

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**



**ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**στην ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

**ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΠΛΟΙΑ.ΔΙΕΘΝΕΙΣ  
ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ.**

**ΕΞΑΡΧΟΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ**

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών

του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των

απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού

Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ναυτιλία

Πειραιάς

Απρίλιος 2013

## **ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**

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

## **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από το ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Τσελέντης Βασίλειος –Στυλιανός (Επιβλέπων)
- Τζανάτος Ερνέστος
- Τσελεπίδης Αναστάσιος

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα.

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στην Αθήνα στα πλαίσια του 8<sup>ου</sup> Κύκλου Σπουδών του Κανονισμού του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Υπεύθυνος για την εργασία εκ μέρους του Πανεπιστημίου Πειραιώς ήταν ο καθηγητής κύριος Τσελέντης Βασίλειος –Στυλιανός. Το θέμα της εργασίας αυτής είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία καθώς και οι εξελίξεις στην προσπάθεια περιορισμού των εκπομπών Co<sub>2</sub>. Το πρωτότυπο της εργασίας έχει γραφτεί στην ελληνική γλώσσα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Εκπομπές στην ατμόσφαιρα από τη διεθνή ναυσιπλοΐα/ναυτιλία**

1.1 Αέριοι ρύποι από τη Διεθνή Ναυσιπλοΐα.....	σελ 8
1.2 Τύποι κινητήρων πλοίων.....	σελ 9
1.3 Καύσιμα Διεθνούς Ναυσιπλοΐας/Ναυτιλίας.....	σελ 10
1.4 Μεθοδολογίες απογραφής εκπομπών από τη ναυσιπλοΐα/ναυτιλία....	σελ 13
1.4.1 Top-down απογραφή διεθνών εκπομπών βάση συνολικής κατανάλωσης καυσίμου .....	σελ 16
1.4.2 Top-down απογραφή διεθνών εκπομπών βάση δραστηριότητας του στόλου (στατιστικό μοντέλο).....	σελ 18
1.5 Εκτιμήσεις εκπομπών από Καύσιμα Διεθνούς Ναυσιπλοΐας/Ναυτιλίας.....	σελ 23

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα διεθνούς ναυσιπλοΐας/ναυτιλίας**

2.1 Όζον (O <sub>3</sub> ).....	σελ 32
2.2 Υδροξύλιο (OH).....	σελ 33
2.3 Οξειδία αζώτου και θείου (NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> ) και δευτερογενείς ρύποι .....	σελ 34
2.4 Αερολύματα (aerosols).....	σελ 35

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Κανονισμοί ελέγχου και παρακολούθησης εκπομπών στην ατμόσφαιρα από τη διεθνή ναυσιπλοΐα/ναυτιλία**

3.1 Πρωτόκολλο του Κιότο.....	σελ 37
3.2 Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL).....	σελ 39
3.2.1 Παράρτημα VI MARPOL 73/78 .....	σελ 42
3.2.2.Tier I.....	σελ 44
3.3 Αναθεωρημένη MARPOL .....	σελ 48
3.3.1 Tier II.....	σελ 49
3.3.2 Tier III .....	σελ 55

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Κύριες εναλλακτικές τεχνολογικές επιλογές για τη μείωση εκπομπών στην ατμόσφαιρα από πλοία**

4.1 Σχεδιασμός πλοίου .....	σελ 59
4.2 Πρόωση (propulsion).....	σελ 61
4.3 Μηχανήματα.....	σελ 63
4.4 Λειτουργία .....	σελ 70
4.5 Εναλλακτικά καύσιμα και ενέργεια.....	σελ 73
Συμπεράσματα.....	σελ 76

## Περίληψη

Η ποντοπόρος ναυτιλία παρέχει ένα σημαντικό μέσο για τη μεταφορά εμπορευμάτων σε διεθνές επίπεδο και επιτρέπει κι άλλες δραστηριότητες, όπως η αλιεία, οι μεταφορές αναψυχής, κ.λπ. Σήμερα, η πλειονότητα του παγκόσμιου στόλου χρησιμοποιεί κινητήρες ντίζελ, ως μέσο για την παροχή δύναμης πρόωσης για πλοία.

Οι κυριότεροι ρύποι που παράγονται από την ναυσιπλοΐα είναι συνέπεια της καύσης του καυσίμου σε μηχανές (θαλάσσης) εσωτερικής καύσης. Αυτοί είναι ρύποι (CO, VOC, NOx και PM) που κυρίως έχουν να κάνουν με την τεχνολογία του κινητήρα, και ρύποι (CO<sub>2</sub>, SOx, βαρέα μέταλλα και θειικά παράγωγα PM) οι οποίοι προέρχονται από το είδος καυσίμου.

