



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

**Μεταπτυχιακή Διατριβή για την εκπλήρωση
των απαιτήσεων του ΠΜΣ
«Συστήματα Παραγωγής»**

Θέμα

**«Σύγκριση μεθοδολογιών υπολογισμού
εκπεμπόμενων αέριων ρύπων στη ναυτιλία»**

Δουνδουλάκης Εμμανουήλ Α.Μ. 2015019044

**Επιβλέπων :
Αναπληρωτής Καθηγητής
Παπαευθυμίου Σπυρίδων**

Χανιά 2018

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα κ. Παπαευθυμίου Σπύρο, αναπληρωτή Καθηγητή, για την άψογη συνεργασία και τις κατευθύνσεις που μου έδωσε κατά την εκπόνηση της εργασίας μου, ώστε να ολοκληρωθεί με τον αρτιότερο δυνατό τρόπο, παρά τις δυσκολίες συλλογής των απαραίτητων δεδομένων. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω για τη βοήθεια τους, την κα. Αλεξάνδρα Μαραγκογιάννη, διδάκτορα του τμήματος ΜΠΔ του Πολυτεχνείου Κρήτης και τον κ. Νικολουδάκη Γιώργο, υποψήφιο διδάκτορα του τμήματος ΜΠΔ του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Επίσης ευχαριστώ θερμά, τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, κ. Πουλιέζο Αναστάσιο, Καθηγητή, Δ/ντη Εργαστηρίου Ελέγχου Βιομηχανικών και Ενεργειακών Συστημάτων και κ. Κονσολάκη Μιχαήλ, αναπληρωτή Καθηγητή.

*Ένα μεγάλο ευχαριστώ στη σύζυγο μου Ελένη,
η οποία με ενθάρρυνε, έδειξε την απαιτούμενη υπομονή
και μου συμπαραστάθηκε σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.*

Περιεχόμενα

Περίληψη	6
Συνοτομογραφίες	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	9
ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	9
1.1 Εισαγωγή	10
1.2 Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης	11
Φυσικές διεργασίες	12
Ανθρωπογενείς δραστηριότητες	12
1.3 Βασικές συνέπειες αέριας ρύπανσης.....	13
Φαινόμενο του θερμοκηπίου	13
Τρύπα του όζοντος	14
Όξινη βροχή	14
Φωτοχημικό νέφος	15
1.4 Αέρια ρύπανση από τη ναυτιλία	16
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂).....	17
Οξείδια του θείου (SO _x)	17
Οξείδια του αζώτου (NO _x)	17
Αιωρούμενα σωματίδια (PM).....	17
1.5 Επιπτώσεις αέριας ρύπανσης από τη ναυτιλία.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	20
ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ	20
2.1 Γενικά	21
2.2 Ο ρόλος του IMO – Σύμβαση MARPOL.....	22
2.3 Δείκτες ενεργειακής απόδοσης	24
Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Design Index, EEDI).....	24
Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίου (Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP)	25
2.4 Κανονισμοί του IMO για την προμήθεια καυσίμου	26
2.5 Σύμβαση SOLAS (Safety of Life at Seas).....	27
2.6 Πρόταση των ΗΠΑ στον IMO (MEPC65)	28
2.7 Ενέργειες ναυτιλιακών εταιρειών	29
2.8 Ο ρόλος των φορτωτών - Clean Cargo Working Group	30
2.9 Νέες προκλήσεις για τον IMO	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	33

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ.....	33
3.1 Τύποι πλοίων	34
3.2 Ναυτιλιακά καύσιμα πετρελαίου	35
3.3 Υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG)	38
3.4 Υβριδικά συστήματα πρόωσης LNG (Hybrid LNG systems)	39
3.5 Κυψέλες καυσίμων (Fuel Cells).....	39
3.6 Εγκαταστάσεις πλοίων με πυρηνική ενέργεια	40
3.7 Συστήματα παραγωγής ενέργειας του πλοίου.....	41
3.8 Καταστάσεις λειτουργίας (Operating modes)	42
3.9 Σύγκριση εκπομπών ΚΥΡΙΑΣ και ΒΟΗΘΗΤΙΚΗΣ μηχανής	43
3.10 Σύγκριση εκπομπών πλοίων με άλλα μέσα μεταφοράς	43
3.11 Απαραίτητα δεδομένα για τον υπολογισμό των αέριων εκπομπών στα πλοία	43
3.12 Βάσεις Δεδομένων (DATABASES)	44
3.13 Αυτόματο σύστημα αναγνώρισης (AIS).....	45
3.14 Μέθοδοι υπολογισμού αερίων εκπομπών πλοίων.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	48
ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ EU MRV	48
4.1 Η πορεία προς το Ευρωπαϊκό σύστημα MRV.....	49
4.2 Διαβούλευση με τα ενδιαφερόμενα μέρη	50
4.3 Σύντομη ιστορική αναδρομή	51
4.4 Ευρωπαϊκός Κανονισμός MRV 757/2015 (Εφημερίδα Ε.Ε. L 123, 2015)	52
Αντικείμενο	52
Παρακολούθηση και υποβολή εκθέσεων	53
Σχέδιο παρακολούθησης.....	53
Παρακολούθηση των εκπομπών στη διάρκεια περιόδου αναφοράς.....	55
Μέθοδοι παρακολούθησης εκπομπής CO ₂ και άλλων συναφών παραμέτρων	56
Έκθεση εκπομπών.....	60
Γενικές υποχρεώσεις και αρχές που ισχύουν για τους ελεγκτές-verifiers.....	61
Διαδικασίες επαλήθευσης-έκθεση επαλήθευσης	62
Κυρώσεις, ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ κρατών-μελών	64
Δημοσίευση πληροφοριών και έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.....	65
Διεθνής συνεργασία	66
Ανακεφαλαίωση	66
4.5 Διεθνές σύστημα MRV (IMO, MEPC-70).....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	71
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ	71

5.1 Υπολογισμός ρύπων με βάση τη μεθοδολογία για το MRV.....	72
5.2 Υπολογισμός ρύπων με βάση τη λεπτομερή μέθοδο υπολογισμού (activity based).....	80
Συντελεστές φορτίου κινητήρα	82
Συντελεστές εκπομπών.....	84
5.3 Αντικείμενο της μελέτης	86
5.4 Περιγραφή συνθηκών ταξιδιών μελέτης.....	89
5.5 Υπολογισμός στοιχείων με χρήση γεωγραφικών δεδομένων.....	91
5.6 Επιλογή ταξιδιών για τον υπολογισμό εκπομπών αέριων ρύπων	94
5.7 Εφαρμογή υπολογιστικών μεθόδων	96
Λειτουργικές φάσεις.....	96
Προσέγγιση Fuel based μεθοδολογίας.....	99
Προσέγγιση αναλυτικού υπολογισμού – Activity based.....	101
5.8 Αποτελέσματα Μελέτης	104
5.9 Σύγκριση αποτελεσμάτων με άλλα μέσα μεταφοράς.....	111
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	116
ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	116
6.1 Εισαγωγή	117
6.2 Συσχετισμός ποσοτήτων αέριων ρύπων με το είδος του φορτίου του πλοίου	118
6.3 Επιμερισμός πιθανού μελλοντικού κόστους εκπομπής αέριων ρύπων στη ναυτιλία.....	119
6.4 Λιμενικές επιβαρύνσεις, το παράδειγμα του ΟΛΠ	121
6.5 Εκτίμηση πλήθους/ναύλων επιβαινόντων στα υπό μελέτη πλοία και δρομολόγια	123
6.6 Προτάσεις επιμερισμού πιθανού μελλοντικού κόστους εκπομπών αέριων ρύπων στη ναυτιλία	124
6.7 Εξωτερικά κόστη και επιπτώσεις αέριων ρύπων από τη ναυτιλία	125
6.8 Σύστημα Εμπορίας Ρύπων Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU ETS)	128
6.9 Υπολογισμός κόστους αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών CO ₂ από τη ναυτιλία.....	130
Συμπεράσματα	135
Παράρτημα Ι	138
Βιβλιογραφία.....	139

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, περιγράφει τις διαδικασίες υπολογισμού εκπεμπόμενων αέριων ρύπων στη ναυτιλία. Τους ίδιους αέριους ρύπους, αλλά σε διαφορετικές ποσότητες, εκπέμπουν όλοι οι τύποι πλοίων οι οποίοι λειτουργούν με κινητήρες συμβατικών ορυκτών καυσίμων. Η ποσότητα των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων έχει άμεση σχέση με την κατανάλωση καυσίμου, που εξαρτάται από διάφορους παράγοντες (όπως είναι το σχήμα της γάστρας, το φορτίο, η τραχύτητα του κύτους, ο τύπος του κινητήρα, η κατάσταση του, ο χρόνος ελιγμών, το φορτίο των κινητήρων, ο χρόνος παραμονής εντός του λιμανιού, κλπ). Οι βοηθητικές μηχανές συμβάλλουν επίσης στις συνολικές εκπομπές ρύπων και είναι ιδιαίτερα σημαντικές σε συγκεκριμένες περιπτώσεις πλοίων (π.χ. κρουαζιερόπλοια) λόγω της συνεχούς ανάγκης παραγωγής ενέργειας για την κάλυψη των ξενοδοχειακών απαιτήσεων, καθ' όλη τη διάρκεια του πλου, αλλά και κατά τη διάρκεια παραμονής εντός των λιμένων.

Η Ε.Ε. τα τελευταία έτη, έχει δείξει βούληση να εξετάσει και να αντιμετωπίσει το ζήτημα των εκπομπών των αέριων ρύπων από τη ναυτιλία στον Ευρωπαϊκό χώρο, δεδομένου της παρατηρούμενης καθυστέρηση του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού να προωθήσει το θέμα των ναυτιλιακών εκπομπών σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτό, οδήγησε την ΕΕ σε επαναλαμβανόμενες προειδοποιήσεις, ότι θα προχωρούσε στην εισαγωγή ενός αυτοτελούς ευρωπαϊκού συστήματος αγοράς ρύπων για την ναυτιλία, όπως έχει κάνει ήδη σε άλλους κλάδους, όπως η ηλεκτροπαραγωγή και οι αερομεταφορές.

Το βασικό πρόβλημα σε αυτό, είναι ότι δεν είναι γνωστή η ποσότητα των εκπομπών από τις θαλάσσιες μεταφορές. Οπότε πριν την επιβολή κάποιου μέτρου, θα έπρεπε κατ' αρχήν να σχεδιαστεί και να εφαρμοστεί, ένα οργανωμένο σύστημα Επίβλεψης, Αναφοράς και Επαλήθευσης (Monitoring, Reporting, Verifying, εφεξής MRV) των ρύπων. Έτσι και έγινε το 2015 με τον κανονισμό 757/2015, το λεγόμενο EU MRV.

Η μεταπτυχιακή διατριβή έχει τους παρακάτω βασικούς στόχους:

1. **Υπολογισμός ρύπων με βάση τη μεθοδολογία για το MRV.** Θα υπολογιστούν οι ρύποι για επιλεγμένα πλοία, διαδρομή για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και με βάση μεθοδολογία υπολογισμού καυσίμων, όπως προτείνει το πλάνο MRV.
2. **Υπολογισμός ρύπων με μεθοδολογία βάση δραστηριοτήτων (εφεξής activity based).** Για την ίδια περίπτωση όπως ανωτέρω (πλοία – διαδρομή) οι αέριοι ρύποι θα υπολογιστούν με βάση την πορεία κίνησης του πλοίου, με γνώμονα την αναλυτική προσέγγιση της μηχανολογικής συμπεριφοράς κατά την κίνησή του.
3. **Σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο μεθοδολογιών** και θα γίνει αναλυτικός σχολιασμός και ερμηνεία των συμπερασμάτων.
4. **Σύγκριση των ποσοτήτων αέριων ρύπων της μελέτης μας, με αντίστοιχες ποσότητες άλλων μέσων μεταφοράς** και συγκεκριμένα με κρουαζιερόπλοια και αεροπλάνα, προκειμένου να γίνει αντιληπτό το μέγεθος των ποσοτήτων εκπομπών και η σχετική περιβαλλοντική τους επίπτωση.

5. **Οικονομοτεχνική προσέγγιση των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων.** Κύριος στόχος σε αυτή τη φάση, είναι να συσχετιστούν οι ποσότητες αέριων ρύπων με το είδος του φορτίου του πλοίου (επιβάτες, επιβατικά οχήματα, φορτηγά) σε ετήσια βάση ή/και σε επίπεδο ταξιδιού και να γίνει επιμερισμός του πιθανού μελλοντικού κόστους εκπομπής αέριων ρύπων. Ως κόστος, υπολογίζουμε δύο ειδών κόστη. Το εξωτερικό-κοινωνικό κόστος και το κόστος αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών αέριων του θερμοκηπίου, με τιμές του Ευρωπαϊκού χρηματιστήριου ρύπων (EU ETS).

Συντομογραφίες

AIS	Σύστημα αυτόματης αναγνώρισης, θέσης πλοίου
BDN	Bunker Delivery Notes Σημειώματα προμήθειας καυσίμων
CCWG	Clean Cargo Working Group
ECA	Emission Control Areas Περιοχές ελέγχου εκπομπών καυσαερίων των πλοίων (Βαλτική θάλασσα, Βόρειος θάλασσα, Ανατολικές και Δυτικές ακτές των ΗΠΑ και του Καναδά, περιοχή της Καραϊβικής θάλασσας που ανήκει στις ΗΠΑ)
EEDI	Energy Efficiency Design Index Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης
EU ETS	European Union Emission Trading System Σύστημα εμπορίας ρύπων E.E.
GHG	Greenhouse Gases Αέρια του θερμοκηπίου
IMO	International Maritime Organization Διεθνής ναυτιλιακός οργανισμός
LSFO	Low Sulphur Fuel Oil Ναυτιλιακό καύσιμο με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο
MARPOL	Maritime Pollution Διεθνής σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία
MDO	Marine Diesel Oil Ναυτιλιακό πετρέλαιο-καύσιμο
MEPC	Marine Environment Protection Committee
MRV	Monitoring, Reporting and Verification Καταγραφή, αναφορά και πιστοποίηση
NEEDS	New Energy Externalities Development for Sustainability Μεθοδολογία υπολογισμού εξωτερικού-κοινωνικού κόστους
SECT	Ship Efficiency Credit Trading
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίου
SFOC	Specific Fuel Oil Consumption Ειδική-τυπική κατανάλωση καυσίμου πετρελαίου
SOLAS	Safety of Life at Seas Διεθνή σύμβαση για την ασφάλεια των πλοίων
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change Σύμβαση-πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα δούμε τη διάκριση των πηγών ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε φυσικές διεργασίες και ανθρωπογενείς δραστηριότητες, καθώς και τις βασικές συνέπειες τους. Επίσης θα αναλύσουμε τους κυριότερους αέριους ρύπους από τη ναυτιλία και θα επισημάνουμε τις επιπτώσεις τους.

1.1 Εισαγωγή

Από την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης, διαχρονικά, η αέρια ρύπανση αποτελεί ένα από τα πιο σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα ακόμα και μέχρι σήμερα. Αποτελεί παγκόσμιο πρόβλημα, καθώς δεν περιορίζεται στα στενά γεωγραφικά όρια που εκδηλώνεται η ρύπανση, αλλά επηρεάζει πλέον ολόκληρο τον πλανήτη σε όλο και μεγαλύτερο βαθμό. Οι ρύποι ποικίλλουν ανάλογα με την προέλευση τους. Έχουμε φυσικές πηγές όπως είναι τα ηφαίστεια, οι πυρκαγιές των δασών, οι ωκεανοί, η βιολογική αποσύνθεση κ.α. καθώς και ανθρωπογενείς πηγές, όπου κυρίως οφείλονται στην καύση ορυκτών καυσίμων (καύσιμα μηχανών, μέσα μεταφοράς, βιομηχανίες, οικιακή θέρμανση, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κ.α.) προκαλώντας την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση, είναι η παρουσία στην ατμόσφαιρα κάθε είδους βλαβερών ουσιών (αερίων ρύπων, αιρούμενων σωματιδίων, βαρέων μετάλλων κ.α.) σε μεγάλη συγκέντρωση ή και διάρκεια, προκαλώντας αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και γενικότερα στους ζωντανούς οργανισμούς και τα οικοσυστήματα. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να φτάσει σε επίπεδα που μπορεί να δημιουργηθούν ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης (ύπαρξη «νέφους», αιθαλομίχλης κτλ)

Τα προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ελλάδα, άρχισαν να εμφανίζονται τα τελευταία σαράντα χρόνια και συνδέονται κυρίως με την αστικοποίηση του πληθυσμού της χώρας σε συνδυασμό με την οικονομική ανάπτυξη. Η απρογραμματίστη εισροή πληθυσμών στα αστικά κέντρα, οδήγησε στην αυθαίρετη διόγκωση των πόλεων τόσο από πολεοδομικής, όσο και από λειτουργικής πλευράς. Αποτέλεσμα είναι, τα περιβαλλοντικά προβλήματα και κυρίως αυτά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, να οξυνθούν και κυρίως να γίνουν πολυπλοκότερα, σε σχέση με το αν μπορούσε να γίνει μια προγραμματισμένη ή τουλάχιστον ελεγχόμενη αστικοποίηση της χώρας. Αυτό διότι σε αρκετές περιπτώσεις, λόγω της άναρχης δόμησης η βιομηχανική δραστηριότητα εκτείνεται πολύ κοντά ή ακόμα και εντός των πόλεων, όπως αυτές αναπτύχθηκαν. Συγχρόνως, η οικονομική ανάπτυξη συνδέεται απόλυτα με την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας, που για τα ελληνικά δεδομένα προέρχεται κυρίως από την καύση του λιγνίτη και των πετρελαιοειδών, δηλαδή από διαδικασίες που προκαλούν σημαντική ατμοσφαιρική ρύπανση.

Η ποιότητα της ατμόσφαιρας στις αστικές περιοχές, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα θέματα που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Στις περιοχές αυτές, αφενός υπάρχει συγκέντρωση μεγάλου αριθμού πηγών ρύπανσης και αφετέρου υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμού. Υπάρχει αμείωτο ενδιαφέρον για την μελέτη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις αστικές περιοχές, καθώς νέοι ρύποι (συνδυασμός άλλων) εμφανίζονται, ενώ συγχρόνως αναδεικνύονται οι επιπτώσεις των διαφόρων ρύπων στην υγεία του πληθυσμού. Ανάμεσα στις εκατοντάδες ουσίες που έχουν αναγνωριστεί, οι κυριότεροι ρύποι που καθορίζουν τη ρύπανση της ατμόσφαιρας των πόλεων είναι:

- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Διοξείδιο του θείου (SO₂)
- Οξείδια του αζώτου (NO_x)
- Όζον (O₃)

- Αιωρούμενα σωματίδια (PM)
- Υδρογονάνθρακες και τα παράγωγά τους (HC)
- Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC's)
- Βαρέα μέταλλα

Οι παραπάνω ρύποι είναι οι συνηθέστερα μετρούμενοι, σε σχέση με τους οποίους γίνεται ο χαρακτηρισμός της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα και ονομάζονται συμβατικοί ρύποι. Οι υπόλοιποι μη συμβατικοί ρύποι διακρίνονται από τη νομοθεσία σε δύο κατηγορίες, στους βλαπτικούς αέριους ρύπους HAPs (hazardous air pollutants) και στους τοξικούς. Η πρώτη κατηγορία σχετίζεται με διάφορα προβλήματα υγείας, όπως ερεθισμούς, ασφυξία κ.α., ενώ η δεύτερη κατηγορία σχετίζεται με την τοξικότητα. Οι δύο αυτές κατηγορίες ρύπων, είναι ιδιαίτερα βλαβερές και εμφανίζονται σε σημαντικές ποσότητες στις βιομηχανικές περιοχές, σε αντίθεση με τις αστικές περιοχές, που οι συγκεντρώσεις τους είναι αρκετά μικρότερες απ' ό,τι των συμβατικών ρύπων (Χρέμου, 2013).

1.2 Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ένα αξιοσημείωτο ποσοστό των ουσιών-υλικών που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα σε σημαντικές ποσότητες, είναι απλά μόρια όπως μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), διοξείδιο του θείου (SO₂), οξείδια του αζώτου (NO, NO₂ και N₂O), υδρόθειο (H₂S), αμμωνία (NH₃), υδροχλώριο (HCl), υδροφθόριο (HF) κ.τ.λ., καθώς και οι πτητικές οργανικές ενώσεις. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις, είναι διάφοροι διαλύτες και υδρογονάνθρακες που εξατμίζονται λόγω πτητικότητας όπως αλκάνια, αλκένια και αρωματικοί υδρογονάνθρακες με σχετικά απλή δομή. Επιπροσθέτως με αυτά, η ατμόσφαιρα δέχεται και άλλες εκπομπές, κυρίως από την βιομηχανία, που περιλαμβάνουν πιο πολύπλοκα μόρια πολύ-αρωματικών υδρογονανθράκων και διοξινών, τα οποία συχνά αναφέρονται ως τοξικά αέρια.

Ουσίες σαν αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω και οι οποίες εκπέμπονται κατευθείαν από την πηγή ονομάζονται πρωτογενείς ρύποι. Ωστόσο, το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δεν είναι αποτέλεσμα αποκλειστικά και μόνο αυτής της κατηγορίας ρύπων, καθώς στην ατμόσφαιρα συμβαίνουν διάφορες χημικές αντιδράσεις, τόσο μεταξύ των ρύπων όσο και μεταξύ των ρύπων με την ατμόσφαιρα. Μέσω αυτών των χημικών αντιδράσεων, τα μόρια των ρύπων μετασχηματίζονται και προκύπτει η παραγωγή νέων ρύπων που ονομάζονται δευτερογενείς ρύποι. Αυτοί είναι υπεύθυνοι κατά κύριο λόγο για το φωτοχημικό νέφος, τη μειωμένη ορατότητα, τον ερεθισμό των ματιών και του αναπνευστικού, αλλά και την όξινη βροχή, που συντελεί για μια σειρά καταστροφών στη χλωρίδα και γενικότερα τα υλικά. Η εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα πραγματοποιείται με δύο τρόπους :

1. φυσικές διεργασίες (π.χ. βιολογικές δραστηριότητες, ηφαίστεια, πυρκαγιές, κ.α.)
2. ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως βιομηχανική δραστηριότητα, θέρμανση, αυτοκίνηση, μέσα μαζικής μεταφοράς αλλά και παραγωγή ενέργειας.

Παρόλο που μπορεί να θεωρούμε ότι οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες προκαλούν περισσότερους αέριους ρύπους, παρατηρείται σε παγκόσμια κλίμακα, ότι οι εκπομπές ορισμένων αέριων ρύπων που προέρχονται από φυσικές διεργασίες, είναι μεγαλύτερες από

τις αντίστοιχες που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Το πρόβλημα διογκώνεται και γίνεται εμφανές, όταν εξ' αιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας, σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές, οι ρύποι ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια.

Φυσικές διεργασίες

Η μεγαλύτερη φυσική πηγή εκπομπής αέριων ρύπων είναι τα δέντρα και τα φυτά, τα οποία συμβάλλουν στην μετατροπή του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) σε οξυγόνο (φωτοσύνθεση) και αποτελούν την μεγαλύτερη φυσική πηγή του πλανήτη σε υδρογονάνθρακες.

Η επόμενη σημαντικότερη πηγή εκπομπής φυσικών ρύπων αποτελούν οι ωκεανοί. Μεγάλες ποσότητες από θειούχες ενώσεις παράγονται από την δράση των οργανισμών του φυτοπλαγκτόν. Επίσης, από τη δράση των κυμάτων προκαλείται διάβρωση των βράχων, με αποτέλεσμα να παράγεται σημαντική ποσότητα αιωρούμενων σωματιδίων. Ο άνεμος συμπαρασύρει σταγονίδια από τις θάλασσες που περιέχουν άλατα, με αποτέλεσμα την ύπαρξη συνεχούς πηγής ατμοσφαιρικών αιωρημάτων, καθώς και σε επίδραση με το έδαφος δημιουργείται σκόνη, που κάποιες φορές μπορεί να ξεπεράσει τα όρια που έχουν θεσπιστεί.

Μια ακόμη σημαντική πηγή φυσικών ρύπων αποτελεί η καύση της βιομάζας. Πυρκαγιές μεγάλων διαστάσεων, συμβαίνουν σε δάση ή σε λιβάδια και μπορεί να μην προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Συνήθως προκαλούνται από υψηλές θερμοκρασίες κατά τους θερινούς μήνες ή λόγω κεραυνών κατά το χειμώνα.

Τα ηφαίστεια είναι ακόμα μια πηγή εκπομπής φυσικών ρύπων. Από τις εκρήξεις τους, παράγονται σημαντικές ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων αλλά και αερίων, όπως διοξείδιο του θείου (SO_2), μεθάνιο (CH_4), και υδρόθειο (H_2S). Επίσης, από αυτές τις εκρήξεις, δημιουργούνται σύννεφα από σωματίδια και αέρια τα οποία εκτοξεύονται σε μεγάλο ύψος και παραμένουν στην ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Ανθρωπογενείς δραστηριότητες

Οι κύριες πηγές ανθρωπογενούς αέριας ρύπανσης είναι:

- Μέσα μεταφοράς,
- Οικιακή θέρμανση,
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας,
- Ανεπιθύμητες καύσεις και
- Βιομηχανικές καύσεις καυσίμων

Επιπροσθέτως, στις παραπάνω βασικές πηγές εκπομπών αέριων ρύπων, προστίθεται και ένας σημαντικός αριθμός από μικρότερες εκπομπές. Αν και αρχικά θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές, παρ' όλα αυτά επιβαρύνουν αθροιστικά το συνολικό πρόβλημα. Για παράδειγμα :

- Σωματίδια ύλης, που εκτινάσσονται από τα λάστιχα των οχημάτων κατά το φρενάρισμα αλλά και την κίνηση
- Εξάτμιση οργανικών συστατικών που εμπεριέχονται στα αρώματα ή και σε άλλα καλλυντικά προϊόντα
- Κατασκευή οδοστρωμάτων, οικοδομών και συγκροτημάτων συνεισφέρουν στην αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα

- Καπνός από τα τσιγάρα. Αν αναλογιστούμε ότι τουλάχιστον το 50% των ανθρώπων καπνίζουν, καταλήγουμε ότι σίγουρα αποτελεί μια πηγή μόλυνσης του αέρα.
- Χρήση συνηθισμένων αεροζόλ για ψεκασμό εκτάσεων ή απλά για φρεσκάρισμα του αέρα κλειστών χώρων
- Η αποσύνθεση της βλάστησης στα δάση, στα έλη, αλλά και στην αυλή του σπιτιού
- Ουσίες όπως η ναφθαλίνη που χρησιμοποιούμε καθημερινά για την συντήρηση των ρούχων
- Εξάτμιση πτητικών υδρογονανθράκων κατά τον εφοδιασμό καυσίμων στα αυτοκίνητα

Βλέπουμε λοιπόν, ότι ακόμα και η καθημερινότητα, συμβάλει ενδεχομένως και χωρίς να το συνειδητοποιούμε, στο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

1.3 Βασικές συνέπειες αέριας ρύπανσης

Οι βασικές συνέπειες των αέριων ρύπων είναι :

Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου υπήρχε πάντα, όμως ήταν σε τέτοιο βαθμό ώστε να κρατάει την απαραίτητη ισορροπία στη θερμοκρασία του πλανήτη μας. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν ενισχύσει σημαντικά αυτό το φαινόμενο. Οι κυριότεροι συντελεστές του ενισχυμένου (ανθρωπογενούς) φαινομένου του θερμοκηπίου, οφείλονται κυρίως σε αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 και το μεθάνιο CH_4 . Τα αέρια αυτά προσομοιάζουν και λειτουργούν, όπως το πλαστικό φύλλο ή το τζάμι σε ένα θερμοκήπιο, αφήνοντας την ηλιακή ακτινοβολία να περάσει μέσα στην ατμόσφαιρα, αλλά εμποδίζοντας τη θερμική ακτινοβολία να περάσει προς τα έξω. Το αποτέλεσμα είναι να παγιδεύεται θερμότητα, ακριβώς όπως το θερμοκήπιο και να παρατηρείται έτσι, σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Η αύξηση αυτή της θερμοκρασίας οδηγεί σε φαινόμενα, όπως την τήξη (λιώσιμο) των πάγων με συνεπακόλουθο την αύξηση της στάθμης των θαλασσών, πλημμυρίζοντας εύφορες καλλιεργημένες περιοχές, απειλώντας τη γεωργία και άλλες παράκτιες δραστηριότητες, που στον τρίτο κόσμο αποτελούν βασικούς πόρους επιβίωσης. Κάτι τέτοιες μεγάλες περιβαλλοντικές διαταραχές, βεβαίως δεν αφήνουν ανεπηρέαστα οικοσυστήματα του πλανήτη με μεταναστεύσεις πληθυσμών κ.α.

Για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, μεγάλη ευθύνη φέρει η ραγδαία διαρκώς αυξανόμενη παραγωγή καταναλωτικών προϊόντων στον προηγμένο κόσμο. Η παραγωγή αυτή, απαιτεί ενέργεια (ηλεκτρική ενέργεια, βιομηχανική παραγωγή, μεταφορές κτλ) που σύμφωνα με το σημερινό παγκόσμιο ενεργειακό μίγμα, σημαίνει καύση, η οποία παράγει το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 , που όπως είπαμε ευθύνεται σε σημαντικό βαθμό για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Ο βασικός λόγος που το CO_2 δεν συμπεριλήφθηκε στους αέριους ρύπους, που αναφέραμε παραπάνω, είναι ότι ως ουσία το CO_2 αποτελεί ποσοστό του ίδιου του αέρα που αναπνέουμε (περίπου 4%) και είναι αέριο ζωτικής σημασίας για τη φωτοσύνθεση, άρα και για τη ζωή την ίδια. Οπότε, παρόλο που δεν είναι απολύτως ακριβές να καταχωρηθεί ως ρύπος, λόγω της συμμετοχής του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, ορισμένες φορές συνηθίζεται να αναφέρεται στους αέριους ρύπους.

Τρύπα του όζοντος

Το όζον αποτελείται από μοριακό και ατομικό οξυγόνο (O_3). Περίπου το 90% του ολικού όζοντος της ατμόσφαιρας υπάρχει στη στρατόσφαιρα και το υπόλοιπο 10% του όζοντος βρίσκεται στο χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας, την τροπόσφαιρα. Το στρατοσφαιρικό όζον, συνθέτει ένα στρώμα που παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για το οικοσύστημα του πλανήτη στο σύνολό του, λειτουργώντας ως φίλτρο της υπερϊώδους ηλιακής ακτινοβολίας. Δημιουργείται υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας (UV) από μόρια οξυγόνου, βάσει μιας σειράς αντιδράσεων, γνωστές και ως αντιδράσεις Chapman. Η ίδια ακτινοβολία προκαλεί και την καταστροφή του όζοντος, αφού όταν πέφτουν οι ακτίνες πάνω του, το διασπούν στα μέρη από τα οποία αποτελείται, με ένα ισοζύγιο:

Όζον που καταστρέφεται + Όζον που δημιουργείται = σταθερή περιεκτικότητα περίπου ίση με 10 ppm

Η τρύπα του όζοντος είναι στην ουσία η καταστροφή του στρώματος του όζοντος, η οποία προκαλείται από ανθρωπογενείς ρύπους, με κυριότερους να είναι τα οξείδια του αζώτου (NO_x) προερχόμενα από τα καυσαέρια μηχανών εσωτερικής καύσης (αυτοκίνητα, πλοία, αεροπλάνα) καθώς και οι οργανικές ουσίες που περιέχουν στο μόριό τους χλώριο (χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, χλωροφθοράνθρακες-CFC) που χρησιμοποιούνται σαν προωθητικά αερίων σε σπρέι (εντομοαπωθητικά, αποσμητικά κλπ.) στις μονώσεις, στα ψυκτικά υγρά για ψυγεία και κλιματιστικά.

Αυτές οι ενώσεις είναι πάρα πολύ σταθερές και δραστικές σε όλη την διάρκεια της πορείας τους, όπου φτάνοντας στην οζονόσφαιρα επιδρούν καταλυτικά. Δηλαδή, ενώ καταστρέφουν το όζον, οι ίδιες δεν καταστρέφονται, και η δράση τους αναπτύσσεται σε εξαιρετικά μακροχρόνιους κύκλους. Παρόλο που γίνονται προσπάθειες και συνεχώς απαγορεύεται η χρήση και δημιουργία προϊόντων που περιέχουν τις παραπάνω ουσίες, (ώστε τουλάχιστον να σταματήσει η καταστροφή του όζοντος) θα χρειαστούν πολλά χρόνια ακόμη, ώστε να επανέλθει το προστατευτικό στρώμα του όζοντος σε ικανοποιητικά επίπεδα.

Όξινη βροχή

Αέριοι ρύποι όπως το διοξείδιο του θείου SO_2 και τα οξείδια του αζώτου NO_x , είναι υδροδιαλυτοί και συνεπώς με την εκπομπή τους μπορούν να διαλυθούν στην υγρασία της ατμόσφαιρας. Η όξινη βροχή, είναι ένα φαινόμενο που συμβαίνει όταν ποσότητες κυρίως θειικού και νιτρικού οξέος, φτάνουν στο έδαφος σε υγρή μορφή. Οι ενώσεις αυτές όπως αναφέραμε, διαλύονται στην υγρασία της ατμόσφαιρας, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η οξύτητα και συμπαρασύρονται με την βροχή, το χιόνι, την ομίχλη κλπ, με καταστροφικές συνέπειες για την χλωρίδα την πανίδα, όπως επίσης και τα κτίρια και μνημεία.

Τα SO_2 και NO_x έχουν την δυνατότητα να μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις με τον άνεμο και συνεπώς να δημιουργήσουν το φαινόμενο της όξινης βροχής χιλιόμετρα μακριά. Συχνά οι χώρες στις οποίες παρατηρούνται οι επιπτώσεις του φαινομένου αυτού, δεν είναι εκείνες που παρήγαγαν την αρχική ρύπανση. Η όξινη βροχή επιδρά καταστροφικά στα φυτά, ειδικά πάνω στα δέντρα που λόγω της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής τους, εκτίθενται μακροχρόνια σε αυτήν. Εάν υποστούν όξινη βροχή, το φύλλωμα τους κιτρινίζει και πέφτει, διαταράσσεται ο μεταβολισμός τους, καθώς και το ριζικό τους σύστημα υφίσταται βλάβες, συνεπώς δεν

προσλαμβάνουν κανονικές ποσότητες θρεπτικών συστατικών και νερού. Επιπροσθέτως, υφίσταται υποβάθμιση του εδάφους, αφού τα οξέα που φτάνουν σε αυτό, καταστρέφουν τους ωφέλιμους μικροοργανισμούς, διαλύουν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών αλάτων τα οποία απομακρύνονται με την βροχή και απελευθερώνουν βαρέα μέταλλα που είναι τοξικά για τα φυτά (ιόντα αργιλίου και μαγγανίου). Το αποτέλεσμα είναι, τα δέντρα να εξασθενούν, να γίνονται ευάλωτα σε βακτήρια, ασθένειες και τελικά να πεθαίνουν.

Η όξινη βροχή είναι καταστροφική και για τα επιφανειακά νερά όπως λίμνες και ποτάμια, αφού η μεγάλη συγκέντρωση των οξέων καταστρέφει το πλαγκτόν, την υδάτινη χλωρίδα και τα αβγά των οργανισμών στα υδάτινα οικοσυστήματα. Κατά το παρελθόν, έχει θεωρηθεί ότι η όξινη βροχή, είναι η κύρια αιτία για μαζικούς θανάτους ψαριών, σε σκανδιναβικές λίμνες στις αρχές της δεκαετίας του '70, και σε μικρούς ποταμούς της Γερμανίας στα τέλη του 1980. Ιδιαίτερα αυξημένη ποσότητα όξινης βροχής δέχονται λίμνες και μικρά ποτάμια όταν τήκονται οι πάγοι την περίοδο της άνοιξης.

Για να αντιμετωπιστεί η όξινη βροχή, είναι αναγκαίος ο περιορισμός των εκπομπών του διοξειδίου του θείου και των οξειδίων του αζώτου. Τα σημαντικότερα μέτρα περιλαμβάνουν την αποθείωση των καυσίμων, καθώς και την εφαρμογή καταλύτη καυσαερίων στις εξατμίσεις των μηχανών (όπου είναι εφικτό αυτό, όπως π.χ. στα αυτοκίνητα).

Φωτοχημικό νέφος

Όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω, περίπου το 90% του ολικού όζοντος της ατμόσφαιρας υπάρχει στη στρατόσφαιρα και το υπόλοιπο 10% του όζοντος βρίσκεται στο χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας, την τροπόσφαιρα. Το όζον της τροπόσφαιρας προέρχεται 1) από την φωτοχημική παραγωγή παρουσία φωτός και διάφορων πρωτογενών ρύπων (π.χ. οξειδία του αζώτου, υδρογονάνθρακες) και 2) από τη μεταφορά του στρατοσφαιρικού όζοντος προς την τροπόσφαιρα. Όσο ωφέλιμο είναι το όζον όταν βρίσκεται στην στρατόσφαιρα, τόσο βλαβερό για την υγεία του ανθρώπου είναι όταν βρίσκεται κοντά στο έδαφος, αφού συμμετέχει στην ρύπανση του αέρα κατά την διαδικασία της δημιουργίας του φωτοχημικού νέφους. Το φωτοχημικό νέφος είναι αποτέλεσμα μιας πολύπλοκης σειράς από χημικές αντιδράσεις που περιλαμβάνουν πτητικούς υδρογονάνθρακες και οξείδια του αζώτου (αέριοι ρύποι αποτέλεσμα βιομηχανικών πηγών και μέσων μεταφοράς) υπό την παρουσία και επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας.

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1970, οι επιστήμονες θεωρούσαν ότι το όζον της τροπόσφαιρας είναι ένα αδρανές αέριο, που δεν αντιδρά με άλλα στοιχεία και προέρχεται αποκλειστικά από την κατώτερη στρατόσφαιρα (από διεισδύσεις όζοντος της στρατόσφαιρας στην τροπόσφαιρα) και που τελικά καταστρέφεται στο έδαφος. Προσπαθώντας όμως οι επιστήμονες να εξηγήσουν το φαινόμενο του φωτοχημικού νέφους της δεκαετίας του '60 που παρουσιάστηκε στο Λος Άντζελες, διαπιστώθηκε ότι με αύξηση της θερμοκρασία κατά την διάρκεια της ημέρας, αυξάνεται και η ποσότητα του παραγόμενου όζοντος, ως αποτέλεσμα μιας πολύπλοκης σειράς από χημικές αντιδράσεις που περιλαμβάνουν πτητικούς υδρογονάνθρακες και οξείδια του αζώτου, δεδομένου ότι η ηλιακή ενέργεια επιταχύνει αυτές τις χημικές αντιδράσεις. Εκτός από το όζον, σχηματίζονται και άλλες δευτερογενείς ενώσεις φωτοχημικών ρύπων όπως NO_2 , HNO_3 (Κουτούση, 2014).

Ισχύει και το αντίστροφο, δηλαδή όταν η θερμοκρασία πέφτει, οι χημικές αντιδράσεις επιβραδύνονται και το φωτοχημικό νέφος εμφανίζεται σπάνια. Συνεπώς η παραγωγή του όζοντος της τροπόσφαιρας και το φωτοχημικό νέφος, είναι ένα φαινόμενο που ευνοείται κατά την διάρκεια της ημέρας και των θερινών μηνών του έτους και εμφανίζεται πλέον συχνά σε μεγάλες πόλεις όπως και στην Αθήνα.

1.4 Αέρια ρύπανση από τη ναυτιλία

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 έχει καταγραφεί μαζική αύξηση της ζήτησης για ναυτιλιακές υπηρεσίες. Οι χερσαίες εκπομπές των ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ευρώπη μειώθηκαν σταθερά κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο-τριών δεκαετιών και η μείωση αυτή αναμένεται να συνεχιστεί. Μέσα στην ίδια χρονική περίοδο, στην Περιοχή Ελέγχου Εκπομπών Θείου - Π.Ε.Ε.Θ. (η οποία ορίζεται από λιμένες της Ε.Ε., της Βαλτικής και της Βόρειας Θάλασσας) οι εκπομπές από τις θαλάσσιες μεταφορές έχουν αυξηθεί, παρόλο που πρόσφατα οι εκπομπές θείου και εν συνεχεία οι εκπομπές σωματιδίων, καταγράφουν μείωση λόγω χρήσης καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο.

Αυτή η σημαντική αύξηση στον τομέα της ναυτιλίας, έχει συμβεί χωρίς τον απαραίτητο έλεγχο των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων και οφείλεται τόσο στον διεθνή χαρακτήρα του κλάδου (δηλαδή είναι δύσκολο να συμφωνηθούν και να επιβληθούν οι κανονισμοί από όλες τις χώρες) όσο και στο ότι οι περισσότερες από τις εργασίες-λειτουργία των πλοίων, πραγματοποιούνται μακριά από τα αστικά κέντρα (στην ανοικτή θάλασσα) και ως εκ τούτου, δεν είναι άμεσα εμφανείς ή προσβάσιμες σε επιτόπιο έλεγχο.

Εντούτοις, η ναυτιλία παραδοσιακά θεωρείται το λιγότερο επιβλαβές για το περιβάλλον μέσο μεταφοράς, στοιχείο όμως που αμφισβητείται έντονα από πρόσφατες μελέτες, οι οποίες έχουν στρέψει την προσοχή τους στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως διοξείδιο του άνθρακα) και άλλων ρύπων επικίνδυνων για την ανθρώπινη υγεία όπως, οξείδια του θείου, οξείδια του αζώτου και αιωρούμενα σωματίδια (Cullinane & Cullinane, 2013) τους οποίους θα αναλύσουμε παρακάτω.

Σε ένα κινητήρα πλοίου, τα ναυτιλιακά καύσιμα καίγονται με το οξυγόνο του αέρα, παράγοντας την απαραίτητη μηχανική ενέργεια για την κίνηση, αποβάλλοντας θερμική ενέργεια και καυσαέρια. Τα ναυτιλιακά καύσιμα, αποτελούνται κατά κύριο λόγο από άνθρακα και υδρογόνο (υδρογονάνθρακες πετρελαίου) το περιεχόμενο των οποίων σε άνθρακα κυμαίνεται μεταξύ 84,9% και 87,4% και περιέχουν επίσης προσμίξεις, όπως θείο, η περιεκτικότητα των οποίων διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος του καυσίμου (εάν είναι αποσταγματικό – MDO, MGO– ή υπολειμματικό καύσιμο – HFO) (Κόρτικλα, 2015). Όσο αφορά τα καυσαέρια, περιέχουν κατά κύριο λόγο άζωτο (N_2), οξυγόνο (O_2), υδρατμούς (H_2O) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Σε πολύ μικρότερο ποσοστό περιέχουν οξείδια του αζώτου (NO_x), οξείδια του θείου (SO_x), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), άκαυστους υδρογονάνθρακες (HC) οξυγονούχες οργανικές ενώσεις, ενώσεις μόλυβδου και αιωρούμενα σωματίδια (PM). Οι ενώσεις αυτές είναι ιδιαίτερα επιβλαβείς για το περιβάλλον αλλά και τον ίδιο τον άνθρωπο.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το CO₂ προέρχεται από την καύση του άνθρακα των καυσίμων. Στις συγκεντρώσεις που απαντάται στην ατμόσφαιρα, δεν ενέχει άμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, αποτελεί όμως τη βασική αιτία για το σημαντικότερο περιβαλλοντικό ζήτημα της εποχής μας, το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πολυάριθμες έρευνες δείχνουν την ανησυχητική αύξηση των εκπομπών CO₂ σε παγκόσμια κλίμακα. Η αύξηση αυτή έχει συνδεθεί με την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή, δηλαδή με το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου. Δυστυχώς, σε όλες τις μηχανές εσωτερικής καύσης δεν επικρατούν πάντα συνθήκες τέλει καύσης, οπότε από την ατελή καύση των καυσίμων μπορεί να προκύψει πλειάδα καυσαερίων, όπως : σωματίδια άνθρακα (αιθάλη), CO, άκαυστοι υδρογονάνθρακες ή μερικώς οξειδωμένοι υδρογονάνθρακες (Heywood, 1988).

Οξείδια του θείου (SO_x)

Τα SO_x οφείλονται στην περιεκτικότητα σε θείο των ναυτιλιακών καυσίμων. Σήμερα τα ναυτιλιακά καύσιμα παγκοσμίως, περιέχουν κατά μέσο όρο 2,7% κ.β. θείο ή αλλιώς 27.000 ppm. Για να γίνει κατανοητό το μέγεθος, αναφέρουμε συγκριτικά ότι το όριο σε θείο για το πετρέλαιο κίνησης είναι μόλις 10 ppm, σύμφωνα με την οδηγία 2003/17/EK. Το θείο που περιέχουν τα καύσιμα, οξειδώνεται κατά τη διάρκεια της καύσης στη μηχανή σε οξείδια του θείου (κυρίως SO₂ και SO₃, τα οποία αναφέρονται ως SO_x). Ακολουθώντας, το SO₃ αντιδρά με την υγρασία (H₂O) δημιουργώντας σωματίδια θειικού οξέος (H₂SO₄) μικροσκοπικού μεγέθους, που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα (αερολύματα). Είναι αυτονόητο, ότι για να ελέγξουμε τα SO_x, απαιτούνται βελτιώσεις στη σύσταση των καυσίμων (με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο) και προς αυτή την κατεύθυνση κινείται η ναυτιλία.

Οξείδια του αζώτου (NO_x)

Το άζωτο (N₂) του αέρα είναι χημικά αδρανές, υπό κανονικές θερμοκρασίες και δεν αντιδρά με το οξυγόνο. Μέσα όμως στις μηχανές εσωτερικής καύσης, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν, αντιδρά με το οξυγόνο και οξειδώνεται σε μονοξείδιο του αζώτου (NO) και διοξείδιο του αζώτου (NO₂) γνωστά ως οξείδια του αζώτου, NO_x. Τα NO_x μπορεί να σχηματιστούν (σε μικρότερο ποσοστό) από την καύση συστατικών των καυσίμων που περιέχουν άζωτο. Σε αντίθεση με τα SO_x, ο έλεγχος των NO_x δεν μπορεί να γίνει με βελτιώσεις στη σύσταση των καυσίμων, αλλά με βελτιώσεις στη διαδικασία της καύσης.

Αιωρούμενα σωματίδια (PM)

Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM) αποτελούν ένα σύνθετο μίγμα οργανικών και ανόργανων ουσιών και περιλαμβάνουν ατομικό άνθρακα, αιθάλη, στάχτη, πολύ μικρά σωματίδια καυσίμου που δεν κάηκαν ή κάηκαν ατελώς, άκαυστο λιπαντικό έλαιο, θειικά και υγρασία. Ειδικά στις εξατμίσεις των πλοίων, παράγονται κυρίως σωματίδια θειικών (περίπου το 75% του συνόλου των PM), οργανικός άνθρακας (περίπου το 15 - 25%) και τέφρα (λιγότερο από 10%) (Agrawal, Malloy, Welch, Miller, & Cocker, 2008), (Moldanova, και συν., 2009)

Η συντριπτική πλειοψηφία των διαθέσιμων μελετών, συμφωνούν ότι η ναυτιλία παίζει έναν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή αιωρούμενων σωματιδίων των οποίων τα χαρακτηριστικά και οι ποσότητες έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ποιότητα του αέρα σε

περιοχές που βρίσκονται κοντά σε μεγάλα λιμάνια και στις παράκτιες περιοχές με έντονη ναυτιλιακή κίνηση.

Παρά το γεγονός ότι σε σχέση με τους συνολικούς ρύπους της ναυτιλίας, στους λιμένες εκπέμπεται μόνο ένα σχετικά μικρό ποσοστό αυτών, η διαρκής ανάπτυξη του παγκοσμίου εμπορίου, του τουρισμού, της κίνησης επιβατών και οχημάτων, έχει οδηγήσει σε μεγάλη αύξηση των προσεγγίσεων πλοίων και κατ' επέκταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στους λιμένες. Το χρονικό διάστημα που παραμένουν σε λιμένα τα πλοία, ποικίλει ανάλογα με το είδος του πλοίου και του δρομολογίου που πραγματοποιεί, από κάποια λεπτά έως και εβδομάδες. Σε αυτή τη φάση, τα πλοία χρησιμοποιούν τις βοηθητικές τους μηχανές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (φωτισμός, κλιματισμός, συστήματα ελέγχου καυσίμων και νερού, διακίνησης φορτίου, θέρμανση χώρων, παραγωγή ατμού κλπ). Δεδομένου ότι τα λιμάνια λειτουργούν ως μεταφορικοί κόμβοι εξυπηρετώντας τα πλοία, είναι περιοχές που αναπόφευκτα συγκεντρώνονται μεγάλες εκπομπές καυσαερίων, δημιουργώντας σημαντικές ανησυχίες, σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στις τοπικές κοινωνίες και το επαγόμενο κοινωνικό κόστος.

Οι εκπομπές αερίων ρύπων από τα πλοία, αμέσως μετά την έκλυσή τους αραιώνονται αναμιγνυόμενοι με τον περιβάλλοντα αέρα της ατμόσφαιρας. Κατά την αραιώση οι ρύποι μετασχηματίζονται σε δευτερογενείς ρύπους. Ο μετασχηματισμός τους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως τις αρχικές συγκεντρώσεις των ρύπων, την ατμόσφαιρα, τον καιρό και τις συνθήκες μετεωρολογίας, την ηλιακή ακτινοβολία, το γεωγραφικό πλάτος και την ώρα της ημέρας.

1.5 Επιπτώσεις αέριας ρύπανσης από τη ναυτιλία

Εκτός από τις επιπτώσεις στην σύνθεση της ατμόσφαιρας και την ανθρώπινη υγεία, οι εκπομπές των πλοίων επιδρούν και στο κλίμα μέσω των μεταβολών στα σύννεφα, αφού φαίνεται να υπάρχει μια περίπου γραμμική σχέση μεταξύ της παγκόσμιας μέσης ακτινοβολίας και της αλλαγής στην παγκόσμια μέση επιφανειακή θερμοκρασία (Forster, Stohi, & Seibert, 2007). Αυτό συμβαίνει συνήθως σε χαμηλά υψόμετρα της τροπόσφαιρας, όταν διαταραχθεί ένα στρώμα νεφών αλλάζοντας την ανακλαστικότητα τους. Περιοχές με συχνά μεγάλη ποσότητα χαμηλών νεφών πάνω από τη θάλασσα είναι πιο ευαίσθητες στις εκπομπές των πλοίων και συγκεκριμένα από 5% έως και 30% ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή και το μέγεθος των εκπομπών (Lauer, Eyring, Hendricks, Jöckel, & Lohmann, 2007), (Δούσκας, 2016).

Επίσης, υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι η ψύξη λόγω της αλλαγής των νεφών, ξεπερνά κατά πολύ τις επιπτώσεις στον πλανήτη από τα αέρια του θερμοκηπίου από τη ναυτιλία, προκαλώντας συνολικά την σημερινή αρνητική κατακράτηση της ακτινοβολίας (RF). Οι προσπάθειες για τη μείωση του θείου και άλλων ρύπων από τη ναυτιλία, μπορεί να τροποποιήσει αυτή την κατάσταση. Ωστόσο, λόγω του μικρού χρόνου παραμονής του θείου σε σύγκριση με το CO₂, η απόκριση του κλίματος για το θείο είναι της τάξης των δεκαετιών, ενώ εκείνη για το CO₂ είναι της τάξης των αιώνων. Μετρώντας την παγκόσμια μεταβολή της θερμοκρασίας (GTP) οι εκπομπές ισοδύναμου CO₂, δείχνουν ότι μετά από 50 χρόνια η καθαρή παγκόσμια επίδραση των σημερινών εκπομπών είναι κοντά στο μηδέν, ακυρώνοντας τη

θέρμανση του πλανήτη λόγω του CO₂, από ψύξη προερχόμενη από οξείδια του θείου και του αζώτου (Lauer, Eyring, Hendricks, Jöckel, & Lohmann, 2007), (Δούσκας, 2016).

Σύμφωνα με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) και την επιτροπή MERC (Marine Environment Protection Committee) τα βασικά είδη εκπομπών της ναυτιλίας σε λιμάνια (CH₄, CO, CO₂ και NO_x) εκτιμάται ότι θα τετραπλασιαστούν έως το 2050. Αυτό θα αυξήσει τις εκπομπές CO₂ από τα πλοία στα λιμάνια σε περίπου 70 εκατομμύρια τόνους το 2050 και τις εκπομπές NO_x σε 1,3 εκατομμύρια τόνους. Στην Ασία και στην Αφρική, θα δούμε τις μεγαλύτερες αυξήσεις των εκπομπών, λόγω της ισχυρής ανάπτυξης των λιμένων τους και των περιορισμένων μέτρων περιορισμού των εκπομπών των πλοίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

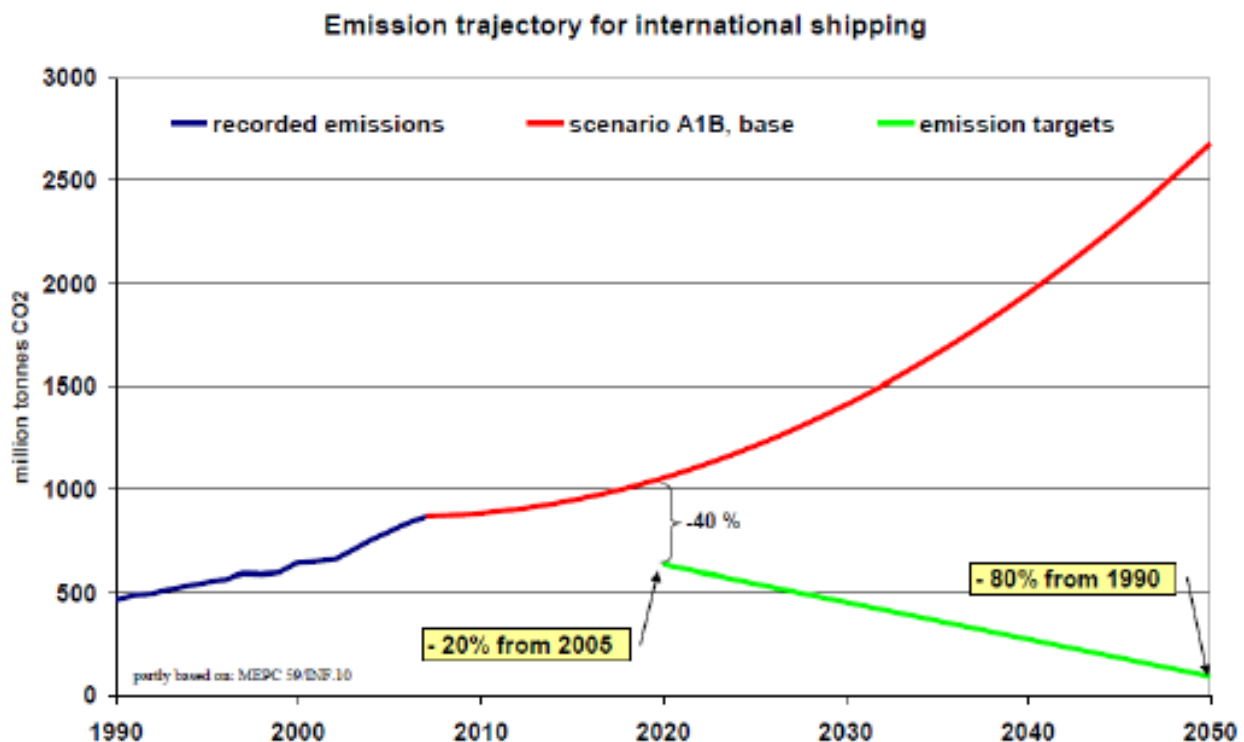
Σε αυτό το κεφάλαιο, θα κάνουμε μια αναδρομή στις προσπάθειες που κάνει ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός IMO, για το έλεγχο των αέριων εκπομπών της ναυτιλίας, αλλά και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει. Θα αναφερθούμε στους δείκτες ενεργειακής απόδοσης, τις ενέργειες των ναυτιλιακών εταιρειών προκειμένου να αυξήσουν την ενεργειακή τους αποδοτικότητα και να μειώσουν την κατανάλωση καυσίμου, αλλά και τον ρόλο των φορτωτών για ποσοτικοποίηση των εκπεμπόμενων αερίων ρύπων, ως συνέχεια των σχετικών απαιτήσεων υπολογισμού του ανθρακικού αποτυπώματος της εφοδιαστικής τους αλυσίδας.

2.1 Γενικά

Ο περιορισμός των αερίων του θερμοκηπίου (Greenhouse Gases, GHG) και η συμμετοχή τους στην επιβάρυνση του παγκόσμιου περιβάλλοντος, αποτελούν μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα και συγκεκριμένα συνοψίζονται στα κάτωθι:

- Απαίτηση για σταθεροποίηση του CO₂ (ή CO₂e equivalent) σε επίπεδα της τάξης 450 ppm και 550 ppm (CO₂e) ώστε να αποτραπούν οι χειρότερες επιπτώσεις στο κλίμα.
- Μείωση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά 2°C.
- Επαγρύπνηση και επιβολή μέτρων λόγω των σημερινών επιπέδων CO₂ που είναι 400 ppm και αυξάνονται κατά 2 ppm κάθε χρόνο.

Σε ότι αφορά τη ναυτιλία, τα πλοία προσφέρουν έναν επαρκή και οικονομικό τρόπο μεταφοράς αγαθών και επιβατών σε ότι έχει να κάνει με την παραγωγή αέριων ρύπων, λαμβάνοντας βέβαια υπόψη ότι εξυπηρετεί σχεδόν το 90% του παγκοσμίου εμπορίου. Οι προβλέψεις βέβαια, κάνουν λόγο για αύξηση της θαλάσσιας μεταφοράς τα επόμενα χρόνια, ως απόρροια της ακόμα μεγαλύτερης αύξησης του εμπορίου και της παραγωγής καταναλωτικών αγαθών. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ελλιπές ρυθμιστικό πλαίσιο γύρω από τα θέματα εκπομπής αερίων, κατέστησαν αναγκαία την λήψη πρωτοβουλιών από την παγκόσμια ναυτιλιακή κοινότητα ώστε να ελέγξει και να μειώσει την μελλοντική τους αύξηση.



Εικόνα 2.1 : Προβλέψεις για τις παγκόσμιες ναυτιλιακές εκπομπές- Σενάρια και στόχοι (Mundt, 2014)

Οι κυβερνήσεις κρατών, αλλά και διάφοροι εμπλεκόμενοι οργανισμοί, έχουν θέσει στόχους μείωσης των αέριων ρύπων. Ο IMO είναι ο ειδικευμένος οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών,

με αρμοδιότητα για την ασφάλεια της ναυτιλίας και την πρόληψη της θαλάσσιας ρύπανσης από τα πλοία. Συνεπώς είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη οριζόντιων μέτρων στην ναυτιλιακή αγορά, ώστε να διευκολύνει την επίτευξη αυτών των στόχων, ωστόσο οι πρωτοβουλίες του IMO ουσιαστικά ξεπεράστηκαν από τις προτάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) το καλοκαίρι του 2013, για την υιοθέτηση και εφαρμογή του Ευρωπαϊκού συστήματος για την Επίβλεψη-καταγραφή, την Αναφορά και την Πιστοποίηση (Monitoring, Reporting and Verification, MRV) των παραγόμενων εκπομπών CO₂ από τις θαλάσσιες μεταφορές με αφετηρία το 2018. Για να φτάσουμε σε αυτό το σημείο, είχαν προηγηθεί συγκεκριμένα γεγονότα και ημερομηνίες ορόσημο :

1991: Σε επίπεδο Ηνωμένων Εθνών υιοθετήθηκε το 1991 και τέθηκε σε εφαρμογή το 1994, η Σύμβαση-πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή (The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). Κατά την τελευταία καταμέτρηση, η UNFCCC είχε 196 μέλη και 3 παρατηρητές (Mundt, 2014).

1997: Υιοθετήθηκε το Πρωτόκολλο του ΚΥΟΤΟ με σκοπό να ενισχυθεί η UNFCCC. Τέθηκε σε ισχύ το 2005 και αριθμεί 166 μέλη. Οι χώρες που εντάσσονται στο Παράρτημα Ι του Πρωτοκόλλου καλούνταν ως το 2012 να μειώσουν τις συνολικές τους αέριες εκπομπές GHG κατά 5,2% μέσο όρο σε σχέση με το επίπεδα του 1990 (Mundt, 2014).

Τον Δεκέμβριο του 1997 η UNFCCC αναθέτει στο Θυγατρικό Τμήμα Επιστημονικής και Τεχνολογικής Συμβουλευτικής (Subsidiary Body of Scientific and Technological Advice, SBSTA) να επεξεργαστεί την διαδικασία ένταξης των ναυτιλιακών αέριων ρύπων στα δεδομένα που καταγράφονται στα πλαίσια της UNFCCC.

Μετά από τις παραπάνω ενέργειες ακολουθεί η εμπλοκή της παγκόσμιας ναυτιλιακής κοινότητας, όπου τον Ιούνιο του 2002, το SBSTA στην ουσία προσπαθεί να αφυπνίσει τον IMO και τον καλεί να αναφέρει τις πρωτοβουλίες που έχει αναλάβει, για την καταγραφή των εκπομπών με βάση την τροφοδοσία των πλοίων σε ναυτιλιακά καύσιμα, με συνεπακόλουθο τον Δεκέμβριο του επόμενου έτους (2003) ο IMO να ζητήσει από την επιτροπή προστασίας του περιβάλλοντος MEPC (Marine Environment Protection Committee) να προσδιορίσει και να αναπτύξει, τους απαραίτητους μηχανισμούς για την μείωση των αερίων εκπομπών της Διεθνούς Ναυτιλίας.

2.2 Ο ρόλος του IMO – Σύμβαση MARPOL

Η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα Πλοία (MARPOL) είναι η κύρια διεθνής σύμβαση που εγκρίθηκε στις 2 Νοεμβρίου 1973 στον IMO και καλύπτει την πρόληψη της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τα πλοία από τυχαία ή επιχειρησιακά αίτια. Ως απάντηση σε μια σειρά από ατυχήματα των δεξαμενόπλοιων την περίοδο 1976-1977, εγκρίθηκε το πρωτόκολλο του 1978. Δεδομένου ότι η σύμβαση MARPOL του 1973 δεν είχε ακόμη τεθεί σε ισχύ, το πρωτόκολλο MARPOL του 1978 απορρόφησε την αρχική σύμβαση και τέθηκε σε ισχύ στις 2 Οκτωβρίου 1983 και ενημερωνόταν με τροποποιήσεις κατά τη διάρκεια των ετών. Οι πιο πρόσφατες ενέργειες, είναι ότι το 1997 εγκρίθηκε ένα πρωτόκολλο για την τροποποίηση της σύμβασης και προστέθηκε ένα νέο παράρτημα VI το οποίο τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005.

Πιο συγκεκριμένα, η σύμβαση περιλαμβάνει σήμερα έξι τεχνικά παραρτήματα, τα οποία περιγράφουμε περιληπτικά παρακάτω (ΙΜΟ, 2018):

Παράρτημα Ι: Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από πετρέλαιο (τέθηκε σε ισχύ στις 2 Οκτωβρίου 1983)

Καλύπτει την πρόληψη της ρύπανσης από το πετρέλαιο, είτε από επιχειρησιακά μέτρα, είτε από τυχαίες απορρίψεις. Οι τροποποιήσεις του 1992 του παραρτήματος Ι κατέστησαν υποχρεωτική τη δημιουργία διπλού κύτους για νέα πετρελαιοφόρα και θέσπισε ένα σταδιακά εισαγόμενο χρονοδιάγραμμα για τα υπάρχοντα δεξαμενόπλοια ώστε να χωρούν σε διπλά κύτη, το οποίο στη συνέχεια αναθεωρήθηκε το 2001 και το 2003.

Παράρτημα ΙΙ: Κανονισμοί για τον έλεγχο της ρύπανσης από επιβλαβείς υγρές ουσίες σε χύδην μορφή (τέθηκε σε ισχύ στις 2 Οκτωβρίου 1983)

Αναφέρει τα κριτήρια απαλλαγής και τα μέτρα για τον έλεγχο της ρύπανσης από επιβλαβείς υγρές ουσίες που μεταφέρονται χύμα, όπου περίπου 250 ουσίες αξιολογήθηκαν και συμπεριλήφθηκαν στον κατάλογο που προσαρτήθηκε στη σύμβαση. Η απόρριψη των υπολειμμάτων τους, επιτρέπεται μόνο στις εγκαταστάσεις παραλαβής μέχρι να τηρηθούν ορισμένες συγκεντρώσεις και συνθήκες (οι οποίες ποικίλλουν ανάλογα με την κατηγορία των ουσιών). Σε κάθε περίπτωση, δεν επιτρέπεται η απόρριψη υπολειμμάτων που περιέχουν επιβλαβείς ουσίες εντός 12 μιλίων από την πλησιέστερη ακτή.

