



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ**

**«Ατμοσφαιρική ρύπανση στα λιμάνια»**

**Πτυχιακή Εργασία για το Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών**

Μπουρνιά Λαμπρινή

2212018131

29 Σεπτεμβρίου 2023

ΧΙΟΣ

Μπουρνιά Λαμπρινή

## **Ατμοσφαιρική ρύπανση στα λιμάνια**

29 Σεπτεμβρίου 2023

### **Πτυχιακή Εργασία για το Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών**

**Τμήμα Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών**

Συγγραφέας: Μπουρνιά Λαμπρινή

Επιβλέπων/ουσα: Άννα Κοτρίκλα

ΧΙΟΣ

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην επιβλέπουσα καθηγήτρια της πτυχιακής μου κα Κοτρίκλα Άννα, Επίκουρη Καθηγήτρια στο τμήμα Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών, Σχολής Επιστημών της Διοίκησης του Πανεπιστημίου Αιγαίου για την πολύτιμη καθοδήγηση και τον χρόνο που αφιέρωσε μέχρι το τέλος της πτυχιακής εργασίας μου. Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την υποστήριξή της όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	6
Abstract.....	7
Κατάλογος εικόνων/πινάκων.....	8
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	9
Κεφάλαιο 2 Ατμοσφαιρικοί ρύποι και αέρια θερμοκηπίου από τη ναυτιλία.....	11
Κεφάλαιο 3 Πλαίσιο αντιμετώπισης της ρύπανσης στα λιμάνια.....	16
3.1 Παράρτημα VI της MARPOL.....	16
3.2 ΕΕ: Οδηγία 2014/94/ΕΕ για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων.....	21
Κεφάλαιο 4 Τεχνολογίες για τον περιορισμό ατμοσφαιρικής ρύπανσης και αερίων θερμοκηπίου από τη ναυτιλία στα πλοία και στο λιμάνι.....	24
4.1 LNG.....	26
4.2 MGO.....	29
4.3 scrubbers.....	31
4.4 slow steaming.....	35
4.5 cold ironing - ενέργεια από τη στεριά.....	37
Κεφάλαιο 5 Χρήση ενέργειας από την ξηρά για ένα πλοίο στο δρομολόγιο Ηγουμενίτσα – Μπρίντιζι.....	40
5.1 Μορφολογία του λιμανιού της Ηγουμενίτσας και η σημαντική του θέση.....	40

5.2 Κίνηση και συνδέσεις με άλλα λιμάνια.....	41
5.3 Η περιβαλλοντική κατάσταση στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας.....	45
5.4 Ενέργεια από την ξηρά στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας.....	47
Συμπεράσματα.....	49
Βιβλιογραφία.....	53

## Περίληψη

Ο αντίκτυπος της ναυτιλίας στο περιβάλλον είναι μια αυξανόμενη ανησυχία, προκαλώντας την ανάγκη για ανάπτυξη τεχνολογιών και στρατηγικών για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών. Η παρούσα διατριβή διερευνά τις επιπτώσεις της ναυτιλίας στο περιβάλλον και τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών. Συζητάμε τις διάφορες τεχνολογίες και στρατηγικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ναυτιλίας, όπως η χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), πετρελαίου αερίου θαλάσσης (MGO), πλυντήρια, αργός ατμός και ενέργεια από τη ξηρά. Επιπλέον, εξετάζουμε τη σημασία των βιώσιμων πρακτικών στα λιμάνια και αναδεικνύουμε τη μελέτη περίπτωσης του λιμανιού της Ηγουμενίτσας ως μοντέλο για την προώθηση της αειφορίας στον κλάδο. Η διατριβή τονίζει την ανάγκη συνεργασίας της διεθνούς κοινότητας για την ανάπτυξη πολιτικών και κανονισμών που προάγουν βιώσιμες πρακτικές στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών και τον ρόλο του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) και της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) από αυτή την άποψη. Τελικά, η διατριβή υποστηρίζει ότι η μείωση των εκπομπών από τη ναυτιλία είναι ζωτικής σημασίας για την προαγωγή της ανθρώπινης υγείας, την προστασία της βιοποικιλότητας και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και ότι η βιομηχανία πρέπει να συνεχίσει να καινοτομεί και να υιοθετεί βιώσιμες πρακτικές για να διασφαλίσει ένα πιο βιώσιμο μέλλον.

*Λέξεις-κλειδιά: Ναυτιλία, Περιβαλλοντικές επιπτώσεις, Βιώσιμες πρακτικές, Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, Κανονισμοί, Λιμάνι Ηγουμενίτσας*

## **Abstract**

The impact of shipping on the environment has become a growing concern in recent years, prompting the need for the development of technologies and strategies to reduce air pollution and greenhouse gas emissions in the maritime transportation sector. This thesis explores the impact of shipping on the environment and the measures that can be taken to reduce air pollution and greenhouse gas emissions in the maritime transportation sector. We discuss the various technologies and strategies that can be employed to mitigate the environmental impact of shipping, such as the use of liquefied natural gas (LNG), marine gas oil (MGO), scrubbers, slow steaming, and cold ironing. Additionally, we examine the importance of sustainable practices in ports and highlights the case study of the port of Igoumenitsa as a model for promoting sustainability in the industry. The thesis emphasizes the need for the international community to work together to develop policies and regulations that promote sustainable practices in the maritime transportation sector, and the role of the International Maritime Organization (IMO) and the European Union (EU) in this regard. Ultimately, the thesis argues that reducing emissions from shipping is crucial to promoting human health, protecting biodiversity, and mitigating climate change, and that the industry must continue to innovate and adopt sustainable practices to ensure a more sustainable future.

*Key-words: Shipping, Environmental impact, Sustainable practices, Greenhouse gas emissions, Regulations, Igoumenitsa's port*

## **Κατάλογος εικόνων/πινάκων**

Εικ. 1 Ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη ναυτιλία

Εικ. 2 Παράρτημα VI της MARPOL

Εικ. 3 Ένα τυπικό δίκτυο μεταφοράς LNG με πλοίο

Εικ. 4 Σύστημα ψύξης MGO

Εικ. 5 Πλυντρίδα ανοιχτού βρόχου

Εικ. 6 Πλυντρίδα κλειστού βρόχου

Εικ. 7 Σχέδιο τυπικού συστήματος cold ironing με μετατροπέα συχνότητας

Εικ. 8 Πίνακας αθροιστικών στοιχείων προσδέσεων στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας για το έτος 2022

Εικ. 9 Πίνακας αθροιστικών στοιχείων προσδέσεων στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας για το έτος 2021

Εικ. 10 Trans-European Transport Network (TEN-T) χάρτης (European Commission – MOBILITY AND TRANSPORT



## Κεφάλαιο 1.

### Εισαγωγή

Ο τομέας των θαλάσσιων μεταφορών διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία παρέχοντας έναν οικονομικά αποδοτικό και αποδοτικό τρόπο μεταφοράς αγαθών και εμπορευμάτων στους ωκεανούς του κόσμου. Ωστόσο, ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της ναυτιλίας, συμπεριλαμβανομένης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, έχει γίνει μια αυξανόμενη ανησυχία τα τελευταία χρόνια. Οι εκπομπές από τη ναυτιλία επηρεάζουν αρνητικά την ανθρώπινη υγεία, τη βιοποικιλότητα και την κλιματική αλλαγή (Κοτρίκλα, 2015). Υπολογίζεται ότι οι εκπομπές από τη ναυτιλία αντιπροσωπεύουν περίπου το 2-3% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και προβλέπεται να αυξηθούν έως και 250% έως το 2050 χωρίς πρόσθετες παρεμβάσεις. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) έχει λάβει σημαντικά μέτρα για την αντιμετώπιση του ζητήματος της μείωσης των εκπομπών από τα πλοία. Το Παράρτημα VI του IMO της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL) ορίζει τους κανόνες για τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία, συμπεριλαμβανομένων των ορίων για τις εκπομπές οξειδίου του θείου (SOx) και οξειδίου του αζώτου (NOx). Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει εισαγάγει την Οδηγία 2014/94/ΕΕ, η οποία προωθεί την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων για πλοία (Frid & Caswell, 2017).

Όπως ειπώθηκε, οι εκπομπές από τη ναυτιλία μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία, τόσο για όσους ζουν κοντά σε λιμάνια και θαλάσσιες λωρίδες, όσο και για τα ίδια τα πληρώματα των πλοίων. Η ατμοσφαιρική ρύπανση από τις εκπομπές των πλοίων μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα, συμπεριλαμβανομένου του άσθματος, του καρκίνου του πνεύμονα και των καρδιακών παθήσεων. Τα σωματίδια σε αυτές τις εκπομπές, όπως τα οξείδια του αζώτου και τα οξείδια του θείου, μπορούν να διεισδύσουν βαθιά στους πνεύμονες και ακόμη και να εισέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος, προκαλώντας φλεγμονή και οξειδωτικό στρες. Τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι και τα άτομα με προϋπάρχουσες αναπνευστικές ή καρδιαγγειακές παθήσεις είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στις βλαβερές συνέπειες αυτών των εκπομπών. Οι εκπομπές από τη ναυτιλία μπορούν όχι μόνο να έχουν άμεσες επιπτώσεις στην υγεία, αλλά μπορούν επίσης να συμβάλουν στην κλιματική αλλαγή, η οποία μπορεί στη συνέχεια να οδηγήσει σε μια σειρά από έμμεσες συνέπειες για την υγεία (Karim, 2015).

Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν πιο ακραία καιρικά φαινόμενα, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμούς, ασθένειες και θανάτους, καθώς και να επηρεάσουν τη διαθεσιμότητα τροφής και νερού, να αυξήσουν τον κίνδυνο μολυσματικών ασθενειών και να επιδεινώσουν τα υπάρχοντα προβλήματα υγείας. Τα πληρώματα των πλοίων κινδυνεύουν επίσης από προβλήματα υγείας που σχετίζονται με τις εκπομπές ρύπων. Για παράδειγμα, η έκθεση σε διοξείδιο του θείου και διοξείδιο του αζώτου μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα και ερεθισμό των ματιών, ενώ η έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να προκαλέσει βλάβη στους πνεύμονες και καρδιαγγειακά προβλήματα. Τα πληρώματα μπορεί επίσης να εκτεθούν σε άλλα επικίνδυνα υλικά, όπως ο αμιάντος, που μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του πνεύμονα και μεσοθηλίωμα. Συνολικά, οι συνέπειες των εκπομπών από τη ναυτιλία για την υγεία είναι

σημαντικές και ευρείες. Η μείωση αυτών των εκπομπών, για παράδειγμα με τη χρήση καθαρότερων καυσίμων και την υιοθέτηση τεχνολογιών ελέγχου των εκπομπών, είναι απαραίτητη για την προστασία τόσο της ανθρώπινης υγείας όσο και του περιβάλλοντος (Tan, 2006).

Είναι γνωστό ότι τα λιμάνια συνδέονται με δραστηριότητες βαριάς βιομηχανίας και αναπτύσσονται κοντά σε κατοικημένες ή/και σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές λ.χ. σε εκβολές ποταμών. Αρκετοί άνθρωποι, ιδίως, χαμηλού εισοδήματος, οι οποίοι διαβιώνουν συχνότερα κοντά σε περιοχές με ρυπογόνες δραστηριότητες, υποφέρουν συχνότερα από προβλήματα υγείας και η ποιότητα ζωής τους είναι κατώτερη. Τα μέλη της κοινότητας αυτής, λοιπόν, επηρεάζονται σοβαρά από τη έντονη κυκλοφορία των οχημάτων, τον θόρυβο και την ρύπανση του αέρα η οποία αποτελεί συνέπεια. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι κάτοικοι βρίσκονται σε ενεργητικότητα και τείνουν προσπάθειες για βελτίωση των συνθηκών του περιβάλλοντός τους. Βέβαια, αυτό δεν είναι αρκετό και η λήψη μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος στα λιμάνια έχει ως ένα πολύ σημαντικό κίνητρο τη βελτίωση της ζωής των ανθρώπων οι οποίοι ζουν γύρω από αυτά (Κοτρίκλα, 2015).

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι να διερευνήσει διάφορες τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία και τα λιμάνια. Οι τεχνολογίες περιλαμβάνουν υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), πετρέλαιο εσωτερικής καύσης (MGO), scrubbers, slow steaming και cold ironing. Αυτές οι τεχνολογίες έχουν διάφορους βαθμούς αποτελεσματικότητας και πιθανά μειονεκτήματα και η εφαρμογή τους θα εξαρτηθεί από διάφορους παράγοντες, όπως το κόστος, η υποδομή και οι κανονιστικές απαιτήσεις. Έμφαση θα δοθεί στη χρήση ενέργειας από ξηρά για ένα πλοίο στη διαδρομή μεταξύ Ηγουμενίτσας και Μπρίντιζι. Η χρήση ενέργειας από την ξηρά, όπως η ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, προσφέρει μια εναλλακτική λύση στα παραδοσιακά ναυτιλιακά καύσιμα και μπορεί να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές από τα πλοία.

Τελικά, η διατριβή παρέχει πληροφορίες για την τρέχουσα κατάσταση των εκπομπών από τη ναυτιλία, το ρυθμιστικό τοπίο που διέπει τις εκπομπές και τις διάφορες τεχνολογίες και στρατηγικές που είναι διαθέσιμες για τη μείωση των εκπομπών από τη ναυτιλία. Ελπίζεται ότι αυτή η μελέτη θα συμβάλει σε ένα πιο βιώσιμο και φιλικό προς το περιβάλλον μέλλον για τον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών.

## **Κεφάλαιο 2.**

### **Ατμοσφαιρικοί ρύποι και αέρια θερμοκηπίου από τη ναυτιλία**

Η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι απαραίτητη για το παγκόσμιο εμπόριο, μεταφέροντας αγαθά και εμπορεύματα στους ωκεανούς του κόσμου. Ωστόσο, η βιομηχανία δημιουργεί επίσης σημαντική ποσότητα ατμοσφαιρικών ρύπων και αερίων θερμοκηπίου, τα οποία μπορούν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, τη βιοποικιλότητα και την κλιματική αλλαγή (Κοτρίκλα, 2015). Αυτό το κεφάλαιο παρέχει μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τους ατμοσφαιρικούς ρύπους και τα αέρια θερμοκηπίου από τη ναυτιλία, συμπεριλαμβανομένων των πηγών, των επιπτώσεών τους και της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ατμοσφαιρικών ρύπων που μπορούν να παράγουν τα πλοία, από την καύση ορυκτών καυσίμων έως την εκπομπή καυσαερίων του κινητήρα. Η ναυτιλιακή βιομηχανία εκπέμπει μια σειρά από ρύπους στην ατμόσφαιρα, όπως διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>), σωματίδια (PM) και πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs). Η κύρια πηγή εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) είναι από την καύση καυσίμων καυσίμων υψηλής περιεκτικότητας σε θείο. Οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) παράγονται από τη διαδικασία καύσης σε υψηλές θερμοκρασίες σε κινητήρες θαλάσσης και τα επίπεδά τους εξαρτώνται από το σχεδιασμό του κινητήρα και τις συνθήκες λειτουργίας. Σωματίδια (PM) και πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) εκπέμπονται από την καύση καυσίμου και τη χρήση βοηθητικών κινητήρων στα πλοία (Karim, 2015).

Οι επιπτώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον είναι σημαντικές. Η ατμοσφαιρική ρύπανση από τη ναυτιλία μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, ιδιαίτερα στις λιμενικές περιοχές και στις παράκτιες περιοχές. Η έκθεση σε SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> και PM μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα, ενώ τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε καρκίνο. Επιπλέον, η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να προκαλέσει οξίνιση και ευτροφισμό των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, οδηγώντας σε μείωση της βιοποικιλότητας (Κοτρίκλα, 2015).

Εκτός από την ατμοσφαιρική ρύπανση, η ναυτιλιακή βιομηχανία συμβάλλει επίσης σημαντικά στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) (Εικ.1), του μεθανίου (CH<sub>4</sub>) και του υποξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O). Αυτά τα αέρια συμβάλλουν στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή, με τη ναυτιλιακή βιομηχανία να εκτιμάται ότι ευθύνεται για το 2-3% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η πλειονότητα των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου της βιομηχανίας προέρχεται από εκπομπές CO<sub>2</sub>, με την καύση ορυκτών καυσίμων να είναι η κύρια πηγή (Frid & Caswell, 2017). Εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), η ναυτιλιακή βιομηχανία εκπέμπει και άλλα αέρια

θερμοκηπίου, όπως το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) και το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O). Το μεθάνιο είναι ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου με επίδραση θέρμανσης 28 φορές μεγαλύτερη από το CO<sub>2</sub> σε μια περίοδο 100 ετών. Εκπέμπεται από την ατελή καύση καυσίμων και από διαρροές από συστήματα φυσικού αερίου στα πλοία. Το υποξείδιο του αζώτου είναι ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου με επίδραση θέρμανσης 265 φορές μεγαλύτερη από το CO<sub>2</sub> σε μια περίοδο 100 ετών. (Dewan et al., 2020).

Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη ναυτιλία είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) έχει εφαρμόσει κανονισμούς για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τα πλοία, συμπεριλαμβανομένου του Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI) και του Σχεδίου Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίων (SEEMP). Οι κανονισμοί αυτοί αποσκοπούν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων και στην προώθηση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων και τεχνολογιών για τη μείωση των εκπομπών. Επιπλέον, πρωτοβουλίες όπως οι Global Maritime Energy Efficiency Partnerships (GloMEEP) και το Getting to Zero Coalition εργάζονται για να επιταχύνουν την ανάπτυξη και την υιοθέτηση τεχνολογιών μηδενικών εκπομπών για τη ναυτιλιακή βιομηχανία (Clark, 2002; Dewan et al., 2020).

Είναι σημαντικό να παρακολουθούνται και να ποσοτικοποιούνται οι εκπομπές από τη ναυτιλία για να κατανοηθούν οι επιπτώσεις τους και να αναπτυχθούν αποτελεσματικές στρατηγικές για τη μείωσή τους. Χρησιμοποιούνται διάφορες μεθοδολογίες και εργαλεία για τη μέτρηση των εκπομπών από τα πλοία, συμπεριλαμβανομένων των προσεγγίσεων από κάτω προς τα πάνω (π.χ. παρακολούθηση κατανάλωσης καυσίμου) και προσεγγίσεις από πάνω προς τα κάτω (π.χ. ατμοσφαιρικές μετρήσεις). Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) έχει θεσπίσει κατευθυντήριες γραμμές για την παρακολούθηση και την αναφορά εκπομπών από πλοία και αρκετοί οργανισμοί εργάζονται για την ανάπτυξη παγκόσμιων καταλόγων εκπομπών (Tan, 2006).

Υπάρχουν αρκετοί διεθνείς οργανισμοί και πρωτοβουλίες που εργάζονται για τη μείωση των εκπομπών από τη ναυτιλιακή βιομηχανία, όπως ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO), η Ευρωπαϊκή Ένωση (EE) και η Σύμβαση Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC). Ο IMO έχει εφαρμόσει κανονισμούς για τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία, συμπεριλαμβανομένου του παραρτήματος VI MARPOL και του Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI). Η EE έχει εισαγάγει τον κανονισμό παρακολούθησης, αναφοράς και επαλήθευσης (MRV), ο οποίος απαιτεί από τα πλοία να παρακολουθούν και να αναφέρουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> τους. Η UNFCCC έχει συμπεριλάβει τη ναυτιλιακή βιομηχανία στις προσπάθειές της για την αντιμετώπιση της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. (Karim, 2015).

Η Σύμβαση Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) άνοιξε προς υπογραφή στη Διάσκεψη του Ρίο το 1992, με στόχο τη σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε επίπεδο που θα αποτρέψει την επικίνδυνη ανθρωπογενή παρέμβαση στο κλιματικό σύστημα. Σήμερα, είναι μια από τις πιο παγκοσμίως αποδεκτές περιβαλλοντικές συμφωνίες, με 196 μέρη να έχουν προσχωρήσει σε αυτήν (Κοτρίκλα, 2015). Η UNFCCC βασίζεται σε πολλές αρχές, όπως η αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης, η αρχή της πρόληψης, η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» και η αρχή της κοινής αλλά

διαφοροποιημένης ευθύνης. Η αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης αναγνωρίζει ότι η οικονομική ανάπτυξη δεν θα πρέπει να γίνει σε βάρος του περιβάλλοντος και ότι η προστασία του περιβάλλοντος είναι απαραίτητη για την οικονομική ανάπτυξη. Η αρχή της πρόληψης τονίζει την ανάγκη λήψης μέτρων για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αντί να περιμένουμε να εμφανιστούν δυσμενείς επιπτώσεις πριν αναλάβουμε δράση. Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» υποστηρίζει ότι οι υπεύθυνοι για τη ρύπανση πρέπει να αναλάβουν το κόστος των επιπτώσεών της. Η αρχή της κοινής αλλά διαφοροποιημένης ευθύνης αναγνωρίζει ότι όλες οι χώρες έχουν ευθύνη να αντιμετωπίσουν την κλιματική αλλαγή, αλλά ότι οι ανεπτυγμένες χώρες πρέπει να αναλάβουν την ηγεσία και να παρέχουν υποστήριξη στις αναπτυσσόμενες χώρες στις προσπάθειές τους (Karim, 2015; Κοτρίκλα, 2015).

Η UNFCCC έχει τρεις κατηγορίες χωρών, η καθεμία με διαφορετικές δεσμεύσεις. Οι χώρες του Παραρτήματος I είναι βιομηχανικές χώρες και χώρες με οικονομίες σε μεταβατικό στάδιο, όπως η Ρωσία και οι χώρες της Βαλτικής και της Κεντρικής Ευρώπης. Οι χώρες αυτές καλούνται να υιοθετήσουν πολιτικές και μέτρα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στα επίπεδα του 1990 έως το έτος 2000. Οι χώρες του Παραρτήματος II περιλαμβάνουν τις χώρες του Παραρτήματος I εξαιρουμένων εκείνων με οικονομίες σε μεταβατικό στάδιο. Αυτές οι χώρες υποχρεούνται να παρέχουν οικονομικούς πόρους στις αναπτυσσόμενες χώρες για να μειώσουν τις εκπομπές τους και να προσαρμοστούν στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, καθώς και να προωθήσουν τις πράσινες τεχνολογίες σε αυτές τις χώρες. Οι χώρες που δεν περιλαμβάνονται στο παράρτημα I είναι κυρίως αναπτυσσόμενες χώρες. Οι χώρες αυτές εξαιρούνται από τη λήψη μέτρων κατά της υπερθέρμανσης του πλανήτη, εκτός εάν λαμβάνουν βοήθεια από ανεπτυγμένες χώρες (Karim, 2015; Κοτρίκλα, 2015).