Η ναυτιλία έχει μικρή συμβολή στις παγκόσμιες συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> (1,8% του παγκόσμιου συνόλου CO<sub>2</sub> εκπομπών το 1996). Σε ευρωπαϊκή κλίμακα, τα SO<sub>2</sub> και NOx από την εθνική ναυτιλία μπορεί να είναι σημαντικά όσον αφορά τις συνολικές εθνικές εκπομπές. Η κύρια νομοθετική πράξη για εκπομπές ρύπων από πλοία, το Παράρτημα VI της MARPOL (Tier I με τροπολογίες Tier II και Tier III που υιοθετήθηκαν από τον IMO) ελέγχει τα NOx όρια και τα οξείδια του θείου, μέσω του θείου στα καύσιμα και περαιτέρω, μέσω του χαρακτηρισμού περιοχών ελέγχου εκπομπών διοξειδίου του θείου (SECA).

Τα μέτρα στο παράρτημα VI της MARPOL περιγράφουν τα αποτελέσματα, δεν ορίζουν πώς αυτά πρόκειται να επιτευχθούν. Η τεχνολογία για τον έλεγχο εκπομπών από πλοία περιλαμβάνει βελτιωμένη σχεδίαση του κινητήρα, συστήματα ψεκασμού καυσίμου, ηλεκτρονική χρονομέτρηση, κ.λπ., για να επιτευχθεί βέλτιστη απόδοση (βελτιστοποίηση εκπομπών CO<sub>2</sub>) μειώνοντας τις εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων και VOC. Η τεχνική της ανακυκλοφορίας καυσαερίων (EGR) και οι τεχνολογίες ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης (πλυντρίδες, κ.λπ.) δεν έχουν ακόμα τεθεί σε τακτική υπηρεσία για τα πλοία.

Το κοινοτικό σύστημα εμπορίας εκπομπών (EU ETS) δεν καλύπτει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη ναυτιλία αν και καλύπτει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> από τις πτήσεις εντός και μεταξύ

των χωρών που συμμετέχουν στο EU ETS και διεθνείς πτήσεις προς και από μη-ETS χώρες.

Τα θεσμοθετημένα όρια εκπομπών για ντίζελ κινητήρες για σκάφη αναψυχής (Οδηγία 2003/44) δεν αναφέρονται στην παρούσα εργασία.

Επομένως, απαιτείται ακόμη αρκετή προσπάθεια προς την κατεύθυνση της μείωσης εκπομπών καυσαερίων από τη ναυτιλία προσαρμόζοντας υφιστάμενους περιβαλλοντικούς κανονισμούς και υφιστάμενες τεχνολογίες ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

## **Abstract**

Ocean-going shipping provides an important means of transporting goods internationally, as well as enabling other activities such as fishing, leisure transport etc. Today the majority of the global fleet uses diesel engines as a means of providing propulsive power for ships.

The principal pollutants produced by navigation are a consequence of combusting the fuel in internal combustion (marine) engines. These are pollutants (CO, VOC, NO<sub>x</sub> and PM) which mainly have to do with engine technology, and pollutants (CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, heavy metals and sulphate-derived PM) which originate from the fuel speciation.

Shipping is a small contributor to the world total CO<sub>2</sub> emissions (1.8% of world total CO<sub>2</sub> emissions in 1996). On a European scale, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions from national shipping can be important with respect to total national emissions.

The principal legislative instrument for exhaust emissions from ships Marpol Annex VI (Tier I with Tier II and Tier III amendments adopted by IMO) controls NO<sub>x</sub> limits and sulphur oxides, through sulphur in fuel and further through the designation of Sulphur Dioxide Emission Control Area (SECA).

The measures in Marpol Annex VI describe the outcomes, they do not stipulate how they are to be achieved. Technology for controlling emissions from ships includes improved engine design, fuel injection systems, electronic timing, etc. to obtain optimum efficiency (optimising CO<sub>2</sub> emissions) reducing PM and VOC emissions.

Exhaust gas recirculation (EGR) technique and air pollution control technologies (scrubbers, etc) have not yet been in regular service for ships.

The EU emissions trading system (EU ETS) does not cover CO<sub>2</sub> emissions from shipping although it covers CO<sub>2</sub> emissions from flights within and between countries participating in the EU ETS and international flights to and from non-ETS countries.

The emission legislation limits for diesel engines for recreational craft (Directive 2003/44) are not mentioned in this paper.

Accordingly, much effort is still needed in the direction of reducing the exhaust emissions from shipping adjusting current Environmental Regulations and current air pollution control technologies.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΕΘΝΗ ΝΑΥΣΙΠΛΟΟΪΑ/ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

### **1.1 Αέριοι ρύποι από τη Διεθνή Ναυσιπλοΐα**

Αυξημένη πίεση ασκείται στη βιομηχανία και τις επιχειρήσεις, συμπεριλαμβανομένων και των διαφόρων τρόπων μεταφοράς, για να επιτευχθεί αειφόρος ανάπτυξη. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι η εκπομπή CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> και SO<sub>2</sub> από πλοία αντιστοιχεί σε περίπου 2-3%, 10-15% και 4-9% των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών, αντίστοιχα. (The Environmental Impacts of Increased International Maritime Shipping 2008)