Παράρτημα ΙΙΙ: Πρόληψη της ρύπανσης από επιβλαβείς ουσίες που μεταφέρονται από τη θάλασσα σε συσκευασμένη μορφή (τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιουλίου 1992)

Περιέχει γενικές απαιτήσεις για την έκδοση λεπτομερών προδιαγραφών για τη συσκευασία, τη σήμανση, την επισήμανση, την τεκμηρίωση, την αποθήκευση, τους περιορισμούς των ποσοτήτων, τις εξαιρέσεις και τις κοινοποιήσεις. Για τους σκοπούς του παρόντος παραρτήματος, ως «επιβλαβείς ουσίες» νοούνται οι ουσίες που αναγνωρίζονται ως θαλάσσιοι ρύποι στον διεθνή κώδικα θαλάσσιων επικίνδυνων εμπορευμάτων (κώδικας IMDG) ή που πληρούν τα κριτήρια του προσαρτήματος του παραρτήματος ΙΙΙ.

Παράρτημα ΙV: Πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία (τέθηκε σε ισχύ στις 27 Σεπτεμβρίου 2003)

Περιέχει απαιτήσεις για τον έλεγχο της ρύπανσης της θάλασσας από τα λύματα. Η απόρριψη λυμάτων στη θάλασσα απαγορεύεται, εκτός εάν το πλοίο έχει σε λειτουργία εγκεκριμένη εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων ή όταν το πλοίο απορρίπτει κονιορτοποιημένα και απολυμασμένα λύματα, χρησιμοποιώντας εγκεκριμένο σύστημα σε απόσταση μεγαλύτερη των τριών ναυτικών μιλίων από την πλησιέστερη ακτή. Τα αποχετευτικά λύματα που δεν καταστρέφονται ή απολυμαίνονται, πρέπει να απορρίπτονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 12 ναυτικών μιλίων από την πλησιέστερη ακτή.

Παράρτημα V: Πρόληψη της ρύπανσης από τα σκουπίδια από πλοία (τέθηκε σε ισχύ στις 31 Δεκεμβρίου 1988)

Αντιμετωπίζει διαφορετικούς τύπους σκουπιδιών και καθορίζει τις ελάχιστες αποστάσεις από την ακτή και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να διατεθούν. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του παραρτήματος, είναι η πλήρης απαγόρευση της απόρριψης στην θάλασσα όλων των μορφών πλαστικών.

Παράρτημα VI: Πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία (τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005)

Ορίζει όρια για τις εκπομπές οξειδίων του θείου και οξειδίων του αζώτου από τις εξατμίσεις των πλοίων και απαγορεύει σκόπιμες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος. Οι καθορισμένες περιοχές ελέγχου εκπομπών, θέτουν αυστηρότερα πρότυπα για SO_x, NO_x και σωματίδια. Ένα κεφάλαιο που εγκρίθηκε το 2011 καλύπτει υποχρεωτικά τεχνικά και λειτουργικά μέτρα ενεργειακής απόδοσης με στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τα πλοία.

2.3 Δείκτες ενεργειακής απόδοσης

Ομολογουμένως το έργο του IMO δεν είναι εύκολο, στο να αντιμετωπίσει τη συνεχή πρόκληση της επίτευξης των στόχων μείωσης των αέριων ναυτιλιακών εκπομπών, δεδομένου ότι το σύνολο των πλοίων είναι εγγεγραμμένα στα νηολόγια πολλών χωρών, τα οποία εμπορεύονται μεταξύ λιμένων που ανήκουν σε περισσότερες από 200 χώρες. Παρόλα αυτά, στην 62η συνεδρίαση της επιτροπής MEPC (Ιούλιος 2011) επετεύχθη συμφωνία μεταξύ των μελών του IMO, για την υιοθέτηση μέτρων τόσο για τα υπάρχοντα πλοία, όσο και για τα νεότευκτα, με τελικό στόχο τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Τα μέτρα αυτά συνοψίζονται στους παρακάτω δείκτες (Σιάφης, 2015) :

Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Design Index, EEDI)

Ο δείκτης αυτός, αφορά νεότευκτα πλοία και βασίζεται σε σχεδιαστικές παραμέτρους (κατηγοριοποιημένες ανά είδος και μέγεθος πλοίου) και υποθέσεις για την κατανάλωση καυσίμου (σε μονάδες g/kWh) σε σχέση με την παρεχόμενη ισχύ στο πλοίο. Παρόλο που πρόκειται για μια σύνθετη συνάρτηση, στην ουσία πρόκειται για κάτι σχετικά απλό, αφού είναι ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής αποδοτικότητας του πλοίου, εκφραζόμενο σε γραμμάρια CO₂ ανά τονομύλια και εκφράζεται από τη σχέση:

$$EEDI = \frac{\text{Εκπομπές CO}_2}{\text{Μεταφορικό έργο}}$$

Όσο πιο μικρή είναι η τιμή του δείκτη για ένα πλοίο, τόσο πιο ενεργειακά αποδοτική χαρακτηρίζεται η σχεδίαση και η κατασκευή του. Ο δείκτης παρέχει μια εικόνα για την σχεδιαστική επάρκεια των νεότευκτων πλοίων, αλλά δεν αγγίζει θέματα που άπτονται της πραγματικής λειτουργικής τους χρήσης. Για παράδειγμα δύο ίδια (αδερφά) πλοία, ενώ έχουν τον ίδιο δείκτη EEDI, μπορεί να έχουν διαφορετικές αέριες εκπομπές, εξαιτίας διαφορετικής λειτουργικής τους χρήσης (πχ. επιλεγμένη ταχύτητα ταξιδιού, καιρικές συνθήκες κατά τον πλου κλπ.)

Η εφαρμογή του μέτρου, ξεκίνησε αρχικά το 2013 και προέβλεπε την υποχρέωση για νέα πλοία, συνολικής μεταφορικής ικανότητας άνω των 400GT, να συμμορφώνονται με το επίπεδο αναφοράς του δείκτη EEDI, όπως αυτό έχει καθοριστεί για κάθε συγκεκριμένο τύπο πλοίου. Η βάση υπολογισμού του επιπέδου αναφοράς του δείκτη, κατά την αρχική φάση εφαρμογής, προέκυψε από τη μέση αποδοτικότητα της κατηγορίας του πλοίου για το διάστημα μεταξύ 2000 και 2010, θέτοντας στόχο μείωσης 10% για την 1/1/2015, με

αναπροσαρμοζόμενο στόχο προς τα κάτω ανά πενταετία. Οι καθορισμένοι έως σήμερα τιμές-στόχοι του δείκτη, έως και την πενταετία 2025-2030, έχουν τεθεί με μείωση 30% για τους τότε εξεταζόμενους τύπους πλοίων.

Αρχικά, ο EEDI αναπτύχθηκε για εμπορικά πλοία μεταφοράς πετρελαίου, χύδην φορτίου, αερίου, γενικού φορτίου, εμπορευματοκιβωτίων και κατεψυγμένων φορτίων τα οποία βάσει υπολογισμών ευθύνονται για το 72% των αέριων εκπομπών της ναυτιλίας, όμως παρόμοιες φόρμουλες υπολογισμού έχουν δημιουργηθεί και για άλλους τύπους πλοίων, όπως οχηματαγωγά, επιβατηγά, στα οποία το κυρίαρχο στοιχείο του φορτίου είναι ο όγκος και όχι το βάρος.

Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίου (Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP)

Το σχέδιο αυτό, είναι ένα λειτουργικό μέτρο που στην ουσία καθιερώνει έναν μηχανισμό βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης υπαρχόντων πλοίων (ακόμα και νεότευκτων) με διατήρηση βεβαίως του χαμηλού κόστους, ενώ παρέχει στις ναυτιλιακές εταιρείες τρόπους και εργαλεία διαχείρισης των πλοίων τους, χρησιμοποιώντας δείκτες που δίνουν ένδειξη σύμφωνα με την κατανάλωση καυσίμου, αλλά και το μεταφορικό τους έργο.

Κατά το Παράρτημα VI της MARPOL, κάθε πλοίο άνω των 400GT πρέπει να διατηρεί SEEMP, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς του IMO. Συγκεκριμένα με βάση την οδηγία MEPC 63/23 Παράρτημα 9, καθορίζονται 4 βήματα στο σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης ενός πλοίου (Σιάφης, 2015). Αυτά είναι :

1. Σχεδιασμός

Γίνεται καταγραφή του ισχύοντος σχήματος κατανάλωσης ενέργειας, καθώς επίσης και μια σειρά από μέτρα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, ενώ υποχρεωτική είναι η καταγραφή του τρόπου εφαρμογής κάθε μέτρου, μαζί με τον καθορισμό υπευθύνου προσώπου. Κάθε πλοίο έχει τη δυνατότητα να θέτει συγκεκριμένους στόχους ως μέρος της φάσης σχεδίασης.

2. Εφαρμογή

Η εφαρμογή των μέτρων πρέπει να γίνεται με βάση το πλάνο σχεδιασμού και η ενεργειακή απόδοση θα πρέπει να αποτυπώνεται ποσοτικά.

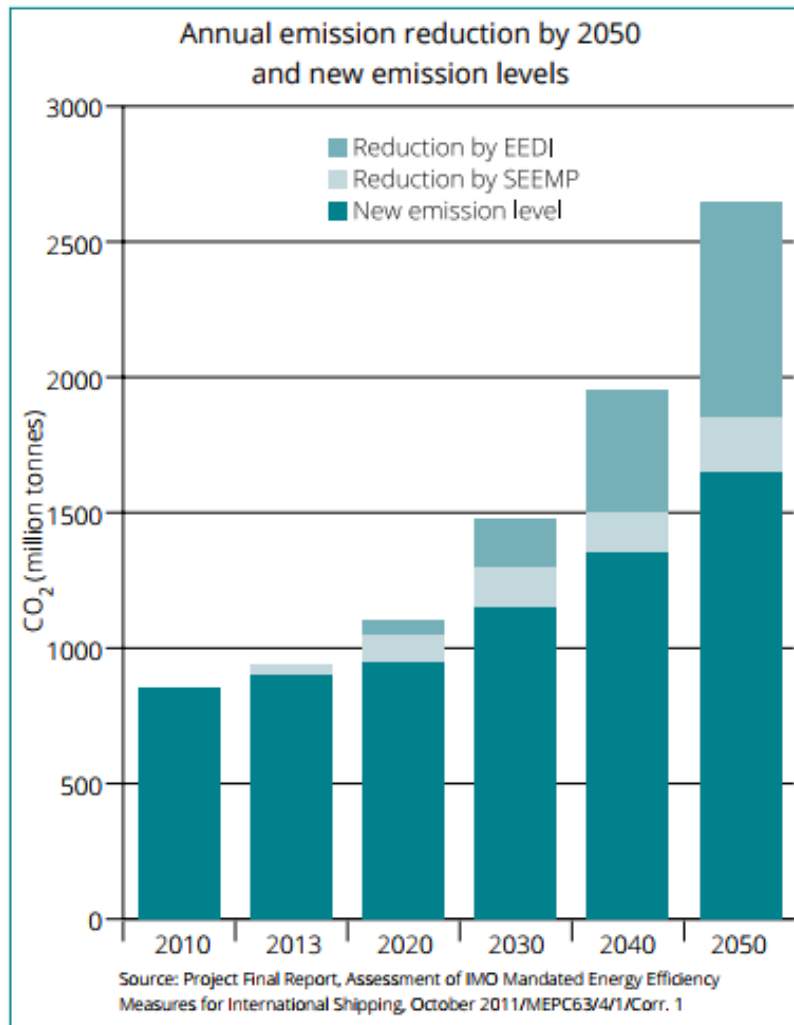
3. Επίβλεψη

Για να μπορούν να επαληθευτούν τα ανωτέρω, η επίβλεψη πρέπει να γίνεται με προκαθορισμένους τρόπους οι οποίοι επιβάλλεται να υπακούουν σε διεθνή στάνταρ. Ο δείκτης Ενεργειακά Αποδοτικής Λειτουργίας (Energy Efficiency Operational Index, EEOI), ο οποίος δεν έχει βέβαια υποχρεωτικό χαρακτήρα εφαρμογής, είναι μια τέτοια περίπτωση και έχει εισαχθεί από τον IMO. Αποτελεί το πρωτεύον εργαλείο επιτήρησης αν και υπάρχουν και άλλα ποσοτικά μέτρα που θεωρούνται εξίσου αποτελεσματικά. Στα μέτρα αυτά, εν πολλοίς αποτυπώνεται και η άποψη ότι το είδος του ταξιδιού στο οποίο εμπλέκεται ένα πλοίο, το φορτίο που μεταφέρει κ.α. είναι καθοριστικής σημασίας για την εφαρμογή των μέτρων και του πλάνου ενεργειακής αποδοτικότητας.

4. Αυτό-αξιολόγηση και βελτίωση

Κάθε ναυτιλιακή εταιρεία αξιολογεί την πρόοδό της και προχωρά σε βελτιώσεις, αν το κρίνει απαραίτητο.

Μια εκτίμηση των επιπτώσεων της χρήσης των παραπάνω δεικτών, σύμφωνα με μελέτη του IMO, αναπαριστάται γραφικά στο παρακάτω διάγραμμα της εικόνας 2.2.



Εικόνα 2.2 : Μελέτη για την εκτίμηση επιπτώσεων της χρήσης δεικτών EEDI, SEEMP (IMO, 2018)

Στο διάγραμμα βλέπουμε ότι μέχρι το 2020, υπολογίζεται ετήσια μείωση της τάξης των 150 εκατομμύρια τόνων CO₂, ενώ έως το 2030 προβλέπεται η μείωση αυτή να αυξηθεί σε περίπου 330 εκατομμύρια τόνους CO₂ ετησίως. Η μέση μείωση το 2020 αναμένεται να είναι περίπου 14% και το 2030 περίπου 23% σε σύγκριση με τις συνήθεις λειτουργίες. Από τη σχεδιαζόμενη μείωση για το 2020, 24% (36,5 εκατ. τόνοι) αποδίδονται στη χρήση του EEDI και 76% (115 εκατ. τόνοι) αποδίδονται στη χρήση του SEEMP.

2.4 Κανονισμοί του IMO για την προμήθεια καυσίμου

Ο κανονισμός 18 της MARPOL παράρτημα VI, υποχρεώνει τα πλοία άνω των 400GT (συμπεριλαμβανομένων των θαλάσσιων πλατφορμών και των drilling rigs) να διατηρούν αρχείο προμήθειας πετρελαίου, μέσω των σημειωμάτων προμήθειας καυσίμων (Bunker

Delivery Notes, BDN). Τα BDN εκδίδονται από τον προμηθευτή καυσίμου και πρέπει υποχρεωτικά να περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στοιχεία :

- Όνομα και αριθμό IMO του πλοίου που δέχεται το καύσιμο
- Λιμάνι παράδοσης καυσίμου
- Ημέρα έναρξης της παράδοσης
- Πλήρη στοιχεία του προμηθευτή
- Ακριβής ονομασία και περιγραφή του καυσίμου
- Ποσότητα σε μετρικούς τόνους
- Πυκνότητα του καυσίμου στους 15°C (σε kg/m³)
- Περιεκτικότητα σε Θείο (%m/m)
- Γραπτή βεβαίωση του αντιπροσώπου του προμηθευτή, υπογεγραμμένη και σφραγισμένη, στην οποία ρητά αναφέρεται ότι το προμηθευόμενο καύσιμο είναι σε συμφωνία με τον κανονισμό 14(1) ή 4(a) και 18(1) της MARPOL παράρτημα VI.

Με βάση τους κανονισμούς αυτούς, τα BDN πρέπει να φυλάσσονται επί του πλοίου για μια ελάχιστη περίοδο 3 ετών από την προμήθεια του καυσίμου. Οι κανονισμοί 17.1 και 36.1 της MARPOL παράρτημα VI αναγκάζουν κάθε πετρελαιοφόρο άνω των 150GT και κάθε άλλο πλοίο πάνω από 400GT να διατηρούν Βιβλίο Αρχείου Πετρελεύσεων (Oil Record Book) και να γίνονται εγγραφές κάθε φορά, που γίνονται λειτουργικές διαδικασίες όπως οι πετρελεύσεις.

Ο κανονισμός 14.6 της MARPOL παράρτημα VI, υπαγορεύει στα πλοία που χρησιμοποιούν διαφορετικά είδη καυσίμων, προκειμένου να συμμορφώνονται με τους κανονισμούς του IMO για τις εκπομπές θείου σε συγκεκριμένες περιοχές, να ακολουθούν μια συγκεκριμένη διαδικασία αλλαγής καυσίμου αλλά και να τηρούν ένα σχετικό βιβλίο εγγραφών (Fuel Changeover Log Book). Τα πλοία αυτά οφείλουν να εκτελούν μια συγκεκριμένη διαδικασία και στη συνέχεια να καταγράφονται στο βιβλίο, προτού το πλοίο εισέλθει ή εξέλθει σε περιοχή ελεγχόμενων εκπομπών (ECA zone- Emissions Control Area), οι ακόλουθες πληροφορίες:

- Όγκος καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας θείου ανά δεξαμενή
- Ημερομηνία και ώρα αλλαγής καυσίμου
- Θέση του πλοίου κατά την αλλαγή

2.5 Σύμβαση SOLAS (Safety of Life at Seas)

Η Σύμβαση SOLAS στις διαδοχικές της μορφές θεωρείται ως η σημαντικότερη από όλες τις διεθνείς συνθήκες σχετικά με την ασφάλεια των πλοίων. Η πρώτη έκδοση υιοθετήθηκε το 1914, ως απάντηση στην καταστροφή του Τιτανικού, η δεύτερη το 1929, η τρίτη το 1948 και η τέταρτη το 1960. Η τελευταία έκδοση είναι του 1974, η οποία ενημερώθηκε και τροποποιήθηκε επανειλημμένα για να έρθουμε στην ισχύουσα σημερινή σύμβαση, η οποία αναφέρεται μερικές φορές ως SOLAS, 1974, όπως τροποποιήθηκε.

Η Σύμβαση SOLAS απαιτεί από τα πλοία, να καταγράφουν πληροφορίες, προσδιορίζοντας συγκεκριμένη συχνότητα και τύπο των εγγραφών στο ημερολόγιο καταστρώματος του πλοίου. Οι εγγραφές αυτές, αφορούν διάφορες λειτουργίες του πλοίου κατά την διάρκεια του πλου, αλλά επίσης και την άφιξη και αναχώρηση σε κάθε λιμένα. Κάτι τέτοιο, δίνει την δυνατότητα για μέτρηση της συνολικής απόστασης που καλύπτει το πλοίο, με βάση τις

καταγεγραμμένες αποστάσεις μεταξύ των λιμένων. Είναι προφανές ότι κάτι τέτοιο, μπορεί να έχει εφαρμογή στον υπολογισμό των εκπεμπόμενων ρύπων, καθώς η συνολική απόσταση είναι κρίσιμος παράγοντας της εξίσωσης του υπολογισμού.

Είναι αυτονόητο ότι η μείωση των εκπομπών, έχει άμεση σχέση με την κατανάλωση καυσίμων, κάτι που μπορεί να παρακολουθηθεί από ειδικούς συντελεστές που έχουν εισαχθεί από τον IMO και αποτελούν περιγραφή της σχέσης αερίων εκπομπών και κατανάλωσης συγκεκριμένων τύπων καυσίμου (πχ. ναυτιλιακό diesel, ελαφριά και βαριά καύσιμα). Βάση για την καταμέτρηση της ποσότητας των καυσίμων που έχουν καταναλωθεί, αποτελούν οι παρακάτω τρόποι μέτρησης:

- Βιβλίο καυσίμων (Oil Record Book)
- Σημειώματα Κατανάλωσης Καυσίμων (Bunker Delivery Notes)
- Χρήση ροόμετρων καυσίμου για τις κύριες και βοηθητικές μηχανές
- Καταμέτρηση των δεξαμενών καυσίμου (fuel tank sounding)

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, οι παραπάνω μέθοδοι παρουσιάζουν διαφορά ως προς την ακρίβεια, κάτι που είναι κομβικής σημασίας. Η πραγματική ενεργειακή απόδοση ενός πλοίου δεν εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από την κατανάλωση του καυσίμου, αλλά επίσης και από το μεταφορικό έργο που παράγει, καθώς επίσης και από την ένταση της δραστηριότητάς του. Η ενεργειακή απόδοση γενικά ορίζεται ως :

$$\text{Ενεργειακή Απόδοση} = (\text{Παρεχόμενη Ενέργεια}) - (\text{Παραγόμενη Ενέργεια})$$

Όπου : *Παρεχόμενη Ενέργεια*, είναι η ενέργεια που παρέχεται σε μια μηχανή με τη μορφή καυσίμου, προσπάθειας κλπ. και *Παραγόμενη Ενέργεια* η τελική ενέργεια που τελικά παράγεται με την μορφή κίνησης, αποτελέσματος.

Αν περιορίσουμε το ενδιαφέρον μας μόνο στο κομμάτι της κατανάλωσης καυσίμου, τότε αφήνουμε εκτός της συνολικής εξίσωσης το παραγόμενο αποτέλεσμα, το οποίο είναι πολύ σημαντικό. Το αποτέλεσμα αυτό, μπορεί να εκφράζεται ως απόσταση ταξιδιού, ως όγκος/ποσότητα μεταφερόμενου φορτίου, ως ταχύτητα ταξιδιού κλπ ή και ως συνδυασμός όλων των παραπάνω.

2.6 Πρόταση των ΗΠΑ στον IMO (MEPC65)

Οι ΗΠΑ ήταν οι πρώτες που πρότειναν έναν τρόπο να προσεγγιστεί η ενεργειακή αποδοτικότητα ενός πλοίου, με την πρόταση που κατέθεσαν κατά τις εργασίες της 59ης Συνόδου της Επιτροπής Προστασίας του Περιβάλλοντος του IMO (IMO MEPC 59), και η οποία έχει αναδιαμορφωθεί πολλές φορές από τότε. Η πρόταση ονομάστηκε SECT (Ship Efficiency Credit Trading) και χρησιμοποιήθηκε αρχικά ως συμπλήρωμα του δείκτη EEDI για τα νέα πλοία άνω των 400GT.

Σύμφωνα με το SECT, όλα τα πλοία του υπάρχοντος στόλου, θα υπόκειντο σε υποχρεωτικά στάνταρ ενεργειακής απόδοσης, αντί να συνδέονται με κάποιο υποχρεωτικό όριο εκπομπών (cap of emissions) ή επιπλέον επιβάρυνση στην τιμή του καυσίμου. Η πρόταση προέβλεπε ότι τα πλοία που θα ενεργούν με μεγαλύτερη απόδοση από το απαιτούμενο, θα επιβραβεύονται με μονάδες ενεργειακής απόδοσης (efficiency credits) σύμφωνα με την τρέχουσα αξιολόγηση

και δραστηριότητά τους. Αντίθετα, τα πλοία που θα λειτουργούσαν κάτω από τις απαιτήσεις, θα είχαν την επιλογή να αγοράζουν μονάδες ενεργειακής απόδοσης από περισσότερο αποδοτικά πλοία, ώστε τελικά να επιτύχουν να συμμορφωθούν με τις απαιτήσεις του κανονισμού.

Στην MEPC 64, παρουσιάστηκε μια νέα εκδοχή της πρότασης, η οποία αναγνώριζε την αξία της δημιουργίας στάνταρ αξιολόγησης, με βάση την συνολική κατανάλωση καυσίμου. Σκοπός ήταν, να αποτυπωθούν όλα τα τεχνικά και λειτουργικά μέτρα που θα μπορούσε ένα πλοίο να υιοθετήσει, με σκοπό την αύξηση της ενεργειακής του απόδοσης και τη δημιουργία ενός πιο κατανοητού δείκτη απόδοσης του πλοίου.

Πολλές χώρες, ανάμεσα τους το Βέλγιο, ο Καναδάς, η Δανία, η Γερμανία, η Ιαπωνία, η Νορβηγία και το Ηνωμένο Βασίλειο, υπέβαλαν κοινό έγγραφο στην MEPC 65, όπου και καλωσόρισαν την πρωτοβουλία των ΗΠΑ να προσεγγίσει το θέμα των αέριων εκπομπών μέσω της αύξησης της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων. Το έγγραφο αυτό πρότεινε την χρήση του δείκτη ΕΕΟΙ που είχε εισάγει ο ΙΜΟ, ως εργαλείο που θα μπορούσε να συνδυαστεί αποτελεσματικά με τις προτάσεις των ΗΠΑ.

2.7 Ενέργειες ναυτιλιακών εταιρειών

Οι θαλάσσιες συνδέσεις, γενικά θεωρούνται ένας ενεργειακά επαρκής τρόπος μεταφοράς, σε σύγκριση με τις οδικές ή τις σιδηροδρομικές μεταφορές και σύμφωνα με ότι έχουμε αναπτύξει έως τώρα, διαπιστώνουμε ότι έχει περαιτέρω περιθώρια βελτίωσης. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός, ότι οι πλοιοκτήτες χρησιμοποιούν μια σειρά από τεχνολογικές αλλά και λειτουργικές μεθόδους, προκειμένου να αυξήσουν την ενεργειακή τους αποδοτικότητα να μειώσουν κυρίως την κατανάλωση καυσίμου και κατ' επέκταση τις αέριες εκπομπές. Όλο και πιο δυναμικά στην λίστα των διαθέσιμων λύσεων, μπαίνουν τεχνολογικές καινοτομίες, όπως προηγμένος σχεδιασμός των μηχανών και των συστημάτων πρόωσης, χρήση πτερυγίων, βελτίωση του σχήματος του σκελετού του πλοίου, χρήση εξελιγμένων χρωμάτων κ.α.

Στην ίδια κατεύθυνση εντάσσονται και στρατηγικές αποφάσεις για μείωση της ταχύτητας του ταξιδιού, καθώς και η βελτίωση των τεχνικών τοποθέτησης και διαχείρισης του φορτίου, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η μεταφορική ικανότητα του πλοίου. Το μέτρο αυτό, έχει οδηγήσει σε σημαντική μείωση των αέριων εκπομπών. Σύμφωνα με μια μελέτη που εκπονήθηκε για λογαριασμό των περιβαλλοντικών ομάδων T&E και Seas at Risk, η μείωση της ταχύτητας έχει οφέλη, τόσο μείωσης εκπομπών αέριων του θερμοκηπίου αλλά και κατανάλωσης καυσίμων (Global Shippers Forum, 2012):

- Μείωση της ταχύτητας του πλοίου κατά 10% θα οδηγούσε σε 19% μείωση των αέριων εκπομπών, ακόμα και αν συνυπολογιστούν οι εκπομπές από επιπλέον δρομολόγια που θα είναι απαραίτητα ώστε να ισοσταθμίσουν το υπολειπόμενο μεταφορικό έργο.
- Μείωση της ταχύτητας του πλοίου κατά 25% οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου των κυρίων μηχανών κατά 58% περίπου, σε ετήσια βάση.

2.8 Ο ρόλος των φορτωτών - Clean Cargo Working Group

Μια συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη και των φορτωτών, είναι ο έλεγχος και η ποσοτικοποίηση των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων, ως συνέχεια των σχετικών απαιτήσεων υπολογισμού του ανθρακικού αποτυπώματος της εφοδιαστικής τους αλυσίδας, από πελάτες, επενδυτές αλλά και τη νομοθεσία. Διάφορες πρωτοβουλίες έχουν αναπτυχθεί, με σκοπό την συλλογή και απεικόνιση δεδομένων σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των πλοίων, αλλά και την καθιέρωση ενός σχήματος επηρεασμού της αγοράς από τους φορτωτές. Ορισμένα παραδείγματα πρακτικών που μπορούν να υιοθετηθούν από φορτωτές, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι αέριες εκπομπές, είναι (Global Shippers Forum, 2012):

- Επιλογή λιγότερο ρυπογόνων μεταφορικών μέσων μεταφόρτωσης
- Επιλογή λιγότερο ρυπογόνων μεταφορέων μεταφόρτωσης
- Βελτίωση της φόρτωσης Ε/Κ τόσο κατά τις εισαγωγές όσο και κατά τις εξαγωγές
- Επανασχεδιασμός δρομολογίων ώστε να μειωθούν οι εκπομπές CO₂ από τις υπηρεσίες μεταφόρτωσης, τις κύριες διαδρομές αλλά και τις λιμενικές υπηρεσίες
- Επανεξέταση των εφοδιαστικών αλυσίδων ώστε να εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες επαναφόρτωσης των Ε/Κ

Το Clean Cargo Working Group (CCWG), ιδρύθηκε το 2001 και αποτελεί μια ευρεία συνεργασία, μεταξύ των μεγαλύτερων φορτωτών, μεταφορέων και παρόχων υπηρεσιών logistics, με σκοπό την βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδρασης της θαλάσσιας μεταφοράς Ε/Κ μέσω της μέτρησης, της αξιολόγησης και της αναφοράς. Μεγάλα ονόματα του χώρου των μεταφορέων όπως οι Harag-Lloyd, Maersk και NYK Line, αλλά και φορτωτές όπως οι IKEA, Marks and Spencer, NIKE, Wal-Mart και εταιρείες logistics όπως η DHL και Kuehne + Nagel συμμετέχουν σε αυτήν την πρωτοβουλία.

Η μεθοδολογία του CCWG βοηθά τους μεταφορείς να αναφέρουν και να αποδεικνύουν τις περιβαλλοντικές τους επιδόσεις στους πελάτες τους, παραδίδοντας τα αποτελέσματα αυτά σε μια συγκεκριμένη μορφή αποδεκτή από όλη την βιομηχανία. Αυτό βοηθά τους τελευταίους να συγκρίνουν μεταξύ των διαφορετικών επιλογών που έχουν και να αποφασίσουν για την πλέον συμφέρουσα λύση.

Είναι χαρακτηριστικό ότι το CCGW απαιτεί συλλογή στοιχείων προς αναφορά, σε σχέση με 32 διαφορετικές παραμέτρους που περιλαμβάνουν βασικά δεδομένα κάθε πλοίου, ακόμα και κριτήρια που επιτρέπουν τον υπολογισμό αριθμητικών παραγόντων σε σχέση με τις αέριες εκπομπές του πλοίου. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε:

- Ονομαστική μεταφορική ικανότητα σε TEU
- Αριθμός Ε/Κ – ψυγείων
- Διανυθείσα απόσταση
- Καταναλωθέν καύσιμο
- Χρόνος λήψης των δεδομένων

Ετήσιες αναφορές σχετιζόμενες με τις μέσες επιδόσεις των μελών του CCWG, εκδίδονται και δημοσιοποιούνται, όπου η βαθμολογία τους επηρεάζεται από την αξιολόγηση σε κάθε κρίκο της εφοδιαστικής αλυσίδας και κάθε μεταφορέα. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι στην

έκθεση προόδου του 2013, ο μέσος όρος των αερίων εκπομπών των μελών είχε μειωθεί κατά 16% σε σχέση με το 2009 (Global Shippers Forum, 2012).

Φιλοδοξία του CCWG αποτελεί η καθιέρωση αυτού του συστήματος αναφοράς και πιστοποίησης ως του επισήμου για όλη την βιομηχανία. Προς το σκοπό αυτό, επιχειρούνται επαφές με τα κέντρα πολιτικών αποφάσεων, μια και η τάση είναι η υιοθέτηση τέτοιων οριζόντιων μέτρων.

2.9 Νέες προκλήσεις για τον IMO

Το συνεχώς και δραματικά μεταβαλλόμενο παγκόσμιο κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον, οδήγησε τον IMO στην επανεκτίμηση των δεδομένων, ιδίως αυτών που προέκυψαν εξαιτίας της οικονομικής κρίσης. Έτσι λοιπόν, κατά την διάρκεια της 67ης MEPC τον Οκτώβριο του 2014, όπου και εγκρίθηκε η 3η και πιο πρόσφατη έκθεση του IMO για τα GHG (Third IMO GreenHouse Gas Study, 2014) μελετήθηκαν τα νέα δεδομένα και οι εκτιμήσεις για την συμβολή της ναυτιλίας στους συνολικούς αερίους ρύπους. Σύμφωνα με τις τελευταίες εκτιμήσεις που παρουσιάστηκαν, η διεθνής ναυτιλία εξέπεμψε 796 εκατομμύρια τόνους CO₂ το 2012, γεγονός το οποίο αντιπροσωπεύει το 2,2% περίπου του συνολικού όγκου εκπομπών για το συγκεκριμένο έτος. Σε σύγκριση με την αντίστοιχη 2^η μελέτη του 2009, το 2007 (πριν από την παγκόσμια οικονομική ύφεση) εκτιμάται ότι η διεθνής ναυτιλία εξέπεμψε 885 εκατομμύρια τόνους CO₂, που αντιπροσώπευαν το 2,8% των συνολικών εκπομπών CO₂ για το συγκεκριμένο έτος. Αντιλαμβανόμαστε το πόσο σημαντικά είναι αυτά τα ποσοστά, όταν κατανοήσουμε ότι η ναυτιλία είναι ο κύριος φορέας του παγκόσμιου εμπορίου, που μεταφέρει το 90% κατ' όγκο εμπορευμάτων και ως εκ τούτου αποτελεί ζωτική υπηρεσία για την παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη και ευημερία.

Τα παραπάνω θα μπορούσαν να αξιολογηθούν ως τα πρώτα θετικά και ελπιδοφόρα αποτελέσματα του αρχικού σχεδιασμού του IMO, ωστόσο θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα ακόλουθα:

- Η επίτευξη μια αρχικής μείωσης ήταν εν πολλοίς αναμενόμενη και εύκολη, καθώς ο κλάδος είχε ήδη υιοθετήσει κάποια μέτρα σχεδιαστικής και λειτουργικής φύσης, τα οποία είχαν εκ προοιμίου σκοπό την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας
- Η συνεχιζόμενη οικονομική ύφεση, που συνέπεσε χρονικά με την εξέλιξη του μέτρου, οδήγησε αναπόφευκτα και στην μείωση της ναυτιλιακής μεταφορικής δραστηριότητας, γεγονός που σαφώς απεικονίζεται μέσω της διαπιστούμενης μείωσης και που πιθανόν στο μέλλον να αποτιμηθεί μέσω ενός ακόμα μικρότερου ποσοστού συμμετοχής της ναυτιλίας στις παγκόσμιες εκπομπές CO₂.

Σε κάθε περίπτωση, το γεγονός της αρχικής μείωσης δεν αφήνει περιθώρια εφησυχασμού και αυτό αποτυπώνεται και στην περίληψη των πεπραγμένων της 67ης MEPC του IMO, όπου καταλήγει στα εξής συμπεράσματα:

- Σενάρια συνεχίζουν να καταδεικνύουν ότι οι ναυτιλιακές εκπομπές είναι πιθανόν να αυξηθούν από 50% έως και 250% στην περίοδο μέχρι το 2050, σε εξάρτηση βέβαια με τις μελλοντικές οικονομικές και ενεργειακές εξελίξεις.

- Οι τεχνολογικές εξελίξεις στον χώρο της ενεργειακής απόδοσης είναι απαραίτητες για τη περαιτέρω μείωση των αερίων εκπομπών. Όμως από μόνες τους δεν θα μπορούσαν να θέσουν τη βάση για δημιουργία πτωτικής τάσης.
- Σε σχέση με την εφαρμογή οριζόντιων μέτρων (MBM) ως μέρος της προσπάθειας για τον περιορισμό των ναυτιλιακών αερίων εκπομπών, η επίδραση ακόμα και της εναλλαγής καυσίμου, θεωρείται μικρής ισχύος με δεδομένο ότι τα θειούχα καύσιμα θα παραμείνουν κυρίαρχα στις περιοχές που δεν υπάρχουν περιορισμοί.

Ο στόχος που έχει τεθεί από τα Ηνωμένα Έθνη για μείωση της θερμοκρασίας κατά 2 °C θεωρείται φιλόδοξος και η επίτευξή του πιθανόν να απαιτήσει ακόμα πιο δραστικές αλλαγές, όπως για παράδειγμα (Σιάφης, 2015):

- Χρήση υψηλής ποιότητας καυσίμων
- Φυσικού αερίου
- Εναλλακτικού καυσίμου μειωμένων εκπομπών GHG
- Πλοία με εξελιγμένα κύτη ή ακόμα και νέοι τύποι πλοίων
- Περαιτέρω αύξηση της μεταφόρτωσης
- εκπαίδευση σε θέματα ενεργειακής αποδοτικότητας κλπ.

Όλα τα παραπάνω, καταδεικνύουν την ύπαρξη αναγκαιότητας συνέχισης των προσπαθειών για εξέλιξη των υπάρχοντων μέτρων, αλλά και πιθανόν την λήψη και επιπρόσθετων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναφερθούμε στις παραμέτρους που λαμβάνουν μέρος στους υπολογισμούς των αερίων εκπομπών στην ναυτιλία. Θα αναλύσουμε τις υπάρχουσες μεθοδολογίες για τον υπολογισμό των εκπομπών αέριων ρύπων από τα πλοία, οι οποίες διακρίνονται σε “από πάνω προς τα κάτω, top-down” και “από τη βάση προς την κορυφή, bottom-up” (ή activity based - βάσει δραστηριοτήτων).

3.1 Τύποι πλοίων

Σε ολόκληρο τον κόσμο, ένα πολύ μεγάλο ποσοστό μετακίνησης ανθρώπων και εμπορευμάτων πραγματοποιείται μέσω θαλασσιών οδών με πλοία. Η ιστορία των θαλάσσιων μεταφορών έχει εξελιχθεί κατά πολύ μέχρι σήμερα, ώστε να αποτελεί μία γιγαντιαία οικονομική και κοινωνική δραστηριότητα. Στην αρχή γινόταν σε τοπικό επίπεδο, για την κάλυψη των αναγκών γειτονικών περιοχών σε μία χώρα, και έπειτα εξαπλώθηκε σε όλα τα μήκη και πλάτη της Γης. Η μορφή, το μέγεθος και ο ειδικός εξοπλισμός των πλοίων είναι τα κυριότερα σημεία αναφοράς, στα οποία εμφανίζονται οι διαχρονικές αλλαγές, αλλά και οι βασικές διαφοροποιήσεις τους. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να κατατάξουμε τα πλοία σε κύριες κατηγορίες και μικρές κατηγορίες. Με το πέρασμα του χρόνου η ποικιλία των βιομηχανικών υλικών και των πρώτων υλών έχει αυξηθεί κατά πολύ με συνέπεια την κατασκευή διαφόρων ειδών πλοίων κάθε τύπου και μεγέθους ώστε να μπορέσουν να καλυφθούν όλες οι ανάγκες της παγκόσμιας εμπορικής ανάπτυξης.

Τα πλοία ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες, κλάσεις και τύπους, ανάλογα το είδος κατασκευής, το είδος και την περιοχή μεταφορών, το μέσο πρόωσης και κυρίως τον σκοπό και την αποστολή που εξυπηρετούν. Σε πρώτη φάση τα πλοία διαχωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες :

- 1) **Φορτηγά Πλοία:** Είναι πλοία που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά διαφόρων φορτίων τα οποία μπορεί να είναι: Στερεά, Υγρά και Υγροποιημένα, Μικτά.
- 2) **Επιβατηγά Πλοία:** Είναι πλοία που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά επιβατών. Έχουν διαμορφωθεί έτσι ώστε κάποια από αυτά να μεταφέρουν και αυτοκίνητα ταυτόχρονα με τους επιβάτες.
- 3) **Ειδικού Προορισμού :** Πλοία για ειδικούς σκοπούς όπως η αλιεία, τοποθέτηση καλωδίων, η αναψυχή κ.α.
- 4) **Βοηθητικής Ναυτιλίας :** Είναι πλοία ή πλωτά ναυπηγήματα που κατασκευάζονται για ειδικούς σκοπούς σε συγκεκριμένες περιοχές.

Η ταξινόμηση των πλοίων μπορεί να γίνει σύμφωνα με τους παρακάτω τρόπους (Δαγκίνης & Νικητάκος, 2012) :

- Με το τύπο των υδάτων:
Πλοία θαλάσσης, Λιμνόπλοια και Ποταμόπλοια
- Με τον τομέα δραστηριότητας:
Πλοία μεταφοράς προσώπων ή εμπορευμάτων, Αλιευτικά, Πλοία εξωοικονομικών σκοπών (ερευνητικά, επιστημονικά, εκπαιδευτικά) Πλοία ειδικών υπηρεσιών, Πλοία βοηθητικής ναυτιλίας και Πλοία αναψυχής.
- Με το αντικείμενο μεταφοράς:
Επιβατηγά (passenger ships) και Φορτηγά (cargo ships).
- Με τα εκτελούμενα δρομολόγια:
Συγκοινωνιακών γραμμών εσωτερικού ή εξωτερικού (passenger liners) και Περιηγητικών πλοίων καλούμενα Τουριστικά ή Κρουαζιερόπλοια (cruise ships).
- Με την τεχνολογία τους:

Επιβατηγά κλασσικού τύπου, Επιβατηγά - οχηματαγωγά (passenger / carferries) μεγάλα, μεσαία και μικρά, Πορθμεία (ferry boats) και Σύγχρονα ταχύπλοα όπως τα Αερόστρωμνα (hover crafts), τα Υδροπτέρυγα (hydro foils) και τα Καταμαράν ή Cats.

- Με το είδος φορτηγών πλοίων:
Φορτηγά ξηρού φορτίου, Υγρού φορτίου, Μικτού φορτίου (ξηρού - υγρού φορτίου) ή πολλαπλής χρήσης και Φορτηγά ειδικού φορτίου.
- Με τη γενικότερη μορφή κατασκευής:
Fulls candling vessels, Complete super structure vessels, Shelter deck ships, Long bridge ship και Three-island ships.
- Με το υλικό κατασκευής: Ξύλινα, Μεταλλικά, Πλαστικά και Αλουμινίου.
- Με τον τύπο των ταξιδιών που εκτελούν:
Ακτοπλοϊκά, κλειστών θαλασσών ή εσωτερικού και ποντοπόρα.
- Με την ηλικία του πλοίου: Νεότευκτα, Μικρής ηλικίας και Παρήλικα ή Υπερήλικα.
- Κυβερνητικά: Αστυνομίας, Πυροσβεστικής και Πολεμικά
- Με την εγκατάσταση μηχανών: Αυτοκινούμενα και Μη αυτοκινούμενα.
- Με τον τύπο πρόωσης (κίνησης):
Ιστιοφόρα, Μηχανοκίνητα Ντίτζελ, Ατμόπλοια, Ηλεκτροκίνητα και Πυρηνοκίνητα.
- Με τον αριθμό των ελίκων:
Μονή έλικα, Διπλή έλικα, Τριπλή έλικα και Τετραπλή έλικα.

Όπως βλέπουμε υπάρχουν πάρα πολλές κατηγορίες πλοίων. Οι μεγαλύτερες από αυτές, είναι τα πλοία εμπορευματοκιβωτίων (container ships), τα πλοία φορτίου χύδην (bulk carriers) και τα δεξαμενόπλοια (tankers).

3.2 Ναυτιλιακά καύσιμα πετρελαίου

Παλαιότερα, τα πλοία χρησιμοποιούσαν ως καύσιμη ύλη το κάρβουνο. Οι πετρελαιοκινητήρες (diesel) μετά από μακροχρόνια έρευνα, κατέληξαν να αποτελούν το σημαντικότερο μέσο πρόωσης των πλοίων, συνδυάζοντας μεταξύ άλλων σχετικά υψηλό βαθμό απόδοσης, δυνατότητα λειτουργίας με βαριά καύσιμα (fuel oil) και μικρές ταχύτητες περιστροφής για απευθείας κίνηση της προπέλας. Με δεδομένο ότι η κατανάλωση καυσίμων στις κύριες και βοηθητικές μηχανές αποτελούν περίπου το 50-60% του κόστους λειτουργίας ενός σύγχρονου πλοίου, έχουν καταβληθεί σημαντικές προσπάθειες για τον περιορισμό του κόστους αυτού, μέσω διαρκών βελτιώσεων της γεωμετρίας της γάστρας και της υπερκατασκευής, με στόχο τη μειωμένη αντίσταση πρόωσης, τη συνεργασία σκάφους-έλικας, τη διατήρηση καθαρών υφάλων με χρήση εξειδικευμένων, πολυμερών χρωμάτων, τη βελτίωση των μηχανών πρόωσης με μείωση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου, κ.α.

Τα καύσιμα ναυτιλίας (marine fuel oil) ακόμα και σήμερα, βασίζονται στα υπολείμματα απόσταξης του αργού πετρελαίου, τα οποία έχουν τη χαμηλότερη τιμή πώλησης. Με την πάροδο των ετών και την περιβαλλοντική συνείδηση να εντείνεται, υιοθετήθηκαν περιορισμοί στα όρια περιεκτικότητας του θείου στο diesel ναυτιλίας (marine gas oil) ώστε καύσιμα που προορίζονται για ναυτιλιακή χρήση να πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές σχετικά με το ιξώδες ή την πυκνότητα. Η προμήθεια καυσίμων από τη ναυτιλία και η επιθυμητή τους ποιότητα, περιγράφεται στο πρότυπο ISO 8217, το οποίο παρέχει προδιαγραφές, τόσο για τη

σειρά των ενδιάμεσων υπολειμματικών καυσίμων (IFO series) όσο και για τα καύσιμα προϊόντα διύλισης αργού πετρελαίου (distillate marine fuels).

Τα ναυτιλιακά καύσιμα σύμφωνα με το ISO 8217 διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: πετρέλαιο diesel και μαζούτ. Πρόκειται για δύο κατηγορίες καυσίμων, οι οποίες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ως προς τις φυσικές ιδιότητες τους και τον τρόπο χρήσης τους. Είτε για λειτουργικούς, είτε για οικονομικούς λόγους, χρησιμοποιούνται στους πετρελαιοκινητήρες συστημάτων πρόωσης, καύσιμα των δύο κατηγοριών, είτε εναλλάξ, είτε σε μείγματα.

Το πετρέλαιο Diesel (Gasoil-GO) οφείλει το όνομα του στο γεγονός, ότι πρόκειται για έλαιο (oil) που με εξαερίωση (πυρόλυση) παράγει αέριο (gas). Ήταν το μόνο καύσιμο για μηχανές diesel, λόγω του χαμηλού ιξώδους του (που επέτρεπε καλύτερο διασκορπισμό) και του υψηλού βαθμού καθαρότητας (που εξασφάλιζε καύση χωρίς επιβλαβή κατάλοιπα). Κύριο χαρακτηριστικό του, με το οποίο διακρίνεται από τις άλλες κατηγορίες πετρελαίου που χρησιμοποιούνται στις πετρελαιομηχανές, είναι ότι αποτελεί απόσταγμα του φυσικού πετρελαίου, ανήκει δηλαδή στα ευγενή προϊόντα του. Αυτό έχει ως συνέπεια να κατατάσσεται στα καλύτερα και ακριβότερα καύσιμα μηχανών εσωτερικής καύσης, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται ως καύσιμο μηχανών diesel, όταν υπάρχουν ειδικοί λόγοι που αποκλείουν τη χρήση βαρύτερων καυσίμων που παράγονται με βάση το μαζούτ. Αυτοί οι λόγοι, είναι :

- Υψηλή ταχύτητα περιστροφής,
- Μικρές ιπποδυνάμεις,
- Ευχέρεια προσαρμογής καύσης στις απαιτήσεις φορτίου της μηχανής, όπως συμβαίνει κατά τους χειρισμούς απόπλου ή κατάπλου ενός σκάφους και γενικά ενός δύσκολου ή ειδικού πλου, όπου απαιτείται γρήγορη αυξομείωση της ισχύος της μηχανής, στην οποία μόνο το diesel μπορεί με ευχέρεια να ανταποκριθεί.

Σήμερα χρησιμοποιείται στο εμπόριο, μόνο για πολύστροφες μηχανές μικρής σχετικά ισχύος, ενώ σε όλες τις άλλες κατηγορίες μηχανών μεγάλης ισχύος και κυρίως τις ναυτιλιακές μηχανές χρησιμοποιούνται βαρέα καύσιμα με βάση το μαζούτ. Το πετρέλαιο μαζούτ, είναι υπόλειμμα αποστάξεως (residual fuel oil) και είναι ένα σημαντικό καύσιμο, για τους εξής λόγους:

- Αποτελεί περίπου το 50% του φυσικού πετρελαίου,
- Είναι φθηνό (περίπου το ½ της τιμής του diesel),
- Έχει ευρύτατη εφαρμογή σαν καύσιμο πετρελαιομηχανών αλλά και λεβήτων.

Ο γενικός τύπος με τον οποίο διακινείται το μαζούτ είναι Marine Fuel Oil (MFO) και αποτελεί επίσης, την πρώτη ύλη για την παραγωγή των λιπαντικών. Το μαζούτ είναι χαμηλότερης ποιότητας από το diesel, σε όλη την έκταση των φυσικοχημικών του χαρακτηριστικών, με αποτέλεσμα η μετάπτωση καυσίμου στους ναυτιλιακούς κινητήρες, από diesel σε μαζούτ, να συνοδεύεται από πολλά προβλήματα λειτουργίας των μηχανών, τα οποία καλούνται να αντιμετωπίσουν, τόσο οι κατασκευαστές κινητήρων, όσο και οι πλοιοκτήτες με δύο τρόπους:

- i) **Κατασκευαστικοί τρόποι :** οι σύγχρονες ναυτικές πετρελαιομηχανές είναι γενικά αργόστροφες και με μεγάλη ιπποδύναμη, εξοπλισμένες με συστήματα έντονου

καθαρισμού και επεξεργασίας των καυσίμων, ώστε οι δυσμενείς επιδράσεις από την χαμηλή ποιότητα των καυσίμων να περιορίζονται στο ελάχιστο.

- ii) **Λειτουργικοί τρόποι** : περιλαμβάνουν σειρά μέτρων που εκμηδενίζουν ή τουλάχιστον ελαχιστοποιούν τα προβλήματα από την ποιότητα του καυσίμου, όπως είναι η χρήση φυγοκεντρικών καθαριστήρων, η τοποθέτηση φίλτρων και η προθέρμανση του καυσίμου για την διατήρηση του ιξώδους στα κατάλληλα επίπεδα.

Εκτός του καυσίμου MDO (Marine Diesel Oil), χρησιμοποιείται και το καύσιμο LSFO (Low Sulphur Fuel Oil), που έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, με μέγιστη περιεκτικότητα 1,5% κατά βάρος. Το 65% περίπου των βοηθητικών μηχανών των επιβατικών πλοίων και των κρουαζιερόπλοιων καταναλώνουν καύσιμο MDO (με 1% θείο) και το υπόλοιπο 35% καταναλώνουν LSFO.

Στις περιοχές ECA¹, από την 1η Ιανουαρίου 2015, ισχύει η χρήση ναυτιλιακού πετρελαίου με περιεκτικότητα σε θείο 0.1% m/m (mass/mass) ως καύσιμο για όλα τα πλοία που θα ταξιδεύουν σε αυτές τις περιοχές. Εκτός αυτών των περιοχών, είναι σε ισχύ διεθνές ανώτατο όριο περιεκτικότητας σε θείο 3,5%. Κατά τη διάρκεια της 70ής Συνόδου της επιτροπής MEPC του IMO, σε μια απόφαση ορόσημο τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη υγεία, επιβεβαιώθηκε ότι από την 1η Ιανουαρίου 2020 θα υπάρξει καθολική εφαρμογή της χρήσης πετρελαίου με περιεκτικότητα σε θείο 0.5% m/m, σύμφωνα με την Διεθνή Σύμβαση MARPOL παράρτημα VI. Η απόφαση να τεθεί σε ισχύ, διεθνές ανώτατο όριο περιεκτικότητας σε θείο 0,5% από το 2020, αντιπροσωπεύει σημαντική μείωση από το όριο 3,5% που ισχύει έως τότε και αποδεικνύει τη σαφή δέσμευση του IMO, προς την κατεύθυνση της προστασίας του περιβάλλοντος.

Εκτός από τα καύσιμα, συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις περί μείωσης των εκπομπών καυσαερίων με αυξημένα ποσοστά σε θείο, θεωρείται η χρήση εγκεκριμένου τύπου εναλλακτικών μεθόδων μείωσης των εκπομπών θείου, όπως είναι τα συστήματα καθαρισμού των καυσαερίων (exhaust gas cleaning systems ή “scrubbers”), τα οποία στην ουσία «ξεπλένουν» τα καυσαέρια πριν αυτά απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα. Συνεπώς, το υψηλής περιεκτικότητας σε θείο πετρέλαιο – HFO (3.5% S) θα μπορεί να εξακολουθεί να χρησιμοποιείται, παρουσιάζοντας το πλεονέκτημα της χαμηλής τιμής αλλά και της ευρείας διάδοσης του, πλην όμως, θα πρέπει να συνδυάζεται με χρήση συστήματος καθαρισμού των καυσαερίων.

Σημαντικός παράγοντας στην υλοποίηση των απαιτήσεων του IMO, σχετικά με την χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, είναι η ηλικία των πλοίων. Υπάρχουν οι ακόλουθες λύσεις, που μπορούν να ακολουθήσουν οι ναυτιλιακές εταιρείες για τα πλοία:

- Να εγκαταστήσουν τεχνολογικές λύσεις μείωσης των εκπομπών θείου των υφιστάμενων τύπων καυσίμων (exhaust gas cleaning systems ή “scrubbers”), λύση που έχει υψηλό κόστος εγκατάστασης (κυμαίνεται μεταξύ 3-10 εκ. \$ αναλόγως μεγέθους και τύπου πλοίου) και αμφίβολη προοπτική απόσβεσης του κόστους για ένα μέσης προς

¹ Περιοχές ελέγχου εκπομπών καυσαερίων των πλοίων (Emission Control Areas) – Βαλτική θάλασσα, Βόρειος θάλασσα, Ανατολικές και Δυτικές ακτές των ΗΠΑ και του Καναδά, περιοχή της Καραϊβικής θάλασσας που ανήκει στις ΗΠΑ

προχωρημένης ηλικίας πλοίο. Αξίζει να σημειωθεί, πως η εγκατάσταση των συστημάτων καθαρισμού των καυσαερίων και των δεξαμενών συλλογής των αποβλήτων που θα δημιουργούνται, απαιτεί διαθέσιμο χώρο στο πλοίο, με επιπλέον κόστος που πρέπει να συνυπολογιστεί, τον τρόπο διάθεσης αυτών των αποβλήτων στους λιμένες.

- Να χρησιμοποιούν ως καύσιμο των πλοίων το ακριβότερο πετρέλαιο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, ευελπιστώντας σε σύντομη μείωση των τιμών. Σε γενικές γραμμές, αυτή η λύση είναι η πιο συμφέρουσα για μέσης προς προχωρημένης ηλικίας πλοία.
- Εφ' όσον κατασκευάζουν νέα πλοία, να επιλέξουν ως καύσιμο το φυσικό αέριο, γνωρίζοντας πως, προς το παρόν, η διαθεσιμότητα του είναι περιορισμένη. Μόνο για πλόες σε συγκεκριμένους προορισμούς (που υπάρχει τρόπος ανεφοδιασμού σε φυσικό αέριο) είναι συμφέρουσα αυτή η λύση.

Από ότι προαναφέραμε, υπάρχει και η λύση του φυσικού αερίου ως ναυτιλιακό καύσιμο. Πιο συγκεκριμένα, έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ευρέως το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4), ενώ η περιεκτικότητά του σε άνθρακα μεταβάλλεται ανάλογα με τις ενώσεις που περιέχει. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι μια βιώσιμη επιλογή για την κάλυψη των εξόδων μείωσης του θείου στα καύσιμα και μείωσης των εκπομπών NO_x , ταυτόχρονα. Πρέπει, πιθανόν, να υπάρξουν και τα κατάλληλα κίνητρα προς τους πλοιοκτήτες για στροφή προς τη χρήση του εν λόγω καυσίμου. Επιπρόσθετα, η χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει σε πλοία που χρησιμοποιούν LNG, οι εκπομπές NO_x και CO_2 ήταν χαμηλότερες σε σύγκριση με πλοία που χρησιμοποιούν πετρέλαιο. Αντίθετα, υψηλότερες είναι οι αντίστοιχες εκπομπές υδρογονανθράκων και μονοξειδίου του άνθρακα (Maragkogianni, 2017). Παρακάτω θα περιγράψουμε μερικούς εναλλακτικούς τρόπους καυσίμων που συμβάλλουν στην μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία των πλοίων (Δαγκίνης & Νικητάκος, 2012).

3.3 Υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG)

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) ως καύσιμο στις προωσθήριες εγκαταστάσεις των πλοίων αποτελεί μια ακόμα τάση της ανάπτυξης στις τεχνολογίες πρόωσης και θεωρείται ένα πολύ καθαρό καύσιμο που οδηγεί σε πολύ χαμηλές εκπομπές ρύπων. Εκτιμήσεις ειδικών θεωρούν, ότι σε 5-10 χρόνια, η πλειοψηφία των πλοίων της ακτοπλοΐας που καταναλώνουν συμβατικές μορφές καυσίμων θα χρησιμοποιούν ως καύσιμο το LNG.

Το φυσικό αέριο είναι κυρίως μεθάνιο (CH_4) το οποίο περιέχει την υψηλότερη ποσότητα ενέργειας, ανά μονάδα του άνθρακα, σε σύγκριση με όλα τα άλλα ορυκτά καύσιμα. Η ποσότητα σε οξείδια NO_x είναι 85%, ενώ η ποσότητα σε SO_x και αιωρούμενα σωματίδια που περιέχονται στα καυσαέρια είναι αμελητέα. Επίσης, είναι κατά 30% μειωμένα τα επίπεδα εκπομπών CO_2 σε σύγκριση με τα καύσιμα ντίζελ. Είναι σημαντικό ότι τα αποθέματα φυσικού αερίου είναι υψηλότερα, από τα υπόλοιπα αποθέματα πετρελαίου, τα οποία θα μπορούσαν να εξαντληθούν σε περίπου 30-50 χρόνια, ανάλογα τη χρήση. Ως εκ τούτου, με δεδομένη την ανάπτυξη των υποδομών φυσικού αερίου και της τεχνολογικής ανάπτυξης, το LNG θα μπορούσε να γίνει το καύσιμο του μέλλοντος.

3.4 Υβριδικά συστήματα πρόωσης LNG (Hybrid LNG systems)

Το φυσικό αέριο είναι μεθάνιο, με χαμηλές συγκεντρώσεις άλλων υδρογονανθράκων, νερού, διοξειδίου του άνθρακα, αζώτου, οξυγόνου και ορισμένων ενώσεων του θείου. Όταν ψύχεται στους -161°C , γίνεται ένα διαυγές, μη τοξικό, άχρωμο και άοσμο υγρό. Κατά τη διάρκεια της υγροποίησης, ψύχεται κάτω από το σημείο βρασμού του και έτσι απομακρύνεται το μεγαλύτερο μέρος των άλλων ενώσεων. Έτσι μένει κατά κύριο λόγο το μεθάνιο, με μικρές ποσότητες άλλων υδρογονανθράκων. Επίσης το ειδικό βάρος του υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), είναι σχεδόν το μισό από το ειδικό βάρος του νερού έτσι ώστε να επιπλέει σε περίπτωση απόρριψής του στη θάλασσα.

Το LNG μεταφέρεται από πλοία διπλού κύτους, που είναι ειδικά κατασκευασμένα ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις χειρισμού των χαμηλών θερμοκρασιών μεταφοράς του φορτίου, περιορίζοντας την ποσότητα που μεταφέρεται, να φτάσει το σημείο βρασμού (boil off gas BOG) και να εξατμιστεί. Είναι αναπόφευκτο, όμως, κατά τη μεταφορά, να μην μπορεί να διατηρηθεί η χαμηλή θερμοκρασία που απαιτείται και λόγω π.χ. της θερμοκρασίας από το εξωτερικό περιβάλλον των δεξαμενών, να υπάρχει εξάτμιση μικρού μέρους του φορτίου. Προκειμένου να ελέγχεται η αύξηση της πίεσης των δεξαμενών από αυτή την εξάτμιση, ένα μέρος της ποσότητας του αερίου που φτάνει στο σημείο βρασμού επαναυγροποιείται και ένα μέρος καίγεται στο λέβητα παραγωγής ατμού για το στρόβιλο ή σε μηχανή dual fuel συμπληρώνοντας την ποσότητα καυσίμων του πλοίου. Η εγκατάσταση που υποστηρίζει αυτές τις λειτουργίες, αποτελεί ένα υβριδικό σύστημα, στο οποίο συνδυάζονται:

- Η μηχανή εσωτερικής καύσης με πετρέλαιο ή Dual Fuel για τη πρόωση
- Ο ατμολέβητας Dual Fuel για το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτρογεννήτρια με ατμοστρόβιλο, που δίνει ηλεκτρική ενέργεια στη βοηθητική πρόωση και στις καταναλώσεις του πλοίου.
- Το σύστημα επαναυγροποίησης του φυσικού αερίου (BOG).

Το υβριδικό σύστημα που συνδυάζει μηχανή εσωτερικής καύσης με βοηθητικό ηλεκτροκίνητο σύστημα πρόωσης και σύστημα υγροποίησης του φυσικού αερίου, είναι κατάλληλο για ταχύπλοα πλοία, με μεγάλες απαιτήσεις ισχύος, όπως τα κρουαζιερόπλοια και τα ταχύπλοα πλοία εμπορευματοκιβωτίων της επόμενης γενιάς.

3.5 Κυψέλες καυσίμων (Fuel Cells)

Οι κυψέλες καυσίμου θεωρούνται άλλο ένα από τα εναλλακτικά καύσιμα για να επιτευχθεί ο στόχος της μείωσης των εκπομπών ρύπων που παράγονται από την κατανάλωση καυσίμων. Η χρήση τους είναι ενθαρρυντική στις ανησυχίες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία των πλοίων, καθώς μειώνονται οι εκπομπές CO_2 και μηδενίζονται οι εκπομπές σε NO_x και SO_x .

Οι κυψέλες καυσίμου είναι μια καθαρή, αθόρυβη, αποδοτική και αξιόπιστη μέθοδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κατάλληλη για θαλάσσιες και ναυτιλιακές εφαρμογές, ώστε να είναι μια πολύ ελκυστική επιλογή για εγκατάστασή σε εμπορικά πλοία. Πρόκειται για συσκευές που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα από τη μετατροπή της χημικής ενέργειας ενός καυσίμου και ενός οξειδωτικού. Οι περισσότερες κυψέλες καυσίμου

χρησιμοποιούν υδρογόνο στο σημείο της ενεργειακής μετατροπής, αλλά αυτό μπορεί να αλλάξει και να χρησιμοποιηθούν συμβατικά καύσιμα, όπως η βενζίνη, το φυσικό αέριο ή η μεθανόλη. Σε αντίθεση με τους συμβατικούς κινητήρες το καύσιμο δεν καίγεται, με αποτέλεσμα οι κυψέλες καυσίμου να είναι μια αποδοτική και φιλική λύση προς το περιβάλλον.

Έχουν ήδη γίνει εγκαταστάσεις σε μικρά πλοία και υποβρύχια που επιτρέπουν το υψηλό κόστος εγκατάστασης, δημιουργώντας τις συνθήκες εισαγωγής τους στην αγορά συστημάτων πρόωσης και για μεγάλα πλοία. Ένα από τα πλεονεκτήματα των κυψέλων καυσίμου είναι η ευελιξία εγκατάστασής τους σε διάφορα σημεία ενός σκάφους, παρέχοντας ανάλογη ευελιξία στη διανομή ισχύος μεταξύ των στοιχείων του συστήματος και στο σχεδιασμό του πλοίου. Επίσης είναι 50% πιο αποδοτικές απ' ό,τι ένας συμβατικός κινητήρας, που σε συνδυασμό με την αθόρυβη χωρίς κραδασμούς λειτουργία τους, έχουν συγκριτικά πλεονεκτήματα ώστε να εγκατασταθούν σε επιβατικά πλοία και κρουαζιερόπλοια.

Η ναυπήγηση πλοίων με τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από κυψέλες καυσίμων για την τροφοδοσία των ηλεκτρικών μηχανημάτων, των πινάκων ελέγχου και των συστημάτων πρόωσης, συναντάει μεγάλο ενδιαφέρον από τους κατασκευαστές στην Ευρώπη, την Ιαπωνία και τις ΗΠΑ, ενώ αναμένεται να επιτευχθεί μαζική αύξηση στην αγορά των μεταφορών μέχρι το 2020.