Αν και η UNFCCC δεν έθεσε αυστηρούς στόχους ή προθεσμίες ούτε διέθετε μηχανισμό επιβολής, προέβλεπε μια διαδικασία ενημερώσεων που οδήγησε στο Πρωτόκολλο του Κιότο. Το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο εγκρίθηκε το 1997 και τέθηκε σε ισχύ το 2005, καθόρισε δεσμευτικούς στόχους μείωσης των εκπομπών για τις χώρες του Παραρτήματος I και δημιούργησε έναν μηχανισμό με βάση την αγορά για τη μείωση των εκπομπών. Έκτοτε, έχουν υιοθετηθεί αρκετές άλλες συμφωνίες και πρωτοβουλίες για την περαιτέρω αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβανομένης της Συμφωνίας του Παρισιού το 2015, η οποία στοχεύει να περιορίσει την υπερθέρμανση του πλανήτη σε πολύ κάτω από τους 2 βαθμούς Κελσίου πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα και να συνεχίσει τις προσπάθειες για περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας σε 1,5 βαθμοί Κελσίου (Frid & Caswell, 2017). Συμπερασματικά, η UNFCCC είναι μια κρίσιμη διεθνής συμφωνία που αναγνωρίζει τη σημασία της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών της στο περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία. Οι αρχές της Σύμβασης και η κατηγοριοποίηση των χωρών παρέχουν ένα πλαίσιο για να αναλάβουν δράση οι χώρες, βάσει του επιπέδου ευθύνης και της ικανότητάς τους. Ωστόσο, πρέπει να γίνουν περισσότερα για να επιτευχθεί ο απώτερος στόχος της σταθεροποίησης των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και η πρόληψη της επικίνδυνης ανθρωπογενούς παρέμβασης στο κλιματικό σύστημα. Οι χώρες πρέπει να συνεργαστούν και να αναλάβουν φιλόδοξη και διαρκή δράση για τη μείωση των εκπομπών, την προσαρμογή στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και τη μετάβαση σε ένα μέλλον χαμηλών εκπομπών άνθρακα και ανθεκτικό (Κοτρίκλα, 2015).

Το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο αποσκοπούσε στην περαιτέρω μείωση των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, εγκρίθηκε στις 11 Δεκεμβρίου 1997, στην

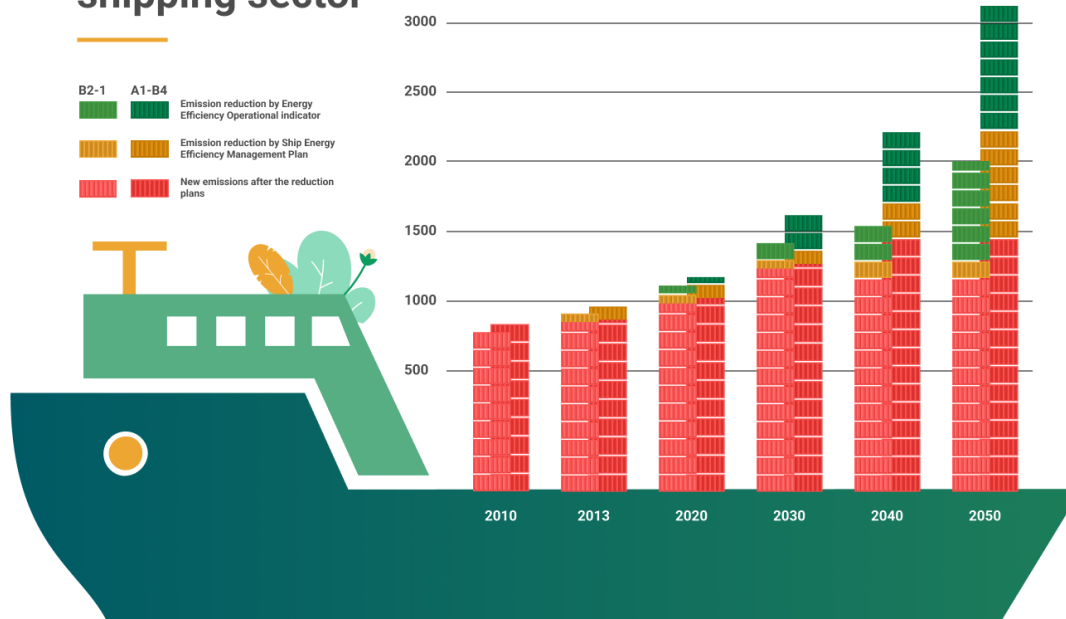
Τρίτη Διάσκεψη των Μερών (COP3) της Σύμβασης Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) στο Κιότο της Ιαπωνίας. Οι ανεπτυγμένες χώρες δεσμεύτηκαν σε δεσμευτικούς στόχους για τη μείωση των εκπομπών τους. Το Πρωτόκολλο απαιτεί από τις ανεπτυγμένες χώρες να μειώσουν τις συλλογικές τους εκπομπές έξι αερίων θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 5% κάτω από τα επίπεδα του 1990 έως το 2012. Τα έξι αέρια θερμοκηπίου που περιλαμβάνονται στο Πρωτόκολλο είναι διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), οξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O) , υδροφθοράνθρακες (HFCs), υπερφθοράνθρακες (PFCs) και εξαφθοριούχο θείο (SF<sub>6</sub>). Το Πρωτόκολλο ήταν ένα σημαντικό βήμα προόδου στις διεθνείς προσπάθειες για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Ήταν η πρώτη διεθνής συμφωνία που απαιτούσε δεσμευτικές μειώσεις των εκπομπών από τις ανεπτυγμένες χώρες, οι οποίες θεωρήθηκαν οι κύριοι συντελεστές της υπερθέρμανσης του πλανήτη λόγω των υψηλών επιπέδων ιστορικών εκπομπών τους (Dewan et al., 2020; Tanaka, 2015).

Το Πρωτόκολλο του Κιότο περιλάμβανε τρεις ευέλικτους μηχανισμούς για να βοηθήσουν τις ανεπτυγμένες χώρες να επιτύχουν τους στόχους τους για τις εκπομπές. Οι χώρες θα μπορούσαν να αγοράσουν και να πουλήσουν πιστώσεις εκπομπών, επιτρέποντας στις χώρες που έχουν μειώσει τις εκπομπές τους κάτω από τους στόχους τους να πωλούν επιπλέον πιστώσεις σε χώρες που έχουν υπερβεί τους στόχους τους. Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (CDM) είναι ένα πρόγραμμα μέσω του οποίου οι ανεπτυγμένες χώρες μπορούν να επενδύσουν σε έργα μείωσης των εκπομπών στις αναπτυσσόμενες χώρες με αντάλλαγμα πιστοποιημένες πιστώσεις μείωσης των εκπομπών. Αυτές οι πιστώσεις μπορούν στη συνέχεια να συνυπολογιστούν στους στόχους εκπομπών των ανεπτυγμένων χωρών. Η πρωτοβουλία Joint Implementation (JI) επιτρέπει στις ανεπτυγμένες χώρες να επενδύσουν σε έργα μείωσης των εκπομπών σε άλλες ανεπτυγμένες χώρες, με τις μειώσεις να υπολογίζονται στον στόχο εκπομπών της επενδυτικής χώρας (Hassan & Karim, 2018).

Το Πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005, αφού επικυρώθηκε από αρκετές χώρες ώστε να αντιπροσωπεύουν τουλάχιστον το 55% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου των ανεπτυγμένων χωρών. Ωστόσο, οι Ηνωμένες Πολιτείες, οι οποίες ήταν υπεύθυνες για το 25% περίπου των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου εκείνη την εποχή, δεν επικύρωσαν το Πρωτόκολλο. Επιπλέον, ορισμένες χώρες που έχουν επικυρώσει το πρωτόκολλο, όπως ο Καναδάς και η Ιαπωνία, δεν έχουν επιτύχει τους στόχους μείωσης των εκπομπών. Ως αποτέλεσμα, το Πρωτόκολλο του Κιότο έχει επικριθεί ότι δεν είναι αρκετά αποτελεσματικό για τη μείωση των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο ήταν σημαντικό ορόσημο στις διεθνείς προσπάθειες για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, έληξε το 2012 και αντικαταστάθηκε από την πιο φιλόδοξη Συμφωνία του Παρισιού (Tanaka, 2015).



## Projected annual CO<sub>2</sub> emissions from the shipping sector



Εικ.1 Ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη ναυτιλία (Shipping emissions, 2022)

## Κεφάλαιο 3

### Πλαίσιο αντιμετώπισης της ρύπανσης στα λιμάνια

#### 3.1. Παράρτημα VI της MARPOL

Το Παράρτημα VI (Εικ. 2) της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL) είναι ένα κρίσιμο ρυθμιστικό πλαίσιο που αντιμετωπίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση από τη ναυτιλία. Το παράρτημα θέτει όρια για τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>), οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) και σωματιδίων (PM) από τα καυσαέρια των πλοίων. Αυτές οι εκπομπές συμβάλλουν στην τοπική ατμοσφαιρική ρύπανση, την όξινη βροχή και την παγκόσμια κλιματική αλλαγή. Το παράρτημα VI εγκρίθηκε το 1997 και τέθηκε σε ισχύ το 2005. Οι κανονισμοί ισχύουν για όλα τα πλοία, ανεξάρτητα από τη σημαία, το μέγεθος ή την ηλικία τους, και επιβάλλονται από τις αρχές του κράτους λιμένα. Το παράρτημα VI ορίζει περιοχές ελέγχου εκπομπών (ECA) όπου ισχύουν αυστηρότερα όρια για τις εκπομπές SO<sub>x</sub> και PM. Επί του παρόντος, υπάρχουν τέσσερις καθορισμένες ECA: η Βαλτική Θάλασσα, η Βόρεια Θάλασσα, η ECA της Βόρειας Αμερικής και η ECA της Καραϊβικής Θάλασσας των Ηνωμένων Πολιτειών. Τα πλοία που λειτουργούν σε αυτές τις περιοχές πρέπει να συμμορφώνονται με αυστηρότερα πρότυπα εκπομπών (IMO, 2022).

Προκειμένου να συμμορφωθούν με το Παράρτημα VI, τα πλοία μπορούν να χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνολογίες και πρακτικές για τη μείωση των εκπομπών τους. Για τη μείωση των εκπομπών από τα πλοία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, όπως πετρέλαιο εσωτερικής καύσης θαλάσσης ή υγροποιημένο φυσικό αέριο. Επιπλέον, μπορούν να εγκατασταθούν συστήματα καθαρισμού καυσαερίων ή πλυντρίδες για την απομάκρυνση των ρύπων από τα καυσαέρια των πλοίων. Τέλος, μπορούν να υιοθετηθούν τεχνολογίες κινητήρων που βελτιώνουν την απόδοση καυσίμου και μειώνουν τις εκπομπές ρύπων, όπως η αργή παραγωγή ατμού. Μια άλλη επιλογή είναι η τροφοδοσία από την ξηρά ή το cold ironing, που επιτρέπει στα πλοία να συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο στα λιμάνια και να χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια αντί να λειτουργούν οι κινητήρες τους (Κοτρίκλα, 2015).

Το Παράρτημα VI της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL) περιέχει διατάξεις για τις περιοχές ελέγχου εκπομπών SO<sub>x</sub> (SECAs). Πρόκειται για ειδικούς τομείς όπου τα όρια εκπομπών για οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>) είναι πιο αυστηρά από τις παγκόσμιες απαιτήσεις. Σε αυτές τις περιοχές, τα πλοία υποχρεούνται να χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο που δεν υπερβαίνει αρχικά το 1,5% m/m, μειώθηκε σε 1% το 2010 και περαιτέρω μειωμένη στο 0,1% από το 2015 (Κοτρίκλα, 2015). Ωστόσο, η συμμόρφωση με αυτές τις απαιτήσεις μπορεί να είναι δαπανηρή για τους φορείς εκμετάλλευσης πλοίων, ειδικά εάν δραστηριοποιούνται συχνά σε SECA. Μια εναλλακτική λύση για τη χρήση καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο είναι η εγκατάσταση ενός συστήματος πλύσης ή οποιασδήποτε άλλης τεχνολογίας που θα μείωνε τις εκπομπές SO<sub>2</sub> στο επίπεδο των εκπομπών καυσίμου χαμηλού θείου. Ένα σύστημα πλύσης είναι μια συσκευή που αφαιρεί το SO<sub>x</sub> από τα καυσαέρια του πλοίου πριν απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα. Αυτό το κάνει χρησιμοποιώντας ένα απορροφητικό υλικό



(όπως θαλασσινό νερό ή μια εξειδικευμένη χημική ουσία) για να εξουδετερώσει το SO<sub>x</sub> στα καυσαέρια (Karim, 2015).

Τα συστήματα scrubber μπορούν να εγκατασταθούν σε νέα πλοία ή να τοποθετηθούν εκ των υστέρων σε υπάρχοντα. Κυκλοφορούν σε διαφορετικούς τύπους, όπως πλυντήρια ανοιχτού βρόχου, κλειστού βρόχου και υβριδικά πλυντήρια. Κάθε είδος έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, οι πλυντρίδες ανοιχτού βρόχου χρησιμοποιούν θαλασσινό νερό ως ροφητικό, το οποίο μπορεί να είναι οικονομικά αποδοτικό και φιλικό προς το περιβάλλον, αλλά μπορεί να προκαλέσει ανησυχίες σχετικά με την απόρριψη όξινων λυμάτων. Οι πλυντρίδες κλειστού βρόχου, από την άλλη πλευρά, ανακυκλώνουν το ροφητικό και επεξεργάζονται τα λύματα επί του σκάφους, αλλά απαιτούν περισσότερη ενέργεια και παράγουν περισσότερα στερεά απόβλητα (Karim, 2015).

Είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι οι διεθνείς απαιτήσεις μεταφέρονται σωστά στην εθνική νομοθεσία, καθώς η παράλειψη μπορεί να οδηγήσει σε κράτηση πλοίου σε λιμένα του εξωτερικού λόγω μη συμμόρφωσης, με αποτέλεσμα σημαντικές καθυστερήσεις και κόστος. Η διαδικασία μεταφοράς μιας συνθήκης στο εσωτερικό δίκαιο διαφέρει από χώρα σε χώρα και είναι σημαντικό όσοι συντάσσουν την εθνική νομοθεσία για το Παράρτημα VI MARPOL να δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στις ρήτρες της συνθήκης που απαιτούν δράση. Ανάλογα με τις συγκεκριμένες υποχρεώσεις του συμβαλλόμενου κράτους, ενδέχεται να απαιτούνται περισσότερες από μία εθνικές νομοθεσίες για την εφαρμογή του παραρτήματος VI της MARPOL. Εκτός από τη νομοθεσία, η εφαρμογή μιας συνθήκης όπως το Παράρτημα VI της MARPOL περιλαμβάνει επίσης την έκδοση πολιτικών, κατευθυντήριων γραμμών και κατευθυντήριων γραμμών για τη συμπλήρωση των διατάξεων εφαρμογής, συμμόρφωσης και επιβολής της. Η επιβολή των εθνικών διατάξεων, καθώς και τα αδικήματα και οι κυρώσεις για μη συμμόρφωση, πρέπει επίσης να περιλαμβάνονται στην εθνική νομοθεσία (Tanaka, 2015; Zeben & Rowell, 2020).

Το παράρτημα VI της MARPOL τροποποιείται και ενημερώνεται τακτικά σύμφωνα με τις τεχνικές και περιβαλλοντικές αλλαγές/προόδους. Αυτές οι αλλαγές πρέπει να ενσωματωθούν στην εθνική νομοθεσία για να διασφαλιστεί ότι αντικατοπτρίζει τις τρέχουσες διεθνείς απαιτήσεις. Υπάρχουν πολλές διεθνείς συμβάσεις, όπως το παράρτημα VI της MARPOL, που περιέχουν εξαιρετικά τεχνικές απαιτήσεις. Αυτές οι απαιτήσεις συχνά περιγράφονται επίσης λεπτομερώς σε κώδικες που επιβάλλουν ακόμη πιο συγκεκριμένες τεχνικές απαιτήσεις για τα πλοία, τον εξοπλισμό τους κ.λπ. Ένας τρόπος με τον οποίο οι χώρες μπορούν να εφαρμόσουν αυτές τις απαιτήσεις στην εθνική τους νομοθεσία είναι να κάνουν μια παραπομπή στο σχετικό διεθνές μέσο - αυτό είναι μερικές φορές ονομάζεται «ενσωμάτωση με αναφορά». Αυτό θα σήμαινε ότι, αντί να επαναλαμβάνεται η διεθνής απαίτηση στην εθνική νομοθεσία, η διάταξη θα μπορούσε να ορίζει ότι το πλοίο πρέπει να συμμορφώνεται, για παράδειγμα, με τον κανονισμό 14 του παραρτήματος VI MARPOL. Αυτό θα μείωνε τη διαφορά μεταξύ των εθνικών και διεθνών απαιτήσεων και θα διευκόλυνε τους πλοιοκτήτες, τους ναυπηγούς και άλλα ενδιαφερόμενα μέρη να παραπέμπουν σε ένα σύνολο νομικών κειμένων (Hassan & Karim, 2018; Zeben & Rowell, 2020).

Το Παράρτημα VI της Σύμβασης MARPOL είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία. Θέτει ένα παγκόσμιο πρότυπο για τον έλεγχο των εκπομπών και ενθαρρύνει την ανάπτυξη και υιοθέτηση καθαρότερων τεχνολογιών για τη ναυτιλιακή βιομηχανία, όπως η χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, η εγκατάσταση συστημάτων καθαρισμού καυσαερίων, η υιοθέτηση τεχνολογιών κινητήρων που βελτιώνουν την απόδοση καυσίμου και μείωση των εκπομπών και τη

χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά (Frid & Caswell, 2017). Η εφαρμογή του Παραρτήματος VI της Σύμβασης MARPOL έχει ήδη οδηγήσει στην ανάπτυξη και χρήση εναλλακτικών καυσίμων στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Για παράδειγμα, πολλά πλοία έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) ως καύσιμο, το οποίο παράγει χαμηλότερα επίπεδα εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τα παραδοσιακά ορυκτά καύσιμα. Η χρήση υδρογόνου και βιοκαυσίμων διερευνάται επίσης ως πιθανά εναλλακτικά καύσιμα για το μέλλον (Hassan & Karim, 2018).

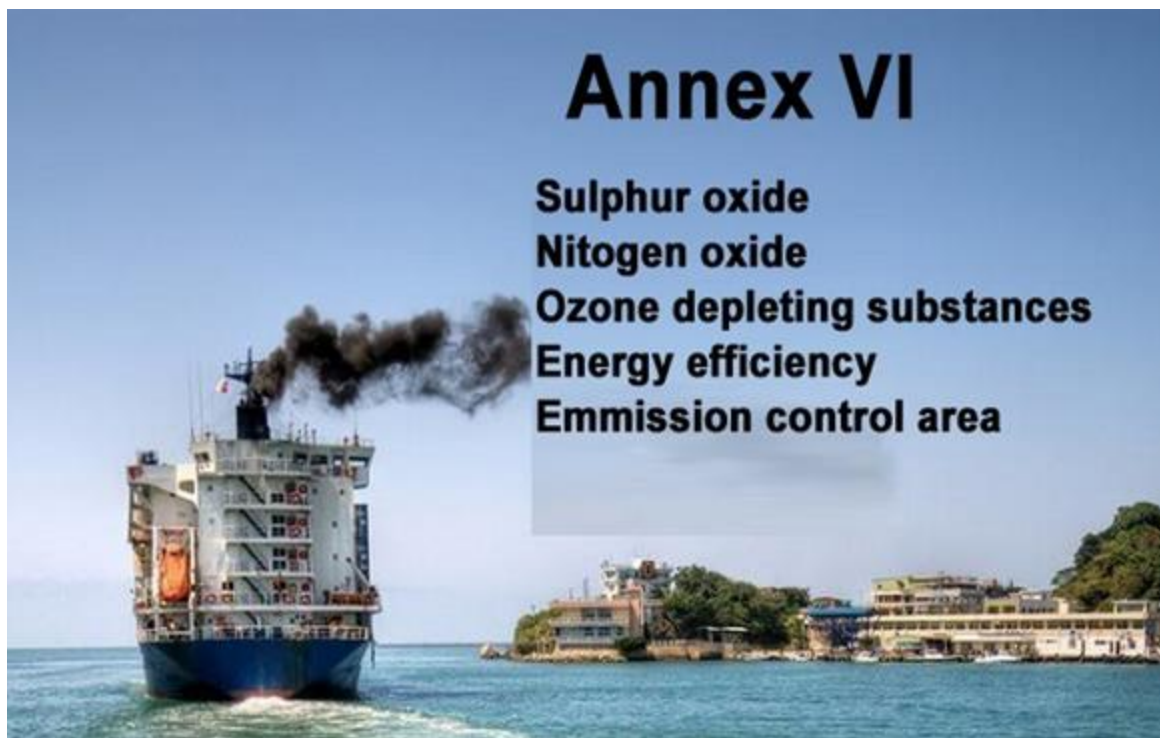
Εκτός από τα εναλλακτικά καύσιμα, αναπτύσσονται πιο αποδοτικοί κινητήρες για τη μείωση των εκπομπών και την αύξηση της απόδοσης καυσίμου. Για παράδειγμα, ορισμένοι κινητήρες χρησιμοποιούν πλέον συστήματα ανάκτησης απορριπτόμενης θερμότητας για να παράγουν πρόσθετη ενέργεια και να μειώσουν την κατανάλωση καυσίμου. Άλλες τεχνολογίες, όπως συστήματα λίπανσης αέρα και προηγμένα σχέδια γάστρας, αναπτύσσονται επίσης για τη μείωση της αντίστασης των πλοίων στο νερό και την αύξηση της ενεργειακής τους απόδοσης. Υπάρχει επίσης μια αυξανόμενη εστίαση στις βιώσιμες ναυτιλιακές πρακτικές, όπως η αργή άτμιση, η οποία περιλαμβάνει τη μείωση της ταχύτητας του πλοίου για εξοικονόμηση καυσίμων και μείωση των εκπομπών. Οι ναυτιλιακές εταιρείες διερευνούν επίσης τρόπους για να βελτιστοποιήσουν τις δραστηριότητές τους, όπως μέσω καλύτερου σχεδιασμού δρομολογίων και χρήσης ψηφιακών τεχνολογιών, για να μειώσουν τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις. Κοιτάζοντας στο μέλλον, είναι πιθανό το παράρτημα VI MARPOL να συνεχίσει να έχει σημαντικό αντίκτυπο στη ναυτιλιακή βιομηχανία (Tanaka, 2015). Καθώς ο κόσμος ανησυχεί όλο και περισσότερο για την κλιματική αλλαγή, ενδέχεται να θεσπιστούν περαιτέρω κανονισμοί για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη ναυτιλία. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, όπως εναλλακτικά καύσιμα και πιο αποδοτικούς κινητήρες, και θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια στροφή προς πιο βιώσιμες ναυτιλιακές πρακτικές. Συνολικά, το παράρτημα VI της MARPOL είναι πιθανό να συνεχίσει να διαμορφώνει το μέλλον της ναυτιλιακής βιομηχανίας, καθώς οι ρυθμιστικές αρχές, οι πλοιοκτήτες και οι φορείς εκμετάλλευσης συνεργάζονται για να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ναυτιλίας και να δημιουργήσουν ένα πιο βιώσιμο μέλλον (Hassan & Karim, 2018).