Οι εκπομπές καυσαερίων από ένα θαλάσσιο κινητήρα ντίζελ, η επικρατέστερη μορφή μονάδας ισχύος του παγκόσμιου στόλου, σε μεγάλο βαθμό αποτελούνται από περίσσεια διοξειδίου του άνθρακα και υδρατμούς, με μικρότερες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του θείου και του αζώτου και υδρογονανθράκων και σωματιδίων που δεν έχουν καεί πλήρως. Τα καυσαέρια εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από τα φουγάρα των πλοίων και αραιώνονται αλληλεπιδρώντας με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αραιώσης στο πλούμιο του πλοίου οι δραστικές χημικές ενώσεις μετασχηματίζονται εν μέρει και αποτίθενται στο έδαφος και στην επιφάνεια του νερού. Επιπλέον, κατά τη μεταφορά πετρελαίου και διακίνηση φορτίου, η εξάτμιση οδηγεί σε εκπομπές VOCs (Πτητικές Οργανικές Ενώσεις). Η ναυτιλία συμβάλλει επίσης με τις εκπομπές άλλων ενώσεων (π.χ. ψυκτικά μέσα και μέσα πυρόσβεσης), αλλά δεν καλύπτονται από την παρούσα μελέτη. (The Environmental Impacts of Increased International Maritime Shipping 2008)

Οι εκπομπές που παράγονται από ναυσιπλοΐα είναι συνέπεια της καύσης του καυσίμου σε ένα κινητήρα (θαλάσσιο) εσωτερικής καύσης. Ως εκ τούτου, οι κύριοι ρύποι είναι αυτοί από κινητήρες εσωτερικής καύσης. Αυτοί είναι CO, VOC, NO<sub>x</sub> και PM που προέρχονται από αιθάλη που έχει να κάνει κυρίως με τη τεχνολογία του κινητήρα, και CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, βαρέα μέταλλα και περαιτέρω PM (κυρίως θευκικά παράγωγα) που προέρχονται από τα είδη καυσίμων.



Σε ευρωπαϊκή κλίμακα, οι εκπομπές SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub> από την εθνική ναυτιλία μπορεί να είναι σημαντικές όσον αφορά τις συνολικές εθνικές εκπομπές. (EMEP/EEA 2011)

## 1.2 Τύποι κινητήρων πλοίων

Οι θαλάσσιοι κινητήρες ντίζελ είναι η κυρίαρχη μορφή κινητήρα της ναυτιλιακής βιομηχανίας για παραγωγή ενέργειας πρόωσης (propulsion) όσο και βοηθητικής. Το 2010 μια ανάλυση 100.000 περίπου πλοίων έδειξε ότι τα ντίζελ πλοίων τροφοδοτούν περίπου το 99% του παγκόσμιου στόλου, με τις τουρμπίνες ατμού να τροφοδοτούν λιγότερο από το 1%. Ο μόνος διαφορετικός τύπος κινητήρα είναι οι αεριοστρόβιλοι που χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά στα επιβατηγά πλοία, και μόνο σε περίπου 0,1% των πλοίων. Οι πετρελαιοκινητήρες (ντηζελοκινητήρες) μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αργούς (περίπου το 18% των κινητήρων), μεσαίους (περίπου 55%), ή γρήγορους (περίπου 27%), ανάλογα με την ονομαστική τους ταχύτητα.

Οι εκπομπές εξαρτώνται από τον τύπο του κινητήρα:

- Αργής ταχύτητας ντηζελομηχανές: αυτές έχουν μια μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας έως 300 στροφές / min, αν και οι περισσότερες λειτουργούν σε ταχύτητες μεταξύ 80 έως 140 στροφές / λεπτό. Συνήθως λειτουργούν με δίχρονο κύκλο, και είναι cross head κινητήρες 4-12 κυλίνδρων. Μερικά υφιστάμενα σχέδια είναι ικανά να αναπτύξουν άνω των 4.000 kW / κύλινδρο και με μέση πραγματική πίεση φρένου της τάξης των 1,7 MPa. Στο πλαίσιο της ναυτιλιακής βιομηχανίας οι εν λόγω κινητήρες χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για σκοπούς κύριας πρόωσης και αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό εγκατεστημένης ισχύος, και ως εκ τούτου κατανάλωσης καυσίμου, στη βιομηχανία.
- Μεσαίας ταχύτητας ντηζελομηχανές: αυτός ο όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει θαλάσσιες ντηζελομηχανές με μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας σε εύρος 300-900 στροφών / λεπτό. Συνήθως λειτουργούν με τετράχρονο κύκλο, είναι συνήθως εμβολοφόροι κινητήρες μέχρι και 12 κυλίνδρων σε σειρά, ή 20 κυλίνδρων σε σχηματισμό "V". Υφιστάμενα μοντέλα αναπτύσσουν ισχύ σε εύρος 100-2000 kW / κύλινδρο και με μέσες πραγματικές πιέσεις φρένου σε εύρος 1,0 έως 2,5 MPa. Μηχανές του τύπου αυτού μπορεί να χρησιμοποιηθούν τόσο για κύρια πρόωση όσο και για βοηθητικούς σκοπούς στη θαλάσσια βιομηχανία. Για σκοπούς πρόωσης οι εν λόγω κινητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εγκαταστάσεις πολλαπλών μηχανών και κανονικά θα συζευχθούν με την έλικα

