



*ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ*

*ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ*



*ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ*

*ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ*

**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ**

*Διπλωματική Εργασία*

**“ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ  
ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ: ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ  
ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΒΙΩΣΙΜΗ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ  
ΚΕΡΔΟΦΟΡΙΑ”**

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΣΙΛΙΚΙΩΤΗΣ**

Επιβλέπων Καθηγητής:  
**ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΠΕΛΑΓΙΔΗΣ**

Πειραιάς

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2026



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

## ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ / ΖΗΤΗΜΑΤΑ COPYRIGHT

Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας των πιθανών συνεπειών αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΕΔιΕ του ΔΠΜΣ σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του ΔΠΜΣ ‘Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία’.

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΜΕΛΟΣ Α΄: Πελαγίδης Θ.

ΜΕΛΟΣ Β΄: Λαγούδης Ι.

ΜΕΛΟΣ Γ΄: Πολέμης Δ.

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



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

*“Η παρούσα διπλωματική εργασία αφιερώνεται στην οικογένεια μου για την στήριξη και την υπομονή που επέδειξαν για όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου για την μετάδοση των γνώσεων και την προσπάθεια του τα τρία ακαδημαϊκά εξάμηνα και ιδιαίτερα τον κ.Πελαγίδη για την έμπνευση και την καθοδήγηση που μου έδωσε για να πάρει η εργασία την τελική της μορφή ”*



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	6
ABSTRACT .....	7
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΡΥΘΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....	10
2.1 Εισαγωγή στο Θεσμικό Πλαίσιο Περιβαλλοντικής Ρύθμισης στη Ναυτιλία .....	10
2.1.1 Η αναγκαιότητα διεθνών κανονισμών .....	10
2.1.2 Οι βασικοί θεσμοί και οργανισμοί (IMO, EU).....	11
2.1.3 Η MARPOL και η εξέλιξη των ναυτιλιακών κανονισμών .....	14
2.1.4 Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και Annex VI.....	15
2.1.5 MARPOL Annex VI: Όρια Εκπομπών και Κανονισμοί για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των Πλοίων.....	17
2.1.6 IMO 2020.....	22
2.1.7 Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών-Emission Control Areas (ECA) .....	24
Κεφάλαιο 3: Τα Βασικά Ρυθμιστικά Εργαλεία .....	26
3.1 Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών (EU ETS) .....	26
Κεφάλαιο 4ο: Επιλογές Τεχνικής και Οικονομικής Συμμόρφωσης .....	33
4.1 Εισαγωγή στις Επιλογές Συμμόρφωσης.....	33
4.2. Τεχνικά-ρυθμιστικά εργαλεία που επιβάλλονται στη ναυτιλία. ....	35
4.2.1 Χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο .....	35
4.2 Τεχνικές Επιλογές Συμμόρφωσης.....	40
4.2.1 Χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο .....	40
4.2.2 Συστήματα καθαρισμού καυσαερίων (Scrubbers).....	41
4.2.3 Εναλλακτικά Καύσιμα-Βελτιώσεις Ενεργειακής Απόδοσης .....	42
4.2.5 Νέες τεχνολογίες πρόωσης (ηλεκτροκίνηση, αιολική, υδρογόνο) .....	44
4.3 Οικονομικές Επιλογές Συμμόρφωσης.....	46
4.3.1 EU ETS και Εμπόριο Δικαιωμάτων Ρύπων .....	46
4.3.2 Carbon Pricing και Φόρος Ανθρακα.....	47
4.3.4 Χρηματοδοτικά Εργαλεία (Green Finance, ESG Loans, Subsidies) .....	48
Κεφάλαιο 5ο : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ .....	49
5.1 Εισαγωγή στη Μεθοδολογική Προσέγγιση .....	49
Κεφάλαιο 6ο : ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ .....	53
6.1 Εισαγωγή στο Υποθετικό Μοντέλο Πλοίου .....	53



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

6.2 Παραδοχές Αξιολόγησης τριών Σεναρίων-Στρατηγικών .....	55
6.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 1: Συμμόρφωση μέσω καυσίμων VLSFO και αγορά δικαιωμάτων EU ETS .....	56
6.3.1 Συμπεράσματα Σεναρίου 1 .....	58
6.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 2: Εγκατάσταση Scrubber .....	58
6.4.1 Συμπεράσματα Σεναρίου 2 .....	61
6.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 3: Μετάβαση σε Εναλλακτικά Καύσιμα .....	61
6.3.1 Συμπεράσματα Σεναρίου 3 .....	63
7.1 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .....	64
7.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ (SENSITIVITY ANALYSIS).....	64
7.2.1 α) Επίδραση πτώσης της τιμής VLSFO .....	65
7.2.1 β) Συμπεράσματα Ανάλυσης Ευαισθησίας.....	66
7.2.2 α) Επίδραση ανόδου της τιμής EUA (EU ETS).....	66
7.2.2 β) Συμπεράσματα Ανάλυσης Ευαισθησίας.....	67
7.2.3 α) Επίδραση μείωσης της ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου (λόγω slow steaming).....	67
7.2.3 β) Συμπεράσματα Ανάλυσης Ευαισθησίας.....	68
7.3 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΕΣ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ .....	68
7.3.1 Πρόταση 1: Για Εταιρείες που Αναζητούν Ταχύτατη Απόσβεση & Χαμηλό Ρίσκο.....	68
7.3.2 Πρόταση 2: Για Εταιρείες που Στοχεύουν στη Μεγιστοποίηση της Μακροπρόθεσμης Αξίας .....	69
7.3.3 Πρόταση 3: Για Εταιρείες με Έντονο Περιβαλλοντικό Προφίλ (ESG).....	69
7.3.4 Πρόταση 4: Συνδυασμένες & Προσαρμοστικές Στρατηγικές.....	69
7.5 ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	72



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά τις στρατηγικές πράσινης μετάβασης που διαθέτουν οι ναυτιλιακές επιχειρήσεις για τη συμμόρφωση με το σύγχρονο κανονιστικό πλαίσιο, με κύριους άξονες τους κανονισμούς IMO 2020 (όριο περιεκτικότητας σε θείο 0,5%) και EU ETS (συμπερίληψη της ναυτιλίας στο Ευρωπαϊκό Σύστημα Συναλλαγών Εκπομπών). Ο στόχος είναι διττός: α) η βιώσιμη περιβαλλοντική συμμόρφωση και β) η διατήρηση της οικονομικής βιωσιμότητας. Για το σκοπό αυτό, αναπτύσσεται και εφαρμόζεται ένα ενιαίο μοντέλο οικονομοτεχνικής ανάλυσης σε ένα υποθετικό αλλά ρεαλιστικό Panamax Bulk Carrier (75.000 DWT, 2010), που δραστηριοποιείται στην αγορά spot με δρομολόγια Ευρώπη-Ασία. Η μελέτη συγκρίνει τρία εναλλακτικά σενάρια συμμόρφωσης:

Σενάριο 1 (VLSFO): Συμβατική χρήση Very Low Sulphur Fuel Oil (VLSFO).

Σενάριο 2 (Scrubber): Εγκατάσταση συστήματος εξαέρωσης (open-loop scrubber) για χρήση φθηνότερου HSFO.

Σενάριο 3 (MGO): Πλήρης μετάβαση σε Marine Gasoil (MGO).

Η αξιολόγηση βασίζεται στις μετρικές Συνολικού Κόστους Κατοχής (TCO), Καθαρής Παρούσας Αξίας (NPV) και Περιόδου Απόσβεσης (Payback Period), με βασικές παραμέτρους τιμές καυσίμων, δικαιωμάτων CO<sub>2</sub> (EUA) και προεξοφλητικό επιτόκιο 8%, για πενταετή ορίζοντα. Στη βάση των ερευνητικών δεδομένων, διαμορφώνεται ένα πλαίσιο τεσσάρων διακριτών στρατηγικών κατευθύνσεων για τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις, διαφοροποιημένο ανάλογα με το επιχειρησιακό τους προφίλ. Οι προτάσεις αυτές εκτείνονται από την άμεση εφαρμογή μέτρων ενεργειακής βελτιστοποίησης με βραχυπρόθεσμο ορίζοντα απόσβεσης, έως τη στρατηγική ενσωμάτωση συστημάτων καθαρισμού καυσαερίων (scrubbers) και τον στρατηγικό σχεδιασμό για την ενσωμάτωση εναλλακτικών μορφών ενέργειας για την υιοθέτηση τεχνολογιών χαμηλού άνθρακα, στοχεύοντας στη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και ανταγωνιστικότητα. Η εργασία αυτή συμβάλλει αποφασιστικά στη σχετική βιβλιογραφία παρέχοντας ένα ποσοτικοποιημένο και ολοκληρωμένο μοντέλο σύγκρισης που ενσωματώνει και τους δύο μεγάλους ρυθμιστικούς άξονες, αποδεικνύοντας ότι σε ένα δυναμικό περιβάλλον, οι προνοητικές κεφαλαιουχικές επενδύσεις αποτελούν συχνά τον πλέον λογικό δρόμο για ταυτόχρονη επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων και διατήρησης οικονομικής ανταγωνιστικότητας.

**Λέξεις-Κλειδιά:** IMO 2020, EU ETS, Scrubber, VLSFO, MGO, Οικονομοτεχνική Ανάλυση, Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV), Συνολικό Κόστος Κατοχής (TCO), Πράσινη Μετάβαση, Ναυτιλιακή Βιωσιμότητα.



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

## ABSTRACT

This diploma thesis investigates the green transition strategies available to shipping companies for compliance with the contemporary regulatory framework, focusing primarily on the IMO 2020 regulations (0.5% sulfur content limit) and the EU ETS (inclusion of shipping in the European Emissions Trading System). The goal is twofold: a) sustainable environmental compliance and b) maintaining economic viability. To this end, a unified techno-economic analysis model is developed and applied to a hypothetical but realistic Panamax Bulk Carrier (75,000 DWT, 2010) operating in the spot market on Europe-Asia routes. The study compares three alternative compliance scenarios:

Scenario 1 (VLSFO): Conventional use of Very Low Sulphur Fuel Oil (VLSFO).

Scenario 2 (Scrubber): Installation of an exhaust gas cleaning system (open-loop scrubber) for the use of cheaper High Sulphur Fuel Oil (HSFO).

Scenario 3 (MGO): Complete transition to Marine Gasoil (MGO).

The evaluation is based on the metrics of Total Cost of Ownership (TCO), Net Present Value (NPV), and Payback Period, using key parameters such as fuel prices, CO<sub>2</sub> allowance prices (EUA), and a discount rate of 8%, over a five-year horizon. Based on the findings, four strategic proposals are formulated for shipping companies, depending on their profile: ranging from immediate energy optimizations for the fastest payback, to strategies for investment in scrubbers for long-term value, and preparation for future decarbonization technologies.

This work decisively contributes to the relevant literature by providing a quantified and integrated comparison model that incorporates both major regulatory axes. It demonstrates that in a dynamic environment, proactive capital investments often represent the most rational path for the simultaneous achievement of environmental goals and the maintenance of economic competitiveness.

**Keywords:** IMO 2020, EU ETS, Scrubber, VLSFO, MGO, Techno-Economic Analysis, Net Present Value (NPV), Total Cost of Ownership (TCO), Green Transition, Maritime Sustainability.



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

## Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

Η ναυτιλιακή βιομηχανία αποτελεί διαχρονικά την ραχοκοκαλιά του παγκόσμιου εμπορίου, με την μεταφορά διαφόρων αγαθών και πόρων ζωτικής σημασίας για τα κράτη και τους πληθυσμούς τους, καθώς με ποσοστό άνω του 80% του παγκόσμιου εμπορίου σε όγκο και πάνω από το 70% σε αξία μεταφέρεται μέσω θαλάσσιων οδών (UNCTAD, 2023), γεγονός που αναδεικνύει τη στρατηγική σημασία της ναυτιλίας για την παγκόσμια οικονομία και εφοδιαστική αλυσίδα.

Ωστόσο, σε αντιπαράθεση με τα οφέλη της η ναυτιλιακή βιομηχανία αποτελεί μια σημαντική και αναπτυσσόμενη πηγή ρύπων. Με ποσοστά κοντά στο 3% των παγκόσμιων εκπομπών CO<sub>2</sub> (διοξείδιο του άνθρακα), που σε απόλυτους αριθμούς, αυτό αντιστοιχεί σε περίπου 1,1 δισεκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub> παγκοσμίως. Επιπρόσθετα, συμβάλλει σημαντικά και σε άλλους τύπους ρύπανσης, όπως τα οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>), τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και ο μαύρος άνθρακας, καθιστώντας την έναν από τους βασικούς τομείς προτεραιότητας για περιβαλλοντική ρύθμιση σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό επίπεδο.

Για τους παραπάνω λόγους οι διεθνείς οργανισμοί, τα κράτη μέλη και οι ναυτιλιακές επιχειρήσεις συνεργάζονται για την μείωση του αρνητικού περιβαλλοντικού αποτυπώματος του κλάδου εφαρμόζοντας στρατηγικές και ρυθμιστικά πλαίσια για μια βιώσιμη ναυτιλία. Ανάμεσα στους σημαντικότερους κανονισμούς που συντελούν προς αυτή την κατεύθυνση συγκαταλέγονται το EU ETS και ο IMO 2020, κανονισμοί που θα αναλυθούν στα παρακάτω κεφάλαια.

Η εφαρμογή αυτών των “πράσινων” στρατηγικών εκτός από την ηθική υποχρέωση για την προστασία του πλανήτη, αποτελεί πρόκληση και ζήτημα βιωσιμότητας της ίδιας της επιχείρησης, καθώς μια λανθασμένη απόφαση μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τη λειτουργική και οικονομική τους σταθερότητα. Συνεπώς, κάθε απόφαση πρέπει να στηρίζεται σε τεκμηριωμένες αναλύσεις ώστε η προστασία του περιβάλλοντος και το κέρδος των επιχειρήσεων να ευθυγραμμίζονται.

Ο έντονος ανταγωνισμός του ναυτιλιακού κλάδου περιπλέκει ακόμα περισσότερο τις διαδικασίες απόφασης της κατάλληλης στρατηγικής. Η επιδίωξη μιας ναυτιλιακής επιχείρησης να εμφανίζεται πιο ελκυστική στο ευρύ κοινό και να ενισχύσει τη δημόσια εικόνα της με σκοπό την απόκτηση νέων πελατών ή την καλλιέργεια θετικής φήμης, ενδέχεται να οδηγήσει σε επιλογές που ενέχουν κινδύνους για τη βιωσιμότητα της επιχείρησης. Για αυτό τον λόγο τα μέτρα που λαμβάνονται πρέπει να είναι στοχευμένα και προσαρμοσμένα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ναυπλιακής επιχείρησης, όπως το μέγεθος, τον αριθμό και το είδος των πλοίων που διαθέτει, οι θαλάσσιες περιοχές δραστηριοποίησής της, καθώς και οι εθνικές και διεθνείς ρυθμίσεις στις οποίες υπάγεται.



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

Τελικός στόχος όλων των παραπάνω, είναι η «πράσινη μετάβαση» να αποτυπώνεται θετικά όχι μόνο στο περιβάλλον, αλλά και στους οικονομικούς δείκτες των ναυτιλιακών επιχειρήσεων, κρατώντας αυτό το συμβολικό πράσινο χρώμα και στους ισολογισμούς τους.



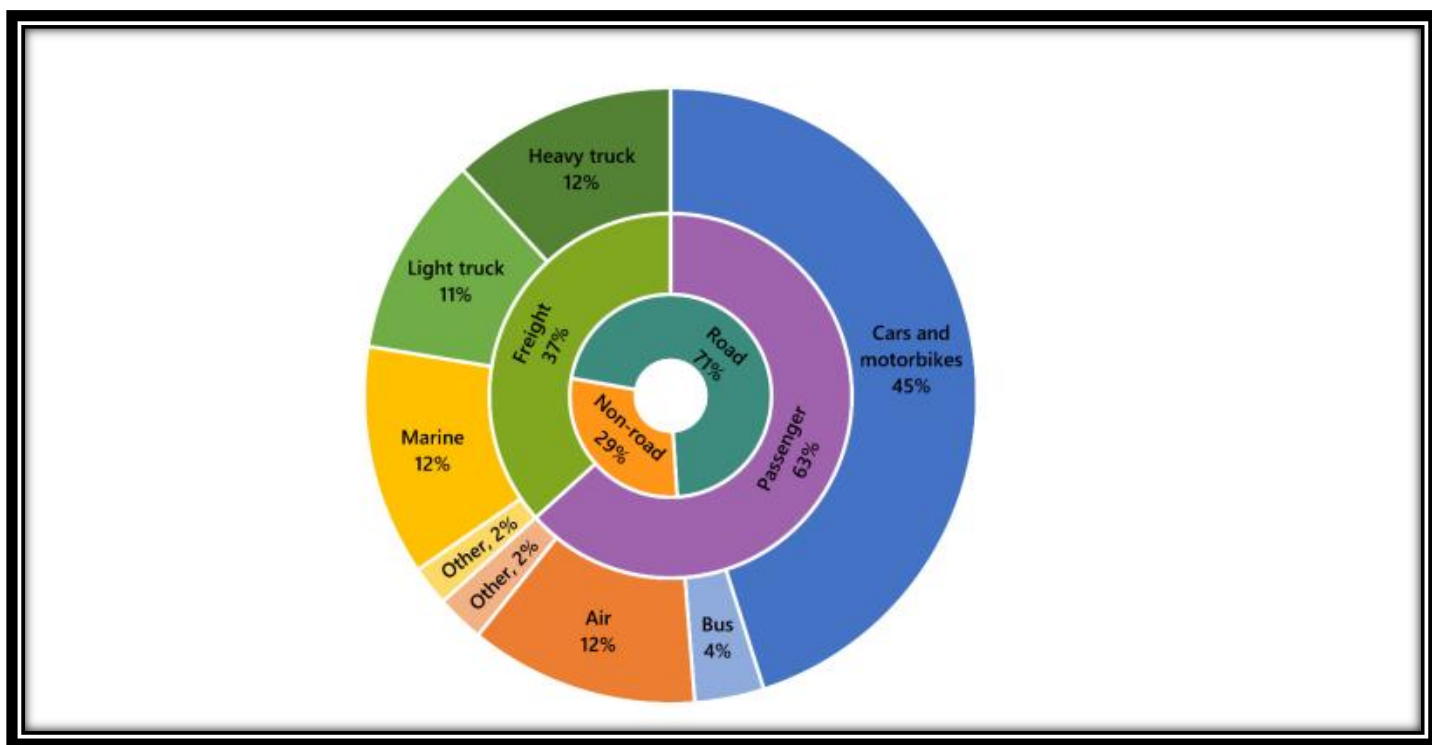
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΡΥΘΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

#### 2.1.1 Η αναγκαιότητα διεθνών κανονισμών

Στην εισαγωγή τονίστηκε η σημαντικότητα και το μεγάλο ποσοστό του παγκόσμιου εμπορίου που καταλαμβάνει ο ναυτιλιακός κλάδος. Πάρα την εγγενή αξία που παράγει, παράγει και ρύπους, ρύπους που με την πάροδο του χρόνου υπονομεύουν την αξία της ίδιας της επιβίωσης του πλανήτη μας, όπως οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ρύπανση των θαλασσών και επιπτώσεις στη θαλάσσια βιοποικιλότητα.

Η ανάγκη για ρύθμιση αυτών των επιπτώσεων μέσω κανονισμών και θεσμικών πλαισίων είναι επιτακτική, καθώς η ναυτιλία δραστηριοποιείται διασυνοριακά, πέρα από εθνικά πλαίσια. Η διεθνής φύση της ναυτιλίας απαιτεί παγκόσμια συντονισμένες λύσεις, προκειμένου να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα, η ίση μεταχείριση των κρατών και η αποφυγή "σημείων διαφυγής".



Εικόνα 1 Ποσοστιαία ανάλυση της χρήσης ενέργειας στον τομέα μεταφορών παγκοσμίως το 2015



### 2.1.2 Οι βασικοί θεσμοί και οργανισμοί (ΙΜΟ, ΕΥ)

Η διεθνής ναυτιλία λοιπόν βασίζεται κυρίως σε συμφωνίες και ρυθμιστικές πρωτοβουλίες προβλεπόμενες και προωθημένες κυρίως από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (ΙΜΟ) και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε). Ποιο αναλυτικά ο ΙΜΟ, είναι ένας πολυεθνικός, διακυβερνητικός Διεθνής Οργανισμός, ο οποίος επιβλέπει την σωστή και ασφαλή επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ των χωρών-μελών του στον τομέα της ναυσιπλοΐας. Αποτελεί οργανισμό του ΟΗΕ, και ιδρύθηκε στην Γενεύη το 1948 ως ΙΜCO (International Maritime Cooperation Organization) που μετονομάστηκε σε ΙΜΟ το 1982. Με βασική έδρα του το Λονδίνο, το κύριο μέλημα των μελών (οι κυβερνήσεις των κρατών) του ΙΜΟ, στο πλαίσιο των υποχρεώσεών τους, τα κράτη σημαίας καταβάλλουν αναλογικά τέλη στον ΙΜΟ, τα οποία υπολογίζονται με βάση το μέγεθος της εγγεγραμμένης χωρητικότητας των πλοίων που εκπροσωπούν. Ο βασικός ρόλος του ΙΜΟ είναι, να παρέχει μηχανισμούς για συνεργασία μεταξύ των Κυβερνήσεων στον τομέα κυβερνητικών κανονισμών και πρακτικών που αφορούν τεχνικά θέματα πάσης φύσεως αναφορικά με τη ναυτιλία που ασχολείται με το διεθνές εμπόριο και να ενθαρρύνει και να διευκολύνει τη γενική υιοθέτηση των υψηλότερων κατά το δυνατό προτύπων σε θέματα που αφορούν τη ναυτιλιακή ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα της ναυσιπλοΐας, καθώς και την πρόληψη και έλεγχο της θαλάσσιας ρύπανσης από πλοία.

Σκοπός του ΙΜΟ είναι να προωθεί τη συνεργασία μεταξύ των κρατών για τη δημιουργία ενός διεθνούς θεσμικού πλαισίου και την καθιέρωση προτύπων υψηλού επιπέδου στους τομείς:

1. Της ναυτικής ασφάλειας και της αποδοτικής ναυσιπλοΐας
2. Της πρόληψης/μείωσης θαλάσσιας ρύπανσης από τα πλοία

Αλλά και γενικά θέματα όπως:

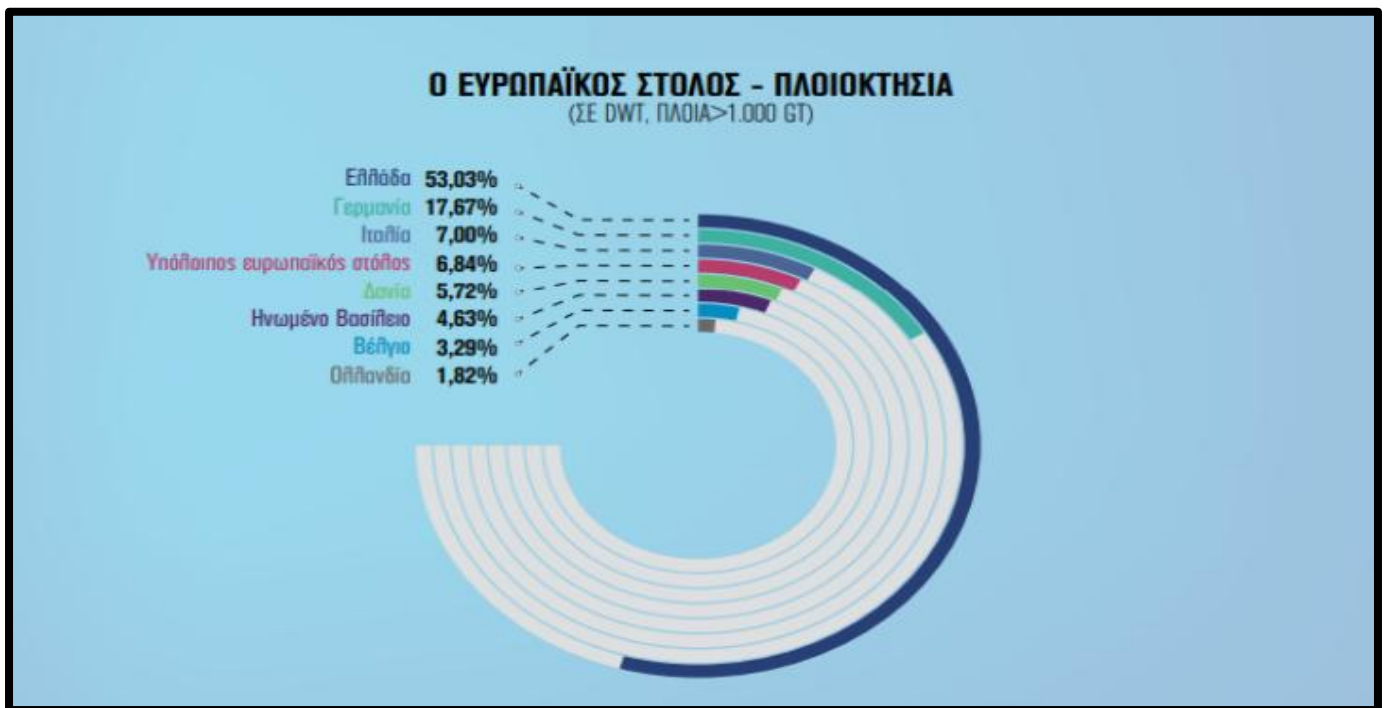
- Η καταμέτρηση της χωρητικότητας των πλοίων.
- Η εκπαίδευση και η πιστοποίηση των ναυτικών.
- Η έρευνα και διάσωση.
- Η απομάκρυνση ναυαγίου.
- Η ευθύνη και η αποζημίωση σε περίπτωση ατυχημάτων.
- Οι εκπομπές ρύπων από τα πλοία.
- Η ανακύκλωση των πλοίων.
- Θέματα σχετικά με την πειρατεία.

Όσον αφορά τον ρόλο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε), οι θαλάσσιες μεταφορές επιδρούν τόσο στην Ευρωπαϊκή οικονομία, καθώς αυξάνουν το εθνικό προϊόν, όσο και την στρατηγική και διαπραγματευτική ισχύ



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

της. Ως αποτέλεσμα, η ενδυνάμωση της Ναυτιλιακής Πολιτικής εντάσσεται στις σημαντικότερες προτεραιότητες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η ναυτιλία, βέβαια, ενέχει πολύ σημαντικό ρόλο και για τα κράτη μέλη της Ευρώπης, ειδικά η ακτοπλοΐα, η οποία διακατέχει κοινωνικό, πολιτιστικό και οικονομικό ρόλο. Σημαντικό είναι να αναφερθεί και η ναυτική παράδοση την οποία διαθέτει μεγάλο πλήθος των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης με την πρώτη θέση να ανήκει στην Ελλάδα και να ακολουθούν η Πορτογαλία, η Ισπανία, η Πορτογαλία, η Γαλλία, η Ιταλία και η Γερμανία (Εικόνα 2).