Αξίζει σε αυτό το σημείο να αναφερθούμε και σε κάποια ιστορικά σημεία σχετικά με το συγκεκριμένο παράρτημα. Το παράρτημα VI της συνθήκης MARPOL είναι η κύρια διεθνής συνθήκη που καλύπτει τις απαιτήσεις πρόληψης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία. Εφαρμόστηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες μέσω του νόμου για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία, 33 U.S.C. 1901-1905 (APPS). Οι απαιτήσεις του Παραρτήματος VI περιλαμβάνουν πρότυπα τόσο για τον κινητήρα όσο και για τα καύσιμα και ισχύουν για πλοία με σημαία ΗΠΑ οπουδήποτε βρίσκονται και για πλοία χωρίς σημαία ΗΠΑ που δραστηριοποιούνται στα ύδατα των ΗΠΑ. Το παράρτημα VI θεσπίζει όρια στις εκπομπές από κινητήρες ντίζελ πλοίων, απαιτώντας τη λειτουργία τους σύμφωνα με τα πρότυπα του Παραρτήματος VI. Τα πρότυπα ισχύουν τόσο για τους κύριους κινητήρες πρόωσης όσο και για τους βοηθητικούς κινητήρες. Επιπλέον, τα όρια περιεκτικότητας σε θείο του Παραρτήματος VI ισχύουν για τα καύσιμα πλοίων. Τέλος, τα πλοία που εκτελούν δρομολόγια έως και 200 ναυτικά μίλια μακριά από τις ακτές των ΗΠΑ πρέπει να πληρούν τα πιο προηγμένα πρότυπα για τις εκπομπές NOx και να χρησιμοποιούν καύσιμα με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο (EPA, 2020).

Στις 27 Ιουνίου 2011 η EPA και η Ακτοφυλακή συνήψαν Μνημόνιο Συνεννόησης (MOU) για την επιβολή του Παραρτήματος VI της Σύμβασης MARPOL. Το ΜΣ του Παραρτήματος VI προβλέπει ότι η EPA και η Ακτοφυλακή θα επιβάλλουν από κοινού και συνεργατικά τις διατάξεις

του Παραρτήματος VI και της APPS. Οι προσπάθειες που πρέπει να γίνουν από το Λιμενικό Σώμα και την EPA περιλαμβάνουν επιθεωρήσεις, έρευνες και ενέργειες επιβολής σε περίπτωση που εντοπιστεί παραβίαση. Οι προσπάθειες για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με το Παράρτημα VI και το APPS περιλαμβάνουν την επίβλεψη των εγκαταστάσεων ανεφοδιασμού πλοίων, τις επιθεωρήσεις συμμόρφωσης επί του πλοίου και τις αναθεωρήσεις αρχείων. Η EPA και η Ακτοφυλακή εξέδωσαν κοινή επιστολή προς τη βιομηχανία υπενθυμίζοντας τις απαιτήσεις σύμφωνα με το Παράρτημα VI της Σύμβασης MARPOL, η οποία στοχεύει στη μείωση της ρύπανσης από τα ποντοπόρα πλοία. Αυτή η ρύπανση μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένης της συμβολής στην κακή ποιότητα του αέρα και τα επίπεδα όζοντος. Αυτοί οι κινητήρες εκπέμπουν επίσης υδρογονάνθρακες (HC), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και επικίνδυνους ατμοσφαιρικούς ρύπους ή ατμοσφαιρικές τοξικές ουσίες που σχετίζονται με δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία. Αυτές οι εκπομπές προκαλούν βλάβες στη δημόσια ευημερία και συμβάλλουν στη μείωση της ορατότητας και σε άλλες επιζήμιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε όλες τις Ηνωμένες Πολιτείες (EPA, 2020; Gekara & Sampson, 2021).

Οι μεγάλοι πετρελαιοκινητήρες ναυτιλίας συμβάλλουν σημαντικά στον εθνικό μας κατάλογο εκπομπών πηγών κινητής τηλεφωνίας. Η συνεισφορά τους αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον με τον σημερινό ρυθμό. Οι εκπομπές NOx από τα πλοία προβλέπεται να υπερδιπλασιαστούν σε 2,1 εκατομμύρια τόνους ετησίως, ενώ οι ετήσιες εκπομπές PM<sub>2,5</sub> αναμένεται να τριπλασιαστούν σχεδόν σε 170.000 τόνους ετησίως έως το 2030. Η νέα διαδικασία για αναφορές μη διαθεσιμότητας μαζούτ (FONARS) είναι πλέον διαθέσιμη. Από τις 28 Ιουνίου 2019, οι πλοιοκτήτες και οι διαχειριστές πλοίων που κατευθύνονται σε λιμάνια των Ηνωμένων Πολιτειών και δεν μπορούν να αγοράσουν συμμορφούμενο μαζούτ μπορεί να πληρούν την απαίτηση του κανονισμού 18.2.4 του Παραρτήματος VI της MARPOL να ειδοποιούν την αρμόδια αρχή του σχετικού λιμένα προορισμού με ειδοποίηση του ενήμερου Λιμενικού Λιμενικού Σώματος των ΗΠΑ (COPT). Από τις 30 Ιουνίου 2019, η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. δεν θα δέχεται πλέον αναφορές μη διαθεσιμότητας καυσίμων και η πύλη FOND θα κλείσει. Για περισσότερες πληροφορίες, ανατρέξτε στο Δελτίο Πληροφοριών για την Ασφάλεια στη Θάλασσα της Ακτοφυλακής των ΗΠΑ. Η EPA δημοσίευσε μια πολιτική κυρώσεων για πλοία που παραβιάζουν το πρότυπο του θείου στα καύσιμα. Αυτή η πολιτική ισχύει για παραβιάσεις των νέων διεθνών προτύπων για τις εκπομπές θείου από πλοία που τέθηκαν σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2015 και για παραβιάσεις των προηγούμενων προτύπων. Ο σκοπός αυτής της πολιτικής είναι να αποτρέψει πιθανούς παραβάτες, να διασφαλίσει ότι η EPA αξιολογεί δίκαιες και δίκαιες κυρώσεις και να επιτρέπει την ταχεία επίλυση των αξιώσεων που προκύπτουν από μη συμμόρφωση (EPA, 2020).



Εικ.2 Παράρτημα VI της MARPOL (Jithin, 2022)

### 3.2. ΕΕ: Οδηγία 2014/94/ΕΕ για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων

Η Οδηγία για την Ανάπτυξη της Υποδομής Εναλλακτικών Καυσίμων (2014/94/ΕΕ) είναι νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης που θέτει ένα πλαίσιο για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων στην ΕΕ προκειμένου να μειωθεί η εξάρτηση της ΕΕ από το πετρέλαιο, να αυξηθεί η χρήση εναλλακτικών καυσίμων, και να επιτύχει ένα πιο βιώσιμο σύστημα μεταφορών με χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Η οδηγία ισχύει για όλους τους τύπους οδικών οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων των επιβατικών αυτοκινήτων, των φορτηγών, των φορτηγών και των λεωφορείων, καθώς και για τα πλοία εσωτερικής ναυσιπλοΐας. Απαιτεί από τα κράτη μέλη να αναπτύξουν εθνικά πλαίσια πολιτικής για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων στόχων για την ανάπτυξη υποδομών για ηλεκτρική ενέργεια, υδρογόνο, φυσικό αέριο και υγραέριο (LPG) για τις μεταφορές (Dewan et al., 2020).

Η παρούσα οδηγία θεσπίζει ειδικές απαιτήσεις για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, όπως η εγκατάσταση σημείων επαναφόρτισης και ανεφοδιασμού για ηλεκτρικά οχήματα, υδρογόνο και φυσικό αέριο, την προώθηση των βιοκαυσίμων και του βιοαερίου και την ανάπτυξη υποδομών για την προμήθεια προηγμένων βιοκαυσίμων (Dewan et al., 2020). Τα κράτη μέλη καλούνται να δημιουργήσουν έναν ελάχιστο αριθμό σημείων επαναφόρτισης και ανεφοδιασμού για εναλλακτικά καύσιμα έως το 2020 και να διασφαλίσουν ότι τα σημεία αυτά είναι προσβάσιμα και διαθέσιμα στο κοινό. Η οδηγία απαιτεί επίσης από τα κράτη μέλη να θεσπίσουν ένα κοινό σύνολο τεχνικών προδιαγραφών και προτύπων για την υποδομή εναλλακτικών καυσίμων, ώστε να διασφαλίζεται η διαλειτουργικότητα και η συμβατότητα σε ολόκληρη την ΕΕ (Karim, 2015).

Ακολουθούν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις ειδικές απαιτήσεις για την ανάπτυξη υποδομής εναλλακτικών καυσίμων βάσει της Οδηγίας 2014/94/ΕΕ. Η οδηγία απαιτεί από τα κράτη μέλη να θεσπίσουν έναν ελάχιστο αριθμό σημείων επαναφόρτισης και ανεφοδιασμού για οχήματα με ηλεκτρική ενέργεια, υδρογόνο και φυσικό αέριο, λαμβάνοντας υπόψη την πυκνότητα του πληθυσμού και τον υπάρχοντα στόλο οχημάτων. Για τα ηλεκτρικά οχήματα, ο ελάχιστος αριθμός σημείων επαναφόρτισης που πρέπει να καθιερώσει κάθε κράτος μέλος έως το 2020 είναι ένα σε κάθε σταθμό ανεφοδιασμού οχημάτων βενζίνης και ντίζελ (Tanaka, 2015). Για τα οχήματα υδρογόνου, ο ελάχιστος αριθμός σημείων ανεφοδιασμού που πρέπει να δημιουργηθεί από κάθε κράτος μέλος έως το 2025 είναι κατάλληλος αριθμός με ελάχιστη κάλυψη αστικών και προαστιακών περιοχών. Για τα οχήματα φυσικού αερίου, ο ελάχιστος αριθμός σημείων ανεφοδιασμού που πρέπει να δημιουργηθεί από κάθε κράτος μέλος έως το 2025 είναι κατάλληλος αριθμός με ελάχιστη κάλυψη αστικών και προαστιακών περιοχών. Επιπλέον, η οδηγία απαιτεί από τα κράτη μέλη να προωθήσουν τη χρήση βιοκαυσίμων και βιοαερίου στον τομέα των μεταφορών καθιερώνοντας έναν ελάχιστο αριθμό σημείων ανεφοδιασμού για αυτά τα καύσιμα που είναι συμβατά με τους υπάρχοντες σταθμούς ανεφοδιασμού βενζίνης και ντίζελ και που παρέχουν σαφείς πληροφορίες για τον τύπο καύσιμου και την περιεκτικότητα σε βιοκαύσιμα (Zeben & Rowell, 2020).

Η οδηγία περιλαμβάνει επίσης διατάξεις για την υποστήριξη της ανάπτυξης οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων, όπως η προώθηση της δημόσιας προμήθειας οχημάτων χαμηλών εκπομπών ρύπων, η χρήση υπηρεσιών δημόσιων μεταφορών που λειτουργούν με εναλλακτικά καύσιμα και η παροχή εκστρατειών ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης για προώθηση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων (Κοτρίκλα, 2015). Ενθαρρύνει την ανάπτυξη υποδομών για τη στήριξη της προμήθειας προηγμένων βιοκαυσίμων, τα οποία προέρχονται από μη διατροφικές πηγές. Τα

κράτη μέλη καλούνται να προωθήσουν τη χρήση προηγμένων βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών θέτοντας εθνικούς στόχους για τη χρήση τους και παρέχοντας κίνητρα για την παραγωγή και την κατανάλωσή τους. Επίσης ορίζει απαιτήσεις για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, συμπεριλαμβανομένης της εγκατάστασης σημείων επαναφόρτισης και ανεφοδιασμού για ηλεκτρικά οχήματα, υδρογόνου και φυσικού αερίου, την προώθηση των βιοκαυσίμων και του βιοαερίου και την ανάπτυξη υποδομών για την προμήθεια προηγμένων βιοκαυσίμων. Αυτές οι απαιτήσεις έχουν σχεδιαστεί για να προωθήσουν την απορρόφηση εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών και να μειώσουν την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, συμβάλλοντας στις προσπάθειες της ΕΕ για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα (Hassan & Karim, 2018).

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθούμε και σε κάποιες άλλες πρωτοβουλίες της ΕΕ εν συντομία. Η ΕΕ δημοσίευσε μια ενημερωμένη έκδοση της «πράσινης συμφωνίας» της, που ονομάζεται «Fit for 55», η οποία περιλαμβάνει μια σειρά από προτάσεις που στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών από τη ναυτιλία. Ένα από αυτά είναι ένα μέτρο για την επέκταση του συστήματος εμπορίας εκπομπών της ΕΕ στις θαλάσσιες μεταφορές. Η ΕΕ έχει επίσης προτείνει μια τριάδα μέτρων σχετικά με τα καύσιμα ναυτιλίας. Το FuelEU Maritime Initiative είναι μια πρόταση που θα ισχύει για όλα τα πλοία άνω των 5.000 GT που επισκέπτονται λιμάνι εντός της ΕΕ, ανεξάρτητα από τη σημαία του σκάφους. Η πρωτοβουλία θα καταγράφει όχι μόνο τις εκπομπές από ταξίδια εντός της ΕΕ, αλλά και το 50% των εκπομπών από ταξίδια που ξεκινούν εκτός ΕΕ και καταλήγουν σε λιμένα της ΕΕ ή που ξεκινούν από λιμάνι της ΕΕ και καταλήγουν σε λιμάνι εκτός ΕΕ. Από την 1η Ιανουαρίου 2030, υπάρχουν πρόσθετες διατάξεις μηδενικών εκπομπών, οι οποίες απαιτούν ότι (με ορισμένες περιορισμένες εξαιρέσεις), τα πλοία που βρίσκονται ελλιμενισμένα σε λιμάνι της ΕΕ για περισσότερες από 2 ώρες θα πρέπει να συνδέονται σε παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά.

Υπάρχουν κυρώσεις για μη συμμόρφωση με την απαίτηση σύνδεσης σε παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στην ξηρά όταν βρίσκεται σε ελλιμενισμό σε λιμάνι της ΕΕ. Αυτές οι κυρώσεις υπολογίζονται πολλαπλασιάζοντας τα 250 ευρώ με τον αριθμό των μεγαβάτ της ισχύος επί του σκάφους και τον αριθμό των ωρών παραμονής στο αγκυροβόλιο. Οι πλοιοκτήτες θα πρέπει να υποβάλουν σχέδια παρακολούθησης το 2024 για να επιβεβαιώσουν τη μέθοδο με την οποία θα παρακολουθούν τις εκπομπές, προκειμένου να συμμορφωθούν με τους στόχους μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου που ορίζονται παραπάνω. Η παρακολούθηση θα πρέπει να επαληθεύεται εξωτερικά, όπως και η αναφορά στο πλαίσιο αυτής, με το πιστοποιητικό "FuelEU" να εκδίδεται για κάθε πλοίο που συμμορφώνεται. Αυτό το πιστοποιητικό θα ελεγχθεί σε λιμάνια σε όλη την ΕΕ ως μέρος των συνήθων επιθεωρήσεων σκαφών. Δεν αναμένεται ότι η συμμόρφωση με τις απαιτήσεις παρακολούθησης θα είναι ιδιαίτερα επαχθής, δεδομένου ότι τα πλοία πρέπει ήδη να συμμορφώνονται με ένα ή και τα δύο από τα εξής: (1) τον Κανονισμό (ΕΕ) MRV της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) 2015/757 για την παρακολούθηση, την υποβολή εκθέσεων και επαλήθευση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από πλοία που τέθηκαν σε ισχύ το 2018· ή (2) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) Fuel Oil Data Collection System (DCS) σχετικά με τη συλλογή και την αναφορά δεδομένων κατανάλωσης μαζούτ πλοίων από τον κανονισμό MARPOL 22A που τέθηκε επίσης σε ισχύ την 1η Μαρτίου 2018 (Bodal Hansen & Roche, 2021).

Εάν ένας εξωτερικός επαληθευτής διαπιστώσει ότι ένα σκάφος δεν έχει συμμορφωθεί με τους στόχους μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, οι κυρώσεις θα επιβληθούν χρησιμοποιώντας μια προβλεπόμενη μεθοδολογία. Τα χρήματα από αυτές τις κυρώσεις θα χρησιμοποιηθούν για τη στήριξη έργων που στοχεύουν στην ανάπτυξη καυσίμων χωρίς άνθρακα

στον ναυτιλιακό τομέα. Εάν ένας φορέας εκμετάλλευσης πλοίου λάβει ποινή βάσει της Πρωτοβουλίας FuelEU, ο εξωτερικός επαληθευτής μπορεί να εκδώσει πιστοποιητικό «FuelEU» εάν το πρόστιμο έχει καταβληθεί. Εάν ένα πλοίο δεν διαθέτει έγκυρο πιστοποιητικό FuelEU για δύο συνεχόμενα έτη, τότε μπορούν να ληφθούν πρόσθετα μέτρα επιβολής, συμπεριλαμβανομένης της εντολής απέλασης από το κράτος λιμένα ή, στην περίπτωση του κράτους σημαίας του πλοίου, η κράτηση του πλοίου μέχρι να εκπληρώσει το υποχρεώσεις. Το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο, η κηροζίνη και τα μη βιώσιμα βιοκαύσιμα θα φορολογούνται με 0,9 ευρώ ανά gigajoule, χωρίς μείωση κατά τη μεταβατική περίοδο. Το LNG, το μη βιώσιμο βιοαέριο και τα μη ανανεώσιμα καύσιμα μη βιολογικής προέλευσης θα φορολογούνται με 0,6 ευρώ ανά gigajoule κατά τη μεταβατική περίοδο και 0,9 ευρώ ανά gigajoule στη συνέχεια. Το βιοαέριο βιώσιμων καλλιεργειών τροφίμων και ζωοτροφών και τα βιοκαύσιμα βιώσιμων καλλιεργειών τροφίμων και ζωοτροφών θα φορολογούνται με 0,45 ευρώ ανά gigajoule κατά τη μεταβατική περίοδο και 0,9 ευρώ ανά gigajoule στη συνέχεια. Τα βιώσιμα βιοκαύσιμα και το βιοαέριο θα φορολογούνται με 0,45 ευρώ ανά gigajoule τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά τη μεταβατική περίοδο. Τα καύσιμα χαμηλών εκπομπών άνθρακα θα φορολογούνται με 0,15 ευρώ ανά gigajoule κατά τη μεταβατική περίοδο και 0,45 ευρώ ανά gigajoule στη συνέχεια (Bodal Hansen & Roche, 2021).

Τα ανανεώσιμα καύσιμα μη βιολογικής προέλευσης, τα προηγμένα βιώσιμα βιοκαύσιμα και το βιοαέριο θα φορολογούνται με 0,15 ευρώ ανά gigajoule τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά τη μεταβατική περίοδο, όπως και η ηλεκτρική ενέργεια. Το νομοσχέδιο περιλαμβάνει περιθώρια για τις κυβερνήσεις της ΕΕ να επεκτείνουν αυτούς τους φόρους σε αποθήκες που παλούνται για διεθνή ταξίδια. Οι προτεινόμενες αναθεωρήσεις της Οδηγίας για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων 2014/94/ΕΕ (γνωστή και ως οδηγία CPT) προορίζονται να συνδυαστούν με την Πρωτοβουλία FuelEU. Οι αναθεωρήσεις περιλαμβάνουν προτάσεις για την εισαγωγή κανόνων της ΕΕ για τη διασφάλιση της δημιουργίας εναλλακτικών σημείων ανεφοδιασμού σε όλη την Ευρώπη με κοινά πρότυπα για το σχεδιασμό και τη χρήση τους (Bodal Hansen & Roche, 2021).