μέσω ενός κιβώτιο ταχυτήτων. Κινητήρες αυτού του τύπου θα πρέπει επίσης να χρησιμοποιούνται σε ντίζελ-ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

- Υψηλής ταχύτητας νηξελοκινητήρες: ο τίτλος αυτός χρησιμοποιείται για να περιγράψει θαλάσσιους κινητήρες ντίζελ με μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας μεγαλύτερη από 900 στροφές / λεπτό. Αυτοί είναι ουσιαστικά μικρότερες εκδόσεις των μέσης ταχύτητας κινητήρων ντίζελ ή μεγαλύτερες εκδόσεις των κινητήρων οδικών φορτηγών οχημάτων, που χρησιμοποιούνται σε μικρότερα σκάφη και είναι συχνά η πηγή βοηθητικής ισχύος επί των σκαφών.
- Ατμοστρόβιλοι: ενώ αυτοί αντικαθιστούσαν παλινδρομικές μηχανές ατμού στις αρχές του εικοστού αιώνα, αυτοί, οι ίδιοι, έχουν αντικατασταθεί από πιο αποδοτικούς κινητήρες ντίζελ που είναι φθηνότεροι να τρέχουν. Είναι αξιοσημείωτο ότι τα σκάφη ατμοστρόβιλου κυρίως τροφοδοτούνται με μαζούτ αντί με ελαφρύτερα καύσιμα.
- Αεριοστρόβιλοι: ενώ αυτό το είδος κινητήρα χρησιμοποιείται ευρύτερα σε πολεμικά πλοία, επί του παρόντος έχει εγκατασταθεί μόνο σε ένα πολύ μικρό ποσοστό του εμπορικού στόλου, συχνά σε συνδυασμό με νηξελοκινητήρες.

### **1.3 Καύσιμα Διεθνούς Ναυσιπλοΐας/Ναυτιλίας**

Εκτός από την κατηγοριοποίηση σε πέντε τύπους κινητήρων, οι κινητήρες θαλάσσης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν περαιτέρω ανάλογα με το κύριο καύσιμό τους: καύσιμο πλοίων (BFO), ντίζελ πλοίων (MDO) ή πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων (MGO). Κάποιες εκπομπές (π.χ. SO<sub>x</sub> και βαρέα μέταλλα) βασίζονται κατά κύριο λόγο στο καύσιμο και δεν εξαρτώνται από τον τύπο του κινητήρα. Κατά συνέπεια, το χρησιμοποιούμενο καύσιμο επηρεάζει σημαντικά τις εκπομπές εκτός από το τύπο κινητήρα που το χρησιμοποιεί. (EMEP/EEA 2011)

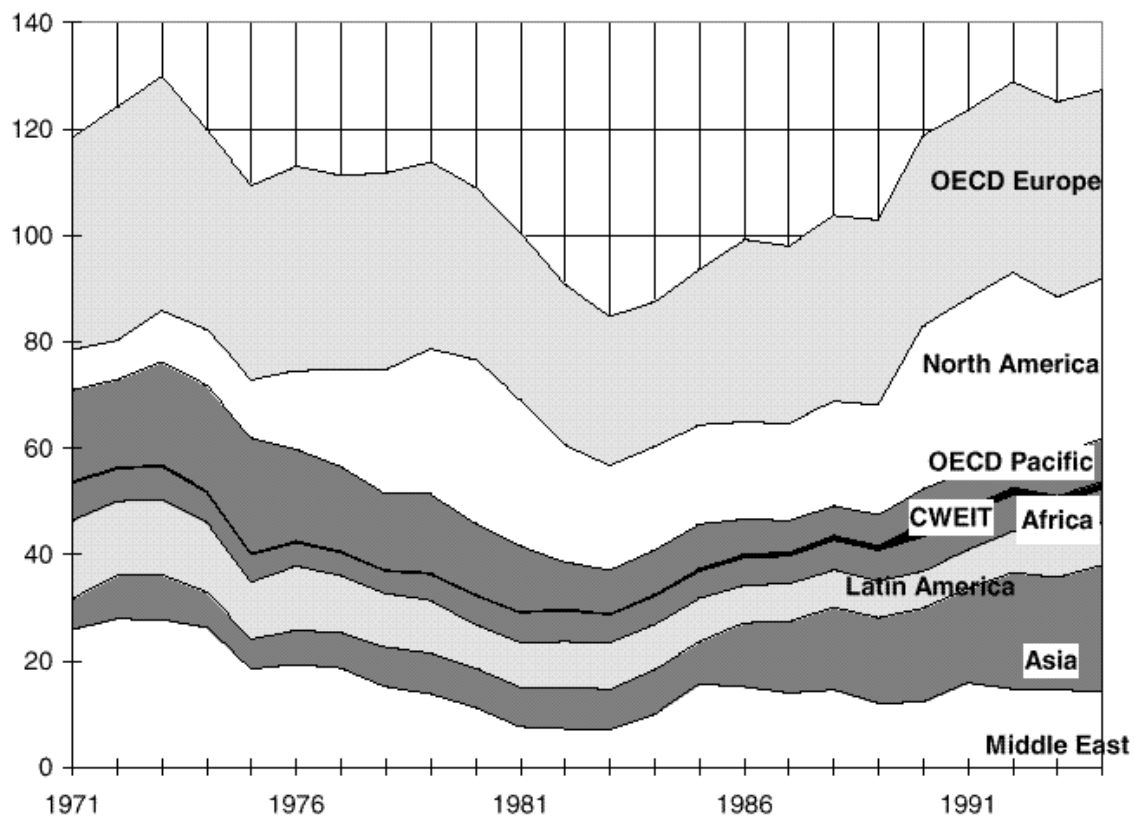
Τα καύσιμα που παρέχονται στα πλοία που εκτελούν διεθνείς λειτουργίες ανεξαρτήτως της σημαίας του φορέα, αναφέρονται ως Καύσιμα Διεθνούς Ναυσιπλοΐας (International Bunker Fuels). Τα καύσιμα διεθνούς ναυσιπλοΐας αποτελούνται κυρίως από υπολειμματικά καύσιμα (residual) και καύσιμα απόσταξης (distillate). Οι αναθεωρημένες κατευθυντήριες γραμμές της IPCC (Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή) του 1996 ζήτησαν από τις χώρες να εκτιμήσουν

