξύ επιχειρήσεων, κυβερνήσεων και διεθνών οργανισμών για την επιτυχή εφαρμογή πράσινων καυσίμων και την επίτευξη των διεθνών στόχων για το κλίμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Συμπεράσματα & Προτάσεις Πολιτικής

9.1 Εισαγωγή

Τα ευρήματα δείχνουν ότι τα mid-term μέτρα έχουν σημαντική συνεισφορά στη μείωση εκπομπών, αλλά περιορίζονται από τεχνολογικούς και οικονομικούς παράγοντες. Η ένταξη του EU ETS και οι απαιτήσεις του FuelEU Maritime δημιουργούν σαφή οικονομικά και λειτουργικά κίνητρα για μείωση των εκπομπών, όμως η διάδοση πράσινων καυσίμων παραμένει αργή λόγω περιορισμένης παραγωγής, υψηλού κόστους και ελλιπών υποδομών ανεφοδιασμού όπως αναφέρει ο DNV (2025) και UMAS (2025).

Η στρατηγική των ναυτιλιακών ομίλων δείχνει ότι υπάρχει αυξανόμενη έμφαση σε fleet renewal και retrofitting, αλλά η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών εξαρτάται από την οικονομική σταθερότητα και την πρόσβαση σε πράσινη χρηματοδότηση. Η ανάλυση των διαφόρων υποτομέων της ναυτιλίας αποκαλύπτει διαφορετικά επίπεδα προσαρμοστικότητας, με τα container πλοία και τα LNG carriers να είναι πιο ευέλικτα, ενώ τα dry bulk και tankers αντιμετωπίζουν μεγαλύτερα εμπόδια λόγω μεγέθους και υποδομών όπως αναφέρει ο ICCT (2024) και IEA (2023).

Συνολικά, τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η παγκόσμια ναυτιλία κινείται προς συμμόρφωση, αλλά η πλήρης αποτελεσματικότητα των mid-term μέτρων απαιτεί συντονισμό πολιτικών, επενδύσεις σε υποδομές και συνεχή παρακολούθηση των αποτελεσμάτων.

9.2 Συνοπτική σύνθεση ευρημάτων

Η ανάλυση των προηγούμενων κεφαλαίων δείχνει ότι η τεχνολογική ωριμότητα των πράσινων καυσίμων βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο για ορισμένα καύσιμα όπως η πράσινη αμμωνία και η συνθετική μεθανόλη, αλλά περιορισμένη για e-fuels και

υδρογόνο όπως αναφέρει ο UMAS (2025) και DNV (2025). Οι υποδομές ανεφοδιασμού παρουσιάζουν έντονη γεωγραφική ανισότητα, με συγκέντρωση σε Ευρώπη, Ιαπωνία και Βόρεια Αμερική, ενώ οι αναπτυσσόμενες χώρες παραμένουν σε μειονεκτική θέση όπως αναφέρει ο Global Maritime Forum (2025).

Η διαθεσιμότητα πόρων και παραγωγής e-fuels είναι περιορισμένη, γεγονός που καθιστά απαραίτητη τη διεθνή συνεργασία και τις στρατηγικές επενδύσεις. Οι ναυτιλιακές εταιρείες εφαρμόζουν διαφοροποιημένες στρατηγικές fleet renewal και retrofitting, ενώ ταυτόχρονα συμμετέχουν σε πράσινη χρηματοδότηση μέσω των Poseidon Principles όπως αναφέρει ο Poseidon Principles (2024).

Τα σενάρια συμμόρφωσης έως το 2050 υπογραμμίζουν ότι η επίτευξη των στόχων απαιτεί συνδυασμό τεχνολογικής καινοτομίας, υποδομών, χρηματοδότησης και κανονιστικών εργαλείων. Τα mid-term measures παρέχουν θετική βάση, αλλά η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα καυσίμων και υποδομών, την οικονομική βιωσιμότητα και την υιοθέτηση στρατηγικών fleet renewal και green corridors.

9.3 Αξιολόγηση επάρκειας των mid-term measures

Τα mid-term measures όπως το EU ETS, το FuelEU Maritime και το IMO Net-Zero Fund παρέχουν σαφή πλαίσια συμμόρφωσης και οικονομικά κίνητρα για τη μείωση των εκπομπών. Ωστόσο, η τεχνολογική ωριμότητα των πράσινων καυσίμων παραμένει περιορισμένη, ενώ οι υποδομές ανεφοδιασμού είναι συγκεντρωμένες σε περιορισμένες γεωγραφικές περιοχές όπως αναφέρει ο UMAS (2025) και DNV (2025).