3.6 Εγκαταστάσεις πλοίων με πυρηνική ενέργεια

Η λειτουργία πυρηνικού αντιδραστήρα που εγκαθίσταται σε ένα πλοίο με σκοπό την δημιουργία ενέργειας για την πρόωσή του, βασίζεται στην πυρηνική σχάση, όπου πραγματοποιείται ο διαχωρισμός του πυρήνα ενός ατόμου για την παραγωγή περισσότερων μικρότερων πυρήνων και σε μερικά ελεύθερα παραπροϊόντα σωμάτια όπως τα νετρόνια. Η διάσπαση του ατόμου έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή θερμικής ενέργειας και την εκπομπή ακτινοβολίας. Τα στοιχεία του πυρήνα έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής ώστε ο ανεφοδιασμός ενός πλοίου να είναι απαραίτητος μια φορά περίπου κάθε δέκα χρόνια. Έτσι τα πλοία με πυρηνικό αντιδραστήρα όπως και τα ιστιοφόρα είναι ανεξάρτητα από τις ιδιαιτερότητες στην προμήθεια των καυσίμων σε κάθε λιμάνι εξαλείφοντας σε μεγάλο βαθμό την δαπανηρή και χρονοβόρα διαδικασία πετρέλευσης στη λειτουργική διάρκεια της ζωής ενός πλοίου.

Αν και το κόστος κατασκευής των πυρηνικών στοιχείων καυσίμου είναι υψηλό, το συνολικό κόστος του, είναι πολύ χαμηλότερο απ' ό,τι το κόστος των ορυκτών καυσίμων που απαιτείται για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας ενέργειας. Μια μικρή ποσότητα πυρηνικών καυσίμων παρέχει ενέργεια ισοδύναμη με εκατομμύρια φορές την ποσότητα άνθρακα ή πετρελαίου. Συνυπολογίζοντας το χαμηλό κόστος καυσίμων, τις σχεδόν μηδενικές εκπομπές ρύπων και την εξάλειψη των ανησυχιών για την ασφάλεια του πληρώματος, δημιουργούνται οι προϋποθέσεις ώστε η δημοτικότητα της τεχνολογίας πρόωσης των πλοίων με πυρηνική ενέργεια να αυξάνεται συνεχώς.

Η θερμότητα που παράγεται από την πυρηνική σχάση στον αντιδραστήρα είναι η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την πρόωση και την λειτουργία του πλοίου. Για τη διαχείριση αυτής

της ενέργειας, ο πυρηνικός σταθμός πρόωσης κατά τη λειτουργία του, απαιτεί την συνεχή υπό πίεση επανακυκλοφορία του νερού, ενώ το όλο σύστημα περιέχει δύο υποσυστήματα το πρωτοβάθμιο και το δευτεροβάθμιο :

- Το πρωτοβάθμιο σύστημα, αποτελείται από τον αντιδραστήρα, τις αντλίες και την μονάδα παραγωγής του ατμού. Η θερμότητα που εκπέμπεται από τον πυρηνικό αντιδραστήρα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού, που κυκλοφορεί με μεγάλη πίεση στα στοιχεία που τον περιβάλλουν (για να αποφευχθεί η ατμοποίηση σε αυτό το στάδιο). Το ζεστό νερό στη συνέχεια οδηγείται στα στοιχεία της μονάδας παραγωγής ατμού, όπου μεταδίδει τη θερμότητα στο νερό χαμηλότερης θερμοκρασίας που κυκλοφορεί εξωτερικά των στοιχείων, χωρίς να αναμιχτεί με αυτό και επιστρέφει στον αντιδραστήρα για επαναθέρμανση. Με τη μετάδοση της θερμότητας ατμοποιείται το νερό που υπάρχει εξωτερικά των στοιχείων και ο ατμός παρέχεται στο δευτεροβάθμιο σύστημα.
- Το δευτεροβάθμιο σύστημα, αποτελείται από τον κύριο ατμοστρόβιλο, τους μειωτήρες με το σύστημα της κίνησης προς την προπέλα, την ηλεκτρογεννήτρια που κινείται από τον ατμοστρόβιλο, τη συσκευή συμπύκνωσης των εξατμίσεων ατμού και τις αντλίες που τροφοδοτούν τη μονάδα παραγωγής ατμού.

Η τεράστια ποσότητα ατμού που παράγεται στο πρωτοβάθμιο σύστημα, χρησιμοποιείται για την λειτουργία του ατμοστρόβιλου, που συνδέεται με το σύστημα κίνησης της προπέλας και της στροβιλογεννήτριας για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται, αποθηκεύεται σε μπαταρίες, για να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης, καλύπτοντας τις ενεργειακές ανάγκες του πλοίου.

Η ποιότητα, η αντοχή και η σταθερότητα των τμημάτων του αντιδραστήρα, είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες για την αποτελεσματική λειτουργία του. Έτσι τα σημερινά πυρηνοκίνητα πλοία κατασκευάζονται με προηγμένες τεχνολογίες, ασφαλή, με μεγάλα χυτά προστατευτικά του αντιδραστήρα, καλύπτοντας τις αρνητικές κριτικές που έχουν γίνει κατά καιρούς και αφορούν την ασφάλεια του πληρώματος και τους περιβαλλοντικούς κινδύνους.

3.7 Συστήματα παραγωγής ενέργειας του πλοίου

Μέχρι σήμερα, η συντριπτική πλειοψηφία των πλοίων χρησιμοποιεί το πετρέλαιο και τις διάφορες μορφές του, ως ναυτιλιακό καύσιμο. Διαθέτουν συγκεκριμένα συστήματα για την τροφοδοσία με ενέργεια, είτε για κίνηση, είτε για τις υπόλοιπες ενεργειακές απαιτήσεις. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν τις παρακάτω κατηγορίες (Carbon Footprinting Working Group, 2010):

- 1) Συστήματα πρόωσης που παρέχουν κίνηση στο πλοίο (με απευθείας μετάδοση κίνησης “direct-drive”, με μετάδοση μέσω μειωτήρα στροφών “gear-drive”, ντίζελ-ηλεκτρικό “diesel-electric” και ατμού με μειωτήρα στροφών “steam powered/gear-drive”)
- 2) βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας για λειτουργίες του πλοίου και
- 3) βοηθητικούς λέβητες για ζεστό νερό χρήσης.

Σε κάθε πλοίο υπάρχουν δύο τύποι μηχανών: οι κύριες που δίνουν την κίνηση και οι βοηθητικές που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για άλλες λειτουργίες. Το 1997 το 98% του παγκόσμιου στόλου έφερε ντίζελ μηχανές και μόνο το 2% άλλου τύπου. Πλέον, οι στρόβιλοι

αερίου προτιμώνται περισσότερο από ότι οι ντίζελ μηχανές, επειδή είναι λιγότερο θορυβώδεις, έχουν λιγότερες δονήσεις, είναι ελαφρύτεροι και μικρότεροι, και έχουν χαμηλότερες εκπομπές NO_x .

Τα βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας προσφέρουν την ενέργεια που χρειάζεται ένα πλοίο, εκτός από αυτήν που χρησιμοποιείται για τα συστήματα πρόωσης. Η απαιτούμενη αυτή ενέργεια εξαρτάται από τον τρόπο λειτουργίας του κάθε πλοίου. Επίσης, έχουν σχεδιαστεί να τροφοδοτούν το πλοίο, σε περίπτωση που κάποιος κινητήρας σταματήσει να λειτουργεί λόγω βλάβης.

Τα ελλιμενισμένα πλοία, χρησιμοποιούν συνήθως τις βοηθητικές τους μηχανές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για τις λειτουργίες του πλοίου (επικοινωνίες, φωτισμό, αερισμό, υπόλοιπο εξοπλισμό κ.α.). Συχνά συναντάμε πλοία που διαθέτουν εγκαταστάσεις παραγωγής ατμού, χρησιμοποιώντας ατμοστρόβιλους για να παράγουν επιπρόσθετη ενέργεια. Η χρήση των βοηθητικών κινητήρων προκαλεί εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και ατμοσφαιρική ρύπανση στις λιμενικές ζώνες, που συχνά βρίσκονται μέσα ή κοντά σε πόλεις. Η ατμοσφαιρική ρύπανση στις πόλεις αποτελεί βασικό μέλημα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, καθώς οδηγεί σε αρνητικές επιπτώσεις την υγεία και το περιβάλλον (R. Winkel, 2015). Η ηλεκτροδότηση από την ξηρά (SSE) είναι μια επιλογή για τη μείωση των ανεπιθύμητων περιβαλλοντικών επιπτώσεων των πλοίων στους λιμένες.

Για την παροχή ζεστού νερού και θέρμανσης, χρησιμοποιούνται συνήθως λέβητες συμβατικών καυσίμων οι οποίοι αποτελούν άλλο ένα βοηθητικό σύστημα τροφοδοσίας των πλοίων. Οι λέβητες αξιοποιούν την ενέργεια που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων (π.χ. υπολειμματικό πετρέλαιο), παράγοντας ζεστό νερό και ατμό και χρησιμοποιούνται επίσης π.χ. για την τροφοδότηση ενέργειας των αντλιών στα δεξαμενόπλοια, για την θέρμανση των χώρων των κινητήρων, καθώς και για τις ανέσεις του πληρώματος. Ιδιαίτερως απαραίτητοι είναι στα δεξαμενόπλοια, τα οποία μεταφέρουν διάφορα είδη πετρελαίου και αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της θέρμανσης του φορτίου τους κατά την διάρκεια όλης της λειτουργίας του πλοίου. Όταν το πλοίο είναι εν πλω, βρίσκεται σε λειτουργία μόνο ένας λέβητας, χρησιμοποιώντας περίπου το 50% της ισχύος του για να καλυφθούν επαρκώς οι ανάγκες θέρμανσης του φορτίου.

3.8 Καταστάσεις λειτουργίας (Operating modes)

Οι μηχανές των περισσότερων πλοίων (κύριες και βοηθητικές) έχουν σχεδιαστεί για πέντε καταστάσεις λειτουργίας:

Λειτουργία ελλιμενισμού-αγκυροβόλησης: Οι κινητήρες πρόωσης δεν λειτουργούν και οι βοηθητικοί κινητήρες λειτουργούν σε μέτρια ισχύ. Οι βοηθητικοί λέβητες λειτουργούν για να κρατήσουν «ζεστούς» τους κινητήρες πρόωσης και το σύστημα καυσίμων, για άμεση αναχώρηση του πλοίου από το λιμάνι ή και για τις ανέσεις του πληρώματος. Η κατανάλωση καυσίμου μπορεί να είναι μέτρια προς υψηλή για τους βοηθητικούς κινητήρες και τους λέβητες.

Λειτουργία ελιγμών: Οι κινητήρες πρόωσης λειτουργούν σε χαμηλά επίπεδα, σε αντίθεση με τους βοηθητικούς κινητήρες που λειτουργούν στη μέγιστη ισχύ τους. Σε λειτουργία

βρίσκονται οι βοηθητικοί λέβητες αλλά και ο βοηθητικός εξοπλισμός του πλοίου, όπως γεννήτριες, φυσητήρες κλπ. Η κατανάλωση καυσίμου είναι πολύ χαμηλή για το σύστημα πρόωσης, είναι υψηλότερη για τους βοηθητικούς κινητήρες και χαμηλή για τους βοηθητικούς λέβητες.

Λειτουργία εκτέλεσης ταξιδιού-πλεύσης: Οι κινητήρες πρόωσης λειτουργούν στη μέγιστη ισχύ τους, γι' αυτό και υπάρχει υψηλή κατανάλωση καυσίμου. Οι βοηθητικές μηχανές υπολειπονται, ενώ οι λέβητες δεν βρίσκονται σε λειτουργία.

Λειτουργία έκτακτης ανάγκης: Σε περίπτωση block out μπαίνει σε λειτουργία αυτόματα η γεννήτρια έκτακτης ανάγκης, όπου τροφοδοτεί τον πίνακα έκτακτης ανάγκης και τους καταναλωτές MCC που απαιτούνται για να λειτουργήσουν οι κινητήρες πρόωσης.

Λειτουργία μεταφοράς φορτίων: Οι βοηθητικοί κινητήρες λειτουργούν σε υψηλή ισχύ λόγω της φορτοεκφόρτωσης, όπως γίνεται με πλοία τύπου Ro-Ro, γενικού φορτίου και τα πλοία που μεταφέρουν αυτοκίνητα. Οι βοηθητικοί λέβητες λειτουργούν για την εκφόρτωση του φορτίου τους μέσω της χρήσης των ατμοκίνητων αντλιών. Έτσι, η κατανάλωση καυσίμου μπορεί να είναι μέτρια προς υψηλή για τους βοηθητικούς κινητήρες και μέτρια προς πολύ υψηλή για τους λέβητες.

3.9 Σύγκριση εκπομπών ΚΥΡΙΑΣ και ΒΟΗΘΗΤΙΚΗΣ μηχανής

Οι κύριες και οι βοηθητικές μηχανές, είναι κατά κύριο λόγο υπεύθυνες για τις εκπομπές αέριων ρύπων από τη ναυτιλία, ενώ οι λέβητες συμβάλλουν στις προαναφερόμενες εκπομπές με ένα ποσοστό μικρότερο του 5%. Πιο συγκεκριμένα οι εκπομπές PM₁₀, NO_x και SO₂ των κύριων μηχανών αποτελούν το 52%, 41% και 42%, αντίστοιχα. Το ποσοστό των εκπομπών PM₁₀, NO_x και SO₂ των βοηθητικών μηχανών είναι 47%, 55% και 57%, αντίστοιχα (Nicolai, 1999).

3.10 Σύγκριση εκπομπών πλοίων με άλλα μέσα μεταφοράς

Σύμφωνα με μελέτες, τα πλοία θεωρούνται τα πιο φιλικά μεταφορικά μέσα για το περιβάλλον, σε σχέση πάντα με τις ατμοσφαιρικές εκπομπές των μηχανών τους (γραμμάρια / τόνο / χιλιόμετρο). Συγκεκριμένα εκπέμπουν το 2,7% των παγκόσμιων ρύπων ανά μονάδα καυσαερίων. Αυτό οφείλεται κυρίως στην μεγάλη χωρητικότητα των πλοίων σε σχέση με τα λοιπά μεταφορικά μέσα (αεροπλάνα, αυτοκίνητα κλπ). Αντίθετα, το πιο «ρυπογόνο» μεταφορικό μέσο φαίνεται να είναι το αεροπλάνο σε σχέση με τις ατμοσφαιρικές εκπομπές του (γραμμάρια / τόνο / χιλιόμετρο).

3.11 Απαραίτητα δεδομένα για τον υπολογισμό των αέριων εκπομπών στα πλοία

Για τον υπολογισμό των ατμοσφαιρικών ρύπων των πλοίων, είναι απαραίτητη η αναζήτηση συγκεκριμένων δεδομένων που αφορούν τον τύπο του πλοίου, τις φάσεις λειτουργίας του, την δραστηριότητα του (θέση, κατεύθυνση, ταχύτητα) :

- **Στοιχεία για τον τύπο του πλοίου** μπορούν να βρεθούν στη βάση δεδομένων της υπηρεσίας Lloyd's Ship Registry και περιλαμβάνουν το όνομα, τον τύπο, την ταχύτητα, την ηλικία του πλοίου, καθώς και τον τύπο του συστήματος πρόωσης. Για τους βοηθητικούς

κινητήρες και τους λέβητες, στοιχεία παρέχει μεταξύ άλλων το πρόγραμμα Vessel Boarding Program (VBP).

- **Στοιχεία για τις φάσεις λειτουργίας** μπορούν να βρεθούν από διαχειριστές συστημάτων κυκλοφορίας πλοίων, πλοηγούς λιμένων, ναυτιλιακή εταιρεία διαχείρισης πλοίου κλπ.
- **Στοιχεία για την δραστηριότητα του πλοίου** μπορούν να βρεθούν από συστήματα κυκλοφορίας πλοίων (VTS), πλοηγούς λιμένων και ανταλλαγές θαλάσσιων δεδομένων. Παρέχονται ο κωδικός IMO του πλοίου, η ημερομηνία/ώρα, η θέση, η κατεύθυνση, καθώς και η ταχύτητα του πλοίου.

3.12 Βάσεις Δεδομένων (DATABASES)

Υπάρχουν διαθέσιμες βάσεις δεδομένων για την αναζήτηση και άντληση δεδομένων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των αέριων ρύπων στη ναυτιλία. Ο ίδιος ο λιμένας, συνήθως εφοδιάζει και οργανώνει πηγές με τις απαιτούμενες πληροφορίες και καθορίζει αυτές τις πηγές ανάλογα με την γεωγραφική τους θέση. Να σημειωθεί ότι τα ποντοπόρα πλοία απαιτούν τη συγκέντρωση των περισσότερων καταχωρημένων δεδομένων, σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες. Οι κυριότερες βάσεις δεδομένων είναι οι εξής:

1. **Lloyd's register data:** Η Lloyd's register – Fairplay δύναται να ικανοποιήσει τις διεθνείς απαιτήσεις σχετικά με πληροφορίες των εταιρειών, των λιμένων, των ειδήσεων και των κινήσεων που σχετίζονται με τις υπηρεσίες, τα πλοία, όπως επίσης και την παροχή συμβουλευτικών και ερευνητικών υπηρεσιών. Επίσης, παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες όλων των πλοίων που το βάρος τους υπερβαίνει τους 100 τόνους. Συμπεριλαμβάνονται τα υλικά κατασκευής, η ιδιοκτησία, οι διαστάσεις του πλοίου, η χωρητικότητα, η ταχύτητα του πλοίου και η ισχύς του κινητήρα, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κύριων και βοηθητικών μηχανών, αλλά και το είδος του κύτους του πλοίου και ειδικά χαρακτηριστικά όπως είναι ο τύπος των φορτοεκφορτωτών. Παρέχει πληροφορίες για τη σωστή λειτουργία των πλοίων και πληροφορίες για τη συντήρησή τους. Ένα πλοίο παραμένει εγγεγραμμένο στο Lloyd μέχρι να διαλυθεί ή να βυθιστεί.
2. **AMSA shipping database:** Η AMSA δημιουργήθηκε από συνεργασία οκτώ κρατών της Αρκτικής και ασχολείται με τη θαλάσσια δραστηριότητα της περιοχής, όσον αφορά τη θαλάσσια ασφάλεια και την προστασία του περιβάλλοντος. Η καταγραφή της θαλάσσιας δραστηριότητας περιλαμβάνει: παγοθραυστικά, πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, δεξαμενόπλοια, πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου, κρουαζιερόπλοια, αλιευτικά σκάφη, σκάφη ανοικτής θαλάσσης, συνδυασμοί ρυμουλκό-φορτηγίδα, ερευνητικά σκάφη, διασωστικά πλοία, κ.λπ. Η AMSA περιλαμβάνει πληροφορίες για τον αριθμό των πλοίων που δραστηριοποιούνται στον Αρκτικό Ωκεανό, την εκτίμηση του ποσού της κυκλοφορίας για ένα δεδομένο έτος και τις συνολικές εκπομπές των πλοίων. Περίπου το 50% των πλοίων που έχουν καταγραφεί είναι αλιευτικά, ενώ η επόμενη μεγαλύτερη κατηγορία είναι πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου αντιπροσωπεύοντας το 20% του συνόλου.
3. **AMVER:** Το AMVER είναι ένα παγκόσμιο σύστημα εθελοντικής αναφοράς των πλοίων από την United States Coast Guard (USCG) για την προώθηση της ασφάλειας της ζωής και της περιουσίας στη θάλασσα. Η αποστολή του AMVER, είναι να παρέχει στις αρχές ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τις θέσεις και τα χαρακτηριστικά των εν πλω σκαφών. Κάθε

εμπορικό πλοίο σε οποιοδήποτε σημείο, το οποίο πραγματοποιεί ταξίδι τουλάχιστον 24 ωρών είναι ευπρόσδεκτο στο σύστημα AMVER. Η συμμετοχή των πλοίων είναι εθελοντική και ανεξάρτητη από τη σημαία του πλοίου, την εθνικότητα του ιδιοκτήτη ή της εταιρείας.

4. **SEA-WEB:** Η sea-web είναι μια εύχρηστη υπηρεσία πολλαπλών δυνατοτήτων αναζήτησης. Ουσιαστικά παρέχει πληροφορίες για τους ιδιοκτήτες, τον τύπο των πλοίων, τα ναυπηγία, τα δεδομένα των κινήσεων των πλοίων σε πραγματικό χρόνο, καθώς και πληροφόρηση για την κίνηση των πλοίων στα λιμάνια (sea-web ports). Οι βασικές δυνατότητες της υπηρεσίας, είναι:
 - Εκτενής βιβλιοθήκη εικόνων.
 - Πάνω από 200.000 αρχεία της εταιρείας.
 - Λεπτομέρειες για πάνω από 180.000 πλοία άνω των 100 GT χωρητικότητας.
 - Πληροφορίες των ναυπηγία των πλοίων με πλήρη καταχώρηση του στόλου τους
 - 24ωρη πρόσβαση από οποιοδήποτε Internet PC.
 - Sea-web App Mobile δωρεάν στους συνδρομητές.
5. **IHS Fairplay World Shipping Encyclopedia:** Η IHS Fairplay παρέχει ολοκληρωμένες πληροφορίες μέσω DVD (σε τριμηνιαίες ενημερώσεις) σχετικά με πλοία 100 GT και άνω. Η υπηρεσία παρέχεται με συνδρομή και οι συνδρομητές λαμβάνουν εκτενείς πληροφορίες, σχετικά με εταιρείες και λιμάνια που σχετίζονται με τη θάλασσα, ώστε να μπορούν να κατασκευάσουν ένα πλήρες σύστημα θαλάσσιας πληροφόρησης. Οι βασικές δυνατότητες της υπηρεσίας, είναι:
 - Λεπτομέρειες για πάνω από 116.000 σκάφη (100 GT και άνω)
 - Περιλαμβάνει πλοία σε παραγγελία και υπό κατασκευή
 - Πάνω από 124.000 ναυτιλιακές εταιρείες
 - Πάνω από 10.000 λιμάνια και τερματικούς σταθμούς
 - Ναυτικός άτλαντας με σχέδια λιμένων, διαγράμματα πρόσδεσης και φωτογραφίες
 - Πίνακες με γεωγραφικές αποστάσεις
 - Τριμηνιαίες ενημερώσεις
 - Σύνδεσμος Photofinder

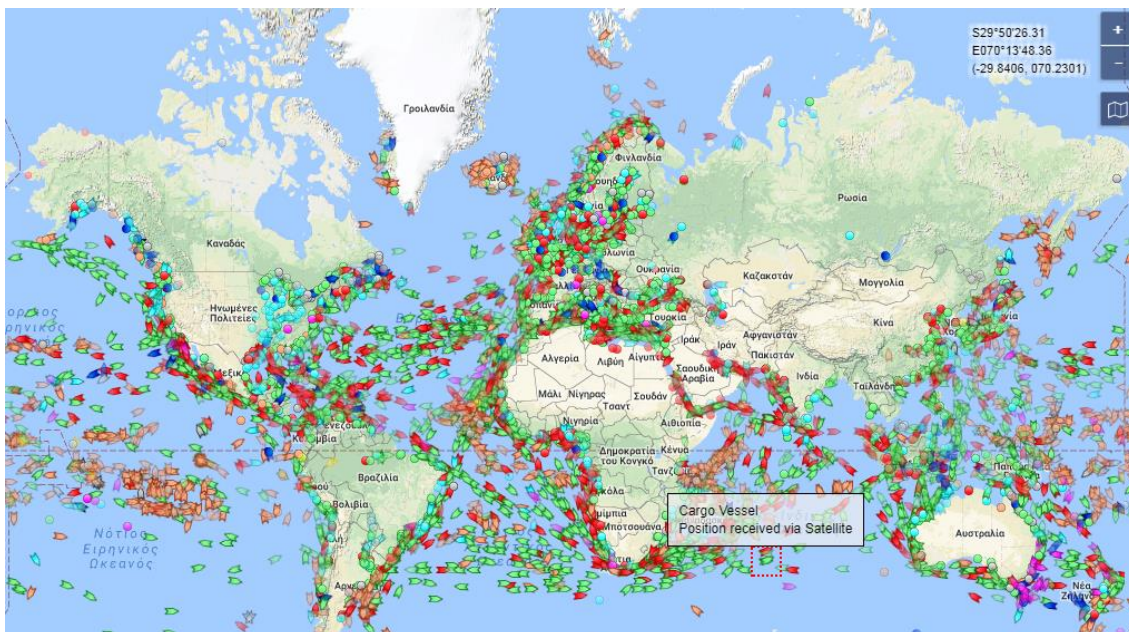
3.13 Αυτόματο σύστημα αναγνώρισης (AIS)

Το σύστημα αυτόματης αναγνώρισης (AIS) χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της θαλάσσιας κυκλοφορίας και τον εντοπισμό πλοίων. Το AIS λαμβάνει και στέλνει πληροφορίες ταυτοποίησης του πλοίου, με δυνατότητα εμφάνισης σε ηλεκτρονικό χάρτη σε υπολογιστή. Το AIS προσφέρει στους ναυτικούς, τη δυνατότητα έγκυρης πληροφόρησης σχετικά με:

- Δυναμικά δεδομένα όπως τη θέση του πλοίου (γεωγραφικό πλάτος και μήκος), την ημερομηνία/ώρα, την πορεία, την ταχύτητα, την πορεία ως προς το βυθό, την κατάσταση πλεύσης και το ρυθμό στρέψης του πλοίου.
- Στατικά δεδομένα, όπως το όνομα, τον αριθμό αναγνώρισης IMO, το Διεθνές Διακριτικό Σήμα, τις διαστάσεις του πλοίου και τον τύπο του.
- Δεδομένα σχετικά με αναμενόμενο χρόνο άφιξης του πλοίου, το ταξίδι, τον προορισμό, το βύθισμα και το είδος του φορτίου.

Το AIS, βοηθάει τα πληρώματα στο να έχουν πιο έγκυρη και καλύτερη επίγνωση της κατάστασης που λαμβάνει χώρα γύρω τους και τους επιτρέπει πιο έγκυρες και αποτελεσματικές ρυθμίσεις, όσον αφορά στο πέρασμα των πλοίων σε πολυσύχναστα νερά. Μια χρήσιμη εφαρμογή του AIS παρατηρείται κατά τη διάρκεια μιας αναζήτησης, επιχείρησης και διάσωσης πλοίου και του πληρώματός του. Είναι σημαντικό για τις αρμόδιες αρχές να γνωρίζουν την ακριβή θέση των υπόλοιπων πλοίων που βρίσκονται στην περιοχή.

Το σήμα του συστήματος AIS, μεταδίδεται από το πλοίο, ως εκ τούτου πρέπει να είναι εντός του μέγιστου ορίου απόστασης, για να μπορέσει να μεταδοθεί το σήμα. Μέχρι πρότινος το AIS είχε περιορισμένη εμβέλεια (περίπου 40 ναυτικά μίλια), όμως με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την ευρεία χρήση των δορυφορικών επικοινωνιών στα πλοία, τα στοιχεία του AIS μεταδίδονται μέσω δορυφόρου, χωρίς να υπάρχει με αυτό τον τρόπο περιορισμός στην εμβέλεια.



Εικόνα 3.1: Ενδεικτικός παγκόσμιος χάρτης απεικόνισης πληροφοριών AIS (Marinetraffic)

Το AIS δίκτυο, τροφοδοτεί με πληροφορίες πάνω από 2.000 λιμένες και πάνω από 100 χώρες και τερματικούς σταθμούς, σε όλο τον κόσμο. Παρουσιάζει σήμερα, τις πραγματικές θέσεις σε περίπου 27.000 πλοία κάθε ημέρα. Η θέση του εκάστοτε πλοίου, εντός των περιοχών κάλυψης του δικτύου, παρουσιάζεται σε ένα ηλεκτρονικό χάρτη που ενημερώνεται και ανανεώνεται κάθε τρία λεπτά, σε όλη τη διάρκεια του 24ωρου. Επιλέγοντας ένα πλοίο από το χάρτη, έχουμε διαθέσιμα στοιχεία, όπως την ακριβή θέση του (γεωγραφικό μήκος, πλάτος) αριθμός IMO και λιμένας προορισμού. Ωστόσο εντοπίζονται και μειονεκτήματα, κυρίως στην ασφάλεια των πλοίων, αφού είναι πλέον διαθέσιμη ανά πάσα στιγμή, ακόμα και για κακόβουλη χρήση (π.χ. πειρατές) η θέση όποιου πλοίου αναζητηθεί.

3.14 Μέθοδοι υπολογισμού αερίων εκπομπών πλοίων

Οι υπάρχουσες μεθοδολογίες για τον υπολογισμό των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων από τα πλοία, διακρίνονται σε (Maragkogianni, 2017) :

- (1) **"Από πάνω προς τα κάτω, top-down"** : Ο υπολογισμός βασίζεται στην κατανάλωση καυσίμων, όπως καταγράφεται στα σημειώματα κατανάλωσης καυσίμων BDN. Αυτή η μεθοδολογία συνδυάζει τις ποσότητες των καυσίμων που προμηθεύεται το πλοίο, με τον συντελεστή εκπομπών του κινητήρα, προκειμένου να εκτιμηθεί η συνολική ποσότητα εκπομπών
- (2) **"Από τη βάση προς την κορυφή, bottom-up"** (ή activity based - βάσει δραστηριοτήτων) : Ο υπολογισμός βασίζεται στην κατανάλωση καυσίμων σε συνδυασμό με την πορεία και τη αναλυτική κίνηση-δραστηριότητα ή λειτουργική φάση του πλοίου. Πρόκειται για λεπτομερέστερη και ακριβέστερη μεθοδολογία υπολογισμού (σε σχέση με την προηγούμενη) αλλά γενικότερα απαιτείται μεγάλη προσπάθεια για την εξόρυξη και διαχείριση δεδομένων, ειδικά αν πρόκειται για μελέτες μεγάλης κλίμακας.

Παρόλο που ο υπολογισμός βάσει δραστηριοτήτων, είναι ακριβέστερη μέθοδος, εντούτοις πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχει αβεβαιότητα στα υπολογισθέντα σύνολα εκπομπών, η οποία οφείλεται κυρίως στους παρακάτω παραμέτρους:

- τη χρήση συντελεστών στους υπολογισμούς όπως για παράδειγμα :
 - ⊕ ο συντελεστής φορτίου των κινητήρων (ο οποίος εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου και τη φάση λειτουργίας του κατά τη διάρκεια του ταξιδιού)
 - ⊕ ο συντελεστής εκπομπών (ο οποίος εξαρτάται από τον τύπο του καυσίμου)οι οποίοι έχουν προκύψει από μέσες τιμές συντελεστών φορτίων και εκπομπών αντίστοιχα
- την ακρίβεια καταγραφής του χρόνου λειτουργίας σε κάθε φάση
- την ακρίβεια μέτρησης της καταναλωθείσας ποσότητας καυσίμου

Βεβαίως, τα παραπάνω είναι διαφορετικά και εξαρτώνται από το μέγεθος του πλοίου, την ηλικία, τον τύπο καυσίμου και τη φύση του δρομολογίου που δραστηριοποιείται.

Η επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας υπολογισμού, εξαρτάται από το αντικείμενο της μελέτης. Μια προσέγγιση top-down που βασίζεται στα σημειώματα προμήθειας καυσίμων BDN, χρησιμοποιείται όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες για την κίνηση του πλοίου, ενώ από την άλλη, εφόσον υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα, χρησιμοποιείται μια προσέγγιση bottom-up, λόγω της ακρίβειας υπολογισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΥ MRV

Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναλύσουμε τον κανονισμό 757/2015 (MRV) ο οποίος έχει σκοπό, να οριστούν κανόνες για την επακριβή παρακολούθηση, υποβολή εκθέσεων και επαλήθευση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άλλων συναφών πληροφοριών, από τα πλοία ολικής χωρητικότητας άνω των 5.000 τόνων, που βρίσκονται εντός λιμένων, καταπλέουν ή αποπλέουν από λιμένες οι οποίοι υπάγονται στη δικαιοδοσία κράτους μέλους της Ε.Ε.

4.1 Η πορεία προς το Ευρωπαϊκό σύστημα MRV

Μόλις τον Δεκέμβριο του 2010, τα συμβαλλόμενα μέρη της σύμβασης-πλαίσιου των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος (UNFCCC), αναγνώρισαν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, δεν πρέπει να υπερβεί περισσότερο από 2°C τις θερμοκρασίες που επικρατούσαν την προ-βιομηχανική εποχή. Ο στόχος αυτός δεν μπορεί να επιτευχθεί εύκολα, ούτε γρήγορα και μπορεί να θεωρηθεί και αισιόδοξος, κυρίως λόγω των ανεξέλεγκτων και διαρκώς αυξανόμενων δραστηριοτήτων του ανθρώπου, που αναπτύξαμε σε προηγούμενα κεφάλαια. Έχει όμως ζωτική σημασία, προκειμένου να περιοριστούν οι συνέπειες της ανθρώπινης παρέμβασης στο κλιματικό σύστημα.

Σύμφωνα με μελέτες τέταρτη έκθεση αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC)] η υλοποίηση του μακροπρόθεσμου αυτού στόχου προϋποθέτει μείωση των παγκόσμιων εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου, μέχρι το 2050, τουλάχιστον κατά 50% έναντι των επιπέδων τους το 1990. Οι ανεπτυγμένες χώρες, λόγω του ότι συμμετέχουν πιο πολύ στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, θα πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές τους κατά 80 έως 95% μέχρι το 2050, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Μεσοπρόθεσμα, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει δεσμευθεί να μειώσει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου της μέχρι το 2020 κατά 20% έναντι των επιπέδων του 1990 και υπό κατάλληλες προϋποθέσεις, κατά 30%. Η δέσμευση αυτή αποτελεί μέρος ενός από τους πέντε πρωταρχικούς στόχους της ΕΕ που καθορίζονται στη στρατηγική «Ευρώπη 2020». Επιπλέον, τόσο το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, όσο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο συμφώνησαν ότι θα πρέπει όλοι οι τομείς της οικονομίας να συμβάλουν στη μείωση αυτών των εκπομπών (5 Οδηγία 2003/87/ΕΚ και απόφαση αριθ. 406/2009/ΕΚ) (ΕΚ, 2003/87/ΕΚ, 2009).

Σύμφωνα με τη στρατηγική της ΕΕ για το 2020, η Λευκή Βίβλος της Επιτροπής για τις μεταφορές του 2011, όρισε ότι η μείωση των εκπομπών CO₂ στην ΕΕ από τις θαλάσσιες μεταφορές, πρέπει να είναι της τάξης του 40% (ή και του 50%, εάν είναι εφικτό) μέχρι το 2050, σε σχέση με τα επίπεδα του 2005. Επίσης σε 180 εκατομμύρια τόνους (Mt) υπολογίστηκαν για το 2010, οι συνολικές εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με τις θαλάσσιες μεταφορές στην Ευρώπη (συμπεριλαμβάνονται οι διαδρομές εντός της ΕΕ και οι πλόες από και προς λιμάνια της ΕΕ). Οι εκπομπές αυτές αναμένεται να αυξηθούν, όπως αναλυτικά παρουσιάστηκε παραπάνω, παρά τις προσπάθειες του IMO (EEDI, SEEMP), τα ήδη εφαρμοζόμενα λειτουργικά-επιχειρησιακά μέτρα των ναυτιλιακών εταιρειών και τις υπάρχουσες τεχνολογίες, που είναι διαθέσιμες για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των εκπομπών CO₂ των πλοίων.

Η προβλεπόμενη αύξηση δεν συνάδει στον στόχο της ΕΕ για μείωση των εκπομπών, επιπροσθέτως, οι θαλάσσιες μεταφορές είναι ο μόνος τρόπος μεταφοράς σε επίπεδο ΕΕ, που δεν είχαν υπαχθεί στη δέσμευση της ΕΕ για μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και να αποκτήσει σχετικό κανονιστικό πλαίσιο. Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, έκανε επίκαιρη παλαιότερη δέσμευση για ανάληψη δράσης (στη δέσμη μέτρων για το κλίμα και την ενέργεια που εγκρίθηκε τον Απρίλιο 2009) ότι εάν μέχρι το τέλος του 2011, δεν εγκριθεί διεθνής συμφωνία όπου θα συμπεριλαμβάνει τη μείωση των εκπομπών GHG από τη ναυτιλία (μέσω του IMO, ή μέσω της UNFCCC) τότε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα

πρέπει να διατυπώσει πρόταση, για μείωση από τη ναυτιλία των εκπομπών GHG που αναλαμβάνει η ΕΕ, με στόχο να τεθεί σε ισχύ η προτεινόμενη πράξη έως το 2013.

Παρόλη τη δράση του IMO, ο δείκτης EEDI, αν και χρήσιμος, δεν αξιολογήθηκε ως επαρκές μέτρο που απέδωσε από μόνο του μειώσεις των εκπομπών σε απόλυτες τιμές, έναντι των ετών αναφοράς, λαμβάνοντας υπόψη την προβλεπόμενη αύξηση της ναυτιλιακής κίνησης. Οπότε, θεωρήθηκε ότι η προθεσμία παρήλθε χωρίς να αναληφθεί επαρκής διεθνής δράση, και για το λόγο αυτό, η Επιτροπή δρομολόγησε ενέργειες, προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που προέρχονται από τις διεθνείς θαλάσσιες μεταφορές.

Ένα από τα βασικά προβλήματα που παρουσιάστηκαν, είναι ότι δεν είναι γνωστή η ακριβής ποσότητα των εκπομπών CO₂ και άλλων αερίων θερμοκηπίου από τις θαλάσσιες μεταφορές που σχετίζονται με την ΕΕ. Άρα, κατ' αρχήν θα έπρεπε να σχεδιαστεί και να εφαρμοστεί, ένα οργανωμένο σύστημα Επίβλεψης, Αναφοράς και Επαλήθευσης (Monitoring, Reporting, Verifying - MRV) της ακριβούς ποσότητας των εκπομπών CO₂ και άλλων αερίων θερμοκηπίου από τις θαλάσσιες μεταφορές. Εάν μετέπειτα κριθεί απαραίτητη η εφαρμογή οριζοντίων μέτρων (MBM) για τον περιορισμό των εκπομπών, είναι κοινή πεποίθηση και αυτονόητο ανάμεσα στα εμπλεκόμενα μέρη, ότι απαιτείται η ύπαρξη και η αξιοπιστία ενός τέτοιου συστήματος.

Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της δράσης, ήταν η καθιέρωση του MRV ως πρώτου συγκροτημένου βήματος συλλογής και συγκέντρωσης δεδομένων, ώστε να υπάρξει δυνατότητα διάθεσης, περισσότερου χρόνου για τον διάλογο και τη λήψη αποφάσεων, σχετικά με τους στόχους μείωσης των εκπομπών, τη λήψη οριζοντίων μέτρων για την επίτευξη των εν λόγω μειώσεων εκπομπών με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Επιπλέον, ένα αξιόπιστο και ανθεκτικό σύστημα MRV, προβλέπεται να συμβάλει στην εξάλειψη σημαντικών εγγενών δυσλειτουργιών του ναυτιλιακού κλάδου, κυρίως όσων σχετίζονται με την έλλειψη στοιχείων για την ενεργειακή απόδοση των πλοίων.

Δεδομένου ότι η ΕΕ έχει σαφή προτίμηση στα MBM μέτρα (όπως παράδειγμα ισχύει στις αεροπορικές μεταφορές) το ευρωπαϊκό σύστημα MRV, σχεδιάστηκε με σκοπό να αποτελέσει παγκόσμιο παράδειγμα, με στόχο την επιτάχυνση του διεθνούς διαλόγου. Στο πλαίσιο αυτό, η ΕΕ δηλώνει ότι θα υποβάλλει σχετικές προτάσεις στον IMO και σε περίπτωση δημιουργίας παγκόσμιου συστήματος υπό την αιγίδα του IMO, δεσμεύεται ότι θα ακολουθήσει και θα εναρμονίσει το ευρωπαϊκό σύστημα MRV.

4.2 Διαβούλευση με τα ενδιαφερόμενα μέρη

Όπως έχουμε αναλύσει σε προηγούμενο κεφάλαιο, το έργο του IMO δεν είναι εύκολο, δεδομένου ότι το σύνολο των πλοίων είναι εγγεγραμμένα στα νηολόγια πολλών χωρών και εμπορεύονται μεταξύ λιμένων που ανήκουν σε περισσότερες από 200 χώρες και αντιμετωπίζει την συνεχή πρόκληση της επίτευξης των στόχων μείωσης των αέριων ναυτιλιακών εκπομπών. Όμως, μια παγκόσμια συμφωνία στο πλαίσιο του IMO, θεωρείται η καλύτερη μακροπρόθεσμη επιλογή για την επίτευξη μειώσεων των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τον ναυτιλιακό κλάδο.

Μέχρι την επίτευξη μιας τέτοιας συμφωνίας, κρίθηκε σκόπιμη η ανάληψη νομοθετικής πρωτοβουλίας σε επίπεδο ΕΕ, με σκοπό την υιοθέτηση και εφαρμογή ενός ευρωπαϊκού μέτρου, με ίσους όρους ανταγωνισμού για όλα τα πλοία που χρησιμοποιούν ευρωπαϊκούς λιμένες. Το Δεκέμβριο του 2012, πραγματοποιήθηκε μια συνεδρίαση με τη συμμετοχή 120 εκπροσώπων της βιομηχανίας, μη κυβερνητικών οργανώσεων, κρατών μελών και τρίτων χωρών, η οποία επικεντρώθηκε στον σχεδιασμό του ευρωπαϊκού συστήματος MRV. Στη συνεδρίαση αυτή υπήρξε σύγκλιση απόψεων σε ότι αφορά την ουσία της πρότασης, ανέδειξε όμως διαφορετικές οπτικές ως προς την ανάπτυξη και την εφαρμογή της, παρόλη την κοινή διαπίστωση ότι υπάρχει έλλειψη αξιόπιστων, ενιαίων πληροφοριών σχετικά με τους αέριους ναυτιλιακούς ρύπους. Οι συμμετέχοντες αποδέχθηκαν σε μεγάλο βαθμό, ότι προκειμένου να περιοριστεί η διοικητική επιβάρυνση, το MRV θα πρέπει να βασίζεται στις ήδη διαθέσιμες πληροφορίες των πλοίων, που υπάρχει υποχρέωση να τηρούν βάσει διεθνών συμβάσεων.

4.3 Σύντομη ιστορική αναδρομή

Το 2012, όπως προαναφέρθηκε, σηματοδότησε την απαρχή λήψης πολιτικών πρωτοβουλιών για την αντιμετώπιση του ζητήματος των εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ναυτιλίας. Ωστόσο, η ΕΕ είχε ήδη ένα σύστημα ETS με εφαρμογή μεταξύ άλλων και στις αερομεταφορές. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την συνεχιζόμενη κωλυσιεργία του IMO να προωθήσει το θέμα των ναυτιλιακών εκπομπών σε παγκόσμιο επίπεδο, οδήγησε την ΕΕ σε επαναλαμβανόμενες προειδοποιήσεις, μέσω της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, ότι θα προχωρούσε στην εισαγωγή ενός αυτοτελούς ευρωπαϊκού συστήματος ETS και για την ναυτιλία. Το 2011, η DG Clima κατέληξε σε 4 εναλλακτικές πολιτικές (Bloor, Baker, Sampson, & Dahigren, 2013) (Bloor, Sampson, & Baker, 2013):

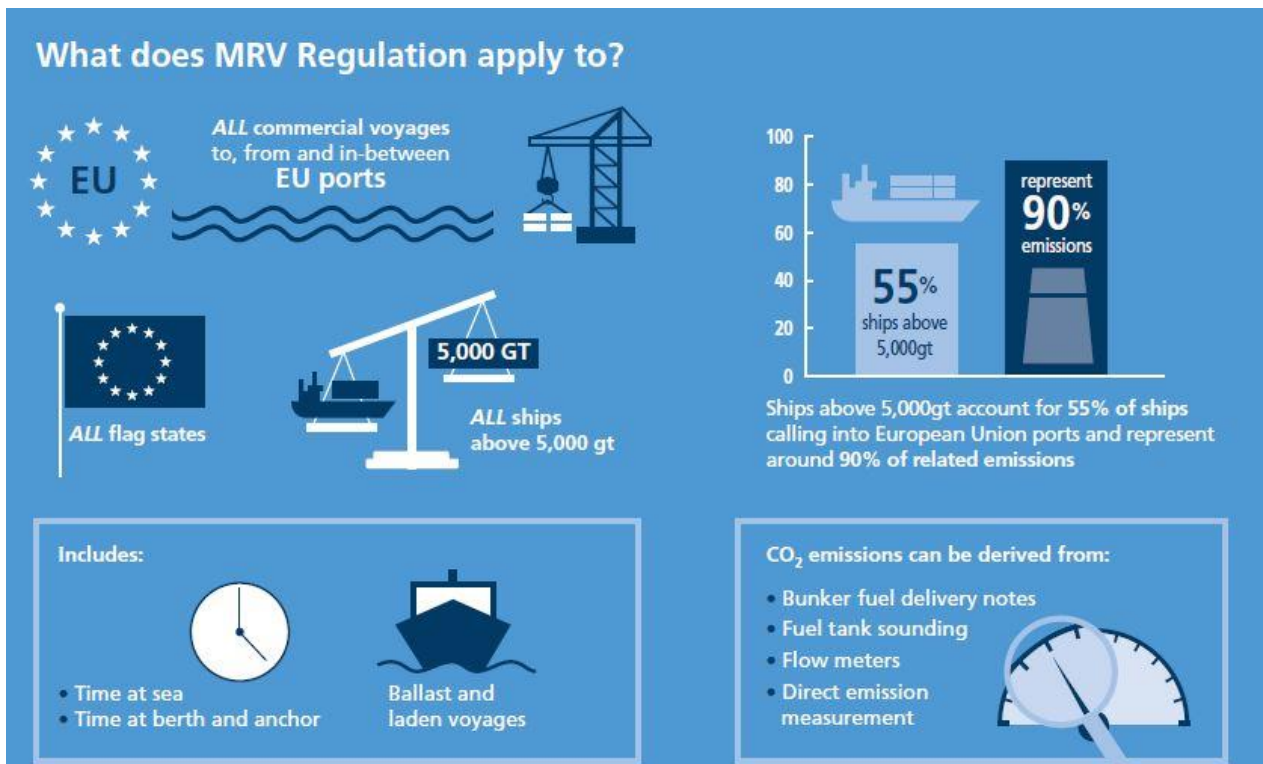
- Την δημιουργία ενός ταμείου από υποχρεωτικούς φόρους καυσίμων που θα επιβαλλόταν σε όλα τα πλοία που επισκέπτονται ευρωπαϊκούς λιμένες, οι οποίοι θα καθορίζονταν από το ανθρακικό περιεχόμενο του καυσίμου τους. Το ταμείο αυτό θα αξιοποιούταν για την χρηματοδότηση έργων τεχνικού και επιχειρησιακού περιεχομένου με αντικείμενο την μείωση των εκπομπών. Η πρόταση αυτή βασίστηκε σε πρόταση των Κύπρου, Δανίας, Νησιών Μάρσαλ, Νιγηρίας και IPTA στην 60η MEPC του IMO.
- Την δημιουργία ενός ETS, που θα συμπεριλάμβανε την ναυτιλία στο ήδη υπάρχον ευρωπαϊκό ETS ή θα ήταν ανεξάρτητο. Οι εκπομπές θα οριοθετούνταν (emission cap) βάσει ιστορικών δεδομένων, αλλά και ενός συστήματος καταγραφής και αναφοράς εκπομπών που θα αναπτυσσόταν στα πλοία. Βασικά κριτήρια για το σύστημα ορίστηκαν το μέγεθος, ο τύπος, αλλά και η περιοχή δραστηριοποίησης των πλοίων, ενώ ως μεγάλος στόχος τέθηκε η υιοθέτηση από τον IMO.
- Την επιβολή φόρου στις αγορές καυσίμου από ευρωπαίους προμηθευτές. Μια πιο σύνθετη παραλλαγή αποτέλεσε η πρόταση φόρου στις εκπομπές GHG με πεδίο επιβολής όλα τα πλοία που προσεγγίζουν ευρωπαϊκούς λιμένες.
- Υποχρεωτική επιβολή μείωσης των εκπομπών σε όλα τα πλοία που επισκέπτονται ευρωπαϊκούς λιμένες, βάσει των χαρακτηριστικών των πλοίων (ηλικία, τύπος κλπ) με βάση την πρόταση που κατέθεσαν οι Μπαχάμες στον IMO. Ως εναλλακτική προτάθηκε η παροχή κινήτρων στα πλοία που υπερβαίνουν τους στόχους της μείωσης.

Ωστόσο, τελικά υπήρξε αλλαγή πολιτικής από την ΕΕ, όπου αντί για την δημιουργία άμεσης Ευρωπαϊκής τοπικής πολιτικής, συνδεδεμένης με καθεστώς MBM, η Επιτροπή αποφάσισε την δημιουργία ενός συστήματος MRV για τους διαχειριστές των πλοίων που μελλοντικά θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση για MBM στα πλαίσια του IMO. Αυτό επιβεβαιώνεται από συνέντευξη του Επιτρόπου Μεταφορών στο Lloyds List τον Οκτώβριο 2012, όπου οι παραπάνω πολιτικές της DG Clima χαρακτηρίστηκαν ως «εννοιολογικές συζητήσεις», πλην όμως δεν έχουν εγκαταλειφθεί. Πιο συγκεκριμένα, τα σχέδια για την επιβολή ενός ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας εκπομπών (Emission Trading Scheme, ETS) αναστέλλονταν και στη θέση τους, ανακοινώθηκε η πρόθεση να νομοθετηθεί ένα ευρωπαϊκό σύστημα καταγραφής των ναυτιλιακών εκπομπών, όπως και τελικά έγινε με τον κανονισμό 757/2015.

4.4 Ευρωπαϊκός Κανονισμός MRV 757/2015 (Εφημερίδα Ε.Ε. L 123, 2015)

Αντικείμενο

Το αντικείμενο του κανονισμού 757/2015 (MRV) είναι να οριστούν κανόνες για την επακριβή παρακολούθηση, υποβολή εκθέσεων και επαλήθευση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άλλων συναφών πληροφοριών, από τα πλοία ολικής χωρητικότητας άνω των 5.000 τόνων, που βρίσκονται εντός λιμένων, καταπλέουν ή αποπλέουν από λιμένες οι οποίοι υπάγονται στη δικαιοδοσία κράτους μέλους της ΕΕ, ώστε να προωθηθεί η μείωση των εκπομπών CO₂ από τις θαλάσσιες μεταφορές με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Εξαιρέση αποτελούν τα πολεμικά πλοία, τα βοηθητικά πλοία του πολεμικού ναυτικού, τα αλιευτικά σκάφη και πλοία επεξεργασίας αλιευμάτων, τα ξύλινα πλοία πρωτόγονης κατασκευής, τα σκάφη χωρίς μηχανική πρόωση, καθώς και τα πλοία που ανήκουν σε δημόσιες αρχές και χρησιμοποιούνται για μη εμπορικούς σκοπούς.



Παρακολούθηση και υποβολή εκθέσεων

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις που θα αναπτύξουμε παρακάτω, οι εταιρείες πρέπει να παρακολουθούν και να αναφέρουν, για κάθε πλοίο τους, συναφείς παραμέτρους κατά τη διάρκεια μιας περιόδου αναφοράς. Η παρακολούθηση και η υποβολή εκθέσεων πρέπει να είναι πλήρεις και να καλύπτουν τις εκπομπές CO₂ από την καύση καυσίμων, κατά τη διάρκεια του ταξιδιού και κατά τον ελλιμενισμό, εφαρμόζοντας κατάλληλα μέτρα για την διασφάλιση αποτροπής κενών στα δεδομένα που αφορούν μία περίοδο αναφοράς.

Η παρακολούθηση και η υποβολή εκθέσεων, πρέπει να γίνονται με συνέπεια και να είναι συγκρίσιμες διαχρονικά. Για να επιτευχθεί αυτό, οι ναυτιλιακές εταιρείες, θα πρέπει να χρησιμοποιούν διαχρονικά, τις ίδιες μεθόδους παρακολούθησης και τα ίδια σύνολα δεδομένων, με την επιφύλαξη βέβαια τροποποιήσεων που μπορεί να προκύψουν έπειτα από αξιολόγηση από τον ελεγκτή. Για το σκοπό αυτό, θα πρέπει οι εταιρείες να λαμβάνουν, καταγράφουν, συγκεντρώνουν, αναλύουν και τεκμηριώνουν τα δεδομένα παρακολούθησης με διαφανή τρόπο, που να επιτρέπει την αναπαραγωγή του υπολογισμού των εκπομπών CO₂ από τον ελεγκτή. Για το λόγο αυτό, οι εταιρείες θα πρέπει :

- Να εξασφαλίζουν, ότι ο υπολογισμός των εκπομπών CO₂ δεν είναι συστηματικά, ούτε ενσυνείδητα ανακριβής και να προσπαθούν διαρκώς, να εντοπίζουν και να περιορίζουν κάθε πηγή ανακριβειών.
- Να έχουν διαρκώς την βεβαιότητα ως προς την αριότητα των παρακολουθούμενων και αναφερόμενων δεδομένων, για τις εκπομπές CO₂.
- Να μεριμνούν, ώστε να λαμβάνουν υπόψη τους τις συστάσεις που περιλαμβάνονται στις εκθέσεις επαλήθευσης (αναλύονται παρακάτω) στην επακόλουθη παρακολούθηση και υποβολή εκθέσεων.

Σχέδιο παρακολούθησης

Για την παρακολούθηση και υποβολή εκθέσεων των συναφών παραμέτρων με το αντικείμενο του κανονισμού, απαιτείται να υπάρχει καταγεγραμμένο και να υποβληθεί στον ελεγκτή, σχέδιο παρακολούθησης ανά πλοίο. Με την έναρξη εφαρμογής του κανονισμού, απαιτείται ότι έως την 31η Αυγούστου 2017, οι εταιρείες πρέπει να έχουν υποβάλλει σχέδιο παρακολούθησης, στο οποίο να αναφέρεται η μέθοδος παρακολούθησης και υποβολής εκθέσεων σχετικά με τις εκπομπές CO₂ και άλλων συναφών πληροφοριών. Σε περίπτωση που κάποιο πλοίο εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής του κανονισμού MRV, για πρώτη φορά μετά τις 31 Αυγούστου 2017, θα πρέπει να υποβληθεί σχέδιο παρακολούθησης, το αργότερο δύο μήνες μετά τον πρώτο κατάπλου του εκάστοτε πλοίου, σε λιμένα που υπάγεται στη δικαιοδοσία κράτους μέλους.

Σε κάθε περίπτωση, το σχέδιο παρακολούθησης πρέπει να τεκμηριώνει πλήρως και με διαφάνεια, τη μεθοδολογία παρακολούθησης για το πλοίο, περιλαμβάνοντας τουλάχιστον τα ακόλουθα στοιχεία:

- Ταυτότητα και τύπο του πλοίου (όπου περιλαμβάνονται το όνομα, ο αριθμός IMO, ο λιμένας νηολόγησης ή βάσης του πλοίου, καθώς και το όνομα του πλοιοκτήτη),
- Επωνυμία της εταιρείας, ταχυδρομική διεύθυνση, αριθμός τηλεφώνου και διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του αρμοδίου ατόμου επικοινωνίας,

- Περιγραφή των πηγών εκπομπών CO₂ επί του πλοίου: κύριες και βοηθητικές μηχανές, αεριοστρόβιλοι, λέβητες και γεννήτριες αδρανούς αερίου, καθώς και χρησιμοποιούμενοι τύποι καυσίμων,
- Περιγραφή των χρησιμοποιούμενων διαδικασιών και συστημάτων, καθώς και των αρμοδιοτήτων για την ενημέρωση του καταλόγου των πηγών εκπομπών CO₂ κατά την περίοδο αναφοράς,
- Περιγραφή των χρησιμοποιούμενων διαδικασιών για την παρακολούθηση της πληρότητας της λίστας ταξιδιών.
- Περιγραφή των διαδικασιών για την παρακολούθηση της κατανάλωσης καυσίμου στο πλοίο, η οποία πρέπει να περιλαμβάνει:
 - ⊕ τη μέθοδο που επελέγη (θα αναλυθούν παρακάτω) για τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου ανά πηγή εκπομπών CO₂, καθώς και περιγραφή του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού μετρήσεων, κατά περίπτωση,
 - ⊕ τις διαδικασίες μέτρησης της ποσότητας ανεφοδιασμού με καύσιμο και του καυσίμου στις δεξαμενές, περιγραφή των χρησιμοποιούμενων οργάνων μετρήσεων και τις διαδικασίες καταγραφής, ανάκτησης, διαβίβασης και αποθήκευσης πληροφοριών σχετικά με τις μετρήσεις, κατά περίπτωση,
 - ⊕ τη μέθοδο που επελέγη για τον προσδιορισμό της πυκνότητας του καυσίμου, κατά περίπτωση,
 - ⊕ τη διαδικασία με την οποία εξασφαλίζεται, ότι η συνολική αβεβαιότητα των μετρήσεων καυσίμου, ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του κανονισμού, με παραπομπή, εάν είναι δυνατόν, στην εθνική νομοθεσία, σε ρήτρες συμβάσεων πελατών ή σε πρότυπα ακριβείας των προμηθευτών καυσίμου.
- Ενιαίους συντελεστές εκπομπών που χρησιμοποιούνται για κάθε τύπο καυσίμου ή στην περίπτωση των εναλλακτικών καυσίμων, μεθόδους προσδιορισμού των συντελεστών εκπομπών, συμπεριλαμβανομένης της μεθοδολογίας δειγματοληψίας, των μεθόδων ανάλυσης και περιγραφή των χρησιμοποιούμενων εργαστηρίων με τη διαπίστευση των εργαστηρίων αυτών κατά ISO 17025, εφόσον υπάρχει.
- Περιγραφή των διαδικασιών που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των δεδομένων δραστηριότητας ανά ταξίδι, η οποία πρέπει να περιλαμβάνει:
 - ⊕ τις διαδικασίες, τις αρμοδιότητες και τις πηγές δεδομένων για τον προσδιορισμό και την καταγραφή της διανυθείσας απόστασης,
 - ⊕ τις διαδικασίες, τις αρμοδιότητες, τους μαθηματικούς τύπους και τις πηγές δεδομένων για τον προσδιορισμό και την καταγραφή του μεταφερόμενου φορτίου και του αριθμού των επιβατών, κατά περίπτωση,
 - ⊕ τις διαδικασίες, τις αρμοδιότητες, τους μαθηματικούς τύπους και τις πηγές δεδομένων για τον προσδιορισμό και την καταγραφή του χρόνου παραμονής στη θάλασσα μεταξύ του λιμένα αναχώρησης και του λιμένα άφιξης.
- Περιγραφή της μεθόδου που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό υποκατάστατων τιμών σε περίπτωση κενών δεδομένων.
- Φύλλο καταγραφής των αναθεωρήσεων με όλες τις λεπτομέρειες των αναθεωρήσεων που έγιναν.

Οι ναυτιλιακές εταιρείες χρησιμοποιούν τυποποιημένα σχέδια παρακολούθησης, βασιζόμενα σε πρότυπα, συμπεριλαμβανομένων των τεχνικών κανόνων για την ομοιόμορφη εφαρμογή τους, τα οποία καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσω εκτελεστικών πράξεων. Είναι αυτονόητο, ότι οι εταιρείες πρέπει να ελέγχουν τακτικά (όπως αναφέρει ο κανονισμός, τουλάχιστον ετησίως) αν το σχέδιο παρακολούθησης, αντικατοπτρίζει τη φύση και τη λειτουργία του πλοίου και κατά πόσο η μεθοδολογία παρακολούθησης επιδέχεται βελτίωση, ώστε να τροποποιηθεί. Σε κάθε περίπτωση, απαιτείται τροποποίηση του σχεδίου παρακολούθησης, σε οποιαδήποτε από τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Αλλαγή της εταιρείας του πλοίου,
- Εμφάνιση νέων εκπομπών CO₂, λόγω νέων πηγών εκπομπών (π.χ. αλλαγή/προσθήκη μηχανών) ή χρήσης νέων καυσίμων που δεν έχουν ακόμη περιληφθεί στο σχέδιο παρακολούθησης,
- Εάν υπάρχουν αλλαγές στη διαθεσιμότητα των δεδομένων, λόγω χρήσης νέων τύπων εξοπλισμού μετρήσεων, νέων μεθόδων δειγματοληψίας ή αναλυτικών μεθόδων ή για άλλους λόγους, είναι δυνατόν να επηρεάσουν την ακρίβεια του προσδιορισμού των εκπομπών CO₂,
- Εάν έχει διαπιστωθεί, ότι τα δεδομένα που προέκυψαν από την εφαρμοζόμενη μέθοδο παρακολούθησης είναι εσφαλμένα,
- Εάν οποιοδήποτε τμήμα του σχεδίου παρακολούθησης, διαπιστώνεται ότι δεν πληροί τις απαιτήσεις του κανονισμού και απαιτείται η αναθεώρησή του από την εταιρεία.

Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι εταιρείες οφείλουν να κοινοποιήσουν άμεσα στους ελεγκτές, κάθε πρόταση τροποποίησης του σχεδίου παρακολούθησης. Τυχόν τροποποιήσεις του σχεδίου παρακολούθησης με βάση τις περιπτώσεις ii), iii) και iv) που αναφέραμε παραπάνω, υπόκεινται σε νέα αξιολόγηση από τον ελεγκτή, ο οποίος ανακοινώνει στην εταιρεία, αν οι εν λόγω τροποποιήσεις, επηρεάζουν τη συμμόρφωση με τον κανονισμό.

Παρακολούθηση των εκπομπών στη διάρκεια περιόδου αναφοράς

Από την 1η Ιανουαρίου 2018 και με βάση το σχέδιο παρακολούθησης που έχει αξιολογηθεί, οι εταιρείες παρακολουθούν τις εκπομπές CO₂ για κάθε πλοίο ανά ταξίδι και ανά έτος, εφαρμόζοντας κατάλληλη μέθοδο υπολογισμού εκπομπών CO₂.

4.5 Παρακολούθηση ανά ταξίδι

Στην παρακολούθηση ανά ταξίδι, σύμφωνα με το σχέδιο παρακολούθησης που έχει αξιολογηθεί, οι εταιρείες παρακολουθούν, τις εξής παραμέτρους:

- Λιμένα αναχώρησης και άφιξης, με ημερομηνία/ώρα αναχώρησης και άφιξης,
- Ποσότητα και συντελεστής εκπομπών για κάθε χρησιμοποιούμενο τύπο καυσίμου,
- Εκπομπές CO₂,
- Διανυθείσα απόσταση,
- Χρόνος παραμονής στη θάλασσα,
- Μεταφερθέν φορτίο,
- Μεταφορικό έργο.

Για συγκεκριμένο πλοίο, μπορεί να υπάρχει εξαίρεση από την υποχρέωση παρακολούθησης σε επίπεδο ταξιδιού, στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Όλα τα ταξίδια του πλοίου κατά τη διάρκεια της περιόδου αναφοράς, έχουν ως λιμένα αναχώρησης ή άφιξης λιμένα εντός της δικαιοδοσίας κράτους μέλους
- Το πλοίο, σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμά του, εκτελεί περισσότερους από 300 ταξίδια κατά τη διάρκεια της περιόδου αναφοράς.

4.6 Παρακολούθηση ανά έτος

Με βάση το σχέδιο παρακολούθησης που έχει αξιολογηθεί, οι εταιρείες παρακολουθούν, τις ακόλουθες παραμέτρους, για κάθε πλοίο και κάθε ημερολογιακό έτος:

- Ποσότητα και συντελεστή εκπομπών για κάθε χρησιμοποιούμενο τύπο καυσίμου,
- Συνολική συγκεντρωτική ποσότητα CO₂ που έχει εκλυθεί εντός του πεδίου εφαρμογής του παρόντος κανονισμού,
- Συγκεντρωτικές εκπομπές CO₂ από όλα τα ταξίδια μεταξύ λιμένων που υπάγονται στη δικαιοδοσία κράτους μέλους,
- Συγκεντρωτικές εκπομπές CO₂ από όλα τα ταξίδια με αναχώρηση από λιμένες που υπάγονται στη δικαιοδοσία κράτους μέλους,
- Συγκεντρωτικές εκπομπές CO₂ από όλα τα ταξίδια προς λιμένες που υπάγονται στη δικαιοδοσία κράτους μέλους,
- Εκπομπές CO₂ που σημειώθηκαν κατά τον ελλιμενισμό εντός λιμένων που υπάγονται στη δικαιοδοσία κράτους μέλους,
- Συνολική διανυθείσα απόσταση,
- Συνολικό χρόνο παραμονής στη θάλασσα,
- Συνολικό μεταφορικό έργο,
- Μέση ενεργειακή απόδοση.