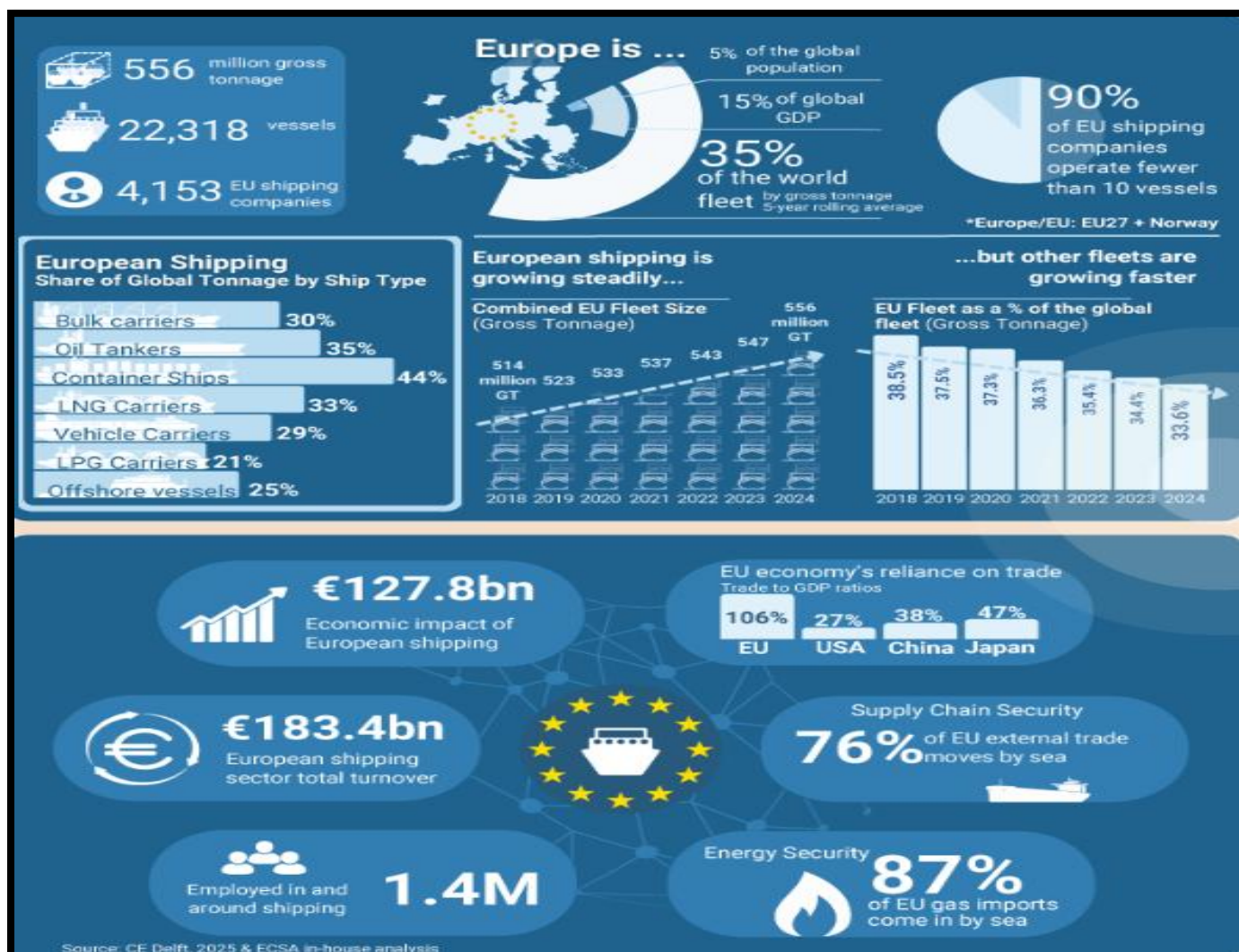


Πίνακας 2 Τα ποσοστά του Ευρωπαϊκού Στόλου/ Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, EU transport in figures statistical poster book

Σε αυτό το σημείο είναι πολύ σημαντικό να επισημανθεί πως σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες των Deloitte και της ΕΕ η ναυτιλιακή δραστηριότητα αντιπροσωπεύει περίπου το 15% του παγκόσμιου ΑΕΠ, με τον ευρωπαϊκό ναυτιλιακό στόλο να αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους στον κόσμο, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 35% του παγκόσμιου στόλου σε όρους παγκόσμιας χωρητικότητας σε όλα τα τμήματα, πράγμα που διαπιστώνει και πρόσφατη μελέτη της CE Delft ενός ανεξάρτητου ερευνητικού ινστιτούτο με έδρα την Ολλανδία (Εικόνα 3). Η ευρωπαϊκή ναυτιλία ελέγχει το 30% των παγκόσμιων πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου, το 44% των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, το 35% των δεξαμενόπλοιων και το 33% των πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, γεγονός που την καθιστά ηγετική δύναμη στο παγκόσμιο εμπόριο.



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”



Πίνακας 1 Αποτίμηση με Στατιστικά (σύμφωνα με μελέτη της CE Delft) της Οικονομικής Αξίας της Ευρωπαϊκής Ναυτιλίας/ Πηγή: CE DELFT 2025 ECSA in house analysis

Ο κεντρικός ρόλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην Παγκόσμια οικονομία οφείλεται σε πολύ μεγάλο ποσοστό στην ισχυρή θέση που κατέχει στην Ναυτιλία. Συμπερασματικά, η συμβολή της Ε.Ε. ένωσης στην ανάπτυξη της ναυτιλίας και στην προστασία του περιβάλλοντος είναι κάτι παραπάνω από σημαντική, καθώς με συνεχή χρηματοδότηση, υποστήριξη συνεχής εκπαίδευσης, αλλά και με καθιέρωση κανονισμών (EU ETS, MRV, κ.α.) αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ναυτιλιακής ανάπτυξης.



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

### 2.1.3 Η MARPOL και η εξέλιξη των ναυτιλιακών κανονισμών

Ο IMO ως εξειδικευμένος οργανισμός του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών, έχει θεσπίσει κανονισμούς, με πιο χαρακτηριστικό τη Διεθνή Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL) με στόχο τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία και την ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος.

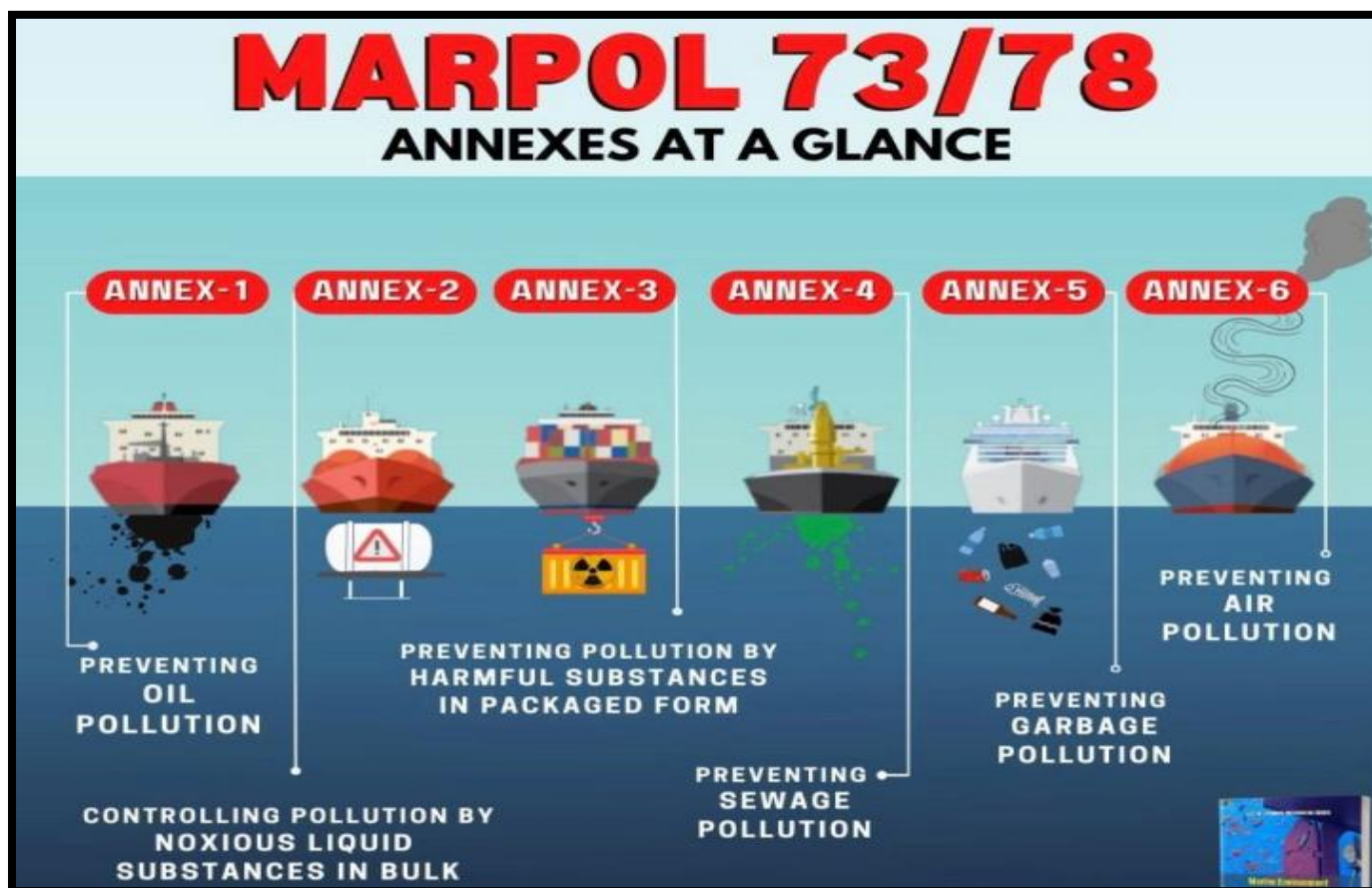
Η MARPOL αποτελεί το κύριο νομικό εργαλείο για τη ρύθμιση της ρύπανσης από πλοία, καθώς καλύπτει διάφορες μορφές ρύπανσης, συμπεριλαμβανομένης της ατμοσφαιρικής, θέτοντας όρια στις εκπομπές ρύπων από τα πλοία και καθορίζοντας οδηγίες για τον έλεγχό τους.

Ιστορικά, η σύμβαση MARPOL υπεγράφη το 1973 και υπογράφηκε το 1978 σε ένα Πρωτόκολλο με πρόσθετα μέτρα, αφού νωρίτερα είχε καταστεί εξαιρετικά δύσκολη η επικύρωση της σύμβασης από πολλά κράτη, λόγω του κόστους εφαρμογής, όμως τα πολλαπλά ατυχήματα δεξαμενοπλοίων δεν άφησαν άλλη επιλογή, με τον IMO να δραστηριοποιείται και να την ενεργοποιεί. Με αποτέλεσμα από τον Ιανουάριο του 2018, 156 κράτη να είναι συμβαλλόμενα μέρη στην σύμβαση, αποτελώντας το 99,42% της παγκόσμιας χωρητικότητας της ναυτιλίας. Τα πλοία που φέρουν δηλαδή σημαία υπό χώρες που έχουν υπογράψει την MARPOL υπόκεινται στις απαιτήσεις της, χωρίς να έχει σημασία στην χώρα στην οποία πλέουν, με βάσει αυτό είναι αντιληπτό η σημασία της MARPOL στην καταπολέμηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος θέτοντας και νέους κανονισμούς με τα 6 παραρτήματα που έθεσε ανά τα χρόνια. Αναγνωρίζοντας τα προβλήματα που δημιουργεί η ναυτιλιακή βιομηχανία, τα παραρτήματα χωρίζονται με την παρακάτω χρονολογική σειρά:

- Annex I / Ρύπανση από πετρέλαιο (Oil pollution)
- Annex II/III / Ρύπανση από επιβλαβείς ουσίες που μεταφέρονται χύδην, σε εμπορευματοκιβώτια, φορητές δεξαμενές ή βυτιοφόρα οχήματα (Chemical pollution)
- Annex IV / Ρύπανση από υγρά απόβλητα (Sewage)
- Annex V / Ρύπανση από στερεά απόβλητα (Garbage)
- Annex VI (Ατμοσφαιρική ρύπανση)



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”



Πίνακας 2 Τα 6 παραρτήματα της MARPOL /Πηγή: eBook "MARITIME ENVIRONMENT PROTECTION SYSTEMS"

#### 2.1.4 Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και Annex VI

Οι ατμοσφαιρικές εκπομπές από τα πλοία μπορούν να διακριθούν γενικά σε εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που επηρεάζουν την κλιματική αλλαγή και στην τοπική ατμοσφαιρική ρύπανση, κυρίως οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>), οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>), σωματίδια. Λίγα λόγια σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, τον φυσικό μηχανισμό που στοχεύει στην διατήρηση της θερμοκρασία της Γης σε επίπεδα που μπορούν να υποστηρίξουν τη ζωή σε όλα τα επίπεδα. Παρόλα αυτά οι ρύποι που προκαλούνται από τα αέρια του θερμοκηπίου (με τα 3 κυριότερα το διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub>, το μεθάνιο CH<sub>4</sub> και το υποξείδιο του αζώτου N<sub>2</sub>O) με την απελευθέρωση τους στην ατμόσφαιρα, από φυσικές και ανθρωπογενείς δραστηριότητες, παγιδεύουν ένα μέρος την θερμότητάς από τις ακτίνες του ηλίου, λειτουργώντας ως ‘πέπλο’ το οποίο συγκρατεί την θερμότητα αυτή, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση του πλανήτη, με επιπτώσεις την άνοδο της στάθμης της θάλασσας με το λιώσιμο των πάγων, την απώλεια βιοποικιλότητας και άλλες σημαντικές κοινωνικοοικονομικές συνέπειες.



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

Το διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub> είναι το κυριότερο εκ των αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπουν τα πλοία. Επιπλέον, τα καύσιμα των πλοίων, περιέχουν πολύ μεγάλες ποσότητες θείου SO<sub>2</sub>, με ποσοστό σε θείο 3-4%, αποτέλεσμα της χρήσης αυτών των πιο φθηνών και αναμφισβήτητα πιο ελκυστικών (για την καθαρή κερδοφορία της εταιρείας διαχείρισης των πλοίων που τροφοδοτούνται με τέτοιου είδους καύσιμα) είναι παράγοντες που προκαλούν όξινη βροχή αλλά και επηρεάζουν την κατοικημένες παραθαλάσσιες περιοχές, με σοβαρές συνέπειες στην υγεία των κατοίκων και κατ' επέκταση την υποβάθμιση του βιοτικού τους επιπέδου. Πέρα των 2 παραπάνω αερίων, τα NO<sub>x</sub> σωματίδια τα οποία παράγονται σε μεγάλες ποσότητες από τους κινητήρες των πλοίων, με την σειρά τους συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, την όξινη βροχή και άλλα προβλήματα τα οποία και αυτά επηρεάζουν τον ανθρώπινο οργανισμό τόσο σε επίπεδο υγείας τόσο και σε επίπεδο ποιότητας ζωής.

Για τους παραπάνω λόγους και την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των σοβαρών συνεπειών της, ο IMO θέσπισε την «Διεθνή Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία», γνωστή ως MARPOL 73/78. Στις 27 Σεπτεμβρίου 1997, η Σύμβαση MARPOL τροποποιήθηκε από το «Πρωτόκολλο του 1997», το οποίο περιλαμβάνει το Annex VI με τίτλο «Κανονισμοί για την Πρόληψη της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης από Πλοία». Το Annex VI της MARPOL ορίζει όρια στις εκπομπές NO<sub>x</sub> και SO<sub>x</sub> από τα καυσαέρια των πλοίων και απαγορεύει τις σκόπιμες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον από πλοία ολικής χωρητικότητας 400 τόνων και άνω που ταξιδεύουν με ενδιάμεσους σταθμούς ή υπεράκτιους τερματικούς σταθμούς υπό τη δικαιοδοσία κρατών που έχουν επικυρώσει το Annex VI.

Τα πρότυπα εκπομπών του IMO αναφέρονται συνήθως ως πρότυπα Tier I, Tier II και Tier III. Τα πρότυπα Tier I ορίστηκαν στην έκδοση του 1997 του Παραρτήματος VI, ενώ τα πρότυπα Tier II/III εισήχθησαν με τις τροποποιήσεις του Παραρτήματος VI που εγκρίθηκαν το 2008, ως εξής:

1. **Πρωτόκολλο του 1997 (Tier I).** Το «Πρωτόκολλο του 1997» της MARPOL, το οποίο περιλαμβάνει το Annex VI, τίθεται σε ισχύ 12 μήνες μετά την αποδοχή του από 15 κράτη με όχι λιγότερο από το 50% της παγκόσμιας χωρητικότητας εμπορικής ναυτιλίας. Στις 18 Μαΐου 2004, η Σαμόα κατέθεσε την επικύρωσή της ως το 15ο κράτος (ενώνοντας τις Μπαχάμες, το Μπαγκλαντές, τα Μπαρμπάντος, τη Δανία, τη Γερμανία, την Ελλάδα, τη Λιβερία, τα Νησιά Μάρσαλ, τη Νορβηγία, τον Παναμά, τη Σιγκαπούρη, την Ισπανία, τη Σουηδία και το Βανουάτου). Εκείνη την ημερομηνία, το Annex VI επικυρώθηκε από κράτη με 54,57% της παγκόσμιας χωρητικότητας εμπορικής ναυτιλίας. Συνεπώς, το Annex VI τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005. Ισχύει αναδρομικά για νέες μηχανές άνω των 130 kW που εγκαθίστανται σε σκάφη που κατασκευάστηκαν από την 1η Ιανουαρίου 2000 και μετά ή που υφίστανται σημαντική μετατροπή μετά την ημερομηνία αυτή. Ο κανονισμός ισχύει επίσης για σταθερές



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομικοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

και πλωτές εξέδρες και για πλατφόρμες γεώτρησης (εκτός από τις εκπομπές που σχετίζονται άμεσα με την εξερεύνηση ή/και τον χειρισμό ορυκτών του θαλάσσιου βυθού). Εν αναμονή της επικύρωσης του Annex VI, οι περισσότεροι κατασκευαστές θαλάσσιων μηχανών κατασκευάζουν κινητήρες που συμμορφώνονται με τα παραπάνω πρότυπα από το 2000.

2. **Τροποποιήσεις του 2008 (Tier II/III).** Οι τροποποιήσεις του Annex VI που εγκρίθηκαν τον Οκτώβριο του 2008 εισήγαγαν (a) νέες απαιτήσεις ποιότητας καυσίμων από τον Ιούλιο του 2010, (b) πρότυπα εκπομπών NOx Κατηγορίας II και III για νέους κινητήρες και (c) απαιτήσεις NOx Κατηγορίας I για υπάρχοντες κινητήρες προ του 2000. Το αναθεωρημένο Annex VI τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιουλίου 2010. Μέχρι τον Οκτώβριο του 2008, το Annex VI είχε επικυρωθεί από 53 χώρες (συμπεριλαμβανομένων των Ηνωμένων Πολιτειών), που αντιπροσωπεύουν το 81,88% της χωρητικότητας.

## 2.1.5 MARPOL Annex VI: Όρια Εκπομπών και Κανονισμοί για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των Πλοίων

### 2.1.5.1 Πρότυπα εκπομπών NOx (Nox emission standards) και Annex VI

Τα όρια εκπομπών NOx του Κανονισμού 13 του Παραρτήματος VI της MARPOL ι ισχύουν για κάθε ναυτικό κινητήρα ντίζελ με ισχύ εξόδου άνω των 130 kW που είναι εγκατεστημένος σε ένα πλοίο. Ως ναυτικός κινητήρας ντίζελ ορίζεται κάθε παλινδρομικός κινητήρας εσωτερικής καύσης που λειτουργεί με υγρό ή διπλό καύσιμο. Υπάρχουν δύο εξαιρέσεις: κινητήρες που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για έκτακτες ανάγκες και κινητήρες σε πλοία που λειτουργούν αποκλειστικά εντός των υδάτων του κράτους στο οποίο φέρουν τη σημαία τους. Η τελευταία εξαίρεση ισχύει μόνο εάν αυτοί οι κινητήρες υπόκεινται σε εναλλακτικό μέτρο ελέγχου NOx. Τα όρια εκπομπών NOx ορίζονται για τους κινητήρες ντίζελ ανάλογα με τη μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας του κινητήρα (n, rpm), όπως φαίνεται στον Πίνακα 1 και παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 1. Τα όρια Tier I και Tier II είναι παγκόσμια, ενώ τα πρότυπα Tier III ισχύουν μόνο στις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών NOx.



Table 1. MARPOL Annex VI NOx emission limits

Tier	Date	NOx Limit, g/kWh		
		n < 130	130 ≤ n < 2000	n ≥ 2000
Tier I	2000	17.0	$45 \cdot n^{-0.2}$	9.8
Tier II	2011	14.4	$44 \cdot n^{-0.23}$	7.7
Tier III	2016†	3.4	$9 \cdot n^{-0.2}$	1.96

† In NOx Emission Control Areas (Tier II standards apply outside ECAs).

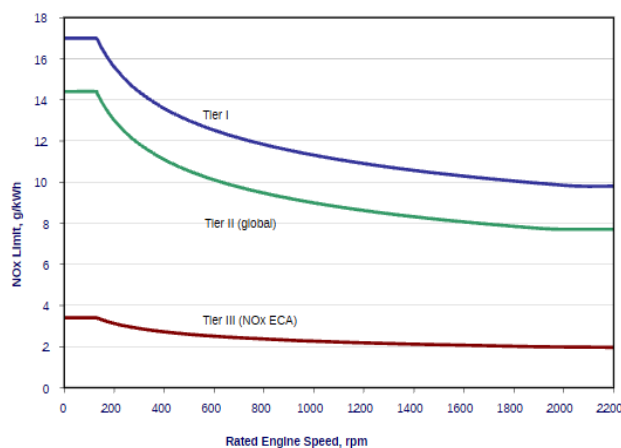


Figure 1. MARPOL Annex VI NOx emission limits

### Πίνακας 3 Πίνακας Ορίων Εκπομπών NOx Ρύπων σύμφωνα με το MARPOL Annex VI

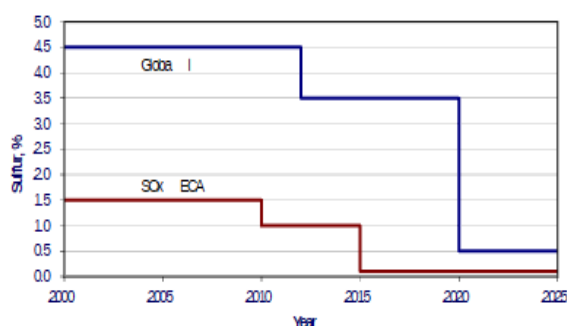
#### 2.1.5.2 Περιεκτικότητα θείου στα Καύσιμα (Sulfur content of fuel) και Annex VI

Οι κανονισμοί του Annex VI περιλαμβάνουν ανώτατα όρια στην περιεκτικότητα σε θείο του μαζούτ (συνηθέστερο καύσιμο των πλοίων) ως μέτρο για τον έλεγχο των εκπομπών SOx και έμμεσα, των εκπομπών PM (αιωρούμενα σωματίδια ή μικροσωματίδια, επίσης δεν υπάρχουν σαφή όρια εκπομπών PM). Υπάρχουν ειδικές διατάξεις για την ποιότητα των καυσίμων για τις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών SOx (SOx ECA ή SECA). Τα όρια θείου και οι ημερομηνίες εφαρμογής παρατίθενται στον Πίνακα 6.



Table 2. MARPOL Annex VI fuel sulfur limits

Date	Sulfur Limit in Fuel (% m/m)	
	SOx ECA	Global
2000	1.5%	4.5%
2010.07	1.0%	3.5%
2012		
2015	0.1%	0.5%
2020		



#### Πίνακας 4 Πίνακας Ορίων Εκπομπών SOx Ρύπων σύμφωνα με το MARPOL Annex VI

Επιπρόσθετα το heavy fuel oil-βαρύ μαζούτ (HFO) είναι επιτρεπτή, εφόσον τηρούνται οι προβλεπόμενες οριακές τιμές περιεκτικότητας σε θείο (δηλαδή, δεν υπάρχει υποχρέωση χρήσης καυσίμων απόσταξης).

Επιτρέπονται επίσης εναλλακτικά μέτρα (στις ECA SOx και παγκοσμίως) για τη μείωση των εκπομπών θείου, όπως μέσω της χρήσης συστημάτων καθαρισμού καυσαερίων (EGCS), γνωστών και ως πλυντρίδες. Για παράδειγμα, αντί της χρήσης του καυσίμου 0,5% S (2020), τα πλοία μπορούν να εγκαταστήσουν ένα σύστημα καθαρισμού καυσαερίων ή να χρησιμοποιήσουν οποιαδήποτε άλλη τεχνολογική μέθοδο για να περιορίσουν τις εκπομπές SOx σε  $\leq 6$  g/kWh (ως SO<sub>2</sub>).



### 2.1.5.3 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (Greenhouse Gas Emissions) και Annex VI

Εν συνεχεία, έχουν θεσπιστεί κανονισμοί που στοχεύουν στον περιορισμό των εκπομπών θειικού και αζωτούχου οξειδίου, στην προώθηση της χρήσης καθαρών καυσίμων, και στην ενίσχυση της ενεργειακής αποδοτικότητας στον ναυτιλιακό τομέα. Στο πλαίσιο αυτό, ο IMO έχει εισαγάγει τον Δείκτη Ενεργειακής Αποδοτικότητας Σχεδίασης Πλοίου (EEDI) και το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίου (SEEMP), ώστε να ενθαρρύνει την υιοθέτηση τεχνολογιών και πρακτικών που μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας στον τομέα της ναυτιλίας. Το Annex VI, Κεφάλαιο 4 της MARPOL εισάγει τους δύο υποχρεωτικούς μηχανισμούς (EEDI και SEEMP) που αποσκοπούν στη διασφάλιση ενός προτύπου ενεργειακής απόδοσης για τα πλοία.

Πιο αναλυτικά:

- Ο EEDI είναι ένας μηχανισμός που βασίζεται στην απόδοση και απαιτεί μια ορισμένη ελάχιστη ενεργειακή απόδοση στα νέα πλοία. Οι σχεδιαστές και οι κατασκευαστές πλοίων είναι ελεύθεροι να επιλέξουν τις τεχνολογίες που θα ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις EEDI σε ένα συγκεκριμένο σχεδιασμό πλοίου.
- Ο SEEMP θεσπίζει έναν μηχανισμό για τους φορείς εκμετάλλευσης ώστε να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση των πλοίων.

Οι κανονισμοί ισχύουν για όλα τα πλοία ολικής χωρητικότητας 400 τόνων και άνω και τέθηκαν σε ισχύ από την 1η Ιανουαρίου 2013. Υπάρχουν δυνατότητες ευελιξίας κατά την αρχική περίοδο έως και εξήμισι ετών μετά την έναρξη ισχύος, όταν ο IMO μπορεί να παραιτηθεί από την απαίτηση συμμόρφωσης με τον EEDI για ορισμένα νέα πλοία, όπως αυτά που βρίσκονται ήδη υπό κατασκευή.

Τον Απρίλιο του 2018, ο IMO ενέκρινε μια αρχική στρατηγική για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία, με στόχο τη μείωση των συνολικών ετήσιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 50% έως το 2050 σε σύγκριση με το 2008. Η στρατηγική προβλέπει την ενίσχυση των απαιτήσεων EEDI και μια σειρά από άλλα μέτρα για τη μείωση των εκπομπών, όπως μέτρα επιχειρησιακής αποδοτικότητας, περαιτέρω μειώσεις ταχύτητας, μέτρα για την αντιμετώπιση των εκπομπών CH<sub>4</sub> και VOC, εναλλακτικά καύσιμα χαμηλών και μηδενικών εκπομπών άνθρακα, καθώς και μέτρα που βασίζονται στην αγορά (market-based measures γνωστή και ως MBM).

Το Annex VI, απαγορεύει ακόμα τις σκόπιμες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον, στις οποίες περιλαμβάνονται οι αλογονωμένες ενώσεις και οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), όπως επίσης απαγορεύονται



οι νέες εγκαταστάσεις που περιέχουν ουσίες που καταστρέφουν το όζον σε όλα τα πλοία. Ωστόσο, οι νέες εγκαταστάσεις που περιέχουν υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) επιτρέπονται έως την 1η Ιανουαρίου 2020. Το Annex VI απαγορεύει επίσης την αποτέφρωση ορισμένων προϊόντων επί των πλοίων, όπως μολυσμένα υλικά συσκευασίας και πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB).