Η περιορισμένη παραγωγή e-fuels και το υψηλό κόστος τους καθιστούν δύσκολη την ευρεία εφαρμογή, δημιουργώντας κίνδυνο ανισόρροπης επιβάρυνσης των εταιρειών ανάλογα με τη γεωγραφία και τον τύπο πλοίου. Επιπλέον, η αποτελεσματικότητα των μέτρων εξαρτάται από τη διεθνή συνεργασία, ώστε να αποφευχθεί η επικαλυπτόμενη κανονιστική επιβάρυνση και οι διαφορές κόστους μεταξύ περιοχών όπως αναφέρει ο T&E (2024) και European Commission (2024).

Για να ενισχυθεί η επάρκεια των μέτρων, η μελλοντική έρευνα πρέπει να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη τεχνολογιών για πράσινα καύσιμα και κινητήρες

χαμηλών εκπομπών, στη βελτιστοποίηση παραγωγής e-fuels και στην εκτίμηση αποτελεσματικότητας των πολιτικών σε παγκόσμιο επίπεδο. Επιπλέον, η ανάπτυξη green corridors και η εφαρμογή LCA για την εκτίμηση περιβαλλοντικής και οικονομικής βιωσιμότητας είναι κρίσιμη για την αποφυγή καθυστερήσεων όπως αναφέρει ο UMAS (2025) και DNV (2025).

Συμπερασματικά, τα mid-term measures αποτελούν αναγκαίο βήμα, αλλά απαιτούν ενίσχυση μέσω τεχνολογικών, οικονομικών και πολιτικών εργαλείων για να επιτευχθεί η πλήρης μετάβαση σε μηδενικές εκπομπές.

9.4 Διοικητικές και στρατηγικές παρατηρήσεις :

9.4.1 IMO

Η IMO θα πρέπει να ενισχύσει τον συντονισμό των διεθνών κανονισμών και να υποστηρίξει επενδύσεις σε υποδομές και πράσινα καύσιμα. Προτείνεται η ανάπτυξη παγκόσμιων προτύπων ασφαλείας για e-fuels και υδρογόνο, καθώς και η επέκταση του Net-Zero Fund για τη στήριξη μικρών και μεσαίων ναυτιλιακών εταιρειών όπως αναφέρει ο IMO (2024) και UMAS (2025).

9.4.2 Ευρωπαϊκή Ένωση

Η ΕΕ πρέπει να ενισχύσει τη συμβατότητα FuelEU Maritime και EU ETS, να προωθήσει επενδύσεις σε υποδομές λιμένων και green corridors, και να υποστηρίξει την παραγωγή πράσινων καυσίμων σε Ευρωπαϊκή επικράτεια όπως αναφέρει ο European Commission (2024) και DNV (2025).

9.4.3 Ναυτιλιακές εταιρείες

Οι ναυτιλιακές εταιρείες θα πρέπει να υιοθετήσουν στρατηγικές fleet renewal, retrofitting και βέλτιστη διαχείριση καυσίμων, να συμμετέχουν σε χρηματοδοτικά προγράμματα για χαμηλές εκπομπές και να συνεργάζονται με παραγωγούς και λιμάνια για διαθεσιμότητα πράσινων καυσίμων όπως αναφέρει ο UMAS (2025) και Poseidon Principles (2024).

9.4.4 Φορείς χρηματοδότησης

Οι τράπεζες και οι επενδυτικοί φορείς θα πρέπει να ενισχύσουν την πράσινη χρηματοδότηση, να διαμορφώσουν προγράμματα κινήτρων για fleet renewal και επενδύσεις σε υποδομές, και να συνεργαστούν με διεθνείς οργανισμούς για την αξιολόγηση βιωσιμότητας των έργων όπως αναφέρει ο Poseidon Principles (2024) και DNV (2025).

9.5 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η έρευνα θα πρέπει να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη τεχνολογιών πράσινων καυσίμων, την παραγωγή e-fuels, την εκτίμηση οικονομικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και την αποτίμηση της αποτελεσματικότητας των πολιτικών σε διεθνές επίπεδο. Η δημιουργία ολοκληρωμένων LCA μοντέλων, η ανάπτυξη green corridors και η ανάλυση στρατηγικών fleet renewal και retrofitting είναι αναγκαίες για τη βελτίωση των mid-term measures και την προώθηση δίκαιης και βιώσιμης μετάβασης στον ναυτιλιακό κλάδο όπως αναφέρει ο UMAS (2025), DNV (2025) και ICCT (2024).