## Κεφάλαιο 4

### Τεχνολογίες για τον περιορισμό ατμοσφαιρικής ρύπανσης και αερίων θερμοκηπίου από τη ναυτιλία στα πλοία και στο λιμάνι

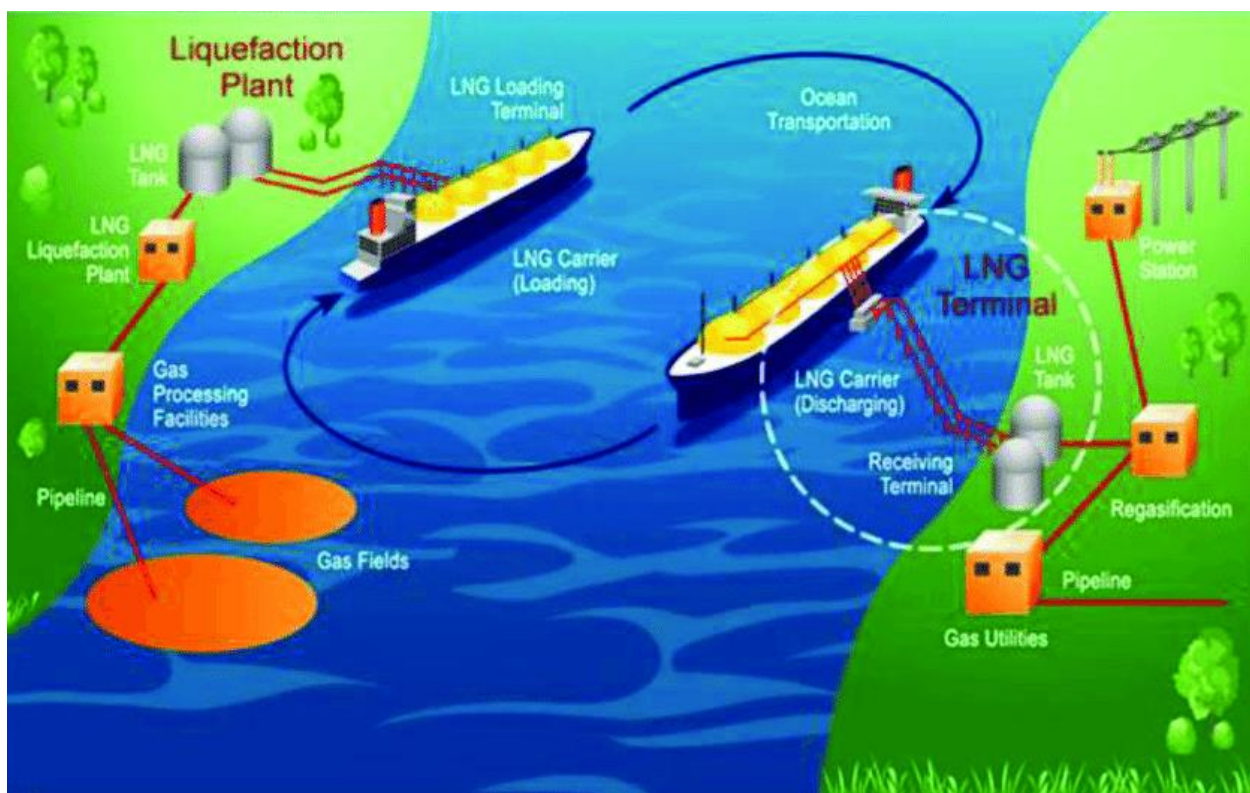
Η ΕΕ εργάζεται για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία στο πλαίσιο του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (ΙΜΟ), ιδίως των εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>). Για το σκοπό αυτό, ορισμένες περιοχές όπως η Βαλτική, η Βόρεια Θάλασσα και η Μάγχη ορίστηκαν ως Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών SO<sub>2</sub> (SECAs), με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο καυσίμου 1,5% m/m. Η Ευρωπαϊκή Ένωση συμμετέχει στην ανάπτυξη ναυτιλιακών συμβάσεων στον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (ΙΜΟ), οι οποίες στη συνέχεια εγκρίνονται βάσει του ευρωπαϊκού δικαίου. Ωστόσο, η ΕΕ μπορεί επίσης να αναπτύξει τους δικούς της κανονισμούς για πλοία που είναι σημαντικά για την Ευρώπη ή δραστηριοποιούνται σε ευρωπαϊκά ύδατα, εάν είναι απαραίτητο. Η οδηγία 1999/32/ΕΚ είναι ένα σημαντικό κομμάτι της νομοθεσίας της ΕΕ για τη μείωση των εκπομπών SO<sub>2</sub> από τη ναυτιλία. Η οδηγία ορίζει τα μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα θείου στο βαρύ πετρέλαιο, τη βενζίνη και το ντίζελ που χρησιμοποιούνται από τα πλοία. Αργότερα τροποποιήθηκε με την οδηγία 2005/33/ΕΚ για να ευθυγραμμιστεί με το Παράρτημα VI του ΙΜΟ και της MARPOL. Το 2005, η στρατηγική της ΕΕ για την ατμοσφαιρική ρύπανση αναγνώρισε ότι χωρίς περαιτέρω δράση, οι εκπομπές SO<sub>2</sub> από τη ναυτιλία θα ξεπερνούσαν εκείνες από όλες τις χερσαίες πηγές στην ΕΕ έως το 2020. Ως αποτέλεσμα, χρειάστηκαν πρόσθετα μέτρα για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος (Κοτρίκλα, 2015).

Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες τεχνολογίες για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των αερίων του θερμοκηπίου από τη ναυτιλία. Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία είναι η χρήση Συστημάτων Καθαρισμού Καυσαερίων (EGCS), γνωστά και ως scrubbers. Αυτά τα συστήματα απομακρύνουν τα οξείδια του θείου και άλλους ρύπους από τα καυσαέρια των πλοίων πριν απελευθερωθούν στον αέρα (Κοτρίκλα, 2015). Μια άλλη τεχνολογία που μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών είναι το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG). Το LNG είναι καθαρότερο καύσιμο από τα παραδοσιακά ναυτιλιακά καύσιμα και εκπέμπει λιγότερους ρύπους και αέρια θερμοκηπίου. Ορισμένα πλοία κατασκευάζονται για να λειτουργούν με LNG, ενώ άλλα μετασκευάζονται για να το χρησιμοποιούν (Karim, 2015).

Η ενέργεια από την ξηρά, γνωστή και ως cold ironing, είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για τη μείωση των εκπομπών από τα πλοία στο λιμάνι. Στην εικ. 3 φαίνεται ένα τυπικό δίκτυο μεταφοράς LNG με πλοίο. Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει στα πλοία να σβήνουν τους κινητήρες τους ενώ βρίσκονται στο λιμάνι και να συνδέονται με το τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, εξαλείφοντας τις εκπομπές από τους κινητήρες ρελαντί και μειώνοντας σημαντικά την ατμοσφαιρική ρύπανση στις λιμενικές περιοχές. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση των εκπομπών από πλοία και λιμάνια (Tan, 2006). Τα ηλιακά πάνελ και οι ανεμογεννήτριες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία φώτων και άλλου εξοπλισμού στα πλοία, μειώνοντας την ανάγκη για παραδοσιακές πηγές ενέργειας. Επιπλέον, ορισμένα λιμάνια εγκαθιστούν συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για να τροφοδοτήσουν



τις εγκαταστάσεις και να μειώσουν το αποτύπωμά τους άνθρακα (de la Peña Zarzuelo et al., 2020). Τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο είναι επίσης ένας αποτελεσματικός τρόπος για τη μείωση των εκπομπών από τα πλοία. Σε πολλές περιοχές, τα πλοία πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο για να μειώσουν τις εκπομπές οξειδίων του θείου. Αυτό μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στις λιμενικές περιοχές και κατά μήκος των ναυτιλιακών δρομολογίων (Κοτρίκλα, 2015). Συμπερασματικά, υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες τεχνολογίες για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των αερίων του θερμοκηπίου από τη ναυτιλία. Εφαρμόζοντας αυτές τις τεχνολογίες, μπορούμε να βοηθήσουμε στην προστασία του περιβάλλοντος και στη βελτίωση της υγείας και της ευημερίας των ανθρώπων που ζουν σε λιμενικές περιοχές.



Εικ. 3 Ένα τυπικό δίκτυο μεταφοράς LNG με πλοίο (Mustary et al., 2017)

## 4.1. LNG

Το LNG είναι ένα πολλά υποσχόμενο εναλλακτικό καύσιμο για τη ναυτιλιακή βιομηχανία που έχει κερδίσει αυξανόμενη προσοχή τα τελευταία χρόνια λόγω της δυνατότητάς του να μειώσει σημαντικά την ατμοσφαιρική ρύπανση και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία. Το LNG είναι ένα καθαρότερο καύσιμο σε σύγκριση με τα παραδοσιακά ναυτιλιακά καύσιμα όπως το βαρύ μαζούτ (HFO) και το πετρέλαιο ντίζελ πλοίων (MDO) (Martínez-López et al., 2021a). Εκπέμπει λιγότερα οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>), οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και σωματίδια (PM), τα οποία είναι επιβλαβείς ρύποι που συμβάλλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στις αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία. Επιπλέον, το LNG έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα από το HFO και το MDO, με αποτέλεσμα χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Tanaka, 2015). Η αφθονία και η διαθεσιμότητα LNG είναι ένα άλλο πλεονέκτημα που έχει σε σχέση με άλλα καύσιμα. Τα αποθέματα φυσικού αερίου εκτιμάται ότι είναι τεράστια και νέα αποθέματα ανακαλύπτονται συνεχώς. Επιπλέον, έχει πιο σταθερή τιμή από άλλα καύσιμα, γεγονός που μπορεί να βοηθήσει τις ναυτιλιακές εταιρείες να διαχειριστούν καλύτερα το λειτουργικό τους κόστος. Τέλος, είναι επίσης ένα σχετικά ασφαλές καύσιμο σε σύγκριση με άλλα καύσιμα πλοίων. Το φυσικό αέριο είναι μη τοξικό, μη διαβρωτικό και λιγότερο πιθανό να αναφλεγεί από τα παραδοσιακά καύσιμα πλοίων. Επιπλέον, τα συστήματα καυσίμου LNG διαθέτουν ενσωματωμένα χαρακτηριστικά ασφαλείας που ελαχιστοποιούν τον κίνδυνο διαρροών (Frid & Caswell, 2017; Martínez-López et al., 2021b).

Η τεχνολογία είναι πλέον διαθέσιμη για τετράχρονους κινητήρες και αναπτύσσεται για 2χρονους κινητήρες. Ο παγκόσμιος στόλος των πλοίων που κινούνται με LNG, μη συμπεριλαμβανομένων των μεταφορέων LNG, αποτελείται κυρίως από επιβατηγά πλοία και αυτή τη στιγμή είναι πάνω από 40, με προσδοκίες για περαιτέρω ανάπτυξη στο μέλλον. Ωστόσο, η μετατροπή σε LNG παρουσιάζει προκλήσεις για τα υπάρχοντα πλοία που ενδέχεται να μην έχουν αρκετό χώρο για τις απαραίτητες τροποποιήσεις και αποθήκευση καυσίμων, καθώς απαιτούνται σημαντικές τροποποιήσεις για τα υπάρχοντα πλοία για να στραφούν στο LNG ως καύσιμο και απαιτείται περίπου 1,8 φορές περισσότερος χώρος αποθήκευσης για την ίδια ποσότητα ενέργειας σε σύγκριση με τις παραδοσιακές πηγές καυσίμων (Κοτρίκλα, 2015).

Εκτός από τα περιβαλλοντικά οφέλη, η χρήση LNG μπορεί επίσης να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση των πλοίων, με αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και του λειτουργικού κόστους. Ορισμένα νέα πλοία κατασκευάζονται για να λειτουργούν με LNG, ενώ άλλα μετασκευάζονται για να το χρησιμοποιούν (Kose & Sekban, 2022). Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα προβλήματα που σχετίζονται με τη χρήση του LNG στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Ένα από τα κύρια προβλήματα είναι η έλλειψη υποδομής, καθώς η ικανότητα ανεφοδιασμού LNG εξακολουθεί να είναι περιορισμένη σε πολλά λιμάνια σε όλο τον κόσμο. Ένα άλλο ζήτημα είναι το κόστος της αναβάθμισης των υπάρχοντων πλοίων για χρήση LNG, το οποίο μπορεί να είναι σημαντικό. Τα συστήματα καυσίμου LNG είναι πιο περίπλοκα και απαιτούν πρόσθετα μέτρα ασφαλείας σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα καυσίμων πλοίων. Αυτό μπορεί να αυξήσει το αρχικό κόστος εφαρμογής του LNG ως καύσιμο και μπορεί να απαιτήσει πρόσθετη εκπαίδευση για τα πληρώματα των πλοίων. Παρά τις προκλήσεις, η χρήση του LNG ως καυσίμου πλοίων αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια, καθώς η ναυτιλιακή βιομηχανία επιδιώκει να μειώσει το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα και να συμμορφωθεί με ολοένα και πιο αυστηρούς κανονισμούς (Karim, 2015).

Ένας από τους κύριους στόχους για το μέλλον του LNG είναι η αύξηση της παραγωγής με την ανάπτυξη νέων αποθεμάτων φυσικού αερίου και την επέκταση των υφιστάμενων εγκαταστάσεων. Οι χώρες με μεγάλα αποθέματα φυσικού αερίου, όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Αυστραλία και το Κατάρ, αναμένεται να συνεχίσουν να αυξάνουν την παραγωγή LNG τα επόμενα χρόνια. Ένας άλλος στόχος είναι η επέκταση της υποδομής που απαιτείται για τη μεταφορά και αποθήκευση του καυσίμου, η οποία περιλαμβάνει την κατασκευή περισσότερων τερματικών σταθμών εισαγωγής και εξαγωγής LNG και την επέκταση των δικτύων αγωγών. Καθώς η ζήτηση ενέργειας αυξάνεται σε αναδυόμενες αγορές όπως η Ασία και η Αφρική, πιθανότατα θα υπάρξει αυξημένη ζήτηση για LNG (Clark, 2002; Frid & Caswell, 2017). Χώρες όπως η Κίνα, η Ινδία και το Μπαγκλαντές επενδύουν σε υποδομές LNG για να καλύψουν τις αυξανόμενες ενεργειακές τους ανάγκες. Υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη μικρής κλίμακας εγκαταστάσεων LNG που μπορούν να παρέχουν ενέργεια σε απομακρυσμένες περιοχές ή να τροφοδοτούν βιομηχανικές διεργασίες. Αυτές οι εγκαταστάσεις είναι λιγότερο δαπανηρές στην κατασκευή τους από τις εγκαταστάσεις LNG μεγάλης κλίμακας και μπορούν να παρέχουν ενέργεια σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες με το κύριο δίκτυο (Hassan & Karim, 2018). Συμπερασματικά, το LNG αναμένεται να διαδραματίσει ολοένα και πιο σημαντικό ρόλο στην κάλυψη της παγκόσμιας ενεργειακής ζήτησης τα επόμενα χρόνια. Ως εκ τούτου, υπάρχουν πολλά μελλοντικά σχέδια για την παραγωγή, τη μεταφορά και την κατανάλωσή του, συμπεριλαμβανομένης της αύξησης της παραγωγής, της επέκτασης των υποδομών, της αυξημένης χρήσης στις μεταφορές, της ανάπτυξης στις αναδυόμενες αγορές και της ανάπτυξης εγκαταστάσεων μικρής κλίμακας (Dewan et al., 2020).

Συνοψίζοντας, η αυξημένη χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου στη ναυτιλία είναι πιθανό να έχει σημαντικό αντίκτυπο στο μέλλον της ναυτιλίας. Καθώς περισσότερα πλοία στρέφονται στο LNG ως κύριο καύσιμο, θα υπάρξει μείωση στις εκπομπές επιβλαβών ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως οξείδιο του θείου (SOx) και οξείδιο του αζώτου (NOx), που μπορεί να προκαλέσουν αναπνευστικά προβλήματα και να συμβάλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Το LNG μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς παράγει λιγότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> από τα παραδοσιακά ορυκτά καύσιμα. Αυτό μπορεί να βοηθήσει τη ναυτιλιακή βιομηχανία να επιτύχει τους στόχους της για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και να συμβάλει στις παγκόσμιες προσπάθειες για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης ανησυχίες και επικρίσεις για το LNG ως καύσιμο για τη ναυτιλία. Μια ανησυχία είναι ότι η παραγωγή και η μεταφορά LNG περιλαμβάνει την απελευθέρωση μεθανίου, ενός ισχυρού αερίου θερμοκηπίου, το οποίο μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στο περιβάλλον. Έτσι, η συνολική κλιματική επίδραση του LNG μπορεί να μην είναι τόσο ευεργετική όσο αρχικά πιστεύαμε (Hassan & Karim, 2018).

Ορισμένοι υποστηρίζουν ότι η μετάβαση στο LNG μπορεί να είναι μια προσωρινή λύση για τη μείωση των εκπομπών και ότι η βιομηχανία θα πρέπει να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη πραγματικά βιώσιμων καυσίμων, όπως το υδρογόνο ή η αμμωνία. Οι επικριτές επισημαίνουν επίσης ότι η χρήση LNG δεν αντιμετωπίζει άλλα περιβαλλοντικά ζητήματα που σχετίζονται με τη ναυτιλία, όπως η ηχορύπανση και οι επιπτώσεις της ναυτιλίας στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Η χρήση LNG στη ναυτιλία είναι πιθανό να έχει θετικό αντίκτυπο στη μείωση των εκπομπών και στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα, αλλά υπάρχουν ανησυχίες και επικρίσεις για τις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του. Καθώς η βιομηχανία συνεχίζει να αναπτύσσει και να εξερευνά εναλλακτικά καύσιμα, θα είναι σημαντικό να εξεταστεί προσεκτικά η μακροπρόθεσμη

βιωσιμότητα και ο αντίκτυπος αυτών των καυσίμων στο περιβάλλον (Clark, 2002; Frid & Caswell, 2017).

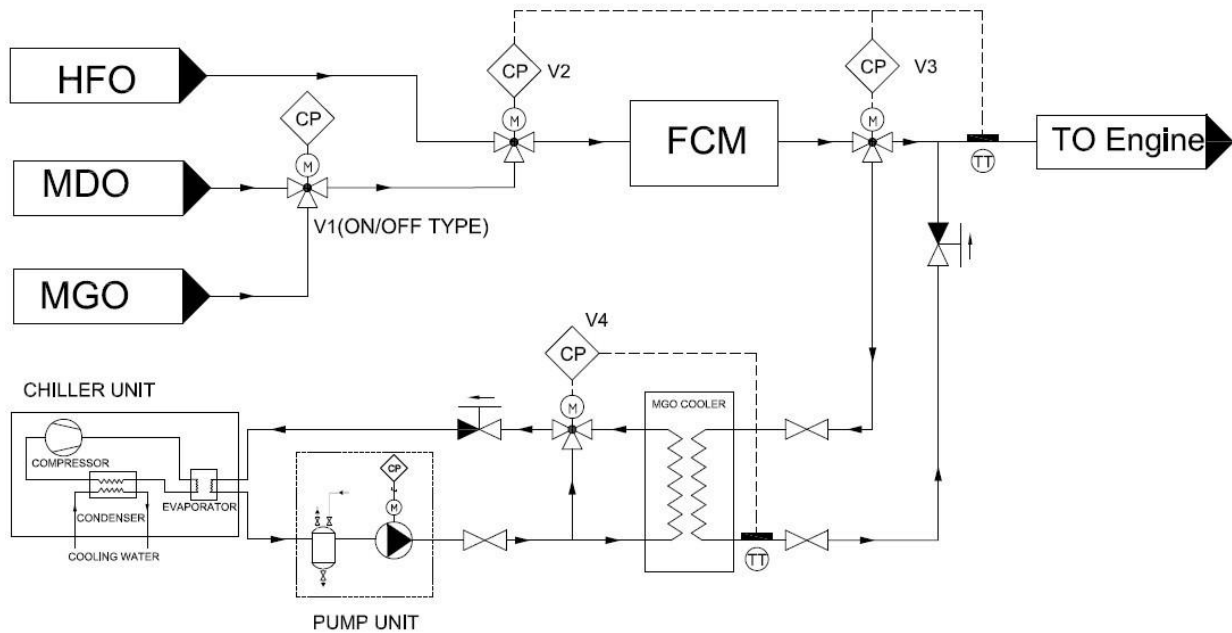
## 4.2. MGO

Το Marine Gas Oil (MGO) είναι ένας τύπος ναυτιλιακού καυσίμου που χρησιμοποιείται συνήθως στη ναυτιλία ως εναλλακτική λύση στο βαρύ μαζούτ (HFO) και το ντίζελ. Το MGO είναι ένα προϊόν δύλισης πετρελαίου που προέρχεται από αργό πετρέλαιο και έχει λιγότερο θείο από το HFO και άλλα υπολειμματικά καύσιμα. Το MGO είναι ένα καύσιμο μεσαίου αποστάγματος που παράγεται μέσω της δύλισης αργού πετρελαίου. Το αργό πετρέλαιο θερμαίνεται και διαχωρίζεται σε διάφορα συστατικά με βάση τα σημεία βρασμού τους. Το MGO παράγεται με δύλιση αργού πετρελαίου σε θερμοκρασία μεταξύ 200 και 350 βαθμών Κελσίου. Αυτό το εύρος θερμοκρασίας επιτρέπει τον διαχωρισμό των μεσαίων αποσταγμάτων από τα ελαφρύτερα και βαρύτερα συστατικά του αργού πετρελαίου (Clark, 2002). Η χρήση του MGO μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία εκπέμποντας χαμηλότερα επίπεδα οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>), οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και σωματιδίων (PM) από το HFO. Ωστόσο, η MGO εξακολουθεί να παράγει εκπομπές που συμβάλλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στην κλιματική αλλαγή, επομένως δεν είναι ένα εντελώς καθαρό καύσιμο (Innes & Monios, 2018). Η χρήση του MGO μπορεί να είναι πιο δαπανηρή από το HFO και μπορεί επίσης να οδηγήσει σε χαμηλότερη απόδοση καυσίμου λόγω της χαμηλότερης περιεκτικότητάς του σε ενέργεια. Αυτό σημαίνει ότι τα πλοία που χρησιμοποιούν MGO ενδέχεται να απαιτούν περισσότερα καύσιμα για να διανύσουν την ίδια απόσταση, με αποτέλεσμα αυξημένο λειτουργικό κόστος (Ballini & Bozzo, 2015; Wang et al., 2023).