τις εκπομπές από καύσιμα διεθνούς ναυσιπλοΐας χωριστά και να αποκλείσουν τις εκπομπές αυτές από τα εθνικά σύνολα.

Τα καύσιμα ναυσιπλοΐας (marine bunkers) είναι ένας κοινός όρος που υιοθετήθηκε για τα καύσιμα που καίγονται στις μηχανές των πλοίων. Τέτοια πετρέλαια (μαζούτ) συνήθως χρησιμοποιούνται για τις κύριες μηχανές πρόωσης (propelling) του σκάφους. Ελαφρύτερα καύσιμα, πετρέλαιο ντήζελ και πετρέλαιο εσωτερικής καύσης, συνήθως χρησιμοποιούνται για τις βοηθητικές μηχανές για φωτισμό, άντληση, διακίνηση φορτίων, κλπ. Η σύνθεση των καυσαερίων των αέριων εκπομπών κινητήρων ντίζελ πλοίων περιλαμβάνει άζωτο, οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς με μικρότερες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του θείου και του αζώτου, άκαυστων υδρογονανθράκων καθώς και σωματιδίων. Η ποσότητα των αερίων που εκπέμπονται από τους κινητήρες πλοίων στην ατμόσφαιρα συνδέεται άμεσα με τη συνολική κατανάλωση καυσίμου πετρελαίου.

Για την ποσοτικοποίηση της ρύπανσης του αέρα από τις μηχανές πλοίων όσον αφορά τις εκπομπές καυσαερίων, χρησιμοποιείται ένα μοντέλο εκπομπής. Τα μοντέλα αυτά μπορούν να υιοθετήσουν πραγματικούς παράγοντες εκπομπής που καταγράφονται από μετρήσεις εν πλω, ή μπορούν να χρησιμοποιούν θεωρητικούς παράγοντες που υπολογίζονται από τις εξισώσεις χημικών αντιδράσεων. Σε συνδυασμό με την πραγματική κατανάλωση καυσίμου (Καύσιμα Διεθνούς Ναυσιπλοΐας), μπορεί να γίνει η απογραφή των εκπομπών. (IMO 2000)

Οι κύριες περιοχές πώλησης καυσίμων ναυσιπλοΐας είναι η Ευρώπη (ΟΟΣΑ), η Βόρεια Αμερική, η Ασία και η Μέση Ανατολή, που προμηθεύονται περίπου το 80% τω καυσίμων ναυσιπλοΐας σε όλο τον κόσμο. (IMO 2000)



Σχήμα 1. Διεθνείς Πωλήσεις καυσίμου ναυσιπλοΐας (σε εκατ. τόνους) για τα 1971–1994, κατά περιοχές (IMO 2000)

Year	Data source	Publication		Marine bunker (Mton)		Sum (Mton)
		By	Year	Residual	Distillate	
1990	NSA <sup>1)</sup>	UNFCCC	1996	100	40	140
1990	CONCAWE <sup>2)</sup>	Corbett	1999	100	40	140
1992	EIA <sup>3)</sup>	Corbett	1999	110	30	140*
1993	EIA <sup>3)</sup>	Corbett	1999	109	38	147*
1994	IEA	UNFCCC	1997	-	-	≈127**
1995	IBIA	IBIA	1999	-	-	140

\* EIA definition: “bunkers”: Fuels supplied to ships and aircraft in international transportation, irrespective of the flag of the carrier, consisting primarily of residual, distillate, and jet fuel oils (<http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/glossary.html>).