9.6 Ανακεφαλαίωση

Το Κεφάλαιο 9 συνοψίζει τα ευρήματα της ανάλυσης της ναυτιλίας και αξιολογεί την επάρκεια των mid-term measures για την επίτευξη των στόχων μείωσης εκπομπών έως το 2035. Παρουσιάζει συγκεκριμένες προτάσεις προς IMO, ΕΕ, ναυτιλιακές εταιρείες και χρηματοπιστωτικούς φορείς, ενώ διατυπώνει κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα. Η αποτελεσματική εφαρμογή των μέτρων απαιτεί συνδυασμό τεχνολογικής ωριμότητας, υποδομών, χρηματοδότησης και διεθνούς συνεργασίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Capital.gr. *Άρθρο σχετικά με το Net Zero Framework της ναυτιλίας και τη μεγάλη πρόκληση για τον IMO.*

Ελληνική Ένωση Επιχειρήσεων Ναυτιλίας (ΕΕΕΝ) (2022). *Στρατηγικές βιωσιμότητας και πράσινα καύσιμα στην ελληνική ναυτιλία.*

Μητρόπουλος, Ε. (2014). *Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός και η εξέλιξη των διεθνών ναυτιλιακών κανονισμών.* Αθήνα: Ναυτικές Εκδόσεις.

Ναυτικά Χρονικά (2023). *Η μετάβαση της ναυτιλίας σε πράσινα καύσιμα.* Αθήνα: Ναυτικά Χρονικά Α.Ε.

Παπαναστασίου, Ε. (2018). *Διεθνές Ναυτικό Δίκαιο.* Αθήνα: Νομική Βιβλιοθήκη.

Ξένα

Anderson, P. (2012). *Maritime Environmental Regulation and Technology.* Routledge, London, UK.

Basaran, B. (2016). *International Shipping Governance and Environmental Policy.* Springer, Cham, Switzerland.

Churchill, R., & Lowe, A. (2010). *The Law of the Sea.* 3rd Edition, Manchester University Press, Manchester, UK.

DNV. (2025). *Maritime Shipping Decarbonization Cost Analysis.* DNV Group, Oslo, Norway.

EMSA. (2023). *European Maritime Safety Agency MRV & Emissions Monitoring.* Lisbon, Portugal.

EMSA. (2024). *EMSA Shipping Carbon Regulation Reviews.* Lisbon, Portugal.

EMSA. (2025). *Assessment of Greenhouse Gas Measures in Maritime Transport.* European Maritime Safety Agency, Lisbon, Portugal.

European Commission (2021). *EU Strategy for Maritime Decarbonisation.* European Union, Brussels, Belgium.

European Commission (2021e). *Guidelines on Life Cycle Assessment and RFNBO Integration.* European Union, Brussels, Belgium.

European Commission (2023). Regulatory Impacts on EU Shipping and Emissions. European Union, Brussels, Belgium.

European Commission (2024). FuelEU Maritime Compliance and EU ETS Integration. European Union, Brussels, Belgium.

Global Maritime Forum (2025). Shipping Decarbonization and Infrastructure Readiness. Geneva, Switzerland.

Henderson, J. (2025). Emerging Marine Fuel Technologies and Economic Implications. Maritime Economics & Logistics, Vol. 27, Issue 2.

ICCT (2023). International Council on Clean Transportation – Carbon Pricing Impact on Shipping. Washington D.C., USA.

ICCT (2024). Fleet Renewal Strategies and Operational Adaptations in Shipping. Washington D.C., USA.

IEA (2023). International Energy Agency – Shipping Fuel Cost & Market Dynamics. Paris, France.

ICS (2023). International Chamber of Shipping Statement on NZF Financing Structure, London, UK.

ICS (2024). ICS Analysis on NZF Premium & Redistribution Units, London, UK.

IMO (2018). Initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships. International Maritime Organization, London, UK.

IMO (2021). Energy Efficiency Measures and Guidelines for Ships. International Maritime Organization, London, UK.

IMO (2023). Revised IMO Strategy on GHG Reduction and Net Zero Framework. International Maritime Organization, London, UK.

IMO (2025). Guidelines for Life Cycle Assessment (LCA) and Well-to-Wake Reporting. International Maritime Organization, London, UK.

IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.

Nordic Council (2024). Nordic Carbon Tax Experiences Report.

OECD (2022). OECD Analysis on Carbon Leakage & Shipping Policy. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.

OECD (2023). Review of IMO Carbon Pricing Approaches. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.

Poseidon Principles (2024). Green Financing and Fleet Renewal Guidelines for Shipping. London, UK.

Stopford, M. (2020). *Maritime Economics: Shipping and Freight Markets*. Routledge, London, UK.