#### 2.1.5.4 Άλλες διατάξεις του Annex VI

- ❖ Η συμμόρφωση με τις διατάξεις του Annex VI καθορίζεται μέσω περιοδικών επιθεωρήσεων και ερευνών. Μετά την επιτυχή ολοκλήρωση των επιθεωρήσεων, στο πλοίο εκδίδεται ένα «Διεθνές Πιστοποιητικό Πρόληψης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης» (“International Air Pollution Prevention Certificate”), το οποίο ισχύει έως και 5 έτη. Σύμφωνα με τον «Τεχνικό Κώδικα NOx»(NOx Technical Code), ο φορέας εκμετάλλευσης του πλοίου (όχι ο κατασκευαστής του κινητήρα) είναι υπεύθυνος για τη συμμόρφωση κατά τη χρήση.
- ❖ Ειδικές Απαιτήσεις για τη Χρήση ή τη Μεταφορά Πετρελαίων σε Πολικά Ύδατα. Από την 1η Ιουλίου 2024, το βαρύ μαζούτ (HFO) δεν μπορεί πλέον να χρησιμοποιείται ή να μεταφέρεται ως οικιακό καύσιμο σε δεξαμενές καυσίμων όταν βρίσκεται σε αρκτικά ύδατα.  
Εξαιρέσεις περιλαμβάνουν:
  - ❖ Πλοία που ασχολούνται με την ασφάλεια των πλοίων, επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης ή είναι αφιερωμένα στην ετοιμότητα και την αντιμετώπιση πετρελαιοκηλίδων. Πλοία που υπόκεινται στους κανονισμούς MARPOL για την προστασία των δεξαμενών καυσίμου πετρελαίου ή στον Πολικό Κώδικα έως την 1η Ιουλίου 2029.
  - ❖ Πλοία που δραστηριοποιούνται σε εγχώρια ύδατα υπό τη δικαιοδοσία του κράτους σημαίας τους έως την 1η Ιουλίου 2029.

Για αυτές τις ειδικές απαιτήσεις, το HFO είναι μαζούτ με πυκνότητα μεγαλύτερη από 900 kg/m<sup>3</sup> (στους 15°C) ή κινηματικό ιξώδες μεγαλύτερο από 180 mm<sup>2</sup>/s (στους 50°C).



### 2.1.6 IMO 2020

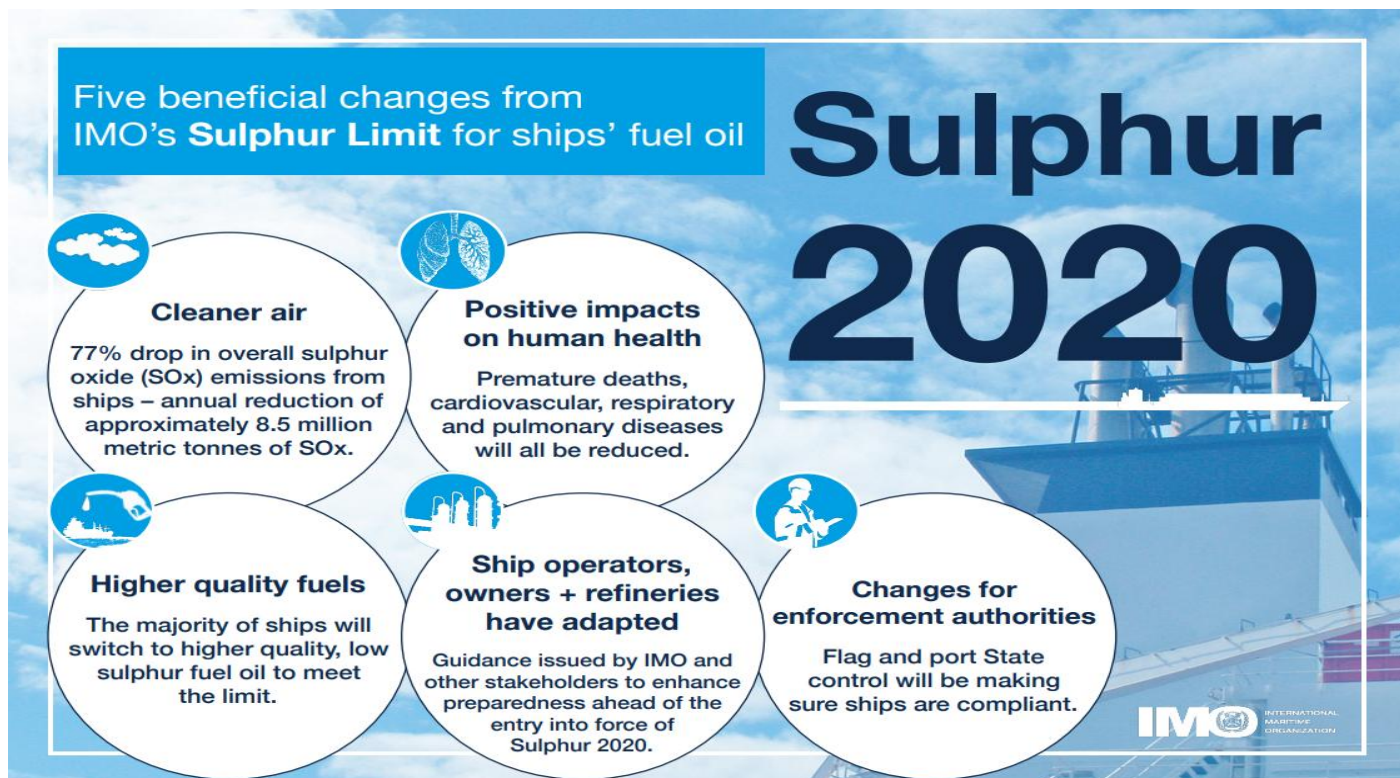
Σε σχετική έρευνά του IMO (2014) για τις εκπομπές ρυπογόνων αερίων, υπολογίστηκε ότι το 2,2% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα προέρχεται από τη παγκόσμια ναυτιλία, ενώ οι εκπομπές οξειδίων του θείου από τη ναυτιλία αντιστοιχούν στο 12% των παγκόσμιων εκπομπών ρύπων. Το διοξείδιο του θείου και τα προϊόντα χημικών του αντιδράσεων είναι υπεύθυνα για τα περισσότερα επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης που έχουν ως αποτέλεσμα πολλές παθήσεις, οι περισσότερες σχετιζόμενες με το αναπνευστικό σύστημα. Έτσι, τον Οκτώβριο του 2016 αποφασίστηκε ότι από 1 Ιανουαρίου του 2020 (απόφαση που είναι γνωστή ως Κανονισμός IMO 2020) τα πλοία θα πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμο πετρελαίου με περιεκτικότητα σε θείο έως 0,50 % m/m από τα σημερινά επίπεδα του 3,50% m/m, στις περιοχές εκτός ελέγχου εκπομπών (ECA-SOx).

Η προκύπτουσα μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου (SOx) από τα πλοία έχει σημαντικά οφέλη για την υγεία και το περιβάλλον για τον κόσμο, ιδιαίτερα για τους πληθυσμούς που ζουν κοντά σε λιμάνια και ακτές. Τα οξείδια του θείου είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία, προκαλώντας αναπνευστικές, καρδιαγγειακές και πνευμονικές παθήσεις. Μόλις απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα, τα SOx μπορούν να οδηγήσουν σε όξινη βροχή, η οποία επηρεάζει τις καλλιέργειες, τα δάση και τα υδρόβια είδη και συμβάλλει στην οξίνιση των ωκεανών.

Πριν από την έναρξη ισχύος του νέου ορίου, τα περισσότερα πλοία χρησιμοποιούσαν μαζούτ. Προερχόμενο ως υπόλειμμα από την απόσταξη αργού πετρελαίου, το μαζούτ είχε πολύ υψηλότερη περιεκτικότητα σε θείο, η οποία, μετά την καύση στον κινητήρα, κατέληγε στις εκπομπές των πλοίων. Τώρα, η συντριπτική πλειοψηφία των πλοίων χρησιμοποιεί μαζούτ πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (γνωστό και ως VLSFO- Very Low Sulfur Fuel Oil) για να συμμορφωθεί με το νέο όριο και μέχρι σήμερα δεν έχουν αναφερθεί στον IMO ζητήματα ασφάλειας.



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομικοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”



Πίνακας 7 Πέντε ωφέλιμες αλλαγές από το όριο θείου του IMO για το καύσιμο πετρελαίου των πλοίων

Οι ναυτιλιακές εταιρείες θα πρέπει να συμμορφωθούν με τον νέο Κανονισμό και να προβούν σε αλλαγές, έχοντας τις κάτωθι επιλογές:

- Χρήση καυσίμου με περιεκτικότητα σε θείο μικρότερης ή ίσης του 0,50 % m/m.
- Χρήση Marine gas oil, καυσίμου από αποστάγματα αργού πετρελαίου με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο.
- Τοποθέτηση scrubber στα πλοία, δηλαδή εγκατάσταση συστήματος καθαρισμού καυσαερίου.
- Χρήση εναλλακτικών καυσίμων όπως υδροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) ή μεθανόλης.

Την υπευθυνότητα για την παρακολούθηση και την επιβολή των ορίων αυτών την έχουν οι κυβερνήσεις και οι εθνικές αρχές των κρατών-μελών που είναι συμβαλλόμενα μέλη της Marpol - Annex VI.

Επιπρόσθετα, τα κράτη που κουβαλούν σημαία τους τα πλοία (flag states) όπως και τα port states (είναι οι χώρες που έχουν λιμάνια και επιτρέπουν τη διενέργεια του ελέγχου κατάστασης λιμένα Port State Control - PS) στα δικά τους λιμάνια για να επαληθεύσουν ότι τα πλοία που δέχονται συμμορφώνονται με τους διεθνείς κανονισμούς ναυτικής ασφάλειας και περιβάλλοντος), έχουν το δικαίωμα και την υποχρέωση να επιβάλλουν την συμμόρφωση αυτή. Ο IMO παίζει καθοριστικό ρόλο για να βοηθήσει στην εφαρμογή, καθώς σε συνεργασία με τα κράτη μέλη, τις ναυτιλιακές, τους προμηθευτές καυσίμων και τα διυλιστήρια για να



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

εντοπίζει σε τυχόν ζητήματα μετάβασης ώστε τα πλοία να μπορέσουν να ανταποκριθούν στη απαίτηση αυτή. Σε ιδιαίτερες περιπτώσεις, που υπάρχουν δυσκολίες με την προμήθεια του καυσίμου τα πλοία μπορούν να συμπληρώσουν μια Έκθεση Μη-Διαθεσιμότητας Καυσίμου (Fuel Oil Non-Availability Report - FONAR). Το FONAR, θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο όταν είναι απολύτως απαραίτητο. Είναι πιθανό οι αρχές να λάβουν υπόψη τον αριθμό των FONAR που έχουν υποβληθεί όταν εξετάζουν το ενδεχόμενο λήψης μέτρων επιβολής του νόμου. Ένα αντίγραφο του FONAR πρέπει να φυλάσσεται στο πλοίο για τουλάχιστον 36 μήνες.

### 2.1.7 Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών-Emission Control Areas (ECA)

Δύο σύνολα απαιτήσεων και ποιότητας καυσίμων ορίζονται στο Annex VI: (1) παγκόσμιες απαιτήσεις και (2) αυστηρότερες απαιτήσεις που ισχύουν για τα πλοία στις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών (ECA). Μια Περιοχή Ελέγχου Εκπομπών μπορεί να οριστεί για SO<sub>x</sub> και PM (Προμήθειο), ή NO<sub>x</sub>, ή και τους τρεις τύπους εκπομπών από πλοία, κατόπιν πρότασης από ένα Μέρος του Annex VI.

Οι υπάρχουσες Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών περιλαμβάνουν:

- Βαλτική Θάλασσα (SO<sub>x</sub>: υιοθετήθηκε το 1997 / τέθηκε σε ισχύ το 2005· NO<sub>x</sub>: 2017/2021)
- Βόρεια Θάλασσα (SO<sub>x</sub>: 2005/2007 NO<sub>x</sub>: 2017/2021)
- Ευρώπη Περιοχής της Βόρειας Αμερικής, συμπεριλαμβανομένου του μεγαλύτερου μέρους των ακτών των ΗΠΑ και του Καναδά (SO<sub>x</sub>: 2010/2012 NO<sub>x</sub>: 2010/2016).
- Ευρώπη Περιοχής της Καραϊβικής των ΗΠΑ, συμπεριλαμβανομένου του Πουέρτο Ρίκο και των Αμερικανικών Παρθένων Νήσων (SO<sub>x</sub>: 2011/2014· NO<sub>x</sub>: 2011/2016).
- Μεσόγειος Θάλασσα (SO<sub>x</sub>: 2022/2025).
- Καναδική Αρκτική (SO<sub>x</sub> & NO<sub>x</sub>: 2024/2025).
- Νορβηγική Θάλασσα (SO<sub>x</sub> & NO<sub>x</sub>: 2024/2026).

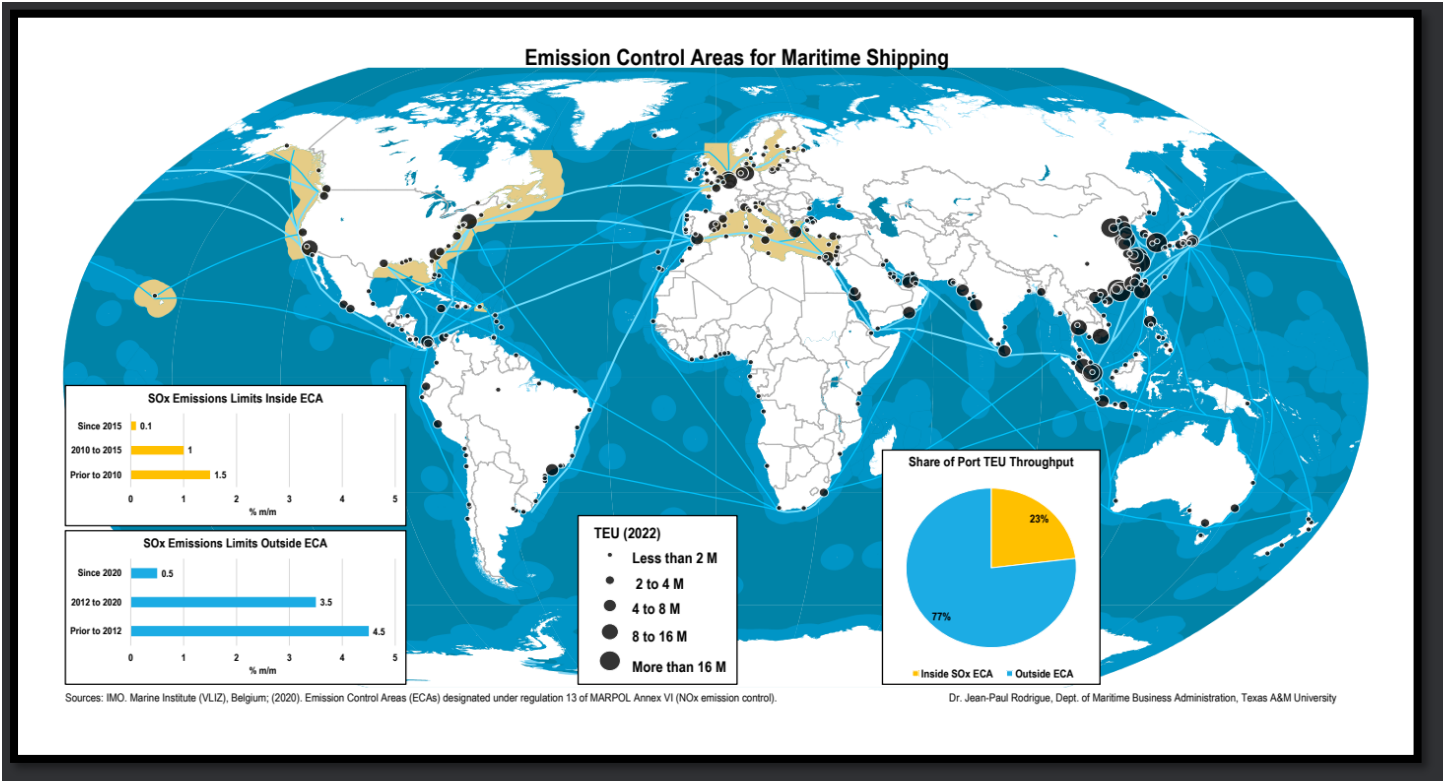
Οι ακριβείς απαιτήσεις για κάθε ECA περιγράφονται στο Annex VI. Ενώ όλες οι ECA ελέγχου NO<sub>x</sub> απαιτούν συμμόρφωση με το IMO Tier III NO<sub>x</sub>, αυτή η υποχρέωση ισχύει για πλοία που κατασκευάζονται μετά από μια συγκεκριμένη ημερομηνία. Σε αρκετές ECA zones, αυτή η ημερομηνία είναι ίδια με την ημερομηνία έναρξης ισχύος της δεδομένης ECA, αλλά ορισμένες ECA ορίζουν πιο σύνθετα χρονοδιαγράμματα και απαιτήσεις εφαρμογής.

Όσον αφορά τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, Οι τροποποιήσεις του 2011 στο Annex VI της MARPOL εισήγαγαν υποχρεωτικά μέτρα για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG).

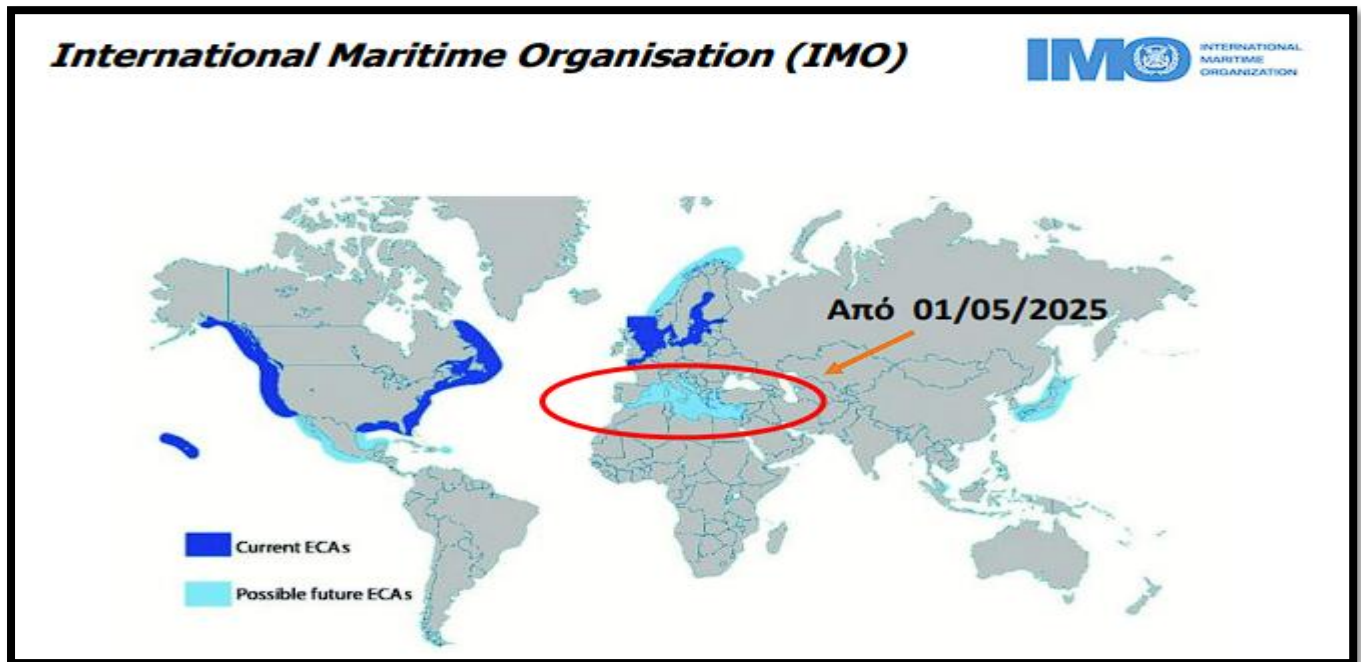
Οι τροποποιήσεις πρόσθεσαν ένα νέο Κεφάλαιο 4 στο Παράρτημα VI σχετικά με τους «Κανονισμούς για την ενεργειακή απόδοση των πλοίων».



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”



Πίνακας 5 Περιοχές ελέγχου εκπομπών για τη θαλάσσια ναυτιλία



Πίνακας 6 Μελλοντικές ECAs Περιοχές



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

## Κεφάλαιο 3: Τα Βασικά Ρυθμιστικά Εργαλεία

### 3.1 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ (EU ETS)

#### EU ETS ΓΕΝΙΚΑ

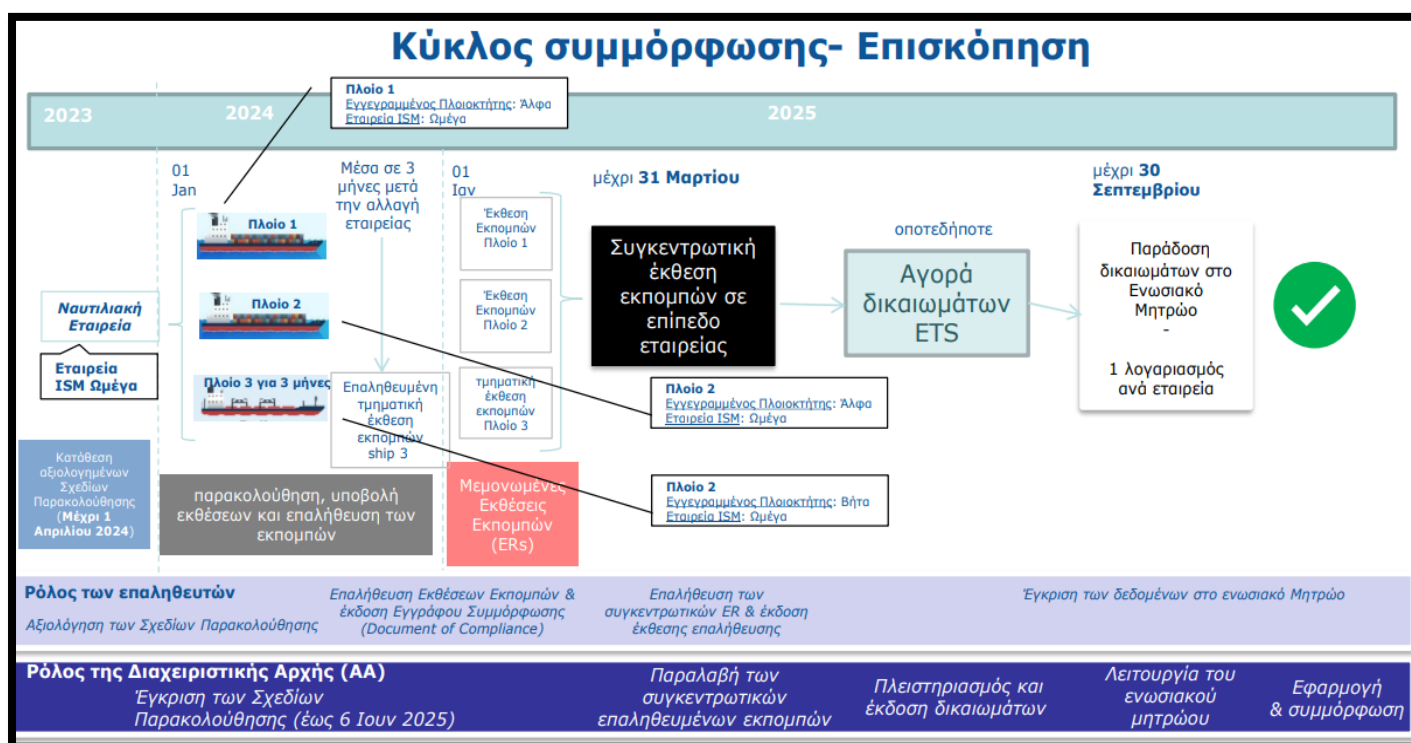
Το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΣΕΔΕ) αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της πολιτικής της Ε.Ε. για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής καθώς και το βασικό της εργαλείο για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Το EU ETS είναι ένα σύστημα cap-n-trade που βασίζεται στην αγοραπωλησίας δικαιωμάτων ρύπων CO<sub>2</sub> και έχει σχεδιαστεί για να περιορίζει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από διάφορους τομείς στην ΕΕ. Για την περίοδο 2021-2030, ο συνολικός αριθμός δικαιωμάτων (ανώτατο όριο) ορίζεται περίπου στα 11,5 δισεκατομμύρια EUA. Η πλειονότητα αυτών (53% έως 57%) διατίθεται μέσω τακτικών δημοπρασιών στο Ευρωπαϊκό Χρηματιστήριο Ενέργειας (EEX). Το εναπομείναν ποσοστό παραχωρείται δωρεάν, με στόχο τον περιορισμό του κινδύνου διαρροής άνθρακα (carbon leakage), ενώ παράλληλα λειτουργεί ως μοχλός χρηματοδότησης για την εφαρμογή περιβαλλοντικών πολιτικών. Σημειώνεται ότι, από το 2005, το EU ETS αποτελεί τη μεγαλύτερη και πλέον ώριμη αγορά δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων παγκοσμίως.



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
 “Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
 Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
 και Κερδοφορία”

Έτος	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Μέση τιμή EUA	4.86	7.27	8.25	6.55	8.15	24.73	24.52	32.59	80.22	81.49

Πίνακας 7 Μέσος όρος τιμών EUA που αφορούν το EU ETS



Πίνακας 8 Κύκλος Συμμόρφωσης

## EU ETS NAYTILIA

Από τον Ιανουάριο του 2024, το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών της ΕΕ (EU ETS) έχει επεκταθεί ώστε να καλύπτει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> από όλα τα μεγάλα πλοία (ολικής χωρητικότητας 5.000 τόνων και άνω) που εισέρχονται σε λιμένες της ΕΕ, ανεξάρτητα από τη σημαία που φέρουν.

Το σύστημα καλύπτει:

- Το 50% των εκπομπών από ταξίδια που ξεκινούν ή τελειώνουν εκτός ΕΕ (επιτρέποντας στην τρίτη χώρα να αποφασίσει για τα κατάλληλα μέτρα για το υπόλοιπο μερίδιο των εκπομπών)



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

- Το 100% των εκπομπών που προκύπτουν μεταξύ δύο λιμένων της ΕΕ και όταν τα πλοία βρίσκονται εντός λιμένων της ΕΕ.

Το ΣΕΔΕ της ΕΕ καλύπτει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> (διοξείδιο του άνθρακα), CH<sub>4</sub> (μεθάνιο) και N<sub>2</sub>O (οξείδιο του αζώτου), αλλά τα δύο τελευταία μόνο από το 2026.

Οι εκπομπές από τις θαλάσσιες μεταφορές περιλαμβάνονται στο συνολικό ανώτατο όριο του ΣΕΔΕ, το οποίο καθορίζει τη μέγιστη ποσότητα αερίων του θερμοκηπίου που μπορούν να εκπεμφθούν στο πλαίσιο του συστήματος. Το ανώτατο όριο μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, ώστε να διασφαλιστεί ότι όλοι οι τομείς του ΣΕΔΕ συμβάλλουν στους κλιματικούς στόχους της ΕΕ. Αυτό θα δώσει κίνητρα για ενεργειακή απόδοση, λύσεις χαμηλών εκπομπών άνθρακα και μειώσεις της διαφοράς τιμής μεταξύ εναλλακτικών καυσίμων και παραδοσιακών ναυτιλιακών καυσίμων.

Το σύστημα βασίζεται στις διατάξεις που ισχύουν για άλλους τομείς του ΣΕΔΕ της ΕΕ, καθώς και στον πρόσφατα αναθεωρημένο Κανονισμό της ΕΕ για την Παρακολούθηση, την Αναφορά και την Επαλήθευση για τις θαλάσσιες μεταφορές («Ναυτιλιακός Κανονισμός MRV- 'Maritime Regulation'»).

Στην πράξη, οι ναυτιλιακές εταιρείες πρέπει να αγοράζουν και να παραδίδουν (να χρησιμοποιούν) δικαιώματα εκπομπής ΣΕΔΕ της ΕΕ για κάθε τόνο αναφερόμενων εκπομπών CO<sub>2</sub> ή ισοδύναμου CO<sub>2</sub>) στο πεδίο εφαρμογής του συστήματος ΣΕΔΕ της ΕΕ. Είναι ρόλος των διοικητικών αρχών των κρατών μελών της ΕΕ να διασφαλίζουν τη συμμόρφωση χρησιμοποιώντας παρόμοιους κανόνες όπως και για τους άλλους τομείς του ΣΕΔΕ.