Για να αντιμετωπίσει αυτές τις προκλήσεις, η ναυτιλιακή βιομηχανία εξερευνά εναλλακτικά καύσιμα όπως το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), τα βιοκαύσιμα και το υδρογόνο. Αυτά τα καύσιμα έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν σημαντικά τις εκπομπές και να βελτιώσουν την απόδοση των καυσίμων, αλλά απαιτούν επίσης σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές και τεχνολογία. Συνοπτικά, το Marine Gas Oil (MGO) είναι ένας τύπος ναυτιλιακού καυσίμου που έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο από το βαρύ μαζούτ (HFO) και το καύσιμο ντίζελ (Han, 2010). Το MGO είναι μια δημοφιλής επιλογή για θαλάσσιες μεταφορές επειδή, εκτός από τις χαμηλότερες εκπομπές ρύπων, έχει και άλλα πλεονεκτήματα όπως η σταθερότητα και η συμβατότητά του με άλλα καύσιμα. Το MGO μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους περισσότερους κινητήρες ντίζελ χωρίς την ανάγκη πρόσθετων τροποποιήσεων και μπορεί να αναμειχθεί με άλλα καύσιμα για να δημιουργήσει ένα προσαρμοσμένο μείγμα καυσίμου που να ανταποκρίνεται στις συγκεκριμένες ανάγκες της μηχανής ενός πλοίου. Το MGO είναι επίσης λιγότερο επιρρεπές σε μόλυνση και ανάπτυξη μικροβίων σε σύγκριση με άλλα καύσιμα πλοίων, τα οποία μπορούν να συμβάλουν στη μείωση του κόστους συντήρησης και του χρόνου διακοπής λειτουργίας των πλοίων. Στην εικ. 4 φαίνεται ένα σύστημα ψύξης MGO.

Παρά ορισμένα μειονεκτήματα, το MGO εξακολουθεί να είναι μια δημοφιλής επιλογή για πολλούς πλοιοκτήτες και χειριστές λόγω των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων του και της συμβατότητάς του με τους περισσότερους κινητήρες ντίζελ. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) έχει επίσης εισαγάγει κανονισμούς για τη μείωση της περιεκτικότητας σε θείο των καυσίμων πλοίων, γεγονός που αναμένεται να αυξήσει τη ζήτηση για MGO και άλλα καύσιμα πλοίων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο τα επόμενα χρόνια. Συμπερασματικά, το Marine Gas Oil (MGO) είναι ένας τύπος καυσίμου απόσταξης που χρησιμοποιείται σε πλοία και άλλα πλοία. Είναι ένα σχετικά καθαρό καύσιμο με χαμηλότερες εκπομπές οξειδίων του θείου, οξειδίων του αζώτου και σωματιδίων σε σύγκριση με άλλα καύσιμα πλοίων. Το MGO είναι επίσης συμβατό με τους περισσότερους κινητήρες ντίζελ και λιγότερο επιρρεπές σε μόλυνση και ανάπτυξη μικροβίων.

Ωστόσο, είναι πιο ακριβό καύσιμο με χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα (Clark, 2002; Frid & Caswell, 2017; Tan, 2006). Παρά αυτά τα μειονεκτήματα, η MGO παραμένει δημοφιλής επιλογή για πολλούς πλοιοκτήτες και χειριστές λόγω των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων της και της συμμόρφωσης με τους κανονισμούς. Ενώ η χρήση του MGO μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία, έχει επίσης υψηλότερο κόστος και χαμηλότερη απόδοση καυσίμου σε σύγκριση με το HFO. Καθώς η ναυτιλιακή βιομηχανία επιδιώκει να μειώσει το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα, εναλλακτικά καύσιμα όπως το LNG, τα βιοκαύσιμα και το υδρογόνο διερευνώνται ως πιθανές λύσεις (Κοτρίκλα, 2015).



Εικ 4. Σύστημα ψύξης MGO (DMA, 2022)

### 4.3. Scrubbers

Τα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων (EGCS), γνωστά και ως scrubbers, είναι τεχνολογίες που μπορούν να μειώσουν σημαντικά την ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία. Οι πλυντρίδες λειτουργούν καθαρίζοντας τα καυσαέρια που εκπέμπονται από τη μηχανή του πλοίου, αφαιρώντας επιβλαβείς ρύπους όπως τα οξειδία του θείου (SO<sub>x</sub>), τα οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και τα σωματίδια (PM). Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι πλυντρίδων: ανοιχτού βρόχου (Εικ.5) και κλειστού βρόχου (Εικ.6). Επίσης μπορούν να χωριστούν σε αυτά που χρησιμοποιούν θαλασσινό νερό, γλυκό νερό και ένα μείγμα και των δύο. Τα scrubbers θαλασσινού νερού εξουδετερώνουν το διοξείδιο του θείου, ενώ τα scrubbers κλειστού βρόχου χρησιμοποιούν μείγμα γλυκού νερού και καυστικής σόδας. Οι υβριδικές πλυντρίδες αλλάζουν μεταξύ λειτουργίας ανοιχτού και κλειστού βρόχου ανάλογα με την αλκαλικότητα του νερού (Κοτρίκλα, 2015). Η τεχνολογία scrubber εγκαθίσταται όλο και περισσότερο σε νέα πλοία και μετασκευασμένα πλοία, αν και η εγκατάσταση συνεπάγεται σημαντικό κόστος κεφαλαίου και συνεχές λειτουργικό κόστος. Τα scrubbers μπορούν να θεωρηθούν ως μια οικονομικά αποδοτική εναλλακτική λύση, ειδικά για νέα πλοία που περνούν πολύ χρόνο σε SECA. Οι πλυντρίδες ανοιχτού βρόχου χρησιμοποιούν θαλασσινό νερό για τον καθαρισμό των καυσαερίων, ενώ οι πλυντρίδες κλειστού βρόχου χρησιμοποιούν ένα κυκλοφορούν διάλυμα νερού και χημικών για τον καθαρισμό των καυσαερίων (Cicek et al., 2019; Κοτρίκλα, 2015).

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα των scrubbers είναι ότι επιτρέπουν στα πλοία να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν βαρύ μαζούτ (HFO) και άλλα καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο, τα οποία είναι λιγότερο ακριβά από καθαρότερες εναλλακτικές λύσεις όπως το πετρέλαιο εσωτερικής καύσης (MGO) και το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). Καθαρίζοντας τα καυσαέρια, επιτρέπουν στα πλοία να συμμορφώνονται με ολόένα και πιο αυστηρούς κανονισμούς εκπομπών θείου χωρίς να χρειάζεται να στραφούν σε καθαρότερα καύσιμα. Η εγκατάσταση scrubber επιτρέπει στις ναυτιλιακές εταιρείες να λειτουργούν πιο οικονομικά τα πλοία τους με HFO, που έχει περιεκτικότητα σε θείο 3,5%. Σε αυτή τη μέθοδο, τα καυσαέρια που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα καθαρίζονται σχεδόν από όλο το θείο με πλύσιμο (Karatuğ et al., 2022). Υπάρχουν τρεις βασικές επιλογές που έχουν προταθεί στη ναυτιλιακή βιβλιογραφία για την κάλυψη των περιορισμών SO<sub>x</sub> που εισήγαγε ο IMO: εναλλαγή καυσίμου, υιοθέτηση υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) ως καύσιμο και εφαρμογή συστήματος καθαρισμού καυσαερίων (πλυντρίδα) (Ichimura et al., 2022).

Τα scrubbers μπορούν επίσης να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση των πλοίων μειώνοντας την αντίθλιψη στον κινητήρα, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη κατανάλωση καυσίμου και μειωμένο κόστος λειτουργίας. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης ορισμένες προκλήσεις που σχετίζονται με τη χρήση τους. Μια πρόκληση είναι το κόστος εγκατάστασης, το οποίο μπορεί να είναι σημαντικό (Gekara & Sampson, 2021). Οι πλυντρίδες απαιτούν επίσης τακτική συντήρηση και καθαρισμό για να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητά τους, γεγονός που μπορεί να αυξήσει το λειτουργικό κόστος. Ορισμένοι περιβαλλοντολόγοι έχουν εκφράσει ανησυχίες σχετικά με τη χρήση scrubbers, υποστηρίζοντας ότι μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένη ρύπανση του νερού λόγω της απόρριψης των λυμάτων του scrubber στον ωκεανό. Άλλοι αμφισβήτησαν τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των πλυντρίδων, καθώς οι κανονισμοί συνεχίζουν να αυστηροποιούνται και τα καθαρότερα καύσιμα γίνονται ευρύτερα διαθέσιμα (Fayle, 2013). Συμπερασματικά, τα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων είναι αποτελεσματικές τεχνολογίες που μπορούν να μειώσουν την ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία με τον καθαρισμό των

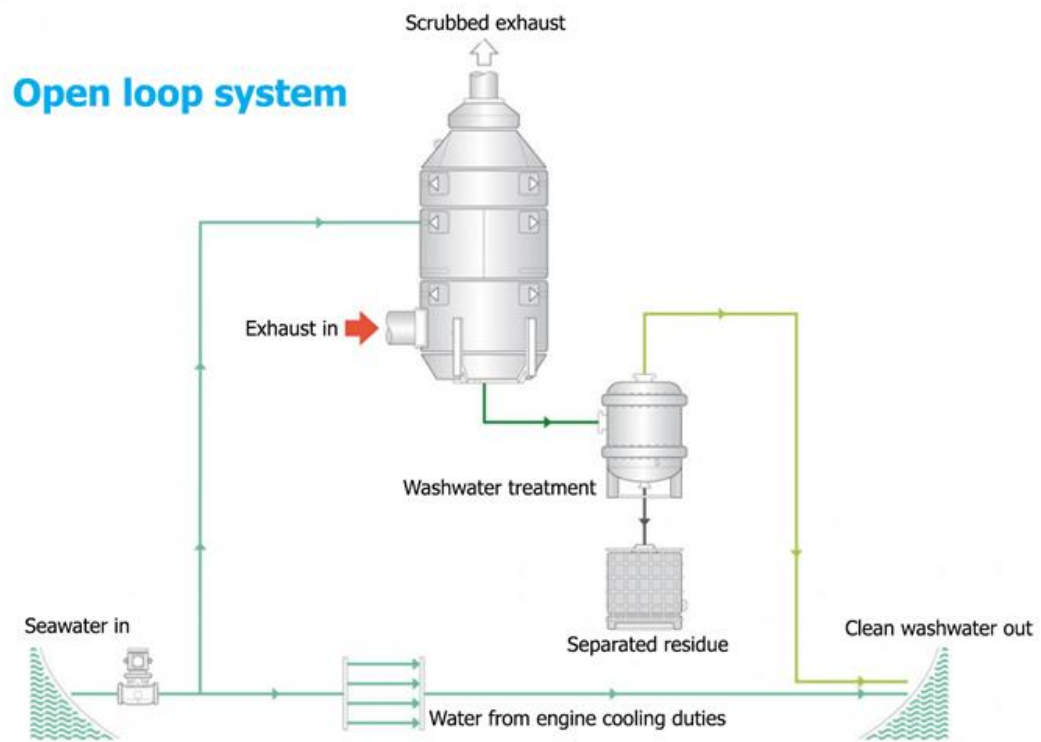
καυσαερίων. Ενώ έχουν οφέλη όπως η συνεχής χρήση λιγότερο ακριβών καυσίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο, αντιμετωπίζουν επίσης προκλήσεις όπως το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, καθώς και πιθανές περιβαλλοντικές ανησυχίες (Aiello et al., 2020; Tanaka, 2015).

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να αναφερθούμε σε έναν γενικό προβληματισμό. Μια ανησυχία είναι ότι η απόρριψη του νερού πλύσης στον ωκεανό μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Το νερό πλύσης του scrubber μπορεί να περιέχει ρύπους όπως βαρέα μέταλλα, υδρογονάνθρακες και άλλες επιβλαβείς ουσίες, οι οποίες μπορούν να βλάψουν τη θαλάσσια ζωή και να διαταράξουν την ισορροπία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι το νερό αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της οξύτητας στο θαλασσινό νερό, το οποίο μπορεί να βλάψει τους θαλάσσιους οργανισμούς και τα οικοσυστήματα. Η αυξημένη οξύτητα μπορεί επίσης να διαταράξει τον τροφικό ιστό, καθώς μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα ορισμένων ειδών να αναπαράγονται ή να επιβιώνουν, γεγονός που μπορεί να έχει καταρράκτη επίδραση σε άλλα είδη που βασίζονται σε αυτά για τροφή (Frid & Caswell, 2017).

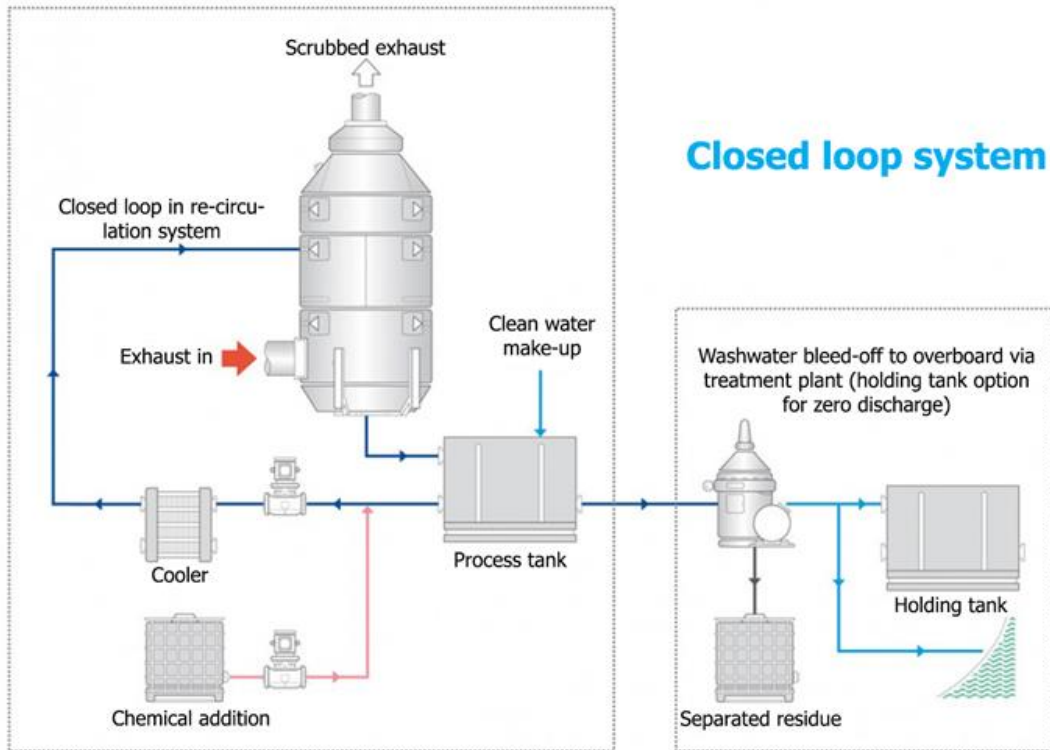
Εκτός από τον αντίκτυπο στην ποιότητα του νερού, το νερό πλύσης μπορεί επίσης να περιέχει μικροπλαστικά και άλλα σωματίδια που μπορούν να βλάψουν τη θαλάσσια ζωή. Αυτά τα σωματίδια μπορούν να καταποθούν από θαλάσσιους οργανισμούς, προκαλώντας σωματικές βλάβες ή ακόμα και θάνατο. Ο θόρυβος που δημιουργείται από την εκκένωση του νερού πλύσης μπορεί επίσης να διαταράξει την επικοινωνία και την πλοήγησή τους. Μια άλλη ανησυχία είναι ότι τα scrubbers θα μπορούσαν να ενθαρρύνουν τα πλοία να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο, επιτρέποντάς τους να πληρούν τους κανονισμούς εκπομπών χωρίς να αλλάζουν σε καθαρότερα καύσιμα (Frid & Caswell, 2017; Karim, 2015; Tan, 2006). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και άλλων ατμοσφαιρικών ρύπων, που μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα του αέρα και του νερού. Προκειμένου να μετριαστούν οι επιπτώσεις αυτών των ρύπων, ορισμένες χώρες και λιμάνια έχουν εφαρμόσει κανονισμούς ή κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με την απόρριψη νερού πλύσης. Αυτοί οι κανονισμοί ενδέχεται να απαιτούν από τα πλοία να απορρίπτουν νερό πλύσης μόνο όταν βρίσκονται σε συγκεκριμένη απόσταση από την ακτή ή όταν ταξιδεύουν με συγκεκριμένη ταχύτητα. Επιπλέον, έχουν αναπτυχθεί ορισμένα συστήματα πλύσης που μπορούν να μειώσουν την ποσότητα των ρύπων στο νερό πλύσης ή να επιτρέψουν την ασφαλή απόρριψή του στην ξηρά (Frid & Caswell, 2017).

Έχουν γίνει προσπάθειες να ρυθμιστεί η χρήση των scrubbers και να αναπτυχθούν καθαρότερες τεχνολογίες για τη μείωση των εκπομπών από τα πλοία. Για παράδειγμα, ορισμένες χώρες έχουν εφαρμόσει κανονισμούς που απαιτούν από τα πλοία να χρησιμοποιούν καθαρότερα καύσιμα αντί να βασίζονται σε πλυντρίδες για να πληρούν τα πρότυπα εκπομπών. Υπάρχουν επίσης συνεχείς προσπάθειες για την ανάπτυξη εναλλακτικών τεχνολογιών, όπως οι κυψέλες καυσίμου, που δεν παράγουν επιβλαβείς εκπομπές. Συνοπτικά, ενώ οι πλυντρίδες μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία, η χρήση τους μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Θα είναι σημαντικό για τις ρυθμιστικές αρχές και τα ενδιαφερόμενα μέρη του κλάδου να εξετάσουν προσεκτικά τις πιθανές επιπτώσεις των scrubbers στο περιβάλλον και να συνεχίσουν να αναπτύσσουν και να εφαρμόζουν πιο φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες για τη μείωση των εκπομπών από τα πλοία (Dewan et al., 2020; Hassan & Karim, 2018).





Εικ.5 Πλυντρίδα ανοιχτού βρόχου (Reimer Hansen, 2020)



Εικ.6 Πλυντρίδα κλειστού βρόχου (Reimer Hansen, 2020)

#### 4.4. Slow steaming

Το slow steaming είναι μια πρακτική που περιλαμβάνει τη λειτουργία των πλοίων με μειωμένες ταχύτητες για τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επιβραδύνοντας τα πλοία, οι κινητήρες καίνε λιγότερα καύσιμα, με αποτέλεσμα χαμηλότερες εκπομπές ρύπων και μειωμένο κόστος λειτουργίας. Το Slow Steaming είναι μια δημοφιλής στρατηγική στη ναυτιλιακή βιομηχανία, ιδιαίτερα σε περιόδους υψηλών τιμών καυσίμων ή όταν υπάρχει πλεονάζουσα χωρητικότητα και χαμηλή ζήτηση για ναυτιλιακές υπηρεσίες (Ballini & Bozzo, 2015; Karim, 2015; Κοτρίκλα, 2015). Αυτή η στρατηγική περιλαμβάνει την επιβράδυνση των πλοίων προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση καυσίμου και το λειτουργικό κόστος, που μπορεί να είναι σημαντικό μέρος των εξόδων τους. Εκτός από τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών ρύπων, ο αργός ατμός μπορεί να έχει και άλλα πλεονεκτήματα, όπως λιγότερη φθορά στον κινητήρα, οδηγώντας σε μειωμένο κόστος συντήρησης και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του κινητήρα. Οι χαμηλότερες ταχύτητες μπορούν επίσης να συμβάλουν στη μείωση της ηχορύπανσης, η οποία μπορεί να είναι ανησυχητική για τις κοντινές κοινότητες (Degiuli et al., 2021; Wang et al., 2023).

Ένα μελλοντικό σχέδιο για τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου στη ναυτιλία είναι η ανάπτυξη πλοίων με μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου. Ο αργός ατμός μειώνει την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αλλά απαιτούνται πιο αποδοτικοί κινητήρες και σχέδια γάστρας για να επιτευχθεί ακόμη μεγαλύτερη εξοικονόμηση. Οι ναυτιλιακές εταιρείες επενδύουν ήδη σε πιο αποδοτικές τεχνολογίες, όπως υβριδικά συστήματα πρόωσης, καλύτερη αεροδυναμική και ελαφρύτερα υλικά. Ένα μελλοντικό σχέδιο είναι να αυξηθεί η υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών που βελτιστοποιούν την ταχύτητα του σκάφους και τον σχεδιασμό διαδρομής. Το αργό άτμισμα απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και συντονισμό για να διασφαλιστεί ότι τα σκάφη φτάνουν στους προορισμούς τους εγκαίρως ενώ παράλληλα μειώνουν την ταχύτητα. Με τη βοήθεια προηγμένων αναλύσεων και επεξεργασίας δεδομένων, οι ναυτιλιακές εταιρείες μπορούν να λάβουν καλύτερες αποφάσεις για το πότε και πώς να επιβραδύνουν τα πλοία τους με ατμό, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως οι καιρικές συνθήκες, οι τύποι φορτίου και οι τιμές των καυσίμων. Επιπλέον, με τη χρήση πρακτικών πράσινων ναυτιλιακών πρακτικών όπως το αργό άτμισμα, σε συνδυασμό με άλλα μέτρα όπως η χρήση καυσίμων χαμηλών εκπομπών, η εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και η μείωση της παραγωγής απορριμμάτων, οι ναυτιλιακές εταιρείες μπορούν να επιτύχουν ακόμη μεγαλύτερες μειώσεις στο αποτύπωμα άνθρακα. Υιοθετώντας μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα, οι ναυτιλιακές εταιρείες μπορούν να επιτύχουν βελτιωμένη λειτουργική αποτελεσματικότητα και μειωμένο κόστος (Cicek et al., 2019; de la Peña Zarzuelo et al., 2020; Gekara & Sampson, 2021; Tanaka, 2015).

Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα μειονεκτήματα στο αργό άτμισμα. Για παράδειγμα, μπορεί να αυξήσει τους χρόνους διέλευσης, κάτι που μπορεί να είναι μειονέκτημα σε ορισμένες ναυτιλιακές αγορές όπου η ταχύτητα είναι κρίσιμη (Zanne et al., 2013). Ο αργός ατμός μπορεί επίσης να έχει επιπτώσεις στον προγραμματισμό των πλοίων και στη διαχείριση των δικτύων εφοδιαστικής, κάτι που μπορεί να είναι περίπλοκο και προκλητικό για τις ναυτιλιακές εταιρείες. Συνολικά, το αργό άτμισμα είναι μια βιώσιμη στρατηγική για τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Ωστόσο, δεν είναι μια λύση που ταιριάζει σε όλους και πρέπει να εξισορροπηθεί με άλλους παράγοντες όπως οι χρόνοι διέλευσης, τα δίκτυα logistics και οι τιμές των καυσίμων (Tanaka, 2015). Συμπερασματικά, το slow steaming έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στρατηγική για τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, των εκπομπών αερίων

θερμοκηπίου και του λειτουργικού κόστους στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Ενώ η πρακτική έχει ήδη υιοθετηθεί ευρέως, τα μελλοντικά σχέδια για την ενίσχυση της αποτελεσματικότητάς της περιλαμβάνουν την ανάπτυξη πλοίων με μεγαλύτερη απόδοση καυσίμου, την υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών και την ενσωμάτωση άλλων πράσινων ναυτιλιακών πρακτικών. Αυτά τα σχέδια καταδεικνύουν τη δέσμευση της ναυτιλιακής βιομηχανίας στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα και τη μείωση των επιπτώσεών της στον πλανήτη (Maloni et al., 2013).