Μέθοδοι παρακολούθησης εκπομπής CO₂ και άλλων συναφών παραμέτρων

Για να παρακολουθηθούν, όλες οι παραπάνω πληροφορίες, θα πρέπει οι ναυτιλιακές εταιρείες να προσδιορίζουν για κάθε πλοίο τους, τις εκπομπές CO₂ σύμφωνα με οποιαδήποτε από τις παρακάτω μεθόδους :

1) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂

Για τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂ οι εταιρείες εφαρμόζουν τον ακόλουθο τύπο:

Κατανάλωση καυσίμου × συντελεστή εκπομπών

Στην κατανάλωση καυσίμων περιλαμβάνεται το καύσιμο που καταναλώνουν οι κύριες και βοηθητικές μηχανές, οι αεριοστρόβιλοι, οι λέβητες και οι γεννήτριες αδρανούς αερίου, ενώ η κατανάλωση καυσίμων κατά τον ελλιμενισμό πρέπει να υπολογιστεί χωριστά. Για τους συντελεστές εκπομπών των καυσίμων, χρησιμοποιούνται καταρχήν προκαθορισμένες τιμές, εκτός εάν η εταιρεία αποφασίσει να χρησιμοποιεί τα σχετικά με την ποιότητα του καυσίμου δεδομένα που περιλαμβάνονται στα δελτία παράδοσης καυσίμου (BDN) τα οποία χρησιμοποιούνται για την απόδειξη της συμμόρφωσης με τους εφαρμοστέους κανονισμούς περί των μειωμένων εκπομπών θείου. Οι εν λόγω προκαθορισμένες τιμές για τους συντελεστές εκπομπών βασίζονται στις πλέον πρόσφατες τιμές της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC). Οι εν λόγω τιμές είναι δυνατόν να ληφθούν από το παράρτημα VI του κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 601/2012 της

Επιτροπής². Για τα βιοκαύσιμα και τα εναλλακτικά μη ορυκτά καύσιμα, εφαρμόζονται κατάλληλοι συντελεστές εκπομπών.

2) ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂

Η εταιρεία ορίζει στο σχέδιο παρακολούθησης, τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο παρακολούθησης για τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμων, για κάθε πλοίο για το οποίο είναι υπεύθυνη και διασφαλίζει τη σταθερή εφαρμογή της μεθόδου μετά την επιλογή της. Χρησιμοποιείται η πραγματική κατανάλωση καυσίμου για κάθε ταξίδι, υπολογιζόμενη με μια από τις ακόλουθες μεθόδους:

- A) Δελτία παράδοσης καυσίμου (BDN) και περιοδική απογραφή δεξαμενών καυσίμου
- B) Παρακολούθηση των δεξαμενών καυσίμου στο πλοίο
- Γ) Ροόμετρα για τις εφαρμοστέες διεργασίες καύσης
- Δ) Άμεσες μετρήσεις των εκπομπών CO₂.

Κάθε συνδυασμός των μεθόδων αυτών, ο οποίος εγκρίνεται από τον ελεγκτή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εάν ενισχύει τη συνολική ακρίβεια της μέτρησης.

Παρακάτω θα αναλύσουμε τις τέσσερις μεθόδους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της πραγματικής κατανάλωσης καυσίμου για κάθε περίοδο, όπου ως περίοδος, ορίζεται ο χρόνος μεταξύ δύο προσεγγίσεων ή ο χρόνος παραμονής σε λιμένα, ενώ είναι απολύτως αναγκαίο, να παρακολουθούνται ο τύπος και η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο. Επίσης, η πραγματική πυκνότητα του καυσίμου, εκφράζεται σε kg/λίτρο και προσδιορίζεται στην εφαρμοστέα θερμοκρασία για τη συγκεκριμένη μέτρηση. Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν τιμές πραγματικής πυκνότητας, εφαρμόζεται συντελεστής τυπικής πυκνότητας για τον σχετικό τύπο καυσίμου, μετά από έγκριση του ελεγκτή.

Μέθοδος A: BDN και περιοδική απογραφή δεξαμενών καυσίμου

Η μέθοδος βασίζεται σε συνδυασμό της ποσότητας και του τύπου καυσίμου, όπως ορίζονται στα BDN, με περιοδική απογραφή στις δεξαμενές καυσίμου. Το καύσιμο που καταναλώνεται στη διάρκεια μιας περιόδου, είναι το άθροισμα του διαθέσιμου καυσίμου στην αρχή της περιόδου και των παραδόσεων, από το οποίο αφαιρούνται το διαθέσιμο καύσιμο στο τέλος της περιόδου και οι εκκενώσεις των δεξαμενών μεταξύ της αρχής και του τέλους της περιόδου.

Η μέθοδος αυτή δεν πρέπει να εφαρμόζεται όταν δεν υπάρχουν BDN στο πλοίο, ιδίως όταν χρησιμοποιείται το φορτίο ως καύσιμο, για παράδειγμα απαέρια δεξαμενών υγροποιημένου φυσικού αερίου (ΥΦΑ). Όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα BDN είναι υποχρεωτικά βάσει των ισχυόντων κανονισμών του παραρτήματος VI της διεθνούς σύμβασης MARPOL και πρέπει να φυλάσσονται στο πλοίο για τρία έτη μετά την παράδοση των καυσίμων και βεβαίως να είναι άμεσα διαθέσιμα.

Η περιοδική απογραφή δεξαμενών καυσίμου στο πλοίο βασίζεται σε μετρήσεις στις δεξαμενές. Για τον προσδιορισμό του όγκου κατά τον χρόνο της μέτρησης χρησιμοποιούνται

² Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 601/2012 της Επιτροπής, της 21ης Ιουνίου 2012, για την παρακολούθηση και την υποβολή εκθέσεων σχετικά με τις εκπομπές αέριων θερμοκηπίου κατ' εφαρμογή της οδηγίας 2003/87/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (ΕΕ L 181 της 12.7.2012, σ. 30)

πίνακες κατάλληλοι για κάθε δεξαμενή καυσίμου. Όπως σε κάθε μέτρηση μεγεθών, έτσι και εδώ προκύπτει αβεβαιότητα μέτρησης (στα BDN αλλά και στις δεξαμενές) η οποία πρέπει να προσδιορίζεται στο σχέδιο παρακολούθησης. Οι μετρήσεις στις δεξαμενές εκτελούνται με κατάλληλες μεθόδους, όπως αυτόματα συστήματα, ογκομετρητές και βολίδες και εφόσον η ποσότητα προσδιορίζεται σε μονάδες όγκου (εκφραζόμενη σε λίτρα) θα πρέπει να μετατρέπεται σε μάζα χρησιμοποιώντας τις τιμές πραγματικής πυκνότητας, με βάση είτε τα συστήματα μέτρησης του πλοίου, είτε την πυκνότητα (που μετράται από τον προμηθευτή καυσίμων κατά τον ανεφοδιασμό με καύσιμα) και καταγράφεται στο τιμολόγιο ή στο BDN.

Μέθοδος Β: Παρακολούθηση των δεξαμενών καυσίμου στο πλοίο

Η μέθοδος βασίζεται σε μετρήσεις σε όλες τις δεξαμενές καυσίμου του πλοίου. Οι μετρήσεις στις δεξαμενές εκτελούνται καθημερινά κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, καθώς και σε κάθε πλήρωση ή εκκένωση των δεξαμενών καυσίμου. Το καύσιμο που καταναλώνεται στη διάρκεια μιας περιόδου, είναι οι σωρευτικές μεταβολές της στάθμης των δεξαμενών καυσίμου μεταξύ δύο μετρήσεων. Οι μετρήσεις στις δεξαμενές εκτελούνται με κατάλληλες μεθόδους, όπως αυτόματα συστήματα, ογκομετρητές και βολίδες. Όπως και στην προηγούμενη μέθοδο, έτσι και εδώ προκύπτει αβεβαιότητα μέτρησης (ογκομέτρηση δεξαμενών) η οποία πρέπει να προσδιορίζεται στο σχέδιο παρακολούθησης.

Εάν η ποσότητα ανεφοδιασμού με καύσιμο ή η ποσότητα καυσίμου που απομένει στις δεξαμενές προσδιορίζεται σε μονάδες όγκου (εκφραζόμενη σε λίτρα) η εταιρεία μετατρέπει την ποσότητα αυτή, από όγκο σε μάζα χρησιμοποιώντας τις τιμές πραγματικής πυκνότητας, με βάση είτε τα συστήματα μέτρησης στο πλοίο, είτε την πυκνότητα που μετράται (από τον προμηθευτή καυσίμων κατά τον ανεφοδιασμό με καύσιμα) και καταγράφεται στο τιμολόγιο ή στο BDN, είτε την πυκνότητα που μετράται σε δοκιμή ανάλυσης, που διενεργείται σε διαπιστευμένο εργαστήριο δοκιμής καυσίμων, εφόσον υπάρχει.

Μέθοδος Γ: Όργανα μέτρησης ροής καυσίμου για τις εφαρμοστές διεργασίες καύσης

Η μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση της ροής του καυσίμου πάνω στο πλοίο. Για τον προσδιορισμό της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου στη διάρκεια συγκεκριμένης περιόδου συνδυάζονται τα δεδομένα που έχουν προκύψει από όλα τα όργανα μέτρησης ροής τα οποία είναι συνδεδεμένα με τις σχετικές πηγές εκπομπών CO₂. Οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι βαθμονόμησης και η αβεβαιότητα που συνδέεται με τα χρησιμοποιούμενα όργανα μέτρησης ροής, πρέπει να εξειδικεύονται στο σχέδιο παρακολούθησης.

Εάν η ποσότητα καυσίμου που καταναλώνεται προσδιορίζεται σε μονάδες όγκου (εκφραζόμενη σε λίτρα) η εταιρεία μετατρέπει την ποσότητα αυτή από όγκο σε μάζα χρησιμοποιώντας τις τιμές πραγματικής πυκνότητας, με βάση είτε συστήματα μέτρησης στο πλοίο, είτε την πυκνότητα (που μετράται από τον προμηθευτή καυσίμων κατά τον ανεφοδιασμό με καύσιμα) και καταγράφεται στο τιμολόγιο ή στο BDN.

Μέθοδος Δ: Άμεσες μετρήσεις των εκπομπών CO₂

Εν αντιθέσει με τις προηγούμενες μεθόδους, όπου μετρούσαμε το καταναλωθέν καύσιμο, με αυτή την μέθοδο μετράμε τις εκπομπές CO₂ που προκύπτουν κατόπιν της καύσης του

καυσίμου. Στις εκπομπές CO₂ περιλαμβάνονται οι εκπομπές από τις κύριες και βοηθητικές μηχανές, τους αεριοστρόβιλους, τους λέβητες και τις γεννήτριες αδρανούς αερίου. Στην περίπτωση των πλοίων που χρησιμοποιούν τη παρούσα μέθοδο, θα πρέπει να υπολογιστεί η κατανάλωση καυσίμου με τον εφαρμοστέο συντελεστή εκπομπών των αντίστοιχων καυσίμων.

Η παρούσα μέθοδος βασίζεται στον προσδιορισμό της ροής των εκπομπών CO₂ στα φουγάρα των πλοίων με πολλαπλασιασμό της συγκέντρωσης CO₂ στα καυσαέρια επί τη ροή των καυσαερίων. Οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι βαθμονόμησης και η αβεβαιότητα που συνδέεται με τα χρησιμοποιούμενα όργανα μέτρησης (ροόμετρα) πρέπει να προσδιορίζονται στο σχέδιο παρακολούθησης.

Ανεξάρτητα από ποια μέθοδος υπολογισμού κατανάλωσης καυσίμων και εκπομπών CO₂ χρησιμοποιείται, οι ναυτιλιακές εταιρείες πρέπει να παρακολουθούν και άλλες πληροφορίες, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτούμενες πληροφορίες του σχεδίου παρακολούθησης, ανά έτος και ταξίδι :

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ : Οι προς παρακολούθηση τιμές, προσδιορίζονται με άθροιση των αντίστοιχων δεδομένων που αφορούν κάθε ταξίδι (θα αναλυθούν ακριβώς παρακάτω). Ζητούμενο είναι, να παρακολουθείται η μέση ενεργειακή απόδοση, χρησιμοποιώντας τουλάχιστον τέσσερις δείκτες, οι οποίοι υπολογίζονται ως εξής :

- i. **Κατανάλωση καυσίμου ανά απόσταση, όπου :**

$$\text{κατανάλωση καυσίμου ανά απόσταση} = \frac{\text{συνολική ετήσια κατανάλωση καυσίμου}}{\text{συνολική διανυθείσα απόσταση}}$$
- ii. **Κατανάλωση καυσίμου ανά μεταφορικό έργο, όπου :**

$$\text{κατανάλωση καυσίμου ανά μεταφορικό έργο} = \frac{\text{συνολική ετήσια κατανάλωση καυσίμου}}{\text{συνολικό μεταφορικό έργο}}$$
- iii. **Εκπομπές CO₂ ανά απόσταση, όπου :**

$$\text{εκπομπές CO}_2 \text{ ανά απόσταση} = \frac{\text{συνολικές ετήσιες εκπομπές CO}_2}{\text{συνολική διανυθείσα απόσταση}}$$
- iv. **Εκπομπές CO₂ ανά μεταφορικό έργο, όπου :**

$$\text{εκπομπές CO}_2 \text{ ανά μεταφορικό έργο} = \frac{\text{συνολικές ετήσιες εκπομπές CO}_2}{\text{συνολικό μεταφορικό έργο}}$$

Επιπλέον από αυτά, οι εταιρείες έχουν κατ' επιλογή τους τη δυνατότητα, να συμπεριλαμβάνουν πληροφορίες όσον αφορά την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές CO₂, με διαφοροποίηση βάσει άλλων κριτηρίων που χρησιμοποιούν, τα οποία βεβαίως πρέπει να ορίζονται στο σχέδιο παρακολούθησης.

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΑΝΑ ΤΑΞΙΔΙ: Είναι κατανοητό ότι για τον υπολογισμό των παραπάνω δεικτών, είναι απαραίτητη η παρακολούθηση των μεγεθών : **κατανάλωση καυσίμου, απόσταση, μεταφορικό έργο, εκπομπές CO₂**. Για την αναφορά αυτών για συγκεκριμένη περίοδο, θα πρέπει η παρακολούθηση να γίνεται σε επίπεδο ταξιδιού, με αναλυτική ημερομηνία αναχώρησης και άφιξης σε λιμένα. Η παρακολούθηση αυτών των μεγεθών σε επίπεδο ταξιδιού αναλύεται παρακάτω :

- Για τον καθορισμό της ημερομηνίας και ώρας άφιξης και αναχώρησης, χρησιμοποιείται η ώρα Γκρίνουιτς (GMT). Πρέπει να σημειωθεί ότι ο χρόνος παραμονής στη θάλασσα υπολογίζεται με βάση τα στοιχεία αναχώρησης και άφιξης από και σε λιμένα αντίστοιχα, εξαιρουμένης της διάρκειας αγκυροβόλησης.
- Η διανυθείσα απόσταση, μπορεί να είναι η απόσταση της συντομότερης διαδρομής μεταξύ του λιμένα αναχώρησης και του λιμένα άφιξης ή η πραγματική διανυθείσα απόσταση. Όταν χρησιμοποιείται η απόσταση της συντομότερης διαδρομής, πρέπει να εφαρμόζεται συντηρητικός διορθωτικός συντελεστής, ώστε να μην υποτιμάται σημαντικά η διανυθείσα απόσταση. Στο σχέδιο παρακολούθησης πρέπει να διευκρινίζεται ο χρησιμοποιούμενος υπολογισμός της απόστασης και εάν είναι απαραίτητο, να αναφέρεται ο εφαρμοζόμενος διορθωτικός συντελεστής. Η διανυθείσα απόσταση εκφράζεται σε ναυτικά μίλια.
- Το μεταφορικό έργο, προσδιορίζεται με πολλαπλασιασμό της διανυθείσας απόστασης επί το μεταφερθέν φορτίο. Για την έκφραση του μεταφερθέντος φορτίου:
 - ⊕ στην περίπτωση των επιβατηγών πλοίων, χρησιμοποιείται ο αριθμός επιβατών. Για όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες πλοίων, το μεταφερθέν φορτίο εκφράζεται είτε σε μετρικούς τόνους είτε σε κανονικά κυβικά μέτρα φορτίου, ανάλογα την περίπτωση,
 - ⊕ Για τα πλοία Ro-Ro, το μεταφερόμενο φορτίο προσδιορίζεται ως ο αριθμός των μονάδων φορτίου (φορτηγών, οχημάτων κ.λπ.) ή lane-meters (διαθέσιμων μέτρων γκαράζ για φόρτωση οχημάτων) πολλαπλασιασμένος επί τις προκαθορισμένες τιμές για το βάρος τους. Όταν το φορτίο που μεταφέρεται από πλοία Ro-Ro έχει οριστεί σύμφωνα με το παράρτημα Β της CEN EN 16258 (2012), που καλύπτει την «Μεθοδολογία για τον υπολογισμό και τη δήλωση ενεργειακής κατανάλωσης και εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις μεταφορικές υπηρεσίες (φορτίου και επιβατών)», ο ορισμός αυτός θεωρείται σύμφωνος με τον κανονισμό,
 - ⊕ Για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (Ε/Κ) το μεταφερόμενο φορτίο ορίζεται ως το συνολικό βάρος του φορτίου σε μετρικούς τόνους ή εάν δεν είναι διαθέσιμο αυτό, ο αριθμός των μονάδων TEU (Twenty feet Equivalent Units) πολλαπλασιασμένος επί τις προκαθορισμένες τιμές για το βάρος τους. Όταν το φορτίο που μεταφέρεται, ορίζεται σύμφωνα με τις εφαρμοστέες κατευθυντήριες γραμμές του IMO ή με μέσα προβλεπόμενα στη σύμβαση SOLAS, ο ορισμός αυτός θεωρείται σύμφωνος με τον κανονισμό.
 - ⊕ Ο προσδιορισμός του μεταφερόμενου φορτίου για άλλες κατηγορίες πλοίων (εκτός αυτά που αναφέραμε προηγουμένως) επιτρέπει τον συνυπολογισμό, κατά περίπτωση, του βάρους και του όγκου του μεταφερόμενου φορτίου και του αριθμού των μεταφερομένων επιβατών. Οι κατηγορίες αυτές περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, δεξαμενόπλοια, πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην, πλοία γενικού φορτίου, φορτηγά πλοία ψυγεία, πλοία μεταφοράς οχημάτων και πλοία μεταφοράς συνδυασμένου φορτίου.

Έκθεση εκπομπών

Με έτος έναρξης το 2019 και έως τις 30 Απριλίου κάθε έτους, οι εταιρείες πρέπει να υποβάλλουν στην Επιτροπή και στις αρχές των οικείων κρατών σημαίας, έκθεση (εφόσον έχει

κριθεί ικανοποιητική από ελεγκτή) που να αφορά τις εκπομπές CO₂ και άλλες συναφείς πληροφορίες, σε όλη τη διάρκεια της περιόδου αναφοράς, για κάθε πλοίο ευθύνης τους. Σε περίπτωση αλλαγής εταιρείας, η νέα εταιρεία εξασφαλίζει ότι κάθε πλοίο για το οποίο είναι υπεύθυνη, πληροί τις απαιτήσεις του κανονισμού, σε όλη τη διάρκεια της περιόδου αναφοράς κατά την οποία ανέλαβε την ευθύνη του συγκεκριμένου πλοίου. Η έκθεση εκπομπών πρέπει να συμπεριλαμβάνει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- Στοιχεία ταυτότητας του πλοίου και της εταιρείας, στα οποία περιλαμβάνονται:
 - ⊕ το όνομα του πλοίου,
 - ⊕ τον αριθμό IMO του πλοίου,
 - ⊕ τον λιμένα νηολόγησης ή λιμένα βάσης,
 - ⊕ την κατηγορία πάγου του πλοίου (παγοθραυστικά) εφόσον περιλαμβάνεται στο σχέδιο παρακολούθησης,
 - ⊕ την τεχνική απόδοση του πλοίου (σχεδιαστικός δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας (EEDI) ή εκτιμώμενη τιμή δείκτη (Estimated Index Value/EIV), σύμφωνα με την απόφαση MEPC.215 (63) του IMO),
 - ⊕ το όνομα του πλοιοκτήτη,
 - ⊕ την ταχυδρομική διεύθυνση του πλοιοκτήτη και την κύρια έδρα του,
 - ⊕ την επωνυμία της εταιρείας (εάν δεν ταυτίζεται με τον πλοιοκτήτη),
 - ⊕ την ταχυδρομική διεύθυνση της εταιρείας (εάν δεν ταυτίζεται με τον πλοιοκτήτη) και την έδρα της,
 - ⊕ την ταχυδρομική διεύθυνση, αριθμό τηλεφώνου και διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του αρμοδίου προσώπου επικοινωνίας.
- Την ταυτότητα του ελεγκτή που αξιολόγησε την έκθεση εκπομπών,
- Πληροφορίες σχετικά με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο παρακολούθησης και τον σχετικό βαθμό αβεβαιότητας,
- Τα αποτελέσματα της ετήσιας παρακολούθησης των παραμέτρων.

Γενικές υποχρεώσεις και αρχές που ισχύουν για τους ελεγκτές-verifiers

Όπως έχουμε προαναφέρει, οι ελεγκτές (verifiers) αξιολογούν τα σχέδια παρακολούθησης και τις εκθέσεις εκπομπών. Επιπροσθέτως όμως, συντάσσουν τα έγγραφα επαλήθευσης και συμμόρφωσης προς τον κανονισμό του MRV. Είναι κατανοητό λοιπόν, ότι διαδραματίζουν τον πλέον σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή του MRV και στην λειτουργική του αξιοπιστία. Για το λόγο αυτό, ο ελεγκτής είναι ανεξάρτητος από τη ναυτιλιακή εταιρεία ή τον διαχειριστή του εξεταζόμενου πλοίου και διεξάγει τις δραστηριότητες που απαιτούνται βάσει του κανονισμού MRV, με γνώμονα το δημόσιο συμφέρον. Αναφέρεται ρητώς στον κανονισμό, ότι «...ο ελεγκτής και οποιοδήποτε τμήμα της ίδιας νομικής οντότητας, δεν είναι εταιρεία ούτε διαχειριστής πλοίου, δεν είναι ιδιοκτήτης εταιρείας ούτε ανήκει στην ιδιοκτησία εταιρείας και δεν έχει σχέσεις με την εταιρεία οι οποίες θα μπορούσαν να πλήξουν την ανεξαρτησία και την αμεροληψία του».

Οι ελεγκτές διαπιστεύονται για τις δραστηριότητες που εμπίπτουν στον κανονισμό MRV, από τους εθνικούς οργανισμούς διαπίστευσης και η Επιτροπή έχει την αρμοδιότητα και την εξουσία, να εκδίδει κατ' εξουσιοδότηση πράξεις με σκοπό την περαιτέρω εξειδίκευση των

μεθόδων διαπίστευσης. Ουσιαστικά αναθέτει στους εθνικούς οργανισμούς διαπίστευσης, να λειτουργούν σύμφωνα με τα παρακάτω:

- Διαπίστευση για ναυτιλιακές δραστηριότητες,
- Τρόπος αξιολόγησης των ελεγκτών από τους εθνικούς οργανισμούς διαπίστευσης προκειμένου να χορηγηθεί πιστοποιητικό διαπίστευσης,
- Τρόπος διεξαγωγής της εποπτείας από τους εθνικούς οργανισμούς διαπίστευσης για να επιβεβαιωθεί η συνέχιση της διαπίστευσης,
- Απαιτήσεις για τους εθνικούς οργανισμούς διαπίστευσης προκειμένου να είναι αρμόδιοι για τη διαπίστευση ελεγκτών για ναυτιλιακές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης αναφοράς σε εναρμονισμένα πρότυπα

Όπως έχουμε προαναφέρει, οι ελεγκτές δεν αξιολογούν μόνο το σχέδιο παρακολούθησης και των διαδικασιών παρακολούθησης που εφαρμόζει η εταιρεία, αλλά επαληθεύουν την έκθεση των εκπομπών CO₂, εκτιμώντας την εγκυρότητα, την αξιοπιστία και την ακρίβεια των συστημάτων παρακολούθησης και των αναφερόμενων στην έκθεση δεδομένων και πληροφοριών. Ειδικότερα προβαίνουν σε κρίση σχετικά με:

- Τη μέθοδο καταλογισμού της κατανάλωσης καυσίμων σε ταξίδια,
- Τα αναφερθέντα στοιχεία για την κατανάλωση καυσίμου και των σχετικών μετρήσεων και υπολογισμών,
- Την επιλογή και τη χρήση συντελεστών εκπομπών,
- Τους υπολογισμούς με τους οποίους προσδιορίζονται οι συνολικές εκπομπές CO₂,
- Τους υπολογισμούς με τους οποίους προσδιορίζεται η ενεργειακή απόδοση.

Επίσης, λαμβάνει υπόψη του υποβληθείσες εκθέσεις εκπομπών, μόνο εάν αποτελούνται από έγκυρα και αξιόπιστα δεδομένα, ώστε να προσδιορίζονται οι εκπομπών CO₂ με εύλογο βαθμό βεβαιότητας και εφόσον πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Τα αναφερόμενα δεδομένα είναι συνεπή, με εκτιμήσεις που βασίζονται σε στοιχεία εντοπισμού των κινήσεων και χαρακτηριστικών των πλοίων, όπως π.χ. η εγκατεστημένη ισχύς,
- Τα αναφερόμενα δεδομένα είναι απαλλαγμένα από ανακολουθίες, ιδίως όταν συγκρίνεται ο συνολικός όγκος καυσίμου που προμηθεύεται ετησίως κάθε πλοίο, με τη συγκεντρωτική κατανάλωση καυσίμου κατά τα ταξίδια που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του κανονισμού MRV,
- Κατά τη συλλογή των δεδομένων τηρούνται οι ισχύοντες κανόνες,
- Τα σχετικά βιβλία του πλοίου είναι πλήρη και συνεπή.

Διαδικασίες επαλήθευσης-έκθεση επαλήθευσης

Όπως έχουμε προαναφέρει, ο ελεγκτής εκτιμά τη συμμόρφωση του σχεδίου παρακολούθησης με τις απαιτήσεις του κανονισμού και εφόσον επισημανθούν ελλείψεις συμμόρφωσης, η αντίστοιχη εταιρεία οφείλει άμεσα να αναθεωρήσει το σχέδιό της αναλόγως και να υποβάλλει το αναθεωρημένο σχέδιο προς τελική εκτίμηση από τον ελεγκτή, πριν από την έναρξη της περιόδου αναφοράς. Η αναθεώρηση του σχεδίου, πρέπει να γίνει εντός συγκεκριμένης προθεσμίας που συμφωνείται μεταξύ της εταιρείας και του ελεγκτή και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να εκτείνεται μετά την έναρξη της περιόδου αναφοράς.

Ο ελεγκτής εντοπίζει τους πιθανούς κινδύνους που συνδέονται με τη διαδικασία παρακολούθησης και υποβολής εκθέσεων, συγκρίνοντας τις αναφερόμενες εκπομπές CO₂ με εκτιμήσεις που βασίζονται σε στοιχεία εντοπισμού των κινήσεων και χαρακτηριστικά των πλοίων, όπως η εγκατεστημένη ισχύς. Εφόσον διαπιστώσει σημαντικές αποκλίσεις, διενεργεί διεξοδικότερες αναλύσεις και εντοπίζει τους πιθανούς κινδύνους που συνδέονται με τα διάφορα στάδια των υπολογισμών, εξετάζοντας όλες τις εφαρμοζόμενες πηγές δεδομένων και μεθοδολογίες. Επίσης, λαμβάνει υπόψη κάθε αποτελεσματική μέθοδο ελέγχου των κινδύνων που εφαρμόζει η εταιρεία, για τη μείωση του βαθμού αβεβαιότητας, σε συνάρτηση με την ακρίβεια των χρησιμοποιούμενων μεθόδων παρακολούθησης.

Σε αυτή την κατεύθυνση, η εταιρεία παρέχει στον ελεγκτή κάθε συμπληρωματική πληροφορία που θα του επιτρέψει να διεκπεραιώσει τις επαληθευτικές διαδικασίες. Κατά την επαληθευτική διαδικασία ο ελεγκτής έχει τη δυνατότητα να διενεργήσει δειγματοληπτικούς ελέγχους για να διαπιστώσει την αξιοπιστία των αναφερόμενων δεδομένων και πληροφοριών.

Εφόσον οι εκπομπές CO₂ και οι υπόλοιπες συναφείς πληροφορίες που περιλαμβάνονται στην έκθεση εκπομπών, έχουν προσδιοριστεί επαρκώς στο σχέδιο παρακολούθησης και η εκτίμηση του ελεγκτή, είναι ότι υπάρχει συμμόρφωση της έκθεσης εκπομπών με τις απαιτήσεις, τότε εκδίδεται από τον ελεγκτή έκθεση επαλήθευσης, στην οποία δηλώνει ότι η έκθεση εκπομπών επαληθεύθηκε και κρίθηκε ικανοποιητική.

Σε αντίθετη περίπτωση (δηλαδή αν η εκτίμηση επαλήθευσης καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η έκθεση εκπομπών περιλαμβάνει ανακρίβειες ή ελλείψεις συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις του κανονισμού) ο ελεγκτής ενημερώνει άμεσα την εταιρεία, ώστε να προβεί σε διόρθωση τυχόν ανακρίβειών ή ελλείψεων συμμόρφωσης και να καταστεί δυνατή η έγκαιρη ολοκλήρωση της επαληθευτικής διαδικασίας.

Η αναθεωρημένη έκθεση εκπομπών και κάθε άλλη αναγκαία πληροφορία, υποβάλλεται εκ νέου στον ελεγκτή, για να διαπιστωθεί η διόρθωση των ελλείψεων συμμόρφωσης που επισημάνθηκαν. Σε κάθε περίπτωση ο ελεγκτής εκδίδει έκθεση επαλήθευσης, όπου αν οι ανακρίβειες ή οι ελλείψεις συμμόρφωσης που επισημάνθηκαν κατά την εκτίμηση επαλήθευσης:

- Διορθώθηκαν από την εταιρεία, τότε αναφέρεται στην έκθεση επαλήθευσης,
- Δεν έχουν διορθωθεί και μεμονωμένα ή σωρευτικά, οδηγούν σε ουσιαστικές ανακρίβειες, ο ελεγκτής αναφέρει στην έκθεση επαλήθευσης ότι η έκθεση εκπομπών δεν είναι σύμφωνη με τις απαιτήσεις του κανονισμού.

Έγγραφο συμμόρφωσης

Εφόσον η έκθεση εκπομπών, πληροί τις απαιτήσεις του κανονισμού, ο ελεγκτής εκδίδει έγγραφο συμμόρφωσης για το σχετικό πλοίο, βασιζόμενος στην έκθεση εκπομπών. Το έγγραφο συμμόρφωσης περιλαμβάνει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- i) Ταυτότητα του πλοίου (όνομα, αριθμός IMO και λιμένας νηολόγησης ή βάσης),
- ii) Όνομα και διεύθυνση του πλοιοκτήτη και κύρια έδρα των επιχειρήσεών του,
- iii) Ταυτότητα του ελεγκτή,

- iv) Ημερομηνία έκδοσης του εγγράφου συμμόρφωσης, διάρκεια ισχύος του και περίοδος αναφοράς την οποία καλύπτει.

Τα έγγραφα συμμόρφωσης θεωρούνται έγκυρα έγγραφα, για περίοδο 18 μηνών μετά τη λήξη της περιόδου αναφοράς και ο ελεγκτής, ενημερώνει αμέσως την Επιτροπή και την αρχή του κράτους σημαίας, σχετικά με την έκδοση εγγράφων συμμόρφωσης, διαβιβάζοντας τις απαραίτητες πληροφορίες (i, ii, iii, iv παραπάνω). Εάν λήξει η περίοδος αναφοράς και πλοία που διαθέτουν έγκυρο έγγραφο συμμόρφωσης, εξακολουθούν να εμπίπτουν στον κανονισμό, τότε έχουν υποχρέωση εφοδιασμού με νεότερο έγκυρο έγγραφο συμμόρφωσης, ως την 30ή Ιουνίου του έτους που ακολουθεί τη λήξη περιόδου αναφοράς.

Είναι δεδομένο, ότι κάθε κράτος μέλος λαμβάνει τα αναγκαία μέτρα για να διασφαλίσει τη συμμόρφωση των πλοίων που φέρουν τη σημαία του. Γι' αυτό το λόγο, σε κάθε επιθεώρηση πλοίου σε λιμένα της δικαιοδοσίας του, έχει τη δυνατότητα να ελέγξει την εγκυρότητα του εγγράφου συμμόρφωσης του πλοίου, ως απόδειξη συμμόρφωσης. Η ίδια περίπτωση (έλεγχος εγκυρότητας εγγράφου συμμόρφωσης) ισχύει σε περίπτωση που δεν είναι δημοσιοποιημένες και διαθέσιμες οι ημερομηνίες έκδοσης και λήξης του εγγράφου συμμόρφωσης, καθώς και η ταυτότητα του ελεγκτή που αξιολόγησε την έκθεση εκπομπών, κατά τον χρόνο όπου αυτό εισέρχεται σε λιμένα ο οποίος υπάγεται στη δικαιοδοσία κράτους μέλους.

Κυρώσεις, ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ κρατών-μελών

Για την αυστηρή τήρηση των ανωτέρω, τα κράτη μέλη έχουν θεσπίσει σύστημα κυρώσεων, σε περίπτωση αδυναμίας συμμόρφωσης με τις υποχρεώσεις παρακολούθησης και υποβολής εκθέσεων και λαμβάνουν κάθε αναγκαίο μέτρο για τη διασφάλιση της επιβολής των κυρώσεων αυτών.

Στην περίπτωση των πλοίων που δεν συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις παρακολούθησης και υποβολής εκθέσεων, για δύο ή περισσότερες διαδοχικές περιόδους αναφοράς και όταν δεν έχει επιτευχθεί συμμόρφωση με τη λήψη άλλων μέτρων επιβολής, η αρμόδια αρχή του κράτους μέλους του λιμένα εισόδου, μπορεί να εκδώσει διαταγή εκδίωξης η οποία κοινοποιείται άμεσα στην Επιτροπή, στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό για την Ασφάλεια στην Θάλασσα, ΕΟΑΘ (European Maritime Safety Agency, EMSA) στα λοιπά κράτη μέλη και στο οικείο κράτος σημαίας. Η έκδοση διαταγής εκδίωξης, συνεπάγεται ότι όλα τα κράτη μέλη απαγορεύουν την είσοδο του εν λόγω πλοίου σε οποιοδήποτε λιμένα τους, μέχρις ότου η εταιρεία εκπληρώσει τις υποχρεώσεις παρακολούθησης και υποβολής εκθέσεων.

Η εκπλήρωση των εν λόγω υποχρεώσεων, επιβεβαιώνεται με την κοινοποίηση έγκυρου εγγράφου συμμόρφωσης στην αρμόδια εθνική αρχή η οποία εξέδωσε τη διαταγή εκδίωξης. Εξαιρέση αποτελούν διεθνείς ναυτιλιακοί κανόνες που ισχύουν για τα πλοία σε κατάσταση κινδύνου. Βεβαίως για λόγους ισονομίας, ο πλοιοκτήτης ή ο διαχειριστής ή ο αντιπρόσωπος του πλοίου στο κράτος μέλος, έχει δικαίωμα δικαστικής προσφυγής κατά της διαταγής εκδίωξης.

Δημοσίευση πληροφοριών και έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής

Έως την 30ή Ιουνίου κάθε έτους, η Επιτροπή ως αποτέλεσμα όλου του συστήματος που περιγράψαμε, δημοσιοποιεί τις πληροφορίες σχετικά με εκπομπές CO₂ που δηλώνονται από τις ναυτιλιακές εταιρείες, περιλαμβάνοντας τα ακόλουθα :

- Ταυτότητα του πλοίου (όνομα, αριθμός IMO, λιμένας νηολόγησης ή λιμένας βάσης),
- Τεχνική απόδοση του πλοίου (EEDI ή EIV, κατά περίπτωση),
- Ετήσιες εκπομπές CO₂,
- Συνολική ετήσια κατανάλωση καυσίμου κατά τη διάρκεια των ταξιδιών,
- Μέση ετήσια κατανάλωση καυσίμου και εκπομπές CO₂ ανά διανυθείσα απόσταση,
- Μέση ετήσια κατανάλωση καυσίμου και εκπομπές CO₂ ανά διανυθείσα απόσταση και μεταφερθέν φορτίο,
- Συνολικό ετήσιο χρόνο παραμονής στη θάλασσα,
- Εφαρμοζόμενη μέθοδο παρακολούθησης,
- Ημερομηνία έκδοσης και ημερομηνία λήξης του εγγράφου συμμόρφωσης,
- Ταυτότητα του ελεγκτή που αξιολόγησε την έκθεση εκπομπών,
- Κάθε άλλη πληροφορία η οποία μπορεί να υπάγεται σε παρακολούθηση και αναφορά σε οικειοθελή βάση.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι εάν λόγω ειδικών συνθηκών, η δημοσιοποίηση κάποιας κατηγορίας από τα παραπάνω συγκεντρωτικά δεδομένα (τα οποία όμως δεν πρέπει να αφορούν εκπομπές CO₂) μπορούν κατ' εξαίρεση να υπονομεύσουν την προστασία εμπορικού συμφέροντος της ναυτιλιακής εταιρείας (το οποίο πρέπει να προστατευθεί ως νόμιμο οικονομικό συμφέρον, υπερισχύον έναντι του δημοσίου συμφέροντος το οποίο εξυπηρετεί η δημοσιοποίηση σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1367/2006 του Ε.Κ. και του Συμβουλίου³) εφαρμόζεται διαφορετικό επίπεδο συγκέντρωσης των συγκεκριμένων δεδομένων, κατόπιν αιτήματος της εταιρείας. Αν η εφαρμογή διαφορετικού επιπέδου συγκέντρωσης είναι αδύνατη, η Επιτροπή δεν δημοσιοποιεί τα εν λόγω δεδομένα.

Συμπληρωματικά των ανωτέρω πληροφοριών, η Επιτροπή θα δημοσιεύει ετήσια έκθεση σχετικά με τις εκπομπές CO₂ και τις άλλες συναφείς πληροφορίες για τον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών, συμπεριλαμβανομένων συγκεντρωτικών και επεξηγηματικών αποτελεσμάτων. Ο σκοπός της ετήσιας έκθεσης, είναι η ενημέρωση του κοινού και η δυνατότητα αξιολόγησης των εκπομπών CO₂ και της ενεργειακής απόδοσης των θαλάσσιων μεταφορών ανά μέγεθος, τύπο πλοίου, δραστηριότητα ή άλλη κατηγορία που θεωρείται συναφής. Επίσης, έχει δεσμευτεί να αξιολογεί ανά διετία το συνολικό αντίκτυπο του τομέα των θαλάσσιων μεταφορών στο παγκόσμιο κλίμα, μεταξύ άλλων μέσω εκπομπών ρύπων ή αποτελεσμάτων που δεν έχουν σχέση με το CO₂.

³ Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1367/2006 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 6ης Σεπτεμβρίου 2006, για την εφαρμογή στα όργανα και τους οργανισμούς της Κοινότητας των διατάξεων της σύμβασης του Århus σχετικά με την πρόσβαση στις πληροφορίες, τη συμμετοχή του κοινού στη λήψη αποφάσεων και την πρόσβαση στη δικαιοσύνη για περιβαλλοντικά θέματα (ΕΕ L 264 της 25.9.2006, σ. 13).

Διεθνής συνεργασία

Η Επιτροπή ενημερώνει τακτικά τον IMO και άλλους σχετικούς διεθνείς οργανισμούς, σχετικά με την εφαρμογή του κανονισμού, με την επιφύλαξη της κατανομής των αρμοδιοτήτων ή των διαδικασιών λήψης αποφάσεων που προβλέπουν οι Συνθήκες. Επίσης, η Επιτροπή και κατά περίπτωση τα κράτη μέλη, ανταλλάσσουν τεχνικές πληροφορίες με τρίτες χώρες, όσον αφορά την περαιτέρω εξέλιξη των μεθόδων παρακολούθησης, την οργάνωση της υποβολής εκθέσεων και την επαλήθευση των εκθέσεων εκπομπών.

Σε περίπτωση που επιτευχθεί διεθνής συμφωνία σχετικά με παγκόσμιο σύστημα παρακολούθησης, υποβολής εκθέσεων και επαλήθευσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου ή σχετικά με παγκόσμια μέτρα για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τις θαλάσσιες μεταφορές, η Επιτροπή έχει δεσμευτεί ότι θα επανεξετάσει τον κανονισμό MRV και εάν το κρίνει σκόπιμο, θα προτείνει σχετικές τροποποιήσεις, προκειμένου να ευθυγραμμισθεί με την εν λόγω διεθνή συμφωνία.

Ανακεφαλαίωση

Κύριος στόχος του κανονισμού, είναι η θέσπιση ευρωπαϊκού συστήματος MRV για τις εκπομπές CO₂ από τα πλοία, ως πρώτο βήμα μιας κλιμακωτής προσέγγισης για τη μείωση των εκπομπών αυτών. Προκειμένου να περιοριστούν οι διοικητικές δαπάνες και ταυτόχρονα να εξασφαλιστούν αξιόπιστα αποτελέσματα, προτάθηκαν σχετικά απλές απαιτήσεις που στόχο είχαν τη μέγιστη αξιοποίηση των ήδη διαθέσιμων δεδομένων επί του πλοίου. Τα βασικά χαρακτηριστικά του προτεινόμενου συστήματος, είναι:

- Επικέντρωση στο CO₂ ως κυρίαρχο αέριο στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τα πλοία, καθώς και σε άλλες συναφείς με το κλίμα πληροφορίες, όπως εκείνες που αφορούν την ενεργειακή απόδοση.
- Υπολογισμός των ετήσιων εκπομπών CO₂ με βάση την κατανάλωση καυσίμου, το είδος καυσίμου και την ενεργειακή απόδοση, με τη χρήση διαθέσιμων δεδομένων από το πλοίο
- Η ενεργειακή απόδοση των πλοίων, εκφράζεται μέσω διαφορετικών δεικτών και από σχετιζόμενες πληροφορίες
(διανυθείσα απόσταση, μεταφερόμενο φορτίο, χρόνος στην θάλασσα)
- Εξαίρεση των μικρών πηγών εκπομπών, δηλαδή πλοίων ολικής χωρητικότητας κάτω των 5000GT. (Αντιπροσωπεύουν περίπου το 40% του στόλου, ευθύνονται μόνο για το 10 % των εκπομπών)
- Ταξίδια πλοίων εντός ευρωπαϊκών λιμένων και συγκεκριμένα:
 - ⊕ Ταξίδια από και προς λιμένα της ΕΕ
 - ⊕ Ταξίδια από τον τελευταίο λιμένα εκτός ΕΕ προς τον πρώτο λιμένα κατάπλου εντός ΕΕ (πλόες εισόδου)
 - ⊕ Ταξίδια από λιμένα της ΕΕ προς τον επόμενο λιμένα εκτός ΕΕ (πλόες εξόδου)
- Υποχρέωση υποβολής στο σύστημα, ανεξάρτητα από την σημαία του πλοίου
- Τέσσερις εναλλακτικές μέθοδοι για την συλλογή δεδομένων με χρήση υφιστάμενων δομών και εργαλείων:
 - ⊕ Σημειώματα Κατανάλωσης Καυσίμων (Bunker delivery Notes)
 - ⊕ Ροόμετρα καυσίμου (fuel flow meters) για τις κύριες και τις βοηθητικές μηχανές

- ⊕ Καταμέτρηση των δεξαμενών καυσίμου (*fuel tank sounding*)
- ⊕ Απευθείας μέτρηση εκπομπών
- Χρήση υφιστάμενων δομών και φορέων του ναυτιλιακού κλάδου, ειδικότερα αναγνωρισμένων οργανισμών, για την πιστοποίηση των εκθέσεων εκπομπών και την έκδοση των εγγράφων συμμόρφωσης
- Χρονοδιάγραμμα εφαρμογής:
 - ⊕ Η νομική αποδοχή από τα κράτη μέλη, έγινε εντός του 2015
 - ⊕ Διαπίστευση των εγκεκριμένων φορέων πιστοποίησης ως το μέσο του 2017 και πιστοποίηση των σχεδίων επίβλεψης κάθε πλοίου μέχρι το τέλος του 2017
 - ⊕ Έναρξη επίβλεψης : 1η Ιανουαρίου 2018

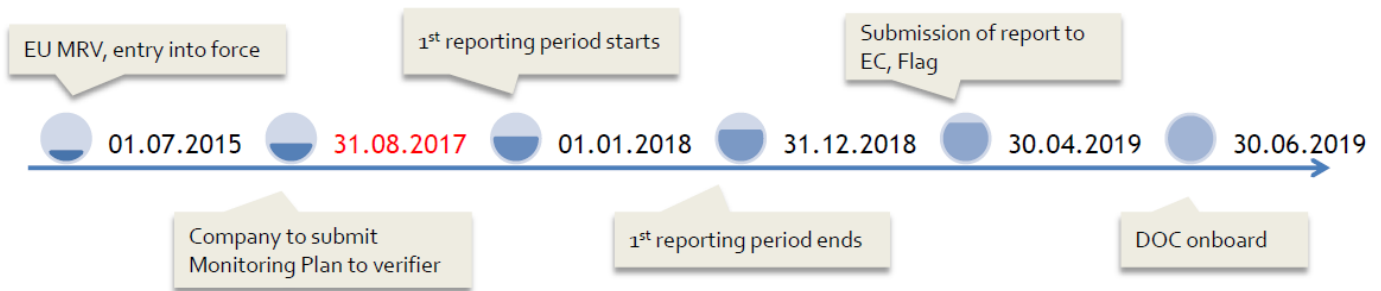
Σε σχέση με το πρώτο βασικό χαρακτηριστικό που αναφέραμε (την επικέντρωση στο το CO₂) είναι σημαντικό να αναφέρουμε, ότι το σύστημα MRV θα μπορούσε να καλύπτει τις εκπομπές και άλλων αερίων θερμοκηπίου και παραγόντων κλιματικής επιδείνωσης και ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως είναι τα SO_x και NO_x. Είναι κατανοητό, ότι η ολοκληρωμένη αυτή προσέγγιση, μπορεί να αποφέρει ένα ευρύ φάσμα κατάλληλων περιβαλλοντικών πληροφοριών, αξιοποιώντας τις προς όφελος του ναυτιλιακού κλάδου και των δημοσίων αρχών. Ωστόσο, η προτεινόμενη προσέγγιση MRV, βασίστηκε σε διαθέσιμα έγγραφα και εξοπλισμό πάνω στα πλοία και δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση άλλων εκπομπών πλην του CO₂. Επιπλέον, δεν θεωρήθηκε ο εξοπλισμός μετρήσεων (που απαιτείται για άλλες εκπομπές πλην του CO₂) ότι είναι επαρκώς αξιόπιστος και διαθέσιμος στο εμπόριο για χρήση στη θάλασσα. Συνεπώς, το προτεινόμενο σύστημα MRV κρίθηκε ότι θα έπρεπε επί του παρόντος να εφαρμοστεί μόνο στις εκπομπές CO₂, με πρόβλεψη για επανεξέτασή του πεδίου εφαρμογής σε μεταγενέστερο στάδιο.

Η συμμόρφωση με τον νέο κανονισμό, αποφασίστηκε ότι θα βασίζεται σε μια τυπική, απλή προσέγγιση, ώστε να ανατεθεί περιορισμένος αριθμός καθηκόντων στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, την οποία επικουρεί ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια στην Θάλασσα (European Maritime Safety Agency, EMSA). Θεσπίστηκαν αναγνωρισμένου κύρους αρχές πιστοποίησης (ελεγκτές-verifiers) οι οποίες ασκούν καθήκοντα σχετικά με τον έλεγχο των σχεδίων παρακολούθησης, τις εκθέσεις εκπομπών, την επικοινωνία με τους πλοιοκτήτες και τους φορείς εκμετάλλευσης, καθώς και την έκδοση εγγράφων συμμόρφωσης.

Είναι αυτονόητο ότι οι φορείς αυτοί θα πρέπει να διαθέτουν μεγάλη πείρα, διότι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ορθή λειτουργία του συστήματος. Η εκπλήρωση των υποχρεώσεων που απορρέουν από το MRV, προβλέπεται ότι διασφαλίζεται από τα κράτη μέλη (Λιμενικές Αρχές) με τη χρήση των υφιστάμενων μηχανισμών ελέγχου που προβλέπονται από την Σημαία του πλοίου του κάθε κράτους, καθώς και των Κοινοτικών Κανονισμών.

Για την διευκόλυνση και την σωστή εφαρμογή του συστήματος MRV, προβλέφθηκε η διαρκής αναθεώρηση των βασικών εργαλείων του συστήματος (μέθοδοι μέτρησης) με βάση την τεχνολογική εξέλιξη αλλά και τις μεταβαλλόμενες συνθήκες της ναυτιλίας.

Τα στάδια εφαρμογής του κανονισμού MRV εξηγούνται στο επόμενο σχήμα:



Εικόνα 4.1 Στάδια εφαρμογής του κανονισμού MRV

4.5 Διεθνές σύστημα MRV (IMO, MEPC-70)

Στην 70^η συνεδρίαση (28/10/2016) της επιτροπής MEPC του IMO, εγκρίθηκε το «σύστημα υποχρεωτικής συλλογής δεδομένων για κατανάλωση πετρελαίου», με προσθήκη του κανονισμού 22Α στο παράρτημα VI της σύμβασης MARPOL. Ο κανονισμός (Μοσχόπουλος, 2016) προβλέπει, ότι από το έτος 2019, κάθε πλοίο άνω των 5000 GT, πρέπει να συλλέγει και να αναφέρει δεδομένα κατανάλωσης πετρελαϊκών καυσίμων, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιλαμβάνεται στο SEEMP. Σύμφωνα με το νέο κανονισμό λοιπόν, τα πλοία 5000 GT και άνω θα πρέπει να διαθέτουν SEEMP, βάση του οποίου θα καταγράφονται και θα υπολογίζονται οι εκπομπές CO₂ από την κατανάλωση καυσίμων σε κάθε ταξίδι του, στον δείκτη ΕΕΟΙ (Energy Efficiency Operational Indicator). Ο SEEMP, θα πρέπει πλέον να περιλαμβάνει περιγραφή της μεθοδολογίας και διαδικασίας που θα χρησιμοποιείται, για τη συλλογή και αναφορά των δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά, είναι :

- Ταυτότητα του πλοίου
 - ⊕ Αριθμός IMO
- Περίοδος ημερολογιακού έτους των δεδομένων
 - ⊕ Ημερομηνία έναρξης (ηη/μμ/ εεεε)
 - ⊕ Ημερομηνία λήξης (ηη/μμ/εεεε)
- Τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου
 - ⊕ Τύπος πλοίου
 - ⊕ Ολική χωρητικότητα (GT)
 - ⊕ Καθαρή χωρητικότητα (NT)
 - ⊕ Χωρητικότητα άνευ φορτίου (DWT)
 - ⊕ Έξοδος ισχύος (ονομαστική ισχύς κύριων και βοηθητικών μηχανών άνω των 130 kW)
 - ⊕ EEDI (εφόσον είναι διαθέσιμο)
 - ⊕ Κλάση πάγου
- Κατανάλωση πετρελαίου (ανά τύπο) σε μετρικούς τόνους και χρησιμοποιούμενοι μέθοδοι για τη συλλογή δεδομένων κατανάλωσης
- Απόσταση που διανύθηκε
- Διάρκεια ταξιδιού

Τα αναφερόμενα στοιχεία, πρέπει να υποβάλλονται συγκεντρωτικά, κάθε τέλος έτους-περιόδου, στις αρχές του κράτους-σημαίας του πλοίου, με ηλεκτρονικό τυποποιημένο τρόπο. Αν και η υποβολή είναι συγκεντρωτική, ο κανονισμός προβλέπει ότι τα αναλυτικά δεδομένα που συνιστούν τα συγκεντρωτικά, πρέπει να είναι διαθέσιμα στις Αρχές, εφόσον ζητηθούν, για περίοδο τουλάχιστον ενός έτους, μετά το τέλος της περιόδου.

Μετά τη λήψη των αναφερόμενων στοιχείων, η αρχή του κράτους-σημαίας του πλοίου ή οποιοσδήποτε εξουσιοδοτημένος από αυτήν φορέας, πιστοποιεί εάν τα δεδομένα έχουν αναφερθεί σύμφωνα με τον κανονισμό και, εάν ναι, εκδίδει δήλωση συμμόρφωσης σχετικά με την κατανάλωση καυσίμου πετρελαίου στο πλοίο. Αυτή η δήλωση πρέπει να έχει πραγματοποιηθεί μέσα στους πέντε πρώτους μήνες από την αρχή κάθε ημερολογιακού έτους-περιόδου. Οι αρχές, των κρατών σημαίας υποχρεούνται να μεταφέρουν τα δεδομένα αυτά, σε ειδική βάση δεδομένων του IMO για την κατανάλωση καυσίμων των πλοίων, ώστε να μπορεί ο IMO να καταρτίζει ετήσια έκθεση στην επιτροπή MEPC, συνοψίζοντας τα δεδομένα που συλλέχθηκαν.

Το σύστημα MRV του IMO έρχεται να προστεθεί στο ήδη υπάρχον EU MRV και καθώς τα δύο αυτά προγράμματα έχουν πολλά κοινά στοιχεία, διαφαίνεται ότι τελικά θα συνδυαστούν σε ένα. Μέχρι όμως να αποφασιστεί αυτό, θα υπάρξει ένα διάστημα που αυτά τα δύο συστήματα θα λειτουργούν παράλληλα, με το παράδοξο, να εφαρμόζονται στην ναυτιλία δύο ξεχωριστά συστήματα συγκέντρωσης και αναφοράς ίδιου τύπου δεδομένων.

Οι μέθοδοι του IMO έχουν κάποια κοινά στοιχεία με εκείνη του EU MRV αλλά και σημαντικές διαφορές. Μια από τις βασικές διαφορές είναι, πως η επαλήθευση των στοιχείων γίνεται από ανεξάρτητους διαπιστευμένους ελεγκτές για το EU MRV, ενώ για τον IMO γίνεται από την Σημαία (Flag state) μέσω αναγνωρισμένων οργανισμών (Κλάση). Για την απλούστευση της παρακολούθησης και της επαλήθευσης είναι προτιμότερο και οικονομικότερο για τις εταιρείες η συνεργασία με έναν αναγνωρισμένο οργανισμό (Κλάση) ο οποίος θα είναι και ανεξάρτητος διαπιστευμένος ελεγκτής (για το EU MRV) με σκοπό να υπάρχει ένας συνεργαζόμενος φορέας και για τις δύο απαιτήσεις. Η νομοθεσία για τον IMO περιλαμβάνεται στο κεφάλαιο 4 της MARPOL παράρτημα VI Reg 22A.

Οι διαφορές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 4.1 :

Πίνακας 4.1 : Διαφορές EU MRV και πρότασης IMO

	EU MRV	Πρόταση IMO
Παρακολούθηση	<ul style="list-style-type: none"> Πλοία 5000 GT και άνω που πραγματοποιούν ταξίδια από ή/και προς λιμένες της ΕΕ Έναρξη παρακολούθησης 01/01/2018 	<ul style="list-style-type: none"> Ταξίδια πλοίων 5000GT και άνω Τροποποίηση δείκτη SEEMP Έναρξη παρακολούθησης 01/01/2019
1^η περίοδος αναφοράς	2018	2019
Εξαιρέσεις	Πολεμικά πλοία, πλοία ναυτικής βοήθειας, αλιευτικά σκάφη και πλοία επεξεργασίας αλιευμάτων, ξύλινα πλοία πρωτόγονης κατασκευής, σκάφη χωρίς μηχανική πρόωση, πλοία δημόσιων αρχών που χρησιμοποιούνται για μη εμπορικούς σκοπούς	Δεν έχουν δοθεί ακόμα
Παράμετροι καταγραφής	<ul style="list-style-type: none"> Κατανάλωση καυσίμου και CO₂ Φορτίο (ποσότητα) Απόσταση που διανύθηκε Διάρκεια 	<ul style="list-style-type: none"> Κατανάλωση καυσίμου και CO₂ Χωρητικότητα άνευ φορτίου Απόσταση που διανύθηκε Διάρκεια
Αναφορά	<ul style="list-style-type: none"> Κατανάλωση καυσίμου (λιμάνι/θάλασσα) Μεταφορικό έργο (σύμφωνα με το φορτίο και τον τύπο του πλοίου) Απόσταση που διανύθηκε Διάρκεια 	<ul style="list-style-type: none"> Κατανάλωση καυσίμου Απόσταση που διανύθηκε Διάρκεια
Επαλήθευση	Ανεξάρτητοι διαπιστευμένοι ελεγκτές	Σημαίες/αναγνωρισμένοι οργανισμοί (σε εξέλιξη)
Αναφορά προς	Ευρωπαϊκή Επιτροπή	Σημαία
Πιστοποίηση	Έγγραφο Συμμόρφωσης	Δήλωση Συμμόρφωσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα επικεντρωθούμε στον υπολογισμό των εκπομπών αέριων ρύπων σε επιβατικά πλοία, που δραστηριοποιούνται στη δρομολογιακή γραμμή της Κρήτης⁴ για τα έτη 2016 και 2017. Θα αναλύσουμε τον τρόπο υπολογισμού, σύμφωνα με τη συνήθη μεθοδολογία MRV που χρησιμοποιούν οι ναυτιλιακές εταιρείες (fuel based) αλλά και τον λεπτομερή τρόπο υπολογισμού “από τη βάση προς την κορυφή, bottom-up” (ή activity based - βάσει δραστηριοτήτων) που αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ώστε τελικά να κάνουμε σύγκριση μεταξύ των δύο μεθοδολογιών.

⁴ Ταξίδια από και προς το λιμάνι του Πειραιά, για Σούδα Χανίων και Ηράκλειο Κρήτης

5.1 Υπολογισμός ρύπων με βάση τη μεθοδολογία για το MRV

Όπως αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο κανονισμός MRV επιτρέπει στις ναυτιλιακές εταιρείες να επιλέξουν μεταξύ τεσσάρων μεθόδων επίβλεψης της κατανάλωσης καυσίμου. Κάθε μέθοδος από αυτές, έχει διαφορετικό οικονομικό κόστος εφαρμογής, το οποίο διακρίνεται σε κόστος αρχικής επένδυσης – εγκατάστασης, αλλά και λειτουργίας. Η εναρμόνιση με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις του κανονισμού, καθώς και η πιστοποίηση συμμόρφωσης, είναι πιθανές πηγές κόστους. Σύμφωνα με αυτά, οι ναυτιλιακές εταιρείες συχνά επιλέγουν με μόνο γνώμονα το κόστος και ειδικά το κόστος αρχικής εγκατάστασης, το οποίο είναι αυτό που διακρίνεται αμέσως με την εφαρμογή του κανονισμού. Παρακάτω θα αιτιολογήσουμε, ότι ενδεχομένως αυτή να είναι μια εσφαλμένη απόφαση, τόσο από πλευράς κόστους, όσο και από πλευράς ακρίβειας και αρτιότερης εφαρμογής του κανονισμού.

Ανάλογα με την επιλεγείσα μέθοδο, εξαρτάται η ακρίβεια της καταγραφής, καθώς επίσης ποικίλουν και τα πρόσθετα κόστη από την εφαρμογή της. Η απόφαση για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, δεν θα πρέπει να λάβει υπόψη της μόνο το σύνολο αρχικής επένδυσης, αλλά να συνυπολογίσει και το επιπρόσθετο λειτουργικό κόστος, καθώς υπάρχουν εξελιγμένες τεχνολογικά μέθοδοι επίβλεψης, οι οποίες συνδέονται με σχετικά μεγάλα κόστη αρχικής επένδυσης, με πλεονέκτημα όμως μικρότερα λειτουργικά κόστη. Αντιθέτως, σε μια μέθοδο (BDN/stocktakes-πρώτη μέθοδος) που χαρακτηρίζεται ως χαμηλού αρχικού κόστους, διότι δεν απαιτείται κάποια επιπρόσθετη εγκατάσταση εξοπλισμού, η απαιτούμενη αύξηση της συχνότητας λήψης των μετρήσεων (ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού) μπορεί να προκαλέσει αύξηση του λειτουργικού κόστους, το οποίο γίνεται ακόμα υψηλότερο, αν οι μετρήσεις ληφθούν χειροκίνητα. Επιπροσθέτως, η τακτοποίηση των δεδομένων στη μορφή που τα απαιτεί ο κανονισμός, δηλαδή η συστηματοποίηση της αναφοράς δεδομένων, θα δημιουργήσει και αυτή με την σειρά της επιπλέον διαχειριστικά κόστη. Ακόμα δηλαδή και σε αυτήν την περίπτωση, η εναρμόνιση με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις του κανονισμού και η πιστοποίηση συμμόρφωσης είναι πιθανές πηγές κόστους.

Στην περίπτωση επιλογής της δεύτερης μεθόδου, δηλαδή στην μέτρηση των δεξαμενών καυσίμου του πλοίου με μη χειροκίνητες μεθόδους, παρουσιάζονται αρκετές ομοιότητες με τα κόστη που εμφανίζονται και με την πρώτη μέθοδο, παρουσιάζει όμως επιπρόσθετα κόστη αρχικής επένδυσης. Το γεγονός όμως της μη χρήσης ανθρώπινων πόρων για τις μετρήσεις, αλλά και η πιθανή ψηφιακή καταγραφή και επεξεργασία των μετρήσεων, εκτιμάται ότι μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική μείωση του συνολικού κόστους (λόγω χαμηλότερου λειτουργικού κόστους) σε σχέση με την πρώτη μέθοδο.

Η χρήση ροόμετρων στην τρίτη μέθοδο, παρέχει βεβαίως το πλεονέκτημα της απευθείας και με μεγάλη ακρίβεια μέτρησης της κατανάλωσης καυσίμου σε κάθε πηγή εκπομπών (για τους σκοπούς του κανονισμού) με ανεξάρτηση από τις μετρήσεις των δεξαμενών. Επίσης, δεδομένου ότι η λύση αυτή είναι αυτοματοποιημένη, η επίβλεψη και η αναφορά, αλλά και τα κόστη πιστοποίησης, μπορούμε να εκτιμήσουμε ότι θα είναι χαμηλότερα. Τέλος, σε ότι αφορά την απευθείας μέτρηση των εκπομπών, ο απόλυτα αυτοματοποιημένος χαρακτήρας της μεθόδου αλλά και η υψηλή ακρίβειά της, μπορεί να μειώσει τα διαχειριστικά κόστη που προκύπτουν από την επίβλεψη, την μέτρηση και την αναφορά στο ελάχιστο δυνατό.

Παρακάτω θα παραθέσουμε πληροφορίες, που μπορούν να αποτελέσουν το πλάνο MRV μιας ναυτιλιακής εταιρείας. Οι επιλογές που έχουν γίνει, βασίζονται στην κοινή πρακτική, με γνώμονα την ευκολία και την ταχύτητα εφαρμογής των απαιτήσεων του κανονισμού. Η επιλεγείσα μεθοδολογία, είναι αυτή που φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.1 : Μέθοδος καταγραφής κατανάλωσης καυσίμου

Πηγή εκπομπής	Μέθοδος καταγραφής κατανάλωσης καυσίμου
Όλες	Μέθοδος Α: BDN και περιοδική απογραφή δεξαμενών καυσίμου

Ο χρησιμοποιούμενος μετρητικός εξοπλισμός των δεξαμενών, είναι SOUNDING PIPES (ULLAGE TAPE) ο οποίος βαθμονομείται όπως προβλέπεται, ενώ η αβεβαιότητα μέτρησης έχει προσδιοριστεί στο 10%. Στο πλάνο MRV πρέπει να παρατεθούν διαδικασίες που αφορούν την ανάκτηση των απαιτούμενων δεδομένων για τις ανάγκες του κανονισμού. Αυτές, τις παραθέτουμε στον παρακάτω πίνακα 5.2.