Για να διασφαλιστεί η ομαλή μετάβαση, οι ναυτιλιακές εταιρείες πρέπει να παραδώσουν δικαιώματα μόνο για ένα μέρος των εκπομπών τους κατά τη διάρκεια μιας αρχικής περιόδου σταδιακής εφαρμογής:

- 2025: για το 40% των εκπομπών τους που αναφέρθηκαν το 2024.
- 2026: για το 70% των εκπομπών τους που αναφέρθηκαν το 2025.
- Από το 2027 και μετά: για το 100% των αναφερόμενων εκπομπών τους.

Η πρώτη προθεσμία παράδοσης δικαιωμάτων εκπομπών ολοκληρώθηκε τον Σεπτέμβριο του 2025 σε όλα τα κράτη-μέλη, καλύπτοντας τις εκπομπές που καταγράφηκαν κατά το ημερολογιακό έτος 2024 (1η Ιανουαρίου έως 31 Δεκεμβρίου). Το θεσμικό πλαίσιο ενσωματώνει ρήτρα υποβολής εκθέσεων και τακτικής επανεξέτασης, με σκοπό την παρακολούθηση της εφαρμογής των κανονισμών στη ναυτιλία. Η διαδικασία αυτή διασφαλίζει την εναρμόνιση της ευρωπαϊκής νομοθεσίας με τις σχετικές εξελίξεις και τις κατευθυντήριες γραμμές του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO).



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

## **Νομοθετική διαδικασία**

Η νομοθεσία σχετικά με την ένταξη των θαλάσσιων εκπομπών στο ΣΕΔΕ της ΕΕ έχει συμπληρωθεί από διάφορες εκτελεστικές και κατ' εξουσιοδότηση πράξεις. Αυτές καθορίζουν λεπτομερείς κανόνες και επιτρέπουν την έγκαιρη ένταξη των εκπομπών από τις θαλάσσιες μεταφορές στο ΣΕΔΕ της ΕΕ.

Οι εν λόγω πράξεις καλύπτουν κυρίως τα ακόλουθα θέματα:

- Τη διοίκηση των ναυτιλιακών εταιρειών από τα κράτη μέλη.
- Την υποβολή συγκεντρωτικών δεδομένων εκπομπών σε επίπεδο ναυτιλιακής εταιρείας.
- Τους κανόνες για την παρακολούθηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- Τις ενημερώσεις των σχετικών προτύπων.
- Τις διαδικασίες επαλήθευσης και διαπίστευσης.
- Τον προσδιορισμό γειτονικών λιμένων μεταφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων.
- Μικρά νησιά και διακρατικές διαδρομές υπό υποχρέωση δημόσιας υπηρεσίας ή σύμβαση που υπόκεινται σε ειδικές διατάξεις της οδηγίας ΣΕΔΕ.

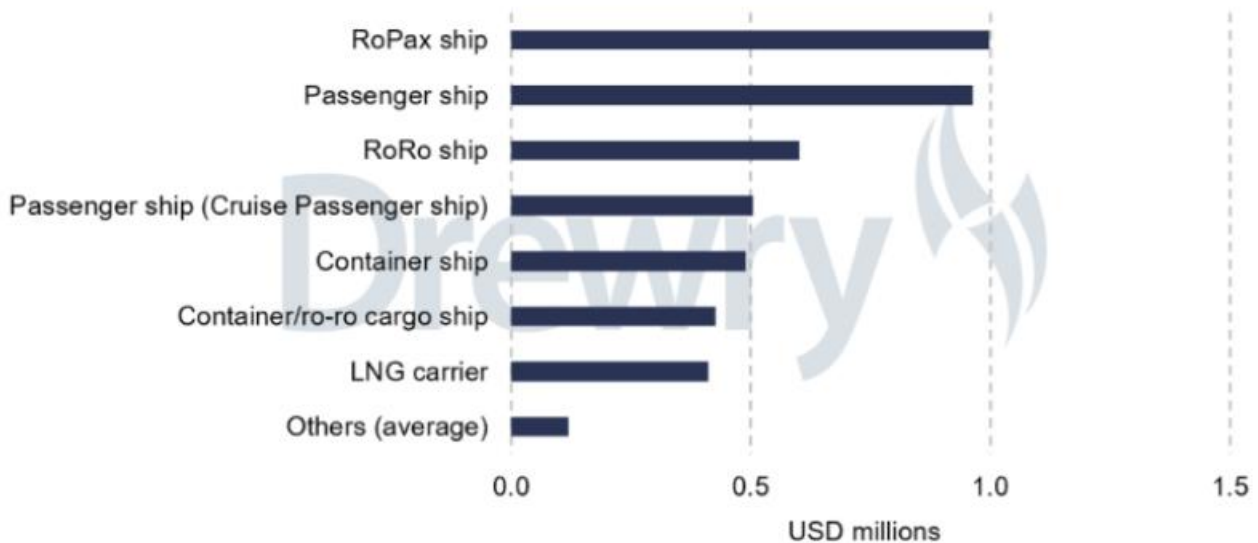
Σύμφωνα με νέα ανάλυση της Drewry, περίπου 13.000 πλοία υπέβαλαν δεδομένα για τις εκπομπές τους για το έτος 2024 στην πλατφόρμα EU MRV, σύμφωνα με τις οδηγίες παρακολούθησης, αναφοράς και επαλήθευσης.

Η συνολική ποσότητα CO<sub>2</sub> που καταγράφηκε για το 2024 ανέρχεται σε 90 εκατομμύρια τόνους, σημειώνοντας αύξηση 14% σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Η άνοδος αυτή αποδίδεται σε γεωπολιτικούς παράγοντες, καθώς αρκετά πλοία επέλεξαν την παράκαμψη της Διώρυγας του Σουέζ, ταξιδεύοντας μέσω του Ακρωτηρίου της Καλής Ελπίδας, διαδρομή με σημαντικά μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμων.

Στο πλαίσιο του EU ETS, οι ναυτιλιακές υποχρεούνται να “παραδώσουν” δικαιώματα εκπομπών (EUAs) για το 40% των εκπομπών CO<sub>2</sub> του 2024 έως τις 30 Σεπτεμβρίου 2025. Με την τιμή του δικαιώματος στα 70 ευρώ ανά τόνο, το συνολικό οικονομικό βάρος για τη βιομηχανία εκτιμάται στα 2,9 δισεκατομμύρια δολάρια. Όταν το σύστημα εφαρμοστεί πλήρως το 2026 (καλύπτοντας το 100% των εκπομπών CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων του θερμοκηπίου), η Drewry προβλέπει πως το κόστος θα εκτιναχθεί στα 7,5 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως.



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”



Πίνακας 9 Κόστος EU ETS ανά κατηγορία πλοίου (πηγή Drewry)

Η κατηγορία των containerships πλοίων, αν και αποτελεί μόνο το 16% του συνόλου των πλοίων (και 21% της μεταφορικής ικανότητας σε dwt), ευθύνεται για το 34% των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> του 2024 εντός του πεδίου εφαρμογής του EU ETS.

Όσον αφορά τις επιμέρους κατηγορίες πλοίων:

- RoPax και επιβατηγά πλοία: Μέσο κόστος συμμετοχής ~ 1 εκατ. δολάρια ανά πλοίο
- Containerships: Μέσο κόστος ~ 500.000 δολάρια ανά πλοίο.

Για την ελαχιστοποίηση του κόστους και την εναρμόνιση με τις απαιτήσεις της E.E., οι ναυτιλιακές εταιρείες ήδη εφαρμόζουν μια σειρά λύσεων:

- Τοποθέτηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας και βελτίωσης πρόωσης
- Χρήση βιοκαυσίμων και εναλλακτικών καυσίμων (π.χ. πράσινη μεθανόλη)
- Μετατροπή υπαρχόντων πλοίων ώστε να μπορούν να λειτουργούν με καθαρότερα καύσιμα
- Εφαρμογή υφαλοχρωμάτων χαμηλής τριβής
- Μεγάλες εταιρείες όπως οι Maersk, CMA CGM και Harag-Lloyd έχουν υιοθετήσει ειδικές επιβαρύνσεις για την κάλυψη του κόστους των δικαιωμάτων εκπομπών, προσφέροντας παράλληλα “πράσινες” επιλογές μεταφοράς στους πελάτες τους. Παραδείγματα τέτοιων υπηρεσιών είναι:



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

- ✓ “ECO Delivery” (Maersk)
- ✓ “ACT+” (CMA CGM)
- ✓ “Ship Green” (Hapag-Lloyd)

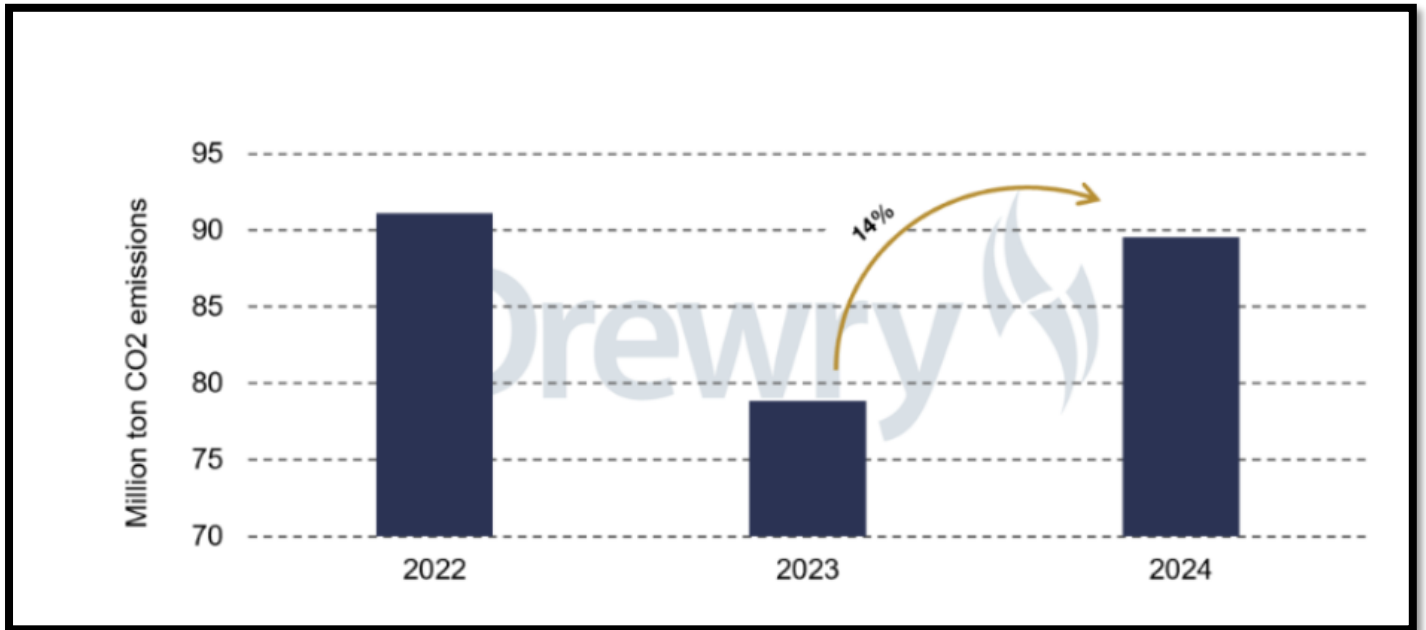
Παρά την πρόοδο, οι γεωπολιτικές αναταραχές “έσβησαν” ένα μέρος της θετικής επίδρασης του EU ETS. Οι πλοιοκτήτες θα πρέπει να προετοιμαστούν και για το νέο κανονιστικό πλαίσιο FuelEU Maritime, το οποίο τέθηκε σε ισχύ το 2025 και προωθεί τη μείωση εκπομπών από τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία.



Πίνακας 10 Διακόμανση και εξέλιξη της τιμής των Ευρωπαϊκών Δικαιωμάτων Άνθρακα (EU Carbon Permits) σε Ευρώ για το 2025 (Πηγή EU MRV, Drewry)



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
 “Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
 Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
 και Κερδοφορία”



Πίνακας 11 Η εξέλιξη των εκπομπών CO2 σε εκατομμύρια τόνους για τα έτη 2022, 2023 και 2024, με μια ενδεικτική μείωση 14% μεταξύ 2022 και 2023 (Πηγή EU MRV, Drewry)

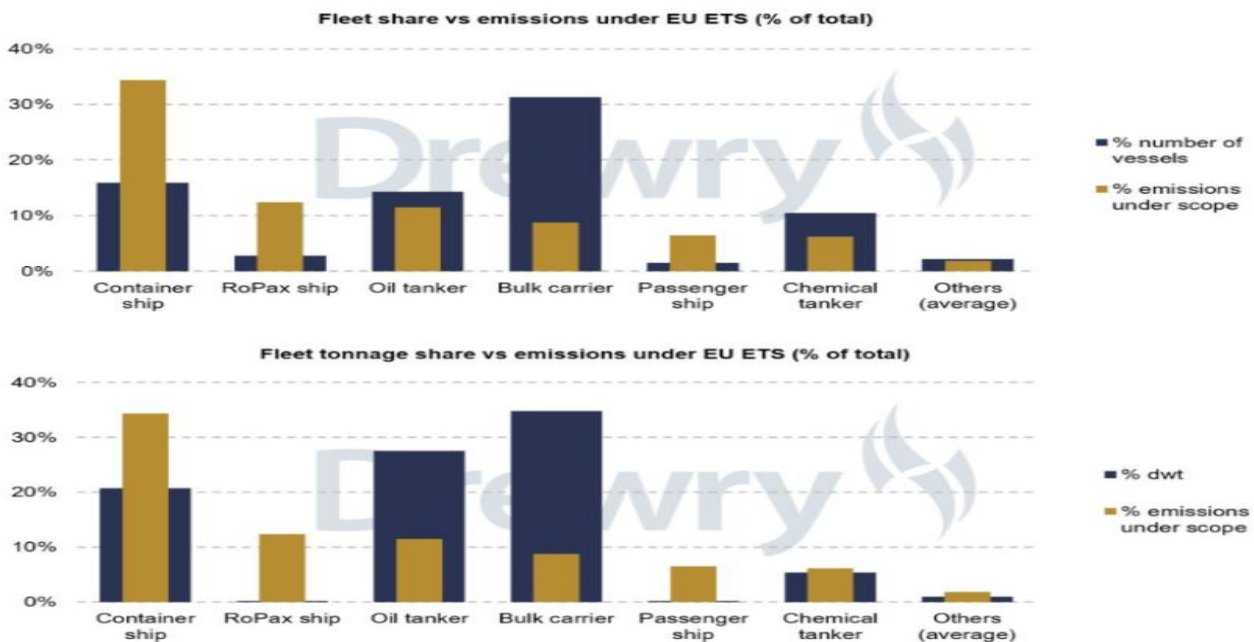


Figure 2: Fleet analysis vs emissions under EU ETS (% of total) Note: ‘Others’ include all the remaining sectors with a low % share of emissions under EU ETS scope/Source: EU MRV, Drewry

Πίνακας 12 Μέσο κόστος του EU ETS ανά πλοίο (Πηγή EU MRV, Drewry)



## Κεφάλαιο 4ο: Επιλογές Τεχνικής και Οικονομικής Συμμόρφωσης

### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ

Οι αυξημένες περιβαλλοντικές πιέσεις-κανονισμοί έχουν θέσει την ναυτιλία στο “μάτι του κυκλώνα”. Η ναυτιλία, αφού χαρακτηρίζεται από τους πιο διεθνοποιημένους κλάδους της παγκόσμιας οικονομίας. Οι κανονισμοί και οι διατάξεις αυτές, πρέπει να αντιμετωπιστούν στρατηγικά από τις ναυτιλιακές, καθώς πέραν της νομικής υποχρέωσης, πρέπει να ληφθεί υπόψη και η ίδια η βιωσιμότητα της εταιρείας, όπως και η φήμη και ανταγωνιστικότητα της, εννοίες που παίζουν το δικό τους καθοριστικό ρόλο σε όλο αυτό το “ναυτιλιακό παιχνίδι” (Psaraftis, 2019). Το EU ETS σηματοδοτεί ένα νέο τρόπο στρατηγικής για τους πλοιοκτήτες, ξεπερνώντας την εποχή της εθελοντικής προσέγγισης, δίνοντας νέα κίνητρα που με την σωστή προσέγγιση και όσοι κινηθούν γρήγορα και προσαρμοστούν σε αυτή την νέα συνθήκη, θα αποκτήσουν στρατηγικό πλεονέκτημα σε σχέση με τον ανταγωνισμό, σε μια βιομηχανία που αλλάζει και προσαρμόζεται στο τελικό στόχο της, που είναι και το μηδενικό περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα.

Οι διαθέσιμες στρατηγικές συμμόρφωσης μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες:

- **Τεχνικές λύσεις (engineering-based solutions):**

Οι τεχνολογικές λύσεις είναι νέα εργαλεία και ιδέες που βοηθούν να γίνουν τα πλοία καλύτερα και καθαρότερα. Για παράδειγμα, τα πλοία μπορούν να χρησιμοποιούν ειδικά καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο που παράγουν λιγότερη ρύπανση (LSFO), να εγκαταστήσουν μηχανές που καθαρίζουν τον καπνό από τους κινητήρες τους (scrubbers) ή να χρησιμοποιούν διαφορετικούς τύπους καυσίμων όπως φυσικό αέριο (LNG). Μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν ειδικά σχέδια και gadgets που βοηθούν τα πλοία να χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια και να είναι πιο αποδοτικά, πράγμα που σημαίνει ότι δεν σπαταλούν τόσα καύσιμα και δεν προκαλούν τόσο ρύπανση, τέτοια μέσα για μέτρηση ενεργειακής αποδοτικότητας είναι το Energy Efficiency Design Index (EEDI) και το Carbon Intensity Indicator (CII) (DNV, 2021).

- **Οικονομικές λύσεις (market/financial-based solutions):** Αυτά περιλαμβάνουν μηχανισμούς για την αγορά και χρηματοοικονομικά εργαλεία που αφορούν την τιμολόγηση των εκπομπών ρύπων. Ενδεικτικά συστήματα είναι το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπής (EU ETS), τα carbon pricing κ.α. άλλες μορφές μηχανισμών που τέμνουν το κόστος συμμόρφωσης με το κόστος



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

ρύπανσης δίνοντας τη δυνατότητα στους συμμετέχοντες να καινοτομήσουν με τρόπο που δεν θα προστατέψει μόνο το περιβάλλον αλλά θα αναπτυχθούν και οι ίδιοι μέσα σε αυτό, εφόσον βεβαίως κινηθούν με σωστό και κερδοφόρο τρόπο, ένας τρόπος που για να εξασφαλιστεί, πρέπει να γίνουν αρκετές παραδοχές με κινήσεις μελετημένες βάσει των δυνατοτήτων και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των ίδιων των εταιρειών (Acciario et al., 2014).

.Κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά αυτά, είναι:

1. Το μέγεθος και το είδος του στόλου
2. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου
3. Οι αγορές δραστηριοποίησης της
4. Καθώς και το κεφάλαιο της ίδιας της εταιρείας
5. Άλλος ένας παράγοντας που συμπεριλαμβάνεται σε όλους τους παραπάνω, είναι το πόσο διατεθειμένη είναι μια εταιρεία να τα ρισκάρει όλα (ρευστότητα, υστεροφημία, κ.α) για το κέρδος.

Ωστόσο, η συμμόρφωση δεν μπορεί να εκλαμβάνεται μόνο ως μέσο αποφυγής κυρώσεων. Αντιθέτως, μπορεί να αποτελέσει επενδυτική ευκαιρία και μέσο ενίσχυσης της ανταγωνιστικότητας μέσα από την υιοθέτηση καινοτόμων, αποδοτικών και βιώσιμων πρακτικών (Stopford, 2020).

Οι επιπτώσεις της ένταξης της ναυτιλίας στο σύστημα ανταλλαγής εκπομπών θα εξαρτηθούν από τις συνθήκες στην αγορά ναυτιλιακών υπηρεσιών. Αν η ζήτηση ξεπερνά την προσφορά, τότε οι καταναλωτές θα επωμιστούν την αύξηση του κόστους. Σε αντίθετη περίπτωση, εάν δηλαδή υπάρχει υπερβάλλουσα προσφορά υπηρεσιών θαλάσσιων μεταφορών, τότε οι πλοιοκτήτριες εταιρείες θα πρέπει να απορροφήσουν μεγάλο μέρος της αύξησης του κόστους, με τη μείωση των περιθωρίων κέρδους τους. Παρ' όλα αυτά, η συνολική οικονομική επιβάρυνση για τους καταναλωτές από την ένταξη της ναυτιλίας στο σύστημα EU ETS αναμένεται να είναι σχετικά μικρή, ειδικά αν ληφθούν αποτελεσματικά μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών ρύπων. Με μία τιμή δικαιωμάτων εκπομπών της τάξης των 50 ευρώ, η συνολική πρόσθετη επιβάρυνση δεν θα ξεπερνούσε το 1% του συνολικού μεταφορικού κόστους (Zetterberg et al., 2021).



## 4.2. ΤΕΧΝΙΚΑ-ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΟΥ ΕΠΙΒΑΛΛΟΝΤΑΙ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ.

Όλα τα μεγέθη στην ναυτιλία πρέπει να είναι μετρήσιμα, ώστε να εξασφαλίζουν τα απαιτούμενα νούμερα που τους επιβάλλονται από τους διεθνείς φορείς και τον IMO, που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος. Πέρα όμως από αυτό τον σκοπό, οι μετρησιμες ενδείξεις μπορούν να βοηθήσουν μια ναυτιλιακή εταιρεία να βγάλει σημαντικά και ασφαλή συμπεράσματα για τις αποδόσεις των πλοίων της, την κατανάλωση καυσίμου, τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, κ.α. Τα συμπεράσματα αυτά είναι ζωτικής σημασίας για την κερδοφορία της ναυτιλιακής εταιρείας πράγμα που θα αναλυθεί και στα επόμενα κεφάλαια. Κάποια χαρακτηριστικά τεχνικά εργαλεία που επιβάλλονται στην ναυτιλία είναι:

- Οι μετρήσεις των ορίων των εκπομπών των CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>.
- Κανονισμούς σχετικά με τα καύσιμα (την περιεκτικότητα τους σε θείο, τις πιέσεις από την ΕΕ για την χρήση καυσίμων με το εργαλείο που θα αναλυθεί στην συνέχεια - FuelEU Maritime.)

### 4.2.1 Χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο

#### 4.2.1.1 Ορισμοί και κατηγορίες καυσίμων

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, με την εφαρμογή του κανονισμού **IMO 2020**, το ανώτατο όριο σε θείο που μπορεί να περιέχουν τα καύσιμα είναι 0.5% m/m ενώ στις Ειδικές Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών (ECAs) το όριο είναι πολύ αυστηρότερο αφού τα καύσιμα θα πρέπει να περιέχουν ποσοστό όχι ανώτερο του 0,1% m/m. Αυτό έδωσε στις ναυτιλιακές συγκεκριμένες επιλογές καυσίμων για να πετύχουν αυτό τον στόχο. Τα καύσιμα αυτά είναι το LSFO, VLSFO και MGO.

Τύποι καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο:

Υπάρχουν πολλοί ανεπτυγμένοι τύποι καυσίμων ντίζελ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τα πλοία και τα οχήματα στη διαδικασία παραγωγής ενέργειας, ακολουθώντας τους κανονισμούς και τις οδηγίες που αναφέρονται στον IMO σε όλες τις χώρες:

- Καύσιμα Χαμηλής Περιεκτικότητας σε Θείο (**LSFO-Low Sulphur Fuel Oils**): Ένας τύπος βενζίνης πλοίων με περιεκτικότητα σε θείο κάτω από 1%.
- Καύσιμα Πολύ Χαμηλής Περιεκτικότητας σε Θείο (**VLSO-Very Low Sulphur Fuel Oils**): Το VLSFO είναι ένα καύσιμο πετρέλαιο με περιεκτικότητα σε θείο 0,5% ή λιγότερο, που χρησιμοποιείται σε απάντηση στην αυστηρή επιβολή των κανονισμών του IMO.
- Ντίζελ Υπερβολικά Χαμηλής Περιεκτικότητας σε Θείο (**ULSD-Ultra Low Sulfur Diesels**): Αυτό το καύσιμο υπερ-ντίζελ με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 15 μέρη ανά εκατομμύριο (ppm).

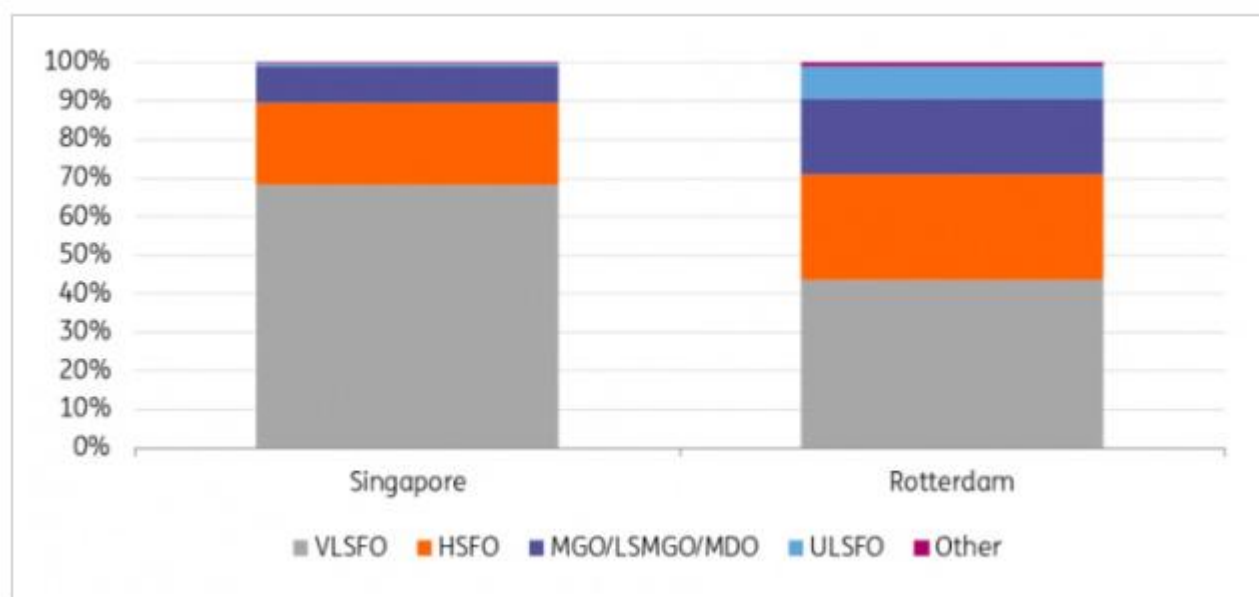


“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

#### 4.2.1.2 Ποσοτικοί Τάσεις και Διαθεσιμότητα

Η εφαρμογή του IMO 2020 έδωσε μεγάλη ώθηση στην εφαρμογή και χρήση VLSFO (Very Low Sulphur Fuel Oil) καυσίμου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελεί το λιμάνι της Σιγκαπούρης, (χώρα που χαρακτηρίζεται και ως πρωτεύουσα του bunkering), με αύξηση στις πωλήσεις από το πολύ μικρό 12% το έτος 2019 σε 68% στις αρχές του 2020. Σε αντίθεση το HSFO (High Sulphur Fuel Oil) με ποσοστό 79% το 2019 μειώθηκε σε 21% το 2020 (ING, 2021 March 3). Στο λιμάνι του Ρότερνταμ, το VLSFO με ποσοστό 44% των πωλήσεων, υπερίσχυσε του HSFO το οποίο είχε ποσοστό 28%, ενώ το MGO (Marine Gas-Oil) και ULSFO (Ultra Low Sulphur Fuel Oil) είχαν υψηλή παρουσία στις πωλήσεις, και αυτό διότι το λιμάνι του Ρότερνταμ συμπεριλαμβάνεται στις περιοχές ECAs (Emission Control Areas).