\*\* IEA definition: “International marine bunkers” cover those quantities delivered to sea-going ships of all flags, including warships. Consumption by ships engaged in transport in inland and coastal waters is not included (<http://www.iea.org/stats/defs/origins/marine.htm>).

Πίνακας 1. Διεθνής προμήθεια Καυσίμων Ναυσιπλοΐας (IMO 2000)

#### **1.4 Μεθοδολογίες απογραφής εκπομπών από τη ναυσιπλοΐα/ναυτιλία**

Η αναφορά των εκπομπών που παράγονται από καύσιμα που πωλούνται για διεθνείς μεταφορές δια αέρος ή θαλάσσης που έχουν διαχωριστεί από εθνικά σύνολα περιγράφεται στις αναθεωρημένες κατευθυντήριες γραμμές IPCC του 1996 για τις Εθνικές Απογραφές Αερίων Θερμοκηπίου της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC Guidelines).

Οι κατευθυντήριες γραμμές για την προετοιμασία των εθνικών επικοινωνιών από τα Μέρη (ή Μέλη) που περιλαμβάνονται στο Παράρτημα I της Σύμβασης (Μέρη Παραρτήματος I), δίνουν συμβουλές για το πώς τα δεδομένα απογραφής πρέπει να παρουσιάζονται, ποιες εκπομπές πρέπει να συμπεριλαμβάνονται, τις μεθόδους που πρέπει να εφαρμοστούν μεταξύ άλλων.

Στα Μέρη του Παραρτήματος I συνιστάται να χρησιμοποιούν τις κατευθυντήριες γραμμές της IPCC, αλλά μπορούν να υιοθετήσουν παρόμοιες μεθόδους που παρέχουν επαρκή τεκμηρίωση στα δεδομένα που χρησιμοποιούνται και παρουσιάζονται. (UNFCCC 1999)

Σύμφωνα με τις αναθεωρημένες κατευθυντήριες γραμμές του 1996 για τις εθνικές απογραφές (καταλόγους) αερίων θερμοκηπίου της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή, οι εκπομπές που βασίζονται σε καύσιμα που πωλούνται σε πλοία ή αεροσκάφη που εκτελούν διεθνείς μεταφορές δεν θα πρέπει να περιλαμβάνονται στα εθνικά σύνολα, αλλά να αναφέρονται χωριστά. (UNFCCC 1999)

Οι κατηγορίες αυτές περιλαμβάνουν τις εκπομπές από καύσιμα που πωλούνται σε μια χώρα, δηλαδή παραλαβή καυσίμου επί του σκάφους με κάθε αναχώρηση αεροσκάφους/πλοίου. Αυτό είναι διαφορετικό από τις εκπομπές που προκύπτουν από καύσιμα που καταναλώνονται κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού. Οι εκπομπές από τις διεθνείς οδικές μεταφορές δεν αναφέρονται σε ξεχωριστή κατηγορία, ως εκ τούτου, οι εκπομπές αυτές κατανέμονται στο Μέρος όπου πωλείται το καύσιμο. Ιστορικά, οι όροι "διεθνής ναυτιλία", "καύσιμα πλοίων», και "καύσιμα ναυτιλίας" αναφέρονται σε καύσιμα πλοίων, αλλά στο πλαίσιο των απογραφών αερίων θερμοκηπίου που χρησιμοποιούνται γενικά καταδηλώνοντας το διεθνές μερίδιο των καυσίμων που πωλούνται σε πλοία και αεροσκάφη. (UNFCCC 1999)

Η εισαγωγή των κανονισμών για τις εκπομπές στην ατμόσφαιρα από πλοία ενσωματώνουν μια απαίτηση για τον έλεγχο (εξακρίβωση) του καυσίμου του πλοίου. Απαιτείται να εκδοθεί ένα δελτίο παράδοσης καυσίμου (BDN). Αυτό περιέχει γενικές πληροφορίες και λεπτομέρειες σε σχέση με τον προμηθευτή του καυσίμου, το σκάφος στο οποίο παραδίδεται, τη τοποθεσία, διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καυσίμου που τροφοδοτείται καθώς και την ποσότητα. Αυτή η πληροφορία αν συστηματοποιούνταν, θα έδινε τη δυνατότητα να συνταχθούν οι απαιτούμενες απογραφές. Επί του παρόντος, η πληροφορία αυτή απαιτείται, συλλέγεται και αποθηκεύεται με τον προμηθευτή καυσίμου πλοίου. (UNFCCC 1999)

Τα Μέρη φαίνεται σε γενικές γραμμές να έχουν υιοθετήσει την IPCC μεθοδολογία για την εκτίμηση εκπομπών κατ' αρχήν. Μερικά Μέρη αναφέρουν ισοδύναμα CO<sub>2</sub> και όχι ποσότητα αερίου ανά αέριο, καθώς είναι η πιο συχνή προσέγγιση.