T&E (2024). *Transition Pathways to Net-Zero in Shipping*. Transport & Environment, Brussels, Belgium.

UMAS (2025). *UMAS Shipping Market & Decarbonization Forecast*. London, UK.

World Bank (2021). *World Bank Assessment of Global Shipping Carbon Costs*. Washington D.C., USA.

World Bank (2022). *World Bank Shipping Decarbonization Economics*. Washington D.C., USA.

Διαδικτυακοί Τόποι

Bureau Veritas. (2025). *IMO Net-Zero Framework*. Διαθέσιμο σε:

<https://marineoffshore.bureauveritas.com/expertise-sustainability/net-zero-framework>

DNV. (2025). *Alternative Fuels for Shipping – Technology Readiness Levels*.

Διαθέσιμο σε: <https://www.dnv.com/maritime/alternative-fuels>

EMSA. (2025). *Reducing GHG emissions – Fuel EU Maritime Regulation*.

Διαθέσιμο σε: <https://emsa.europa.eu/reducing-emissions/fuel-eu-maritimeregulation.html>

European Commission. (2023). *Decarbonising maritime transport – FuelEU*

Maritime. Διαθέσιμο σε:

https://transport.ec.europa.eu/transportmodes/maritime/decarbonising-maritime-transport-fueleu-maritime_en

European Commission. (2023). *FuelEU Maritime Regulation*. Διαθέσιμο σε:

<https://ec.europa.eu/transport/maritime>

European Commission. (2024). *FuelEU Maritime and EU ETS Regulations*.

Διαθέσιμο σε: https://ec.europa.eu/energy/fuel-eu-maritime_en

European Commission. *Climate Action*. Διαθέσιμο σε: <https://ec.europa.eu/clima>

GreenVoyage2050 / IMO Glossary. Διαθέσιμο σε:

<https://www.greenvoyage2050.org>

ICAO. *CORSIA Pages*. Διαθέσιμο σε:

<https://www.icao.int/environmentalprotection/CORSIA/Pages/default.aspx>

IMO. (2024). *Net-Zero Fund Information Portal*. Διαθέσιμο σε:

<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Net-Zero-Fund.aspx>

IMO. (2025). *ISWG GHG 18 Meeting Summary*. Διαθέσιμο σε:

<https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/ISWG-GHG-18.aspx>

IMO. (2025). *MEPC 82: Progress on Net-Zero Framework*. Διαθέσιμο σε:

<https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/MEPC-82-makesprogress-IMO-netzero-framework.aspx>

IMO. *Conventions*. Διαθέσιμο σε: <https://www.imo.org>

IMO. *EEXI & CII Regulations*. Διαθέσιμο σε: <https://www.imo.org>

IMO. *IMO GHG Strategy*. Διαθέσιμο σε: <https://www.imo.org>

IMO. *Revised IMO GHG Strategy 2023*. Διαθέσιμο σε: <https://www.imo.org> IMO.
Current Awareness Bulletin – NZF updates. Διαθέσιμο σε:

<https://www.imo.org>

IMO – Net-Zero Framework FAQs. Διαθέσιμο σε: <https://www.imo.org>

IMO – CII and EEXI entry into force. Διαθέσιμο σε: <https://www.imo.org>

IMO – CII FAQ. Διαθέσιμο σε: <https://www.imo.org>

IMO – Life cycle GHG intensity guidelines. Διαθέσιμο σε: <https://www.imo.org>

Nordic Council / Nordic Environment Finance Corporation – αναλύσεις για φόρους άνθρακα. Διαθέσιμο σε: <https://www.nordicfinance.org>

Poseidon Principles. (2024). *Framework and Guidance*. Διαθέσιμο σε: <https://www.poseidonprinciples.org>

Reuters. (2023). *Shipping Carbon Costs and Freight Market Impacts*. Διαθέσιμο σε: <https://www.reuters.com>

Reuters. (2025). *EU's cleaner marine fuel rules are inflationary, shipbrokers say*. Διαθέσιμο σε: <https://www.reuters.com>

Sustainable-Ships.org – *CII regulations*. Διαθέσιμο σε: <https://www.sustainableships.org>

The ICCT. Διαθέσιμο σε: <https://theicct.org>

UMAS. (2025). *Pathways to 2050: Shipping and Carbon Reduction*. Διαθέσιμο σε: <https://www.umas.co.uk/>

World Bank. Διαθέσιμο σε: <https://worldbank.org>

World Bank – *Carbon Pricing Dashboard*. Διαθέσιμο σε: <https://www.worldbank.org>