Επίσης, για λόγους αξιοπιστίας του συστήματος, πρέπει να προβλεφθούν και να καταγραφούν στο πλάνο MRV, προληπτικές ενέργειες για να αντιμετωπιστούν τυχόν περιπτώσεις κενών δεδομένων (data gaps) κάτι που έχουμε παραθέσει στον πίνακα 5.3, καθώς επίσης και δραστηριότητες ελέγχου, τις οποίες έχουμε παραθέσει στον πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.2 : Διαδικασίες ανάκτησης και τήρησης των απαιτούμενων δεδομένων για τις ανάγκες του κανονισμού MRV

Διαδικασία	Περιγραφή των διαδικασιών EU MRV	Υπεύθυνος διαδικασίας	Πηγή δεδομένων	Διατήρηση αρχείων	Σύστημα IT
Καθορισμός διαδικασιών προμήθειας καυσίμου και μετρήσεων δεξαμενών καυσίμων.					
	Η ποσότητα προμήθειας καυσίμων και ο αριθμός BDN καταγράφεται σε φόρμα που βρίσκεται στο πλοίο, καθώς και στο τμήμα Επιχειρησιακής Λειτουργίας	Α' Μηχανικός πλοίου	Ημερολόγιο μηχανής	Ημερολόγιο μηχανής, Βιβλίο καταμέτρησης καυσίμων.	ΟΧΙ
Διασταυρούμενοι έλεγχοι και επαλήθευση της ποσότητας καυσίμων στα BDN.					
	Αμέσως μετά τον ανεφοδιασμό σε καύσιμα, εκτελούνται διασταυρωμένοι έλεγχοι μεταξύ των ποσοτήτων που αναγράφονται στα BDN και στις ποσότητες των δεξαμενών	Α' Μηχανικός πλοίου	Ημερολόγιο μηχανής	Ημερολόγιο μηχανής, Βιβλίο καταμέτρησης καυσίμων.	ΟΧΙ
Καταγραφή, ανάκτηση, μετάδοση και αποθήκευση πληροφοριών σχετικά με τις μετρήσεις					
	<p><u>Ανάκτηση και καταγραφή:</u> Πραγματοποιείται από τον Α' Μηχανικό, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την μέτρηση των ποσοτήτων καυσίμου, εκτελώντας χειροκίνητα ημερήσιες μετρήσεις στις δεξαμενές. Στη συνέχεια ενημερώνει τον πλοίαρχο, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την καταγραφή αυτών των δεδομένων και την εισαγωγή τους σε πληροφοριακό σύστημα για να μεταδοθεί στην εταιρεία.</p> <p><u>Διαβίβαση και αποθήκευση:</u> Η ανταλλαγή και διαβίβαση πληροφοριών σχετικά με τις μετρήσεις ποσοτήτων καυσίμου για όλες τις πηγές εκπομπών CO₂ που είναι εγκατεστημένες στα πλοία, βασίζεται σε εσωτερικές διαδικασίες της εταιρείας, οι οποίες ορίζουν τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν. Αποστέλλονται από τον πλοίαρχο δύο τύποι αναφορών (άφιξης και αναχώρησης, μέσω πληροφοριακού συστήματος) στα κεντρικά. Οι αναφορές περιέχουν τις τιμές καυσίμου που καταναλώνονται ανά πηγή εκπομπής CO₂ στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.</p>	Α' Μηχανικός πλοίου, Πλοίαρχος	Ημερολόγιο μηχανής	Κεντρικά	ΝΑΙ
Διασφάλιση ποιότητας του εξοπλισμού μέτρησης.					
	<p>Πριν από την εκτέλεση της μέτρησης, εντεταλμένο μέλος του πληρώματος που του έχει αναθέσει ο Α' Μηχανικός να εκτελέσει την μέτρηση των δεξαμενών, πρέπει να βεβαιωθεί ότι η χρησιμοποιούμενη μετρητική ταινία είναι επαρκούς μήκους για το είδος της μέτρησης. Η ταινία βαθμονομείται σε μέτρα, εκατοστά και χιλιοστά, με ορατές ενδείξεις, σε καλή κατάσταση και χωρίς να είναι παραμορφωμένη.</p> <p>Σε περίπτωση που δεν υφίστανται τα παραπάνω, η ταινία πρέπει να απορριφθεί και να χρησιμοποιηθεί ταινία που πληροί τα κριτήρια. Η συντήρηση του εξοπλισμού είναι εβδομαδιαία και καταγράφεται στο Εβδομαδιαίο Πρόγραμμα Συντήρησης.</p>	Α' Μηχανικός πλοίου	-	Εβδομαδιαίο Πρόγραμμα Συντήρησης εξοπλισμού πλοίου	ΟΧΙ

Προσδιορισμός του διαχωρισμού της κατανάλωσης καυσίμου σε επιβάτες και φορτίο. Εφαρμοσμένη μέθοδος διαχωρισμού σύμφωνα με EN 16258 – Υπολογισμός μάζας φορτίου					
	<p><u>Μάζα φορτίου:</u> Σε κάθε ταξίδι ο αριθμός των οχημάτων καταγράφεται ανά τύπο (αυτοκίνητα, φορτηγά, μοτοσικλέτες, κτλ) και δεχόμαστε μια μέση μάζα για κάθε τύπο οχήματος σύμφωνα με το παράρτημα Β του προτύπου CEN EN 16258 (2012).</p> <p><u>Επιβάτες:</u> Είναι καταγεγραμμένος ο αριθμός επιβατών για κάθε ταξίδι.</p>	Πλοίαρχος	Σύστημα κρατήσεων	Κεντρικά	NAI
Καταγραφή και διασφάλιση πληρότητας της λίστας των ταξιδιών.					
	Η καταγραφή των ταξιδιών πραγματοποιείται μέσω των αναφορών άφιξης και αναχώρησης, οι οποίες εξετάζονται από το τμήμα Επιχειρησιακής Λειτουργίας. Οι πληροφορίες αυτές επεξεργάζονται μέσω πληροφοριακού συστήματος, το οποίο διατηρεί πληροφορίες για όλα τα δρομολόγια, φιλτράροντας αυτά που υπόκεινται στον κανονισμό MRV (εάν πρόκειται για ταξίδι εντός ΕΕ).	Πλοίαρχος	Ηλεκτρονικό σύστημα GPS	Ημερολόγιο Γέφυρας Πληροφοριακό σύστημα	NAI
Καταγραφή και προσδιορισμός της διανυθείσα απόστασης του ταξιδιού.					
	Η διανυθείσα απόσταση υπολογίζεται από τα δύο ηλεκτρονικά συστήματα απεικόνισης και πληροφόρησης (ECDIS) που είναι εγκατεστημένα στα πλοία και συνδέονται με τη συσκευή GPS. Ο πλοίαρχος αναφέρει την απόσταση που διανύθηκε μέσω των ημερήσιων αναφορών (αναχώρησης / άφιξης) και καταγράφει την διανυθείσα απόσταση του ταξιδιού στο ημερολόγιο γέφυρας.	Πλοίαρχος	Ηλεκτρονικό σύστημα GPS	Ημερολόγιο Γέφυρας Πληροφοριακό σύστημα	NAI
Καταγραφή και προσδιορισμός της ποσότητας μεταφερόμενου φορτίου και του αριθμού των επιβατών.					
	Για επιβατικά πλοία, ως φορτίο παρατίθενται οι επιβάτες. Για πλοία ro-ro ως φορτίο παρατίθενται οι τόνοι φορτίου. Για επιβατικά-οχηματαγωγά (ro-rax) ως φορτίο παρατίθενται οι τόνοι φορτίου και οι επιβάτες.	Πλοίαρχος	Ημερολόγιο γέφυρας	Ημερολόγιο Γέφυρας Πληροφοριακό σύστημα	NAI
Προσδιορισμός και καταγραφή του χρόνου ταξιδιού στη θάλασσα.					
	Ο πλοίαρχος αναφέρει την ώρα σύμφωνα με τις ενδείξεις GPS στο ημερολόγιο γέφυρας και στην αναφορά Άφιξης και Αναχώρησης. Ο χρόνος ταξιδιού στη θάλασσα υπολογίζεται στο τέλος κάθε ταξιδιού και καταγράφεται στα έγγραφα ταξιδιού.	Πλοίαρχος	Ημερολόγιο γέφυρας	Ημερολόγιο Γέφυρας Πληροφοριακό σύστημα	NAI

Πίνακας 5.3 : Προληπτικές ενέργειες για την αντιμετώπιση τυχόν περιπτώσεων κενών δεδομένων (data gaps) για τις ανάγκες του κανονισμού MRV

Μέθοδος/ Εναλλακτική μέθοδος καταγραφής	Περιγραφή της μεθόδου	Υπεύθυνος διαδικασίας	Πηγή δεδομένων	Διατήρηση αρχείων	Πληροφοριακό σύστημα
Μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της κατανάλωσης καυσίμου					
Μέθοδος Β: Παρακολούθηση των δεξαμενών καυσίμου στο πλοίο	Σε περίπτωση που υπάρχει κενό δεδομένων λόγω απρόβλεπτων συνθηκών, ο υπεύθυνος Επιχειρησιακής Λειτουργίας, ενημερώνει για την ύπαρξή του κενού τον Α' Μηχανικό, ο οποίος το συμπληρώνει, χρησιμοποιώντας το μέσο όρο της διαφοράς μεταξύ άφιξης και αναχώρησης. Στη συνέχεια καταγράφει την τιμή ως σφάλμα στο ημερολόγιο της μηχανής.	Α' Μηχανικός	Ημερολόγιο μηχανής	Ημερολόγιο μηχανής, Πληροφοριακό σύστημα	NAI
Μέθοδος αντιμετώπισης κενών δεδομένων όσον αφορά την απόσταση που διανύθηκε					
Διαγράμματα πλοήγησης- NAVIGATION CHARTS	Σε περίπτωση κενών δεδομένων που σχετίζονται με την διανυόμενη απόσταση, ο πλοίαρχος μπορεί να γεμίσει το κενό χρησιμοποιώντας χειροκίνητο υπολογισμό από τους χάρτες του πλοίου, τα διαγράμματα πλοήγησης του πλοίου και να καταγραφεί στο ημερολόγιο του πλοίου.	Πλοίαρχος	Διαγράμματα πλοήγησης	Ημερολόγιο πλοίου, Πληροφοριακό σύστημα	NAI
Μέθοδος αντιμετώπισης κενών δεδομένων όσον αφορά το μεταφερόμενο φορτίο					
	Εάν το συνολικό μεταφερόμενο φορτίο δεν μπορεί να διαπιστωθεί με άλλο τρόπο, υπολογίζεται η συνολική μετατόπιση του πλοίου (βάσει των υδροστατικών ιδιοτήτων που περιλαμβάνονται στο φυλλάδιο σταθερότητας ή στον υπολογιστή φόρτωσης). Αφαιρώντας το απόβαρο του πλοίου, το περιεχόμενο σε όλες τις δεξαμενές, καθώς και τα αναλώσιμα-προμήθειες, τα ανταλλακτικά και το πλήρωμα, μπορεί να εξαχθεί το φορτίο.	Πλοίαρχος	Stability booklet, Loading computer	Ημερολόγιο γέφυρας, Πληροφοριακό σύστημα	NAI
Μέθοδος αντιμετώπισης κενών δεδομένων όσον αφορά το χρόνο ταξιδιού στη θάλασσα					
	Σε περίπτωση κενού δεδομένων που σχετίζεται με το χρόνο ταξιδιού στη θάλασσα, το κενό μπορεί να αναπληρωθεί χρησιμοποιώντας τον μέσο όρο της χρονικής διαφοράς σε ώρες, μεταξύ της άφιξης και της αναχώρησης σε προηγούμενα ίδια ταξίδια με παρόμοιες συνθήκες.	Πλοίαρχος	Ημερολόγιο γέφυρας	Ημερολόγιο γέφυρας, Πληροφοριακό σύστημα	NAI

Πίνακας 5.4 : Διαχείριση δραστηριοτήτων ελέγχου για τις ανάγκες του κανονισμού MRV

Δραστηριότητες ελέγχου	Περιγραφή του ελέγχου	Υπεύθυνος διαδικασίας	Πηγή δεδομένων	Διατήρηση αρχείων	Πληροφοριακό σύστημα
Τακτικός έλεγχος της επάρκειας του σχεδίου παρακολούθησης					
	Το Σχέδιο Παρακολούθησης συμπεριλαμβάνεται στις επίσημες διαδικασίες της εταιρείας που υπόκεινται σε έλεγχο και ενημερώνονται μέσω της διαδικασίας διαχείρισης αλλαγών.	Υπεύθυνος Επιχειρησιακής Λειτουργίας	-	τμήμα Επιχειρησιακής Λειτουργίας	ΟΧΙ
Τεχνική διαχείριση πληροφοριών (π.χ. έλεγχοι πρόσβασης, δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας, ανάκτηση και ασφάλεια)					
	Καθημερινή δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας. Το πλήρες αντίγραφο ασφαλείας περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα καταγεγραμμένα αρχεία, το οποίο γίνεται μία φορά την εβδομάδα. Τα καθημερινά πρόσθετα αντίγραφα ασφαλείας, περιλαμβάνουν μόνο αρχεία που έχουν αλλάξει από το τελευταίο πλήρες αντίγραφο ασφαλείας.	Υπεύθυνος Επιχειρησιακής Λειτουργίας	-	Πληροφοριακό σύστημα	ΝΑΙ
Εσωτερικές αναθεωρήσεις και επικύρωση των σχετικών δεδομένων MRV					
	<p>Επισημοποίηση όλων των ενεργειών που διεξάγονται όσον αφορά τους ελέγχους και τις ανασκοπήσεις, σχετικά με την αξιοπιστία των μετρήσεων που σχετίζονται με τα καύσιμα, το χρόνο, την απόσταση και το φορτίο.</p> <p>Φορτίο: Οι αναφερόμενες τιμές φορτίου ελέγχονται ώστε να διασφαλιστεί ότι ο αριθμός δεν είναι μεγαλύτερος από την ονομαστική τιμή DWT. Σε περίπτωση που διαπιστωθούν αποκλίσεις, διενεργείται επικοινωνία και επαλήθευση με τα στοιχεία του πλοίου.</p> <p>Απόσταση: Οι αποστάσεις ελέγχονται από το Τμήμα Επιχειρησιακής Λειτουργίας, όσο αφορά την ορθότητα τους και συγκρίνονται με προηγούμενα παρόμοια ταξίδια. Οι αναφερόμενες αποστάσεις ελέγχονται σε μηνιαία βάση και επαληθεύονται. Σε περιπτώσεις που διαπιστώνεται μεγάλη απόκλιση, διενεργείται επικοινωνία και επαλήθευση με τα στοιχεία του πλοίου.</p> <p>Ώρες λειτουργίας: Διεξάγονται διασταυρούμενοι έλεγχοι μεταξύ του αθροίσματος των ωρών λειτουργίας των μηχανών + των ωρών που δεν λειτουργούν οι μηχανές + τις ώρες εκτός υπηρεσίας του πλοίου, έναντι της διαφοράς (σε ώρες) μεταξύ της αναχώρησης μέχρι την άφιξη. Εάν διαπιστωθεί διαφορά μεγαλύτερη από 2 ώρες, πραγματοποιείται επικοινωνία με το πλοίο και συμπεριλαμβάνεται ως σφάλμα στο Ημερολόγιο Γέφυρας.</p>	Υπεύθυνος Επιχειρησιακής Λειτουργίας	-	τμήμα Επιχειρησιακής Λειτουργίας	ΟΧΙ
Εξωτερικές δραστηριότητες (εάν υφίστανται)					
	Η διαδικασία περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνεται η απόφαση για ανάθεση σε εξωτερικούς συνεργάτες μιας δραστηριότητας που σχετίζεται με το MRV και με ποιο τρόπο διασφαλίζεται η αξιοπιστία των παραδοτέων. Η Εταιρεία μπορεί να αναπτύξει ένα σύστημα	Υπεύθυνος Επιχειρησιακής Λειτουργίας	-	τμήμα Επιχειρησιακής Λειτουργίας	ΟΧΙ

	αξιολόγησης της απόδοσης του προμηθευτή και μια σειρά κριτηρίων (π.χ. επίπεδο εμπιστοσύνης, απόκρισης και διαθεσιμότητας κλπ) βάσει του οποίου η ποιότητα των υπηρεσιών που λαμβάνει, αξιολογείται περιοδικά ανάλογα με τη διάρκεια της εξωτερικής εργασίας.				
Απόδειξη με έγγραφα					
	Οι ναυτιλιακές εταιρείες έχουν πιστοποίηση σύμφωνα με τον κώδικα ISM. Ο κώδικας ISM προβλέπει ότι όλες οι διαδικασίες πρέπει να αποδεικνύονται με έγγραφα (σε χαρτί ή / και ηλεκτρονικά). Όλα τα σχετικά έγγραφα MRV, των οποίων τα πρωτότυπα βρίσκονται στο πλοίο, είναι διαθέσιμα στον ελεγκτή του MRV καθώς αντίγραφα αυτών βρίσκονται στα κεντρικά της εταιρείας. Η περίοδος διατήρησης που ορίζεται για τις ναυτιλιακές εταιρείες είναι τουλάχιστον 3 έτη. Οι εταιρεία εξετάζει την επανεξέταση της υφιστάμενης διαδικασίας, ώστε να συμπεριλάβει στο πεδίο εφαρμογής τα νέα νομικά έγγραφα που επιβάλλονται από τον κανονισμό της ΕΕ για τη θαλάσσια κυκλοφορία (σχέδιο παρακολούθησης, έκθεση εκπομπών και έγγραφο συμμόρφωσης).	Υπεύθυνος Επιχειρησιακής Λειτουργίας	-	τμήμα Επιχειρησιακής Λειτουργίας	ΟΧΙ

Από τις λεπτομέρειες που αναπτύξαμε στους παραπάνω πίνακες σχετικά με το πλάνο MRV, προκύπτει η ανάγκη λειτουργίας και χρήσης πληροφοριακού συστήματος καταγραφής των δεδομένων. Οι ναυτιλιακές εταιρείες, συνήθως διαθέτουν κάποιο σύστημα για την online αναφορά της ακριβούς θέσης του πλοίου (εφαρμογή διαχείρισης στόλου) όπου γίνεται καταγραφή ανά τακτά χρονικά διαστήματα του γεωγραφικού μήκους και πλάτους, της ταχύτητας και της κατεύθυνσης του πλοίου (όπως το AIS ανά τρία λεπτά ή σε πιο σύγχρονα συστήματα, ανά ένα λεπτό). Εάν το σύστημα αυτό, εμπλουτιστεί ώστε να καταχωρούνται και τα υπόλοιπα δεδομένα που απαιτεί ο κανονισμός MRV (ταξίδι, ποσότητα και είδος καυσίμων, επιβάτες και είδος φορτίου) τότε έχει διευκολυνθεί αρκετά η διαδικασία συλλογής και υπολογισμού των απαραίτητων στοιχείων. Είναι κατανοητό λοιπόν, ότι οι εταιρείες που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικό σύστημα καταγραφής, διαθέτουν σημαντικό πλεονέκτημα ταχύτητας ανάκτησης και αναφοράς των δεδομένων, για τις ανάγκες του κανονισμού MRV. Τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό, σύμφωνα με τη fuel based μεθοδολογία, είναι :

- Κατανάλωση καυσίμου,
- Τύπος καυσίμου
- Συντελεστής εκπομπών καυσίμου,
- λεπτομερή ανάλυση των τεχνικών χαρακτηριστικών των επιλεγμένων πλοίων (ισχύς κύριων και βοηθητικών μηχανών),

Εάν ήταν γνωστή η κατανάλωση του καυσίμου, τότε δεν θα χρειαζόταν να αναζητήσουμε τα λεπτομερή χαρακτηριστικά των επιλεγμένων πλοίων (ισχύς κύριων και βοηθητικών μηχανών), διότι πολύ απλά, μπορούμε να υπολογίσουμε τους εκπεμπόμενους αέριους ρύπους, πολλαπλασιάζοντας την κατανάλωση καυσίμου, με τον συντελεστή εκπομπών. Στην περίπτωση που δεν είναι γνωστή η κατανάλωση καυσίμων, τότε είτε ακολουθούμε την λεπτομερή μεθοδολογία - activity-based, είτε προσπαθούμε να υπολογίσουμε την κατανάλωση καυσίμου (από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μηχανών και την τυπική κατανάλωση καυσίμου που δίδει ο κατασκευαστής). Παρόλο που υπάρχει όπως βλέπουμε, τρόπος υπολογισμού της κατανάλωσης καυσίμου, κατανοούμε βεβαίως, ότι υστερεί σε ακρίβεια, καθώς η κατανάλωση, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το φορτίο του κινητήρα, η ηλικία του, οι στροφές λειτουργίας, οι συνθήκες λειτουργίας του, η τακτική του συντήρηση κ.α.

Ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμων και εν συνεχεία των εκπομπών των πλοίων, αποτελεί μια περίπλοκη διαδικασία, καθώς υπάρχουν πολλές παράμετροι, όπως οι κινητήρες, οι διαφορετικοί τρόποι λειτουργίας τους ανάλογα με την περιοχή πλεύσης, τον τύπο του πλοίου με το φορτίο που μεταφέρει και τη διαμόρφωση των συστημάτων τροφοδοσίας ενέργειας. Η κατανάλωση καυσίμου από ένα κινητήρα (FC_K) υπολογίζεται συνδυάζοντας την απαιτούμενη ενέργεια του κινητήρα, εκφρασμένη σε κιλοβατώρες (kWh) και της τυπικής κατανάλωσης του (SFOC) σε μονάδες μάζας καυσίμου ανά μονάδα ενέργειας. Η εξίσωση υπολογισμού είναι :

$$FC_K = E_{ENERGY,K} \cdot SFOC_K \quad (5.1)$$

όπου ο όρος της ενέργειας, αποτελεί έναν συνδυασμό της μέγιστης ονομαστικής ισχύος εκφρασμένης σε kW, του συντελεστή φορτίου λειτουργίας (που εκφράζει το φορτίο λειτουργίας του κινητήρα, ανάλογα με την φάση λειτουργίας και τη διάρκεια της). Ο όρος της ενέργειας δίνεται από την σχέση 5.2:

$$E_{ENERGY,K,P} = MCR_K \cdot LF_K \cdot T_P \quad (5.2)$$

όπου : **MCR** = η μέγιστη συνεχής ονομαστική ισχύ (kW),
K = ο κινητήρας για τον οποίο γίνονται οι υπολογισμοί
LF = ο συντελεστής φορτίου λειτουργίας (Load Factor),
P = η φάση λειτουργίας,
T = ο χρόνος λειτουργίας (hr).

Η φάση λειτουργίας προσδιορίζεται όταν είναι διαθέσιμα λεπτομερή δεδομένα, όπως τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου (μέγεθος κινητήρα, ισχύς κινητήρα) η κίνηση-πορεία του, ο τύπος καυσίμου, οι ώρες λειτουργίας στις διάφορες φάσεις λειτουργίας του. Η μέθοδος υπολογίζει τις εκπομπές ρύπων για ένα ταξίδι, αθροίζοντας τις επιμέρους εκπομπές που προκύπτουν από τις διαφορετικές φάσεις λειτουργίας του πλοίου. Ως εκ τούτου, για ένα ταξίδι, οι εκπομπές μπορούν να εκφραστούν ως εξής :

$$E_{TAΞΙΔΙΟΥ} = E_{ΕΛΛΙΜΕΝΙΣΜΟΥ} + E_{ΕΛΛΙΓΜΩΝ} + E_{ΠΛΕΥΣΗΣ} \quad (5.3)$$

5.2 Υπολογισμός ρύπων με βάση τη λεπτομερή μέθοδο υπολογισμού (activity based)

Όπως αναφέραμε παραπάνω και όπως είναι λογικό, η συνολική καταναλωθείσα ενέργεια του ταξιδιού, είναι η ενέργεια που καταναλώνεται κατά τη φάση του ελλιμενισμού, τη φάση των ελιγμών και τη φάση της πορείας-πλεύσης προς τον προορισμό. Ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν δυο διαφορετικοί τύποι για τον υπολογισμό των εκπομπών ανάλογα με τα διαθέσιμα δεδομένα:

1. Αν σε ένα ταξίδι είναι γνωστή η κατανάλωση καυσίμου σε κάθε φάση λειτουργίας για κάθε τύπο κινητήρα, οι εκπομπές του ρύπου *i* υπολογίζονται από τον τύπο 5.4:

$$E_{TAΞΙΔΙΟΥ,i,j,m} = \sum (FC_{j,m,p} \cdot EF_{i,j,m,p}) \quad (5.4)$$

όπου : **E_{TAΞΙΔΙΟΥ}** = εκπομπές από ένα πλήρες ταξίδι (σε τόνους),
FC = κατανάλωση καυσίμου (σε τόνους),
EF = συντελεστής εκπομπών (kg / kW),
i = τύπος ρύπου (NO_x, CO₂, PM),
j = τύπος του κινητήρα (αργής, μεσαίας και υψηλής ταχύτητας diesel, κτλ),
m = τύπος καυσίμου (marine diesel oil, marine gas oil, bunker fuel oil),
P = οι φάσεις λειτουργίας του πλοίου, πορεία, ελλιμενισμός, ελιγμοί.

2. Αν σε ένα ταξίδι δεν είναι γνωστή η κατανάλωση καυσίμου, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ονομαστική ισχύς του κινητήρα για να υπολογιστούν οι εκπομπές του ρύπου *i* (Maragkogianni, 2017) σύμφωνα με τον τύπο 5.5:

$$E_{TAΞΙΔΙΟΥ,i,j,k} = \sum (T_j \cdot P_k \cdot LF_{j,k} \cdot EF_{i,k}) \quad (5.5)$$

όπου : $E_{TAΞΙΔΙΟΥ}$ = εκπομπές από ένα πλήρες ταξίδι (σε τόνους),
 i = τύπος ρύπου (NO_x , CO_2 , PM),
 j = η φάση λειτουργίας του πλοίου (πορεία, ελλιμενισμός, ελιγμοί),
 k = κατηγορία κινητήρα (κύριοι, βοηθητικοί, λέβητες),
 EF = συντελεστής εκπομπών (g/kWh),
 LF = συντελεστής φορτίου κινητήρα (load factors) (%),
 P = ονομαστική ισχύς κινητήρα (kW),
 T = χρόνος (ώρες) παραμονής σε κάθε λειτουργική φάση,

Όσο αφορά τον τύπο των κινητήρων που αναφέραμε, διαιρούνται με την ταχύτητα τους σε κινητήρες χαμηλής ταχύτητας (60 - 300 σ.α.λ.), μέσης ταχύτητας (300 - 1000 σ.α.λ.) και υψηλής ταχύτητας (1000 - 3000 σ.α.λ.). Για τον υπολογισμό των αέριων εκπομπών σύμφωνα με τον προηγούμενο τύπο ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

- (1) Λήψη δεδομένων κίνησης πλοίου: αναχώρηση (λιμάνι, ημ/νία-ώρα), άφιξη (λιμάνι, ημ/νία-ώρα). Αυτό μπορεί να γίνει για όλο το έτος, για όλα τα πλοία ή για ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα. Η επιλογή αυτή, θα εξαρτηθεί από τους διαθέσιμους πόρους και την απαιτούμενη ακρίβεια της μελέτης
- (2) Καθορισμός της διαδρομής και της απόστασης μεταξύ των λιμένων. Για μεγαλύτερη ακρίβεια, αυτό μπορεί να γίνει με χρήση του συστήματος AIS, αλλά εάν δεν είναι διαθέσιμο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τυπικοί πίνακες αποστάσεων μεταξύ των λιμένων
- (3) Προσδιορισμός της μέσης ταχύτητας πλεύσης και της ταχύτητας κατά τη διάρκεια ελιγμών για κάθε κατηγορία πλοίου
- (4) Υπολογισμός της διάρκειας πλεύσης και διάρκειας ελιγμών, ενώ η διάρκεια ελλιμενισμού ξεκινά από τη στιγμή πρόσδεσης του πλοίου μέχρι την αναχώρησή του
- (5) Προσδιορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών για κάθε κύρια και βοηθητική μηχανή
- (6) Προσδιορισμός του φορτίου του κινητήρα ανά φάση λειτουργίας (πίνακας 5.7), και των συντελεστών εκπομπών ανά τύπο καυσίμου (πίνακας 5.8) για τους κύριους και τους βοηθητικούς κινητήρες, σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου (Maragkogianni, 2017).

Τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό, είναι :

- λεπτομερή ανάλυση των τεχνικών χαρακτηριστικών του επιλεγμένου πλοίου (ισχύς κύριων και βοηθητικών μηχανών),
- λεπτομερή ανάλυση σε κάθε φάση λειτουργίας του πλοίου (διάρκεια, απόσταση, ταχύτητα),
- διάρκεια παραμονής στον λιμένα.

Από τον χρόνο λειτουργίας των κινητήρων, προσδιορίζεται η δραστηριότητα για κάθε λειτουργική φάση. Η διέλευση σε μια λειτουργική φάση μπορεί να προσδιοριστεί από μελέτη της αναλυτικής πορείας του εκάστοτε πλοίου (χρησιμοποιώντας δεδομένα από το σύστημα AIS) με καταγραφή του χρόνου που κινείται μέσα σε αυτή τη φάση, η οποία αντιστοιχεί και σε μια συγκεκριμένη λειτουργία των κινητήρων. Ο χρόνος υπολογίζεται ως εξής :

$$T = \text{Distance} / AS$$

όπου, **Distance** = η απόσταση σε ναυτικά μίλια (nautical miles),

Average Speed, AS = η μέση ταχύτητα του πλοίου (knots).

Από την παραπάνω σχέση, τίθεται ένα θέμα ακρίβειας υπολογισμού χρόνου, καθώς μπορεί να υπάρχουν αυξομειώσεις στην ταχύτητα του πλοίου, ειδικά κατά τη φάση των ελιγμών ή της αναχώρησης / άφιξης σε λιμάνι. Για αυτό το λόγο, ο υπολογισμός γίνεται εξετάζοντας αυτόνομα την κάθε φάση (απόσταση που διανύθηκε, μέση ταχύτητα του πλοίου). Είναι λογικό ότι όσο περισσότερες αναφορές θέσης, ταχύτητας έχουμε λάβει, τόσο ακριβέστερα θα υπολογιστεί η πραγματική μέση ταχύτητα του πλοίου και κατ' επέκταση ο χρόνος διάρκειας της κάθε λειτουργικής φάσης. Οι ελιγμοί είναι οι κινήσεις που κάνει το πλοίο με χαμηλή ταχύτητα μεταξύ της εισόδου και εξόδου του από λιμάνι. Ο χρόνος αυτός υπολογίζεται ως το πηλίκο της διανυόμενης απόστασης του πλοίου από το σημείο εισόδου στο λιμάνι μέχρι τη θέση αγκυροβολίας προς τη μέση αναπτυσσόμενη ταχύτητα αυτού εντός του λιμένα.

Ένας εναλλακτικός τρόπος προσδιορισμού του χρόνου διάρκειας κάθε λειτουργικής φάσης, είναι να δούμε την πρώτη και την τελευταία αναφορά θέσης σε κάθε φάση, καθώς η διαφορά του χρόνου μεταξύ τους, αποτελεί τη διάρκεια.

Ο ελλιμενισμός είναι η λειτουργία «στάσης» του πλοίου σε μια θέση αγκυροβολίας μέσα στο λιμάνι. Ο χρόνος ελλιμενισμού αρχίζει, όταν το πλοίο δέσει στην προβλήτα του λιμανιού και τελειώνει, όταν αναχωρήσει για το νέο ταξίδι.

Οι χρόνοι λειτουργίας μπορούν να επηρεαστούν και από άλλους παράγοντες, όπως:

1. **Καιρικές συνθήκες:** Όταν πνέουν ισχυροί άνεμοι, τα πλοία δυσκολεύονται να εκτελέσουν ελιγμούς. Σε περιπτώσεις ομίχλης, όπου υπάρχει μειωμένη ορατότητα και βροχή, πλοία πλέουν σε πολύ χαμηλότερες ταχύτητες. Συνεπώς, η διαδικασία του ελλιμενισμού διαρκεί περισσότερο, με αποτέλεσμα αυξανόμενους χρόνους ελιγμών. Το ίδιο ισχύει και κατά την πορεία του πλοίου στην ανοικτή θάλασσα, όπου ενδέχεται να αλλάξει ελαφρώς η πορεία, διανύοντας μεγαλύτερη απόσταση, αποφεύγοντας δυσμενείς καιρικές συνθήκες.
2. **Ρεύματα:** Ο συντελεστής του φορτίου και οι ταχύτητες πλεύσης επηρεάζονται σημαντικά από τις κατευθύνσεις των ρευμάτων. Για τα πλοία που κινούνται αντίθετα των ρευμάτων, είναι αυτονόητο ότι η πραγματική τους ταχύτητα επηρεάζεται αρνητικά από την ταχύτητα του ρεύματος, με αποτέλεσμα να απαιτείται αυξημένη λειτουργία των κινητήρων για την επίτευξη της επιθυμητής ταχύτητας πλεύσης.
3. **Συνθήκες κυκλοφορίας:** Ανάλογα με τις συνθήκες κυκλοφορίας μπορούν να αναγκαστούν τα πλοία να ταξιδεύουν με περισσότερη προσοχή και με χαμηλότερες ταχύτητες ή να πραγματοποιήσουν ελιγμούς καθυστέρησης, έξω από την είσοδο στο λιμάνι.

Συντελεστές φορτίου κινητήρα

Ο συντελεστής φορτίου, εκφράζει τον λόγο της παραγόμενης ενέργειας του κινητήρα για μια δοσμένη ταχύτητα κινητήρα που έχει συγκεκριμένη μέγιστη ονομαστική ισχύ. Ο προσδιορισμός των συντελεστών φορτίου των κύριων (ME) και βοηθητικών (AE) μηχανών, κατά τη δραστηριότητα των πλοίων στο λιμάνι, ενέχει μεγάλη αβεβαιότητα. Πρόσφατη έρευνα από τον De Meyer et al. 2008 (De Meyer, Maes, & Volckaer, 2008) προτείνει συντελεστές φορτίου των κινητήρων επιβατηγών πλοίων και κρουαζιερόπλοιων κατά τη

διάρκεια ελιγμών και αγκυροβόλησης, οι οποίοι είναι σημαντικά υψηλότεροι από τις αντίστοιχες προτεινόμενες από την ENTEC (ENTEC, 2002). Με βάση την προσέγγιση αυτή, καθώς και την επίδραση τοπικών συνθηκών για ζήτηση ισχύος από τις μηχανές των πλοίων, θεωρήθηκε απαραίτητο να διενεργηθεί έρευνα με συμμετοχή ναυτιλιακών φορέων, προκειμένου να βρεθούν ρεαλιστικοί συντελεστές φορτίου κινητήρα (Tzannatos, 2010).

Από αυτή την έρευνα διαπιστώθηκε ότι ο κλάδος της ακτοπλοΐας και της κρουαζιέρας, απαιτούν μεγάλο φορτίο από τις βοηθητικές μηχανές, ακόμα και κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για τις ξενοδοχειακές υπηρεσίες, καθώς και την υποστήριξη των συστημάτων του πλοίου. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο και τον ελλιμενισμό, τα κρουαζιερόπλοια απαιτούν μεγάλη ισχύ από τις βοηθητικές μηχανές για να καλύψουν τη ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος για ξενοδοχειακές υπηρεσίες καθ' όλη τη διάρκεια της παραμονής τους, ενώ η ισχύ των βοηθητικών μηχανών των επιβατικών πλοίων απαιτείται να είναι υψηλή για τις ξενοδοχειακές λειτουργίες περίπου για το 50% του ελλιμενισμού. Εκτός της καλοκαιρινής περιόδου, απαιτείται χαμηλότερη ενέργεια από τις βοηθητικές μηχανές, ειδικά στη φάση του ελλιμενισμού. Οι συντελεστές φορτίου των μηχανών για τις φάσεις του ελλιμενισμού και των ελιγμών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Tzannatos, 2010).

Πίνακας 5.6: Συντελεστές φορτίου κινητήρα κύριων - βοηθητικών μηχανών επιβατικών πλοίων

	Κύριες Μηχανές (ME)		Βοηθητικές Μηχανές (AE)	
	Καλοκαίρι	Υπόλοιπο έτος	Καλοκαίρι	Υπόλοιπο έτος
Φάση ελιγμών	0,20	0,20	0,75	0,60
Ελλιμενισμός	0	0	0,45 ⁵	0,30 ⁶

Για τις ταχύτητες πλεύσης ο συντελεστής φορτίου του συστήματος πρόωσης για τους κύριους κινητήρες είναι 80-85%. Για χαμηλότερες ταχύτητες ο προσδιορισμός του συντελεστή φορτίου για το σύστημα πρόωσης βασίζεται στην θεωρία ότι το φορτίο του κινητήρα πρόωσης είναι ανάλογο με τον κύβο της ταχύτητας του πλοίου. Ο συντελεστής του κινητήρα πρόωσης υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$LF = (\text{Actual speed} / \text{Max speed})^3$$

Για τους βοηθητικούς κινητήρες διαφέρει ο συντελεστής φορτίου ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας του πλοίου και τον τύπο των βοηθητικών κινητήρων του κάθε πλοίου. Παρόλο που όπως είδαμε, προσδιορίζονται από διάφορες μελέτες προσεγγιστικά οι συντελεστές φορτίου, τόσο για τις κύριες όσο και για τις βοηθητικές μηχανές, παρατηρούμε από τα διαθέσιμα δεδομένα, ότι αυτό έχει μεγάλη αβεβαιότητα, κυρίως λόγω την ανομοιογενών βοηθητικών μηχανών (kW, SFOC) αλλά και των διαφορετικών ωρών και φορτίων λειτουργίας ανά μηχανή, κατά τη διάρκεια ενός πλήρους ταξιδιού.

⁵ 0,70 για το 50% και 0,20 για το υπόλοιπο 50% του χρόνου ελλιμενισμού

⁶ 0,40 για το 50% και 0,20 για το υπόλοιπο 50% του χρόνου ελλιμενισμού

Συντελεστές εκπομπών

Εξετάζοντας τη μερική δυνατότητα επιβάρυνσης φορτίου των κύριων και των βοηθητικών μηχανών, οδηγούμαστε στην εισαγωγή συντελεστών διόρθωσης, όπως προτείνεται από την εκτεταμένη εργασία αναθεώρησης των συντελεστών εκπομπών, που προετοιμάστηκε αρχικά για το ENTEC (ENTEC, 2002) και συμπεριλήφθηκε στην τελική έκθεση για τις εκπομπές των πλοίων-Μεσόγειος θάλασσα. Σύμφωνα με αυτήν, οι συντελεστές εκπομπών για τις κύριες μηχανές, όταν το πλοίο είναι σε πλεύση (λειτουργούν σε περίπου 80% MCR) ελήφθησαν με τον μέσο όρο όλων των μετρήσεων εκπομπών στο σύνολο δεδομένων (τα οποία ήταν με φορτίο κινητήρα MCR 70-100%). Ομοίως, οι συντελεστές για τους βοηθητικούς κινητήρες ελήφθησαν με τον μέσο όρο, όλων των μετρήσεων εκπομπών στο σύνολο δεδομένων (τα οποία ήταν με φορτίο κινητήρα MCR 40-80%).

Οι συντελεστές εκπομπών για τις κύριες μηχανές κατά τη διάρκεια των ελιγμών και του ελλιμενισμού (λειτουργούν σε περίπου 20% MCR) λόγω έλλειψης δεδομένων, βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην επαγγελματική ή εμπειρική κρίση-εκτίμηση του εκάστοτε μελετητή. Επιπλέον, οι μέσοι συντελεστές εκπομπών από τις κύριες μηχανές που λειτουργούν σε σταθερή κατάσταση με χαμηλά φορτία (<40% MCR) αξιολογήθηκαν από την IVL / Lloyds βάση δεδομένων και η προσέγγιση που υιοθετήθηκε, ήταν να πολλαπλασιαστούν οι συντελεστές εκπομπών των κύριων μηχανών κατά τη φάση της πλεύσης (που προέρχονται από φορτία σταθερής κατάστασης 70 - 100%) κατά 0,8 για τα NO_x, 3,0 για HC και 3,0 για PM.

Η ειδική κατανάλωση καυσίμου (και συνεπώς οι εκπομπές SO₂ και CO₂) εκτιμάται ότι αυξάνεται κατά 10% για τη λειτουργία του κινητήρα σε αυτά τα χαμηλά φορτία. Είναι σαφές ότι αυτή η προσέγγιση, εισάγει σημαντική αβεβαιότητα και παρέχει μια περιοχή που μπορούν να στοχεύσουν μελλοντικές μελέτες των παραγόντων εκπομπών. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι συντελεστές εκπομπών, κατά τη φάση των ελιγμών και του ελλιμενισμού, έχουν αυξημένη αβεβαιότητα σε σύγκριση με τους συντελεστές εκπομπών κατά τη φάση της πλεύσης, κυρίως για δύο λόγους :

1. Η εκκίνηση των κυρίων μηχανών, γίνεται με κρύο κινητήρα, έχοντας σημαντικά διαφορετικές εκπομπές (ειδικά HC και PM), σε σύγκριση με όταν η εκκίνηση γίνεται με σχετικά ζεστούς κινητήρες,
2. Το φορτίο του κινητήρα μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια των ελιγμών, αυξάνοντας την μεταβλητότητα των εκπομπών.

Οι συντελεστές εκπομπών, χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την κατανάλωση ενέργειας ή καυσίμου, για την εκτίμηση των εκπομπών και ποικίλλουν ανάλογα με τον ρύπο, τον τύπο του κινητήρα, τον κύκλο λειτουργίας και τα καύσιμα. Στη βιβλιογραφία έχει υλοποιηθεί μια μεθοδολογία για την ανάπτυξη των συντελεστών εκπομπής σε g/kWh και οι οποίοι μετατρέπονται στη συνέχεια σε συντελεστές εκπομπών καυσίμων (g ρύπου / g καυσίμου) που καταναλώνονται, διαιρώντας με την ειδική-τυπική κατανάλωση καυσίμου πετρελαίου (SFOC). Δεδομένου όμως ότι η SFOC είναι διαφορετική για κάθε κινητήρα, είναι κατανοητό ότι οι συντελεστές εκπομπών εξαρτώνται και ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του κινητήρα (κύριοι, βοηθητικοί, λέβητες). Οι συντελεστές εκπομπών προσαρμόζονται περαιτέρω με τον τύπο καυσίμου που καταναλώνει ο εκάστοτε κινητήρας (HFO, LSFO, MDO, MGO) και την

περιεκτικότητα σε θείο. Τέλος, το φορτίο του κινητήρα, η μεταβλητότητα, ενσωματώνεται στους παράγοντες που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των εκπομπών. Όλες αυτές οι μεταβλητές, λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό των συντελεστών εκπομπών, που θα χρησιμοποιηθούν στην μεθοδολογία από τη βάση προς την κορυφή. Για τον υπολογισμό των συντελεστών εκπομπής, χρησιμοποιήσαμε την ακόλουθη μεθοδολογία (Bloor, Sampson, & Baker, 2013):

1. Προσδιορίζουμε τους βασικούς συντελεστές εκπομπών που δίνονται από τον IMO ή συναντώνται στην βιβλιογραφία. Οι συντελεστές εκπομπών δίδονται σε δύο κατηγορίες : με βάση την ενέργεια σε g ρύπανσης / kWh και με βάση το καύσιμο σε g ρύπων / g καυσίμου που καταναλώνεται.
2. Μετατρέπουμε τους βασικούς συντελεστές εκπομπών με βάση την ενέργεια (g ρύπων / kWh) σε συντελεστές εκπομπών με βάση το καύσιμο (g ρύπων / g καυσίμου) που καταναλώνεται, ανάλογα με την περίπτωση, χρησιμοποιώντας την παρακάτω σχέση:

$$EF_{baseline}(g_{pollutant}/g_{fuel}) = \frac{EF_{baseline}(g_{pollutant}/kWh)}{SFOC_{baseline}(g_{fuel}/kWh)} \quad (5.6)$$

3. Χρησιμοποιούμε κατά περίπτωση, συντελεστές διόρθωσης (FCF) για να προσαρμόσουμε τους συντελεστές εκπομπών, για το συγκεκριμένο καύσιμο που χρησιμοποιείται :

$$EF_{actual}(g_{pollutant}/g_{fuel}) = EF_{baseline}(g_{pollutant}/g_{fuel}) \cdot FCF \quad (5.6.1)$$

Ανάλογα τον ρύπο που θέλουμε να υπολογίσουμε οι σχέσεις είναι οι εξής:

$$CO_2(g/kWh) = (3.114 \text{ ή } 3,206) \cdot CO_2(g/fuel) \cdot SFOC(g_{fuel}/kWh) \quad (5.6.2)$$

Όπου: 3,114 και 3,206 είναι ο συντελεστής εκπομπών CO₂ με βάση το είδος του καυσίμου (HFO, LSFO, MGO).

$$NOx(g/kWh) = 45 \cdot n^{-0,20} \quad (5.6.3)$$

Όπου: n είναι οι στροφές του κινητήρα.

$$SOx(g/kWh) = SFOC(g_{fuel}/kWh) \cdot 2 \cdot 0,97753 \cdot \% \text{ Fuel Sulfur} \quad (5.6.4)$$

Όπου: 0,97753 είναι ο συντελεστής μετατροπής του θείου, S σε SO_x, 2 είναι η αναλογία μοριακού βάρους του SO_x και του S.

$$PM_{HFO}(g/kWh) = 1,35 + SFOC(g_{fuel}/kWh) \cdot 7 \cdot 0,02247 \cdot (\% \text{ Fuel Sulfur} - 0,0246) \quad (5.6.5.1)$$

$$PM_{MGO}(g/kWh) = 0,23 + SFOC(g_{fuel}/kWh) \cdot 7 \cdot 0,02247 \cdot (\% \text{ Fuel Sulfur} - 0,0024) \quad (5.6.5.2)$$

Συνεπώς, οι συντελεστές εκπομπών σε g/kWh και g/g fuel υπολογίζονται και απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα 5.8.

Οι συντελεστές εκπομπών, δίνονται ως σταθμισμένος μέσος όρος για έναν συγκεκριμένο τύπο καυσίμου, λαμβανομένης υπόψη της διακύμανσης φορτίου ανά τύπο κινητήρα και φάσης

λειτουργίας. Επίσης, η εκπομπή σε άνθρακα κάθε τύπου καυσίμου, είναι σταθερή και δεν επηρεάζεται από τον τύπο του κινητήρα, τον κύκλο λειτουργίας ή άλλη παράμετρο. Ο συντελεστής εκπομπών CO₂ με βάση το καύσιμο για τους κύριους και βοηθητικούς κινητήρες, βασίζεται στο MEPC 63/23, παράρτημα 8 και τον καταγράφουμε μαζί με τους υπόλοιπους συντελεστές στον παρακάτω πίνακα 5.8.

Είναι κατανοητό, ότι οι εκπομπές θείου και PM, εξαρτώνται από το καύσιμο και την περιεκτικότητά του σε θείο. Συνεπώς ανάλογα το επίπεδο του καυσίμου σε θείο, έχουμε και διαφορετικούς συντελεστές εκπομπών SO_x και PM. Αναλόγως το μοντέλο του κινητήρα και της παλαιότητας του, μπορεί να προσδιορισθεί και το επίπεδο ελέγχου των εκπομπών, καθώς τα νεότερα μοντέλα έχουν μεγαλύτερο, αποτελεσματικότερο επίπεδο ελέγχου των εκπομπών αέριων ρύπων. Επίσης, τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για τις βοηθητικές μηχανές, έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε θείο από τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για τις κύριες μηχανές (αρκετές φορές στην πράξη δεν συμβαίνει, κυρίως λόγω κόστους).

Κάποια λεπτομέρεια που θα πρέπει να επισημάνουμε, είναι ότι διαχρονικά για τον ίδιο τύπο καυσίμου, υπάρχουν διαφορές στην περιεκτικότητα του θείου (οφείλεται κυρίως στις παρτίδες καυσίμων και τα διυλιστήρια). Στον παρακάτω πίνακα έχουμε θεωρήσει ότι τα καύσιμα είναι σύμφωνα με τον κανονισμό, δηλαδή το HFO έχει 3,5% θείο, το LSFO έχει 1,5% και το MGO έχει 0,1%. Αν γνωρίζαμε την ακριβή περιεκτικότητα σε θείο θα μπορούσε ο συντελεστής εκπομπής του θείου να προσδιοριστεί ακριβέστερα.

Οι κατασκευαστές δίνουν το MCR (Maximum Continuous Rating) που είναι η ισχύς στην οποία μπορεί να λειτουργεί μια μηχανή συνέχεια, χωρίς πρόβλημα και είναι από 85-95% αποδίδοντας τη μέγιστη ταχύτητα (max speed). Στις τετράχρονες μηχανές (όπως οι PIELSTICK που αναφέρονται παρακάτω) σύμφωνα με τον κατασκευαστή, η καλύτερη περιοχή λειτουργίας (κατανάλωση προς παραγόμενη ισχύ) είναι 80 με 85%, που αποδίδει την επιχειρησιακή ταχύτητα (normal service speed).

5.3 Αντικείμενο της μελέτης

Θα επικεντρωθούμε στον υπολογισμό των εκπομπών αέριων ρύπων σε επιβατικά πλοία, που δραστηριοποιούνται στη δρομολογιακή γραμμή της Κρήτης⁷ για τα έτη 2016 και 2017. Τα δρομολογημένα πλοία, ήταν τα F/B ELYROS, F/B KYDON, F/B EL.VENIZELOS, F/B KRITI I, F/B KRITI II, F/B BLUE GALAXY, F/B BLUE HOPIZON, F/B FESTOS PALACE, F/B KNOSSOS PALACE. Μεταξύ αυτών, τα F/B KYDON και F/B BLUE GALAXY είναι αδελφά πλοία, δηλαδή έχουν τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά και το ίδιο συμβαίνει και μεταξύ των F/B KRITI I, F/B KRITI II και F/B FESTOS PALACE, F/B KNOSSOS PALACE. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πλοίων (στοιχεία κύριων και βοηθητικών μηχανών) τα αναζητήσαμε από τη βάση δεδομένων IHS Sea-web, όπου έχουμε αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο. Θα παρουσιάσουμε αναλυτικά στοιχεία για τη γραμμή Χανίων, ενώ την ίδια ακριβώς μεθοδολογία θα αναπτύξουμε και για τη γραμμή Ηρακλείου, πλην όμως, τα στοιχεία που θα παρουσιάσουμε θα είναι συγκεντρωτικά, για όλα τα πλοία, όλων των εταιρειών που δραστηριοποιήθηκαν στη γραμμή. Τα πλοία που δραστηριοποιήθηκαν στη γραμμή Χανίων τα παραθέτουμε στον παρακάτω πίνακα 5.7.

⁷ Ταξίδια από και προς το λιμάνι του Πειραιά, για Σούδα Χανίων και Ηράκλειο Κρήτης

Πίνακας 5.7 : Τεχνικά χαρακτηριστικά των υπό μελέτη πλοίων (Seaweb, 2018) (Marinetraffic, 2018)

Πλοίο Ονομασία/Χαρακτηριστικά	Πηγή εκπομπής Πλήθος/Είδος/Περιγραφή-Χαρακτηριστικά	Τύπος Καυσίμου	SFOC ⁸ gr/kWh
F/B ELYROS Μήκος/Πλάτος:192/27μ. Σύνολο επιβατών: 1874 Μέγιστη ταχύτητα : 25 Kn Επιχειρησιακή 23,5 Kn	2 MAIN ENGINE PIELSTICK PC4-2V (12 CYL) Rated Power (MCR) : 17801 PS – 13093 kW @ 400 RPM	HFO, LFO	2 x 172
	2 AUX. ENGINE DAIHATSU 6DK-26, Rated Power (MCR) : 1800 PS - 1324 kW @ 720 RPM	LFO, MGO	2 x 190
	1 AUX. ENGINE WARTSILA W9L20G, Rated Power (MCR) : 2040 PS - 1500 kW @ 900 RPM	LFO, MGO	1 x 254
F/B KYDON, F/B BLUE GALAXY Μήκος/Πλάτος:192/27μ. Σύνολο επιβατών: 1750 Μέγιστη ταχύτητα: 25 Kn Επιχειρησιακή 23 Kn	2 MAIN ENGINE PIELSTICK PC4-2V (12 CYL), Rated Power (MCR) : 17801 PS - 13093 kW @ 400 RPM	HFO, LFO	2 x 172
	3 AUX. ENGINE DAIHATSU 6DL-26, Rated Power (MCR) : 1500 PS – 1103 kW @ 720 RPM	LFO, MGO	3 x 196
F/B EL.VENIZELOS Μήκος/Πλάτος:175.5/28,5μ. Σύνολο επιβατών: 2500 Μέγιστη ταχύτητα : 21 Kn Επιχειρησιακή 20.5 Kn	4 MAIN ENGINE SGODA–SULZER 16ZV40/48, Rated Power (MCR):10000 HP-7457 kW @ 500 RPM	HFO, LFO	4 x 207
	2 AUX. ENGINE CEGIELSKI-SULZER 8ASL25 / 30 X 5, Rated Power (MCR):1584 HP – 1181 kW	LFO, MGO	2 x 223
	3 AUX. ENGINE MAN B&W 7 L 28/32 H, Rated Power (MCR) : 1540 kW	LFO, MGO	3 x 196
F/B KRITI I, F/B KRITI II Μήκος/Πλάτος:192/29,4μ. Σύνολο επιβατών: 1500 Μέγιστη ταχύτητα: 22,5 Kn Επιχειρησιακή 20,5 Kn	2 MAIN ENGINE MITSUBISHI MAN 16V 52/55, Rated Power (MCR) : 16000 PS – 11768 kW	HFO, LFO	2 x 194
	3 AUX. ENGINE NIIGATA 6L31EZ, Rated Power (MCR) : 1400 kW	LFO, MGO	3 x 76,2

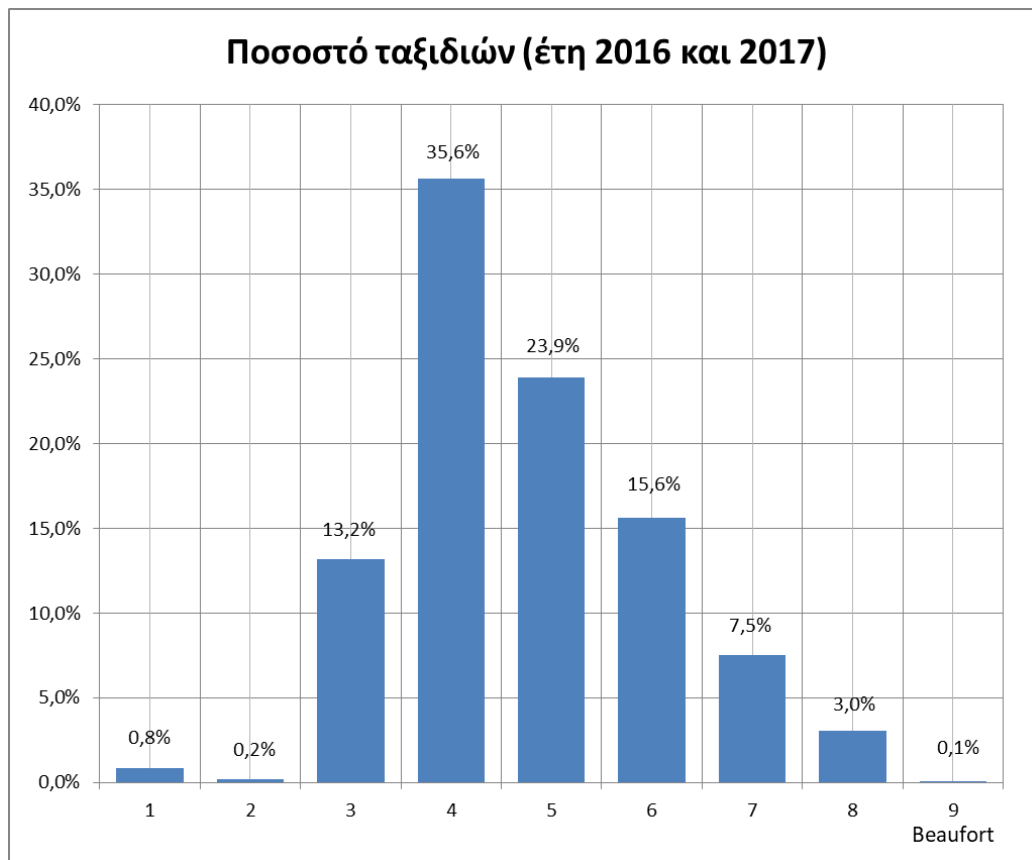
⁸ Specific Fuel Oil Consumption

Πίνακας 5.8 : Συντελεστές εκπομπών ανά κινητήρα και τύπο καυσίμου, για τα πλοία γραμμής Χανίων

Πλοίο		SFOC g/kWh	Τύπος Καυσίμου	Συντελεστής εκπομπών (g/kWh)				Συντελεστής εκπομπών (g/g fuel)			
				CO ₂	NOx	SOx	PM	CO ₂	NOx	SOx	PM
F/B ELYROS											
Κύρια Μηχανή PIELSTICK PC4-2V@400rpm	172	HFO	536	13,58	11,77	1,63	3,114	0,07894	0,06843	0,00948	
		LSFO	536	13,58	5,04	1,09	3,114	0,07894	0,02933	0,00634	
Βοηθ.Μηχανή DAIHATSU 6DK-26@720rpm	190	LSFO	592	12,07	5,57	1,06	3,114	0,06353	0,02933	0,00560	
		MGO	609	12,07	0,37	0,19	3,206	0,06353	0,00196	0,00099	
Βοηθ.Μηχανή WARTSILA W9L20G@900rpm	254	LSFO	791	11,54	7,45	0,97	3,114	0,04545	0,02933	0,00380	
		MGO	814	11,54	0,50	0,17	3,206	0,04545	0,00196	0,00069	
F/B KYDON, F/B BLUE GALAXY											
Κύρια Μηχανή PIELSTICK PC4-2V@400rpm	172	HFO	536	13,58	11,77	1,63	3,114	0,07894	0,06843	0,00948	
		LSFO	536	13,58	5,04	1,09	3,114	0,07894	0,02933	0,00634	
Βοηθ.Μηχανή DAIHATSU 6DL-26@720rpm	196	LSFO	610	12,07	5,75	1.05	3,114	0,06159	0,02933	0,00538	
		MGO	628	12,07	0,38	0,19	3,206	0,06159	0,00196	0,00095	
F/B EL.VENIZELOS											
Κύρια Μηχανή SGODA–SULZER 16ZV40/48@500 rpm	207	HFO	645	12,98	14,16	1,69	3,114	0,06273	0,06843	0,00816	
		LSFO	645	12,98	6,07	1,04	3,114	0,06273	0,02933	0,00501	
Βοηθ.Μηχανή CEGIELSKI-SULZER 8ASL25@720rpm	223	LSFO	694	12,07	6,54	1,01	3,114	0,05413	0,02933	0,00454	
		MGO	715	12,07	0,44	0,18	3,206	0,05413	0,00196	0,00081	
Βοηθ.Μηχανή MAN B&W 7 L 28/32 H@720rpm	196	LSFO	610	12,07	5,75	1,05	3,114	0,06159	0,02933	0,00538	
		MGO	628	12,07	0,38	0,19	3,206	0,06159	0,00196	0,00095	
F/B KRITI II, F/B KRITI II											
Κύρια Μηχανή MITSUBISH MAN 16V 52/55@400rpm	194	HFO	604	13,58	13,27	1,67	3,114	0,06998	0,06843	0,00859	
		LSFO	604	13,58	5,69	1,06	3,114	0,06998	0,02933	0,00545	
Βοηθ.Μηχανή NIIGATA 6L31EZ@720rpm	76,2	LSFO	237	12,07	2,23	1,23	3,114	0,15841	0,02933	0,01621	
		MGO	244	12,07	0,15	0,21	3,206	0,15841	0,00196	0,00280	

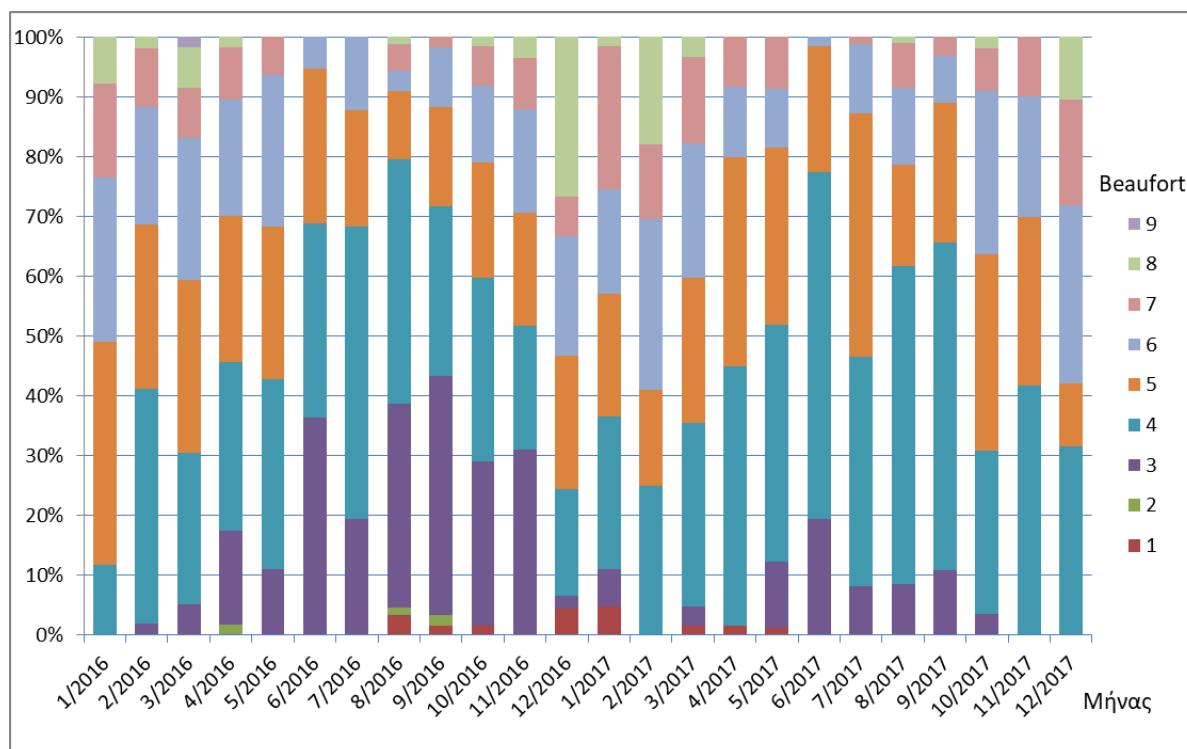
5.4 Περιγραφή συνθηκών ταξιδιών μελέτης

Όπως αναπτύξαμε παραπάνω, σημαντικός παράγοντας στους χρόνους λειτουργίας σε κάθε λειτουργική φάση, αλλά και στον συντελεστή φορτίου του κινητήρα, αποτελούν οι καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια του ταξιδιού και εν προκειμένω ο άνεμος και η κατάσταση της θάλασσας (κυρίως όμως αν ο άνεμος είναι αντίθετος ή ευνοϊκός). Από έρευνα που κάναμε σε μετεωρολογικά δεδομένα για το διάστημα μελέτης (2016 και 2017), έχουμε καταγράψει σε πίνακα (δείγμα του δίδεται στο Παράρτημα Ι) την κατάσταση της θάλασσας, για όποια ταξίδια ήταν εφικτό να βρεθεί. Με μια σχετικά απλή στατιστική επεξεργασία στα διαθέσιμα δεδομένα και παρουσίαση των αποτελεσμάτων με διαγράμματα, μπορούμε να εξάγουμε πολύ χρήσιμα συμπεράσματα.



Εικόνα 5.1: Ποσοστό ταξιδιών σε κάθε κατάσταση της θάλασσας (1-9 μποφόρ)

Από το παραπάνω διάγραμμα της εικόνας 5.1, βλέπουμε ότι η πλειοψηφία των ταξιδιών, γίνεται σε μία μέση κατάσταση της θάλασσας, 4-6 μποφόρ σε ποσοστό 76% (36+24+16). Σε πιο ήρεμη θάλασσα γίνεται το 14%, ενώ σε τρικυμιώδη (7-9 μποφόρ) γίνεται το 11%. Συγκεντρώνοντας τα αναλυτικά δεδομένα ανά μήνα και παρουσιάζοντας αυτά σε ένα stacked διάγραμμα (εικόνα 5.2) μπορούμε να διακρίνουμε, ότι από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο κάθε έτους, η πλειονότητα των ταξιδιών (πάνω από 85%) γίνεται σε συνθήκες θάλασσας έως 6 μποφόρ, ενώ το ποσοστό αυτό μειώνεται τους υπόλοιπους μήνες, καθώς πραγματοποιούνται περισσότερα ταξίδια με 7-8 μποφόρ.