Η κατευθυντήρια γραμμή της IPCC επιτρέπει εναλλακτικές μεθόδους εκτίμησης εκπομπών. Οι μέθοδοι για την εκτίμηση αερίων χωρίζονται σε "Tiers" που περιλαμβάνουν διαφορετικά επίπεδα δεδομένων εισόδου. Η μεθοδολογία Tier 1 απαιτεί περιορισμένα δεδομένα, είναι απλή στη χρήση και συνιστάται όπου λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τον τύπο καυσίμου, τεχνολογία και λειτουργικά δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα. Η μέθοδος Tier 2 επιτρέπει πιο λεπτομερείς εκτιμήσεις εκπομπών που πρέπει να γίνουν, ενώ η μεθοδολογία CORINAIR που αναπτύχθηκε από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (μερικές φορές αναφέρεται ως Tier 3) είναι μία τρίτη εναλλακτική λύση. Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για τον τομέα των αερομεταφορών. (UNFCCC 1999)

Ο τομέας της ναυτιλίας δεν έχει ασχοληθεί με το θέμα των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (άμεσα GHG: CO, CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O) στον ίδιο βαθμό με τον τομέα των αερομεταφορών. Το Παράρτημα VI της MARPOL είναι η πρώτη ρυθμιστική πρωτοβουλία στον τομέα, με στόχο τον έλεγχο και την παρακολούθηση των εκπομπών στην ατμόσφαιρα από τον παγκόσμιο στόλο.

Δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στις εκπομπές NO<sub>x</sub> και SO<sub>x</sub> σε αυτούς τους νέους κανονισμούς. Ωστόσο, οι εκπομπές που παράγονται από αποτέφρωση και από επί του πλοίου συστήματα αερίων (για παράδειγμα, συστήματα ψύξης και μονάδες πυρόσβεσης) περιλαμβάνονται επίσης. (UNFCCC 1999)

Σε γενικές γραμμές, οι εκπομπές πλοίων υπολογίζονται με ποσοτικοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου πρώτα από την παραγωγή ενέργειας και στη συνέχεια πολλαπλασιάζοντας την κατανάλωση με συντελεστές εκπομπής. Οι εκπομπές VOC (Πτητικές Οργανικές Ενώσεις) από διακίνηση φορτίων πετρελαίου είναι μια εξαίρεση σε αυτή τη γενική προσέγγιση. (OECD 2008)

Οι παγκόσμιες και ευρωπαϊκές περιφερειακές απογραφές (inventories) υπολογίζονται με βάση διαφορετικές μεθοδολογίες.

➤ Οι παγκόσμιες απογραφές εκπομπών υπολογίζονται με την top-down προσέγγιση. Η top-down προσέγγιση ορίζεται ως η διάσπαση ενός συστήματος για να αποκτήσουμε εικόνα για τα υπο-συστήματα που το συνθέτουν. Αυτό σημαίνει ότι οι εκπομπές υπολογίζονται με βάση την παγκόσμια κατανάλωση καυσίμων. Γεω-χωρικές πληροφορίες δεν συμπεριλαμβάνονται εδώ. Η συνολική κατανάλωση καυσίμου είτε γίνεται με βάση τα στατιστικά ενεργειακά δεδομένα (κλασικό top-down) ή υπολογίζεται στατιστικά από τη δραστηριότητα του στόλου (δραστηριότητα που βασίζεται σε top-down). Η νέα απογραφή εφαρμόζει μια τεχνολογία split (διαχωρισμού) για διάφορους τύπους πλοίων και θαλάσσιων και λιμενικών δραστηριοτήτων. Οι υπολογισθείσες παγκόσμιες συνολικές εκπομπές πλοίων κατανομούνται σε κάθε πλέγμα ανάλογα με σύνολο δεδομένων χωρικών πληρεξούσιων (spatial proxies) των δικτύων δραστηριότητας των πλοίων από την AMVER (Αυτόματη Αμοιβαία Συνδρομή-Συστήματος Διάσωσης Σκαφών) ή από το συνδυασμό AMVER / ICOADS (Διεθνές Ολοκληρωμένο Σύνολο Δεδομένων Ωκεανού-Ατμόσφαιρας).

➤ Σε περιφερειακές (εθνικές) απογραφές, εφαρμόζεται η bottom-up προσέγγιση. Σε μια bottom-up προσέγγιση τα επιμέρους στοιχεία βάσης του συστήματος προσδιορίζονται πρώτα σε μεγάλη λεπτομέρεια. Αυτά τα στοιχεία στη συνέχεια συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν το κύριο σύστημα. Έτσι, οι εκπομπές υπολογίζονται με βάση τις πληροφορίες από μεμονωμένα πλοία και τις κινήσεις τους. (Marmer et al, 2009)

Υπάρχουν βασικά δύο διαφορετικές bottom-up προσεγγίσεις για τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου. Οι συνολικές πωλήσεις καυσίμων ναυτιλίας ανά χώρα και τρόπο μεταφοράς μπορούν να συνοψιστούν για να δείχνουν καταναλώσεις ναυτιλίας. Η άλλη προσέγγιση προσομοιώνει τη δραστηριότητα του στόλου και υπολογίζει την κατανάλωση που προκύπτει από τη

δραστηριότητα αυτή (συνοψίζοντας ανά πλοίο / τμήμα). Οι λεπτομερείς μεθοδολογίες για την κατασκευή απογραφών εκπομπών από πλοία έχουν δημοσιευθεί από τον Οδηγό Απογραφής Ατμοσφαιρικών Εκπομπών (EMEP / CORINAIR, 2002).