2020 bunker sales by fuel type (%)



Πίνακας 16 Συγκριτική Κατανομή Πωλήσεων Ναυτιλιακών Καυσίμων (Bunkers) ανά Τύπο: Σιγκαπούρη vs Ρότερνταμ (2020)

Άλλα στατιστικά δείχνουν πως στις αρχές του 2020, υπήρξε ταχεία αύξηση των πωλήσεων LSFO και MGO κατα 51% και σε τόνους 2,630 χιλ. Τόνους, σε αντίθεση με το HSFO το οποίο χρησιμοποιήθηκε σε αριθμούς 1,271 χιλ. τόνους. Τα παραπάνω στοιχεία δείχνουν την ταχεία μετάβαση της αγοράς καυσίμου με την εφαρμογή του IMO 2020. Σύμφωνα με το BMI, με ανάλυση που έγινε στις πωλήσεις του VLSFO στο λιμάνι της Σιγκαπούρης επισήμανε πως υπήρξε αύξηση από 112.000 βαρέλια την ημέρα (b/d) το 2019 σε επταπλασιασμό το 2020 με 700.000 b/d. Η αύξηση της ζήτησης καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο οδήγησε την αύξηση της προσφοράς του MGO στις ασιατικές αγορές, ενώ σύμφωνα με άρθρο που



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

δημοσιεύτηκε απο το New York TIMES , η εταιρεία SK ENERGY (εταιρεια διυλιστηριων πετρελαίου στην Κορέα) ξεκίνησε να διαθέτει 27.000 βαρέλια την ημέρα MGO και 40.000 βαρέλια την ημέρα LSFO απο ειδική μονάδα διαδικασίας αποθείωσης (desulphurization). Τέλος, παρόμοιες επενδύσεις έγιναν και από εταιρείες κολοσσους όπως η Chevron, η Vitol, η Sinopec και η Uniper κάνοντας και παραλληλα αυξήσεις στο δυναμικό των εταιρειών τους ωστε να καλυφθει η ζητηση κυριως των VLSFO και MGO.

#### *4.2.1.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά και Ζητήματα*

Το VLSFO είναι δημοφιλές για την χαμηλή του περιεκτικότητα σε θείο, πέρα όμως αυτης της πολύ σημαντικής του ιδιαιτερότητας και σύμφωνα με τις προδιαγραφές του διεθνούς προτύπου ISO8217 (ISO, 2017 και Veritas Petroleum Services 2024) τα καύσιμα αυτά όμως έχουν και τις εξείς τεχνικές διαφορές με τα παραδοσιακά καύσιμα (HFO) με συγκεκριμένα όρια σε:

- Πυκνότητα
- Ιξώδες
- Σημείο ανάφλεξης (flash point)
- Σημείο ροής (pour point)

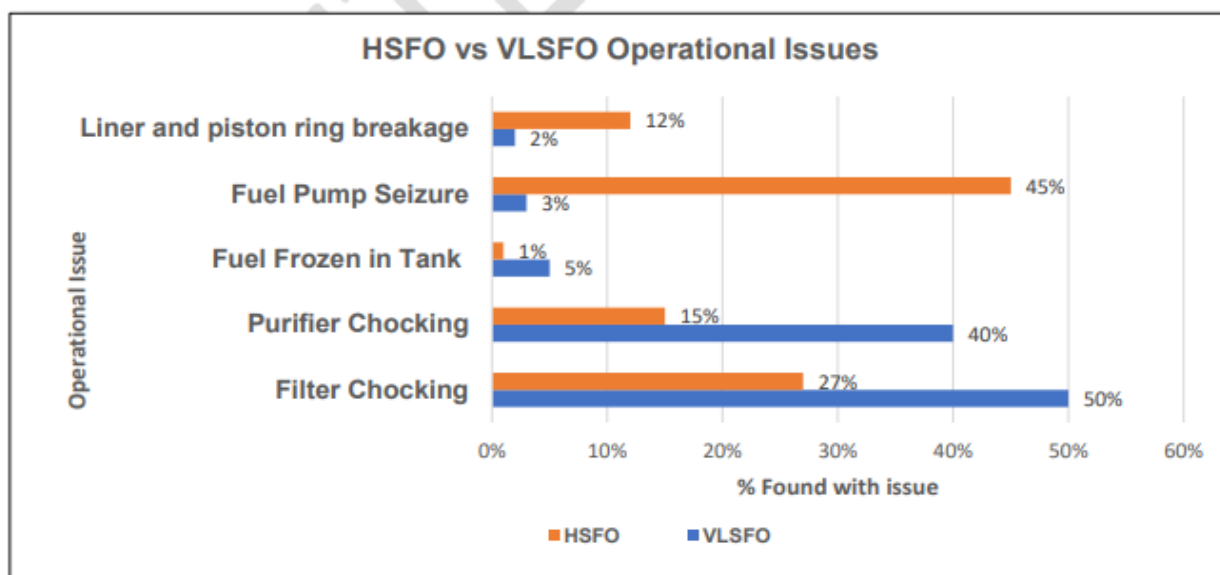
Πιο αναλυτικά το VLSFO σε σύγκριση με το HFO είναι το χαμηλότερο ιξώδες και σε πυκνότητα , πράγμα που βοηθάει στην καύση και την ενεργειακή απόδοση των ναυτικών κινητήρων (Ship & Bunker,2020).Πιο σημαντική είναι αναμφισβήτητα η διαφορα σε ποσότητες θείου που οδηγει και σε ουσιαστική μείωση εκπομπών SO<sub>2</sub>.Οι διαφορές αυτές μεταξύ των 2 ειδών καυσίμου οδηγούν σε τεχνικές προκλήσεις που σχετίζονται με το VLSFO, με πολύ σημαντική πρόκληση το ζήτημα που σχετίζεται με την αστάθεια του καυσίμου και την δημιουργία ιζημάτων (sludge).Τα ιζήματα αυτά και σύμφωνα με δοκιμές TSA (Total Sediment Accelerated) και TSP (Total Sediment Potential) , δοκιμές που ορίζει και προβλέπει το πρότυπο ISO8217 (διεθνές πρότυπο ποιότητας για ναυτιλιακά καύσιμα),έχει παρατηρηθεί ότι τα αποτελέσματα ιζημάτων VLSFO σε σχέση με τα HFO, είναι υψηλότερη με συνέπειες οδυνηρές στις συστήματα σωληνώσεων των πλοίων δημιουργώντας προβλήματα φραγμένων σωλήνων. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται και οι διαφορές με τα λειτουργικα προβλήματα των δυο καυσίμων απο έρευνα της CTI-Maritec το 2024. Ακόμη ένα φαινόμενο που έχει παρατηρηθεί , ιδιαίτερος στην Βόρεια Ευρώπη με χαμηλότερες θερμοκρασίες είναι λόγω της υψηλής περιεκτικότητας του VLSFO σε παραφινικά συστατικά (υδρογονάνθρακες) τα οποία τείνουν να στερεοποιούνται σε αυτές τις θερμοκρασίες, δυσκολεύοντας την καύση και βεβαίως σε περίπτωση χαμηλότερης θερμοκρασίας κάτω από το pour point, το σημείο δηλαδή που το καύσιμο από υγρό γίνεται στερεό, δημιουργώντας προβλήματα κρυστάλλωσης , φράζοντας φίλτρα και σωληνώσεις. Τα παραπάνω ζητήματα , όπως και άλλα που σχετίζονται με την ασυμβατότητα των μειγμάτων, (καθώς το VLSFO αποτελεί



μείγμα καυσίμων για να επιτευχθεί η χαμηλή περιεκτικότητα του σε θείο ) μπορούν να λυθούν η να περιοριστούν με διάφορες τεχνικές όπως :

1. Τα πρόσθετα καυσίμου προσφέρουν καλύτερη σταθερότητα.
2. Διατήρηση θερμοκρασίας άνω του pour point.
3. Συστηματικοί ελεγχοι ποιότητας καυσίμου .

Εν κατακλείδι, η επιλογή καυσίμου λόγω των χαρακτηριστικών του αποτελεί στρατηγική κίνηση για την κάθε ναυτιλιακή επιχείρηση και η ορθή επιλογή μπορεί να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα και τη βιωσιμότητά της, ενώ μια λανθασμένη επιλογή ενδέχεται να επιφέρει σοβαρούς επιχειρηματικούς-οικονομικούς κινδύνους.

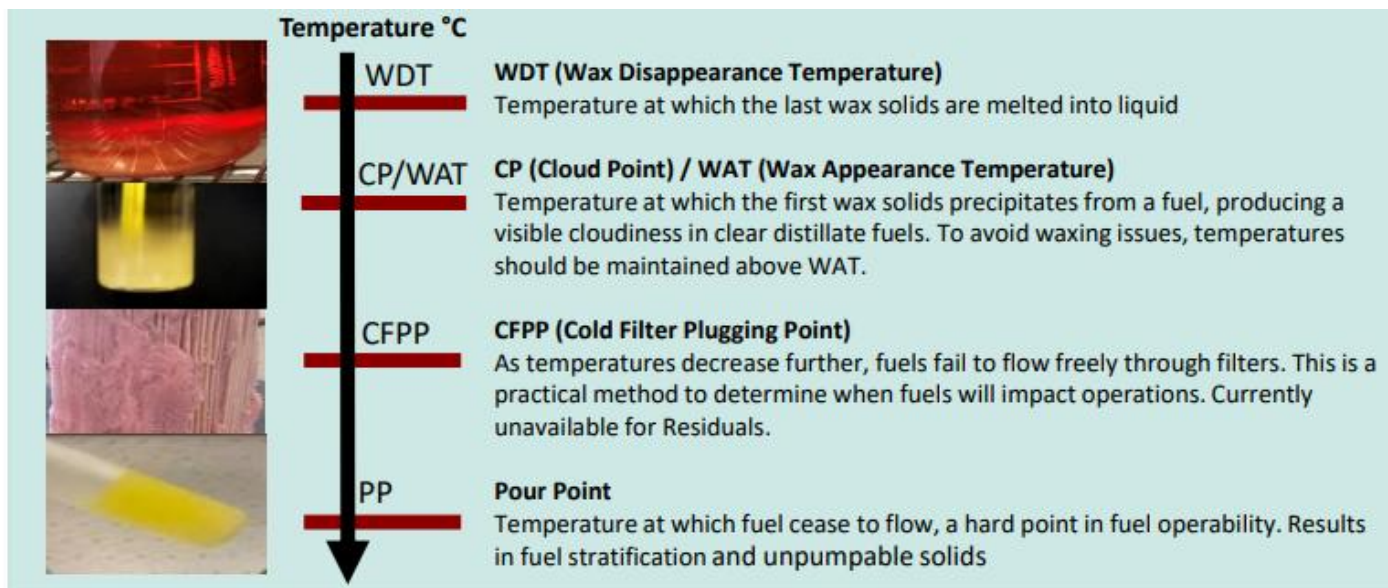


**Chart 2:** Comparison of reported machinery issues for HSFO vs VLSFO

Πίνακας 16 Συγκριτική Ανάλυση Επιχειρησιακών Προβλημάτων Μηχανής: Καύσιμα HSFO έναντι VLSFO



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”



Πίνακας 17 Κρίσιμα Σημεία Θερμοκρασίας και Συμπεριφορά Παραφίνης στα Ναυτιλιακά Καύσιμα

#### 4.2.1.4 Κόστη και Επιπτώσεις

Ο κανονισμός του IMO 2020, επηρεάζει άμεσα τις λειτουργικές δαπάνες των ναυτιλιακών επιχειρήσεων σε επίπεδα ακόμα και ζωτικής σημασίας, καθώς η υποχρεωτική χρήση των VLSFO και MGO παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερο κόστος σε σχέση με το συμβατικό HSFO.

Στο ξεκίνημα της εφαρμογής του κανονισμού τα καύσιμα HSFO και VLSFO είχαν σημαντική διαφορά στο κόστος τους με το VLSFO να είναι ακριβότερο κατά 350-370 δολάρια/τόνο (Platts, 2020) δημιουργώντας από την αρχή μια πρόκληση στις ναυτιλιακές εταιρείες και τα λειτουργικά τους κόστη. Σύμφωνα με το ερευνητικό κέντρο του Clarkson του Λονδίνου, το 2021 το ετήσιο πρόσθετο κόστος ανά πλοίο κυμάνθηκε μεταξύ 10 χιλιάδων έως 20 χιλιάδων δολαρίων. Οι τιμές αυτές μειώθηκαν στην πορεία παρ'όλα αυτά αποτελούν βασικό παράγοντα που χρήζει ορθολογική και βιώσιμη στρατηγική, για την αγορά καυσίμων

Ο IMO 2021 δεν αντιμετωπίστηκε από όλες τις ναυτιλιακές το ίδιο, με τις υψηλότερες τιμές στις αρχές του έτους να αντιμετωπίζονται διαφορετικά από τις πιο δυνατές οικονομικά εταιρείες σε σχέση με τις υποδεέστερες. Οι πρώτες λόγω των μεγάλων κεφαλαίων επένδυσαν σε τεχνολογίες όπως τα scrubbers (συστήματα που αφαιρούν το θείο από τα καυσαέρια) πράγμα που επέτρεψε την εκμετάλλευση της χαμηλότερης τιμής του HSFO σε σχέση με τις υψηλές τιμές του VLSFO. Σε αντίθεση, οι μικρότερες ναυτιλιακές απορρόφησαν το υψηλότερο κόστος των VLSFO και MGO, λόγω του πολύ υψηλού κόστους τοποθέτησης ενός scrubber (2-5 εκατομμύρια δολάρια ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου). Η κατάσταση αυτή έθεσε ζητήματα βιωσιμότητας σε αυτές τις εταιρείες, μειώνοντας την λειτουργική του ευελιξία (Storford, 2020). Συμπερασματικά η αγορά και χρήση καυσίμων δεν αποτελεί μόνο θέμα συμμόρφωσης με



τους κανονισμούς, αλλά ένα στρατηγικό εργαλείο ανταγωνιστικότητας μεταξύ των εταιρειών, αφού μπορεί να καθορίσει το μέλλον και την πορεία των ναυτιλιακών επιχειρήσεων.

### Συγκριτικός Πίνακας Ναυτιλιακών Καυσίμων (HSFO, VLSFO, MGO)

Κατηγορία Καυσίμου	Περιεκτικότητα σε Θείο (S)	Κόστος (ενδεικτικό, \$/τόνο, 2020–2022)	Χρήση / Κανονισμοί	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
HSFO (High Sulphur Fuel Oil)	~3,5%	150–250 (χαμηλότερο)	Επιτρέπεται μόνο με scrubbers (post-IMO 2020)	Φθηνό, ευρεία διαθεσιμότητα	Υψηλές εκπομπές SOx, απαιτεί scrubber επένδυση
VLSFO (Very Low Sulphur Fuel Oil)	≤0,5%	450–600 (+\$200–370 σε σχέση με HSFO το 2020)	Υποχρεωτικό καύσιμο εκτός ECAs (IMO 2020)	Συμμόρφωση με IMO 2020, δεν απαιτεί scrubber	Υψηλότερο κόστος, ζητήματα σταθερότητας/ασυμβατότητας
MGO (Marine Gas Oil)	≤0,1%	600–750 (πιο ακριβό)	Υποχρεωτικό καύσιμο σε ECAs (0,10% όριο)	Καθαρότερο, εύκολη χρήση, δεν χρειάζεται επεξεργασία	Πολύ υψηλό κόστος, περιορισμένη διαθεσιμότητα

Πίνακας 18 Σύγκριση μεταξύ καυσίμων HSFO, VLSFO και MGO

## 4.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ

### 4.2.1 Χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο

Τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο αποτελεί την πλέον διαδεδομένη επιλογή συμμόρφωσης με τον IMO 2020. Με την μείωση των ορίων σε θείο από 3,5% m/m σε 0,5% m/m, με τις περιοχές ελέγχου εκπομπών (ECAs) το όριο να είναι αυστηρότερα σε ποσοστό θείου 0,1 m/m. Τα πιο συνηθισμένα καύσιμα που εξυπηρετούν αυτήν την κατάσταση είναι το LSFO (Low Sulphur Fuel Oil) και το VLSFO (Very Low



Sulphur Fuel Oil), προϊόντα που μετά από επεξεργασία και διύλιση καταφέρνουν να έχουν ποσότητες θείου κάτω του 0,5%.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης αυτών των καυσίμων είναι η δυνατότητα που δίνουν στις ναυτιλιακές επιχειρήσεις να μην εμπλακούν στην αγορά και το χτίσιμο καινούργιων τεχνολογιών (όπως τα scrubbers) τα οποία αντιμετωπίζουν διάφορες δυσκολίες (καθώς χρειάζονται μια πλήρη μελέτη για την τοποθέτηση του στο πλοίο, χρόνο εγκατάστασης, όπως και διαδικασία διάφορων εγκρίσεων για την εγκατάσταση νέας τεχνολογίας από τους αρμόδιους φορείς). Όλες αυτές οι διαδικασίες, δεσμεύουν χρόνο πλεύσης του πλοίου το οποίο ευθυγραμμίζεται άμεσα με τα κέρδη της εταιρείας. Σημαντικό πλεονέκτημα ακόμα αποτελεί η διαθεσιμότητα των καυσίμων αυτών στα μεγάλα λιμάνια, καθώς οι περισσότεροι φορείς διυλιστηρίων, προσαρμοσθηκαν άμεσα με τον νέο κανονισμό του IMO 2020. Οι **Doudnikoff & Lacoste (2014)** επισημαίνουν ότι η μετάβαση σε καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο δεν επηρεάζει μόνο τα λειτουργικά κόστη, αλλά και την **ανταγωνιστικότητα των ναυτιλιακών εταιρειών**. Καθώς το αυξημένο κόστος καυσίμου μετακυλίεται στα ναύλα, οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται σε περιοχές με αυστηρούς κανονισμούς (π.χ. SECA zones) βρίσκονται σε μειονεκτική θέση σε σχέση με εκείνες που δραστηριοποιούνται σε διεθνείς γραμμές εκτός αυτών των ζωνών. Το γεγονός αυτό προκαλεί μια ασυμμετρία στην αγορά καθώς ο σκοπός των εταιρειών είναι η μείωση των λειτουργικών κοστών (Opex) με αποτέλεσμα να αποφεύγουν τα ECA/SECA zones η προσπαθούν να περιορίσουν την διαμονή τους σε αυτά, προκαλώντας την αναδιάρθρωση του εμπορίου.

#### 4.2.2 Συστήματα καθαρισμού καυσαερίων (Scrubbers)

Στο προηγούμενο υποκεφάλαιο με την αναφορά στα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων όπως τα scrubbers, χαρακτηρίσαμε την τεχνολογία την οποία οι ναυτιλιακές εταιρείες μπορούν να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν για καύσιμο προϊόντα που περιέχουν μεγάλες ποσότητες θείου (HSFO), αφαιρώντας τα οξείδια του θείου (SOx) μέσω των scrubbers (ABS, 2019). Η χρήση της τεχνολογίας αυτής τους δίνει την δυνατότητα να εκμεταλλευτούν την χαμηλότερη τιμή των καυσίμων σε σχέση με τα VLSFO και MGO.

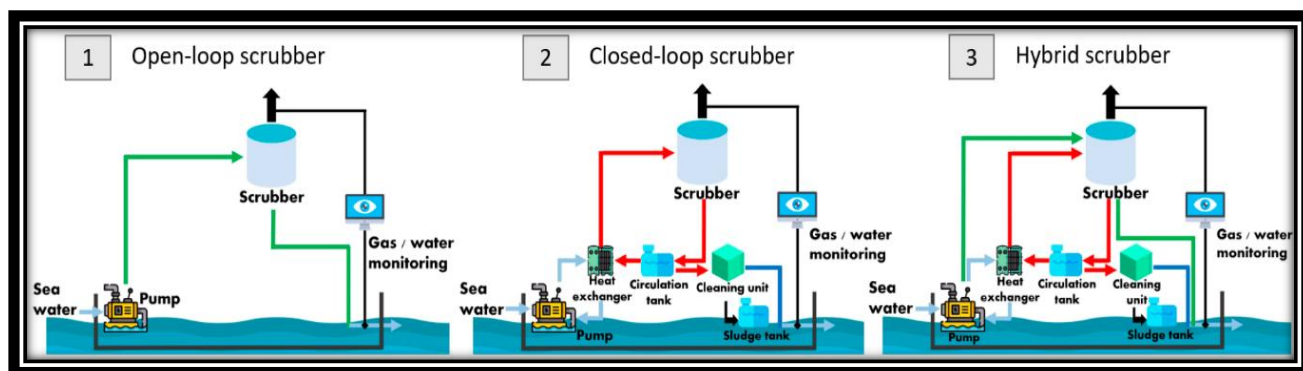
Τα scrubbers χωρίζονται σε 3 βασικούς τύπους:

- Τα Open-Loop scrubbers (ανοικτού τύπου), τα οποία χρησιμοποιούν απευθείας θαλασσινό νερό για να απορροφήσει τα SOx και στη συνέχεια το νερό αυτό απορρίπτεται πάλι στη θάλασσα. Αποτελεί τον πιο φθηνό τύπο scrubber, ωστόσο η τεχνολογία αυτή έχει απορριφθεί από πολλές χώρες, λόγω της μεταφοράς της μόλυνσης του περιβάλλοντος από τον αέρα στο νερό, με αποτέλεσμα πλοία που



διαθέτουν scrubbers ανοικτού τύπου να μην έχουν την δυνατότητα να πλεουσούν σε πολλές χώρες και λιμάνια. (Comer κ.α , 2018)

- Τα Closed-Loop scrubbers (κλειστού τύπου) , που χρησιμοποιούν γλυκό νερό και όχι θαλασσίνο. Στο γλυκό νερό προστίθενται και χημικά κατάλληλα για την απομάκρυνση των SOx απο τα καυσαέρια και στην συνέχεια τα κατάλοιπα αυτά αποθηκεύονται σε ειδικές δεξαμενές. Αποτελούν πιο ακριβή και πιο σύνθετη τεχνολογία , με αυξημένο κόστος και ειδική τεχνοτροπία. (Anderson & Brynolf, 2016).
- Τα Hybrid scrubbers , τα οποία μπορούν να κάνουν και τις δύο λειτουργίες που αναφέρθηκαν παραπάνω , δίνοντας μια ευελιξία και ελαστικότητα στις επιλογές χρήσης τους , κάνοντας το πολύ χρήσιμο για στρατηγικές επιλογές ανάλογα με την περιοχή πλεύσης. Η δυνατότητα αυτή όμως είναι ακριβή καθώς και το κόστος αυτής της τεχνολογίας scrubbers είναι πολύ υψηλή.



Πίνακας 18 Τύποι Scrubber

Σύμφωνα με το CE Delft , η απόσβεση απο τα Scrubbers κυμαινεται στα 2 με 5 χρονια , ανάλογα με το μέγεθος των πλοίων και στις διαφορές τιμής-καυσίμου . Παρόλα αυτό το ρίσκο παραμένει μεγάλο καθώς , η απαγορεύσεις στα scrubbers ανοικτού τύπου και το υψηλός κόστος τους , μπορεί να αποτελέσει θέμα βιωσιμότητας ναυτιλιακών εταιρειών ειδικότερα αυτών με χαμηλή κεφαλαιοποίηση.

#### 4.2.3 Εναλλακτικά Καύσιμα-Βελτιώσεις Ενεργειακής Απόδοσης

Η ανάγκη για την συμμόρφωση με τους κανονισμούς του IMO αλλά και με το μελλοντικό στόχο για μηδενικές εκπομπές το 2050, έχει οδηγήσει όλη την ναυτιλιακή βιομηχανία σε εύρεση νέων εναλλακτικών καυσίμων με σκοπό να περιορίσουν ή και στην καλύτερη να εξαλείψουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> αλλά και των NO<sub>x</sub> και SO<sub>x</sub>. Μερικά από τα εναλλακτικά καύσιμα είναι τα εξής:

1. LNG (Liquified Natural Gas)
2. Μεθανόλη (Methanol)



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

3. Αμμωνία (Ammonia)
4. Βιοκαύσιμα (Biofuels)
5. Υδρογόνο (Hydrogen)

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται συγκρίσεις μεταξύ των εναλλακτικών καυσίμων

Καύσιμο	Εκπομπές SOx/NOx	Εκπομπές CO <sub>2</sub>	Κόστος (CAPEX/OPEX)	Διαθεσιμότητα	Τεχνολογική Ωριμότητα	Σχόλια
LNG	SOx: -100% NOx: -85%	-20% σε σχέση με HFO	Υψηλό (μετασκευή & υποδομές)	Υψηλή σε μεγάλα λιμάνια	Ώριμη τεχνολογία (350+ πλοία σε λειτουργία)	Πρόβλημα methane slip
Μεθανόλη	Χαμηλές εκπομπές	Αν «πράσινη»: -80-90%	Μέτριο	Αυξανόμενη (περιορισμένη ακόμα)	Μεσαία (πilotικά projects)	Χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα
Αμμωνία	Μηδενικά SOx/NOx	Μηδενικό CO <sub>2</sub> (αν παραχθεί από πράσινο H <sub>2</sub> )	Πολύ υψηλό	Ελάχιστη σήμερα	Χαμηλή (αναμένεται μετά το 2030)	Τοξική, απαιτεί νέες μηχανές
Βιοκαύσιμα	Μείωση SOx/NOx	CO <sub>2</sub> μείωση: 30-80%	Μέτριο-υψηλό (ανάλογα με feedstock)	Περιορισμένη, εξαρτάται από πρώτες ύλες	Σχετικά ώριμη (drop-in χρήση)	Ανταγωνισμός με τρόφιμα
Υδρογόνο	Μηδενικά SOx/NOx	Μηδενικό CO <sub>2</sub> (fuel cells)	Πολύ υψηλό	Πολύ χαμηλή	Χαμηλή (ερευνητικό στάδιο)	Ζητήματα αποθήκευσης και κόστους

Πίνακας 19: Σύγκριση μεταξύ διάφορων καυσίμων

Επιπρόσθετα, η σύσταση τεχνικών και λειτουργικών τρόπων βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας αποτελεί κύριο μέλημα των φορέων της ναυτιλίας με την μείωση της κατανάλωσης καυσίμου που θα οδηγήσει και σε μείωση ρύπων. Ο EEDI αποτελεί μια τέτοια τεχνική, ως δείκτης για νεοτευκτα πλοία έχει ήδη οδηγήσει

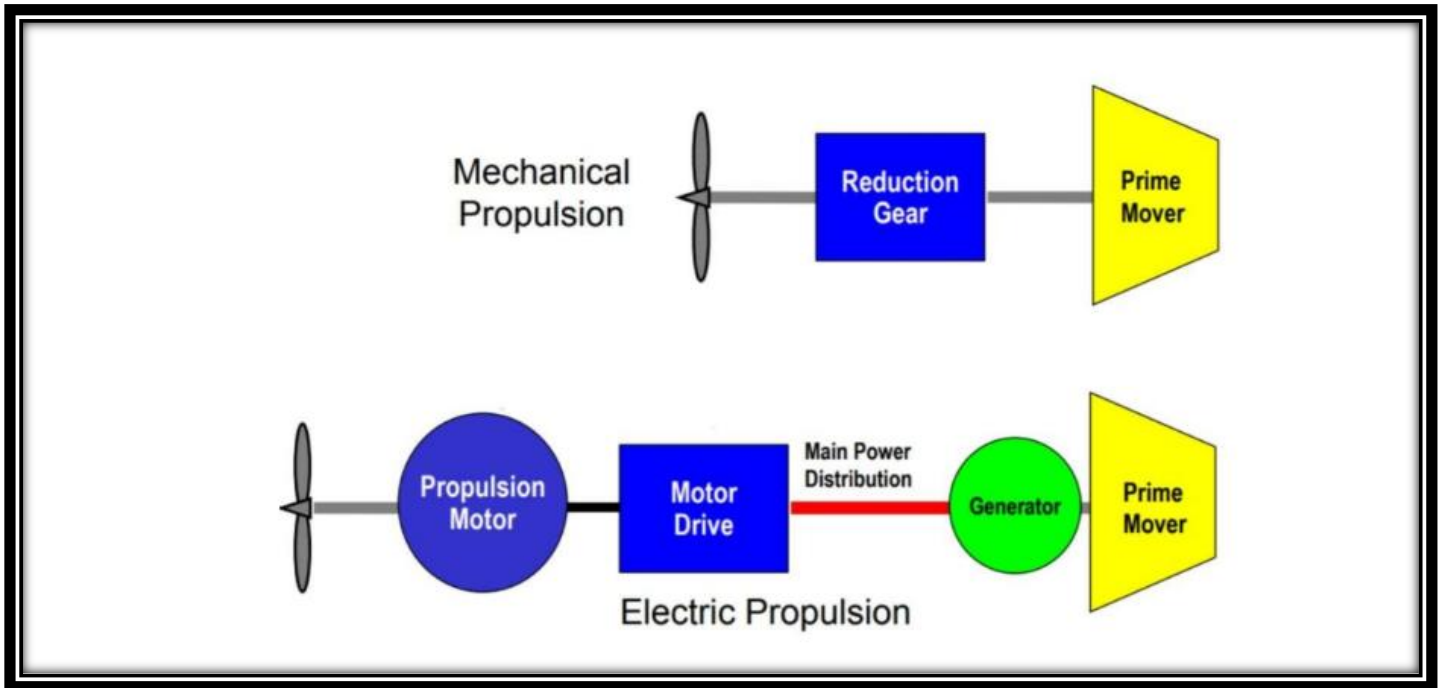


*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

σε μεγάλο ποσοστό μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου, με την βοήθεια σχεδίασης συστημάτων πρόωσης (IMO, 2018). Πέρα από τον δείκτη EEDI, το SEEMP αποτελεί εργαλείο για τα υφιστάμενα πλοία, με την βοήθεια μετρήσεων βελτιστοποίησης της πορείας, του καθαρισμού του κύτους του πλοίου, της παρακολούθησης του καυσίμου όπως και άλλων μετρήσιμων λειτουργιών (Bouman et al., 2017). Σημαντικές τεχνικές όπως το slow steaming, το οποίο αξιοποιεί τη μη γραμμική σχέση ταχύτητας- αντίστασης μπορεί να συνεισφέρει σε μείωση 30% την κατανάλωση καυσίμου (Corbett et al., 2009). Τέλος, διάφορες τεχνολογίες που αξιοποιούν την αιολική ενέργεια, όπως τα rotor sails, μπορούν να προσφέρουν εξοικονόμηση καυσίμου έως και 5-15% σύμφωνα με επίσημες εκτιμήσεις του νηογνώμονα DNV.