#### 4.5. Cold ironing - ενέργεια από τη ξηρά

Το cold ironing, γνωστό και ως ενέργεια από την ξηρά, είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει στα πλοία να συνδέονται σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο στην στεριά και να σβήνουν τις βοηθητικές τους μηχανές ενώ βρίσκονται στο λιμάνι (Cicek et al., 2019). Αυτή η τεχνολογία μπορεί να μειώσει σημαντικά την ατμοσφαιρική ρύπανση και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία, ιδιαίτερα σε περιοχές με υψηλά επίπεδα ναυτιλιακής δραστηριότητας και κακή ποιότητα αέρα (Κοτρίκλα, 2015). Τα πλοία συνήθως χρησιμοποιούν τους βοηθητικούς τους κινητήρες για να τροφοδοτούν συστήματα επί του σκάφους ενώ βρίσκονται στο λιμάνι, τα οποία μπορούν να εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες ρύπων όπως οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>), οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και σωματίδια (PM). Αυτές οι εκπομπές μπορούν να συμβάλουν σε κακή ποιότητα αέρα και προβλήματα υγείας για τις κοντινές κοινότητες. Το cold ironing είναι μια διαδικασία που επιτρέπει στα πλοία να συνδέονται σε ένα χερσαίο ηλεκτρικό δίκτυο αντί να χρησιμοποιούν τις δικές τους ενσωματωμένες μηχανές (Karim, 2015). Αυτό μπορεί να μειώσει τις εκπομπές από τα πλοία ενώ βρίσκονται στο λιμάνι. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συστημάτων cold ironing διαθέσιμα, συμπεριλαμβανομένων συστημάτων υψηλής τάσης και χαμηλής τάσης, καθώς και συστημάτων που χρησιμοποιούν εναλλακτικές πηγές ενέργειας, όπως κυψέλες καυσίμου υδρογόνου ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως αιολική ή ηλιακή ενέργεια (Innes & Monios, 2018; Kose & Sekban, 2022).

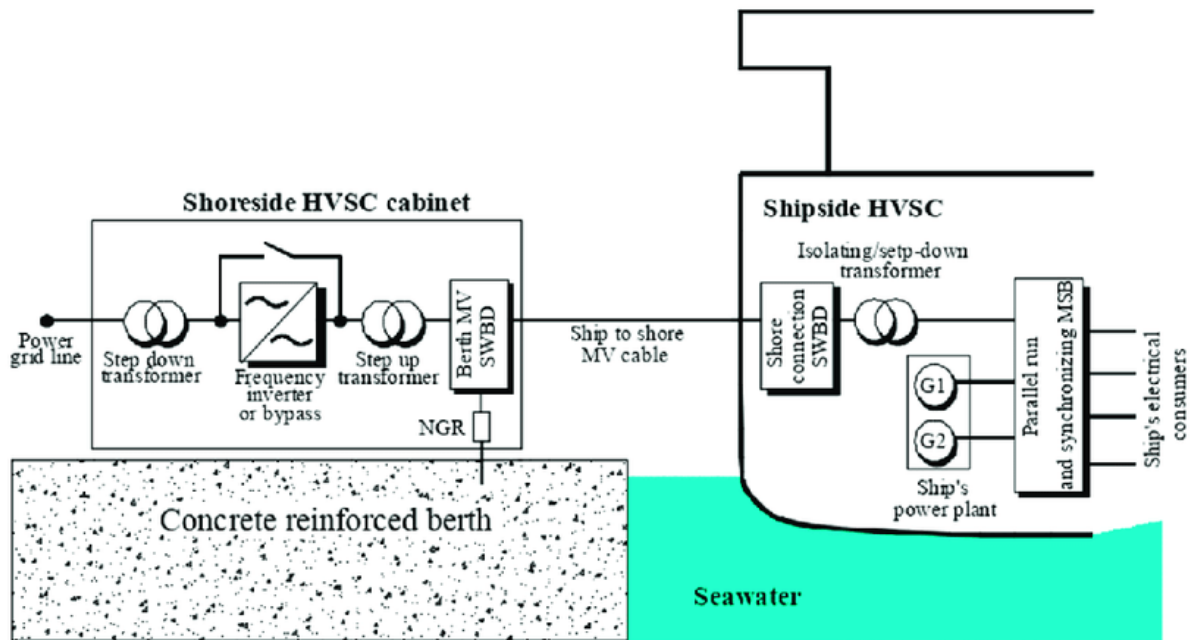
Τα πλοία συνήθως βασίζονται σε ηλεκτρικούς κινητήρες όταν ελλιμενίζονται στο λιμάνι, καθώς οι κύριες μηχανές τους είναι απενεργοποιημένες κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Αυτοί οι κινητήρες παρέχουν ισχύ για διάφορα συστήματα πλοίων, συμπεριλαμβανομένου του φωτισμού, του εξαερισμού, της ψύξης και του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για τη φόρτωση και εκφόρτωση φορτίου. Τα επιβατηγά και τα κρουαζιερόπλοια έχουν ιδιαίτερα υψηλές ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια, καθώς λειτουργούν σαν αυτόνομες κοινότητες. Η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία ενός πλοίου στο λιμάνι μπορεί να κυμαίνεται από 1 έως 4 μεγαβάτ για ένα φορτηγό πλοίο και έως 15 μεγαβάτ για ένα κρουαζιερόπλοιο. Η πρόσβαση σε γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του κόστους, αλλά μπορεί να προκύψουν ζητήματα συμβατότητας λόγω διαφορών στην τάση και τη συχνότητα μεταξύ των ηλεκτρικών συστημάτων στην ξηρά και στα πλοία. Για παράδειγμα, οι Ηνωμένες Πολιτείες, ο Καναδάς και η Ιαπωνία χρησιμοποιούν ισχύ 60 Hz, ενώ οι περισσότερες άλλες χώρες χρησιμοποιούν 50 Hz. Για την αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης, αναπτύσσεται ένα διεθνές πρότυπο για τη διασφάλιση της συμβατότητας μεταξύ του πλοίου και των χερσαίων ηλεκτρικών συστημάτων (Κοτρίκλα, 2015).

Ένα από τα κύρια οφέλη του cold ironing είναι ότι μειώνει σημαντικά την ατμοσφαιρική ρύπανση και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στις λιμενικές περιοχές, κάτι που μπορεί να ωφελήσει την υγεία και την ευημερία των κοντινών κοινοτήτων. Επιπλέον, το cold ironing μπορεί επίσης να βοηθήσει τις ναυτιλιακές εταιρείες να μειώσουν το κόστος των καυσίμων τους χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια στην ξηρά, η οποία είναι συχνά φθηνότερη από τη χρήση κινητήρων επί του σκάφους (Prugn & Willeijns, 2022). Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα επωφελές για πλοία που περνούν πολύ χρόνο στο λιμάνι. Ωστόσο, υπάρχουν και ορισμένες προκλήσεις που σχετίζονται με την ενέργεια από την ξηρά. Μια πρόκληση είναι το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης της απαραίτητης υποδομής, το οποίο μπορεί να είναι σημαντικό. Επιπλέον, δεν διαθέτουν όλα τα λιμάνια την απαραίτητη υποδομή για την υποστήριξη της ενέργειας από την ξηρά, γεγονός που μπορεί να

περιορίσει τη διαθεσιμότητα αυτής της τεχνολογίας σε ορισμένα μέρη του κόσμου (Ballini & Bozzo, 2015). Παρά τις προκλήσεις, το cold ironing είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για τη μείωση των εκπομπών από τα πλοία στο λιμάνι. Τα σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη του το καθιστούν πολύτιμο εργαλείο στις προσπάθειες βελτίωσης της ποιότητας του αέρα και μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τη ναυτιλιακή βιομηχανία (Κοτρίκλα, 2015). Επομένως, η συνεχής έρευνα και ανάπτυξη τεχνολογιών cold ironing είναι ουσιαστικής σημασίας για την προώθηση της ευρύτερης υιοθέτησης και χρήσης στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

Αξίζει να σημειωθεί, πως αν και το cold ironing έχει υιοθετηθεί από πολλές ανεπτυγμένες χώρες, μπορεί να είναι πιο δύσκολο να εφαρμοστεί αυτή η τεχνολογία στις αναπτυσσόμενες χώρες λόγω περιορισμών υποδομής, έλλειψης χρηματοδότησης και περιορισμένης τεχνικής εμπειρογνωμοσύνης. Ωστόσο, υπάρχουν διάφορες στρατηγικές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να διευκολυνθεί η υιοθέτηση της ενέργειας από την ξηρά στις αναπτυσσόμενες χώρες (Fayle, 2013). Μια στρατηγική για την ανάπτυξη της απαραίτητης υποδομής για το cold ironing είναι η αξιοποίηση των συμπράξεων δημόσιου και ιδιωτικού τομέα (ΣΔΙΤ). Σε συνεργασία με ιδιώτες επενδυτές, οι λιμενικές αρχές και οι κυβερνήσεις στις αναπτυσσόμενες χώρες θα μπορούσαν να έχουν πρόσβαση σε χρηματοδότηση για την απαραίτητη ηλεκτρική υποδομή. Ο ιδιωτικός τομέας θα μπορούσε να επωφεληθεί από την εξοικονόμηση ενέργειας και κόστους που σχετίζεται με την ενέργεια από την ξηρά. Μια άλλη στρατηγική για την προώθηση της ασφάλειας στη θάλασσα είναι η οικοδόμηση ικανοτήτων και η μεταφορά γνώσης στις αναπτυσσόμενες χώρες, ώστε να μπορούν να αναπτύξουν τεχνική εμπειρογνωμοσύνη. Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει προγράμματα κατάρτισης για μηχανικούς και τεχνικούς λιμένων, καθώς και συνεργασία με ανεπτυγμένες χώρες και διεθνείς οργανισμούς για την ανταλλαγή βέλτιστων πρακτικών και τεχνικής εμπειρογνωμοσύνης. Επιπλέον, οι κυβερνήσεις θα μπορούσαν να ενθαρρύνουν την υιοθέτηση του cold ironing, προσφέροντας φορολογικές ελαφρύνσεις ή επιδοτήσεις σε λιμάνια και ναυτιλιακές εταιρείες που εφαρμόζουν την τεχνολογία. Αυτό θα συμβάλει στην αντιστάθμιση του αρχικού κόστους εφαρμογής του cold ironing και θα ενθαρρύνει την ευρεία υιοθέτηση στις αναπτυσσόμενες χώρες (Gekara & Sampson, 2021).

Εκτός από την αύξηση της διαθεσιμότητας υποδομής ενέργειας από την ξηρά, υπάρχουν επίσης σχέδια για τη βελτίωση της τεχνολογίας και της αποτελεσματικότητας των συστημάτων cold ironing. Μια προσέγγιση είναι η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την τροφοδοσία της υποδομής ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά. Για παράδειγμα, το λιμάνι του Λος Άντζελες δοκιμάζει ένα σύστημα που χρησιμοποιεί ηλιακούς συλλέκτες και αποθήκευση μπαταριών για να παρέχει καθαρή ενέργεια για cold ironing. Ορισμένες εταιρείες αναπτύσσουν νέες τεχνολογίες που μπορούν να διαχειριστούν καλύτερα τις απαιτήσεις ισχύος των πλοίων ενώ βρίσκονται στο λιμάνι. Για παράδειγμα, ορισμένα συστήματα μπορούν να προσαρμόσουν δυναμικά την ισχύ εξόδου της υποδομής cold ironing με βάση τις ανάγκες του πλοίου, διασφαλίζοντας ότι το πλοίο λαμβάνει πάντα την ισχύ που χρειάζεται, ελαχιστοποιώντας τα απόβλητα. Συνολικά, φαίνεται πολλά υποσχόμενο ότι περισσότερα λιμάνια θα εφαρμόσουν υποδομές για ενέργεια από την ξηρά στη ναυτιλία και ότι θα αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες για να κάνουν το cold ironing πιο αποτελεσματικό και βιώσιμο. Καθώς η ναυτιλιακή βιομηχανία συνεχίζει να αντιμετωπίζει πιέσεις για μείωση των περιβαλλοντικών της επιπτώσεων, η ενέργεια από την ξηρά είναι πιθανό να γίνει ένα όλο και πιο σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη αυτού του στόχου (Dewan et al., 2020).



Εικ. 7 Σχέδιο τυπικού συστήματος cold ironing με μετατροπέα συχνότητας (Kozak & Chmiel, 2020)

## **Κεφάλαιο 5**

### **Χρήση ενέργειας από την ξηρά για ένα πλοίο στο δρομολόγιο Ηγουμενίτσα – Μπρίντιζι**

#### **5.1. Μορφολογία του λιμανιού της Ηγουμενίτσας και η σημαντική του θέση**

Η Ηγουμενίτσα είναι μια πόλη λιμάνι που βρίσκεται στη βορειοδυτική ακτή της Ελλάδας, κοντά στα αλβανικά σύνορα. Είναι ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια της Ελλάδας και λειτουργεί ως σημαντικός κόμβος εμπορίου και τουρισμού στην περιοχή, καθώς είναι το πιο κοντινό λιμάνι της χώρας με την Ιταλία και τις Βαλκανικές χώρες της Αδριατικής θάλασσας. Το λιμάνι της Ηγουμενίτσας είναι μια σύγχρονη και άρτια εξοπλισμένη εγκατάσταση που προσφέρει μια σειρά υπηρεσιών για πλοία και επιβάτες. Διαθέτει αρκετούς τερματικούς σταθμούς που διαχειρίζονται τόσο την εμπορευματική όσο και την επιβατική κίνηση, με τακτικά δρομολόγια πλοίων που συνδέουν την Ηγουμενίτσα με προορισμούς στην Ιταλία και σε άλλα μέρη της Ελλάδας (GTP, 2022) και κυριότερο τύπο πλοίου, τα RO-Pax, δηλαδή πλοία συμβατικά που εξυπηρετούν την μεταφορά επιβατών και οχημάτων. Το λιμάνι της Ηγουμενίτσας αποτελείται από χερσαία ζώνη 210 στρέμματα, εκ των οποίων τα 130 στρέμματα είναι χερσαία λιμενική ζώνη, ενώ 80 στρέμματα χώροι στάθμευσης και λοιποί βοηθητικοί χώροι. Ακόμη, διαθέτει 12 θέσεις πρυμνοδέτησης με δυνατότητα ταυτόχρονης εξυπηρέτησης έως και 7 πλοίων. Ωστόσο, ο διάυλος έχει μήκος 1.500 μέτρα και πλάτος 100 μέτρα, ενώ το βάθος του κυμαίνεται από 10 μέτρα. Το κτίριο του τερματικού σταθμού των επιβατών, έχει συνολική επιφάνεια 6.326 τ.μ., ενώ το κτίριο πυροσβεστικού σταθμού έχει εμβαδόν 612 τ.μ.



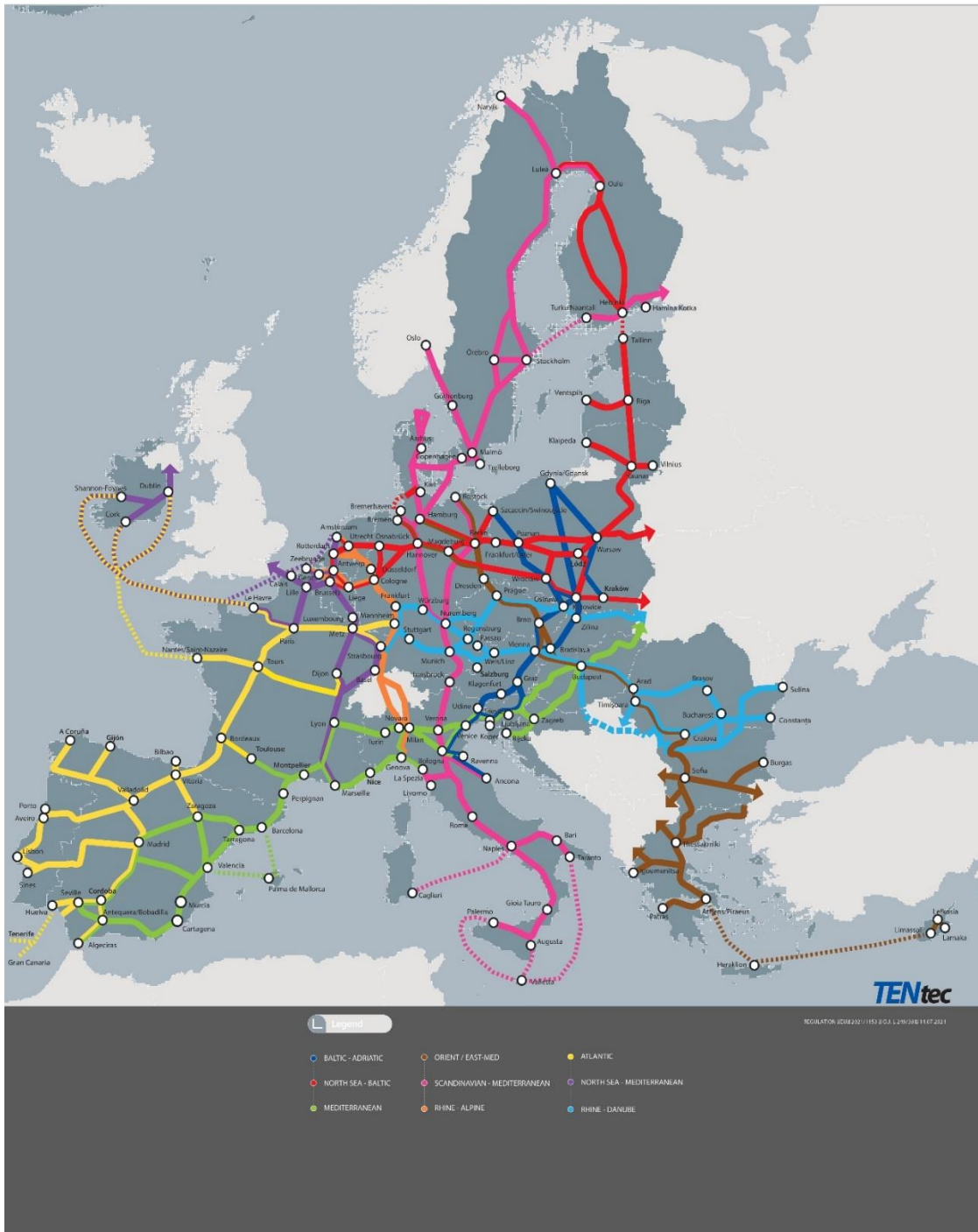
## 5.2. Κίνηση και συνδέσεις με άλλα λιμάνια

Το λιμάνι της Ηγουμενίτσας έχει πιστοποιηθεί ως Οικολογικό Λιμάνι από την ECOPORTS-ESPO, κάνοντας τις απαραίτητες βελτιώσεις για την προστασία του περιβάλλοντος από τις λιμενικές λειτουργίες. Είναι πιστοποιημένος κατά ISO 14001 οργανισμός παροχής υπηρεσιών ελλιμενισμού πλοίων και διακίνησης επιβατών, οχημάτων και εμπορευμάτων. Το νέο λιμάνι της Ηγουμενίτσας είναι ένα από τα μεγαλύτερα Ro-Ro λιμάνια διεθνών μεταφορών στην Ελλάδα και την Ανατολική Μεσόγειο. Εξυπηρετεί εμπορική δράση για τη Βόρεια Ελλάδα και τα Νότια Βαλκάνια (κυρίως Βουλγαρία και Τουρκία) (Kotrikla et al., 2015). Είναι ένας σημαντικός κόμβος, όπου συγκλίνουν η Εγνατία και η Ιωνία Αυτοκινητόδρομοι και είναι ενσωματωμένος στο κεντρικό δίκτυο μαζί με τα λιμάνια του Πειραιά, της Θεσσαλονίκης, της Πάτρας και του Ηρακλείου (Anastasopoulos et al., 2011). Συνδέει την Ηγουμενίτσα με εσωτερικούς προορισμούς (Κέρκυρα, Λευκίμη, Παξούς, Πάτρα, Κεφαλονιά) και εξωτερικούς προορισμούς στην Ιταλία (Ανκόνα, Βενετία, Μπάρι, Μπρίντιζι και περιστασιακά Ραβέννα) (Kotrikla et al., 2015). Η Κέρκυρα απέχει 18 ναυτικά μίλια από την Ηγουμενίτσα, η Λευκίμη απέχει 12 ναυτικά μίλια, η Παξοί 21 ναυτικά μίλια, η Πάτρα 123 ναυτικά μίλια, η Ανκόρα 405 ναυτικά μίλια, η Βενετία 525 ναυτικά μίλια, το Μπάρι 190 ναυτικά μίλια και το Μπρίντιζι 130 ναυτικά μίλια αντίστοιχα (Λιμένας Ηγουμενίτσας – Οργανισμός Λιμένος Ηγουμενίτσας Α.Ε).