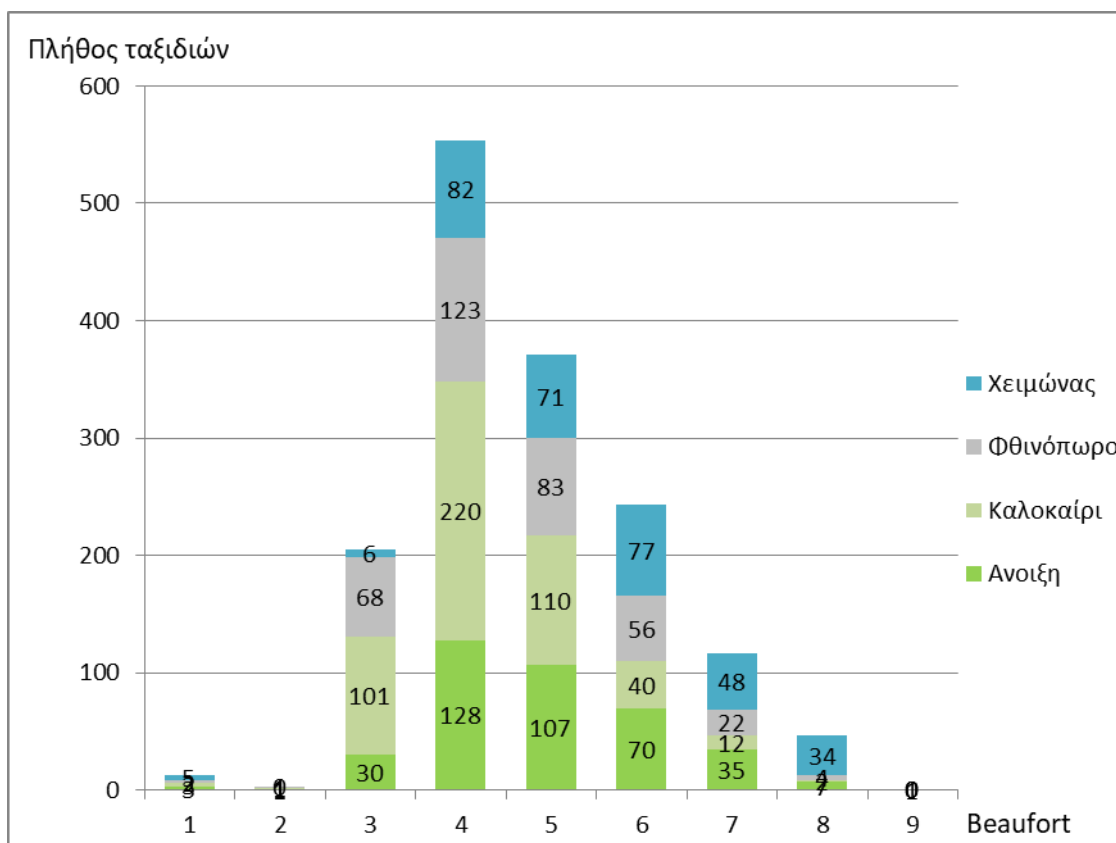
Εικόνα 5.2: Ποσοστό ταξιδιών σε κάθε κατάσταση της θάλασσας ανά μήνα (1-9 μποφόρ)

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει αν κατανείμουμε τα δεδομένα των ταξιδιών ημερολογιακά ανά εποχή⁹, όπου προκύπτει ο παρακάτω πίνακας και το διάγραμμα της εικόνας 5.3 :

Πίνακας 5.9 : Πλήθος ταξιδιών ανά εποχή και κατάσταση θάλασσας

Μποφόρ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σύνολο
Άνοιξη	3	1	30	128	107	70	35	7	1	382
% sum	0,8%	0,3%	7,9%	33,5%	28,0%	18,3%	9,2%	1,8%	0,3%	
% total sum	0,2%	0,1%	1,9%	8,2%	6,9%	4,5%	2,3%	0,5%	0,1%	24,6%
Καλοκαίρι	3	1	101	220	110	40	12	2	0	489
% sum	0,6%	0,2%	20,7%	45,0%	22,5%	8,2%	2,5%	0,4%	0,0%	
% total sum	0,2%	0,1%	6,5%	14,2%	7,1%	2,6%	0,8%	0,1%	0,0%	31,5%
Φθινόπωρο	2	1	68	123	83	56	22	4	0	359
% sum	0,6%	0,3%	18,9%	34,3%	23,1%	15,6%	6,1%	1,1%	0,0%	
% total sum	0,1%	0,1%	4,4%	7,9%	5,3%	3,6%	1,4%	0,3%	0,0%	23,1%
Χειμώνας	5	0	6	82	71	77	48	34	0	323
% sum	1,5%	0,0%	1,9%	25,4%	22,0%	23,8%	14,9%	10,5%	0,0%	
% total sum	0,3%	0,0%	0,4%	5,3%	4,6%	5,0%	3,1%	2,2%	0,0%	20,8%
2016 και 2017	13	3	205	553	371	243	117	47	1	1553
	0,8%	0,2%	13,2%	35,6%	23,9%	15,6%	7,5%	3,0%	0,1%	

⁹ Άνοιξη (μήνες Μάρτιος-Απρίλιος-Μάιος)
 Καλοκαίρι (μήνες Ιούνιος-Ιούλιος-Αύγουστος)
 Φθινόπωρο (μήνες Σεπτέμβριος-Οκτώβριος-Νοέμβριος)
 Χειμώνας (μήνες Δεκέμβριος-Ιανουάριος-Φεβρουάριος)

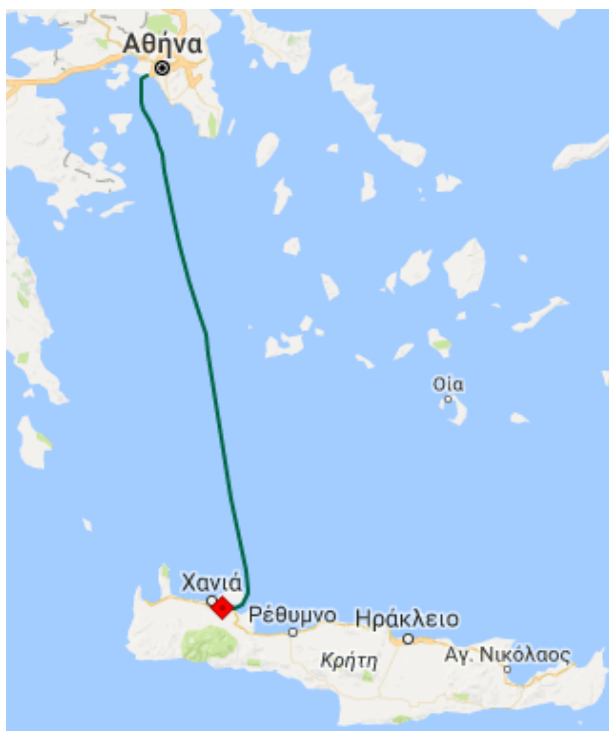


Εικόνα 5.3: Πλήθος ταξιδιών 2016 και 2017 σε κάθε κατάσταση της θάλασσας ανά εποχή

Από τα δεδομένα του πίνακα 5.9, διακρίνουμε ότι την άνοιξη η πλειονότητα των ταξιδιών (79.8%) γίνεται από 4-6 μποφόρ, το καλοκαίρι 88.1% των ταξιδιών, γίνεται από 3-5 μποφόρ, το φθινόπωρο 91.9% των ταξιδιών, γίνεται από 3-6 μποφόρ, ενώ το χειμώνα το 86.1% των ταξιδιών, γίνεται από 4-7 μποφόρ.

5.5 Υπολογισμός στοιχείων με χρήση γεωγραφικών δεδομένων

Όπως προαναφέραμε, τα πλοία της μελέτης μας, πραγματοποιούν τα δρομολόγια Πειραιά-Χανιά με επιστροφή και Πειραιά-Ηράκλειο με επιστροφή. Μετά το πέρας του ελλιμενισμού στο λιμάνι του Πειραιά, ακολουθεί το στάδιο των ελιγμών, μέχρι την απομάκρυνση από τον λιμένα και την έξοδο στην «ανοικτή» θάλασσα. Κάθε εξεταζόμενο πλοίο κινείται στην ανοικτή θάλασσα, συνήθως με την κοντινότερη ευθύγραμμη πορεία προς τον προορισμό του (εικόνα 5.4) μέχρι τη χρονική στιγμή που προσεγγίζει τον λιμένα της Σούδας Χανίων ή του Ηρακλείου. Μπαίνοντας στο λιμάνι ακολουθεί ελιγμούς, μέχρι τη θέση αγκυροβολίας του. Εκεί παραμένει ελλιμενισμένο για κάποιες ώρες (για τα συγκεκριμένα δρομολόγια διαρκεί περίπου 15 ώρες). Κατά την αναχώρηση από το λιμάνι της Σούδας ή του Ηρακλείου, ακολουθεί ξανά το στάδιο των ελιγμών, μέχρι να απομακρυνθεί από τον λιμένα και να βγει στην «ανοικτή» θάλασσα, όπου πάλι ακολουθεί την κοντινότερη ευθύγραμμη πορεία προς τον προορισμό του, το λιμάνι του Πειραιά.



Εικόνα 5.4 α) Διαδρομή Πειραιά – Σούδα (Χανίων)



β) Διαδρομή Πειραιά – Ηράκλειο

Μέσω του Marinetransport μπορούμε να βρούμε τα απαιτούμενα δεδομένα, σχετικά με την κίνηση των πλοίων στα συγκεκριμένα δρομολόγια. Απο εκεί παρατηρούμε, ότι δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες διαφορές στις πορείες των πλοίων, δηλαδή ακολουθούν την ίδια πορεία (με μικρές διαφορές) σε κάθε ταξίδι τους. Στον παρακάτω πίνακα, φαίνεται η διαδρομή του F/B ELYROS, για ένα ενδεικτικό ταξίδι Πειραιά-Σούδα με έναρξη στις 30/12/2017 21:00. Τα διαθέσιμα δεδομένα, που έχουμε σε κάθε σημείο μέτρησης είναι το γεωγραφικό πλάτος-μήκος καθώς και η ταχύτητα του πλοίου.

Πίνακας 5.11 : Ενδεικτικά γεωγραφικά δεδομένα πλοίου

Ημερομηνία Ώρα	Γεωγραφικό		Ταχύτητα ν.μ.(nmi)
	Πλάτος	Μήκος	
30/12/2017 21:00	35,49057	24,07598	0,65
30/12/2017 21:01	35,49124	24,07609	2,71
30/12/2017 21:02	35,49280	24,07687	6,83
30/12/2017 21:03	35,49413	24,07882	7,81
30/12/2017 21:04	35,49420	24,08148	7,88
30/12/2017 21:05	35,49361	24,08469	10,01
30/12/2017 21:06	35,49281	24,08862	11,96
30/12/2017 21:07	35,49190	24,09293	13,22
30/12/2017 21:08	35,49096	24,09748	13,89
30/12/2017 21:09	35,48998	24,10220	14,47
30/12/2017 21:10	35,48896	24,10711	14,98
30/12/2017 21:11	35,48790	24,11216	15,43
30/12/2017 21:12	35,48684	24,11734	15,86

Για τον υπολογισμό της διανυθείσας απόστασης σε κάθε λειτουργική φάση, υπολογίζουμε την απόσταση από σημείο σε σημείο και κατόπιν αθροίζουμε τις επιμέρους αποστάσεις. Η απόσταση ανάμεσα σε δύο σημεία, λόγω του σχήματος της Γης, υπολογίζεται με το νόμο των συνημίτονων της σφαιρικής γεωμετρίας. Υλοποιώντας τον τύπο 5.7 στο Excel, μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση D , από την παρακάτω σχέση :

$$D = \text{acos}[\sin(\text{Lat1}) \cdot \sin(\text{Lat2}) + \cos(\text{Lat1}) \cdot \cos(\text{Lat2}) \cdot \cos(\text{Lon2} - \text{Lon1})] \cdot R \quad (5.7)$$

Όπου: **Lat1** = το γεωγραφικό πλάτος του αρχικού σημείου (σε ακτίνια),

Lat2 = το γεωγραφικό πλάτος του τελικού σημείου (σε ακτίνια),

Lon1 = το γεωγραφικό μήκος του αρχικού σημείου (σε ακτίνια),

Lon2 = το γεωγραφικό μήκος του τελικού σημείου (σε ακτίνια),

R = ακτίνα της γης (μέση ακτίνα = 6,371 χλμ ή 3440,34 ναυτικά μίλια).

Επειδή στον πίνακα των διαθέσιμων δεδομένων, οι συντεταγμένες είναι σε δεκαδικές μοίρες, θα πρέπει να μετατραπούν σε ακτίνια. Αυτό γίνεται από τον τύπο :

$$\text{Lat1(rad)} = \text{Lat1} \cdot \pi/180$$

Ανάλογα αν την απόσταση θέλουμε να την υπολογίσουμε σε χιλιόμετρα ή ναυτικά μίλια, χρησιμοποιούμε την ανάλογη τιμή του R . Για κάθε σημείο μέτρησης της κίνησης του πλοίου υπολογίζουμε τη μέση ταχύτητα από την παρακάτω σχέση :

$$\text{SpeedAverage} = (\text{speed1} + \text{speed2})/2$$

Όπου: **speed1** = η ταχύτητα του πλοίου στο αρχικό σημείο,

speed2 = η ταχύτητα του πλοίου στο επόμενο σημείο.

Οπότε σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους, ο πίνακας 5.11, εμπλουτίζεται στον παρακάτω :

Πίνακας 5.12 : Εμπλουτισμένα ενδεικτικά γεωγραφικά δεδομένα πλοίου

Ημερομηνία Ώρα	Γεωγραφικό		Ταχύτητα ν.μ.(nmi)	Απόσταση ν.μ.(nmi)	Μέση Ταχύτητα
	Πλάτος	Μήκος			
30/12/2017 21:00	35,49057	24,07598	0,65	0	0,65
30/12/2017 21:01	35,49124	24,07609	2,71	0,040	1,68
30/12/2017 21:02	35,49280	24,07687	6,83	0,101	4,77
30/12/2017 21:03	35,49413	24,07882	7,81	0,124	7,32
30/12/2017 21:04	35,49420	24,08148	7,88	0,130	7,85
30/12/2017 21:05	35,49361	24,08469	10,01	0,161	8,95
30/12/2017 21:06	35,49281	24,08862	11,96	0,198	10,99
30/12/2017 21:07	35,49190	24,09293	13,22	0,218	12,59
30/12/2017 21:08	35,49096	24,09748	13,89	0,230	13,56
30/12/2017 21:09	35,48998	24,10220	14,47	0,238	14,18
30/12/2017 21:10	35,48896	24,10711	14,98	0,248	14,73
30/12/2017 21:11	35,48790	24,11216	15,43	0,255	15,21
30/12/2017 21:12	35,48684	24,11734	15,86	0,261	15,65

Όσο αφορά τη διάρκεια του ταξιδιού, αυτή υπολογίζεται από τη διαφορά της ημερομηνίας-ώρας έναρξης του ταξιδιού (εκκίνηση από το λιμένα αναχώρησης) με την ημερομηνία άφιξης, αγκυροβόλησης στο λιμάνι προορισμού, στοιχείο που δίδεται για κάθε ταξίδι στο παράρτημα.

5.6 Επιλογή ταξιδιών για τον υπολογισμό εκπομπών αερίων ρύπων

Με το πρόγραμμα Minitab, πραγματοποιούμε στατιστική ανάλυση στα δεδομένα του παραρτήματος Ι, στις στήλες διάρκεια ταξιδιού και απόσταση. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, όπου βλέπουμε ότι ανά ταξίδι στη γραμμή Χανίων, η μέση διάρκεια είναι 510.88 λεπτά και η μέση διανυθείσα απόσταση είναι 158.06 ναυτικά μίλια. Αντιστοίχως για τη γραμμή Ηρακλείου είναι 553.98 λεπτά και 176.15 ναυτικά μίλια.

Πίνακας 5.13.1 : Στατιστική ανάλυση διάρκειας ταξιδιού και απόστασης (Χανιά, Ηράκλειο)

	N	Mean	SE Mean	StDev	Q1	Median	Q3	Maximum
Duration Chania	834	510.88	0.985	28.46	501.00	513.00	522.00	694.00
Distance Chania	834	158.06	0.220	6.35	158.10	158.30	158.60	194.10
Duration Heraklio	721	553.98	1.59	42.59	544.00	553.00	561.00	1348.00
Distance Heraklio	721	176.15	0.289	7.76	176.20	176.50	176.70	188.90

Η λοξότητα είναι ένα μέτρο της ασυμμετρίας που χαρακτηρίζει την κατανομή γύρω από τη μέση τιμή της. Θετική λοξότητα σημαίνει ότι η καμπύλη των δεδομένων εκτείνεται περισσότερο προς τα δεξιά της μέσης τιμής, ενώ αρνητική λοξότητα σημαίνει μεγαλύτερη έκταση της καμπύλης προς τα αριστερά της μέσης τιμής. Συγκρίνοντας τη μέση τιμή (Mean) με τη διάμεσο (Median) συμπεραίνουμε ότι στις περιπτώσεις που η διάμεσος είναι μικρότερη από τη μέση τιμή (διάρκεια ταξιδιού γραμμή Ηρακλείου, η μέση τιμή βρίσκεται δεξιά της διαμέσου) έχουμε θετική ασυμμετρία (λοξότητα) ενώ στις περιπτώσεις που η διάμεσος είναι μεγαλύτερη από τη μέση τιμή (διάρκεια ταξιδιού και απόσταση γραμμή Χανίων και απόσταση γραμμή Ηρακλείου, η μέση τιμή βρίσκεται αριστερά της διαμέσου) έχουμε αρνητική ασυμμετρία (λοξότητα). Για να μπορέσουμε να σχολιάσουμε το βαθμό και τη διεύθυνση της ασυμμετρίας, θα πρέπει να υπολογίσουμε τον συντελεστή λοξότητας α_3 ο οποίος μετρά το βαθμό και τη διεύθυνση της ασυμμετρίας, ως εξής :

Όταν $\alpha_3 > 0$ έχουμε λοξή προς τα δεξιά,
 $\alpha_3 = 0$ έχουμε συμμετρική,
 $\alpha_3 < 0$ έχουμε λοξή προς τα αριστερά.

Για την αιχμηρότητα της κατανομής στο κέντρο της, θα πρέπει να υπολογίσουμε τον συντελεστή κύρτωσης α_4 όπου δείχνει ότι :

Όταν $\alpha_4 = 3$ πρόκειται για μεσόκυρτη κατανομή, όπως π.χ. η κανονική,
 $\alpha_4 < 3$ τότε η κατανομή είναι πλατύκυρτη,
 $\alpha_4 > 3$ τότε η κατανομή είναι λεπτόκυρτη.

Γενικά όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του α_4 τόσο αιχμηρότερη είναι η κατανομή.

Για τον υπολογισμό του α_3 εργαζόμαστε ως εξής :

$$\alpha_3 = \frac{\mu_3}{\sigma^3} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n \cdot \sigma^3}$$

Όπου το $(x_i - \bar{x})^3$ για κάθε $i=1...n$ (ανάλογα την εξεταζόμενη μεταβλητή είναι $n=834$ ταξίδια για τη γραμμή Χανίων και τα 721 ταξίδια για τη γραμμή Ηρακλείου). Οπότε θα πρέπει για κάθε τιμή της διάρκειας ταξιδιού και της απόστασης (και για κάθε δρομολογιακή γραμμή) να κάνουμε αυτόν τον υπολογισμό (έχουμε βρει το \bar{x} για κάθε μεταβλητή στον προηγούμενο πίνακα - στήλη Mean) και κατόπιν να αντικαταστήσουμε στον παραπάνω τύπο του α_3 .

Για τον υπολογισμό του α_4 εργαζόμαστε ως εξής :

$$\alpha_4 = \frac{\mu_4}{\sigma^4} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{n \cdot \sigma^4}$$

Με τη βοήθεια του Minitab ή του Excel, μπορούμε να υπολογίσουμε τα παραπάνω, όπως και κάνουμε. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 5.13.2 : Συντελεστές λοξότητας και αιχμηρότητας διάρκειας ταξιδιού και απόστασης

	N	Mean	StDev	α_3	α_4
Duration Chania	834	510.88	28.46	-3.45	48.56
Distance Chania	834	158.06	6.35	-14.47	238.93
Duration Heraklio	721	553.98	42.59	6.68	203.76
Distance Heraklio	721	176.15	7.76	-19.09	382.65

Το αποτέλεσμα που απεικονίζεται στη στήλη α_3 , στοιχειοθετεί αυτό που περιγράψαμε παραπάνω (όταν $\alpha_3 > 0$ έχουμε λοξή προς τα δεξιά, $\alpha_3 = 0$ έχουμε συμμετρική, $\alpha_3 < 0$ έχουμε λοξή προς τα αριστερά). Όπως είδαμε ο συντελεστής κύρτωσης α_4 δείχνει την αιχμηρότητα της κατανομής στο κέντρο της, στην ουσία την συγκέντρωση γύρω από μία μέση τιμή. Όταν $\alpha_4 = 3$ πρόκειται για μεσόκυρτη κατανομή, όπως π.χ. η κανονική, $\alpha_4 < 3$ τότε η κατανομή είναι πλατύκυρτη, $\alpha_4 > 3$ τότε η κατανομή είναι λεπτόκυρτη. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του α_4 τόσο αιχμηρότερη είναι η κατανομή, κάτι που όπως βλέπουμε συμβαίνει για όλες τις μεταβλητές που εξετάσαμε.

Την ανωτέρω στατιστική επεξεργασία, την κάναμε για να αποδείξουμε ότι ανεξαρτήτου πλοίου, κατάστασης θάλασσας και ημερολογιακής περιόδου η διανυθείσα απόσταση και διάρκεια του ταξιδιού σε κάθε δρομολογιακή γραμμή είναι πολύ κοντά στη μέση τιμή τους (λόγω της αιχμηρότητας της κατανομής). Έχοντας καταλήξει σε αυτό το συμπέρασμα, κρίνουμε ότι αρκεί να υπολογίσουμε τις αέριες εκπομπές για ένα πλήρες ταξίδι με επιστροφή (σε κάθε πλοίο στη δρομολογιακή γραμμή που δραστηριοποιήθηκε) και πολλαπλασιάζοντας με τον αριθμό ταξιδιών που έχει κάνει στα έτη 2016 και 2017, θα βρούμε τις συνολικές αέριες εκπομπές για κάθε πλοίο.

Τα ταξίδια που θα επικεντρωθούμε να υπολογίσουμε είναι τα παρακάτω και τα έχουμε επιλέξει αντιπροσωπευτικά από όλες τις εποχές:

Πίνακας 5.14 : Επιλεγμένα ταξίδια για υπολογισμό αερίων εκπομπών ρύπων

Πλοίο	Ενδεικτική Διαδρομή				Πλήθος ταξιδιών
	Ταξίδι		Από	Προς	
F/B ELYROS	28/12/2017 21:00	μετάβαση	Πειραιά	Χανιά	221
	29/12/2017 21:00	επιστροφή	Χανιά	Πειραιά	219
F/B KYDON F/B BLUE GALAXY	18/09/2016 21:00	μετάβαση	Πειραιά	Χανιά	442
	19/06/2016 21:00	επιστροφή	Χανιά	Πειραιά	442
F/B ELYROS	06/05/2017 21:00	μετάβαση	Πειραιά	Χανιά	113
	07/05/2017 21:00	επιστροφή	Χανιά	Πειραιά	114
F/B KRITI I F/B KRITI II	13/06/2016 21:00	μετάβαση	Πειραιά	Χανιά	12
	14/06/2016 21:00	επιστροφή	Χανιά	Πειραιά	11

5.7 Εφαρμογή υπολογιστικών μεθόδων

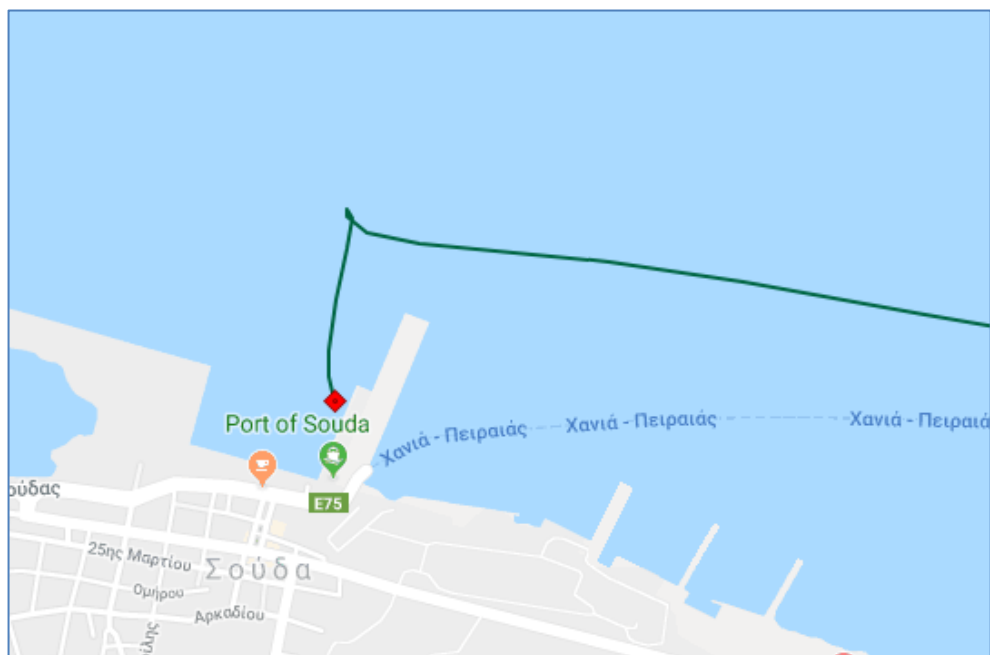
Για να συγκρίνουμε τις δύο μεθοδολογίες υπολογισμού εκπομπών αερίων ρύπων, θα υπολογίσουμε για τα ίδια ταξίδια, τόσο για την fuel-based, όσο και για την activity-based μεθοδολογία. Όπως έχουμε εξηγήσει παραπάνω, θα χρειαστεί να βρούμε κάποια δεδομένα για κάθε λειτουργική φάση (απόσταση και χρόνος διάρκειας).

Λειτουργικές φάσεις

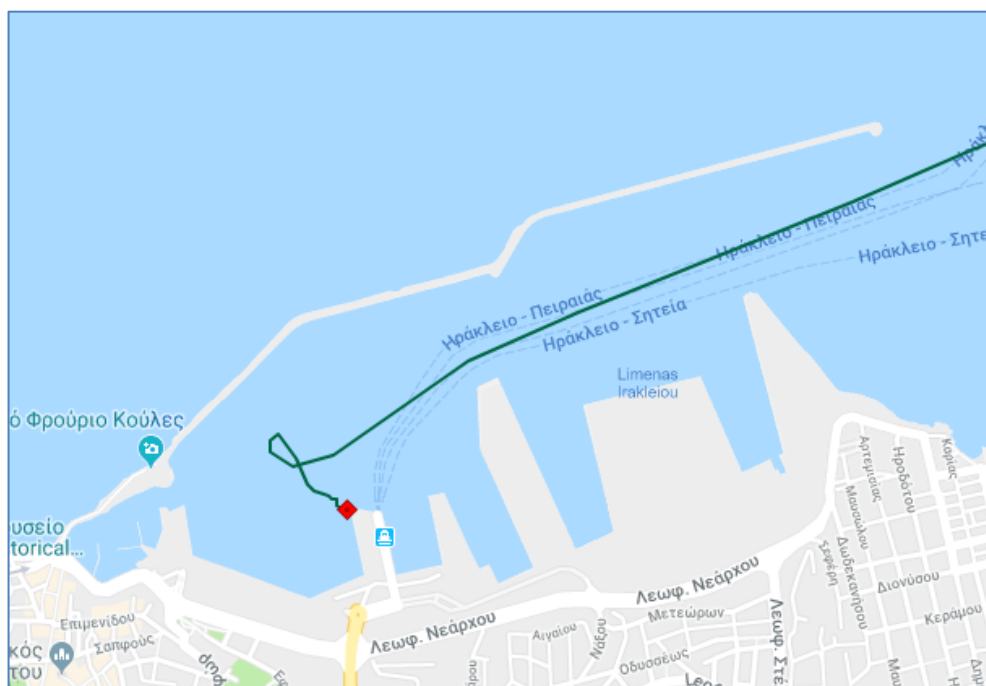
Ο υπολογισμός του χρόνου ελιγμών αναχώρησης, γίνεται μελετώντας τη διαδρομή που εκτελεί το πλοίο από το σημείο πρόσδεσης, προς την έξοδο του λιμανιού, ενώ ο υπολογισμός του χρόνου ελιγμών πρόσδεσης (άφιξης) γίνεται μελετώντας την πορεία του πλοίου από την είσοδο του λιμανιού μέχρι το σημείο πρόσδεσης. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Μοσχόπουλος, 2016), (Maragkogianni, 2017) συνήθως, η μέση ταχύτητα που αναπτύσσουν τα πλοία κατά την είσοδό στο λιμάνι υπολογίζεται στους 5 κόμβους και κατά την έξοδο τους στους 8 κόμβους. Η δική μας παρατήρηση, είναι ότι αυτό το στοιχείο διαφοροποιείται για τα πλοία των γραμμών που εξετάζουμε και διαπιστώνουμε ότι πράγματι αυτές οι ταχύτητες ισχύουν κατά την τελική (αν πρόκειται για άφιξη) ή αρχική (αν πρόκειται για αναχώρηση) φάση ελιγμών, όμως δεν ισχύουν για την κίνηση μέσα στο λιμάνι, όπου συνήθως κινούνται με ταχύτητα πάνω από 5 και 8 κόμβους αντίστοιχα, καθώς :

- κατά την αναχώρηση και μετά το πέρας των ελιγμών, αυξάνεται βαθμιαία η ταχύτητα του πλοίου, μέχρι να φτάσει την υπηρεσιακή ταχύτητα (κάτι που συνήθως έχει συμβεί κατά την έξοδο από το λιμάνι),
- κατά την άφιξη, προσεγγίζοντας την είσοδο του λιμανιού, μειώνεται βαθμιαία η ταχύτητα του πλοίου, μέχρι να φτάσει κοντά στην προβλήτα και να ξεκινήσει η διαδικασία των ελιγμών πρόσδεσης.

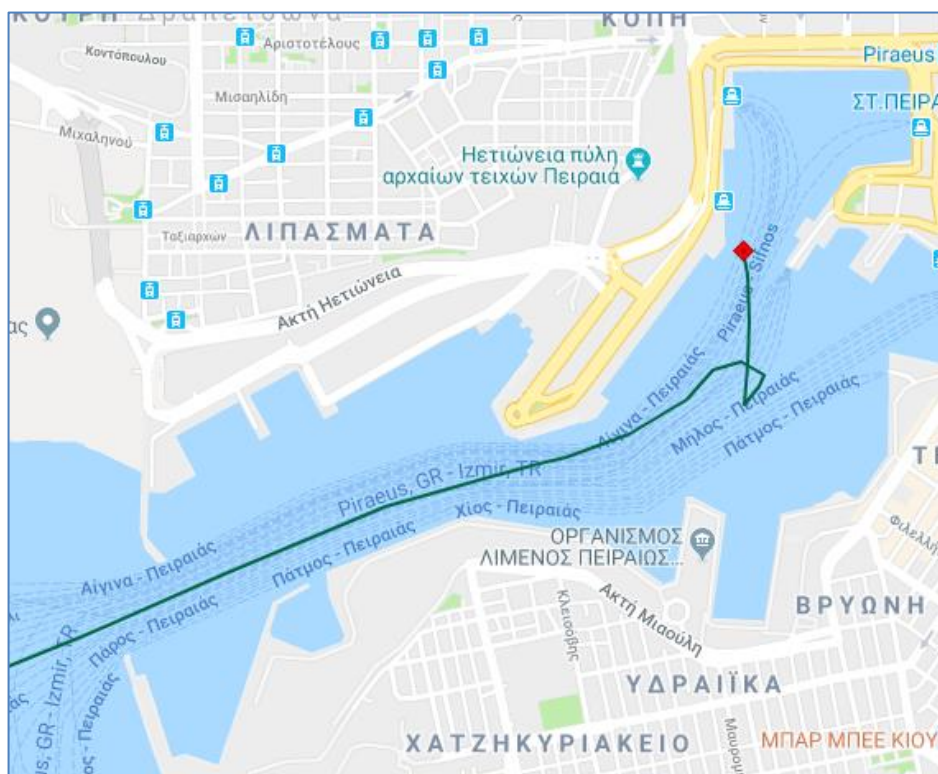
Στις παρακάτω εικόνες, δείχνουμε την πορεία προσέγγισης των πλοίων στα λιμάνια που σχετίζονται με τη μελέτη μας.



Εικόνα 5.5 : Πορεία προσέγγισης πλοίου στον λιμένα της Σούδας Χανίων



Εικόνα 5.6 : Πορεία προσέγγισης πλοίου στον λιμένα του Ηρακλείου Κρήτης



Εικόνα 5.7 : Πορεία προσέγγισης πλοίου στον λιμένα του Πειραιά

Συνεπώς, σύμφωνα με τα παραπάνω, από τα διαθέσιμα δεδομένα μελετάμε τη διαδρομή των πλοίων, σε κάθε εξεταζόμενο δρομολόγιο του πίνακα 5.14 και καταγράφουμε τους υπολογισμούς μας στους παρακάτω πίνακες, θεωρώντας ότι :

- η φάση των ελιγμών αναχώρησης, διαρκεί από την έναρξη του δρομολογίου, μέχρι να φτάσει περίπου τους 8 κόμβους,
- από αυτό το σημείο αρχίζει η φάση πλεύσης – ταξιδιού (όπου κινείται με σταθερή ταχύτητα) μέχρι να μειώσει ταχύτητα στους 5 κόμβους, προσεγγίζοντας την προβλήτα πρόσδεσης,
- από αυτό το σημείο αρχίζει η φάση των ελιγμών πρόσδεσης, μέχρι την πλήρη ακινητοποίηση του πλοίου,
- ακολουθεί η φάση του ελλιμενισμού, μέχρι την επόμενη έναρξη του ταξιδιού επιστροφής.

Πίνακας 5.15.1 : Λειτουργικές φάσεις επιλεγμένων ταξιδιών πλοίου F/B ELYROS

Πλοίο	Ταξίδι Λειτουργική φάση	Διάρκεια (h)	Απόσταση (nm)	Μέση ταχύτητα
F/B ELYROS	28/12/2017 21:00 Πειραιάς → Χανιά			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Πειραιά	00:09:00	0,749	4,99
	Πλεύση Πειραιά-Χανιά	08:25:18	157,13	18,66
	Ελιγμοί πρόσδεσης στα Χανιά	00:14:01	0,491	2,28
	Ελλιμενισμός στα Χανιά	15:12:34	-	-
	29/12/2017 21:00 Χανιά → Πειραιάς			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Χανιά	00:07:00	0,332	2,85
	Πλεύση Χανιά-Πειραιά	08:25:38	157,63	18,70
	Ελιγμοί πρόσδεσης στον Πειραιά	00:17:00	0,444	1,57
	Ελλιμενισμός στον Πειραιά	15:04:12	-	-

Πίνακας 5.15.2 : Λειτουργικές φάσεις επιλεγμένων ταξιδιών πλοίων F/B KYDON, F/B BLUE GALAXY

Πλοίο	Ταξίδι Λειτουργική φάση	Διάρκεια (h)	Απόσταση (nm)	Μέση ταχύτητα
F/B KYDON F/B BLUE GALAXY	18/09/2016 21:00 Πειραιάς → Χανιά			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Πειραιά	00:08:00	0,838	6,29
	Πλεύση Πειραιά-Χανιά	08:23:18	157,19	18,74
	Ελιγμοί πρόσδεσης στα Χανιά	00:18:00	0,417	1,39
	Ελλιμενισμός στα Χανιά	15:01:52	-	-
	19/09/2016 21:00 Χανιά → Πειραιάς			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Χανιά	00:04:00	0,334	5,01
	Πλεύση Χανιά-Πειραιά	08:23:17	158,20	18,86
	Ελιγμοί πρόσδεσης στον Πειραιά	00:17:00	0,554	1,96
	Ελλιμενισμός στον Πειραιά	15:29:52	-	-

Πίνακας 5.15.3 : Λειτουργικές φάσεις επιλεγμένων ταξιδιών πλοίου F/B EL.VENIZELOS

Πλοίο	Ταξίδι Λειτουργική φάση	Διάρκεια (h)	Απόσταση (nm)	Μέση ταχύτητα
F/B EL.VENIZELOS	06/05/2017 21:00 Πειραιάς → Χανιά			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Πειραιά	00:06:01	0,814	8,14
	Πλεύση Πειραιάς-Χανιά	09:14:39	157,70	17,06
	Ελιγμοί πρόσδεσης στα Χανιά	00:10:01	0,381	2,28
	Ελλιμενισμός στα Χανιά	14:25:50	-	-
	07/05/2017 21:00 Χανιά → Πειραιάς			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Χανιά	00:03:01	0,385	4,60
	Πλεύση Χανιά-Πειραιάς	09:10:19	157,83	17,21
	Ελιγμοί πρόσδεσης στον Πειραιά	00:17:01	0,375	1,32
	Ελλιμενισμός στον Πειραιά	14:25:50	-	-

Πίνακας 5.15.4 : Λειτουργικές φάσεις επιλεγμένων ταξιδιών πλοίων F/B KRITI I, F/B KRITI II

Πλοίο	Ταξίδι Λειτουργική φάση	Διάρκεια (h)	Απόσταση (nm)	Μέση ταχύτητα
F/B KRITI I F/B KRITI II	13/06/2016 21:00 Πειραιάς → Χανιά			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Πειραιά	00:13:01	0,839	3,87
	Πλεύση Πειραιάς-Χανιά	08:07:17	156,81	19,31
	Ελιγμοί πρόσδεσης στα Χανιά	00:19:01	0,573	1,81
	Ελλιμενισμός στα Χανιά	15:16:32	-	-
	14/06/2016 21:00 Χανιά → Πειραιάς			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Χανιά	00:11:01	0,568	3,09
	Πλεύση Χανιά-Πειραιάς	08:28:38	158,92	18,75
	Ελιγμοί πρόσδεσης στον Πειραιά	00:22:01	0,476	1,30
	Ελλιμενισμός στον Πειραιά	15:14:53	-	-

Προσέγγιση Fuel based μεθοδολογίας

Σύμφωνα με τους τύπους 5.1, 5.2 που έχουμε περιγράψει παραπάνω, αλλά και τα δεδομένα που μας δίνει ο πίνακας 5.7 (τεχνικά χαρακτηριστικά των υπό μελέτη πλοίων) προσεγγίζουμε με υπολογιστικό τρόπο την κατανάλωση καυσίμων, για κάθε ταξίδι των παραπάνω πινάκων 5.15.x και καταγράφουμε τα αποτελέσματα στους παρακάτω πίνακες. Παρόλο που δίδονται

στη βιβλιογραφία συντελεστές φορτίου, τόσο για τις κύριες όσο και για τις βοηθητικές μηχανές, παρατηρούμε από τα διαθέσιμα δεδομένα, ότι αυτό έχει μεγάλη αβεβαιότητα, κυρίως λόγω την ανομοιογενών βοηθητικών μηχανών (kW, SFOC) αλλά και των διαφορετικών ωρών λειτουργίας και διαφορετικού φορτίου, σε καθε μηχανή κατά τη διάρκεια ενός πλήρους ταξιδιού.

Τον συντελεστή φορτίου για τις κύριες μηχανές θα τον υπολογίσουμε βασιζόμενοι σε εκτιμήσεις μας καθώς και στον πίνακα 5.6 (όσο αφορά τη φάση των ελιγμών), ενώ για τη φάση της πλεύσης, θα τον υπολογίσουμε από την μέση ταχύτητα πλεύσης σε σχέση με τη μέγιστη ταχύτητα. Για τις βοηθητικές μηχανές, θα τον προσεγγίσουμε υπολογιστικά βασιζόμενοι στον πίνακα 5.6, αλλά και σε εκτιμήσεις μας.

Πίνακας 5.16.1 Κατανάλωση καυσίμου επιλεγμένων ταξιδιών πλοίου F/B ELYROS

Πλοίο	Ταξίδι Λειτουργική φάση	Κύριες Μηχανές		Βοηθ.Μηχανές
		Συντελεστής φορτίου	Κατανά- λωση (Ton)	Μέσος συντελ. φορτίου
F/B ELYROS	28/12/2017 21:00 Πειραιάς → Χανιά			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Πειραιά	0,20	0,135	0,3
	Πλεύση Πειραιά-Χανιά	0,75	28,448	0,3
	Ελιγμοί πρόσδεσης στα Χανιά	0,20	0,210	0,3
	Ελλιμενισμός στα Χανιά	-	0	0,3
			28,793	3,986
	Σύνολο κατανάλωσης ταξιδιού (Ton) = 32,779			
	29/12/2017 21:00 Χανιά → Πειραιάς			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Χανιά	0,20	0,105	0,3
	Πλεύση Χανιά-Πειραιά	0,75	28,467	0,3
	Ελιγμοί πρόσδεσης στον Πειραιά	0,20	0,255	0,3
	Ελλιμενισμός στον Πειραιά	-	0	0,3
			28,717	3,986
	Σύνολο κατανάλωσης ταξιδιού (Ton) = 32,703			

Πίνακας 5.16.2 : Κατανάλωση καυσίμου επιλεγμένων ταξιδιών πλοίων F/B KYDON, F/B BLUEGALAXY

Πλοίο	Ταξίδι Λειτουργική φάση	Κύριες Μηχανές		Βοηθ.Μηχανές
		Συντελεστής φορτίου	Κατανά- λωση (Ton)	Μέσος συντελ. φορτίου
F/B KYDON F/B BLUE GALAXY	18/09/2016 21:00 Πειραιάς → Χανιά			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Πειραιά	0,20	0,120	0,45
	Πλεύση Πειραιά-Χανιά	0,75	28,336	0,45
	Ελιγμοί πρόσδεσης στα Χανιά	0,10	0,135	0,45
	Ελλιμενισμός στα Χανιά	-	0	0,45
			28,591	3,405
	Σύνολο κατανάλωσης ταξιδιού (Ton) = 32,850			
	19/09/2016 21:00 Χανιά → Πειραιάς			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Χανιά	0,20	0,060	0,45
	Πλεύση Χανιά-Πειραιά	0,75	28,335	0,45
	Ελιγμοί πρόσδεσης στον Πειραιά	0,10	0,128	0,45
	Ελλιμενισμός στον Πειραιά	-	0	0,45
			28,523	3,405
	Σύνολο κατανάλωσης ταξιδιού (Ton) = 32,782			

Πίνακας 5.16.3 : Κατανάλωση καυσίμου επιλεγμένων ταξιδιών πλοίου F/B EL.VENIZELOS

Πλοίο	Ταξίδι Λειτουργική φάση	Κύριες Μηχανές		Βοηθ.Μηχανές
		Συντελεστής φορτίου	Κατανάλωση (Ton)	Μέσος συντελ. φορτίου
F/B EL.VENIZELOS	06/05/2017 21:00 Πειραιάς → Χανιά			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Πειραιά	0.20	0,124	0,3
	Πλεύση Πειραιάς-Χανιά	0,65	37,100	0,3
	Ελιγμοί πρόσδεσης στα Χανιά	0,10	0,103	0,3
	Ελλιμενισμός στα Χανιά	-	0	0,3
			37,327	4,216
	Σύνολο κατανάλωσης ταξιδιού (Ton) = 41,543			
	07/05/2017 21:00 Χανιά → Πειραιάς			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Χανιά	0.20	0,062	0,3
	Πλεύση Χανιά-Πειραιάς	0,65	36,810	0,3
	Ελιγμοί πρόσδεσης στον Πειραιά	0,10	0,175	0,3
	Ελλιμενισμός στον Πειραιά	-	0	0,3
			37,047	4,216
	Σύνολο κατανάλωσης ταξιδιού (Ton) = 41,263			

Πίνακας 5.16.4 : Κατανάλωση καυσίμου επιλεγμένων ταξιδιών πλοίων F/B KRITI I, F/B KRITI II

Πλοίο	Ταξίδι Λειτουργική φάση	Κύριες Μηχανές		Βοηθ.Μηχανές
		Συντελεστής φορτίου	Κατανάλωση (Ton)	Μέσος συντελ. φορτίου
F/B KRITI I F/B KRITI II	13/06/2016 21:00 Πειραιάς → Χανιά			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Πειραιά	0,20	0,198	0,3
	Πλεύση Πειραιάς-Χανιά	0.75	27,812	0.3
	Ελιγμοί πρόσδεσης στα Χανιά	0.10	0,145	0.3
	Ελλιμενισμός στα Χανιά	-	0	0.3
			28,155	3,337
	Σύνολο κατανάλωσης ταξιδιού (Ton) = 31,492			
	14/06/2016 21:00 Χανιά → Πειραιάς			
	Ελιγμοί αναχώρησης από Χανιά	0,20	0,168	0,3
	Πλεύση Χανιά-Πειραιάς	0.75	29,030	0.3
	Ελιγμοί πρόσδεσης στον Πειραιά	0.10	0,168	0.3
	Ελλιμενισμός στον Πειραιά	-	0	0.3
			29,366	3,337
	Σύνολο κατανάλωσης ταξιδιού (Ton) = 32,703			

Προσέγγιση αναλυτικού υπολογισμού – Activity based

Για τον αναλυτικό υπολογισμό των εκπομπών αερίων ρύπων, απαιτούνται τα παρακάτω στάδια, έχοντας γνωστή την ονομαστική ισχύ του κινητήρα (Μοσχόπουλος, 2016):

1. Καταγραφή δεδομένων: Για κάθε ταξίδι που θα κάνουμε υπολογισμούς (πίνακας 5.14) συγκεντρώνουμε στοιχεία σύμφωνα με τον πίνακα 5.12, που περιέχει τα δεδομένα ημερομηνία-ώρα, γεωγραφικό μήκος, πλάτος, ταχύτητα, σε κάθε σημείο,
2. Καθορισμός της διαδρομής και απόστασης: Από μελέτη των παραπάνω δεδομένων και από υπολογισμούς που κάνουμε (σύμφωνα με την παράγραφο «εφαρμογή της

υπολογιστικής μεθόδου» που περιγράψαμε παραπάνω) βρίσκουμε την απόσταση που διανύθηκε και τον χρόνο διάρκειας της κάθε λειτουργικής φάσης.

3. Προσδιορισμός συντελεστών εκπομπών αερίων ρύπων: Ο προσδιορισμός των συντελεστών εκπομπών αερίων ρύπων, μπορεί να γίνει γνωρίζοντας την ονομαστική ισχύ του κινητήρα και το επίπεδο ελέγχου των εκπομπών του.

Στις παραπάνω παραγράφους έχουμε υλοποιήσει τα δύο πρώτα στάδια, τα οποία έχουν απεικονιστεί στους πίνακες 5.12 και 5.15.x ενώ στον πίνακα 5.8 έχουμε προσδιορίσει τους συντελεστές εκπομπών σε gr/kWh. Όπως βλέπουμε και από τη σχέση 5.5, που θα εφαρμόσουμε για να υπολογίσουμε τους αέριους ρύπους, θα πρέπει να υπολογίσουμε την απαιτούμενη ενέργεια (kWh) σε κάθε λειτουργική φάση. Αυτή υπολογίζεται από την σχέση 5.2 (την επαναλαμβάνουμε παρακάτω) η οποία είναι μέρος της 5.5 και τα αποτελέσματα τα καταγράφουμε στους πίνακες 5.17.1, 5.17.2, 5.17.3, 5.17.4.

$$E_{j,k} = T_j \cdot P_k \cdot LF_{j,k}$$

όπου : $E_{j,k}$ = ενέργεια σε κάθε φάση λειτουργίας των κινητήρων (σε kWh),

j = η φάση λειτουργίας του πλοίου (πορεία, ελλιμενισμός, ελιγμοί),

k = κατηγορία κινητήρα (κύριοι, βοηθητικοί),

LF = συντελεστής φορτίου κινητήρα,

P = ονομαστική ισχύς κινητήρα (kW),

T = χρόνος παραμονής σε κάθε λειτουργική φάση (h),

Πίνακας 5.17.1 : Λειτουργικές φάσεις επιλεγμένων ταξιδιών πλοίου F/B ELYROS

F/B ELYROS							
Ονομαστική ισχύ Κύριων μηχανών: 13093 x2=26186 kW, Βοηθητικών μηχανών: 1324 x2 + 1500 = 4148 kW							
Ταξίδι Λειτουργική φάση	Διάρκεια (h)	Κύριες Μηχανές			Βοηθ.Μηχανές		
		LF	kW	kWh	LF	kW	kWh
28/12/2017 21:00 Πειραιάς → Χανιά							
Ελιγμοί αναχώρησης από Πειραιά	00:09:00	0,20	5237,2	785,6	0,30	1244,4	186,7
Πλεύση Πειραιά-Χανιά	08:25:18	0,75	19639,5	165397,3	0,30	1244,4	10479,9
Ελιγμοί πρόσδεσης στα Χανιά	00:14:01	0,20	5237,2	1223,5	0,30	1244,4	290,7
Ελλιμενισμός στα Χανιά	15:12:34	-	0	0	0,30	1244,4	18926,6
				167406,4	29883,9		
				Σύνολα ταξιδιού (kWh) = 197.290,3			
29/12/2017 21:00 Χανιά → Πειραιάς							
Ελιγμοί αναχώρησης από Χανιά	00:07:00	0,20	5237,2	611,0	0,30	1244,4	145,2
Πλεύση Χανιά-Πειραιά	08:25:38	0,75	19639,5	165506,4	0,30	1244,4	10486,8
Ελιγμοί πρόσδεσης στον Πειραιά	00:17:00	0,20	5237,2	1483,9	0,30	1244,4	352,6
Ελλιμενισμός στον Πειραιά	15:04:12	-	0	0,0	0,30	1244,4	18753,1
				167601,3	29737,7		
				Σύνολα ταξιδιού (kWh) = 197.339,0			

Πίνακας 5.17.2 : Λειτουργικές φάσεις επιλεγμένων ταξιδιών πλοίων F/B KYDON, F/B BLUE GALAXY

F/B KYDON – F/B BLUE GALAXY							
Ονομαστική ισχύ Κύριων μηχανών: 13093 x2=26186 kW, Βοηθητικών μηχανών: 1103 x3 = 3309 kW							
Ταξίδι Λειτουργική φάση	Διάρκεια (h)	Κύριες Μηχανές			Βοηθ.Μηχανές		
		LF	kW	kWh	LF	kW	kWh
18/09/2016 21:00 Πειραιάς → Χανιά							
Ελιγμοί αναχώρησης από Πειραιά	00:08:00	0,20	5237,2	785,6	0,45	1489,1	223,4
Πλεύση Πειραιά-Χανιά	08:23:18	0,75	19639,5	165397,3	0,45	1489,1	12540,3
Ελιγμοί πρόσδεσης στα Χανιά	00:18:00	0,10	2618,6	611,7	0,45	1489,1	347,9
Ελλιμενισμός στα Χανιά	15:01:52	-	0	0,0	0,45	1489,1	22647,6
				166794,6	35759,1		
Σύνολα ταξιδιού (kWh) = 202.553,8							
19/09/2016 21:00 Χανιά → Πειραιάς							
Ελιγμοί αναχώρησης από Χανιά	00:04:00	0,20	5237,2	611,0	0,45	1489,1	173,7
Πλεύση Χανιά-Πειραιά	08:23:17	0,75	19639,5	165506,4	0,45	1489,1	12548,6
Ελιγμοί πρόσδεσης στον Πειραιά	00:17:00	0,10	2618,6	741,9	0,45	1489,1	421,9
Ελλιμενισμός στον Πειραιά	15:29:52	-	0	0,0	0,45	1489,1	22440,0
				166859,4	35584,2		
Σύνολα ταξιδιού (kWh) = 202.443,5							

Πίνακας 5.17.3 : Λειτουργικές φάσεις επιλεγμένων ταξιδιών πλοίου F/B EL.VENIZELOS

F/B EL.VENIZELOS							
Ονομαστική ισχύ Κύριων μηχανών: 7457 x4=29828 kW, Βοηθητικών μηχανών: 1181 x2 + 1540 x3 = 6982 kW							
Ταξίδι Λειτουργική φάση	Διάρκεια (h)	Κύριες Μηχανές			Βοηθ.Μηχανές		
		LF	kW	kWh	LF	kW	kWh
06/05/2017 21:00 Πειραιάς → Χανιά							
Ελιγμοί αναχώρησης από Πειραιά Πλεύση Πειραιά-Χανιά Ελιγμοί πρόσδεσης στα Χανιά Ελλιμενισμός στα Χανιά	00:06:01	0,20	5965,6	598,2	0,30	2094,6	210,0
	09:14:39	0,65	19388,2	179227,8	0,30	2094,6	19362,8
	00:10:01	0,10	2982,8	498,0	0,30	2094,6	349,7
	14:25:50	-	0	0,0	0,30	2094,6	30226,2
	180323,9						50148,8
Σύνολα ταξιδιού (kWh) = 230.472,7							
07/05/2017 21:00 Χανιά → Πειραιάς							
Ελιγμοί αναχώρησης από Χανιά Πλεύση Χανιά-Πειραιά Ελιγμοί πρόσδεσης στον Πειραιά Ελλιμενισμός στον Πειραιά	00:03:01	0,20	5965,6	299,9	0,30	2094,6	105,3
	09:10:19	0,65	19388,2	177827,5	0,30	2094,6	19211,6
	00:17:01	0,10	2982,8	846,0	0,30	2094,6	594,1
	14:25:50	-	0	0,0	0,30	2094,6	30226,2
	178973,4						50137,2
Σύνολα ταξιδιού (kWh) = 229.110,5							

Πίνακας 5.17.4 : Λειτουργικές φάσεις επιλεγμένων ταξιδιών πλοίων F/B KRITI I, F/B KRITI II

F/B KRITI I – F/B KRITI II							
Ονομαστική ισχύ Κύριων μηχανών: 11768 x2=23536 kW, Βοηθητικών μηχανών: 1400 x3 = 4200 kW							
Ταξίδι Λειτουργική φάση	Διάρκεια (h)	Κύριες Μηχανές			Βοηθ.Μηχανές		
		LF	kW	kWh	LF	kW	kWh
13/06/2016 21:00 Πειραιάς → Χανιά							
Ελιγμοί αναχώρησης από Πειραιά	00:13:01	0,20	4707,2	1021,2	0,30	1260,0	273,4
Πλεύση Πειραιά-Χανιά	08:07:17	0,75	17652	143358,8	0,30	1260,0	10233,0
Ελιγμοί πρόσδεσης στα Χανιά	00:19:01	0,10	2353,6	746,0	0,30	1260,0	399,4
Ελλιμενισμός στα Χανιά	15:16:32	-	0	0,0	0,30	1260,0	19247,2
				145125,9	30152,9		
				Σύνολα ταξιδιού (kWh) = 175.278,8			
14/06/2016 21:00 Χανιά → Πειραιάς							
Ελιγμοί αναχώρησης από Χανιά	00:11:01	0,20	4707,2	864,3	0,30	1260,0	231,4
Πλεύση Χανιά-Πειραιά	08:28:38	0,75	17652	149639,9	0,30	1260,0	10681,3
Ελιγμοί πρόσδεσης στον Πειραιά	00:22:01	0,10	2353,6	863,6	0,30	1260,0	462,4
Ελλιμενισμός στον Πειραιά	15:14:53	-	0	0,0	0,30	1260,0	19212,6
				151367,9	30587,6		
				Σύνολα ταξιδιού (kWh) = 181.955,4			

5.8 Αποτελέσματα Μελέτης

Κατόπιν όλων των ανωτέρω υπολογισμών που αποτυπώθηκαν στους πίνακες 5.16.x και 5.17.x ανακεφαλαιώνουμε ανά ταξίδι και πλοίο στον παρακάτω πίνακα 5.18 και κατόπιν συγκεντρώνουμε τα αποτελέσματα γραμμής Χανίων, στον πίνακα 5.19. Όπως έχουμε αναφέρει στην παράγραφο “5.3 Αντικείμενο της μελέτης”, θα ακολουθήσουμε την ίδια ακριβώς μεθοδολογία και για τη γραμμή Ηρακλείου, συγκεντρώνοντας τα αποτελέσματα γραμμής Ηρακλείου (για όλα τα πλοία, όλων των εταιρειών που δραστηριοποιήθηκαν στη γραμμή) στον πίνακα 5.19.

Διαιρώντας τα σύνολα γραμμής (ενέργεια / κατανάλωση) μπορούμε να βρούμε την τυπική κατανάλωση, κάτι που φαίνεται στην τελευταία στήλη του πίνακα 5.19.