#### 4.2.5 Νέες τεχνολογίες πρόωσης (ηλεκτροκίνηση, αιολική, υδρογόνο)

Η συμβατική μηχανική πρόωση αποτελεί τον παραδοσιακό τρόπο πρόωσης και τον πιο κοινό, παρόλα αυτά, νέες τεχνολογίες πρόωσης όπως η ηλεκτροκίνηση και η πρόωση με την βοήθεια της αιολικής ενέργειας, αποτελούν κρίσιμο πυλώνα ανθρακοποίησης, προσφέροντας σχεδόν μηδενικές σε πλοία με συγκεκριμένο προφίλ. Ένα παράδειγμα αποτελούν τα ferry τα οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν μπαταρίες για την προώση τους, μειώνοντας σημαντικά τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub> (Brynolf et al., 2018). Για να γίνει σαφής ο ορισμός της ηλεκτροπρόωσης πρέπει πρώτα να εξεταστεί η συμβατική, μηχανική πρόωση κατά την οποία μία μηχανή ντήζελ (diesel engine), ή ένας αεριοστρόβιλος (gas turbine) ή ένας ατμοστρόβιλος (steam turbine) κινεί απευθείας (ή μερικές φορές μέσω μειωτήρα- reduction gear) τον άξονα του πλοίου, την προπέλα δηλαδή, και έτσι δημιουργείται η προωστήρια ροπή, για αυτό και αναφέρεται ως prime mover (Σχήμα 2.1). Η ειδοποιός διαφορά της συμβατικής με την ηλεκτρική πρόωση είναι ότι στην δεύτερη, αυτοί οι prime movers δεν κινούν την προπέλα αλλά έναν συγκεκριμένο αριθμό γεννητριών, συνήθως ζεύγος. Οι γεννήτριες με την σειρά τους μέσω ενός συστήματος διανομής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1 τροφοδοτούν ηλεκτρικούς κινητήρες οι οποίοι είναι τελικώς οι προωστήριες μηχανές του πλοίου αφού εκείνοι κινούν τις προπέλες.



Πίνακας 20 Συγκριτική Διάταξη Συστημάτων Ναυτικής Προώθησης: Μηχανική έναντι Ηλεκτρικής

Παράλληλα, τεχνολογίες αιολικής υποβοήθησης αποτελούν και αυτές με την σειρά τους έναν τρόπο εξοικονόμησης καυσίμου που συνεπάγεται σε μειωμένους ατμοσφαιρικούς. Κάποιες τεχνολογίες αιολικής υποβοήθησης αποτελούν:

- Flettner Rotors (Περιστροφικοί Ρότορες Flettner)
- Wing Sails
- Kite Systems

Το υδρογόνο είτε ως  $H_2$ , είτε σε μορφή αμμωνίας, έχει απασχολήσει ως εναλλακτικό καύσιμο την ναυτιλία. Το μεγάλο του πλεονέκτημα είναι η πλήρη απαλλαγή από τον άνθρακα, το υψηλό κόστος παραγωγής, η έλλειψη υποδομών και οι σοβαρές ανησυχίες για την ασφάλεια (Bicer & Dincer, 2018), το έχουν αφήσει πιο πίσω στην λίστα σε σχέση με τις παραπάνω μεθόδους. Συνοψίζοντας οι νέες τεχνολογίες βρίσκονται σε ταχεία ανάπτυξη με στόχο την εφαρμογή τους σε συμπληρωματικό ρόλο στις διατάξεις πρόωσης της ναυτιλίας ειδικότερα αν πάρουμε στα υπόψη τον στόχο μηδενικής κατανάλωσης το 2050.



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

## 4.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ

### 4.3.1 EU ETS και Εμπόριο Δικαιωμάτων Ρύπων

Η ένταξη της ναυτιλίας στο Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (EU ETS) από το 2024 αποτελεί μία από τις σημαντικότερες οικονομικές αλλαγές στο σύγχρονο ρυθμιστικό πλαίσιο. Στόχος του συστήματος είναι η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> μέσω της χρηματικής αποτίμησης της ρύπανσης. Οι ναυτιλιακές εταιρείες υποχρεούνται πλέον να παρακολουθούν, να επαληθεύουν και να καλύπτουν τις εκπομπές τους μέσω αγοράς δικαιωμάτων άνθρακα (EU Allowances – EUAs). Η εφαρμογή είναι σταδιακή: 40% των εκπομπών το 2024, 70% το 2025 και 100% από το 2026, γεγονός που αυξάνει προοδευτικά το οικονομικό βάρος.

Η τιμή των δικαιωμάτων CO<sub>2</sub> έχει κυμανθεί τα τελευταία χρόνια μεταξύ **60–100 € ανά τόνο CO<sub>2</sub>**, μεταβλητότητα που δημιουργεί υψηλό χρηματοοικονομικό ρίσκο. Για ένα μεσαίου μεγέθους πλοίο γραμμών, το πρόσθετο κόστος συμμόρφωσης μπορεί να φτάσει **1–2 εκατ. € ετησίως**, ανάλογα με το προφίλ κατανάλωσης καυσίμου και τα δρομολόγια. Έτσι, το EU ETS δεν αποτελεί απλώς περιβαλλοντική υποχρέωση αλλά κρίσιμο παράγοντα για τη διαμόρφωση ναύλων, συμβολαίων και επιχειρησιακών αποφάσεων.

Οι ναυτιλιακές μπορούν να συμμορφωθούν στον κανονισμό του EU ETS με διάφορους τρόπους όπως:

1. **Αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών (EUAs)** από την αγορά.
2. **Μείωσης των εκπομπών** με τεχνικές και λειτουργικές παρεμβάσεις (EEXI, SEEMP, slow steaming, εναλλακτικά καύσιμα).
3. **Στρατηγικών αντιστάθμισης (hedging)** ώστε να περιορίσουν τον κίνδυνο από τη μεταβλητότητα της τιμής άνθρακα.
4. **Εσωτερικής κοστολόγησης άνθρακα (internal carbon pricing)**, που επιτρέπει στις εταιρείες να λαμβάνουν επενδυτικές αποφάσεις λαμβάνοντας υπόψη το μελλοντικό κόστος εκπομπών.

Οι πολλαπλοί τρόποι στρατηγικής συμμόρφωσης με το EU ETS, μπορούν να οδηγήσουν σε τις ναυτιλιακές εταιρείες σε ένα οικονομικό δίλημμα ανάμεσα στην συνεχή αγορά δικαιωμάτων CO<sub>2</sub> ή στην επένδυση σε τεχνολογικές εφαρμογές λύσεις η αγορά νέων πλοίων τεχνολογικά εξοπλισμένα στο να συμμορφωθούν με τον κανονισμό αυτό. Η στρατηγική αυτή επιλογή αποτελεί και το κυρίως θέμα της έρευνας της εργασίας αυτής.



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

#### 4.3.2 Carbon Pricing και Φόρος Άνθρακα

Ο μηχανισμός carbon pricing αποτελεί μία από τις σημαντικότερες οικονομικές πολιτικές για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς επιβάλλει άμεσο χρηματικό κόστος στη χρήση ρυπογόνων καυσίμων. Σε αντίθεση με το EU ETS, το οποίο βασίζεται σε εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών, το carbon pricing μέσω φόρου άνθρακα (carbon tax) εφαρμόζει ένα σταθερό και προβλέψιμο κόστος ανά τόνο CO<sub>2</sub> που εκπέμπει το πλοίο. Αυτό σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη η κατανάλωση καυσίμου και οι εκπομπές, τόσο υψηλότερη η επιβάρυνση.

Ο φόρος άνθρακα απλοποιεί τη διαδικασία συμμόρφωσης για τις ναυτιλιακές εταιρείες, καθώς δεν απαιτείται αγορά δικαιωμάτων ή συμμετοχή σε αγορές άνθρακα. Επιπλέον, παρέχει προβλεψιμότητα στις επιχειρήσεις επειδή το κόστος είναι σταθερό και όχι διακυμαινόμενο όπως στο EU ETS. Ωστόσο, το σταθερό κόστος ενδέχεται να έχει σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις σε πλοία υψηλής κατανάλωσης, ιδιαίτερα σε παλαιότερους στόλους ή σε trades μεγάλων αποστάσεων. Σε διεθνές επίπεδο, ο IMO εξετάζει την εφαρμογή ενός παγκόσμιου carbon pricing μηχανισμού, όπως ενός «universal bunker levy». Προτάσεις ποικίλουν από 50 έως 150 USD/ton CO<sub>2</sub>, με στόχο να χρηματοδοτήσουν πράσινες επενδύσεις και να επιταχύνουν τη μετάβαση σε εναλλακτικά καύσιμα και τεχνολογίες μηδενικών εκπομπών. Ορισμένες χώρες και περιφέρειες (π.χ. Σιγκαπούρη, Καναδάς, Ιαπωνία) έχουν ήδη ανακοινώσει ή εφαρμόσει εθνικούς φόρους άνθρακα στα καύσιμα της ναυτιλίας.

Για τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις, η επιβολή φόρου άνθρακα λειτουργεί ως κίνητρο επενδύσεων σε ενεργειακή αποδοτικότητα, εναλλακτικά καύσιμα (LNG, μεθανόλη, αμμωνία) και νέες τεχνολογίες πρόωσης. Ταυτόχρονα όμως αυξάνει το λειτουργικό κόστος, γεγονός που πιθανότατα μετακυλίεται στα ναύλα, επηρεάζοντας την ανταγωνιστικότητα των ναυλαγορών. Επομένως, το carbon pricing συνδέεται άμεσα με τη μακροχρόνια στρατηγική διαχείρισης του στόλου.

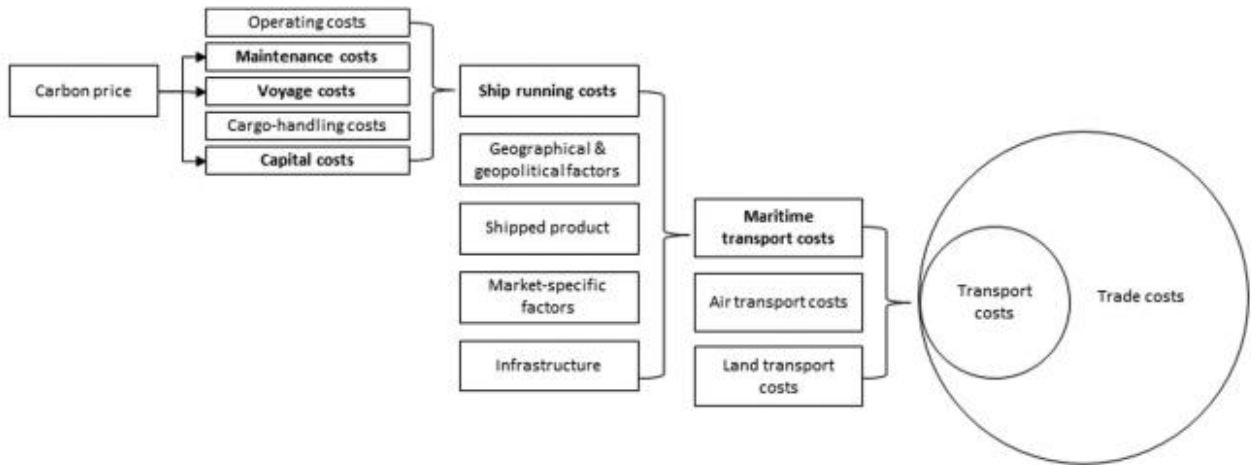


Fig. 2. Impact of a carbon price on the determinants of maritime transport costs.

Πίνακας 21 Διάρθρωση του Κόστους Θαλάσσιων Μεταφορών και Επίδραση της Τιμολόγησης Άνθρακα πηγή: (Marine Policy, 2021)

#### 4.3.4 Χρηματοδοτικά Εργαλεία (Green Finance, ESG Loans, Subsidies)

Το κεφάλαιο που απαιτείται για μια ενεργειακή πράσινη μετάβαση με τις τεχνολογίες συμμόρφωσης (εναλλακτικά καύσιμα, scrubbers, συστήματα ενεργειακής αποδοτικότητας, ηλεκτροκίνηση) να έχουν ένα υψηλό και σημαντικό κόστος. Για το παραπάνω λόγο τα χρηματοδοτικά εργαλεία βιώσιμης χρηματοδότησης αποτελούν μια στρατηγική που ακολουθούν πολλές ναυτιλιακές επιχειρήσεις. Στη διεθνή βιβλιογραφία, ο όρος *Green Shipping Finance* περιγράφει το σύνολο των χρηματοοικονομικών μηχανισμών που ενθαρρύνουν ή απαιτούν επενδύσεις μειωμένων εκπομπών άνθρακα (Psaraftis, 2019).

### 1. Green Finance / Green Bonds

Τα πράσινα ομόλογα (green bonds) επιτρέπουν στις ναυτιλιακές εταιρείες να αντλούν κεφάλαια αποκλειστικά για «πράσινες» επενδύσεις: εγκατάσταση scrubbers, χρήση εναλλακτικών καυσίμων, βελτίωση ενεργειακής απόδοσης (UNCTAD, 2020). Τα green bonds διέπονται από τα διεθνή Green Bond Principles (ICMA, 2021) και συνδέονται με αυστηρές απαιτήσεις διαφάνειας και reporting εκπομπών. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν αυξημένη χρήση πράσινων ομολόγων από ναυτιλιακές εταιρείες, με σημαντικές εκδόσεις από μεγάλους ευρωπαϊκούς ομίλους (Zhang & Hu, 2021).



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

## 2. ESG-Linked Loans

Τα ESG loans (Environmental, Social, Governance) αποτελούν δάνεια των οποίων το επιτόκιο συνδέεται με επιδόσεις περιβαλλοντικών δεικτών, όπως CO<sub>2</sub> g/ton-mile, CII ή ποσοστό χρήσης καθαρών καυσίμων. Οι όροι αυτοί βασίζονται σε διεθνή frameworks όπως το Poseidon Principles (2023), το οποίο συνδέει τη χρηματοδότηση με την ευθυγράμμιση του πλοίου προς τους κλιματικούς στόχους του IMO. Σύμφωνα με ανάλυση των Wright et al. (2022), τα ESG-linked loans μειώνουν το χρηματοοικονομικό ρίσκο των τραπεζών και ενθαρρύνουν την υιοθέτηση χαμηλών εκπομπών.

## 3. Κρατικές Ενισχύσεις & Ευρωπαϊκές Επιδοτήσεις

Η Ε.Ε. χρηματοδοτεί ενεργά την πράσινη μετάβαση των θαλάσσιων μεταφορών μέσω: Connecting Europe Facility (CEF) για εναλλακτικά καύσιμα και ηλεκτροδότηση πλοίων από στεριά (Onshore Power Supply) Horizon Europe για έρευνα σε υδρογόνο, αμμωνία, κυψέλες καυσίμου Innovation Fund για μεγάλης κλίμακας έργα απανθρακοποίησης (EC, 2022) Μελέτες δείχνουν ότι οι επιδοτήσεις μπορούν να μειώσουν το κόστος μετάβασης έως και 40% για μικρές και μεσαίες εταιρείες (Acciaro et al., 2020).

## Κεφάλαιο 5ο : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

### 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Η μεθοδολογία που θα ακολουθήσει, υιοθετεί μια συγκριτική ανάλυση σεναρίων (Comparative Scenario Analysis), με στόχο την αξιολόγηση της βιωσιμότητας διαφορετικών στρατηγικών συμμόρφωσης με τους κανονισμούς IMO 2020 και EU ETS. Η μέθοδος αυτή επιλέγεται ευρέως στη ναυτιλιακή βιβλιογραφία (Poulsen et al., 2018, DNV, 2022, Stopford, 2009) διότι επιτρέπει τη σύγκριση εναλλακτικών τεχνολογιών και επιχειρησιακών επιλογών υπό πραγματικές συνθήκες αγοράς.

Η ανάλυση αυτή στηρίζεται σε τρεις βασικούς πυλώνες:

#### A. Τεχνική Ανάλυση (Technical Assessment)

Η τεχνική ανάλυση αποτελεί το πρώτο βήμα στην επιλογή στρατηγικής συμμόρφωσης με τους κανονισμούς IMO 2020 και EU ETS, καθώς προσδιορίζει κατά πόσο μια επιλογή είναι τεχνικά εφικτή, ασφαλής και συμβατή με τα χαρακτηριστικά του πλοίου. Το στάδιο αυτό εξετάζει την υφιστάμενη κατάσταση του στόλου (engine type, year of build, fuel compatibility), καθώς και τις τεχνικές απαιτήσεις για την εγκατάσταση ή μετάβαση σε εναλλακτικές τεχνολογίες συμμόρφωσης.



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

Η ανάλυση περιλαμβάνει τη διερεύνηση της τεχνικής συμβατότητας του πλοίου με διαφορετικές λύσεις, όπως χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (VLSFO/MGO), εγκατάσταση συστημάτων καθαρισμού καυσαερίων (scrubbers), μετάβαση σε εναλλακτικά καύσιμα (LNG, μεθανόλη, αμμωνία), καθώς και την εφαρμογή τεχνολογιών βελτίωσης ενεργειακής αποδοτικότητας (EEDI, SEEMP, slow steaming, rotor sails). Παράγοντες όπως η χωρητικότητα δεξαμενών, το διαθέσιμο engine room footprint, η κατάσταση των βοηθητικών συστημάτων (boilers, separators, pumps), καθώς και η συμβατότητα των μηχανών με κάθε καύσιμο αποτελούν κεντρικά κριτήρια τεχνικής εφικτότητας (DNV, 2022· MAN Energy Solutions, 2021).

Σημαντικό στοιχείο της τεχνικής αξιολόγησης είναι η εκτίμηση του τεχνικού ρίσκου, το οποίο περιλαμβάνει πιθανές επιπτώσεις στη λειτουργική αξιοπιστία του πλοίου, όπως προβλήματα σταθερότητας VLSFO, διάβρωση, ασυμβατότητα μιγμάτων, επιπλοκές συντήρησης scrubbers, αλλά και θέματα ασφαλείας που σχετίζονται με εναλλακτικά καύσιμα (π.χ. cryogenic temperatures στο LNG, toxicity της αμμωνίας). Η βιβλιογραφία υπογραμμίζει ότι τα τεχνικά ρίσκα μπορούν να μεταβάλουν δραστικά το συνολικό κόστος συμμόρφωσης και τις επιχειρησιακές επιδόσεις ενός πλοίου (ABS, 2021 Bouman et al., 2017 EMSA, 2022).

Με βάση τα παραπάνω, η τεχνική ανάλυση λειτουργεί ως προϋπόθεση για τα επόμενα στάδια, καθώς καθορίζει ποιες από τις διαθέσιμες λύσεις **είναι πραγματικά εφαρμόσιμες** για έναν συγκεκριμένο τύπο πλοίου και ποιες αποκλείονται λόγω τεχνικών περιορισμών. Η ακριβής αποτύπωση των τεχνικών δυνατοτήτων και περιορισμών του στόλου επιτρέπει την ορθολογική επιλογή στρατηγικών συμμόρφωσης και μειώνει τον κίνδυνο μη βιώσιμων επενδύσεων.

## **B. Οικονομική Ανάλυση (Economic Assessment)**

Η οικονομική ανάλυση αποτελεί το βασικό εργαλείο για τη σύγκριση των διαθέσιμων στρατηγικών συμμόρφωσης με τους κανονισμούς IMO 2020 και EU ETS. Στόχος της ανάλυσης είναι η αποτίμηση των επιπτώσεων κάθε επιλογής (π.χ. χρήση VLSFO, εγκατάσταση scrubber, μετάβαση σε LNG, μείωση ταχύτητας) στο συνολικό κόστος κύκλου ζωής του πλοίου, ενσωματώνοντας τόσο το κόστος επένδυσης όσο και το λειτουργικό κόστος.

Η αξιολόγηση πραγματοποιείται μέσω υπολογισμού του **Total Cost of Ownership (TCO)**, του **Net Present Value (NPV)** και του **Payback Period**, με βάση τις παραδοχές που προκύπτουν από τη διεθνή βιβλιογραφία, όπως το fuel spread HSFO–VLSFO, το κόστος δικαιωμάτων EUA στο EU ETS, και τα τεχνικοοικονομικά δεδομένα της αγοράς (CE Delft, 2020; DNV, 2022; Psaraftis, 2023).



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομικοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

Η οικονομική ανάλυση επιτρέπει την ποσοτικοποίηση της διαφοράς μεταξύ των σεναρίων και την αξιολόγηση της βιωσιμότητας κάθε στρατηγικής υπό διαφορετικές ναυλαγορές, επίπεδα συμμόρφωσης και τιμές καυσίμων. Έτσι, το τελικό αποτέλεσμα προσφέρει μια αντικειμενική εκτίμηση για το ποια επιλογή είναι οικονομικά συμφέρουσα για έναν συγκεκριμένο τύπο πλοίου, διαδρομή και προφίλ λειτουργίας.

Οι φόρμουλες αξιολόγησης της οικονομικής ανάλυσης είναι οι εξής:

1) Κόστος καυσίμου

$$Fuel\ Cost = Fuel\ Consumption \times Days \times Fuel\ Price$$

2) Εκπομπές CO<sub>2</sub>

$$CO_2 = Fuel\ (tons) \times EF_{CO_2}$$

3) Κόστος EU ETS

$$ETS\ Cost = CO_2 \times Allowance\ Price$$

4) Κεφαλαιουχικό κόστος (CAPEX)

(scrubber, LNG retrofit, methanol conversion)

5) Λειτουργικό κόστος (OPEX)

- συντήρηση
- κατανάλωση ενέργειας scrubber
- κόστος bunkering

6) Οικονομική αποδοτικότητα

Με βασικούς οικονομικούς δείκτες:



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομολογική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

## Net Present Value (NPV)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - CAPEX$$

## Payback Period

$$Payback = \frac{CAPEX}{Annual\ Savings}$$

## Γ. Στρατηγική Αξιολόγηση (Strategic Feasibility)

Η σημασία της στρατηγικής αξιολόγησης αποτελεί τον τρίτο και πολύ κρίσιμο άξονα της μεθοδολογίας. Σκοπός της είναι να εξετάσει την δυνατότητα μιας ναυτιλιακής επιχείρησης να παραμείνει ανταγωνιστική και παράλληλα συμμορφωμένη και χρηματοδοτήσιμη σε σύγχρονο ρυθμιστικό περιβάλλον. Η ανάλυση επικεντρώνεται στην εκτίμηση της «στρατηγικής βιωσιμότητας» κάθε σεναρίου λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως το συνολικό κόστος κύκλου ζωής (Life Cycle Cost), την ταχύτητα απόσβεσης της επένδυσης, τον βαθμό συμμόρφωσης με τους κανονισμούς IMO 2020 και EU ETS, καθώς και την δυνατότητα βελτίωσης της ESG βαθμολογίας που επηρεάζει καθοριστικά τη χρηματοδότηση.

Επιπλέον, αξιολογούνται η τεχνολογική ωριμότητα (TRL) των λύσεων, οι κίνδυνοι που συνδέονται με τη μεταβλητότητα των τιμών καυσίμων και δικαιωμάτων εκπομπών, καθώς και οι επιχειρησιακές απαιτήσεις που ενδέχεται να επηρεάσουν την αξιοπιστία και τη διαθεσιμότητα του πλοίου. Ο συνδυασμός αυτών των παραμέτρων επιτρέπει τη διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης εικόνας για το κατά πόσο μια στρατηγική επιλογή είναι όχι μόνο οικονομικά αποδοτική, αλλά και επιχειρησιακά εφαρμόσιμη, χαμηλού ρίσκου και ικανή να υποστηρίξει τη μακροχρόνια ανταγωνιστικότητα της εταιρείας. Με αυτόν τον τρόπο, η στρατηγική αξιολόγηση λειτουργεί ως το τελικό φίλτρο που διασφαλίζει ότι η προτεινόμενη λύση ευθυγραμμίζεται με τους στόχους βιωσιμότητας, αποδοτικότητας και ανθεκτικότητας της ναυτιλιακής επιχείρησης.



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

## Κεφάλαιο 6ο : ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Μετα την ανάλυση του τρόπου διεξαγωγής της οικονομοτεχνικής μελέτης, στο κεφάλαιο αυτό θα ακολουθήσει η μελέτη βασισμένη σε ένα υποθετικό αλλά ρεαλιστικό μοντέλο πλοίου και λειτουργικών παραμέτρων, αντιπροσωπευτικών της σύγχρονης αγοράς ξηρού φορτίου.

### 6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΥΠΟΘΕΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΛΟΙΟΥ

#### *Χαρακτηριστικά υπό μελέτη πλοίου:*

Το επιλεγμένο προφίλ πλοίου αντιπροσωπεύει σημαντικό τμήμα του σημερινού παγκόσμιου στόλου, καθώς ανήκει στην κατηγορία των πλοίων που ναυπηγήθηκαν πριν από την εφαρμογή του δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας EEDI (Phase 0/1) το 2013. Ως «pre-EEDI vessel», το πλοίο δεν ενσωματώνει εγγενή σχεδιαστικά χαρακτηριστικά ενεργειακής απόδοσης, όπως βελτιστοποιημένη υδροδυναμική γραμμή κύτους, συστήματα μείωσης αντίστασης ή εξειδικευμένες τεχνολογίες εξοικονόμησης καυσίμου. Η απουσία αυτών των inherent energy-efficient design features οδηγεί σε υψηλότερη κατανάλωση καυσίμου και αυξημένες εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σχέση με τα νεότερα πλοία, καθιστώντας το συγκεκριμένο πλοίο πιο ευάλωτο στις οικονομικές επιπτώσεις των σύγχρονων κανονισμών, όπως το EU ETS και ο CII. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται στη μελέτη (DWT, κατανάλωση, ταχύτητα) βασίζονται σε δημοσιευμένα industry averages και δεδομένα από Clarksons Research (2023), MAN Energy Solutions Project Guides (2021), DNV Maritime Forecast (2022) και BIMCO bulk carrier fleet statistics, και επομένως θεωρούνται αντιπροσωπευτικά της συγκεκριμένης κατηγορίας πλοίων.