European  
Commission

TRANS-EUROPEAN TRANSPORT NETWORK  
TEN-T CORE NETWORK CORRIDORS



Εικ. 10 Trans-European Transport Network (TEN-T) χάρτης (European Commission – MOBILITY AND TRANSPORT, 2018)

Με βάση στοιχείων που αντλήθηκαν από τον Οργανισμό Λιμένος Ηγουμενίτσας, το σύνολο των προσδέσεων των πλοίων για το έτος 2022 ήταν 11.202 πλοία, εκ των οποίων 11 ήταν κρουαζιερόπλοια, ενώ για το έτος 2021 το σύνολο των προσδέσεων ήταν 10.016, εκ των οποίων τα κρουαζιερόπλοια ήταν 2. Πιο συγκεκριμένα, το 2021, από το σύνολο των προσδέσεων, εκείνες του εξωτερικού ήταν 2.659 (26,54% επί του συνόλου), οι προσδέσεις εσωτερικού επιβατηγών οχηματαγωγών ήταν 6.706 (66,95% επί του συνόλου), οι προσδέσεις εσωτερικού φορτηγών οχηματαγωγών ήταν 604 (6,03% επί του συνόλου), οι προσδέσεις φορτηγών 33 (0,329% επί του συνόλου), οι προσδέσεις transit ήταν 12 (0,11% επί του συνόλου), ενώ οι προσδέσεις κρουαζιερόπλοιων ήταν δύο (0,019% επί του συνόλου). Παρατηρείται ότι οι περισσότερες προσδέσεις έγιναν από επιβατηγά οχηματαγωγά εξωτερικού. Αντίθετα, το 2022, οι προσδέσεις του εξωτερικού από τον μήνα Ιανουάριο μέχρι Δεκέμβριο ήταν 2.396, οι προσδέσεις εσωτερικού επιβατηγών οχηματαγωγών ήταν 8.270 (73,82% επί του συνόλου), οι προσδέσεις εσωτερικού φορτηγών οχηματαγωγών ήταν 453 (4,04% επί του συνόλου), οι προσδέσεις φορτηγών 47 (0,41% επί του συνόλου), οι προσδέσεις transit ήταν 25 (0,22% επί του συνόλου) και οι προσδέσεις κρουαζιερόπλοιων μόλις 11 (0,098% επί του συνόλου). Παρατηρείται εδώ, πως οι προσδέσεις εξωτερικού για το έτος 2022, σε σχέση με το 2021, μειώθηκαν κατά 263 προσδέσεις, οι προσδέσεις εσωτερικού επιβατηγών οχηματαγωγών αυξήθηκαν κατά 1.564, οι προσδέσεις εσωτερικού φορτηγών οχηματαγωγών μειώθηκαν κατά 153, οι προσδέσεις φορτηγών αυξήθηκαν κατά 14, οι προσδέσεις transit αυξήθηκαν κατά 13, και, τέλος, οι προσδέσεις κρουαζιερόπλοιων αυξήθηκαν κατά 9. Όλα αυτά αποτυπώνονται παρακάτω εικονικά σε δύο αντίστοιχους πίνακες που δημιουργήσα με στοιχεία που αντλήθηκαν από το site του Οργανισμού Λιμένος Ηγουμενίτσας.

ΜΗΝΕΣ	ΠΡΟΣΔ. ΕΞΩΤ.	ΠΡΟΣΔ. ΕΣΩΤ. ΕΓ/ΟΓ	ΠΡΟΣΔ. ΕΣΩΤ. ΦΓ/ΟΓ	ΠΡΟΣΔ. Φ/Γ	ΠΡΟΣΔ. Δ/Ξ	ΠΡΟΣΔ. Α/Κ	ΠΡΟΣΔ. TRANSIT	ΠΡΟΣΔ. Τ/Χ	ΚΡΟΥΑΖΙΕ- ΡΟΠΛΟΙΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	247	375	41	2	0	0	0	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	212	345	39	3	0	0	1	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	225	479	20	2	0	0	0	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	242	545	27	2	0	0	2	0	0
ΜΑΙΟΣ	232	519	75	5	0	0	2	0	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	232	560	63	3	0	0	2	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	240	774	70	4	0	0	1	0	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	253	918	92	3	0	0	0	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	213	692	41	4	0	0	1	0	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	205	575	47	3	0	0	0	0	2
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	187	484	46	1	0	0	1	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	171	440	43	1	0	0	2	0	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>2.659</b>	<b>6.706</b>	<b>604</b>	<b>33</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>2</b>

\*Σύνολο προσδέσεων: 10.016

Πίνακας 1. Πίνακας αθροιστικών στοιχείων προσδέσεων στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας για το έτος 2021

ΜΗΝΕΣ	ΠΡΟΣΔ. ΕΞΩΤ.	ΠΡΟΣΔ. ΕΣΩΤ. ΕΓ/ΟΓ	ΠΡΟΣΔ. ΕΣΩΤ. ΦΓ/ΟΓ	ΠΡΟΣΔ. Φ/Γ	ΠΡΟΣΔ. Δ/Ξ	ΠΡΟΣΔ. Α/Κ	ΠΡΟΣΔ. TRANSIT	ΠΡΟΣΔ. Τ/Χ	ΚΡΟΥΑΖΙΕ- ΡΟΠΛΟΙΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	184	522	33	2	0	0	1	0	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	173	486	15	3	0	0	1	0	0
ΜΑΡΤΙΟΣ	202	575	20	7	0	0	1	0	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	193	682	37	3	0	0	1	0	1
ΜΑΙΟΣ	195	672	58	5	0	0	2	0	1
ΙΟΥΝΙΟΣ	194	747	33	5	0	0	2	0	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	223	977	72	4	0	0	1	0	1
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	216	1.081	92	4	0	0	2	0	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	205	747	29	3	0	0	3	0	5
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	201	684	19	3	0	0	5	0	3
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	215	545	24	4	0	0	4	0	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	195	552	21	4	0	0	2	0	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>2.396</b>	<b>8.270</b>	<b>453</b>	<b>47</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>27</b>	<b>0</b>	<b>11</b>

\*Σύνολο προσδέσεων: 11.202

Πίνακας 2. Πίνακας αθροιστικών στοιχείων προσδέσεων στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας για το έτος 2022

Στην συνέχεια, επίσης από στοιχεία που αντλήθηκαν από την συγκεκριμένη ιστοσελίδα, παρατηρήσαμε την ροή του αριθμού των επιβατών στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας. Πιο αναλυτικά, μπορούμε να σημειώσουμε πως το έτος 2021 ο αριθμός των επιβατών εσωτερικού που κατέφθασαν στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας ανήλθε σε 569.575, ενώ το 2022 ο αντίστοιχος αριθμός αυξήθηκε και άγγιξε τους 842.895 επιβάτες, με την διαφορά να βρίσκεται στους 273.320. Για τους επιβάτες εξωτερικού η διαφορά μεταξύ των δύο ετών είναι αντίστοιχη, με 574.970 επιβάτες το 2021 και 841.230 επιβάτες το 2022, με τη αύξηση να είναι στους 266.260 επιβάτες. Όσον αφορά τα ΙΧ εσωτερικού, το 2021 κατέφθασαν 160.338 και το 2022 205.649, δηλαδή βλέπουμε αύξηση 45.261 οχημάτων. Αντίστοιχη παρατήρηση μπορούμε να επισημάνουμε και για τα ΙΧ εξωτερικού, καθώς το 2021 ήρθαν 160.921, ενώ το 2022 42.945 επιπλέον, με τον αριθμό τους να φθάνει τους 203.866. Γενικότερα, παρατηρούμε αύξηση στην άφιξη επιβατών και ΙΧ οχημάτων από το ένα έτος στο επόμενο, γεγονός ελπιδοφόρο για την κίνηση επιβατών στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας μελλοντικά ανά τα έτη (Λιμένας Ηγουμενίτσας – Οργανισμός Λιμένος Ηγουμενίτσας Α.Ε).

### 5.3. Η περιβαλλοντική κατάσταση στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Λιμένος Ηγουμενίτσας, ο οποίος ακολουθεί τις οδηγίες Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων και την Ελληνική Νομοθεσία, παρέχει υπηρεσίες ευκολιών υποδοχής αποβλήτων και καταλοίπων των πλοίων που προσεγγίζουν τη θαλάσσια περιοχή αρμοδιότητας του, από το Μάρτιο του 2003. Διαθέτει τα μέσα για την αντιμετώπιση εκτάκτων περιστατικών ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος, καθώς και αναβαθμίζει τα μέτρα προστασίας περιβάλλοντος. Εφαρμόζει ένα Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως όπου και βάση αυτού έχει ως στόχο την πρόληψη της ρύπανσης και την διατήρηση και προστασία της φύσης, εργάζεται στην πρόληψη των περιβαλλοντικών ατυχημάτων από τις δραστηριότητες εντός της περιοχής ευθύνης του, και φροντίζει για την ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων, θέτοντας συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς στόχους, συνεισφέρει στην αειφόρο ανάπτυξη και στοχεύει στη μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Τέλος, βοηθάει στην παροχή όλων των απαραίτητων υποδομών υποδοχής και αποθήκευσης αποβλήτων, στη λειτουργία του με την τοπική κοινωνία και τους εμπλεκόμενους φορείς.

Πιο συγκεκριμένα, τα κυριότερα ζητήματα που απασχολούν τον Οργανισμό είναι η ορθή διαχείριση των αποβλήτων που δημιουργούνται από τα πλοία εξαιτίας του φορτίου, του ηλεκτρικού εξοπλισμού ή των καυσίμων, η κατανάλωση του νερού, ως πρωταρχικός φυσικός πόρος, η κατανάλωση ενέργειας και πόρων, για την διατήρηση της ποιότητας του ευρύτερου περιβάλλοντος, οι εκπομπές στον αέρα, καθώς και ο θόρυβος, που θα πρέπει να ελέγχεται, ειδικότερα σε σημεία όπου υπάρχει έντονη συγκέντρωση δραστηριοτήτων, με παρουσία ανθρώπων ή οχημάτων για παράδειγμα. Ο Οργανισμός ενδιαφέρεται για τα παραπάνω φλέγοντα ζητήματα και ακολουθώντας οδηγίες και κατευθυντήριες νομοθετικές γραμμές, προχωρά διαρκώς στις κατάλληλες εγκαταστάσεις και προμήθεια αντίστοιχων εξοπλισμών. Για να επιτύχει τους στόχους αυτούς, ο Οργανισμός βασίζεται σε δείκτες επίδοσης για την παρακολούθηση της προόδου σχετικά με τις περιβαλλοντικές δράσεις και δεσμεύεται για την επίτευξη συμμόρφωσης με τους περιβαλλοντικούς κανόνες, ενώ η πρόοδος επανεξετάζεται κάθε χρόνο, ώστε να τίθεται το απαραίτητο πλαίσιο κάθε φορά και να υπάρχει διαρκής έλεγχος και παρακολούθηση. Όσον αφορά αυτούς τους κύριους στόχους, η λειτουργία του Οργανισμού γίνεται ολοένα και σημαντικότερη.

Αναλυτικότερα, ο Οργανισμός εφαρμόζει Σύστημα Λιμενικής Περιβαλλοντικής Ανασκόπησης και Σύστημα Περιβαλλοντικής διαχείρισης, στοχεύοντας στην πρόληψη της περιβαλλοντικής ρύπανσης και τον περιορισμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Όπως ακριβώς αναφέρθηκε και παραπάνω, σχετικά με τα κυριότερα ζητήματα, πάνω στα οποία θέτει το κέντρο του ενδιαφέροντός του ο Οργανισμός, εκείνος έχει λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα για την αντιμετώπισή τους και έχει θέσει περιβαλλοντικούς στόχους και αντίστοιχα προγράμματα και πλαίσια δράσης. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά το στόχο της μείωσης της κατανάλωσης του νερού, χρησιμοποιεί ειδικούς μηχανισμούς ελέγχου και παρακολούθησής της, όπως ακριβώς επιδιώκει και με την αντίστοιχη παρακολούθηση των πλοίων και τον έλεγχό τους, με στόχο της μείωση των στερεών και υγρών αποβλήτων που προκαλούνται από αυτά και επομένως, την πρόληψη της θαλάσσιας ρύπανσης, αλλά και της ρύπανσης του εδάφους. Ο λιμένας διαθέτει ήδη σχέδιο παραλαβής και διαχείρισης αποβλήτων, το οποίο εφαρμόζεται σε όλα τα πλοία,

ανεξαρτήτως της σημαίας που φέρουν (εκτός των πολεμικών και των κρατικών). Το σχέδιο ασχολείται με την εκτίμηση των αναγκών των λιμενικών εγκαταστάσεων παραλαβής με την χωρητικότητα και τον τύπο τους, ενώ ταυτόχρονα προχωρά σε διαδικασίες για έλεγχο των ανεπαρειών στις εγκαταστάσεις και επικοινωνίας με τους εμπλεκόμενους στο λιμένα. Ένας επιπλέον στόχος που έχει θέσει, είναι εκείνος της μείωσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, για τον οποίο ενδιαφέρεται ιδιαίτερα και επιτυγχάνει σημαντικές προσπάθειες ολοκλήρωσής του. Τέλος, ενδιαφέρεται επίσης, για την ευαισθητοποίηση και την εκπαίδευση του προσωπικού και των εργολάβων και γενικότερα των ανθρώπων που εμπλέκονται στις εργασίες και την δράση του λιμένα. Σχετικά με το τελευταίο, ο Οργανισμός παρέχει ειδικευμένη περιβαλλοντική εκπαίδευση, χωρίς να αγνοεί την σημαντικότητα, του συγκεκριμένου εγχειρήματος, για την ορθή μετάδοση γνώσεων για την φιλική προς το περιβάλλον λειτουργία του (Λιμένας Ηγουμενίτσας – Οργανισμός Λιμένος Ηγουμενίτσας Α.Ε).

#### 5.4. Ενέργεια από την ξηρά στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας

Μία αξιοσημείωτη πρακτική που θα βελτιώνει τις περιβαλλοντικές συνθήκες και θα ήταν ωφέλιμη για την ποιότητα του αέρα στην πόλη της Ηγουμενίτσας, θα ήταν συγκεκριμένα η λήψη μέτρων για τη μείωση των εκπομπών από τα πλοία ενώ είναι ελλιμενισμένα. Μια επιλογή θα ήταν η χρήση συνδυασμού ενέργειας από την ξηρά και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό θα επέτρεπε στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να παρέχουν ενέργεια στα συστήματα του πλοίου και στον σταθμό παραγωγής ενέργειας του λιμανιού (Kotrikla et al., 2015). Στην έρευνα των Κοτρίκλα και συν. (2015) έγιναν προσομοιώσεις για να εξεταστεί η επίδραση διαφορετικών συνδυασμών βοηθητικών κινητήρων πλοίων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μέρος των απαιτήσεων ισχύος του πλοίου θα μπορούσε να καλυφθεί από ανανεώσιμες πηγές, με την περίσσεια ανανεώσιμης ενέργειας να τροφοδοτείται πίσω στο δίκτυο.

Σε περιπτώσεις που οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρέχουν χαμηλότερη ισχύ εξόδου από το φορτίο του πλοίου, η υπόλοιπη ενέργεια που απαιτείται προέρχεται από το δίκτυο. Σε περιπτώσεις που οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρέχουν μεγαλύτερη ισχύ από το φορτίο του πλοίου, η πλεονάζουσα ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο, η ανανεώσιμη ενέργεια που παρέχεται στο δίκτυο μειώνει τις εκπομπές από τον ηλεκτρικό σταθμό. Δεδομένου ότι η πλεονάζουσα ενέργεια μπορεί να δοθεί στο δίκτυο, δεν είναι απαραίτητο να συμπεριληφθεί αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Η πλεονάζουσα ενέργεια παρέχεται στο δίκτυο και, σε ορισμένες περιόδους, απαιτείται η αγορά ενέργειας από το δίκτυο, επειδή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι διακοπόμενες και δεν παρέχουν ενέργεια κατά παραγγελία (π.χ. και επηρεάζεται από την νεφοκάλυψη· η αιολική ενέργεια επηρεάζεται από την ταχύτητα του ανέμου και την πυκνότητα του αέρα). Επομένως, για να καλυφθούν οι περισσότερες ενεργειακές ανάγκες των βοηθητικών μηχανών των πλοίων τις περισσότερες φορές απαιτείται μεγαλύτερη εγκατάσταση (Kotrikla et al., 2015).

Επιπλέον, ο συνδυασμός ανεμογεννητριών με φωτοβολταϊκά μειώνει την απαίτηση για αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο. Είναι σαφές ότι η ενέργεια από την ξηρά σε συνδυασμό με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα μπορούσε να αποτελέσει λύση για τη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων και των εκπομπών από τα πλοία στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας. Περαιτέρω σκέψεις που επηρεάζουν τη σκοπιμότητα του έργου, όπως το βέλτιστο μέγεθος, το κόστος και η θέση των φωτοβολταϊκών συστοιχιών και των ανεμογεννητριών, θα συζητηθούν σε περαιτέρω εργασία (Kotrikla et al., 2015). Συμπερασματικά, το λιμάνι της Ηγουμενίτσας αποτελεί σημαντική πηγή ρύπανσης, λόγω των εκπομπών από τα πλοία. Ωστόσο, είναι δυνατό να μειωθούν αυτές οι εκπομπές με τη σύνδεση των πλοίων στο κύριο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Οι συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις των πλοίων στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας θα μπορούσαν να καλυφθούν από ένα υβριδικό σύστημα τριών ανεμογεννητριών ισχύος 1,5 MW σε συνδυασμό με ένα φωτοβολταϊκό σύστημα 4 MW. Αυτό θα παρείχε σημαντική μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και των ρύπων που προκαλούνται από τα πλοία στο λιμάνι, δημιουργώντας ένα καθαρότερο και πιο υγιεινό περιβάλλον (Anastasopoulos et al., 2011). Σύμφωνα και με την λιμενική αρχή της Ηγουμενίτσας, στόχος είναι η μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης κατά περίπου 5% ανά έτος. Παρ' όλα αυτά υπήρξε αύξηση της ηλεκτρικής ενέργειας κατανάλωσης κατά τα έτη 2021-2022: 10,53%, αλλά με ταυτόχρονη αύξηση στον αριθμό των συνολικών επιβατών, και επομένως τελικά

μείωση στον συγκεκριμένο δείκτη (Λιμένας Ηγουμενίτσας – Οργανισμός Λιμένος Ηγουμενίτσας Α.Ε.).

Η χρήση ενέργειας από την ξηρά θα επέτρεπε σε ένα πλοίο να κλείνει τις βοηθητικές του μηχανές ενώ είναι ελλιμενισμένο σε λιμάνι και αντ' αυτού να συνδέεται με το κύριο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας για να λαμβάνει ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό θα μείωνε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και ατμοσφαιρικών ρύπων από τις μηχανές του πλοίου, βελτιώνοντας την ποιότητα του αέρα στη γύρω περιοχή. Για την εφαρμογή του cold ironing, το λιμάνι της Ηγουμενίτσας θα πρέπει να εγκαταστήσει τις απαραίτητες υποδομές, όπως σημεία ηλεκτρικής σύνδεσης και μετασχηματιστές ισχύος, ώστε να τροφοδοτούν τα πλοία με ρεύμα ενώ είναι ελλιμενισμένα (Karatug et al., 2022; Uyanik et al., 2020). Επιπλέον, το πλοίο θα πρέπει να είναι εξοπλισμένο με τις απαραίτητες ηλεκτρικές συνδέσεις για να λαμβάνει την ισχύ από το λιμάνι. Το αρχικό κόστος εγκατάστασης της υποδομής για ενέργεια από την ξηρά μπορεί να είναι υψηλό, αλλά θα μπορούσε να οδηγήσει σε μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση κόστους μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου και το κόστος συντήρησης που σχετίζεται με τους βοηθητικούς κινητήρες του πλοίου. Επιπλέον, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως οι ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά, θα μπορούσε να μειώσει περαιτέρω τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του λιμανιού και των πλοίων που το χρησιμοποιούν. Συνολικά, η χρήση ενέργειας από την ξηρά στη γραμμή Ηγουμενίτσα-Μπρίντιζι θα ήταν ένα βήμα προς πιο βιώσιμες ναυτιλιακές πρακτικές και θα ωφελούσε τόσο το περιβάλλον όσο και την τοπική κοινωνία (Kotrikla et al., 2015).

Το Connecting Europe Facility της Ευρωπαϊκής Ένωσης δημιούργησε ένα έργο που ονομάζεται ALFION, δηλαδή την εφαρμογή εναλλακτικού καυσίμου στην Ηγουμενίτσα. Κύριος στόχος του έργου αυτού, είναι να μετατρέψει το λιμάνι της Ηγουμενίτσας σε ενεργειακό κόμβο στην Αδριατική-Ιόνιο Πέλαγος. Αυτό θα επιτευχθεί παρέχοντας βιώσιμες λύσεις, οι οποίες θα ενσωματωθούν στις απαιτήσεις της θαλάσσιας και οχηματικής κυκλοφορίας του λιμένα. Το έργο αυτό έχει ως στόχο την παροχή απαραίτητων τελικών και μηχανολογικών μελετών για την ανάπτυξη της χερσαίας τροφοδοσίας στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας, την εισαγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ηλεκτροπαραγωγικό σύστημα του λιμανιού καθώς και τη δημιουργία κεντρικού συστήματος διαχείρισης ενέργειας. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη ρύθμιση του ενεργειακού δικτύου του λιμένα μεγιστοποιώντας έτσι τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη για το λιμένα και ολόκληρη την περιοχή. Το έργο ALFION υποστηρίζει μηδενικές εκπομπές συμβάλλοντας στους στόχους της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας. Συνοψίζοντας, το έργο αυτό έχει ως βασικό στόχο την εξυπηρέτηση τριών βασικών αναγκών, οι οποίες είναι η αναβάθμιση της λιμενικής υποδομής, οι οποία θα φέρει αύξηση της αποτελεσματικότητας της ενεργειακής διαχείρισης του λιμένα με την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στα πλοία στην ξηρά και τη κατασκευή σταθμών φόρτισης ηλεκτρικής ενέργειας για οχήματα. Ακόμη εξυπηρετεί την ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εντός του λιμένα και της ευρύτερης περιοχής του. Τέλος, καλύπτει την παροχή πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας σε πλοία, με σκοπό την μείωση των εκπομπών των πλοίων και του θορύβου των βοηθητικών κινητήρων τους καθώς και την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των μεταφορικών δραστηριοτήτων στην περιοχή του λιμένα (alfion, 2020)



## Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, ο αντίκτυπος της ναυτιλίας στο περιβάλλον είναι μια σημαντική ανησυχία που απαιτεί άμεση προσοχή από τους εμπλεκόμενους στον κλάδο των θαλάσσιων μεταφορών, τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και την κοινωνία στο σύνολό της. Οι εκτεταμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ναυτιλίας δεν μπορούν πλέον να αγνοηθούν και η βιομηχανία πρέπει να υιοθετήσει καινοτόμες στρατηγικές και τεχνολογίες για να ελαχιστοποιήσει τη ζημιά. Υπάρχουν διάφορα μέτρα που μπορούν να ληφθούν για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, όπως η χρήση εναλλακτικών καυσίμων, πλυντρίδων και βιώσιμων πρακτικών στα λιμάνια (Frid & Caswell, 2017). Ωστόσο, αυτές οι προσπάθειες πρέπει να υποστηρίζονται από αποτελεσματικούς κανονισμούς και πολιτικές που προωθούν βιώσιμες πρακτικές στον κλάδο. Η μελέτη περίπτωσης του λιμανιού της Ηγουμενίτσας καταδεικνύει ότι είναι δυνατή η προώθηση της βιωσιμότητας στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών. Οι προσπάθειες του λιμανιού να μειώσει το αποτύπωμα άνθρακα, μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και βιώσιμων πρακτικών, λειτουργούν ως πρότυπο για άλλα λιμάνια παγκοσμίως.