Πίνακας 5.18 : Συγκεντρωτικός πίνακας απαιτούμενης ενέργειας και κατανάλωσης των πλοίων στα επιλεγμένα ταξίδια γραμμής Χανίων

Πλοίο	Ταξίδι / Πλήθος ταξιδιών		Κύριες μηχανές		Βοηθ. μηχανές		Σύνολα ταξιδιού		Γενικά Σύνολα	
			Ενέργεια (kWh)	Κατανάλωση (Ton)	Ενέργεια (kWh)	Κατανάλωση (Ton)	Ενέργεια (kWh)	Κατανάλωση (Ton)	Ενέργεια (kWh)	Κατανάλωση (Ton)
F/B ELYROS	28/12/2017 21:00 Πειραιά→Χανιά	221	167406,4	28,793	29883,9	3,986	197290,3	32,779	43601156,3	7244,159
	29/12/2017 21:00 Χανιά→Πειραιά	219	167601,3	28,717	29737,7	3,986	197339,0	32,703	43217241,0	7161,957
	Σύνολα πλοίου	440	335.007,7	57,510	59.621,6	7,972	394.629,3	65,482	86.818.397,3	14.406,116
F/B KYDON FB/BLUE GALAXY	18/09/2016 21:00 Πειραιά→Χανιά	442	166794,6	28,591	35759,1	3,405	202553,7	31,996	89528735,4	14142,232
	19/06/2016 21:00 Χανιά→Πειραιά	442	166859,4	28,523	35584,2	3,405	202443,6	31,928	89480071,2	14112,176
	Σύνολα πλοίου	884	333.654,0	57,114	71.343,3	6,810	404.997,3	63,924	179.008.806,6	28.254,408
F/B EL.VENIZELOS	06/05/2017 21:00 Πειραιά→Χανιά	113	180323,9	37,327	50148,8	4,216	230472,7	41,543	26043415,1	4694,359
	07/05/2017 21:00 Χανιά→Πειραιά	114	178973,4	37,047	50137,2	4,216	229110,6	41,263	26118608,4	4703,982
	Σύνολα πλοίου	227	359.297,3	74,374	100.286,0	8,432	459.583,3	82,806	52.162.023,5	9.398,341
F/B KRITI I F/B KRITI II	13/06/2016 21:00 Πειραιά→Χανιά	12	145125,9	28,155	30152,9	3,337	175278,8	31,492	2103345,6	377,904
	14/06/2016 21:00 Χανιά→Πειραιά	11	151367,9	29,366	30587,6	3,337	181955,5	32,703	2001510,5	359,733
	Σύνολα πλοίου	23	296.493,8	57,521	60.740,5	6,674	357.234,3	64,195	4.104.856,1	737,637
Γενικά σύνολα		1574	1.324.452,8	246,519	291.991,4	29,888	1.616.444,2	276,407	322.094.083,5	52.796,502

Πίνακας 5.19 : Συγκεντρωτικός πίνακας υπολογισμένης ενέργειας και κατανάλωσης ανά δρομολογιακή γραμμή (έτη 2016 και 2017)

Δρομολογιακή γραμμή / Πλήθος ταξιδιών		Κύριες μηχανές		Βοηθ. μηχανές		Σύνολο		Μέση Τυπική κατανάλωση (Kg/kWh)
		Ενέργεια (kWh)	Κατανάλωση (Ton)	Ενέργεια (kWh)	Κατανάλωση (Ton)	Ενέργεια (kWh)	Κατανάλωση (Ton)	
Πειραιά→Χανιά	788	132.838.139,1	23.556,286	28.438.513,3	2.902,368	161.276.652,4	26.458,654	0,164
Χανιά→Πειραιά	786	132.524.554,0	23.442,573	28.292.877,1	2.895,275	160.817.431,1	26.337,848	0,164
Σύνολα γραμμής	1574	265.362.693,1	46.998,859	56.731.390,4	5.797,643	322.094.083,5	52.796,502	0,164
Πειραιά→Ηράκλειο	1439	313.669.592,8	56.233,419	58.596.060,1	6.015,489	372.265.652,9	62.248,908	0,167
Ηράκλειο→Πειραιά	1439	320.938.419,4	57.482,224	58.228.611,3	6.015,489	379.167.030,7	63.497,713	0,167
Σύνολα γραμμής	2878	634.608.012,2	113.715,643	116.824.671,4	12.030,978	751.432.683,6	125.746,621	0,167
Γενικά Σύνολα	4452	899.970.705,3	160.714,502	173.556.061,8	17.828,621	1.073.526.767,1	178.543,123	0,166

Για να υπολογίσουμε τους αέριους ρύπους, θα χρησιμοποιήσουμε τη σχέση 5.4 (χρησιμοποιώντας την υπολογισμένη κατανάλωση καυσίμου) και την 5.5 (χρησιμοποιώντας την υπολογισμένη ενέργεια). Όπως έχουμε αναπτύξει σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα πλοία κυρίως για λόγους οικονομίας, καταναλώνουν διαφορετικά καύσιμα ανάλογα τη λειτουργική τους φάση, αλλά και με τις δυνατότητες που παρέχουν οι κανονισμοί ή η νομοθεσία (ευρωπαϊκή, εθνική). Πιο συγκεκριμένα :

- Οι **κύριες μηχανές** πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμο LSFO<S=1.5% 2 ώρες πριν τον κατάπλου σε λιμάνι και μέχρι την παύση λειτουργίας τους (περίπτωση ελλιμενισμού) καθώς και από την εκκίνηση τους μέχρι 2 ώρες μετά τον απόπλου από το λιμάνι. Τις υπόλοιπες ώρες, μπορούν να καταναλώνουν πιο οικονομικό καύσιμο με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο έως 3.5%. Υπολογίζοντας τη μέση ωριαία κατανάλωση κατά την πλεύση και αφαιρώντας κατανάλωση 4 ωρών (απο την κατανάλωση της πλεύσης, πίνακες 5.16.x), βρίσκουμε την κατανάλωση σε LSFO<S=3.5%. Αφαιρώντας απο το σύνολο της κατανάλωσης των κύριων μηχανών, βρίσκουμε την κατανάλωση σε LSFO<S=1.5%
- Οι **βοηθητικές μηχανές** πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμο MGO<S=0,1% 2 ώρες πριν τον κατάπλου σε λιμάνι. Εφόσον η παραμονή στο λιμάνι είναι μεγαλύτερη από 4 ώρες (ισχύει στα πλοία της περίπτωσης μας) θα πρέπει να χρησιμοποιεί καύσιμο MGO καθ' όλη τη διάρκεια του ελλιμενισμού και μέχρι 2 ώρες μετά τον απόπλου από το λιμάνι. Υπολογίζοντας τη μέση ωριαία κατανάλωση σε όλο το ταξίδι (αφού στους πίνακες 5.16.x έχουμε υπολογίσει το σύνολο της κατανάλωσης των βοηθητικών μηχανών) και αφαιρώντας κατανάλωση 4 ωρών (απο το σύνολο

της κατανάλωσης των βοηθητικών μηχανών) βρίσκουμε την κατανάλωση σε $MGO < S = 0.1\%$. Η υπόλοιπη ποσότητα θεωρούμε ότι είναι $LSFO < S = 3.5\%$

Επειδή υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με τον χρόνο που γίνεται η αλλαγή καυσίμου από το προσωπικό του πλοίου κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, αυτό δεν μπορεί από το να προσεγγιστεί κατ' εκτίμηση. Οπότε οι πίνακες 5.16.x συγκεντρώνονται ως εξής :

Πίνακας 5.20 : Συγκεντρωτικός πίνακας απαιτούμενης κατανάλωσης ανά τύπο καυσίμου των πλοίων στα επιλεγμένα ταξίδια της γραμμής Χανίων

Ταξίδι Χρόνος λειτουργίας με καύσιμο υψηλής περιεκτικότητας σε θείο Πλήθος ταξιδιών			Κύριες μηχανές Κατανάλωση (Ton)		Βοηθ. Μηχανές Κατανάλωση (Ton)		Σύνολα ταξιδιού			Γενικά Σύνολα		
			LSFO <S=1.5%	LSFO <S=3,5%	MGO <S=0,1%	LSFO <S=3,5%	MGO <S=0,1%	LSFO <S=1.5%	LSFO <S=3,5%	MGO <S=0,1%	LSFO <S=1.5%	LSFO <S=3,5%
F/B ELYROS (2 x 13093kW, SFOC: 172 gr/kWh)												
28/12/2017 21:00 Πειραιά→Χανιά	04:25:18	221	13,857	14,936	3,252	0,734	3,252	13,857	15,670	718,611	3062,397	3463,151
29/12/2017 21:00 Χανιά→Πειραιά	04:25:38	219	13,762	14,955	3,251	0,735	3,251	13,762	15,690	711,906	3013,878	3436,173
Σύνολα πλοίου		440	27,619	29,891	6,503	1,469	6,503	27,619	31,360	1.430,517	6.076,275	6.899,324
F/B KYDON - FB/BLUE GALAXY (2 x 13093kW, SFOC: 172 gr/kWh)												
18/09/2016 21:00 Πειραιά→Χανιά	04:23:18	442	13,767	14,824	2,782	0,623	2,782	13,767	15,447	1.229,823	6.085,014	6.827,395
19/06/2016 21:00 Χανιά→Πειραιά	04:23:17	442	13,700	14,823	2,782	0,623	2,782	13,700	15,446	1.229,841	6.055,400	6.826,935
Σύνολα πλοίου		884	27,467	29,647	5,564	1,246	5,564	27,467	30,893	2.459,664	12.140,414	13.654,330
F/B EL.VENIZELOS (4 x 7457kW, SFOC: 207 gr/kWh)												
06/05/2017 21:00 Πειραιά→Χανιά	05:14:39	113	21,763	15,564	3,295	0,921	3,295	21,763	16,485	372,310	2.459,219	1.862,830
07/05/2017 21:00 Χανιά→Πειραιά	05:10:19	114	21,698	15,349	3,307	0,909	3,307	21,698	16,258	377,051	2.473,572	1.853,359
Σύνολα πλοίου		227	43,461	30,913	6,602	1,830	6,602	43,461	32,743	749,361	4.932,791	3.716,189
F/B KRITI I - F/B KRITI II (2 x 11768kW, SFOC: 194 gr/kWh)												
13/06/2016 21:00 Πειραιά→Χανιά	04:07:17	12	14,233	13,922	2,764	0,573	2,764	14,233	14,495	33,167	170,796	173,941
14/06/2016 21:00 Χανιά→Πειραιά	04:28:38	11	14,242	15,124	2,714	0,623	2,714	14,242	15,747	29,859	156,662	173,212
Σύνολα πλοίου		23	28,475	29,046	5,478	1,196	5,478	28,475	30,242	63,026	327,458	347,153
Γενικά Σύνολα πλοίων γραμμής Χανίων		1574	127,022	119,497	24,147	5,741	24,147	127,022	125,238	4.702,568	23.476,938	24.616,996

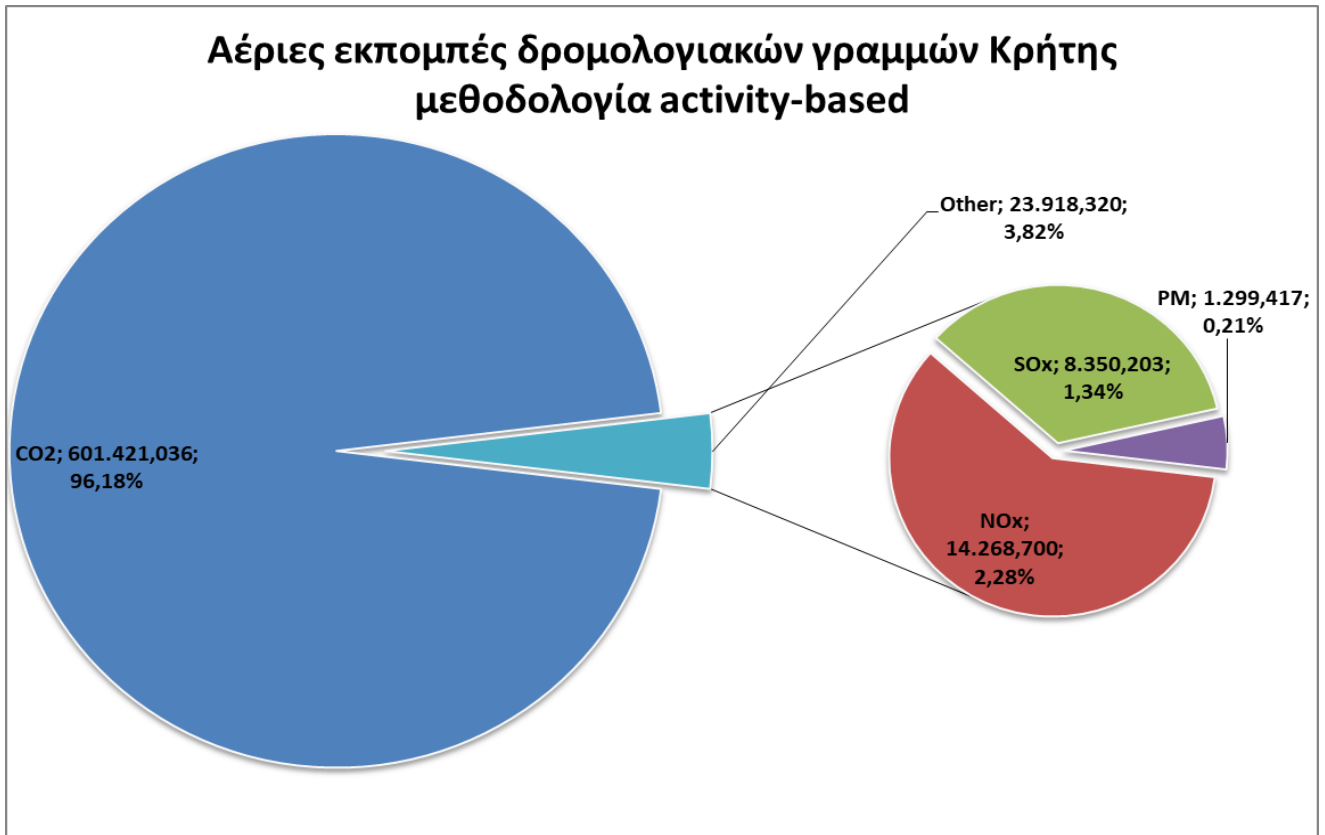
Πίνακας 5.21 : Συγκεντρωτικός πίνακας κατανάλωσης ανά τύπο καυσίμου στη γραμμή Χανίων (έτη 2016 και 2017)

Ταξίδι / Πλήθος ταξιδιών		Κύριες μηχανές Κατανάλωση (Ton)		Βοηθητικές Μηχανές Κατανάλωση (Ton)		Σύνολα ταξιδιού (Ton)			Γενικά Σύνολα (Ton)		
		LSFO <S=1.5%	LSFO <S=3,5%	MGO <S=0,1%	LSFO <S=3,5%	MGO <S=0,1%	LSFO <S=1.5%	LSFO <S=3,5%	MGO <S=0,1%	LSFO <S=1.5%	LSFO <S=3,5%
Πειραιά→Χανιά	788	63,620	59,246	12,093	2,851	12,093	63,620	62,097	2.353,911	11.777,426	12.327,317
Χανιά→Πειραιά	786	63,402	60,251	12,055	2,889	12,055	63,402	63,140	2.348,656	11.699,512	12.289,680
Σύνολα γραμμής Χανίων	1574	127,022	119,497	24,148	5,740	24,148	127,022	125,237	4.702,568	23.476,938	24.616,996

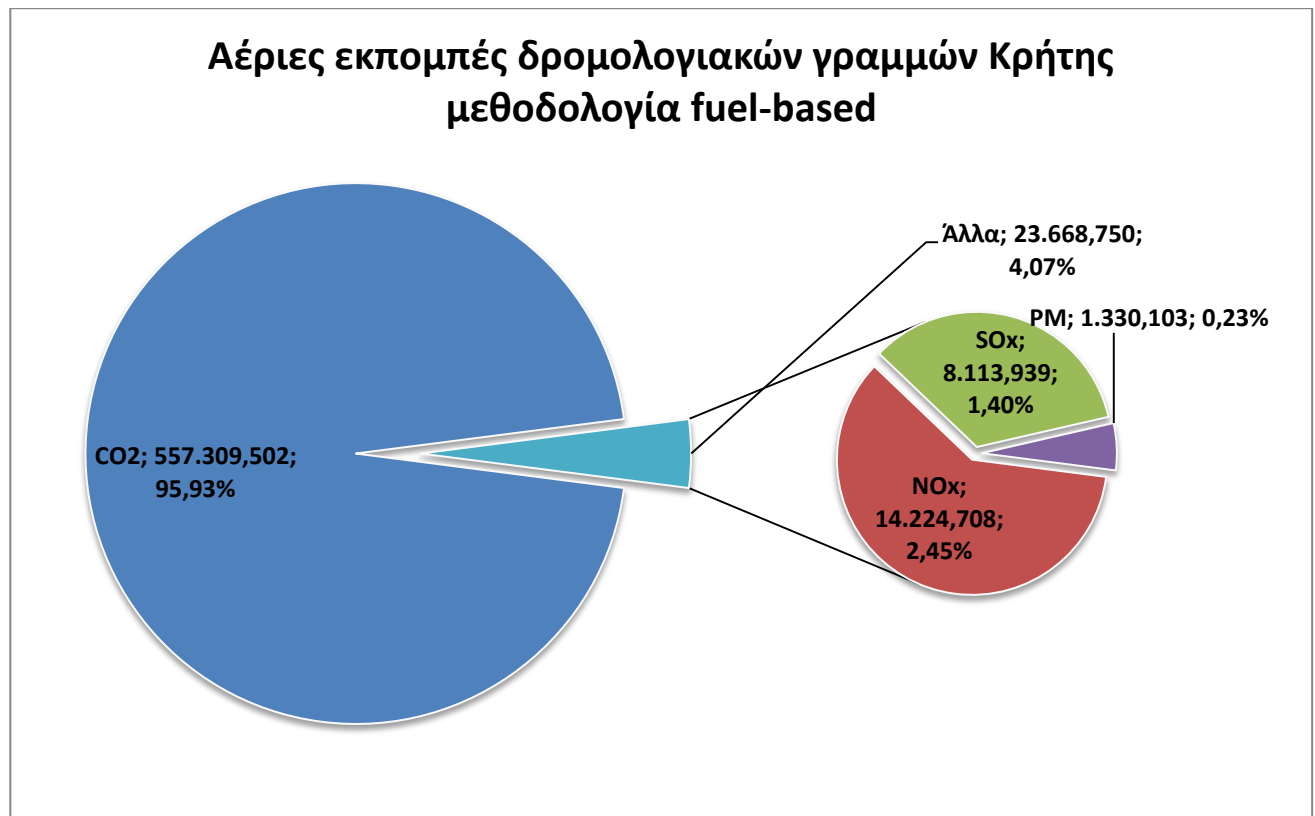
Οι υπολογισμένοι αέριοι ρύποι παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα, ενώ στις εικόνες 5.8 και 5.9 κάνουμε γραφική απεικόνιση αυτών :

Πίνακας 5.22 : Συγκεντρωτικός πίνακας υπολογισμένων αερίων ρύπων ανά δρομολογιακή γραμμή (έτη 2016-2017)

Δρομολογιακή γραμμή	Activity based					Fuel based				
	Ενέργεια (kWh)	CO ₂ (Ton)	NO _x (Ton)	SO _x (Ton)	PM (Ton)	Κατανάλωση (Ton)	CO ₂ (Ton)	NO _x (Ton)	SO _x (Ton)	PM (Ton)
Χανίων-Κύριες μηχανές	265.362.693,1	146.911,022	3.579,158	2.303,769	361,114	46.998,859	146.354,447	3.710,090	2.298,184	371,832
Χανίων-Βοηθ.μηχανές	56.731.390,4	36.421,169	681,272	180,336	20,890	5.797,643	18.486,497	348,486	41,336	10,107
Σύνολα Χανίων	322.094.083,5	183.332,191	4.260,430	2.484,105	382,004	52.796,502	164.840,943	4.058,576	2.339,519	381,939
Ηρακλείου-Κύριες μηχανές	634.608.012,2	353.634,548	8.617,977	5.547,057	864,058	113.715,643	354.110,512	8.976,713	5.687,392	909,848
Ηρακλείου-Βοηθ.μηχανές	116.824.671,4	64.454,297	1.390,294	319,042	53,354	12.030,978	38.358,046	1.189,419	87,028	38,316
Σύνολα Ηρακλείου	751.432.683,6	418.088,845	10.008,270	5.866,099	917,413	125.746,621	392.468,558	10.166,132	5.774,420	948,164
Γενικά Σύνολα	1.073.526.767,1	601.421,036	14.268,700	8.350,203	1.299,417	178.543,123	557.309,502	14.224,708	8.113,939	1.330,103

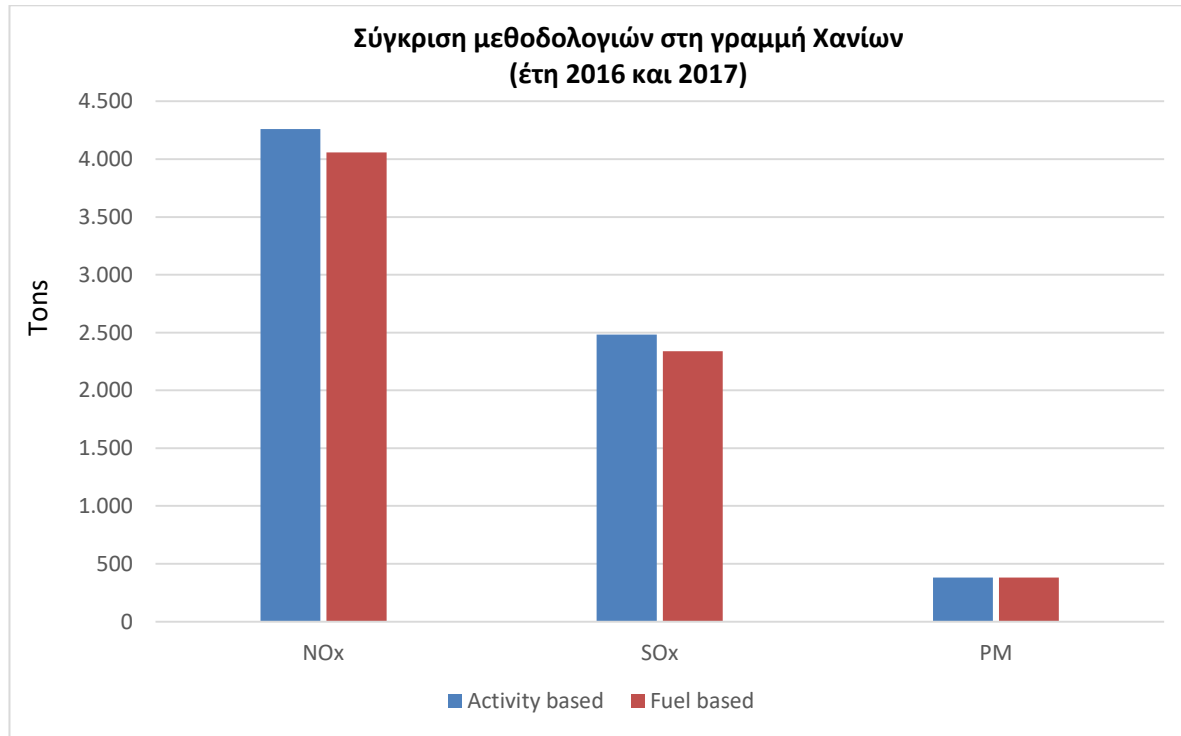


Εικόνα 5.8 : Εκπομπές αέριων ρύπων από τη ναυτιλία (έτη 2016 και 2017) στη δρομολογιακή γραμμή Κρήτης (Χανιά-Ηράκλειο, μεθοδολογία activity based)

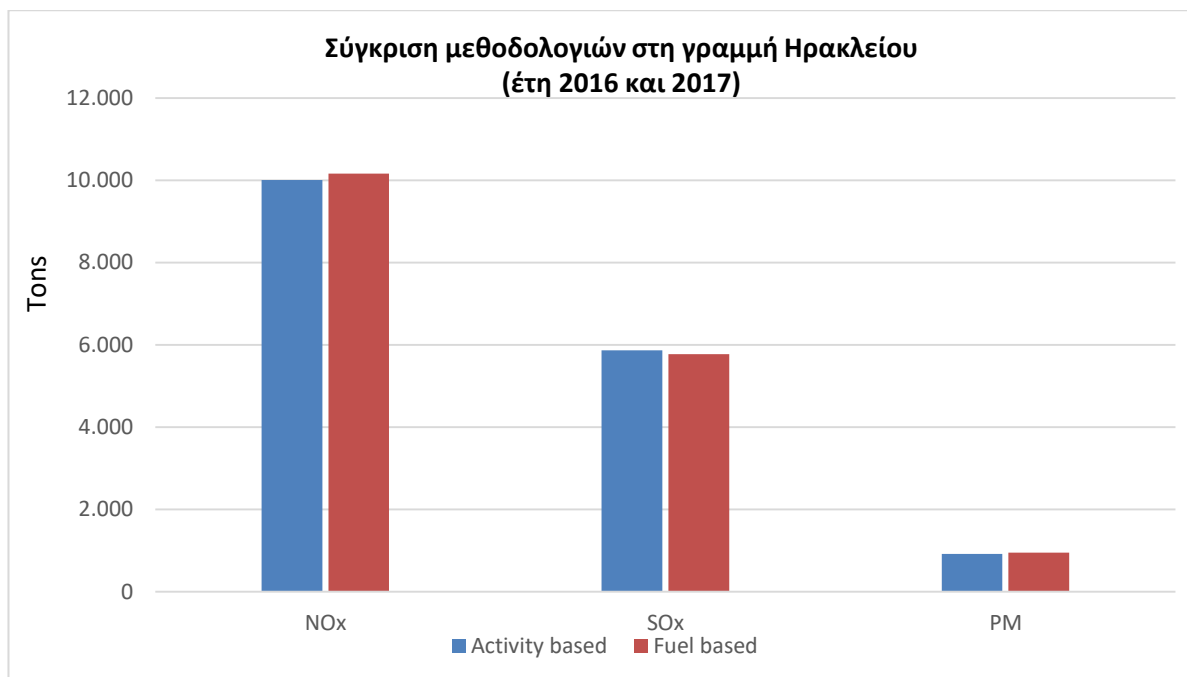


Εικόνα 5.9 : Εκπομπές αέριων ρύπων από τη ναυτιλία (έτη 2016 και 2017) στη δρομολογιακή γραμμή Κρήτης (Χανιά-Ηράκλειο, μεθοδολογία fuel based)

Στα διαγράμματα των παρακάτω εικόνων, κάνουμε μια σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τον υπολογισμό των δύο μεθοδολογιών, όπου βλέπουμε ότι σε γενικές γραμμές, δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Αυτό που παρατηρούμε, είναι ότι η fuel based μεθοδολογία, μας δίνει λίγο χαμηλότερα αποτελέσματα εκπομπής αερίων ρύπων, σε σχέση με την activity based μεθοδολογία.



Εικόνα 5.10 : Σύγκριση μεθοδολογιών υπολογισμού αέριων ρύπων από τη ναυτιλία (δρομολογιακή γραμμή Χανίων, έτη 2016 και 2017)



Εικόνα 5.11 : Σύγκριση μεθοδολογιών υπολογισμού αέριων ρύπων από τη ναυτιλία (δρομολογιακή γραμμή Ηρακλείου, έτη 2016 και 2017)

5.9 Σύγκριση αποτελεσμάτων με άλλα μέσα μεταφοράς

Από τα διαθέσιμα δεδομένα, έχουμε τη δυνατότητα να κατανείμουμε την κατανάλωση καυσίμων αλλά και την απαιτούμενη ενέργεια, ανά δραστηριότητα των πλοίων, κάτι το οποίο παρουσιάζουμε στον παρακάτω πίνακα 5.23. Με αυτό τον διαχωρισμό, μπορούμε να προσδιορίσουμε πόση ενέργεια ή καύσιμα καταναλώνονται σε κάθε λιμάνι της μελέτης μας ή αμιγώς μόνο κατά την πλεύση.

Πίνακας 5.23: Κατανομή ενέργειας/καυσίμων ανά δραστηριότητα (δρομολογιακή γραμμή Χανίων, Ηρακλείου, έτη 2016 και 2017)

Δραστηριότητα	Ελιγμοί Ελλιμενισμοί	Ενέργεια (kWh)	Κατανάλωση (Ton)		
			MGO <S=0,1%	LSFO <S=1.5%	LSFO <S=3,5%
Λιμάνι Πειραιά	2226	65.464.769,0	5.657,531	687,931	0,000
Λιμάνι Χανίων	788	19.011.503,1	1.860,057	177,890	0,000
Λιμάνι Ηρακλείου	1438	38.258.815,9	3.844,636	313,332	0,000
Πλεύση γραμμής	Ταξίδια				
Χανίων	1574	283.269.931,2	966,274	23.060,131	24.616,996
Ηρακλείου	2878	667.521.747,9	2.005,163	52.166,180	63.187,002
Σύνολα	4452	4452	1.073.526.767,1	14.333,661	76.405,464
				87.803,998	

Υπολογίζουμε τους αέριους ρύπους, σύμφωνα με τον διαχωρισμό του παραπάνω πίνακα και καταγράφουμε τα αποτελέσματα στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.24: Κατανομή αέριων ρύπων ανά δραστηριότητα (έτη 2016 και 2017)

Δραστηριότητα	Activity based				
	Ενέργεια (kWh)	CO ₂ (Ton)	NO _x (Ton)	SO _x (Ton)	PM (Ton)
Λιμάνι Πειραιά	65.464.769,0	40.869,269	820,169	400,723	53,348
Λιμάνι Χανίων (788)	19.011.503,1	15.970,319	189,333	89,709	9,129
Λιμάνι Ηρακλείου (1438)	38.258.815,9	26.286,878	450,712	209,434	25,269
Σύνολα Λιμένων	122.735.088,0	83.126,466	1.460,213	699,866	87,745
Πλεύση γραμμής					
Χανίων	283.269.931,2	156.167,798	3.795,173	2.268,752	358,484
Ηρακλείου	667.521.747,9	362.126,772	9.013,313	5.381,585	853,188
Σύνολα	950.791.679,1	518.294,570	12.808,486	7.650,337	1.211,672
Γενικά Σύνολα	1.073.526.767,1	601.421,036	14.268,700	8.350,203	1.299,417

Συγκρίνοντας τα παραπάνω αποτελέσματα, με παρεμφερή μελέτη πάνω σε κρουαζιερόπλοια για τα λιμάνια Σούδας Χανίων και Ηρακλείου (Maragkogianni, 2017) που απεικονίζουμε στον πίνακα 5.25 (NO_x, SO_x, PM) μπορούμε να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα, σχετικά με την ποσότητα των αέριων ρύπων της μελέτης μας, τους οποίους παραθέτουμε στον πίνακα 5.26.

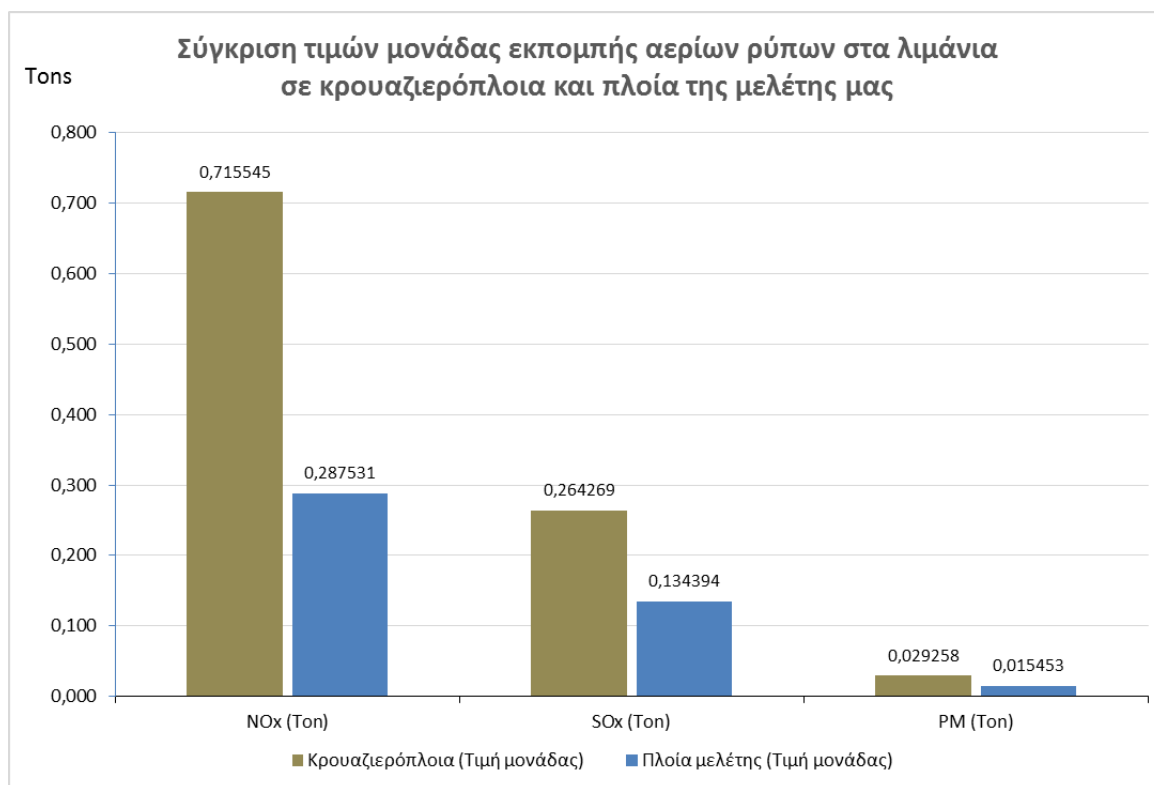
Πίνακας 5.25: Εκπομπές αέριων ρύπων από κρουαζιερόπλοια (έτη 2013 και 2014)
(Maragkogianni, 2017)

Λιμάνι	Προσεγγίσεις	NOx (Ton)	SOx (Ton)	PM (Ton)
Σούδα Χανίων	89	77,1	32,8	4,24
Ηράκλειο	342	231,3	81,1	8,37
Σύνολο	431	308,4	113,9	12,61
Τιμή μονάδας		0,715545	0,264269	0,029258

Πίνακας 5.26: Εκπομπές αέριων ρύπων γραμμής Χανίων και Ηρακλείου (έτη 2016 και 2017)

Λιμάνι	Προσεγγίσεις	NOx (Ton)	SOx (Ton)	PM (Ton)
Σούδα Χανίων	788	189,333	89,709	9,129
Ηράκλειο	1438	450,712	209,434	25,269
Σύνολο	2226	640,045	299,163	34,398
Τιμή μονάδας		0,287531	0,134394	0,015453

Από τους παραπάνω πίνακες διαπιστώνουμε ότι παρόλο που τα κρουαζιερόπλοια είχαν το 1/5 των προσεγγίσεων σε σχέση με τη μελέτη μας, εντούτοις οι εκπεμπόμενοι αέριοι ρύποι στα λιμάνια, ήταν περίπου οι μισοί. Δηλαδή, αναλογικά πολύ περισσότεροι, σε σχέση με τα πλοία της μελέτης μας, κάτι που αποτυπώνουμε γραφικά στην παρακάτω εικόνα, συγκρίνοντας τις τιμές μονάδας (λόγος εκπεμπόμενων αέριων ρύπων / προσεγγίσεις).

**Εικόνα 5.12 :** Σύγκριση τιμών μονάδας (ποσότητα ρύπου/προσεγγίσεις) εκπομπών αέριων ρύπων στα λιμάνια Χανίων και Ηρακλείου, ανάμεσα στα κρουαζιερόπλοια και τα πλοία της μελέτης μας

Αυτό συμβαίνει διότι όπως έχει αναλυθεί (Maragkogianni, 2017) τα κρουαζιερόπλοια, έχουν πολύ αυξημένες απαιτήσεις σε ενέργεια, κυρίως κατά τον ελλιμενισμό.

Επεκτείνοντας τη σύγκριση των αποτελεσμάτων μας, σε αέριους ρύπους από αεροπλάνα, αντιλαμβανόμαστε σε μεγαλύτερο βαθμό το μέγεθος της ποσότητας των αερίων ρύπων της μελέτης μας. Στους παρακάτω πίνακες 5.27, 5.28 παραθέτουμε τα αποτελέσματα της μελέτης για τις εκπομπές αερίων ρύπων από αεροπλάνα σε ετήσια βάση για τη γραμμή Χανίων και Ηρακλείου (Παλένης, 2016). Το πλήθος των πτήσεων έχει προκύψει από τα δημοσιευμένα επίσημα στατιστικά στοιχεία της Υ.Π.Α.¹⁰ για το έτος 2016 (τα στοιχεία του έτους 2017 δεν ήταν δημοσιευμένα κατά την περίοδο συγγραφής της μελέτης μας).

Πίνακας 5.27 Εκπομπές αέριων ρύπων από αεροπλάνα (Παλένης, 2016)
(σε ετήσια βάση ανά λειτουργική φάση, γραμμή Χανίων)

Δρομολόγιο	Πτήσεις		CO ₂ (Ton)	NOx (Ton)	SOx (Ton)	PM (Ton)
Αθήνα - Χανιά	3172	T/O	1.012,296	3.847,814	480,977	35,272
		Climb	264,370	1.004,890	125,611	9,211
		Cruise	8.171,427	31.060,224	3.882,528	284,719
		Approach	843,339	3.205,598	400,700	29,385
		Idle	1.138,232	4.326,506	540,813	39,660
		Σύνολο	11.429,663	43.445,032	5.430,629	398,246
Χανιά - Αθήνα	3172	T/O	1.012,296	3.847,814	480,977	35,272
		Climb	264,370	1.004,890	125,611	9,211
		Cruise	8.171,427	31.060,224	3.882,528	284,719
		Approach	843,339	3.205,598	400,700	29,385
		Idle	1.138,232	4.326,506	540,813	39,660
		Σύνολο	11.429,663	43.445,032	5.430,629	398,246
Εξωτερικό - Χανιά	6518	T/O	2.080,121	7.906,699	988,337	72,478
		Climb	543,241	2.064,902	258,113	18,928
		Cruise	16.791,098	63.824,256	7.978,032	585,056
		Approach	1.732,940	6.587,039	823,380	60,381
		Idle	2.338,901	8.890,343	1.111,293	81,495
		Σύνολο	23.486,301	89.273,239	11.159,155	818,338
Χανιά - Εξωτερικό	6517	T/O	2.079,801	7.905,486	988,186	72,467
		Climb	543,158	2.064,586	258,073	18,925
		Cruise	16.788,522	63.814,464	7.976,808	584,966
		Approach	1.732,674	6.586,028	823,254	60,372
		Idle	2.338,542	8.888,979	1.111,122	81,482
		Σύνολο	23.482,698	89.259,543	11.157,443	818,212
Γενικό Σύνολο			69.828,326	265.422,846	33.177,856	2.433,042

Πολύ σύντομα να εξηγήσουμε ότι, η φάση “T/O” (Take-Off) είναι η φάση της απογείωσης από το αεροδρόμιο αναχώρησης, ακολουθεί η φάση “Climb” που είναι η ανύψωση του

¹⁰ Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας

αεροσκάφους στο επιθυμητό ύψος πτήσης, η φάση “Cruise” που είναι η πορεία προς τον προορισμό, η φάση “Approach” που είναι η προσέγγιση-προσγείωση στο αεροδρόμιο προορισμού και τέλος η φάση “Idle” που είναι η τροχοδρόμηση και ακινητοποίηση στην άκρη του διαδρόμου προσγείωσης. Η κίνηση στο αεροδρόμιο των Χανίων (ΥΠΑ, ΥΠΑ - Αερολιμένας Χανίων, 2018) ήταν 6.253 πτήσεις εσωτερικού (αφίξεις και αναχωρήσεις) και 13.035 πτήσεις εξωτερικού (αφίξεις και αναχωρήσεις) ενώ για το αεροδρόμιο του Ηρακλείου (ΥΠΑ, 2018) ήταν 10.351 πτήσεις εσωτερικού (αφίξεις και αναχωρήσεις) και 37.453 πτήσεις εξωτερικού (αφίξεις και αναχωρήσεις).

Πίνακας 5.28 Εκπομπές αέριων ρύπων από αεροπλάνα (Παλένης, 2016)
(σε ετήσια βάση ανά λειτουργική φάση, γραμμή Ηρακλείου)

Δρομολόγιο	Πτήσεις		CO ₂ (Ton)	NOx (Ton)	SOx (Ton)	PM (Ton)
Αθήνα - Ηράκλειο	5175	T/O	1.651,523	6.277,565	784,696	57,544
		Climb	431,309	1.639,440	204,930	15,028
		Cruise	16.664,225	63.342,000	7.917,750	580,635
		Approach	1.375,877	5.229,814	653,727	47,940
		Idle	1.856,983	7.058,534	882,317	64,703
		Σύνολο	21.979,916	83.547,353	10.443,419	765,851
Ηράκλειο - Αθήνα	5176	T/O	1.651,842	6.278,778	784,847	57,556
		Climb	431,393	1.639,757	204,970	15,031
		Cruise	16.667,445	63.354,240	7.919,280	580,747
		Approach	1.376,143	5.230,824	653,853	47,949
		Idle	1.857,341	7.059,898	882,487	64,716
		Σύνολο	21.984,163	83.563,497	10.445,437	765,999
Εξωτερικό - Ηράκλειο	18726	T/O	5.976,118	22.715,687	2.839,461	208,228
		Climb	1.560,715	5.932,397	741,550	54,380
		Cruise	60.300,342	229.206,240	28.650,780	2.101,057
		Approach	4.978,680	18.924,346	2.365,543	173,473
		Idle	6.719,585	25.541,665	3.192,708	234,131
		Σύνολο	79.535,440	302.320,334	37.790,042	2.771,269
Ηράκλειο - Εξωτερικό	18727	T/O	5.976,437	22.716,900	2.839,612	208,239
		Climb	1.560,798	5.932,714	741,589	54,383
		Cruise	60.303,562	229.218,480	28.652,310	2.101,169
		Approach	4.978,946	18.925,356	2.365,670	173,482
		Idle	6.719,944	25.543,029	3.192,879	234,144
		Σύνολο	79.539,687	302.336,478	37.792,060	2.771,417
Γενικό Σύνολο			203.039,206	771.767,662	96.470,958	7.074,536

Συγκεντρώνοντας κατάλληλα τις παραπάνω λειτουργικές φάσεις, ώστε να δούμε τις ποσότητες των ρύπων στα αεροδρόμια, καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα 5.29. Στο κάθε αεροδρόμιο συγκεντρώσαμε τις φάσεις T/O και Climb των αναχωρήσεων, καθώς και Approach και Idle των αφίξεων.

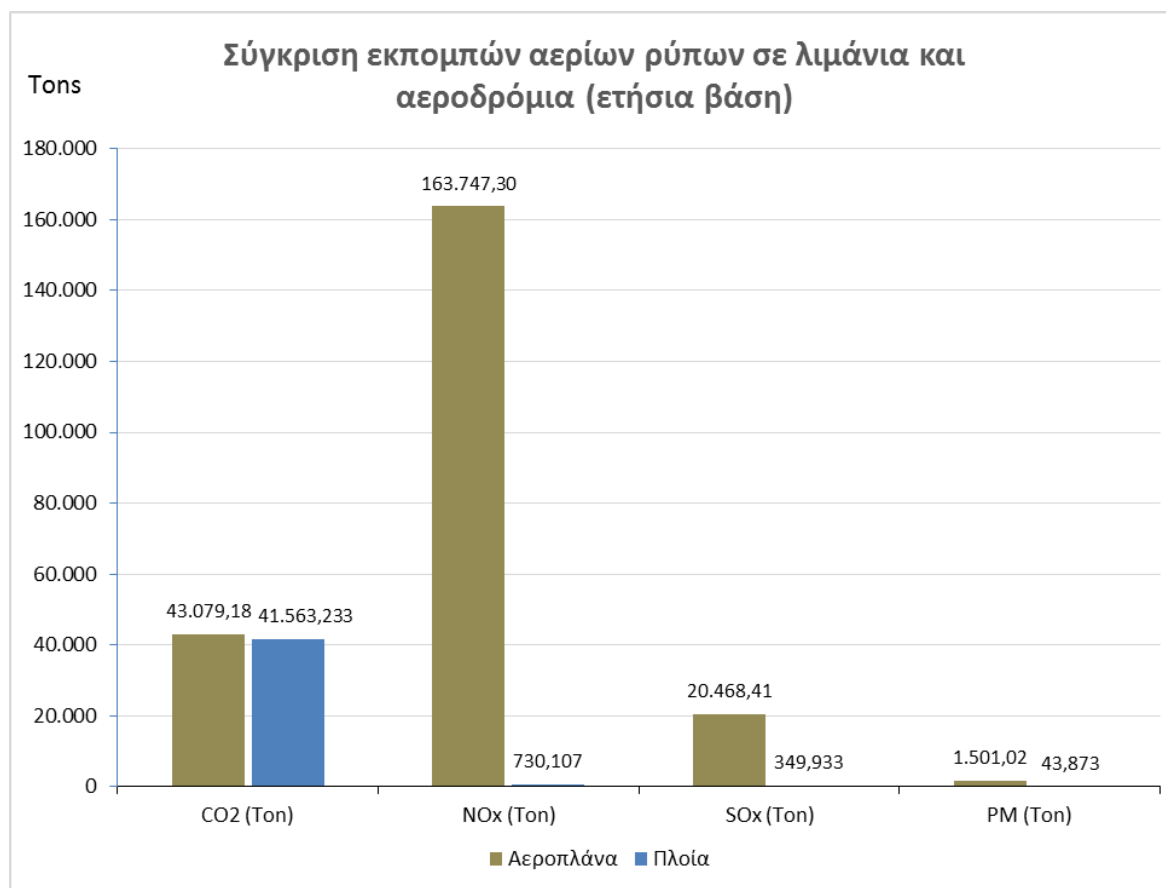
Πίνακας 5.29 Εκπομπές αέριων ρύπων από αεροπλάνα στα αεροδρόμια (σε ετήσια βάση)

Αεροδρόμιο	CO ₂ (Ton)	NO _x (Ton)	SO _x (Ton)	PM (Ton)
Αθήνα	8.574,55	32.592,53	4.074,07	298,76
Χανιά	9.953,04	37.832,26	4.729,03	346,80
Ηράκλειο	24.551,59	93.322,51	11.665,31	855,46
Σύνολο	43.079,18	163.747,30	20.468,41	1.501,02

Κάνοντας συγκρίσιμα τα δεδομένα του πίνακα 5.24 (ο οποίος έχει τα αποτελέσματα 2 ετών, οπότε παίρνουμε τις μισές ποσότητες) με αυτά του παραπάνω ετήσιου πίνακα, καταλήγουμε στον πίνακα 5.30, όπου βλέπουμε το CO₂ να είναι περίπου ίδιο για τα πλοία, αλλά οι υπόλοιποι αέριοι ρύποι, είναι κατά πολύ μικρότεροι σε σχέση με τα αεροπλάνα. Αυτό διακρίνεται με γραφικό τρόπο και στο διάγραμμα της εικόνας 5.13.

Πίνακας 5.30 Εκπομπές αέριων ρύπων από τα πλοία της μελέτης μας στα λιμάνια (σε ετήσια βάση)

Λιμάνι	CO ₂ (Ton)	NO _x (Ton)	SO _x (Ton)	PM (Ton)
Πειραιάς	20.434,635	410,085	200,362	26,674
Χανιά	7.985,160	94,667	44,855	4,565
Ηράκλειο	13.143,439	225,356	104,717	12,635
Σύνολο	41.563,233	730,107	349,933	43,873

**Εικόνα 5.13** Εκπομπές αέριων ρύπων αεροπλάνων - πλοίων (Χανιά και Ηράκλειο, σε ετήσια βάση)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα επιχειρήσουμε να κάνουμε μια οικονομοτεχνική προσέγγιση των εκπομπών αερίων ρύπων από τη ναυτιλία και τα πλοία που δραστηριοποιούνται στις δρομολογιακές γραμμές που αναλύσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Θα υπολογίσουμε τα εξωτερικά κόστη που προκύπτουν από τις επιπτώσεις των αερίων ρύπων, καθώς και το κόστος αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ από το EU ETS, σε περίπτωση επιβολής πιθανού μελλοντικού κόστους εκπομπής αερίων ρύπων στη ναυτιλία.

6.1 Εισαγωγή

Τα πλοία της ακτοπλοΐας επιτελούν σημαντικό έργο συνδέοντας αδιαλείπτως τα νησιά, με την ηπειρωτική χώρα, συμβάλλοντας τα μέγιστα στη άρση της απομόνωσης των νησιών, μεταφέροντας επιβάτες, οχήματα και εμπορεύματα. Για κάθε μεταφορά, εισπράττεται ένα αντίτιμο ναύλου (εισιτηρίου) το οποίο αποτελείται από τον καθαρό ναύλο, τις κρατήσεις υπέρ τρίτων (λιμενικά τέλη, ΟΛΠ) και το ΦΠΑ (διαφορετικός συντελεστής αν πρόκειται για επιβάτη ή όχημα). Από το διαδικτυακό τόπο των ναυτιλιακών εταιρειών, που δραστηριοποιούνται στα υπό μελέτη δρομολόγια, προκύπτουν οι παρακάτω ναύλοι επιβατών και οχημάτων :

Πίνακας 6.1 : Ναύλοι επιβατών στη γραμμή Πειραιά-Χανιά και Πειραιά-Ηράκλειο

Κατηγορία θέσης		Πειραιά-Χανιά	Πειραιά-Ηράκλειο
DTS	Οικονομική θέση	38	38
ATS	Αριθμημένα καθίσματα αεροπορικού τύπου	45	38
AB4	4κλινη εσωτερική καμπίνα	61	53
A4	4κλινη εξωτερική καμπίνα	67	65
AB3	3κλινη εσωτερική καμπίνα	61	53
A3	3κλινη εξωτερική καμπίνα	67	65
AB2	2κλινη εσωτερική καμπίνα	83	75
A2	2κλινη εξωτερική καμπίνα	92	88
LUX	Λούξ καμπίνα	101	104
AB1	Μονόκλινη εσωτερική καμπίνα	125	102
A1	Μονόκλινη εξωτερική καμπίνα	138	124
L1	Μονόκλινη λουξ καμπίνα	152	145

Πίνακας 6.2 : Ναύλοι οχημάτων στη γραμμή Πειραιά-Χανιά και Πειραιά-Ηράκλειο

Κατηγορία		Πειραιά-Χανιά	Πειραιά-Ηράκλειο
IX1	IX Αυτοκίνητο	81	84
DK1	Μοτοσυκλέτα	18	19
DKK	Μοτό 3 ή 4 τροχοί	32	32
BGT	Μπαγκαζιέρα	55	56
CRM	Τροχόσπιτο/Βάρκα/Μπαγκαζιέρα ανά μέτρο	20.5	20.5

Οι ναύλοι μεταφοράς των φορτηγών αυτοκινήτων (γενικότερα των επαγγελματικών οχημάτων) δεν είναι τόσο εύκολο να προσδιοριστούν, καθώς είναι αποτέλεσμα εμπορικών συμφωνιών ανάμεσα στις ναυτιλιακές και μεταφορικές εταιρείες. Η κατηγοριοποίηση που έχει εμπορικά επικρατήσει, είναι ανάλογα των : μήκος, αυτοκινούμενα, ρυμουλκούμενα, βαρέα μηχανήματα, λεωφορεία, τα οποία παραθέτουμε στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 6.3 : Κατηγοριοποίηση επαγγελματικών αυτοκινήτων

Είδος	Κατηγορία μήκους
Αυτοκινούμενα φορτηγά/ψυγεία	έως 5μ 5-7μ 7-9μ 9-13,5μ 13,5-16,5μ 16,5-18μ 18-22μ 22-24μ Τρέιλερ
Ρυμουλκούμενα φορτηγά/ψυγεία	έως 7μ 7-12m 12-13,5m
	Κατηγορία βάρους
Βαρέα μηχανήματα	μέγιστο βάρος έως 1 TN/μέτρο μέγιστο βάρος έως 3 TN/μέτρο μέγιστο βάρος μεγαλύτερο από 3 TN/μέτρο

Όσο αφορά το πλήθος των ταξιδευόντων επιβατών και οχημάτων, μετά τον απόπλου του πλοίου, παραδίδεται τυποποιημένη λίστα στο λιμεναρχείο, από τον εξουσιοδοτημένο (για το κάθε λιμάνι αναχώρησης) ναυτικό πράκτορα της εταιρείας,. Από εκεί, κατόπιν αιτήματος μπορούμε να παραλάβουμε τα απαιτούμενα στοιχεία για την ολοκλήρωση της μελέτης μας. Όπως αναφέραμε παραπάνω, οι επιβάτες αλλά και τα οχήματα ταξιδεύουν σε διάφορες κατηγορίες θέσεων και κατ' επέκταση με διαφορετικούς ναύλους (σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες). Εκτός από αυτό, διαφοροποίηση μπορεί να υπάρχει και από διάφορες ηλικιακές εκπτώσεις ή προσφορές εμπορικής πολιτικής που προσφέρουν οι ναυτιλιακές εταιρείες, όπως για παράδειγμα νήπια, παιδιά, πολύτεκνοι, φοιτητές, στρατιώτες, κ.α.

6.2 Συσχετισμός ποσοτήτων αερίων ρύπων με το είδος του φορτίου του πλοίου

Ο συσχετισμός των ποσοτήτων αερίων ρύπων με το είδος του φορτίου του πλοίου, μπορεί να γίνει λαμβάνοντας υπόψη και αξιολογώντας κατάλληλα, τις εξής παραμέτρους :

- Πλήθος ή ναύλοι επιβατών
- Πλήθος ή ναύλοι διαφόρων τύπων οχημάτων (εκτός επαγγελματικών)
- Πλήθος ή ναύλοι επαγγελματικών οχημάτων

Είναι αυτονόητο, ότι το φορτίο των μηχανών του πλοίου, επιβαρύνεται από το βάρος και τις ενεργειακές ανάγκες κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, όλων των παραπάνω. Για παράδειγμα, μπορεί το βάρος ενός επιβάτη να είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με το βάρος ενός φορτωμένου φορτηγού με εμπορεύματα, πλην όμως οι ενεργειακές ανάγκες του επιβάτη (παροχή ανέσεων όπως : κλιματισμός, φωτισμός, κατανάλωση ηλεκτρισμού, κυλιόμενες σκάλες, εστιατόριο κτλ) υποθέτουμε ότι εξισορροπούν κάπως αυτή τη διαφορά. Αξίζει να αναφερθεί όμως, ότι δεν ευθύνονται οι επιβάτες για άσκοπη κατανάλωση ενέργειας, επειδή

τα πλοία ενδεχομένως να μην διαθέτουν έξυπνους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας, όπως για παράδειγμα :

- αυτόματη προσωρινή παύση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στις καμπίνες, μετά την έξοδο των επιβατών από αυτές
- αυτονομία κλιματισμού στις καμπίνες και στους κοινόχρηστους χώρους, με επιλογή επιθυμητής θερμοκρασίας
- αυτόματη ενεργοποίηση και απενεργοποίηση κυλιόμενης σκάλας,
- Εναλλακτική ενέργεια για την κουζίνα του πλοίου (π.χ. υγραέριο, όπου δεν υπάρχει)

Επίσης, συγκρίνοντας ίδιας κατηγορίας (μήκος, βάρος) φορτηγά, με τα αντίστοιχα φορτηγά ψυγεία, είναι αυτονόητο ότι τα φορτηγά ψυγεία, έχουν αυξημένες ενεργειακές ανάγκες, καθώς συνδέονται στην ηλεκτρική παροχή του πλοίου, ώστε να λειτουργούν τα ψυγεία σε όλη τη διάρκεια του ταξιδιού. Στον παρακάτω πίνακα, παραθέτουμε όλες τις διαφορετικές κατηγορίες επιβαινόντων στο πλοίο.

Πίνακας 6.4 : Κατηγορίες επιβαινόντων στα πλοία

Είδος επιβαίνοντα	Κατηγορία
Επιβάτες	DTS, ATS, AB4, AB3, AB2, AB1, A4, A3, A2, A1, LUX, L1
Οχήματα	IX Αυτοκίνητο Μοτοσυκλέτα Μότο 3 ή 4 τροχοί Τροχόσπιτα/μπαγκαζιέρες/βάρκες (ανά μέτρο)
Λεωφορεία	
Αυτοκινούμενα φορτηγά/ψυγεία	έως 5μ 5-7μ 7-9μ 9-13,5μ 13,5-16,5μ 16,5-18μ 18-22μ
Ρυμουλκούμενα φορτηγά/ψυγεία	έως 7μ 7-12m 12-13,5m
Βαρέα μηχανήματα	μέγιστο βάρος έως 1 TN/μέτρο μέγιστο βάρος έως 3 TN/μέτρο μέγιστο βάρος μεγαλύτερο από 3 TN/μέτρο

6.3 Επιμερισμός πιθανού μελλοντικού κόστους εκπομπής αέριων ρύπων στη ναυτιλία

Ο επιμερισμός πιθανού μελλοντικού κόστους εκπομπής αερίων ρύπων στη ναυτιλία, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη το είδος του φορτίου του πλοίου, στη λογική που το αναλύσαμε παραπάνω. Ένας τρόπος επιμερισμού είναι αναλογικά ανάλογα με τον ναύλο του κάθε επιβιβαζόμενου (επιβάτη, οχήματος). Όπως είδαμε στον πίνακα 6.1, ένας επιβάτης στη διαδρομή Πειραιά-Χανιά μπορεί να έχει ένα εισιτήριο DTS (Deck seat) αξίας 38 €, είτε μια καμπίνα L1 (αποκλειστική χρήση καμπίνας LUX) αξίας 152 €. Αυτό πρακτικά σημαίνει, ότι αν ο

επιμερισμός γίνεται αναλογικά με την αξία του ναύλου, η επιβάρυνση στον επιβάτη κατηγορίας L1 θα είναι δυσανάλογα μεγάλη σε σχέση με τον επιβάτη κατηγορίας DTS συνυπολογίζοντας τις ενεργειακές ανάγκες τους. Η διαφορά εκπομπής αερίων ρύπων ανάμεσα στους δύο, μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα, δεδομένου ότι και οι δύο ταξιδεύουν, απολαμβάνουν τις ίδιες ανέσεις (κλιματισμός, εστιατόρια κτλ).

Για να γίνει πιο κατανοητό, μπορούμε να συγκρίνουμε μεταξύ τους δύο επιβάτες οι οποίοι έχουν την ίδια κατηγορία θέσης. Αν ο ένας δικαιούται κάποια εμπορική έκπτωση (π.χ. πολύτεκνος) και συνεπώς μπορεί να έχει μέχρι και 50% έκπτωση από τον αρχικό ναύλο, τότε, παρόλο που είναι μειωμένος ο ναύλος, οι ενεργειακές ανάγκες του, εξακολουθούν να είναι ακριβώς οι ίδιες, με τον επιβάτη που έχει αμέριον ναύλο. Οδηγούμαστε λοιπόν στο συμπέρασμα, ότι στην περίπτωση των επιβατών, ο επιμερισμός πιθανού μελλοντικού κόστους εκπομπής αερίων ρύπων θα πρέπει να γίνει σύμφωνα με το πλήθος των επιβατών (δηλαδή να είναι κατά κεφαλήν) και όχι αναλογικά με τον ναύλο τους.

Όσο αφορά τα οχήματα, αυτά διακρίνονται στα διάφορα οχήματα ιδιωτικής χρήσης (αυτοκίνητα, μοτοσυκλέτες, μότο 3 ή 4 τροχοί, μπαγκαζιέρες-τρέιλερ, τροχόσπιτα) και στα οχήματα επαγγελματικής χρήσης (φορτηγά, ρυμουλκούμενα, λεωφορεία, βαρέα οχήματα). Για τα οχήματα ιδιωτικής χρήσης, όπως διαπιστώνουμε από τον πίνακα 6.2, υπάρχει μια αναλογικότητα στους ναύλους, ανάλογα το μήκος - βάρος τους. Για παράδειγμα ένα μέσο αυτοκίνητο ζυγίζει περίπου 800-1000 κιλά, καταλαμβάνει 4 μέτρα και κοστίζει 81 €. Μία μοτοσυκλέτα ζυγίζει περίπου 200 κιλά, καταλαμβάνει 1 μέτρο (αν τοποθετηθεί καθέτως) και κοστίζει 19 €, δηλαδή περίπου το ¼ του μεγέθους/βάρους με το ¼ του κόστους. Παρόλη την αναλογικότητα, μπορεί να εφαρμόζεται κάποια συγκεκριμένη εμπορική πολιτική-προσφορά σε συγκεκριμένες κατηγορίες οχημάτων ή επιβατών που ταξιδεύουν με τα οχήματα τους και να υπάρχει το φαινόμενο, οχήματα ίδιας κατηγορίας μεγέθους και βάρους, να έχουν διαφορετικό ναύλο, οπότε και σε αυτή την περίπτωση, δεν μπορεί να εφαρμοστεί ένας αναλογικός επιμερισμός σύμφωνα με τον ναύλο του κάθε οχήματος ιδιωτικής χρήσης.

Η τιμολογιακή πολιτική των ναυτιλιακών εταιρειών για τα επαγγελματικά οχήματα, εξαρτάται από το μήκος τους, από το αν είναι αυτοκινούμενο ή όχι, καθώς και από το είδος του φορτίου τους. Επίσης εξαρτάται και από εμπορικές συμφωνίες. Είναι κατανοητό λοιπόν ότι ίδια φορτηγά, ίδιου μεγέθους και βάρους, μπορεί να έχουν διαφορετικό ναύλο, οπότε ούτε σε αυτή την περίπτωση, μπορεί να εφαρμοστεί ένας αναλογικός επιμερισμός ανάλογα τον ναύλο του κάθε επαγγελματικού οχήματος.

Το συνολικό κόστος των εκπομπών αερίων ρύπων, για ένα ταξίδι, είναι το άθροισμα του κόστους όλων των παραπάνω και μπορούμε να το υπολογίσουμε με τον παρακάτω τύπο :

$$KE_{\text{ταξιδιού}} = KE_{\text{επιβατών}} + KE_{\text{ιδ.οχημάτων}} + KE_{\text{επαγγ.οχημάτων}}$$

Όπως προαναφέραμε, ο επιμερισμός πιθανού μελλοντικού κόστους εκπομπής αερίων ρύπων για τους επιβάτες, θα πρέπει να γίνει σύμφωνα με το πλήθος των επιβατών (δηλαδή κατά κεφαλήν) :

$$KE_{\text{επιβατών}} = P_{\text{επιβατών}} \cdot S_{\text{επιβατών}}$$

Όπου : $P_{\text{επιβατών}}$ = πλήθος επιβατών ταξιδιού

$S_{\text{επιβατών}}$ = κόστος εκπομπής αερίων ρύπων επιβάτη

Ο επιμερισμός πιθανού μελλοντικού κόστους εκπομπής αερίων ρύπων για τα ιδιωτικά οχήματα, θα γίνει σύμφωνα με το πλήθος της κάθε επιμέρους κατηγορίας οχήματος :

$$KE_{\text{ιδ.οχημάτων}} = \sum P_i \cdot S_i$$

Όπου : I = κατηγορία ιδιωτικού οχήματος i

P_i = πλήθος κατηγορίας ιδιωτικού οχήματος I

S_i = κόστος εκπομπής αερίων ρύπων κατηγορίας ιδιωτικού οχήματος i

Ο επιμερισμός πιθανού μελλοντικού κόστους εκπομπής αερίων ρύπων για τα επαγγελματικά οχήματα, θα γίνει σύμφωνα με το πλήθος της κάθε επιμέρους κατηγορίας οχήματος :

$$KE_{\text{επαγγ.οχημάτων}} = \sum P_i \cdot S_i$$

Όπου : I = κατηγορία επαγγελματικού οχήματος i

P_i = πλήθος κατηγορίας επαγγελματικού οχήματος I

S_i = κόστος εκπομπής αερίων ρύπων κατηγορίας επαγγελματικού οχήματος i

Παρατηρούμε ότι οι παραπάνω τύποι υπολογίζονται με παρόμοιο τρόπο και συνεπώς μπορούν να ενοποιηθούν σε ένα γενικότερο, για όλους τους τύπους επιβαίνοντων (6.1):

$$KE_{\text{ταξιδιού}} = \sum P_i \cdot S_i \quad (6.1)$$

Όπου : I = κατηγορία επιβαίνοντα

P_i = πλήθος κατηγορίας επιβαίνοντα

S_i = κόστος εκπομπής αερίων ρύπων κατηγορίας επιβαίνοντα

6.4 Λιμενικές επιβαρύνσεις, το παράδειγμα του ΟΛΠ

Αντίστοιχο πρόβλημα με αυτό που περιγράψαμε παραπάνω, αντιμετωπίζει ο διαχειριστής του λιμένα Πειραιά (ΟΛΠ Α.Ε.). Σύμφωνα με τον «Κανονισμό και Τιμολόγια για Εργασίες Φορτοεκφόρτωσης – Διακίνησης - Αποθήκευσης Εμπορευμάτων και Παροχής Υπηρεσιών προς τους Επιβάτες και τα Οχήματα» (ΟΛΠ Α.Ε., 2004), υφίστανται συγκεκριμένες χρεώσεις (δικαιώματα υπέρ του ΟΛΠ) για όλες τις κατηγορίες των επιβαίνοντων στα πλοία και εισπράττονται από τη ναυτιλιακή εταιρεία κατά την έκδοση των εισιτηρίων. Οι χρεώσεις αυτές, οφείλονται σε υπηρεσίες-εργασίες που παρέχει ο λιμένας για την εξυπηρέτηση του πλοίου και των επιβατών. Για τον υπολογισμό των κανονικών δικαιωμάτων του ΟΛΠ για τις εργασίες φορτοεκφόρτωσης, μεταφοράς, παράδοσης, αποθήκευσης κτλ, λαμβάνονται υπόψη τα επίσημα παραστατικά στοιχεία των κάθε μορφής διακινούμενων φορτίων και οι αναγραφόμενες σε αυτά μονάδες βάρους, όγκου, ως εξής :

1. **Παραστατικά στοιχεία** : Ανάλογα την περίπτωση είναι το δηλωτικό εμπορευμάτων, εντολές φόρτωσης ή εντολές παράδοσης, ζυγολόγια του ΟΛΠ, τελωνειακά παραστατικά

2. **Μονάδες υπολογισμού αμοιβών :** Μετρικός τόνος (1000 κιλά) με ελάχιστο όριο βάρους κατά φορτωτική τον ένα τόνο, αριθμός τεμαχίων (εμπορευματοκιβωτίων, τροχοφόρων κτλ), αριθμός επιβατών
3. **Επαλήθευση πραγματικού βάρους :** Σε περίπτωση ύπαρξης αμφιβολίας για την ακρίβεια του δηλωθέντος βάρους, γίνεται επαλήθευση είτε με νέα ζύγιση, είτε με συσχετισμό του βάρους που αναγράφεται στο δηλωτικό εμπορευμάτων σε σχέση με τα τελωνειακά έγγραφα

Σύμφωνα με το τιμολόγιο Νο.6 «Διέλευση τροχοφόρων μέσω της προκυμαίας εισερχομένων σε πλοία ακτοπλοϊκών γραμμών» της 31.10.2017 (ΟΛΠ Α.Ε., τιμ.Νο.6, 2017) οι χρεώσεις για τα οχήματα είναι ανάλογα με την κατηγορία τους και είναι :

Πίνακας 6.5 : Χρεώσεις του ΟΛΠ για τα οχήματα σε ακτοπλοϊκές γραμμές

Κατηγορία οχήματος	Μονάδα χρέωσης	Χρέωση σε €
Επιβατικά οχήματα (ΙΧ αυτοκίνητα)	τεμάχιο	1,10
Δίκυκλα και επιβατικά τρίκυκλα	τεμάχιο	0,35
Τροχόσπιτα - minibus	τεμάχιο	4,00
Λεωφορεία	τεμάχιο	6,00
Έμφορτα φορτηγά, ψυγεία, βυτία, βαρέα μηχανήματα (τρακτέρ, φορτωτές, γερανοί) χρεώνονται ανάλογα το μικτό τους βάρος, ως εξής :	τεμάχιο	
Έως 3 τόνους		2,00
Από 3-10 τόνους		5,00
Από 10-20 τόνους		8,50
Από 20 τόνους και άνω		12,00
Κενά τροχοφόρα μεταφορικά μέσα		2,00

Σύμφωνα με το τιμολόγιο Νο.5 «Χρήσης λιμένος και παρεχόμενων υπηρεσιών προς επιβάτες» της 31.10.2017 (ΟΛΠ Α.Ε., τιμ.Νο.5, 2017) η χρέωση για κάθε επιβάτη είναι 0,65 €, όμως προβλέπονται κάποιες εκπτώσεις- απαλλαγές, όπως :

- α. Σε παιδιά ηλικίας άνω των 4 και μέχρι 12 ετών: 50%
- β. Σε φοιτητές και μαθητές: 50%
- γ. Σε επιβάτες προορισμού Άγονων Γραμμών: 50%

Απαλλαγές :

- α. Σε νήπια ηλικίας μέχρι τεσσάρων (4) ετών.
- β. Σε οπλίτες των Ε.Δ. εφόσον τα εισιτήρια τους εκδίδονται μέσω καταστάσεων.
- γ. Στην Εργατική Εστία και Εστία Ναυτικών για οργανωμένες από αυτές εκδρομές που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό.
- δ. Σε άτομα με ειδικές ανάγκες.
- ε. Σε πολύτεκνους.
- στ. Σε οδηγούς φορτηγών, εφόσον απαλλάσσονται της καταβολής ναύλου.

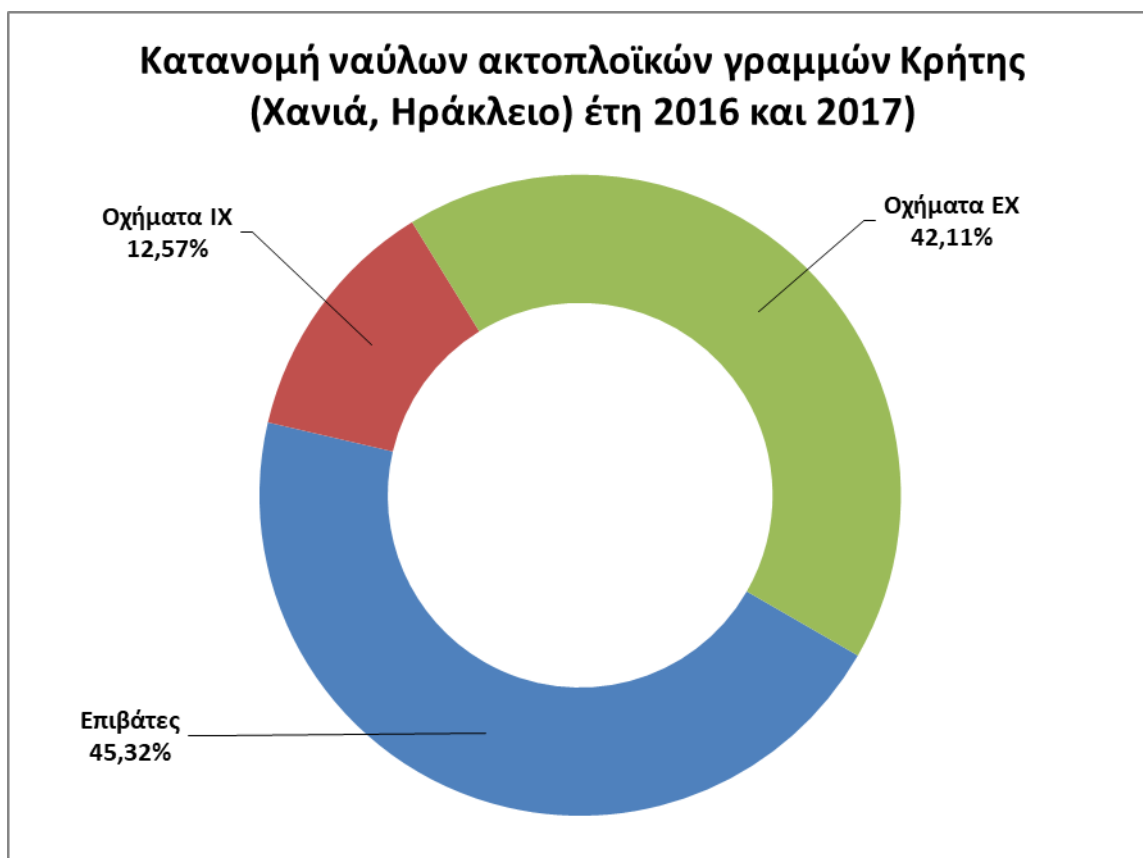
Διαπιστώνουμε λοιπόν, ότι και στο παράδειγμα του ΟΛΠ, η επιβάρυνση για τους επιβαίνοντες είναι ανάλογα με το πλήθος τους.