#### *Χαρακτηριστικά του Panamax Bulk Carrier*

- Έτος ναυπήγησης: 2010
- Κατηγορία: Panamax dry bulk carrier
- Deadweight: ~75.000 DWT
- Κύρια μηχανή: MAN B&W slow-speed diesel engine
- Μέση κατανάλωση σε ταξίδι: 30 - 32 t/day (LSFO or HSFO)



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

- Μέση ταχύτητα: 13 knots
- Κατανάλωση σε κατάσταση αναμονής (port stay): 2 - 3 t/day
- Χωρητικότητα καυσίμου: ~ 3.000 m<sup>3</sup> HFO / 500 m<sup>3</sup> MGO
- Κατάσταση: λειτουργεί χωρίς scrubber

Προφίλ Εμπορικής Εκμετάλλευσης:

Το πλοίο θεωρείται ότι δραστηριοποιείται σε ένα τυπικό εμπορικό προφίλ για την κατηγορία των Panamax bulk carriers, λειτουργώντας κυρίως στη spot αγορά, όπου η απασχόληση γίνεται ανά ταξίδι και παρουσιάζει υψηλή μεταβλητότητα στους ναύλους. Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, εξετάζεται ένα χαρακτηριστικό διεθνές δρομολόγιο Ευρώπη - Ασία - Ευρώπη, με συνολική απόσταση περίπου 22.000 ναυτικά μίλια ανά κύκλο ταξιδιού. Η διάρκεια του ταξιδιού εκτιμάται περίπου στις 70 ημέρες εν πλω, συμπεριλαμβανομένης παραμονής σε λιμένες της τάξης των 5 - 7 ημερών, οδηγώντας σε μια μέση συχνότητα 4 - 5 πλήρων voyages ετησίως.

Το συγκεκριμένο trading pattern είναι πλήρως αντιπροσωπευτικό για Panamax bulk carriers που μεταφέρουν χύδην φορτία όπως σιτηρά, άνθρακα, βωξίτη και άλλα ξηρά φορτία. Η επιλογή αυτού του σεναρίου επιτρέπει την αποτύπωση των πραγματικών επιχειρησιακών συνθηκών ενός ευρείας χρήσης τμήματος του παγκόσμιου στόλου, και παράλληλα παρέχει αξιόπιστη βάση για την ανάλυση τόσο των τεχνικών όσο και των οικονομικών επιπτώσεων από τους κανονισμούς IMO 2020 και EU ETS.

**Χαρακτηριστικά Εμπορικής Εκμετάλλευσης :**

*Αγορά: SPOT market*

*Κύριο δρομολόγιο μελέτης: Ευρώπη – Ασία – Ευρώπη*

- Μέση απόσταση: ~22.000 nm ταξίδι μετ'επιστροφής
- Χρόνος ταξιδιού: ~70 ημέρες
- Μέρες σε Λιμάνια : 5–7 ημέρες συνολικά



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

- Συχνότητα ταξιδιών: **4-5 ταξίδια ετησίως**

Ρυθμιστικούς Κανόνες που υπόκειται το πλοίο:

Το πλοίο επηρεάζεται από:

- Νομοθετικό πλαίσιο IMO 2020 :
  - a) Με όριο θείου 0.5% m/m σε όλο τον κόσμο εκτός από ECAs
  - b) Με όριο θείου 0,1% m/m στις ECA zones (Στο υπό εξέταση δρομολόγιο μόνο μερικώς έρχεται σε περιοχές ECAs στην Ευρώπη)
- Νομοθετικό πλαίσιο EU ETS:
  - a) Με χρεώσεις 50% των εκπομπών CO<sub>2</sub> για ταξίδια από και προς την Ευρώπη
  - b) Με χρεώσεις 100% των εκπομπών CO<sub>2</sub> για ταξίδια εντός Ευρώπης
  - c) Μετά το 2026 θα έχουμε πλήρη εφαρμογή του κανονισμού

Στο παράδειγμα μας , τα ταξίδια θα ξεκινούν ή θα καταλήγουν σε ευρωπαϊκά λιμάνια , με αποτέλεσμα η έκθεση του συγκεκριμένου trading pattern στο ETS είναι μέτρια προς υψηλή.

## 6.2 ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ-ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ

Στο υπό-κεφάλαιο πραγματοποιείται συγκριτική ανάλυση τριών εναλλακτικών στρατηγικών συμμόρφωσης με τους κανονισμούς IMO 2020 και EU ETS. Η ανάλυση βασίζεται σε τεχνικό οικονομικές παραμέτρους πλοίου Panamax Bulk Carrier (75.000 DWT, 2010) που δραστηριοποιείται στην αγορά spot με δρομολόγια Ευρώπη-Ασία. Κριτήριο αξιολόγησης αποτελεί το συνολικό ετήσιο λειτουργικό κόστος και η οικονομική βιωσιμότητα των επενδύσεων.

Παρακάτω ο πίνακας με τα πλήρης δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση των 3 σεναρίων:



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

Κατηγορία	Παράμετρος	Τιμή	Μονάδα	Πηγή / Σχόλιο
Πλοίο Υπό Μελέτη	Τύπος Πλοίου	Panamax	Bulk Carrier	-
	Έτος Ναυπήγησης	2010	-	-
	Νεκρό Βάρος (DWT)	75	t	-
Δρομολόγιο & Λειτουργία	Δρομολόγιο	Ευρώπη – Ασία – Ευρώπη	-	-
	Συνολική Απόσταση	22	ναυτικά μίλια	-
	Ημέρες σε Ταξίδι (ανά δρομολόγιο)	70	ημέρες	-
	Ημέρες σε Λιμάνι (ανά δρομολόγιο)	6	ημέρες	-
	Δρομολόγια ανά Έτος	4,5	-	-
Κατανάλωση Καυσίμου	Σε Ταξίδι (Θάλασσα)	31	τ/ημέρα	-
	Σε Λιμάνι	2,5	τ/ημέρα	-
Οικονομικές Παράμετροι	Τιμή HSFO	450	\$/t	(DNV, 2022)
	Τιμή VLSFO	600	\$/t	(DNV, 2022)
	Τιμή MGO	800	\$/t	(DNV, 2022)
	Τιμή EUA (ETS)	80	\$/tCO <sub>2</sub>	(CE Delft, 2020)
	Συντελεστής Εκπομπών CO <sub>2</sub> (EF)	3,114	tco <sub>2</sub> /t καυσίμου	(IMO, 2021)
Περιβαλλοντικές Παράμετροι	Ποσοστό Εκπομπών για ETS	50	%	Κανονισμός EU ETS
Οικονομική Ανάλυση	Προεξοφλητικό Επιτόκιο (r)	8	%	(Psaraf tis, 2023)
	Ορίζοντας Ανάλυσης	5	έτη	-

Πίνακας 22 Στοιχεία υπό - μελέτης πλοίου

### 6.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 1: ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗ ΜΕΣΩ ΚΑΥΣΙΜΩΝ VLSFO ΚΑΙ ΑΓΟΡΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ EU ETS

Στο σενάριο αυτό η στρατηγική της ναυτιλιακής έρχεται σε συμφωνία με τους κανονισμούς IMO 2020 μέσω της χρήσης καυσίμων VLSFO. Το πλοίο παραμένει συμβατικός χρήστης καυσίμων χωρίς απαιτήσεις σε κεφαλαιουχικές επενδύσεις. Επιπρόσθετα η στρατηγική όσον αφορά το EU ETS επιτυγχάνεται μέσω της αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών (EUAs) από την αγορά.

#### α) Υπολογισμός Ετήσιας Κατανάλωσης Καυσίμου



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομικοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

- Κατανάλωση στην ανοικτή θάλασσα = 31τ/ημέρα x 70 ημέρες/ταξίδι x 4,5 ταξίδια/έτος = **9.765 τ/έτος.**
- Κατανάλωση στο Λιμάνι = 2,5 τ/ημέρα x 6 ημέρες/ταξίδι x 4,5 ταξίδια/έτος = **67,5 τ/έτος.**
- ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ = 9.765 τ/έτος + 67,5 τ/έτος = **9.832,5 τ/έτος.**

## β) Υπολογισμός Ετήσιου Κόστους Λειτουργίας

i) Κόστος Καυσίμου = 9.832,5 t x 600 \$ = **5.899.500 \$**

ii) Κόστος EU ETS

- Ετήσιες Εκπομπές CO<sub>2</sub> = 9.832,5 t x 3,114 tCO<sub>2</sub>/t = **30.606,355 tCO<sub>2</sub>**
- Εκπομπές για ETS = 30.606,355 tCO<sub>2</sub> x 50% = **15.303,1775 tCO<sub>2</sub>**
- Κόστος ETS = 15.303,1775 tCO<sub>2</sub> x 80\$/tCO<sub>2</sub> = **1.224.254,2 \$**

Συνολικό Ετήσιο Κόστος = Κόστος Καυσίμου + Κόστος EU ETS = 5.899.500 \$ + 1.224.254,2 \$ = **7.123.754,2 \$**

Συνολικό Ετήσιο Κόστος = **7.123.754,2 \$**

## Οικονομική Αξιολόγηση

- Συνολικό Κόστος Κατοχής TCO (Total Cost of Ownership)

TCO = Συνολικό Ετήσιο Κόστος x Έτη = 7.123.754,2 \$/ x 5 έτη = **35.618.771 \$**

- Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)

Η καθαρή παρούσα αξία είναι ίση με το μηδέν (NPV=0). Αυτό προκύπτει με δεδομένο ότι δεν υπάρχει αρχική επένδυση, έτσι οι κεφαλαιουχικές δαπάνες (CAPEX) είναι ίσες και αυτές με το μηδέν, μιας και η παραδοχή του σεναρίου αυτού δεν προϋποθέτει την εναρμόνιση με τους κανονισμούς με την ακριβή επένδυση σε τεχνολογίες, παραδοχή που θα αναλυθεί στο επόμενο σενάριο.

Επομένως, NPV= 0\$

- Περίοδος Απόσβεσης (Payback Period)

Σε ακολουθία με την παραπάνω παραδοχή και στο πλαίσιο με το Σενάριο 1, η περίοδος απόσβεσης δεν μπορεί να υπολογιστεί, καθώς η στρατηγική αυτή δεν περιλαμβάνει κάποια επένδυση κεφαλαίου (CAPEX). Η



έννοια της απόσβεσης προϋποθέτει την ύπαρξη επενδυτικού κόστους που ανακτάται με την πάροδο του χρόνου, κάτι που δεν υφίσταται στο Σενάριο 1.

### 6.3.1 Συμπεράσματα Σεναρίου 1

Το Σενάριο 1 αποτελεί την βασική λειτουργική επιλογή για το πλοίο. Δηλαδή την επιλογή που δεν θα χρειαστεί να επιβαρυνθούν με επιπλέον κόστος για αλλαγές όπως στα επόμενα 2 σενάρια. Το γεγονός αυτό του μηδενικού CAPEX καθιστά την στρατηγική με την χρήση VLSFO για καύσιμο προσιτή για εταιρείες με περιορισμένη κεφαλαιουχική ρευστότητα ή μικρό ορίζοντα επένδυσης. Το συνολικό ετήσιο κόστος το οποίο ανέρχεται στα 7.123.754,2 \$ με το κόστος το EU ETS να αποτελεί σχεδόν το 17% του συνολικού κόστους, δείχνοντας την σημαντικότητα και το αντίκτυπο του νέου ρυθμιστικού πλαισίου. Το συνολικό κόστος (TCO) στα 35.618.771 \$ τίθεται και ως σημείο αναφοράς για την σύγκριση με τις άλλες 2 στρατηγικές. Τέλος, σημαντικό μειονέκτημα αυτής της στρατηγικής είναι ότι εξαρτάται από την τιμή του VLSFO και βέβαια την τιμή του EU ETS, με τις 2 αυτές τιμές να είναι μεταβλητές με αποτέλεσμα η αβεβαιότητα το “τι θα ξημερώσει την επόμενη μέρα” να είναι ένα βασικό στοιχείο που πρέπει να λάβουν υπόψη οι ναυτιλιακές που χρησιμοποιούν αυτή την στρατηγική.

### 6.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 2: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ SCRUBBER

Η στρατηγική αυτή περιλαμβάνει την επένδυση και την εγκατάσταση ενός open-loop συστήματος scrubber. Η επένδυση αυτή επιτρέπει τη χρήση οικονομικότερου καυσίμου HSFO (3,5% περιεκτικότητας σε θείο). Με την μέθοδο αυτή η ναυτιλιακή συμμορφώνεται πλήρως με τον κανονισμό IMO 2020. Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο το σύστημα open-loop scrubber, εξαερώνει τα αέρια από την κύρια μηχανή, μειώνοντας τις εκπομπές οξειδίων του θείου (SOx) σε χαμηλό επίπεδο και στο επιτρεπτό όριο ή ακόμα και κάτω από αυτό. Αποτέλεσμα της παραπάνω επένδυσης είναι η χρήση φθηνότερου καυσίμου αποφεύγοντας τις πολύ πιο αυξημένες τιμές των καυσίμων VLSFO.

Παραδοχές και Δεδομένα Σεναρίου 2:

Με τα δεδομένα του Πίνακα 3 συνυπολογίζονται και οι παρακάτω παραδοχές:

- Τύπος Scrubber = Open-loop
- Κεφαλαιουχικό Κόστος (CAPEX) = 2.750.000\$ (μέσο κόστος εγκατάστασης open-loop scrubber σε Panamax Bulk Carrier πλοίο.
- Λειτουργικό Κόστος Scrubber = 20 \$ / ημέρα (Το κόστος αυτό περιλαμβάνει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, τη χρήση χημικών προϊόντων, τις ρουτίνες συντήρησης και τη



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

διαχείριση των υγρών αποβλήτων (washwater). Η παραδοχή αυτή βασίζεται σε μελέτες την DNV (DNV, 2022)

- Τιμή HSFO = 450 \$/τ
- Περιεκτικότητα HSFO σε θείο (S) = 3,5 % S
- Εκτιμώμενη Διάρκεια Ζωής Scrubber = 5+ έτη ( Η παραδοχή αυτή εδράζεται στο γεγονός ότι τα βιομηχανικά συστήματα εξαέρωσης αποτελούν πάγιες εγκαταστάσεις με σχεδιαστική διάρκεια λειτουργίας που κυμαίνεται τυπικά μεταξύ 15 και 20 ετών. Αυτή η μακροχρόνια διάρκεια ζωής είναι σαφώς υψηλότερη από τον συνήθη πενταετή επενδυτικό ορίζοντα που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση παρόμοιων έργων).

#### α) Υπολογισμός Ετήσιας Κατανάλωσης Καυσίμου

Η ετήσια κατανάλωση καυσίμου είναι ίση με το ΣΕΝΑΡΙΟ 1 οπότε:

- **ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ = 9.832,5 τ/έτος.**
- **ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ = 9.832,5 x 450 \$/τ (τιμή HSFO) = 4.424.625\$**

#### β) Λειτουργικό Κόστος Scrubber (OPEX)

- **ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΗΜΕΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΕΤΟΣ = 76 ημέρες/ταξίδι x 4,5 ταξίδια/έτος = 342 μέρες**
- **Ετήσιο OPEX Scrubber = 342 ημέρες x 20 \$ /ημέρα = 6.840\$**

#### γ) Κόστος EU ETS

- **Ετήσιες Εκπομπές CO<sub>2</sub> = 9.832,5 τ x 3,114 τCO<sub>2</sub>/τ = 30.606,36 τCO<sub>2</sub>**
- **Κόστος EU ETS = (30.606,36 τCO<sub>2</sub> x 50%) x 80 \$/τCO<sub>2</sub> = 1.224.254\$ (Ιδιο με ΣΕΝΑΡΙΟ 1)**

#### δ) Συνολικό Ετήσιο Κόστος

**Συνολικό Ετήσιο Κόστος = Κόστος Καυσίμου + Κόστος EU ETS + OPEX Scrubber**

**= 4.424.625 \$ + 1.224.254 \$ + 6.840 \$ = 5.655.719 \$**

#### Οικονομική Αξιολόγηση

##### Α) Ετήσια Εξοικονόμηση έναντι ΣΕΝΑΡΙΟ 1:

**Ετήσια Εξοικονόμηση = Κόστος Σενاريو 1 - Κόστος Σενاريو 2 = 7.123.754 \$ - 5.655.719 \$ = 1.468.035 \$**



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

## Β) Περίοδος Απόσβεσης (Payback Period)

Στην περίοδο απόσβεσης υπολογίζεται για περίοδο 5 ετών και προεξοφλητικό επιτόκιο ( $r$ ) 8%.

$$\text{Payback Period} = \text{CAPEX} / \text{Ετήσια Εξοικονόμηση} = 2.750.00 \$ / 1.468.035 \$ = \mathbf{1,87 \text{ \u0395\u03c4\u0397}}$$

## Γ) Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)

Με την χρήση του παρακάτω τύπου υπολογίζεται η παρούσα αξία :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - CAPEX$$

$$\begin{aligned} NPV &= \sum_{t=1}^5 \frac{1.468.035 \$}{(1+0,08)^t} - 2.750.000 \$ \\ &= \frac{1.468.035}{1,08} + \frac{1.468.035}{1,08^2} + \frac{1.468.035}{1,08^3} + \frac{1.468.035}{1,08^4} + \frac{1.468.035}{1,08^5} - 2.750.000 \\ &= 1.359.291 + 1.258.603 + 1.165.373 + 1.078.957 + 998.942 - 2.750.000 \\ &= \mathbf{5.861.166 \$ - 2.750.000 \$ = 3.111.166 \$} \end{aligned}$$

Έτσι,  $NPV = 3.111.166 \$$

## Δ) Συνολικό Κόστος Κατοχής (TCO) για 5ετή Περίοδο

$$TCO = CAPEX + (\text{Συνολικό Ετήσιο Κόστος} \times 5 \text{ \u0395\u03c4\u0397})$$

$$TCO = 2.750.000 \$ + (5.655.719 \$ / \text{\u0395\u03c4\u0397} \times 5 \text{ \u0395\u03c4\u0397})$$

$$TCO = \mathbf{31.028.595 \$}$$



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομικοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

#### 6.4.1 Συμπεράσματα Σεναρίου 2

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του Σεναρίου 2 , αποκαλύπτει μια κερδοφόρα επιλογή για το υπό μελέτη πλοίο. Παρά το υψηλό CAPEX=2.750.000\$ η επένδυση δείχνει να έχει εξαιρετικά οικονομικά αποτελέσματα. Σε σύγκριση με το Σενάριο 1 , η ετήσια εξοικονόμηση ανέρχεται στα 1,47 εκατομμύρια δολάρια, οδηγώντας σε μια σημαντική περίοδο απόσβεσης στα 1,87 έτη. Η καθαρή παρούσα αξία (NPV) της τάξης των 3,11 εκ. δολαρίων δείχνει πως η επένδυση δεν αποσβένεται αλλά δημιουργεί και σημαντική αξία για την εταιρεία. Παρόμοια συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν και από το χαμηλότερο συνολικό κόστος (TCO) των 31 εκατομμυρίων που την καθιστά βελτιωμένη για την πενταετή περίοδο την καθιστά την οικονομικά βελτιστοποιημένη μακροπρόθεσμη στρατηγική υπό τις τρέχουσες συνθήκες αγοράς. Το Σενάριο 2 , συνιστάται σε ναυτιλιακές εταιρείες με κεφαλαιουχική ρευστότητα ώστε να απορροφήσουν το αρχικό κόστος της επένδυσης ( στο παράδειγμα 2,75 εκ. \$ ) , εταιρείες με μακροπρόθεσμο ορίζοντα που μπορούν να επωφεληθούν με το χαμηλό TCO και την ταχεία απόσβεση, επίσης εταιρείες όπου η διαφορά τιμής (spread) HSFO/VLSFO τείνει να είναι μεγαλύτερη και πιο σταθερή.

#### 6.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 3: ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΣΕ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

Το τρίτο σενάριο-στρατηγική , εστιάζει στην πλήρη και άμεση μετάβαση του πλοίου σε καύσιμα υψηλότερης ποιότητας και συγκεκριμένα το Marine Gas Oil (MGO). Η σύσταση του MGO με την χαμηλή περιεκτικότητα του σε θείο (<0,1%) , εξασφαλίζει αυτομάτως της συμμόρφωση με τον κανονισμό IMO 2020 και συνάμα χωρίς την ανάγκη χρήσης scrubber. Το υψηλότερο κόστος ανα μονάδα του MGO δικαιολογεί την τιμή αυτή (800 \$/τ) με την χρήση του να οδηγεί σε βελτιωμένη απόδοση της καύσης και την σημαντική μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, σε σύγκριση πάντα με τα βαρύτερα καύσιμα, προσφέροντας περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα.

Παραδοχές και Δεδομένα Σεναρίου 3:

Με τα δεδομένα του Πίνακα 3 συνοψολογίζονται και οι παρακάτω παραδοχές:

- Κύριο Καύσιμο = Marine Gas Oil (MGO)
- Τιμή MGO = 800 \$/T
- Συντελεστής Εκπομπών CO<sub>2</sub>, = 3.114 τCO<sub>2</sub>/τ
- Κεφαλαιουχικό Κόστος (CAPEX) = 100.000 \$ (Το κόστος αυτο απευθύνεται σε πιθανές προσαρμογές στο σύστημα καυσίμου και αποθήκευσης)
- Απόδοση Κινητήρα = Όπως και στα προηγούμενα σενάρια η κατανάλωση είναι σταθερή.



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

## Υπολογισμός Κόστους Λειτουργίας

### α) Κόστος Καυσίμου

$$\text{Κόστος Καυσίμου} = 9.832,5 \text{ t} \times 800 \text{ \$/t} = \mathbf{7.866.000 \text{ \$}}$$

### β) Κόστος EU ETS

$$\text{Ετήσιες Εκπομπές CO}_2 = 9.832,5 \times 3,114 \text{ τCO}_2/\text{τ} = \mathbf{30.606,36 \text{ CO}_2/\text{τ}}$$

$$\text{Εκπομπές για ETS} = 30.606,36 \times 50\% = \mathbf{15.303,18 \text{ τCO}_2}$$

$$\text{Κόστος EU ETS} = 15.303,18 \text{ τCO}_2 \times 80 \text{ \$} = \mathbf{1.224.254,2 \text{ \$ (Ίδιο με Σενάριο 1)}}$$

### γ) Συνολικό Ετήσιο Κόστος

$$\text{Συνολικό Ετήσιο Κόστος} = \text{Κόστος Καυσίμου} + \text{Κόστος EU ETS} = 7.866.000 \text{ \$} + 1.224.254 \text{ \$} =$$

$$\text{Συνολικό Ετήσιο Κόστος} = \mathbf{9.090.254 \text{ \$}}$$

## Οικονομική Αξιολόγηση

### A) Ετήσια Εξοικονόμηση έναντι ΣΕΝΑΡΙΟ 1:

$$\text{Ετήσια Εξοικονόμηση} = \text{Κοστος Σεναριου 1} - \text{Κόστος Σεναρίου 3} = 7.123.754 \text{ \$} - 9.090.254 \text{ \$} = -$$
$$\mathbf{1.966.500\$}$$

- **Συνολικό Κόστος Κατοχής TCO (Total Cost of Ownership)**

$$\text{TCO} = \text{Συνολικό Ετήσιο Κόστος} \times \text{Έτη} + \text{CAPEX} = 9.090.254 \text{ \$} \times 5 \text{ έτη} + 100.000\$ = \mathbf{45.551,270}$$
$$\mathbf{\$}$$

- **Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)**



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= \sum_{t=1}^5 \frac{-1.966.500 \$}{(1 + 0,08)^t} - 100.000 \$ \\ &= -7.849.000 \$ - 100.000 \$ = -7.949.000 \$ \end{aligned}$$

Επομένως,  $\text{NPV} < 0$  Πρακτικά σημαίνει ότι η αλλαγή σε MGO θα επιδεινώσει την οικονομική κατάσταση της ναυτιλιακής

### Γ) Περίοδος Απόσβεσης (Payback Period)

Η Περίοδος Απόσβεσης δεν μπορεί να εφαρμοστεί στο ΣΕΝΑΡΙΟ 3, διότι η στρατηγική αυτή δεν δημιουργεί θετικά ετησια ταμειακή ροή, αλλά αρνητική. Επομένως, μια επένδυση που αυξάνει το λειτουργικό κόστος δεν μπορεί να έχει περίοδο απόσβεσης.

#### 6.3.1 Συμπεράσματα Σεναρίου 3

Το Σενάριο 3 με την πλήρη μετάβαση σε MGO καυσίμο, παρουσιάζει το λιγότερο ελκυστικό προφίλ μεταξύ των 3 σεναρίων αλλά προσφέρει τα περισσότερα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα. Η στρατηγική αυτή παρουσιάζει το μεγαλύτερο κόστος, ξεπερνώντας τα 9,09 εκατομμύρια δολάρια, λόγω της αυξημένης τιμής του MGO έναντι του VLSFO. Επιπλέον το αρνητικό NPV καταδεικνύει ότι η στρατηγική αυτή δεν είναι οικονομικά βιώσιμη υπό τις συνθήκες αγοράς που χρησιμοποιήθηκαν στο παράδειγμα. Το δυνατό σημείο της στρατηγικής αυτής αποτελεί η πλήρη συμμόρφωση στον κανονισμό IMO 2020 μηδενίζοντας πρακτικά τις εκπομπές οξειδίων θείου (SOx). Εταιρείες με ισχυρό περιβαλλοντικό προφίλ (ESG) και μικρή διαχειριστική ικανότητα (λόγω της πολυπλοκότητας της συντήρησης των συστημάτων scrubber), μπορούν να ακολουθήσουν την στρατηγική του Σεναρίου 3. Τέλος, εταιρείες που ταξιδεύουν σε λιμάνια που απαγορεύεται η χρήση open-loop scrubber (Όπως στην παραπάνω μελέτη) θα έχουν ένα παραπάνω κόστος να μην προτιμήσουν την στρατηγική αυτή.



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

## Κεφάλαιο 7ο : Συμπεράσματα & Στρατηγικές Προτάσεις

### 7.1 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Οικονομική Μετρική	Σενάριο 1: VLSFO	Σενάριο 2: Scrubber	Σενάριο 3: MGO
Κεφαλαιουχικό Κόστος (CAPEX)	0 \$	2.750.000\$	100.000 \$
Ετήσιο Κόστος Καυσίμου	5.899.500 \$	4.424.625\$	7.866.000 \$
Ετήσιο Κόστος EU ETS	1.224.254 \$	1.224.254\$	1.224.254 \$
Ετήσιο OPEX (Ειδικό)	0 \$	6.840\$	0 \$
Συνολικό Ετήσιο Κόστος	7.123.754 \$	5.655.719\$	9.090.254 \$
Ετήσια Εξοικονόμηση (vs Baseline)	-	+1.468.035 \$	-1.966.500\$
TCO (5 έτη)	35.618.770 \$	31.028.595\$	45.551.270 \$
NPV (5 έτη, 8%)	0 \$	+3.111.166\$	-7.951.830 \$
Payback Period	Δ/Ε	1,87 έτη	N/A

### 7.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ (SENSITIVITY ANALYSIS)

Η οικονομική ανάλυση που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο βασίστηκε σε μια σειρά από παραδοχές σχετικά με τις μελλοντικές τιμές των καυσίμων και των δικαιωμάτων εκπομπών. Ωστόσο, η παγκόσμια ναυτιλιακή αγορά είναι εγγενώς μεταβλητή. Για να αξιολογηθεί η ευρωστία των συμπερασμάτων και να κατανοηθούν οι κίνδυνοι, πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας.