Είναι ζωτικής σημασίας να μειωθούν οι εκπομπές από τη ναυτιλία για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Η διεθνής κοινότητα, με επικεφαλής τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) και την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), πρέπει να συνεργαστεί για να αναπτύξει πολιτικές και κανονισμούς που προωθούν βιώσιμες πρακτικές στον κλάδο. Εκτός από τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, οι βιώσιμες πρακτικές στη ναυτιλιακή βιομηχανία μπορούν να συμβάλουν στην προστασία της ανθρώπινης υγείας και στη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Η ατμοσφαιρική ρύπανση από τη ναυτιλία έχει συνδεθεί με διάφορα ζητήματα υγείας, συμπεριλαμβανομένων των αναπνευστικών προβλημάτων, των καρδιαγγειακών παθήσεων και του καρκίνου. Επιπλέον, η θαλάσσια ρύπανση από τη ναυτιλία, όπως οι πετρελαιοκηλίδες, μπορεί να έχει καταστροφικές επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα, βλάπτοντας τη βιοποικιλότητα και θέτοντας σε κίνδυνο τα θαλάσσια είδη (Karim, 2015).

Προκειμένου να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, η διεθνής κοινότητα πρέπει να συνενωθεί και να αναπτύξει πολιτικές και κανονισμούς που θα προωθήσουν βιώσιμες πρακτικές στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Αυτές οι πολιτικές και οι κανονισμοί θα πρέπει να ενθαρρύνουν τη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών, όπως τα εναλλακτικά καύσιμα, και να υποστηρίξουν την ανάπτυξη βιώσιμων πρακτικών στα λιμάνια. Η πρόκληση της μείωσης των εκπομπών από τη ναυτιλία είναι πολύπλοκη και απαιτεί τις προσπάθειες της βιομηχανίας, των υπευθύνων χάραξης πολιτικής και της κοινωνίας. Οι βιώσιμες πρακτικές και οι καινοτόμες τεχνολογίες μπορούν να βοηθήσουν να διασφαλιστεί ότι ο κλάδος διαδραματίζει ρόλο στην προστασία του περιβάλλοντος και στην προώθηση ενός πιο βιώσιμου μέλλοντος. Ο κλάδος των θαλάσσιων μεταφορών πρέπει να αρχίσει να μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του για να εξασφαλίσει ένα πιο βιώσιμο μέλλον. Η καινοτομία και η βιωσιμότητα θα πρέπει να αποτελέσουν το κύριο επίκεντρο του κλάδου, με στόχο την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ναυτιλίας, διασφαλίζοντας παράλληλα τη συνεχή ανάπτυξη και ανάπτυξη του κλάδου (Clark, 2002).

Η Οδηγία 2014/94/ΕΕ αποτελεί σημαντική νομοθεσία στις προσπάθειες της ΕΕ να μειώσει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τον τομέα των μεταφορών. Ο τομέας των μεταφορών είναι ένας από τους μεγαλύτερους παράγοντες που συνεισφέρουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 25% του συνόλου των εκπομπών. Η οδηγία αποσκοπεί στην προώθηση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων και στη μείωση της εξάρτησης της ΕΕ από τα ορυκτά καύσιμα στον τομέα των μεταφορών. Μία από τις βασικές προκλήσεις για την προώθηση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων είναι η έλλειψη υποδομής για τη διανομή και τη χρήση τους (Tanaka, 2015). Η οδηγία επιδιώκει να αντιμετωπίσει αυτήν την πρόκληση θέτοντας ειδικές απαιτήσεις για την ανάπτυξη υποδομών για ηλεκτρική ενέργεια, υδρογόνο, φυσικό αέριο, υγραέριο, βιοκαύσιμα και βιοαέριο. Με τον καθορισμό ελάχιστων στόχων για τον αριθμό των σημείων επαναφόρτισης και ανεφοδιασμού, η οδηγία επιδιώκει να διασφαλίσει ότι υπάρχει η απαραίτητη υποδομή για την υποστήριξη της απορρόφησης εναλλακτικών καυσίμων. Η οδηγία περιλαμβάνει επίσης διατάξεις για την προώθηση της χρήσης οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων, όπως οχήματα χαμηλών εκπομπών ρύπων και υπηρεσίες δημόσιων μεταφορών που λειτουργούν με εναλλακτικά καύσιμα. Αυτές οι διατάξεις έχουν σχεδιαστεί για να αυξήσουν τη ζήτηση για εναλλακτικά καύσιμα και να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και καινοτομιών στον τομέα των μεταφορών (IMO, 2022; Zeben & Rowell, 2020).

Η οδηγία έχει και άλλα σημαντικά οφέλη εκτός από τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Για παράδειγμα, η προώθηση εναλλακτικών καυσίμων μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στις αστικές περιοχές μειώνοντας τις εκπομπές επιβλαβών ρύπων όπως τα οξείδια του αζώτου και τα σωματίδια. Αυτό μπορεί επίσης να συμβάλει στη μείωση της εξάρτησης της ΕΕ από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα και στην αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας. Συνολικά, η Οδηγία 2014/94/ΕΕ είναι ένα σημαντικό βήμα προς ένα πιο βιώσιμο σύστημα μεταφορών με χαμηλές εκπομπές άνθρακα στην ΕΕ. Οι διατάξεις για την ανάπτυξη υποδομής εναλλακτικών καυσίμων και την προώθηση οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων είναι βασικές για την επίτευξη αυτού του στόχου και τη μείωση των επιπτώσεων του τομέα των μεταφορών στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία (Dewan et al., 2020).

Στα ίδια πλαίσια, η σύμβαση MARPOL VI είναι μια διεθνής συμφωνία που εγκρίθηκε από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) για την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία. Η σύμβαση θέτει όρια στη μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων που χρησιμοποιούνται από τα πλοία, ανάλογα με την τοποθεσία και τον τύπο του σκάφους. Η MARPOL VI απαιτεί από όλα τα πλοία που λειτουργούν σε καθορισμένες περιοχές ελέγχου εκπομπών (ECA) - όπως η Βαλτική Θάλασσα, η Βόρεια Θάλασσα και η Μάγχη - να χρησιμοποιούν καύσιμα με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 0,10% m/m. Εκτός των ECA, η μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων που χρησιμοποιούνται από τα πλοία περιορίζεται στο 0,50% m/m. Η σύμβαση θέτει επίσης όρια στις εκπομπές NO<sub>x</sub> και σωματιδίων από κινητήρες πλοίων και απαιτεί τη χρήση τεχνολογιών ελέγχου εκπομπών, όπως scrubbers και συστήματα επιλεκτικής καταλυτικής μείωσης (SCR), για τη μείωση των εκπομπών (Hassan & Karim, 2018). Το MARPOL VI είναι ένα σημαντικό παγκόσμιο μέτρο για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία. Η σύμβαση έχει επικυρωθεί από περισσότερες από 90 χώρες, συμπεριλαμβανομένων μεγάλων ναυτιλιακών χωρών όπως η Κίνα, η Ιαπωνία και οι Ηνωμένες Πολιτείες. Ο κανονισμός οδήγησε σε σημαντική μείωση των εκπομπών θείου από τα πλοία, συμβάλλοντας στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και στη μείωση των κινδύνων για την υγεία των πληθυσμών που ζουν σε παράκτιες περιοχές (Gekara & Sampson, 2021).

Η ΕΕ έχει εφαρμόσει τις απαιτήσεις MARPOL VI μέσω της Οδηγίας 2016/802, η οποία ορίζει ειδικές διατάξεις για την παρακολούθηση, την αναφορά και την επαλήθευση των εκπομπών από πλοία που εκτελούν δρομολόγια σε λιμένες και ύδατα της ΕΕ. Η οδηγία απαιτεί από τα πλοία να χρησιμοποιούν καύσιμα με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 0,50% m/m ή να χρησιμοποιούν τεχνολογίες μείωσης των εκπομπών, όπως πλυντρίδες, για τη μείωση των εκπομπών θείου. Η οδηγία θεσπίζει επίσης απαιτήσεις για την παρακολούθηση και την αναφορά εκπομπών, καθώς και κυρώσεις για μη συμμόρφωση (Gekara & Sampson, 2021; Hassan & Karim, 2018).

Η Ηγουμενίτσα είναι ένα σημαντικό λιμάνι που βρίσκεται στη βορειοδυτική ακτή της Ελλάδας, κοντά στα αλβανικά σύνορα. Αποτελεί σημαντικό εμπορικό και τουριστικό κόμβο, με σύγχρονη και άρτια εξοπλισμένη λιμενική εγκατάσταση που διαχειρίζεται τόσο την εμπορευματική όσο και την επιβατική κίνηση. Το λιμάνι έχει πιστοποιηθεί ως Eco-Port και είναι ένας οργανισμός πιστοποιημένος κατά ISO 14001 που παρέχει υπηρεσίες ελλιμενισμού για πλοία και διακινεί επιβάτες, οχήματα και εμπορεύματα. Η Ηγουμενίτσα είναι ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια Ro-Ro διεθνών μεταφορών στην Ελλάδα και την Ανατολική Μεσόγειο, εξυπηρετώντας εμπορική δραστηριότητα για τη Βόρεια Ελλάδα και τα Νότια Βαλκάνια. Μέτρα για τη μείωση των εκπομπών από τα πλοία ενώ είναι ελλιμενισμένα στο λιμάνι θα βελτιώσουν την ποιότητα του αέρα στην πόλη της Ηγουμενίτσας. Το cold ironing, σε συνδυασμό με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά, θα μπορούσε να παρέχει ενέργεια στα συστήματα του πλοίου και στον σταθμό παραγωγής ενέργειας του λιμανιού, μειώνοντας τις εκπομπές από ορυκτά καύσιμα. Οι προσομοιώσεις δείχνουν ότι οι ανανεώσιμες πηγές θα μπορούσαν να παρέχουν μέρος των απαιτήσεων ισχύος του πλοίου, με την περίσσεια ανανεώσιμης ενέργειας να τροφοδοτείται πίσω στο δίκτυο (Kotrikla et al., 2015).

Ένα υβριδικό σύστημα αποτελούμενο από τρεις ανεμογεννήτριες 1,5 MW και ένα φωτοβολταϊκό σύστημα 4 MW θα μπορούσε να καλύψει τις συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις των πλοίων στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας, μειώνοντας σημαντικά τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και τους ρύπους που προκαλούνται από τα πλοία στο λιμάνι. Απαιτείται περαιτέρω εργασία για τον προσδιορισμό του βέλτιστου μεγέθους, κόστους και θέσης των φωτοβολταϊκών συστοιχιών και των ανεμογεννητριών. Ωστόσο, η μείωση των εκπομπών από τα πλοία στο λιμάνι της Ηγουμενίτσας θα δημιουργούσε ένα καθαρότερο και πιο υγιεινό περιβάλλον στην πόλη συνολικά (Kotrikla et al., 2015).

Ένας τομέας μελλοντικής έρευνας είναι η ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών και βιώσιμων τεχνολογιών ναυτιλίας. Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει τεχνολογικές προόδους, όπως η χρήση εναλλακτικών καυσίμων και η ανάπτυξη αυτόνομων πλοίων, τα οποία θα βοηθούσαν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ναυτιλίας, βελτιώνοντας παράλληλα την απόδοση και μειώνοντας το κόστος. Ένας άλλος τομέας για πιθανή έρευνα είναι ο οικονομικός αντίκτυπος των βιώσιμων πρακτικών στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Ενώ οι βιώσιμες πρακτικές μπορεί να απαιτούν αρχική επένδυση, θα μπορούσαν τελικά να οδηγήσουν σε σημαντική εξοικονόμηση κόστους με την πάροδο του χρόνου. Η έρευνα σε αυτόν τον τομέα θα μπορούσε να βοηθήσει τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τους ηγέτες του κλάδου να κατανοήσουν καλύτερα τα πιθανά οικονομικά οφέλη από την προώθηση της βιωσιμότητας στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών.

Τέλος, περαιτέρω έρευνα σχετικά με τον αντίκτυπο των εκπομπών από τη ναυτιλία στην τοπική ποιότητα του αέρα και την ανθρώπινη υγεία θα μπορούσε να βοηθήσει τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τους ηγέτες του κλάδου να αναπτύξουν πιο στοχευμένες και αποτελεσματικές στρατηγικές για τη μείωση των εκπομπών και την προστασία της δημόσιας

υγείας. Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των υφιστάμενων πολιτικών και κανονισμών για την προώθηση της βιωσιμότητας στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών είναι ένας άλλος πιθανός τομέας έρευνας. Η ανάπτυξη νέων πολιτικών και κανονισμών που ενθαρρύνουν την υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ναυτιλίας ενώ παράλληλα θα στηρίξει την ανάπτυξη και την ανάπτυξη του κλάδου.

## Βιβλιογραφία

- Aiello, G., Giallanza, A., & Mascarella, G. (2020). Towards shipping 4.0. A preliminary gap analysis. *Procedia Manufacturing*, 42, 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.019>
- Anastasopoulos, D., Kolios, S., & Stylios, C. (2011). How will Greek ports become Green ports. *Laboratory of Knowledge and Intelligent Computing (KIC-LAB), Dep. of Informatics and Communications Technology, TEI of Epirus*, 1.
- Ballini, F., & Bozzo, R. (2015). Air pollution from ships in ports: The socio-economic benefit of cold-ironing technology. *Research in Transportation Business and Management*, 17, 92–98. <https://doi.org/10.1016/J.RTBM.2015.10.007>
- Bodal Hansen, K., & Roche, P. (2021). EU Green Deal and Maritime Fuel. *Nortonrosefulbright*, 1(1).
- Cicek, K., Akyuz, E., & Celik, M. (2019). Future Skills Requirements Analysis in Maritime Industry. *Procedia Computer Science*, 158, 270–274. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.051>
- Clark, R. B. (2002). Marine Pollution. In *North* (5th ed., Vol. 269). Oxford University Press.
- de la Peña Zarzuelo, I., Freire Soeane, M. J., & López Bermúdez, B. (2020). Industry 4.0 in the port and maritime industry: A literature review. *Journal of Industrial Information Integration*, 20. <https://doi.org/10.1016/J.JII.2020.100173>
- Degiuli, N., Martić, I., Farkas, A., & Gospić, I. (2021). The impact of slow steaming on reducing CO<sub>2</sub> emissions in the Mediterranean Sea. *Energy Reports*, 7, 8131–8141. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2021.02.046>
- Dewan, M. H., Bin Yaakob, O., & Binti Ariffin, A. S. (2020). *SEEMP and its Barriers in Commercial Shipping Barriers for adoption of energy efficiency operational measures in shipping industry* (1st ed., Vol. 1). LAP LAMBERT Academic Publishing.
- DMA. (2022). *MGO Cooling System*. Dan Marine. <http://www.dan-marine.com/en/ProductDetail/4942201.html>
- EPA. (2020). MARPOL Annex VI and the Act To Prevent Pollution From Ships (APPS) | US EPA. *EPA United States Environmental Protection Agency*, 1(1).
- Fayle, C. E. (2013). *A Short History of the World's Shipping Industry* (1st ed., Vol. 1). Routledge.
- Frid, C., & Caswell, B. A. (2017). *Marine pollution* (1st ed., Vol. 1). Oxford University Press.
- Gekara, V. O., & Sampson, H. (Helen). (2021). *The world of the seafarer : qualitative accounts of working in the global shipping industry* (1st ed., Vol. 1). Springer.
- GTP. (2022, August 5). *Three Bids for Majority Stake of Igoumenitsa Port*. GTP.
- Han, C. H. (2010). Strategies to reduce air pollution in shipping industry. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 26(1), 7–29. [https://doi.org/10.1016/S2092-5212\(10\)80009-4](https://doi.org/10.1016/S2092-5212(10)80009-4)

- Hassan, D., & Karim, S. (2018). *International marine environmental law and policy* (1st ed., Vol. 1). Routledge.
- Ichimura, Y., Dalaklis, D., Kitada, M., & Christodoulou, A. (2022). Shipping in the era of digitalization: Mapping the future strategic plans of major maritime commercial actors. *Digital Business*, 2(1), 100022. <https://doi.org/10.1016/J.DIGBUS.2022.100022>
- IMO, I. M. O. (2022). *MARPOL* (5th ed., Vol. 1). IMO .
- Innes, A., & Monios, J. (2018). Identifying the unique challenges of installing cold ironing at small and medium ports – The case of aberdeen. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 298–313. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2018.02.004>
- Jithin. (2022). *Marpol Annex VI – Air Pollution – Knowledge Of Sea*. Marpol Annex VI – Air Pollution. <https://knowledgeofsea.com/marpol-annex-vi-air-pollution/>
- Karatug, C., Arslanoglu, Y., & Guedes Soares, C. (2022). Evaluation of decarbonization strategies for existing ships. *Trends in Maritime Technology and Engineering Volume 2*, 45–54. <https://doi.org/10.1201/9781003320289-5>
- Karatuğ, Ç., Arslanoğlu, Y., & Guedes Soares, C. (2022). Feasibility Analysis of the Effects of Scrubber Installation on Ships. *Journal of Marine Science and Engineering 2022, Vol. 10, Page 1838, 10(12)*, 1838. <https://doi.org/10.3390/JMSE10121838>
- Karim, M. Saiful. (2015). *Prevention of pollution of the marine environment from vessels the potential and limits of the International Maritime Organization* (2nd ed., Vol. 1). Springer.
- Kose, S., & Sekban, D. M. (2022). Emphasizing the importance of using cold-ironing technology by determining the share of hotelling emission value within the total emission. *Transportation Safety and Environment*, 4(2). <https://doi.org/10.1093/TSE/TDAC010>
- Kotrikla, A. M., Nikitakos, N., & Lilas, T. E. (2015). Shore Side Electricity and Renewable Energy Potential at Igoumenitsa Port. *Conference: ECONSHIP 2015 “Shipping and Ports at Crossroads: Competition, Global Sourcing and Regulatory Challenges”At: Chios, Greece.*
- Kozak, M., & Chmiel, J. (2020). Cold ironing galvanic corrosion issues with regard to a shore-to-ship medium voltage connection. *Energies*, 13(20). <https://doi.org/10.3390/EN13205372>
- Maloni, M., Paul, J. A., & Gligor, D. M. (2013). Slow steaming impacts on ocean carriers and shippers. *Maritime Economics and Logistics*, 15(2), 151–171. <https://doi.org/10.1057/MEL.2013.2/FIGURES/8>
- Martínez-López, A., Romero, A., & Orosa, J. A. (2021a). *Assessment of Cold Ironing and LNG as Mitigation Tools of Short Sea Shipping Emissions in Port: A Spanish Case Study*. <https://doi.org/10.3/JQUERY-UI.JS>
- Martínez-López, A., Romero, A., & Orosa, J. A. (2021b). Assessment of Cold Ironing and LNG as Mitigation Tools of Short Sea Shipping Emissions in Port: A Spanish Case Study. *Applied Sciences 2021, Vol. 11, Page 2050, 11(5)*, 2050. <https://doi.org/10.3390/APP11052050>

- Mustary, I., Chowdhury, H., Loganathan, B., & Alam, F. (2017). Development of a Computational Model for Optimal Sourcing of LNG. *Energy Procedia*, 110, 597–603.  
<https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2017.03.191>
- Pruyn, J., & Willeijns, J. (2022). Cold ironing: modelling the interdependence of terminals and vessels in their choice of suitable systems. *Journal of Shipping and Trade* 2022 7:1, 7(1), 1–20.  
<https://doi.org/10.1186/S41072-022-00119-4>
- Reimer Hansen, K. (2020). *Learn more about Marine Scrubbers for ships* . | Senmatic.  
<https://www.senmatic.com/sensors/knowledge/marine-scrubbers>
- Shipping emissions. (2022, March 29). *Shipping emissions: Find 6 ways to reduce [+IMO GHG strategy]*. XChange. <https://www.container-xchange.com/blog/shipping-emissions/>
- Tan, A. K. (2006). *Vessel-Source Marine Pollution: The Law and Politics of International Regulation* (1st ed., Vol. 1). Cambridge University Press.
- Tanaka, Y. (2015). *The international law of the sea* (2nd ed., Vol. 2). CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.
- Uyanik, T., Karatug, Ç., & Arslanoğlu, Y. (2020). Machine learning approach to ship fuel consumption: A case of container vessel. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 84.  
<https://doi.org/10.1016/J.TRD.2020.102389>
- Wang, J., Zhong, M., Wang, T., & Ge, Y. E. (2023). Identifying industry-related opinions on shore power from a survey in China. *Transport Policy*, 134, 65–81.  
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.02.010>
- Zanne, M., Počuča, M., & Bajec, P. (2013). Environmental and Economic Benefits of Slow Steaming. *Transactions on Maritime Science*, 2(2), 123–127. <https://doi.org/10.7225/TOMS.V02.N02.005>
- Zeben, J. A. W. van, & Rowell, A. (2020). *A guide to EU environmental law* (1st ed., Vol. 1). CALIFORNIA UNIVERSITY PRESS.
- Κοτρίκλα, Ά.-Μ. (2015). *Ναυτιλία και περιβάλλον* (1st ed., Vol. 1). Εκδόσεις Κάλλιπος.
- Λιμένας Ηγουμενίτσας – Οργανισμός Λιμένος Ηγουμενίτσας Α.Ε.  
<https://oliq.gr/%cf%80%cf%81%cf%8c%cf%83%ce%b2%ce%b1%cf%83%ce%b7-%cf%87%ce%ac%cf%81%cf%84%ce%b5%cf%82/>
- Alfion (2020).  
<https://alfion.gr/index.php/el/>