6.5 Εκτίμηση πλήθους/ναύλων επιβαινόντων στα υπό μελέτη πλοία και δρομολόγια

Όπως έχουμε προαναφέρει, στατιστικά στοιχεία για κάθε ταξίδι μπορούν να αντληθούν από τα λιμεναρχεία του εκάστοτε λιμένα αναχώρησης, όμως υπάρχει διαθέσιμο μόνο το πλήθος σε κάθε κατηγορία επιβαίνοντα, το οποίο δεν ήταν δυνατό να αντληθεί για όλη τη χρονική περίοδο που μελετήσαμε. Για τα υπολογίσουμε το συνολικό πλήθος και ναύλο, έγινε μια υπολογιστική προσέγγιση, που βασίστηκε στους πίνακες τιμών 6.1, 6.2, 6.3, καθώς και σε εκτιμήσεις σχετικά με τις εκάστοτε ενεργές εμπορικές προσφορές και τον ανταγωνισμό τιμών ανάμεσα στις ναυτιλιακές εταιρείες. Καταλήξαμε σε κάποιο σταθμισμένο μέσο όρο για κάθε κατηγορία επιβαίνοντα και πολλαπλασιάζοντας με το πλήθος, οδηγούμαστε στους ναύλους κάθε κατηγορίας επιβαίνοντα. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών μας απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα 6.6, ενώ στην εικόνα 6.1 κάνουμε μία γραφική απεικόνιση του συνόλου αυτών :

Πίνακας 6.6 : Συνολικό πλήθος/ναύλοι επιβαινόντων γραμμής Χανίων και Ηρακλείου (έτη 2016, 2017)

	Επιβάτες			Οχήματα Ιδ. Χρήσης			Οχήματα Επαγγ. Χρήσης		
	Πλήθος	Μ.Ο. (€)	Ναύλοι (εκ.€)	Πλήθος	Μ.Ο. (€)	Ναύλοι (εκ.€)	Πλήθος	Μ.Ο. (€)	Ναύλοι (εκ.€)
Χανιά 2016	680.000	27,00	18,360	115.000	46,00	5,290	55.000	220,00	12,100
Χανιά 2017	750.000	27,00	20,250	125.000	46,00	5,750	55.000	220,00	12.100
Σύνολο Χανίων	1.430.000		38,610	240.000		11,040	110.000		24,200
Ηράκλειο 2016	1.000.000	26,00	26,000	150.000	47,00	7,050	120.000	250,00	30,000
Ηράκλειο 2017	1.000.000	26,00	26,000	150.000	47,00	7,050	120.000	250,00	30,000
Σύνολο Ηρακλείου	2.000.000		52,000	310.000		14,100	240.000		60,000
Γενικό Σύνολο	3.430.000		90,610	550.000		25,140	350.000		84,200



Εικόνα 6.1 : Κατανομή ναύλων κατηγοριών επιβαινόντων για τα έτη 2016 και 2017, των ακτοπλοϊκών γραμμών Κρήτης (Χανιά και Ηράκλειο)

6.6 Προτάσεις επιμερισμού πιθανού μελλοντικού κόστους εκπομπών αερίων ρύπων στη ναυτιλία

Από όλα τα ανωτέρω που αναλύσαμε, προκύπτει η ανάγκη επιμερισμού του κόστους εκπομπών αερίων ρύπων σε κάθε κατηγορία επιβαίνοντα. Υποθέτοντας ότι ο συνολικός ναύλος του κάθε έτους, αντιπροσωπεύει το συνολικό κόστος εκπομπής αερίων ρύπων, τότε ανά έτος, μπορούμε να επιμερίσουμε το κόστος σύμφωνα με τον επιμερισμό των ναύλων σε κάθε κατηγορία επιβαίνοντα. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα στοιχεία της προηγούμενης παραγράφου, για τα έτη 2016 και 2017 έχουμε υπολογίσει ότι :

- το 45,32% του κόστους αφορά τους επιβάτες,
- το 12,57% αφορά τα οχήματα ιδιωτικής χρήσης
- το 42,11% αφορά τα οχήματα επαγγελματικής χρήσης (φορτηγά)

Λαμβάνοντας υπόψη τους υπολογισμένους εκπεμπόμενους αέριους ρύπους στις στήλες της μεθοδολογίας fuel based του πίνακα 5.22, υπολογίζουμε την συνολική ποσότητα εκπεμπόμενων αερίων ρύπων που αντιστοιχεί σε κάθε κατηγορία επιβαίνοντα. Σύμφωνα με το σκεπτικό που προέκυψε η σχέση 6.1 (παραπάνω) διαιρώντας με το πλήθος της κάθε κατηγορίας, μπορούμε να υπολογίσουμε τη μέση εκπομπή ανά αέριο ρύπο για μονάδα κατηγορίας επιβαίνοντα :

Πίνακας 6.7. Επιμερισμός εκπεμπόμενων αέριων ρύπων ανά κατηγορία επιβαινόντων

Κατηγορία επιβαίνοντα	Ποσοστό συμμετοχής	CO ₂ (Ton) 557.309,502	NO _x (Ton) 14.224,708	SO _x (Ton) 8.113,939	PM (Ton) 1.330,103
Επιβάτες	252.572,666	6.446,638	3.677,237	602,803	602,803
Ανά μονάδα (πλήθος 3.430.000)		0,073636	0,001879	0,001072	0,000176
Οχήματα ΙΧ	70.053,804	1.788,046	1.019,922	167,194	167,194
Ανά μονάδα (πλήθος 550.000)		0,127371	0,003251	0,001854	0,000304
Οχήματα ΕΧ	234.683,031	5.990,025	3.416,780	560,106	560,106
Ανά μονάδα (πλήθος 350.000)		0,670523	0,017114	0,009762	0,001600

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι :

- ⊕ σε ένα επιβάτη αντιστοιχούν :
 - ⊕ 73,636 Kg CO₂
 - ⊕ 1,879 Kg NO_x
 - ⊕ 1,072 Kg SO_x
 - ⊕ 0,176 Kg PM
- ⊕ σε ένα όχημα ιδιωτικής χρήσης αντιστοιχούν :
 - ⊕ 127,371 Kg CO₂
 - ⊕ 3,251 Kg NO_x
 - ⊕ 1,854 Kg SO_x
 - ⊕ 0,304 Kg PM
- ⊕ σε ένα όχημα επαγγελματικής χρήσης αντιστοιχούν :
 - ⊕ 670,523 Kg CO₂
 - ⊕ 17,114 Kg NO_x
 - ⊕ 9,762 Kg SO_x
 - ⊕ 1,600 Kg PM

6.7 Εξωτερικά κόστη και επιπτώσεις αερίων ρύπων από τη ναυτιλία

Ο ορισμός του εξωτερικού κόστους είναι ο αντίκτυπος των δραστηριοτήτων (κοινωνικών ή οικονομικών) μιας ομάδας ατόμων, σε μια άλλη ομάδα και όταν αυτός ο αντίκτυπος δεν αντισταθμίζεται, από την πρώτη ομάδα. Ως εκ τούτου, η αξιολόγηση του εξωτερικού κόστους είναι σημαντική προς την κατεύθυνση μιας ανάλυσης κόστους - οφέλους, όπου το κόστος της θέσπισης μέτρων για τη μείωση μιας ορισμένης περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, συγκρίνεται με τα οφέλη αυτής της μείωσης.

Το εξωτερικό κόστος περιλαμβάνει οξείες και χρόνιες επιδράσεις των PM, SO₂ και NO_x στη θνησιμότητα και στη νοσηρότητα του πληθυσμού, τις επιπτώσεις του SO₂ (οξύτητα) στα υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτίρια και κατασκευές (με εξαίρεση εκείνα της πολιτιστικής αξίας) και τις επιπτώσεις των NO_x στην απόδοση των καλλιεργειών.

Για να εκτιμήσουμε το συνολικό εξωτερικό κόστος λόγω των εκπομπών αέριων ρύπων από τα πλοία στους εξεταζόμενους λιμένες, χρησιμοποιήσαμε τη μεθοδολογία NEEDS (New Energy Externalities Development for Sustainability) η οποία είναι και η πιο πρόσφατη. Επίσης, είναι μια ενημερωμένη έκδοση του μοντέλου EcoSense, που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του κόστους ζημιών στη μελέτη HEATCO. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκαν ειδικές τιμές κόστους βλάβης, για όλους τους κύριους ρύπους, σε όλες τις ευρωπαϊκές θαλάσσιες περιοχές. Τα σημαντικότερα στοιχεία της NEEDS είναι ότι :

- περιλαμβάνονται όλες οι ευρωπαϊκές θάλασσες, γεγονός που το καθιστούν ιδανικό για τον ορθό υπολογισμό του εξωτερικού κόστους των θαλάσσιων μεταφορών,
- κάνει αναδρομή στον ποσοτικό προσδιορισμό των ανεπιθύμητων επιδράσεων των εκπεμπόμενων NO_x και SO₂ στην υποδομή (π.χ. κτίρια), τη βιοποικιλότητα και τις καλλιέργειες, επιπροσθέτως των επιδράσεων στην ανθρώπινη υγεία (που συνήθως καλύπτουν πάνω από το 90 % των συνολικών εξωτερικών επιδράσεων).

Το 2008, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε το πρώτο της εγχειρίδιο με εκτιμήσεις του εξωτερικού κόστους στον τομέα των μεταφορών. Το εγχειρίδιο, το οποίο εκπονήθηκε από κοινού από διάφορα ινστιτούτα ερευνών στον τομέα των μεταφορών, συνοψίζει τις βέλτιστες πρακτικές όσον αφορά την αξιολόγηση του εξωτερικού κόστους. Η Γενική Διεύθυνση Κινητικότητα και Μεταφορών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (European Commission, DG Mobility and Transport), έφερε το 2014 μια αναπροσαρμογή του εγχειριδίου¹¹, που αποτελεί και την πιο πρόσφατη έκδοση του, ώστε να παρουσιάζει τις τελευταίες εξελίξεις και τις βέλτιστες πρακτικές για την εκτίμηση του εξωτερικού κόστους. Σε σύγκριση με το εγχειρίδιο του 2008, λαμβάνει υπόψη τις νέες εξελίξεις και την πρόοδο, συγκεντρώνοντας:

- Μεγάλες νέες βάσεις δεδομένων σχετικά με το θόρυβο, τα ατυχήματα και τους παράγοντες εκπομπών,
- Νέα και ενημερωμένα μοντέλα,
- Αναθεωρημένες εκτιμήσεις σημαντικών παραμέτρων εισόδου,
- Έρευνα που εντοπίζει επιπρόσθετες επιπτώσεις στην υγεία,
- Περιπτωσιολογικές μελέτες και υπολογισμούς οριακού κόστους.

Το εγχειρίδιο του 2014 ενσωματώνει επίσης τα έξοδα υποδομής - τα οποία μέχρι τότε είχαν μελετηθεί σε ξεχωριστή έκθεση, και παρέχει επικαιροποιημένες και λεπτομερέστερες εκτιμήσεις για οριακές εκτιμήσεις εξωτερικού κόστους ανά χώρα και περιοχή.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήσαμε προκύπτουν από αυτό το εγχειρίδιο (το οποίο για τη ναυτιλία χρησιμοποιεί τη μεθοδολογία NEEDS που αναφέραμε παραπάνω) έχοντας προσαρμόσει τα κόστη σε αξίες για το έτος 2010 (Ricardo-AEA, 2014) αλλά και από άλλες βιβλιογραφικές πηγές (Maragkogianni, 2017) που χρησιμοποιούν την ίδια μεθοδολογία.

Στον παρακάτω πίνακα 6.8 παραθέτουμε τις τιμές κόστους ανά τόνο αέριου ρύπου κατά το έτος 2010. Για την αναπροσαρμογή του κόστους σε επίπεδα 2016 και 2017 που επικεντρώνεται η εργασία μας, θα χρησιμοποιήσουμε τον Ελληνικό Δείκτη Τιμών Καταναλωτή

¹¹ https://ec.europa.eu/transport/themes/sustainable/studies/sustainable_en

(CPI), όπου σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή, για το 2010 ήταν 104,713, για το 2016 ήταν 104,649 και για το 2017 ήταν 105,823.

Πίνακας 6.8 Εξωτερικό κόστος των κύριων ρύπων από τις μεταφορές, σε € ανά τόνο

YEAR	CPI	NO _x	SO ₂	PM _{2,5}		
				Rural	Suburban	Urban
2010	104,713	3.851,00	8.210,00	19.329,00	50.605,00	197.845,00
2016	104,649	3.848,65	8.204,98	19.317,19	50.574,07	197.724,08
2017	105,823	3.889,44	8.291,96	19.521,96	51.110,18	199.820,03

Υπολογίζοντας σε συνάρτηση με τον πίνακα 5.30 (εκπομπές αέριων ρύπων από τα πλοία της μελέτης μας στα λιμάνια σε ετήσια βάση) και θεωρώντας ότι ο Πειραιάς και το Ηράκλειο ανήκουν στις Urban περιοχές και η Σούδα Χανίων στις Suburban, καταλήγουμε στα αποτελέσματα του πίνακα 6.9.

Πίνακας 6.9 Συνολικό εξωτερικό κόστος των κύριων ρύπων από τη ναυτιλία στα λιμάνια

Έτος	Λιμάνι	NO _x (€)	SO _x (€)	PM (€)	Σύνολο (€)
2016	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	1.578.272,11	1.643.966,62	5.274.092,06	8.496.330,80
	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	867.315,53	859.201,11	2.498.243,73	4.224.760,37
	ΧΑΝΙΑ	364.339,80	368.034,47	230.870,63	963.244,90
	Σύνολο έτους	2.809.927,45	2.871.202,20	8.003.206,42	13.684.336,07
2017	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	1.595.002,43	1.661.393,33	5.329.999,56	8.586.395,33
	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	876.509,43	868.308,99	2.524.726,12	4.269.544,53
	ΧΑΝΙΑ	368.201,95	371.935,79	233.317,95	973.455,69
	Σύνολο έτους	2.839.713,81	2.901.638,10	8.088.043,64	13.829.395,55
Γενικά Σύνολα		5.649.641,25	5.772.840,31	16.091.250,06	27.513.731,62

Λαμβάνοντας υπόψη τον πίνακα 6.7 (όπου έχουμε κάνει επιμερισμό των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων ανά κατηγορία επιβαιόντων) και υπολογίζοντας σύμφωνα με τις μονάδες του πίνακα 6.8, καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα 6.10.

Πίνακας 6.10 Συνολικό εξωτερικό κόστος ανά κατηγορία επιβαίνοντα

Κατηγορία επιβαίνοντα	Ποσοστό συμμετοχής	NO _x (€) 5.649.641,25 €	SO ₂ (€) 5.772.840,31 €	PM _{2,5} (€) 16.091.250,06 €	Σύνολο (€) 27.513.731,62 €
Επιβάτες	2.560.417,41	2.560.417,41	2.616.251,23	7.292.554,53	12.469.223,17
Ανά μονάδα (πλήθος 3.430.000)		0,75	0,76	2,13	3,64
Οχήματα ΙΧ	710.159,91	710.159,91	725.646,03	2.022.670,13	3.458.476,06
Ανά μονάδα (πλήθος 550.000)		1,29	1,32	3,68	6,29
Οχήματα ΕΧ	2.379.063,93	2.379.063,93	2.430.943,05	6.776.025,40	11.586.032,39
Ανά μονάδα (πλήθος 350.000)		6,80	6,95	19,36	33,10

Από τους παραπάνω πίνακες, βλέπουμε ότι :

- το συνολικό ετήσιο εξωτερικό κόστος για το λιμάνι του Πειραιά είναι περίπου 8,5 – 8,6 εκ. Ευρώ, για το λιμάνι του Ηρακλείου είναι περίπου 4,2 – 4,3 εκ. Ευρώ και για το λιμάνι των Χανίων είναι 0,96 – 0,98 εκ. Ευρώ (πίνακας 6.9)
- αντιστοιχούν 3,64 € επιβάρυνση κόστους ανά επιβάτη, 6,29 € ανά όχημα ιδιωτικής χρήσης και 33,10 € ανά όχημα επαγγελματικής χρήσης (πίνακας 6.10).

Από την επεξήγηση που κάναμε παραπάνω για το εξωτερικό κόστος, κατανοούμε ότι πρόκειται για ένα έμμεσο κοινωνικό-οικονομικό κόστος στα λιμάνια, το οποίο εκτιμάται, αλλά επι της ουσίας δεν εισπράττεται με κάποιο τρόπο. Πέρα από αυτό το κόστος, υπάρχει και το άμεσο κόστος αγοράς εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, το οποίο επι της παρούσης εφαρμόζεται σε μεγάλο μέρος της βιομηχανίας και των αερομεταφορών, όμως δεν εφαρμόζεται ακόμα στην ναυτιλία. Βέβαια, η γενικότερη εκτίμηση είναι ότι κάτι τέτοιο δεν πρόκειται να αργήσει να εφαρμοστεί, συνεπώς θα προχωρήσουμε παρακάτω, σε εκτίμηση αυτού του κόστους.

6.8 Σύστημα Εμπορίας Ρύπων Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU ETS)

Στα χρόνια που διανύουμε, η κλιματική αλλαγή αποτελεί αποδεδειγμένα, την μεγαλύτερη απειλή για την ανθρωπότητα και την ευημερία των λαών σε όλο τον κόσμο, δημιουργώντας μεγάλες προκλήσεις για τις κυβερνήσεις όλων των κρατών, για να λάβουν μέτρα αποτελεσματικά και γρήγορα. Μπροστά στις συμβατικές πολιτικές για το κλίμα που είχαμε συνηθίσει μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 2000, οι αγορές άνθρακα και γενικότερα οι περιβαλλοντικές πολιτικές οικονομικού χαρακτήρα, αποτελούν μια «κλιματική επανάσταση», καθώς μπορούν να προσφέρουν στη μείωση των ρύπων της ατμόσφαιρας με τον πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο για τις επιχειρήσεις.

Για να ενθαρρυνθούν και βαηθηθούν οι χώρες αλλά και οι εταιρείες να περιορίσουν τις εκπομπές CO₂ έχουν δημιουργηθεί χρηματιστηριακές αγορές για την εφαρμογή της εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίου θερμοκηπίου, διαδικασία γνωστή επίσης, και ως εμπορία εκπομπών άνθρακα (*carbon trading*). Οι διεθνείς αγορές άνθρακα, διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην προσπάθεια μείωσης των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών Αερίου Θερμοκηπίου (Ε.Σ.Ε.Δ.Ε.) ή αλλιώς, το European Union Emission Trading Scheme (EU ETS), όπως είναι η επίσημη ονομασία του, είτε, κοινώς, το Χρηματιστήριο Ρύπων της Ε.Ε. αποτελεί την πρώτη και μεγαλύτερη αγορά άνθρακα παγκοσμίως. Το Ε.Σ.Ε.Δ.Ε. ξεκίνησε τη λειτουργία του το 2005 και καλύπτει τα 3/4 εμπορίας εκπομπών άνθρακα παγκοσμίως. Εκτός από αυτό το σύστημα, ήδη λειτουργούν εθνικά ή υποεθνικά συστήματα στον Καναδά, την Κίνα, την Ιαπωνία, τη Νέα Ζηλανδία, τη Νότια Κορέα, την Ελβετία και τις Ηνωμένες Πολιτείες.

Στόχος αυτών των αγορών, είναι να καθιερώσουν μία τιμή στον άνθρακα, η οποία είναι απαραίτητη για την προώθηση της τεχνολογικής καινοτομίας, αλλά γενικότερα της εταιρικής συμπεριφοράς ως προς την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Μέσω του Ε.Σ.Ε.Δ.Ε., η Ε.Ε. στοχεύει στη δημιουργία οικονομικών κινήτρων για την «απανθρακοποίηση» της ευρωπαϊκής βιομηχανίας, εφαρμόζοντας την αρχή «ο ρυπαίνων

πληρώνει (*polluter pays*)», ώστε να επιβραβεύονται οι εταιρίες που μειώνουν την εξάρτηση της παραγωγής τους από τον άνθρακα και επενδύουν σε πιο πράσινες μορφές ενέργειας – όπως τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Πιο συγκεκριμένα, η αγορά/χρηματιστήριο είναι ανεξάρτητη και μπορεί να βρει τον πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο, χωρίς πολιτική/κυβερνητική παρέμβαση ως προς τη μείωση των εκπομπών, αλλά ταυτόχρονα δίνοντας κίνητρο την εξασφάλιση κέρδους για τις βιομηχανίες.

Οι αγορές άνθρακα βασίζουν τη λειτουργία τους στην αρχή «cap and trade». Πιο συγκεκριμένα, από το 2005, η Κομισιόν έχει ορίσει ένα ανώτατο πλαφόν/όριο (*cap*) στις εκπομπές άνθρακα για όλες τις βιομηχανίες των ευρωπαϊκών χωρών, το οποίο μειώνεται κάθε χρόνο. Μέσα σε αυτό το όριο, ο κάθε τόνος άνθρακα, μετατρέπεται σε ένα δικαίωμα εκπομπής ρύπων (*EU Emission Allowances* ή “EUA”) :

- Το πρώτο σκέλος της αγοράς, έγκειται στο ότι οι καλυπτόμενες εγκαταστάσεις θα υποβάλουν “EUA” για κάθε τόνο ισοδύναμου CO₂ που εκπέμπουν κατά τη διάρκεια ενός έτους. Τα δικαιώματα ρύπων που ορίζονται σε κάθε βιομηχανία μπορεί να χορηγούνται δωρεάν από το χρηματιστήριο, ή να δημοπρατούνται,
- Το δεύτερο σκέλος, έγκειται στην ανταλλαγή (*trade*) των δικαιωμάτων ρύπων. Κάθε επιχείρηση μπορεί να πουλήσει τα υπολειπόμενα δικαιώματα ρύπων σε μία άλλη επιχείρηση, και έτσι να αποκτήσει κέρδος.

Το EU ETS ξεκίνησε πιλοτικά την πρώτη φάση της λειτουργίας του, τη χρονική περίοδο 2005-2007. Εξαιτίας του ισχυρού lobbying της ευρωπαϊκής βιομηχανίας απέναντι στο νεοσύστατο τότε χρηματιστήριο, τα δικαιώματα ρύπων διανεμήθηκαν στις βιομηχανίες δωρεάν. Μέχρι τα μέσα του 2006, η τιμή της άδειας έφτασε μέχρι και τα 30 €, ένα ποσό αποδεκτό για τη σωστή λειτουργία του χρηματιστηρίου, που θεωρητικά θα κινητοποιούσε τις βιομηχανίες να στραφούν σε πιο πράσινες μορφές παραγωγής. Δυστυχώς, η πραγματικότητα απέδειξε ότι οι άδειες ρύπων που διατέθηκαν από την Κομισιόν, ήταν πολύ περισσότερες από όσες χρειαζόταν το σύστημα, με αποτέλεσμα η τιμή της άδειας να κυμανθεί σε μηδενικά επίπεδα.

Οι επιπτώσεις αυτής της «υπέρ-προσφοράς» των αδειών και η μηδενική τους αξία, οδήγησαν σε απροσδόκητα κέρδη, για εταιρίες που τούς χορηγήθηκαν δωρεάν άδειες χωρίς να το χρειάζονται, επιβραβεύοντας ουσιαστικά ενεργειακά μη αποδοτικές εταιρίες, οι οποίες μπορούσαν να προμηθευτούν τις άδειες εκπομπής, πάρα - πάρα πολύ φτηνά.

Η δεύτερη περίοδος του χρηματιστηρίου (2008-2012) συνοδεύτηκε από μεταρρυθμίσεις από την μεριά της Κομισιόν, με σκοπό την αντιμετώπιση του παραπάνω δομικού προβλήματος. Ο συνολικός αριθμός των αδειών, μειώθηκε κατά 6,5 % σε σχέση με την πρώτη φάση, ώστε να αυξηθεί η ζήτηση και συνεπώς η τιμή των δικαιωμάτων, ενώ θεσπίστηκαν αυστηρότερα κριτήρια προς τις βιομηχανίες για τη δωρεάν παραχώρηση αδειών. Επιπρόσθετα, για να αυξηθεί η ανταγωνιστικότητα του συστήματος, το 10% των αδειών δημοπρατήθηκε από τα κράτη μέλη προς τις βιομηχανίες, με τα έσοδα να πηγαίνουν σε ειδικά ταμεία για την προώθηση των ΑΠΕ.

Ωστόσο, η οικονομική κρίση του 2008 που χτύπησε την Ευρώπη οδήγησε στη μείωση της παραγωγής των ευρωπαϊκών βιομηχανιών και, ως αποτέλεσμα, στη μείωση των εκπομπών

άνθρακα από τις εταιρείες της Ε.Ε. Το φαινόμενο του πλεονάσματος των αδειών εμφανίστηκε ξανά, όπως στην πρώτη φάση, και προκάλεσε πτώση της τιμής από τα 30 €, ακόμα και κάτω από τα 7 € (European Environment Agency, 2011).

Η τρίτη περίοδος του χρηματιστηρίου που διανύουμε (2013-2020) είναι αυτή, όπου εφαρμόστηκαν οι μεγαλύτερες μεταρρυθμίσεις από την Κομισιόν έως σήμερα. Το συνολικό όριο στα δικαιώματα ρύπων μειώνεται κάθε χρόνο κατά 1,74%, για τη μείωση των εκπομπών κατά 21% το 2020, σε σύγκριση με το 2005. Η βασική μέθοδος κατανομής για την πλειονότητα των αδειών (57%) είναι ο πλειστηριασμός. Η δωρεάν κατανομή συνεχίζει να εφαρμόζεται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπου ισχύει η πλήρης δημοπρασία ρύπων.

Οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις και επιχειρήσεις που συμμετέχουν στο χρηματιστήριο ρύπων, καλύπτουν το 50% των εκπομπών άνθρακα στην Ευρώπη, ενώ στόχος του καθίσταται η μείωση των εκπομπών άνθρακα κατά 43% με βάση το 2005, μέχρι το τέλος της τέταρτης περιόδου (2021-2030). Στο EU ETS συμμετέχουν βιομηχανικές εγκαταστάσεις από τις 27 χώρες της Ε.Ε., καθώς και η Μεγάλη Βρετανία, η Ισλανδία, το Λιχτενστάιν και η Νορβηγία. Συνολικά, στο EU ETS συμμετέχουν 11.500 βιομηχανικές εγκαταστάσεις, όπως εργοστάσια χάλυβα, αλουμινίου και τσιμέντου, σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, διυλιστήρια πετρελαίου, αλλά και εταιρείες που πραγματοποιούν εσωτερικές αεροπορικές πτήσεις στην ευρωπαϊκή επικράτεια (European Commission, 2015). Προς το παρόν, δεν υπάρχει υποχρέωση της ναυτιλίας για συμμετοχή σε κάποιο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων ρύπων, όμως γενικότερα υπάρχει η εκτίμηση, ότι μετά την εφαρμογή του EU MRV, είναι κάτι που πρόκειται να συμβεί.

6.9 Υπολογισμός κόστους αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ από τη ναυτιλία

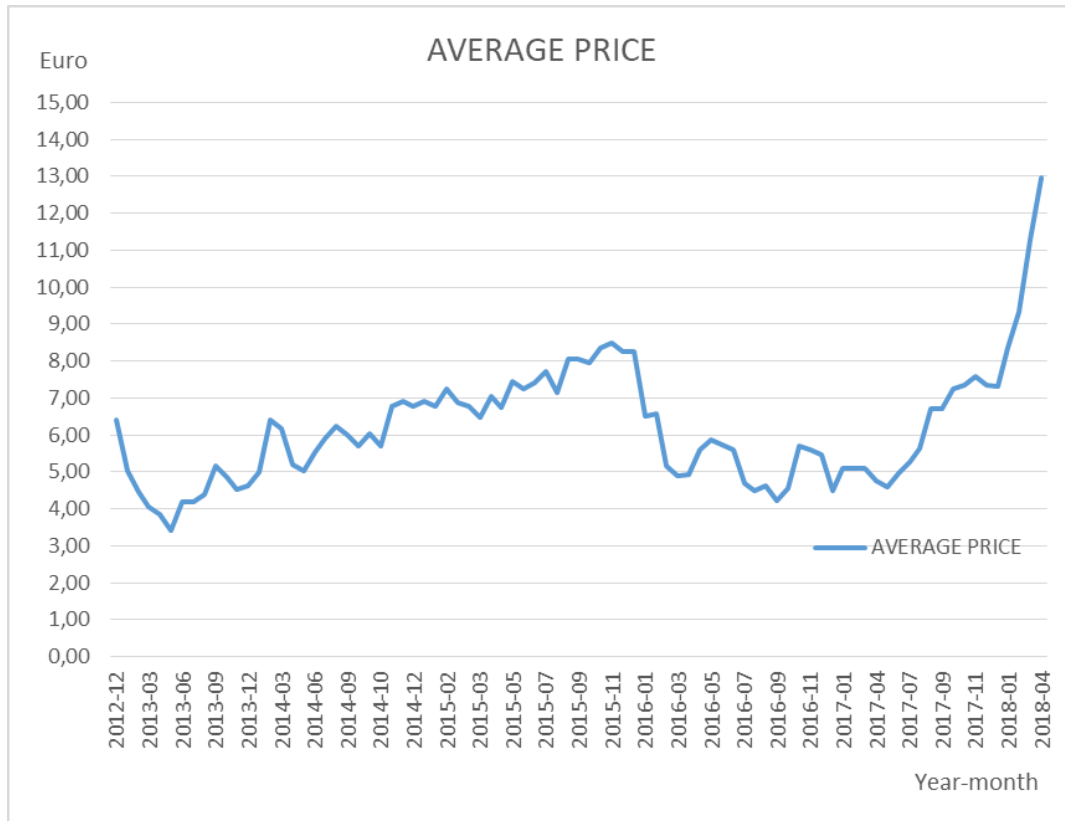
Από την ιστοσελίδα του ΛΑΓΗΕ¹² έχουμε βρει μηνιαία στατιστικά στοιχεία των τιμών αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών για τα έτη 2013 – Απρίλιο 2018. Παρατηρώντας τις τιμές αγοράς των δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ (ΛΑΓΗΕ, 2018), τις οποίες αποτυπώνουμε στον παρακάτω πίνακα 6.11, βλέπουμε μια έντονη ανοδική τάση, την οποία δείχνουμε στα γραφήματα των παρακάτω εικόνων 6.2 και 6.3.

Πίνακας 6.11 : Τιμές αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ για τα έτη 2013 – 04/2018

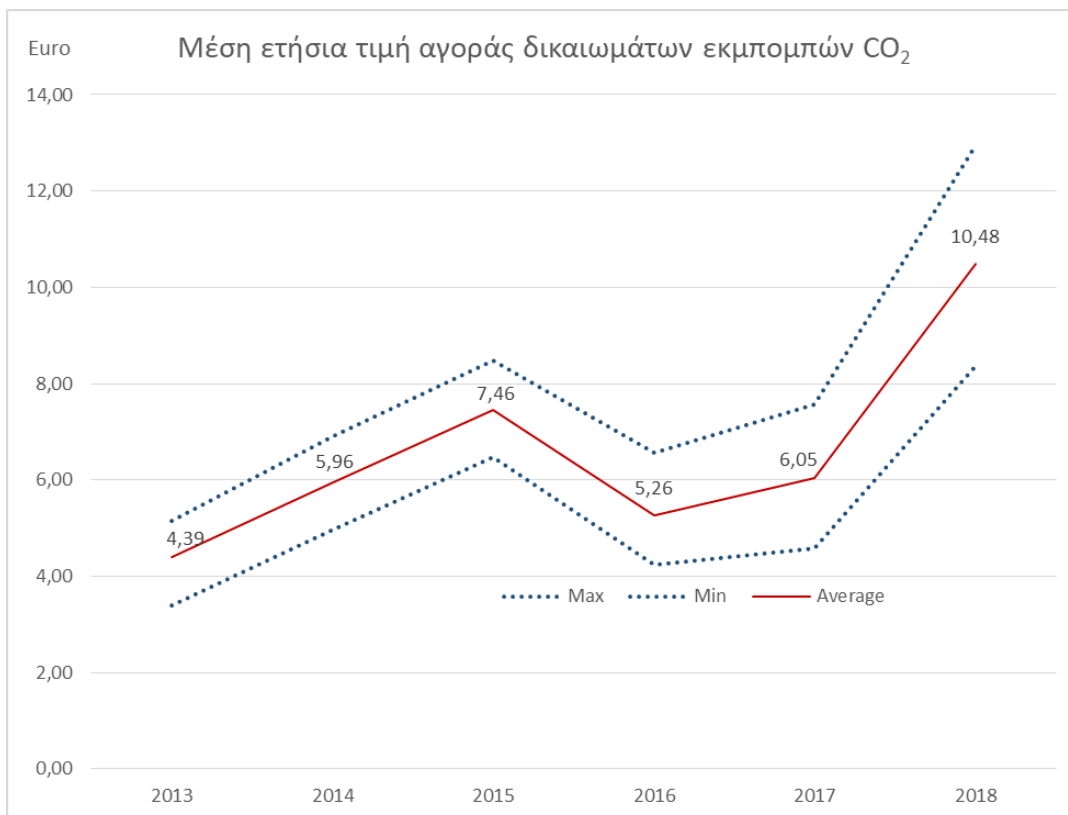
Έτος	Άνοιγμα (€/Ton)	Κλείσιμο (€/Ton)	Τιμή έτους (€/Ton)			Μεταβολή % μέσης τιμής με προηγ. έτος έτος 2013	
			Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση	προηγ. έτος	έτος 2013
2013	5,04	4,62	3,40	5,15	4,39	-	-
2014	4,98	6,76	4,98	6,90	5,96	35,57%	35,57%
2015	6,90	8,27	6,48	8,48	7,46	25,28%	69,84%
2016	6,52	4,49	4,23	6,57	5,26	-29,48%	19,76%
2017	5,11	7,30	4,58	7,57	6,05	14,96%	37,68%
2018	8,36	12,95 ¹³	8,36	12,95	10,48	73,22%	138,49%

¹² Λειτουργός ΑΓοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

¹³ Τελευταία δημοσιευμένη τιμή κατά τη συγγραφή : Απρίλιος 2018



Εικόνα 6.2 : Μηνιαία μέση τιμή αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής CO₂ (έτη 2013-04/2018)



Εικόνα 6.3 : Ετήσια μέση τιμή αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής CO₂ (έτη 2013-04/2018)

Όπως σε όλες τις εταιρείες και κλάδους που συμμετέχουν στο εν λόγω σύστημα, το κόστος αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ υπολογίζεται στο σύνολο των εκπομπών της κάθε εταιρείας, άρα και στη δική μας περίπτωση, στο σύνολο των εκπομπών της ναυτιλίας που υπολογίσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στον πίνακα 5.22, έχουμε υπολογίσει τις αέριες εκπομπές για τα έτη 2016 και 2017, συνεπώς λαμβάνουμε υπόψη τη μισή ποσότητα από την υπολογισμένη ποσότητα CO₂ (από τη μεθοδολογία fuel based) ώστε να μπορέσουμε να υπολογίσουμε το συνολικό ετήσιο κόστος αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών CO₂, ανάλογα τη μέση ετήσια τιμή αγοράς του εκάστοτε έτους.

Πίνακας 6.12 Ετήσιο κόστος αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ από τη ναυτιλία

Έτος	Εκπομπές CO ₂ (Ton)	Μέση τιμή Αγοράς (€/Ton)	Κόστος (€)
2016	278.654,751	5,26	1.465.723,99
2017	278.654,751	6,05	1.685.861,24
Σύνολο	557.309,502		3.151.585,23

Υπολογίζοντας λοιπόν το κόστος, με τη μέση τιμή αγοράς του εκάστοτε έτους εκπομπής, βλέπουμε ότι η ετήσια επιβάρυνση προς τις εταιρείες για τη γραμμή Χανίων και Ηρακλείου, είναι της τάξης του 1,5 εκ. € για το 2016 και 1,7 εκ. € για το 2017. Λαμβάνοντας υπόψη τον πίνακα 6.7 (όπου έχουμε κάνει επιμερισμό των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων ανά κατηγορία επιβαίνοντων για τη διετία) και υπολογίζοντας σύμφωνα με το συνολικό κόστος του προηγούμενου πίνακα, καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα 6.13.

Πίνακας 6.13 Κατανομή κόστους ανά κατηγορία επιβαίνοντα (έτη 2016 και 2017)

Κατηγορία επιβαίνοντα	Ποσοστό συμμετοχής	Κόστος CO ₂ (2016 και 2017) 3.151.585,23 €
Επιβάτες	45,32%	1.428.298,43 Ανά μονάδα (πλήθος 3.430.000) : 0,42
Οχήματα ΙΧ	12,57%	396.154,26 Ανά μονάδα (πλήθος 550.000) : 0,72
Οχήματα ΕΧ	42,11%	1.327.132,54 Ανά μονάδα (πλήθος 350.000) : 3,79

Από τον παραπάνω πίνακα, βλέπουμε ότι το κόστος εκπομπής CO₂ ανα κατηγορία επιβαίνοντα είναι : 0,42 € ανά επιβάτη, 0,72 € ανά όχημα ιδιωτικής χρήσης και 3,79 € ανά όχημα επαγγελματικής χρήσης.

Αν υποθέσουμε ότι οι εκπομπές από τα πλοία και δρομολόγια που εξετάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, θα διατηρηθούν στα ίδια επίπεδα και για την επόμενη διετία (2018, 2019) και υπολογίζοντας με μία μέση τιμή αγοράς του 2018 (όπου με τα μέχρι τώρα στοιχεία, δείχνει να κινείται σε επίπεδο περίπου 70% αυξημένο σε σχέση με το προηγούμενο έτος

2017) και επίσης προβλέποντας ότι και για το 2019 θα έχουμε αντίστοιχη αύξηση της τιμής αγοράς, προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Πίνακας 6.14 Προβλεπόμενο ετήσιο κόστος αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ από τη ναυτιλία

Έτος	Εκπομπές CO ₂ (Ton)	Μέση τιμή Αγοράς (€/Ton)	Κόστος (€)
2018	278.654,751	10,28	2.864.570,84
2019	278.654,751	17,48	4.870.885,05
Σύνολο	557.309,502		7.735.455,89

Από τον παραπάνω πίνακα, βλέπουμε ότι σύμφωνα με τις προβλεπόμενες τιμές αγοράς (με δικές μας εκτιμήσεις) η ετήσια επιβάρυνση προς τις εταιρείες για τη γραμμή Χανίων και Ηρακλείου, θα είναι της τάξης του 2,8-2,9 εκ. € για το 2018 και 4,8-4,9 εκ. € για το 2019.

Και σε αυτή την περίπτωση, λαμβάνοντας υπόψη τον πίνακα 6.7 και υπολογίζοντας σύμφωνα με το συνολικό κόστος του προηγούμενου πίνακα, καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα 6.15.

Πίνακας 6.15 Προβλεπόμενη κατανομή κόστους ανά κατηγορία επιβαίνοντα (έτη 2018 και 2019)

Κατηγορία επιβαίνοντα	Ποσοστό συμμετοχής	Κόστος CO ₂ (2018 και 2019) 7.735.455,89 €
Επιβάτες	45,32%	3.505.708,61
Ανά μονάδα (πλήθος 3.430.000) : 1,02		
Οχήματα ΙΧ	12,57%	972.346,81
Ανά μονάδα (πλήθος 550.000) : 1,77		
Οχήματα ΕΧ	42,11%	3.257.400,48
Ανά μονάδα (πλήθος 350.000) : 9,31		

Εφόσον η πρόβλεψη για το πώς θα κινηθούν οι μέσες τιμές αγοράς για τη διετία 2018, 2019 είναι ακριβής, βλέπουμε ότι το κόστος εκπομπής CO₂ ανα κατηγορία επιβαίνοντα θα είναι : 1,02 € ανά επιβάτη, 1,77 € ανά όχημα ιδιωτικής χρήσης και 9,31 € ανά όχημα επαγγελματικής χρήσης, αυξημένο κατά περίπου 145% σε σχέση με την προηγούμενη διετία.

Πίνακας 6.16 Κόστος εκπομπής CO₂ ανά κατηγορία επιβαίνοντα

Κατηγορία επιβαίνοντα	Κόστος εκπομπής CO ₂ (€)		Μεταβολή
	2016-2017	2018-2019	
Επιβάτες	0,42	1,02	142,86%
Οχήματα ΙΧ	0,72	1,77	145,83%
Οχήματα ΕΧ	3,79	9,31	145,65%

Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι υπάρχει έντονη η μεταβλητότητα σε αυτό το κόστος, το οποίο όπως είδαμε παραπάνω, εξαρτάται από τη χρηματιστηριακή αξία των ρύπων.

Εάν εφαρμοζόταν πλήρως η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει (*polluter pays*)», τότε οι ναυτιλιακές εταιρείες γραμμής Χανίων και Ηρακλείου θα έπρεπε να επιβαρυνθούν για τα 2016 και 2017 το εξωτερικό κόστος στα λιμάνια (πίνακας 6.10) καθώς και το κόστος αγοράς δικαιωμάτων αερίων του θερμοκηπίου στο σύνολο της λειτουργίας των πλοίων (πίνακας 6.13) κάτι που έχουμε αθροίσει στον παρακάτω πίνακα, όπου βλέπουμε ότι ανά κατηγορία επιβαίνοντα η επιβάρυνση θα είναι : 3,99 € ανά επιβάτη, 7,07 € ανά όχημα ιδιωτικής χρήσης και 36,71 € ανά όχημα επαγγελματικής χρήσης.

Πίνακας 6.17 Συνολικό κόστος αερίων εκπομπών από τη ναυτιλία γραμμή Χανίων και Ηρακλείου (έτη 2016 και 2017)

Κατηγορία επιβαίνοντα		Εξωτερικό κόστος (€)	Κόστος CO ₂ (€)	Σύνολο (€)
Κατανομή κόστους	Σύνολο :	27.513.731,62	3.151.585,23	30.665.316,85
Επιβάτες	45,32%	12.469.223,17	1.428.298,43	13.897.521,60
Ανά μονάδα (πλήθος 3.430.000) :		3,64	0,42	4,06
Οχήματα ΙΧ	12,57%	3.458.476,06	396.154,26	3.854.630,32
Ανά μονάδα (πλήθος 550.000) :		6,29	0,72	7,01
Οχήματα ΕΧ	42,11%	11.586.032,39	1.327.132,54	12.913.164,93
Ανά μονάδα (πλήθος 350.000) :		33,10	3,79	36,89

Συμπεράσματα

Κατά τη διάρκεια της μελέτης αλλά και κατόπιν των υπολογισμών που έγιναν, εξάγαμε σημαντικά συμπεράσματα, τα οποία και θα αναπτύξουμε παρακάτω.

Εάν γνωρίζαμε την ποσότητα και το είδος πετρελαίου που κατανάλωσαν οι μηχανές των πλοίων, θα μπορούσαμε να πολλαπλασιάσουμε με τον κατάλληλο συντελεστή εκπομπών, και να υπολογίσουμε με αρκετή ακρίβεια την ποσότητα των αέριων ρύπων. Επειδή όμως δεν γνωρίζαμε την κατάλωση, οδηγηθήκαμε στον υπολογισμό αυτής, χρησιμοποιώντας τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πλοίων και την τυπική κατάλωση, ανάλογα το φορτίο σε κάθε λειτουργική φάση. Παρόλο που δίδονται στη βιβλιογραφία συντελεστές φορτίου, τόσο για τις κύριες όσο και για τις βοηθητικές μηχανές, παρατηρήσαμε από τα διαθέσιμα δεδομένα, ότι αυτό έχει μεγάλη αβεβαιότητα, κυρίως λόγω την ανομοιογενών βοηθητικών μηχανών (kW, SFOC) αλλά και των διαφορετικών ωρών λειτουργίας και διαφορετικού φορτίου, σε κάθε μηχανή κατά τη διάρκεια ενός πλήρους ταξιδιού.

Στα προηγούμενα κεφάλαια έχουμε αναπτύξει πλήρως και έχουμε υπολογίσει τους αέριους ρύπους από τη ναυτιλία, με τις δύο μεθοδολογίες (fuel based και activity based). Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις δύο μεθοδολογίες, είδαμε ότι σε γενικές γραμμές, δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Αυτό που παρατηρήσαμε, είναι ότι η fuel based μεθοδολογία, μας δίνει λίγο χαμηλότερα αποτελέσματα εκπομπής αέριων ρύπων, σε σχέση με την activity based μεθοδολογία. Ο λόγος που δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές, είναι διότι και στις δύο μεθοδολογίες, όπως αναφέραμε και παραπάνω, εργαστήκαμε υπολογιστικά και όχι υπολογίζοντας τους αέριους ρύπους από την πραγματική κατανάλωση καυσίμου, αλλά υπολογίζοντας από την τυπική κατανάλωση και την ονομαστική ισχύ των κινητήρων (κατά βάθος, αυτά τα μεγέθη τα δίνει ο κατασκευαστής των κινητήρων, και αφορούν το ίδιο πράγμα, πόσο καύσιμο καταναλώνει ο κινητήρας για να αποδώσει στην ονομαστική του ισχύ). Έγινε κατανοητό, ότι ανάλογα την κατάσταση των κινητήρων, τη συντήρηση τους σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, αλλά και από τις γενικότερες συνθήκες λειτουργίας τους, ότι ενδεχομένως να έχουμε διαφορετικά αποτελέσματα.

Για να γίνει κατανοητή η ποσότητα των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων, από τα πλοία της μελέτης μας, προχωρήσαμε σε σύγκριση με άλλα μέσα μεταφοράς. Η πρώτη σύγκριση που έγινε, ήταν με παρεμφερή μελέτη πάνω σε κρουαζιερόπλοια και επικεντρωθήκαμε στα λιμάνια Σούδας Χανίων και Ηρακλείου, όπου διαπιστώσαμε ότι παρόλο που τα κρουαζιερόπλοια είχαν το 1/5 των προσεγγίσεων σε σχέση με τη μελέτη μας, εντούτοις οι εκπεμπόμενοι αέριοι ρύποι στα λιμάνια, ήταν περίπου οι μισοί. Δηλαδή, αναλογικά πολύ περισσότεροι, σε σχέση με τα πλοία της μελέτης μας. Αυτό συμβαίνει διότι όπως έχει αναλυθεί διεξοδικά στη βιβλιογραφία, τα κρουαζιερόπλοια έχουν πολύ αυξημένες απαιτήσεις σε ενέργεια, κυρίως κατά τον ελλιμενισμό.

Επίσης, έγινε σύγκριση, σε αέριους ρύπους από αεροπλάνα, όπου εκεί αντιληφθήκαμε σε μεγαλύτερο βαθμό το μέγεθος της ποσότητας των αέριων ρύπων της μελέτης μας. Είδαμε ότι

οι εκπομπές CO₂ είναι περίπου ίδιες για τα πλοία και αεροπλάνα, αλλά οι υπόλοιποι αέριοι ρύποι, ήταν κατά πολύ μικρότεροι, έως ελάχιστοι των πλοίων, σε σχέση με τα αεροπλάνα.

Ως ένα ακόμα αποτέλεσμα της μελέτης μας, έγινε μια οικονομοτεχνική προσέγγιση και υποθέτοντας ότι ο συνολικός ναύλος του κάθε έτους, αντιπροσωπεύει το συνολικό πιθανό μελλοντικό κόστος εκπομπής αέριων ρύπων, τότε ανά έτος, μπορέσαμε να επιμερίσουμε το κόστος σύμφωνα με τον επιμερισμό των ναύλων σε κάθε κατηγορία επιβαίνοντα. Σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουμε υπολογίσει, για τα έτη 2016 και 2017 :

- το 45,32% του κόστους αφορά τους επιβάτες,
- το 12,57% αφορά τα οχήματα ιδιωτικής χρήσης
- το 42,11% αφορά τα οχήματα επαγγελματικής χρήσης (φορτηγά)

Κατόπιν αυτού, υπολογίσαμε το εξωτερικό κόστος το οποίο ορίζεται ως ο αντίκτυπος των δραστηριοτήτων (κοινωνικών ή οικονομικών) μιας ομάδας ατόμων, σε μια άλλη ομάδα και όταν αυτός ο αντίκτυπος δεν αντισταθμίζεται, από την πρώτη ομάδα. Για να εκτιμήσουμε το συνολικό εξωτερικό κόστος λόγω των εκπομπών αέριων ρύπων από τα πλοία στους εξεταζόμενους λιμένες, χρησιμοποιήσαμε τη μεθοδολογία NEEDS (New Energy Externalities Development for Sustainability) η οποία είναι και η πιο πρόσφατη, θεωρώντας ότι ο Πειραιάς και το Ηράκλειο ανήκουν στις Urban περιοχές και η Σούδα Χανίων στις Suburban. Το αποτέλεσμα ήταν ότι :

- το συνολικό ετήσιο εξωτερικό κόστος για το λιμάνι του Πειραιά είναι περίπου 8,5 – 8,6 εκ. Ευρώ, για το λιμάνι του Ηρακλείου είναι περίπου 4,2 – 4,3 εκ. Ευρώ και για το λιμάνι των Χανίων είναι 0,96 – 0,98 εκ. Ευρώ,
- αντιστοιχούν 3,64 € επιβάρυνση κόστους ανά επιβάτη, 6,29 € ανά όχημα ιδιωτικής χρήσης και 33,10 € ανά όχημα επαγγελματικής χρήσης.

Κατανοούμε βεβαίως ότι το εξωτερικό κόστος, είναι ένα έμμεσο κοινωνικό-οικονομικό κόστος στα λιμάνια, το οποίο εκτιμάται, αλλά επι της ουσίας δεν εισπράττεται με κάποιο τρόπο. Πέρα από αυτό το κόστος, υπάρχει και το άμεσο κόστος αγοράς εκπομπών αέριων του θερμοκηπίου, το οποίο επι της παρούσης εφαρμόζεται σε μεγάλο μέρος της βιομηχανίας και των αερομεταφορών, όμως δεν εφαρμόζεται ακόμα στην ναυτιλία. Η γενικότερη εκτίμηση είναι, ότι κάτι τέτοιο δεν πρόκειται να αργήσει να εφαρμοστεί, οπότε προχωρήσαμε σε εκτίμηση και αυτού του κόστους.

Υπολογίζοντας λοιπόν το κόστος, με τη μέση τιμή αγοράς του εκάστοτε έτους εκπομπής, είδαμε ότι η ετήσια επιβάρυνση προς τις εταιρείες για τη γραμμή Χανίων και Ηρακλείου, θα μπορούσε να είναι :

- της τάξης του 1,5 εκ. € για το 2016 και 1,7 εκ. € για το 2017
- το κόστος εκπομπής CO₂ ανα κατηγορία επιβαίνοντα : 0,42 € ανά επιβάτη, 0,72 € ανά όχημα ιδιωτικής χρήσης και 3,79 € ανά όχημα επαγγελματικής χρήσης.

Επιχειρώντας να κάνουμε μια μελλοντική πρόβλεψη για την επόμενη διετία, υποθέτωντας ότι οι εκπομπές από τα πλοία και τα δρομολόγια που εξετάσαμε, θα διατηρηθούν στα ίδια επίπεδα, αλλά υπολογίζοντας με μία μέση τιμή αγοράς του 2018 (όπου με τα μέχρι τώρα στοιχεία, δείχνει να κινείται σε επίπεδο περίπου 70% αυξημένο σε σχέση με το προηγούμενο

έτος 2017) και επίσης προβλέποντας ότι και για το 2019 θα έχουμε αντίστοιχη αύξηση της τιμής αγοράς, προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα :

- η ετήσια επιβάρυνση προς τις εταιρείες για τη γραμμή Χανίων και Ηρακλείου, θα είναι της τάξης του 2,8-2,9 εκ. € για το 2018 και 4,8-4,9 εκ. € για το 2019,
- το κόστος εκπομπής CO₂ ανα κατηγορία επιβαίνοντα : 1,02 € ανά επιβάτη, 1,77 € ανά όχημα ιδιωτικής χρήσης και 9,31 € ανά όχημα επαγγελματικής χρήσης, αυξημένο κατά περίπου 145% σε σχέση με την προηγούμενη διετία.

Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι υπάρχει έντονη η μεταβλητότητα στα κόστη, κάτι που βεβαίως οφείλεται στη διαφύρση της τιμής αγοράς, η οποία γίνεται μέσω χρηματιστηρίου.

Εάν εφαρμοζόταν πλήρως η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει (*polluter pays*)», τότε οι ναυτιλιακές εταιρείες γραμμής Χανίων και Ηρακλείου θα έπρεπε να επιβαρυνθούν, τόσο το εξωτερικό κόστος στα λιμάνια, όσο και το κόστος αγοράς δικαιωμάτων αερίων του θερμοκηπίου στο σύνολο της λειτουργίας των πλοίων τους, όπου για τα έτη 2016 και 2017 προκύπτει :

- η ετήσια επιβάρυνση θα είναι της τάξης των 30 εκ. € για τη διετία,
- το κόστος ανά κατηγορία επιβαίνοντα : 4,06 € ανά επιβάτη, 7,01 € ανά όχημα ιδιωτικής χρήσης και 36,89 € ανά όχημα επαγγελματικής χρήσης.

Παράρτημα Ι

Ship	Depart	Arrival	Itinerary	Sea State	Duration	Distance	Avg. Speed
ELYROS	1/1/2016 21:11	2/1/2016 05:51	PIRAEUS-SOUDA	4	8:40	157,9	18,2
ELYROS	2/1/2016 21:07	3/1/2016 05:51	SOUDA-PIRAEUS	5	8:44	158,6	18,2
ELYROS	3/1/2016 21:13	4/1/2016 05:46	PIRAEUS-SOUDA	8	8:33	159,2	18,6
ELYROS	4/1/2016 21:06	5/1/2016 05:47	SOUDA-PIRAEUS	6	8:41	158,8	18,3
ELYROS	5/1/2016 21:30	6/1/2016 05:47	PIRAEUS-SOUDA	6	8:17	158,0	19,0
ELYROS	6/1/2016 21:05	7/1/2016 05:35	SOUDA-PIRAEUS	7	8:30	158,5	18,6
ELYROS	7/1/2016 21:16	8/1/2016 05:56	PIRAEUS-SOUDA	7	8:40	160,0	18,5
ELYROS	8/1/2016 21:06	9/1/2016 05:38	SOUDA-PIRAEUS	5	8:32	158,4	18,6
ELYROS	9/1/2016 21:08	10/1/2016 05:45	PIRAEUS-SOUDA	5	8:37	158,0	18,3
ELYROS	10/1/2016 21:06	11/1/2016 05:42	SOUDA-PIRAEUS	5	8:36	158,5	18,4
ELYROS	11/1/2016 21:10	12/1/2016 05:54	PIRAEUS-SOUDA	6	8:44	158,0	18,1
ELYROS	12/1/2016 21:07	13/1/2016 05:45	SOUDA-PIRAEUS	6	8:38	158,5	18,4
ELYROS	13/1/2016 21:08	14/1/2016 05:43	PIRAEUS-SOUDA	6	8:35	158,1	18,4
ELYROS	14/1/2016 21:05	15/1/2016 05:44	SOUDA-PIRAEUS	5	8:39	158,5	18,3
ELYROS	15/1/2016 21:12	16/1/2016 05:51	PIRAEUS-SOUDA	6	8:39	157,7	18,3
ELYROS	17/1/2016 21:11	18/1/2016 05:47	SOUDA-PIRAEUS	6	8:36	158,5	18,4
ELYROS	18/1/2016 21:23	19/1/2016 06:00	PIRAEUS-SOUDA	6	8:37	158,1	18,3
ELYROS	19/1/2016 21:24	20/1/2016 05:44	SOUDA-PIRAEUS	5	8:20	158,4	19,0
ELYROS	22/1/2016 06:46	22/1/2016 14:05	PIRAEUS-SOUDA	5	7:19	158,3	21,6
ELYROS	22/1/2016 21:05	23/1/2016 05:39	SOUDA-PIRAEUS	6	8:34	158,6	18,5
ELYROS	23/1/2016 21:08	24/1/2016 05:43	PIRAEUS-SOUDA	6	8:35	157,9	18,4
ELYROS	24/1/2016 21:04	25/1/2016 05:46	SOUDA-PIRAEUS	5	8:42	159,5	18,3
ELYROS	25/1/2016 21:13	26/1/2016 05:49	PIRAEUS-SOUDA	5	8:36	158,0	18,4
ELYROS	26/1/2016 21:27	27/1/2016 05:44	SOUDA-PIRAEUS	5	8:17	158,6	19,1
ELYROS	31/1/2016 07:13	31/1/2016 14:41	PIRAEUS-SOUDA	4	7:28	158,2	21,2
ELYROS	31/1/2016 21:11	1/2/2016 05:41	SOUDA-PIRAEUS	5	8:30	158,6	18,6
ELYROS	1/2/2016 21:08	2/2/2016 05:37	PIRAEUS-SOUDA	5	8:29	157,9	18,9
ELYROS	2/2/2016 21:36	3/2/2016 05:35	SOUDA-PIRAEUS	5	7:59	158,7	19,9
ELYROS	3/2/2016 21:44	4/2/2016 05:50	PIRAEUS-SOUDA	4	8:06	158,2	19,5
ELYROS	6/2/2016 21:12	7/2/2016 05:40	SOUDA-PIRAEUS	6	8:28	158,7	18,8
ELYROS	7/2/2016 21:08	8/2/2016 05:46	PIRAEUS-SOUDA	5	8:38	158,0	18,3
ELYROS	8/2/2016 21:11	9/2/2016 05:43	SOUDA-PIRAEUS	4	8:32	158,9	18,6
ELYROS	9/2/2016 21:09	10/2/2016 05:40	PIRAEUS-SOUDA	6	8:31	158,4	18,6
ELYROS	10/2/2016 21:11	11/2/2016 05:55	SOUDA-PIRAEUS	7	8:44	159,7	18,3
ELYROS	11/2/2016 21:10	12/2/2016 05:49	PIRAEUS-SOUDA	6	8:39	158,1	18,3
ELYROS	12/2/2016 21:04	13/2/2016 05:39	SOUDA-PIRAEUS	5	8:35	158,7	18,5
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Βιβλιογραφία

- Agrawal, H., Malloy, Q., Welch, W., Miller, J., & Cocker, D. (2008). In-use gaseous and particulate matter emissions from a modern ocean going container vessel. *Atmospheric Environment*(Volume 42, Issue 21, July 2008), 5504-5510.
- Bloor, M., Baker, S., Sampson, H., & Dahigren, K. (2013). *Issues in the Enforcement of Future International Regulations on Ships' Carbon Emissions*. Cardiff University: Seafarers International Research Centre (SIRC).
- Bloor, M., Sampson, H., & Baker, S. (2013). *Effectiveness of international regulation of pollution controls: the case of ship emissions*. Ανάκτηση από Online Research @ Cardiff:
<http://www.sirc.cf.ac.uk/Uploads/Publications/Ship%20Emissions%20Interim%20Report.pdf>
- Cullinane, K., & Cullinane, S. (2013, June). Atmospheric Emissions from Shipping: The Need for Regulation and Approaches to Compliance. *Transport Reviews Journal*(vol.33, Issue 4), 377-401.
- De Meyer, P., Maes, F., & Volckaer, A. (2008). Emissions from International shipping in the Belgian Part of the North Sea and the Belgian Seaports. *Atmospheric Environment*, vol.42, Issue 1, 196-206.
- EC, 2003/87/EC. (2009). *Consolidated version of Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community, as amended by Directive 2009/29/EC of April 2009*. Brussels: EC.
- ENTEC. (2002). *Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European community*. Norwich UK: Final Report 0617702121, Entec UK Limited, WHALL C, COOPER D, ARCHER K, TWIGGER L, THURSTON N, OCKWELL D, MCINTYRE A, RITCHIE A.
- European Commission. (2015). *EU ETS HANDBOOK*. Ανάκτηση από
https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/ets_handbook_en.pdf
- European Environment Agency, a. (2011). *EUA future prices 2005–2011*. Ανάκτηση από
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/eua-future-prices-200520132011/eua-future-prices-200520132011-eps-file>
- Forster, C., Stohi, A., & Seibert, P. (2007, April). Parameterization of Convective Transport in a Lagrangian Particle Dispersion Model and Its Evaluation. *Applied Meteorology and Climatology*(vol.46), 403-422.
- Global Shippers Forum. (2012). *Maritime emissions briefing note*. Ανάκτηση από
https://globalshippersforum.com/media/1013/maritimeemissions_ed2.pdf
- Heywood, B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill.
- IMO. (2018). *IMO*. Ανάκτηση 2018, από IMO: www.imo.org
- Lauer, A., Eyring, V., Hendricks, J., Jöckel, P., & Lohmann, U. (2007, October). Global model simulations of the impact of ocean-going ships on aerosols, clouds, and the radiation budget. *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS*(7 (19)), 5061-5079.

- Maragkogianni, A. (2017). Combined methodology for the quantification of emissions of gaseous pollutants by cruise ships. Estimation of induced social costs and evaluation of the environmental performance of ports. *Phd. Διδακτορική Διατριβή*, Πολυτεχνείο Κρήτης, τμήμα ΜΠΔ.
- Marinetraffic. (2018). *Marinetraffic*. Ανάκτηση 2018, από Marinetraffic: www.marinetraffic.com
- Moldanova, J., Fridell, E., Popovicheva, O., Demirdjian, B., Tishkova, V., Faccinnetto, A., και συν. (2009, May). Characterisation of particulate matter and gaseous emissions from a large ship diesel engine. *Atmospheric Environment*(vol.43, Issue 16), 2632-2641.
- Mundt, T. (2014). MARITIME Monitoring, reporting and verification (MRV) of CO2 emissions an introduction. *SMM Forum*. Hamburg: DNV GL.
- Nicolai, T. (1999, December). Environmental air pollution and lung disease in children. *Monaldi Archives for Chest Disease*(vol.54(6)), σσ. 475-8.
- Ricardo-AEA. (2014). *Sustainable transport - Studies*. Ανάκτηση από European Commission - DG Mobility and Transport: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/sustainable/studies/doc/2014-handbook-external-costs-transport.pdf>
- Seaweb. (2018). *Seaweb*. Ανάκτηση 2018, από Seaweb: www.maritime.ihs.com
- Third IMO GreenHouse Gas Study. (2014). *Third IMO GreenHouse Gas Study 2014*. Ανάκτηση από www.imo.org: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>
- Tzannatos, E. (2010, January). Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus, Greece. *Atmospheric Environment*(vol.44, Issue 3), 400-407.
- Δαγκίνης, & Νικητάκος. (2012, Μάρτιος-Απρίλιος). ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ. *Maritech News*(18).
- Δούσκας, Θ. (2016). Μεθοδολογία υπολογισμού και αποτύπωσης εκπομπών αερίων ρύπων από καράβια. *Διπλωματική εργασία - Περιβαλλοντικός σχεδιασμός έργων υποδομής*. ΕΑΠ.
- Εφημερίδα Ε.Ε. L 123. (2015, May 19). ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2015/757 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ. *Εφημερίδα Ε.Ε*(L 123).
- Κόρτικλα, Ά.-Μ. (2015). *Ναυτιλία και Περιβάλλον* (Τόμ. ISBN: 978-960-603-222-6.). Τμήμα Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Κουτούση, Β. (2014). Καταλυτική αντιμετώπιση πτητικών οργανικών ρύπων (VOCs): παρούσα κατάσταση και προοπτικές. *Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία - Πολυτεχνείο Κρήτης*.
- ΛΑΓΗΕ. (2018). *EUA & EUAA Auctions Statistics*. Ανάκτηση 2018, από <http://data1.lagie.gr/pls/apex/f?p=109:6:0::NO>

- Μοσχόπουλος, Ν. (2016). Εκπομπές αέριων ρύπων σε λιμένες της Μεσογείου. *Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, τμήμα ΜΠΔ.*
- ΟΛΠ Α.Ε. (2004). *Κανονισμός και Τιμολόγια για Εργασίες Φορτοεκφόρτωσης – Διακίνησης - Αποθήκευσης Εμπορευμάτων και Παροχής Υπηρεσιών προς τους Επιβάτες και τα Οχήματα.* Ανάκτηση από www.olp.gr: http://www.olp.gr/el/regulations-and-tariffs/item/download/3367_6ff42ace012b8482d3f7c9743ed23164
- ΟΛΠ Α.Ε., τιμ.Νο.5. (2017). *τιμολόγιο Νο.5, Χρήση λιμένος και παρεχόμενων υπηρεσιών προς επιβάτες.* Ανάκτηση από www.olp.gr: http://www.olp.gr/el/regulations-and-tariffs/item/download/10738_cf475c050a407f961f0f5914d6780a23
- ΟΛΠ Α.Ε., τιμ.Νο.6. (2017). *τιμολόγιο Νο.6, Διέλευση τροχοφόρων μέσω της προκυμαίας εισερχομένων σε πλοία ακτοπλοϊκών γραμμών.* Ανάκτηση από www.olp.gr: http://www.olp.gr/el/regulations-and-tariffs/item/download/10737_a72c4b3b70a64c37788d487370fd4987
- Παλένης, Δ. (2016). Μεθοδολογία υπολογισμού αέριων ρύπων από αεροσκάφη με χρήση δεδομένων από δέκτη ADS-B στην περιοχή Χανίων και Ηρακλείου. *Διπλωματική εργασία - Πολυτεχνείο Κρήτης.*
- Σιάφης, Δ. (2015). Εφαρμογή του Ευρωπαϊκού συστήματος Monitoring, Reporting και Verification (MRV) των εκπομπών CO₂ από τις θαλάσσιες μεταφορές. *Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστήμιο Πειραιά.*
- ΥΠΑ. (2018). *ΥΠΑ - Αερολιμένας Ηρακλείου.* Ανάκτηση 2018, από ΥΠΑ - Αερολιμένας Ηρακλείου: <http://www.ypa.gr/our-airports/kratikos-aerolimenas-hrakleioy-n-kazantzakhs>
- ΥΠΑ. (2018). *ΥΠΑ - Αερολιμένας Χανίων.* Ανάκτηση 2018, από ΥΠΑ - Αερολιμένας Χανίων: <http://www.ypa.gr/our-airports/kratikos-aerolimenas-xaniwn-i-daskalogiannhs-kaxnd>
- Χρέμου, Ε. (2013). Μακροχρόνιες μεταβολές στις εκπομπές των αέριων ρύπων στην Ελλάδα, *Διπλωματική Μεταπτυχιακή εργασία. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ - ΕΜΠ – Πανεπιστήμιο Πειραιώς.*