Η ανάλυση ευαισθησίας θα γίνει με τρεις παραδοχές :

Πως αλλάζουν τα συμπεράσματα εφόσον:

- Η τιμή του VLSFO πέσει
- Η τιμή του EUA ανέβει
- Εφαρμογή Πολιτικής Slow-Steaming

### 7.2.1 α) Επίδραση πτώσης της τιμής VLSFO

Μια ενδεχόμενη πτώση της τιμής του VLSFO, λόγω παγκόσμιας υπερ-παραγωγής η μείωση της ζήτησης του ίδιου του προϊόντος θα επηρέαζε δυσανάλογα τις στρατηγικές συμμόρφωσης , μεταβάλλοντας της σχετική του επιχειρησιακή βελτιστοποίηση.

- Στο Σενάριο 1 η χαμηλότερη τιμή του VLSFO θα βελτιώνει ακόμη περισσότερο το οικονομικό προφίλ της ναυτιλιακής , μειώνοντας παράλληλα το συνολικό λειτουργικό της κόστος (TCO).Οπότε η στρατηγική αυτή θα ήταν κάτι παραπάνω από συμφέρουσα.
- Το Σενάριο 2 η οικονομική βιωσιμότητα μέσω αυτής της στρατηγικής βασίζεται στη σχέση της τιμής του VLSFO (ακριβότερη) και του HSFO (φθηνότερη) .Μια πτώση στην τιμή του VLSFO θα συνεπαγόταν με άμεση συμπίεση αυτού του spread με τις ετήσιες εξοικονομήσεις και την συνολική αξία που παραγει το scrubber (NPV) να μειώνονται.Παρόλο όμως αυτής της μείωσης η στρατηγική του scrubber διατηρεί την ευελιξία να λειτουργεί με το φθηνότερο HSFO , οπότε υπό ένα εύλογο εύρος μείωσης του spread , η επένδυση θα συνεχίζει να παρουσιάζει θετική NPV και μια αποδεκτή , αν και επιμηκυμένη , περίοδο απόσβεσης , αποδεικνύοντας σημαντική ανθεκτικότητα.
- Η στρατηγική του Σεναρίου 3 θα ήταν σε περίπτωση μείωσης του VLSFO η πιο δυσμενώς επηρεαζόμενη, καθώς η διαφορά με το ήδη ακριβότερο MGO θα μεγάλωνε περισσότερο καθιστώντας το οικονομικό του μειονέκτημα ακόμη πιο έντονο.Ακόμη το ήδη υψηλό λειτουργικό κόστος θα αυξανόταν, οδηγώντας σε περαιτέρω επιδείνωση της ήδη αρνητικής NPV του.Το συμπέρασμα λοιπόν είναι και πάλι πως αυτή η στρατηγική αποτελεί μια καθαρά περιβαλλοντική επιλογή με υψηλό οικονομικό κόστος και θα ήταν οικονομικά απαγορευμένη σε συνθήκες χαμηλής τιμής VLSFO.



### 7.2.1 β) Συμπεράσματα Ανάλυσης Ευαισθησίας

1. Η στρατηγική του Scrubber (Σενάριο 2) αναδεικνύεται η πιο ανθεκτική.
2. Η στρατηγική της χρήσης MGO καυσίμου είναι εξαιρετικά ευαίσθητη με την οικονομική της βιωσιμότητα να μπορεί να καταρρεύσει ακόμη περισσότερο.
3. Η βασική στρατηγική του σεναρίου 1 βελτιώνεται παραπάνω αλλά εξακολουθεί να υστερεί έναντι της επενδυτικής λύσης scrubber επιβιώνοντας ότι η αρχική επένδυση διατηρεί την αξία της ακόμα και σε λιγότερο ευνοϊκές συνθήκες αγοράς.

Αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν ότι η επιλογή μιας στρατηγικής συμμόρφωσης δεν πρέπει να βασίζεται αποκλειστικά σε στατικές παραδοχές, αλλά να λαμβάνει υπόψη τη δυναμική της αγοράς και την ανθεκτικότητα κάθε επιλογής έναντι των αναμενόμενων κινδύνων.

### 7.2.2 α) Επίδραση ανόδου της τιμής EUA (EU ETS)

Μια αύξηση της τιμής του κόστους δικαιωμάτων εκπομπών επηρεάζει όλα τα σενάρια καθώς και τα τρία παράγων ποσότητες CO<sub>2</sub>, ωστόσο, ο αντίκτυπος είναι ασύμμετρος λόγω των διαφορετικών επιπέδων κατανάλωσης καυσίμου και CAPEX.

- Το Σενάριο 1 αποτελεί την πιο ευάλωτη στρατηγική στην άνοδο του κόστους του EU ETS, με το αυξημένο αυτό κόστος να αντικατοπτρίζεται στα λειτουργικά έξοδα, μειώνοντας το περιθώριο κέρδους του πλοίου. Συμπερασματικά αυτό μετατρέπει το EU ETS από ένα σημαντικό λειτουργικό κόστος σε ένα σοβαρό οικονομικό μειονέκτημα, αυξάνοντας κατακορυφαία την πίεση για υιοθέτηση λύσεων μείωσης των εκπομπών.
- Στο Σενάριο 2 η λύση του scrubber δεν μειώνει τις εκπομπές του CO<sub>2</sub>, παρόλα αυτά η οικονομική βιωσιμότητα του ενισχύεται σημαντικά σε ένα περιβάλλον υψηλών τιμών EUA. Ο κύριος λόγος είναι το χαμηλότερο λειτουργικό κόστος το οποίο παραμένει χαμηλότερο σε σχέση με το Σενάριο 1. Ενώ το κόστος του EU ETS και στα 2 σενάρια είναι πανομοιότυπο, η απόλυτη εξοικονόμηση που προσφέρει το scrubber (λόγω φθηνότερου καυσίμου) παραμένει αμετάβλητη. Αποτέλεσμα δηλαδή της ανόδου της τιμής του EU ETS είναι πως η σταθερή εξοικονόμηση του scrubber στο κομμάτι των καυσίμων αποκτά στρατηγική σημασία, με αποτέλεσμα να διατηρεί και θετική την καθαρή παρούσα αξία (NPV) της επένδυσης συγκριτικά και με την πρώτη στρατηγική.
- Σε δυσκολότερη θέση βρίσκεται το Σενάριο 3, καθώς από τη μια η ήδη ακριβή τιμή του MGO έχει εκτοπίσει σε υψηλά επίπεδα το λειτουργικό κόστος και από την άλλη η αύξηση του EUA επιβάλλει ένα επιπλέον, ρυθμιστικό κόστος για εκπομπές CO<sub>2</sub>. Σημειώνεται ότι στην αρχική ανάλυση των σεναρίων, για λόγους συγκρισιμότητας ο συντελεστής εκπομπών CO<sub>2</sub> (EF) είναι ίδιος και για το MGO



και VLSFO. Παρόλα αυτά το Marine Gas Oil, λόγω της διαφορετικής του χημικής σύστασης έχει υψηλότερο συντελεστή εκπομπών, αυτό πρακτικά θα σήμαινε πως η αύξηση της τιμής του EUA, θα ήταν ακόμη πιο επώδυνη λόγω του υψηλού ποσοστού σε ρύπους σε αέρια του θερμοκηπίου και συγκεκριμένα CO<sub>2</sub> αφού θα πρέπει η ναυτιλιακή που χρησιμοποιεί την σταργική αυτή να αγοράσει ακόμη περισσότερα δικαιώματα.

### 7.2.2 β) Συμπεράσματα Ανάλυσης Ευαισθησίας

1. Το Σενάριο 2 (Εγκατάσταση Scrubber) αναδεικνύεται ως η πιο ανθεκτική και στρατηγικά ασφαλής επιλογή.
2. Το Σενάριο 1 γίνεται δραματικά λιγότερο βιώσιμ, καθώς ολόκληρη η αύξηση του κόστους του EUA μεταφέρεται απευθείας και πλήρως στα λειτουργικά έξοδα.
3. Το Σενάριο 3 (MGO) τιμωρείται διπλά και αποκαλύπτει το όριο του, αποδεικνύοντας ότι μια στρατηγική που στοχεύει στην μείωση του θείου (SO<sub>x</sub>) μπορεί να είναι και ανεπαρκής και αντιπαραγωγική σε ένα πλαίσιο που το CO<sub>2</sub> γίνεται ο κύριος οικονομικός και ρυθμιστικός παράγοντας.

### 7.2.3 α) Επίδραση μείωσης της ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου (λόγω slow steaming)

Η παραδοχή μιας αυστηρής πολιτικής εφαρμογής (slow steaming) και άλλων μέτρων βελτιστοποίησης, μπορούν να οδηγήσουν ετήσιας μείωση της κατανάλωσης καυσίμου ως και 15%. (Στο παράδειγμα μας απο 9.832,5 τ. σε 8.357,6 τ. ετησίως).

- Για το βασικό Σενάριο 1, είναι μια καθαρά θετική εξέλιξη, καθώς μειώνει το κύριο μειονεκτήματα που είναι το υψηλό λειτουργικό κόστος τόσο στο στοιχείο του καυσίμου όσο και στο EU ETS. Οπότε μιλάμε για μια απόλυτη βελτίωση του κόστους καθοριστικής σημασίας.
- Στο Σενάριο 2 εξοντώνεται μέρος της απόλυτης απόδοσης της επένδυσης σε τεχνολογία scrubber. Δεδομένου ότι το πλοίο καίει λιγότερο καύσιμο, το απόλυτο ποσό σε δολάρια που εξοικονομείται κάθε χρόνο από τη χρήση φθηνότερου HSFO μειώνεται, αυτό μεταφράζεται σε επιμήκυνση της περιόδου απόσβεσης και πιθανή μείωση της NPV. Στα θετικά, η μείωση της ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου θα μειώσει τον επενδυτικό κίνδυνο, αφού η λιγότερη κατανάλωση δηλώνει και λιγότερο ποσοστό που το πλοίο θα είναι ευάλωτο σε δραστικές διακυμάνσεις μεταξύ των τιμών των καυσίμων, οπότε και η επένδυση του scrubber μπορεί να προτιμηθεί από συντηρητικότερους επενδυτές που στοχεύουν σε ένα σταθερο και πιο ασφαλές κέρδος.
- Για τη στρατηγική του Σεναρίου 3 η μείωση της κατανάλωσης είναι ίσως η μοναδική ουσιαστική ευκαιρία για βελτίωση της οικονομικής της βιωσιμότητας, μειώνοντας το απόλυτο βάρος του



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

μεγαλύτερου μειονεκτήματος της που είναι το υψηλό μοναδιαίο κόστος του MGO. Το MGO παραμένει να είναι η τιμή του ανά τόνο η ακριβότερη αλλά η συνολική χρηματική επιβάρυνση ελαττώνεται. Σε σύγκριση με τα άλλα σενάρια ακόμα και με αυτή την παραδοχή δεν το κάνει ελκυστικότερο αλλά αναμφίβολα μειώνει το βάθος των ζημιών και μπορεί να την κάνει αποδεκτή λύση για εταιρείες που δίνουν απόλυτη προτεραιότητα στο περιβαλλοντικό όφελος όπως έχει αναφερθεί ως τον μοναδικό λόγο εφαρμογής εξ' αρχής αυτής της στρατηγικής.

### 7.2.3 β) Συμπεράσματα Ανάλυσης Ευαισθησίας

1. Το Σενάριο 2 (Εγκατάσταση Scrubber ) μετασχηματίζεται από επένδυση υψηλού ρίσκου αλλά υψηλού κέρδους σε χαμηλότερου ρίσκου και πιο σταθερού κέρδους.
2. Το Σενάριο 1 (VLSFO) αποκτά ουσιαστική αλλά ανεπαρκή βελτίωση παρόλα αυτά η ανωτερότητα έναντι του Σεναρίου 2 παραμένει αμετάβλητη.
3. Το Σενάριο 3 (MGO) βρίσκει την μοναδική του πραγματική ευκαιρία για βελτίωση, παραμένοντας η χειρότερη οικονομική επιλογή, με μικρότερες ζημιές.

Το γενικότερο συμπέρασμα αυτής της παραδοχής, αποδεικνύει ότι οι στρατηγικές ενεργειακής απόδοσης (όπως το slow steaming ή ο καθορισμός κήτους) αλλάζουν θεμελιωδώς το προφίλ κινδύνου και απόδοσης των κεφαλαιουχικών επενδύσεων, διαμορφώνοντας ένα πιο σταθερό προβλέψιμο λειτουργικό περιβάλλον.

## 7.3 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΕΣ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ

Οι ακόλουθες στρατηγικές προτάσεις είναι βασισμένες στη συγκριτική ανάλυση και την ανάλυση ευαισθησίας όπου εφαρμόζονται ανάλογα με το επιχειρηματικό προφίλ και τους στόχους κάθε εταιρείας.

### 7.3.1 Πρόταση 1: Για Εταιρείες που Αναζητούν Ταχύτατη Απόσβεση & Χαμηλό Ρίσκο

Μικρότερες ναυτιλιακές εταιρείες με περιορισμένη κεφαλαιουχική ρευστότητα, με μικρό ορίζοντα επένδυσης ή και δυσκολία στις λήψεις δανείων με χαμηλότερο επιτόκιο, ορίζεται ως βασική προτεραιότητα η ταχεία ανάκτηση του επενδυμένου κεφαλαίου. Σε αυτό το πλαίσιο, η Πρόταση 1 συνιστά την εφαρμογή μέτρων ενεργειακής απόδοσης (όπως το slow steaming, ο καθορισμός κήτους, η χρήση προηγμένων συστημάτων πλοήγησης, κ.α). Η χρήση αυτών των μέτρων συνεπάγεται με ελάχιστο ή ακόμη και μηδενικό κεφαλαιουχικό κόστος (CAPEX), τις άμεσες εξοικονομήσεις σε κόστος καυσίμου και EU ETS και τέλος με δυνατότητα απόσβεσης σε περίοδο μπορεί και μικρότερης από αυτής του ενός έτους. Συνοπτικά, τα παραπάνω αποτελούν το πρώτο βήμα για την μείωση του λειτουργικού κόστους της ναυτιλιακής όπως επίσης την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

### 7.3.2 Πρόταση 2: Για Εταιρείες που Στοχεύουν στη Μεγιστοποίηση της Μακροπρόθεσμης Αξίας

Για εταιρείες με στρατηγικό ορίζοντα και ικανότητα για σημαντική επένδυση, η Πρόταση 2 προτείνει την εγκατάσταση συστημάτων scrubber ειδικότερα για πλοία που εκτελούν διεθνή δρομολόγια. Με την προηγούμενη ανάλυση επιβεβαιώνεται ότι αυτή η στρατηγική προσφέρει την υψηλότερη καθαρή παρούσα αξία (NPV) και το χαμηλότερο συνολικό κόστος κατοχής (TCO) σε πενταετή βάση, με περίοδο απόσβεσης κοντά στα δύο έτη. Σημαντικό να αναφερθεί αποτελεί πως παρά το αρχικό κόστος της επένδυσης η ανθεκτικότητα της σε ρεαλιστικές διακυμάνσεις των τιμών καυσίμων παραμένει λειτουργώντας παράλληλα ως εργαλείο διαχείρισης του ρυθμιστικού κινδύνου από το EU ETS.

### 7.3.3 Πρόταση 3: Για Εταιρείες με Έντονο Περιβαλλοντικό Προφίλ (ESG)

Η κοινή γνώμη και η δημόσια εικόνα μιας ναυτιλιακής μπορεί να θεωρηθεί ως το πιο σημαντικό κομμάτι όπου και άλλες μπορούν να δημιουργήσουν ακόμη και μια ολόκληρη στρατηγική σε αυτό. Η Πρόταση 3 αφορά την πλήρη μετάβαση σε Marine Gas Oil (MGO) καύσιμο ή την επένδυση σε τεχνολογίες για την χρήση εναλλακτικών καυσίμων που εκπέμπουν λιγότερους ρύπους (π.χ βιοκαύσιμα, πράσινο υδρογόνο, μεθανόλη, κ.α). Αν και η πρόταση μπορεί να είναι και οικονομικά ασύμφορη, αναμφισβήτητα εξαλείφει τις εκπομπές SOx αλλά μειώνει δραστικά και τα μικροσωματίδια (PM), προσφέροντας ένα άμεσο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Τελικώς, η πρόταση αυτή, αποσκοπεί στην πλήρης ευθυγράμμιση με στόχους μηδενικών ή σχεδόν μηδενικών ρύπων και κυρίως την ενίσχυση της φήμης της εταιρείας ώστε να την κάνει ελκυστική για “πράσινες” χρηματοδοτήσεις, αποδεχόμενη το υψηλό οικονομικό premium του MGO για στρατηγικούς λόγους.

### 7.3.4 Πρόταση 4: Συνδυασμένες & Προσαρμοστικές Στρατηγικές

Η Πρόταση 4 αναγνωρίζει ότι οι βέλτιστες στρατηγικές είναι συχνά και υβριδικές και δυναμικές (όπως απαιτείται συχνά στον χώρο της ναυτιλίας). Προτείνεται λοιπόν έναν συνδυασμό με:

- Άμεση Εφαρμογή: Υιοθέτηση μέτρων ενεργειακής απόδοσης (Πρόταση 1) σε όλο τον στόλο για άμεση μείωση κόστους και κινδύνου
- Στρατηγική Επένδυση: Δηλαδή την εγκατάσταση scrubbers (Πρόταση 2) σε πλοία με το κατάλληλο προφίλ που δραστηριοποιούνται σε ένα κατάλληλο προφίλ δρομολογίων, που θα αποδώσει για μακροπρόθεσμη βελτιστοποίηση.
- Προετοιμασία για τη Μετάβαση: Αυτό θα γίνει πράξη με την δέσμευση κεφαλαίων και την έναρξη πιλοτικών προγραμμάτων για εναλλακτικά καύσιμα (Πρόταση 3), θέτοντας τις βάσεις για μελλοντική μείωση ρύπων (decarbonization).



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

Συνοπτικά η προσέγγιση αυτή συνδυάζει όλες τις παραπάνω προτάσεις με σκοπό να ελαχιστοποιήσει το άμεσο κόστος, να μεγιστοποιήσει τη μακροπρόθεσμη αξία και να προετοιμαστεί στρατηγικά για την μετάβαση προς τα καύσιμα μηδενικών εκπομπών, διαχειριζόμενη τόσο τον οικονομικό όσο και τον ρυθμιστικό κίνδυνο.

#### 7.4 ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η παρούσα έρευνα πραγματοποίησε μια οικονομοτεχνική ανάλυση τριών εναλλακτικών στρατηγικών συμμόρφωσης για ένα Panamax bulk carrier (2010-built) έναντι των κανονισμών IMO 2020 και EU ETS. Τα βασικά ευρήματα της έρευνας συνοψίζονται ως εξής:

1. Οικονομική Υπεροχή της Επενδυτικής Λύσης: Η επένδυση σε συστήματα scrubber του Σεναρίου 2 , αποδείχθηκε η οικονομικά βέλτιστη επιλογή, παρουσιάζοντας τη χαμηλότερη καθαρή παρούσα αξία (NPV) των 3,11 εκατομμυρίων δολαρίων , το χαμηλότερο συνολικό κόστος κατοχής (TCO) και την ταχύτερη περίοδο απόσβεση (1,87 έτη ) , καθιστώντας την τη μοναδική στρατηγική που δημιουργεί σαφή οικονομική αξία για την εταιρεία.
2. Το Υψηλό Κόστος της Παθητικότητας και της Περιβαλλοντικής Στρατηγικής: Η συμβατική στρατηγική χρήσης VLSFO (Σενάριο 1) αποτελεί ένα δαπανηρό baseline, ενώ η μετάβαση σε MGO (Σενάριο 3) αποδεικνύεται οικονομικά ασύμφορη με αρνητικό NPV. Το Σενάριο 3 προσφέρει ανώτερο περιβαλλοντικό προφίλ (μηδενικές SOx εκπομπές) αλλά με αρκετά υψηλό οικονομικό κόστος.
3. Ευρωστία και Στρατηγική Αξία σε συνθήκες Αβεβαιότητας: Η ανάλυση ευαισθησίας απέδειξε την ανθεκτικότητα της επένδυσης σε scrubber. Η άνοδος του κόστους του EU ETS ενισχύει την οικονομική της βιωσιμότητα ακόμα και υπό ρεαλιστική συρρίκνωση των τιμών των καυσίμων. Αντίθετα, οι μη επενδυτικές στρατηγικές σε κατάλληλες τεχνολογίες πάνω στους δύο κανονισμούς (IMO 2020 και EU ETS) αποδουκνούνται ευάλωτες και μετατρέπουν το ρυθμιστικό πλαίσιο σε σοβαρό οικονομικό μειονέκτημα.



*“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”*

## Κεφάλαιο 8ο : ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία συνεισφέρει στη βιβλιογραφία και στην επαγγελματική πρακτική του ναυτιλιακού κλάδου μέσω τριών κύριων προσεγγίσεων:

Πρώτον, αναπτύσσει και εφαρμόζει ένα ενοποιημένο πλαίσιο ποσοτικής αξιολόγησης. Προσφέρεται ένα δομημένο μοντέλο οικονομοτεχνικής ανάλυσης που επιτρέπει τη συστηματική σύγκριση εναλλακτικών στρατηγικών συμμόρφωσης. Το πρωτότυπο αυτού του μοντέλου έγκειται στην ταυτόχρονη ενσωμάτωση των οικονομικών επιπτώσεων τόσο του κανονισμού IMO 2020 (μέσω του κόστους καυσίμου) όσο και του EU Emissions Trading System (ETS) (μέσω του κόστους εκπομπών CO<sub>2</sub>). Αυτή η διττή προοπτική αποτελεί κρίσιμη αναγκαιότητα για την ακριβή λήψη αποφάσεων στη σημερινή μεταβατική περίοδο.

Δεύτερον, προσφέρει εμπειρικά τεκμηριωμένη αντίληψη για τη στρατηγική αξία των κεφαλαιουχικών επενδύσεων. Τα ευρήματα της έρευνας παρέχουν σαφή απόδειξη ότι, υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες αγοράς, οι επενδύσεις σε τεχνολογίες βελτιστοποίησης που γίνονται προληπτικά (όπως συστήματα εξαέρωσης) αναδεικνύονται συχνά ως η πλέον ορθολογική στρατηγική για τη διαφύλαξη της μακροπρόθεσμης οικονομικής βιωσιμότητας και ανταγωνιστικότητας. Επιπλέον, αποδεικνύεται ότι τέτοιες επενδύσεις λειτουργούν ως αποτελεσματικό εργαλείο διαχείρισης του ρυθμιστικού κινδύνου, προστατεύοντας τις επιχειρήσεις από μελλοντικές αυξήσεις στο κόστος του CO<sub>2</sub>.

Τρίτον, εισάγει μια κριτική και ολιστική διάσταση στη συζήτηση για την πράσινη μετάβαση. Η εργασία υπενθυμίζει ότι η περιβαλλοντική βελτίωση είναι πολυδιάστατη. Μέσω της ανάλυσης της στρατηγικής χρήσης MGO, καταδεικνύεται ότι μια παρέμβαση μπορεί να βελτιώσει δραστικά έναν περιβαλλοντικό δείκτη (π.χ., τις εκπομπές SO<sub>x</sub> και PM) ενώ ταυτόχρονα επιδεινώνει άλλους (όπως το συνολικό κόστος κατοχής και, υπό ορισμένες παραδοχές, τις εκπομπές CO<sub>2</sub>). Αυτό υπογραμμίζει την επιτακτική ανάγκη για ολιστική αξιολόγηση που λαμβάνει υπόψη όλες τις οικονομικές, περιβαλλοντικές και λειτουργικές προεκτάσεις μιας στρατηγικής, αποφεύγοντας μονοδιάστατες ή απλουστευτικές λύσεις.

Κλείνοντας, αυτή η εργασία επιχειρεί να αναδείξει ότι η βιώσιμη ναυτιλία διαμορφώνεται σε ένα σύνθετο πεδίο όπου εξετάζει πολλαπλές οπτικές, κοινωνικές και πολιτισμικές παραμέτρους. Δεν είναι μια μονοδιάστατη πρόκληση, αλλά ένα σύνθετο πρόβλημα βελτιστοποίησης όπου οι οικονομικές, τεχνικές και ρυθμιστικές παράμετροι πρέπει να εξετάζονται από κοινού. Η επιλογή της σωστής στρατηγικής εξαρτάται κρίσιμα από το επιχειρηματικό προφίλ, τον ορίζοντα και τη πολιτική κάθε εταιρείας.



“Κων/νος Τσιλικιώτης”,  
“Στρατηγικές Πράσινης Μετάβασης στην  
Ναυτιλία: Οικονομοτεχνική Ανάλυση για Βιώσιμη Συμμόρφωση  
και Κερδοφορία”

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- I. Bouman, E. A., Lindstad, E., Riialand, A. I., & Strømman, A. H. (2017). “Pathways for decarbonization of shipping” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- II. Psaraftis, H. N. (2019). *Papers on economic analysis of shipping decarbonisation & operational measures*.
- III. Poulsen, R. T., et al. (2018). *Environmental upgrading in shipping: Policy and market responses*. (article/book chapter).
- IV. Faber, J., et al. (2020). *Marginal abatement cost curves in shipping*. CE Delft / academic article.
- V. Stopford, M. (2009). *Maritime Economics* (3rd ed.). Routledge.
- VI. Doudnikoff, V., & Lacoste, A. (2014). *Studies on fuel switching economics*
- VII. ISO 8217. (2017). *Petroleum products — Fuels (class F) — Specifications of marine fuels*. International Organization for Standardization.
- VIII. IMO — NOx Technical Code; MARPOL Annex VI, Regulation I
- IX. EEXI / CII documents — IMO adopted measures and technical guidance
- X. Lloyd’s Register / UMAS / University of Oxford . (2018–2022). *Pathways to Zero-carbon shipping*
- XI. DNV. (2022). *Maritime Forecast to 2050 / Energy Transition Outlook Maritime*. DNV
- XII. CE Delft. (2020). *Study on the impacts of IMO 2020 Sulphur Regulation and related measures — economic & environmental assessment*. CE Delft report.
- XIII. Clarksons Research. *World Fleet Register / Shipping Market Outlook*. Clarksons.
- XIV. ABS (American Bureau of Shipping). (2020–2022). *Pathways to sustainable shipping / Alternative fuels guidance*.
- XV. MAN Energy Solutions. (2020–2022). *Technical whitepapers on engines, fuel compatibility, dual-fuel conversions*. [man-es.com](http://man-es.com)
- XVI. Innospec / VPS / Fuel testing labs. (2020–2022). *Reports on VLSFO stability, pour point, TSA/TSP testing*.
- XVII. — Industry technical notes about VLSFO problems (compatibility, cold-flow). Αναζήτησε “Innospec VLSFO report” / “VPS VLSFO compatibility
- XVIII. Christodoulou, A., & Cullinane, K. (2019).
- XIX. Poulsen, R.T., Ponte, S., & Sornn-Friese, H. (2018)
- XX. European Union (2023). \*Regulation (EU) 2023/957 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 amending Regulation (EU) 2015/757 in order to provide for the inclusion of maritime transport activities in the EU Emissions Trading System.\* Official Journal of the European Union, L 130/1
- XXI. IMO (2020). *Fourth IMO GHG Study 2020*. International Maritime Organization
- XXII. 3. Psaraftis, H. N., & Lagoudis, I. N. (2019). *A comparative assessment of market-based measures for shipping*. *Maritime Policy & Management*.
- XXIII. . International Energy Agency (IEA). (2021). *The Future of Hydrogen for Shipping*.
- XXIV. Balcombe, P., et al. (2019). *How to decarbonize international shipping: Options, challenges, pathways*. *Energy Conversion and Management*
- XXV. Winnes, H., et al. (2018). *Scrubbers: Environmental and economic impacts*. *Journal of Environmental Management*.