Οι υπολογιζόμενες εκπομπές μπορούν να κατανεμηθούν σύμφωνα με παγκόσμια δεδομένα κίνησης. Εναλλακτικά, γεωγραφικά κατανεμημένες απογραφές εκπομπών μπορούν να αναπτυχθούν άμεσα με τον υπολογισμό των εκπομπών για μεμονωμένες κινήσεις πλοίων καθορισμένου εμπορίου. Οι γεωγραφικά κατανεμημένες απογραφές εκπομπών μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση περιφερειακών και παγκόσμιων επιπτώσεων εκπομπών από πλοία. (OECD 2008)

#### 1.4.1 Top-down απογραφή διεθνών εκπομπών βάση συνολικής κατανάλωσης καυσίμου

Συγκεκριμένες παρότητες εκπομπών: NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO και NMVOC μπορούν να υπολογιστούν από την επόμενη γενική εξίσωση, η οποία εγκρίθηκε από τη Marintek / DNV μελέτη:

$$M_{(g)} = B \cdot \sum_{i=1}^n (E_{i(g)} \cdot a_i) \quad (1)$$

Όπου:

$i$  = Για τον υπολογισμό των NO<sub>x</sub>: τύπος κινητήρα (1 = χαμηλή ταχύτητα, 2 = μέτρια ταχύτητα, 3 = άλλο), για το SO<sub>2</sub> υπολογισμό: τύπος καυσίμου (1 = υπόλειμμα, 2 = απόσταγμα), για τα CO<sub>2</sub>, CO, NMVOC υπολογισμός: τύπος καυσίμου (1 = υπόλειμμα + απόσταγμα)

$g$  = Μεμονωμένο συστατικό καυσαερίων (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, και NMVOC)

$M_{(g)}$  = ποσότητα εκπομπών (ρύπανση kg) για τη μεμονωμένη συνιστώσα καυσαερίων  $g$

$E_{i(g)}$  = συντελεστές εκπομπών με βάση το καύσιμο ή τον κινητήρα (kg ρύπανσης ανά kg καυσίμου)

$B$  = Ετήσια κατανάλωση καυσίμου ναυσιπλοΐας διεθνώς (kg καυσίμου)

$a_i$  = Για τον υπολογισμό των NO<sub>x</sub>: ποσοστό της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος του κινητήρα διεθνώς με ένα συγκεκριμένο τύπο κινητήρα (χαμηλής ταχύτητας =



1, μεσαίου = 2, άλλα = 3), για τον υπολογισμό SO<sub>2</sub>: ποσοστό υπολειμματικού καυσίμου και καυσίμου απόσταξης, για τον υπολογισμό των CO<sub>2</sub>, CO, NMVOC: ισούται με 1

Ο υπολογισμός των εκπομπών από την εξίσωση (1) έγινε για το 1996, με ετήσια κατανάλωση καυσίμων ναυσιπλοΐας 138 Mton (B), με τη χρήση των συντελεστών εκπομπών αναφέρονται στον Πίνακα 2. Οι συντελεστές εκπομπών που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς, ονομάζονται "CORINAIR", με βάση τους συντελεστές εκπομπών που παρουσιάζονται στον οδηγό απογραφής ατμοσφαιρικών εκπομπών του 1999 EMEP/CORINAIR.

Gas component		CORINAIR factor (kg emitted/tonne fuel)	Low factor (kg emitted/tonne fuel)	High factor (kg emitted/tonne fuel)
CO		7.4	5	8
NMVOC		2.4	-	-
CH <sub>4</sub>		0.3	-	-
N <sub>2</sub> O		0.08	-	-
CO <sub>2</sub>		3,170	3,159	3,175
SO <sub>2</sub>				
SO <sub>2</sub>	<i>Residual</i>	20×S (S= 2.7 %)	20×S (S= 2.5 %)	20×S (S= 3.5 %)
	<i>Distillate</i>	20×S (S= 0.5 %)	20×S (S= 0.3 %)	20×S (S=1.0 %)
NO <sub>x</sub>	<i>Slow speed</i>	87	85	96
	<i>Medium speed</i>	57	56	63

Πίνακας 2. Συντελεστές εκπομπών (IMO 2000)

Ο Πίνακας 3 δίνει, με βάση δεδομένα κατανάλωσης καυσίμων ναυσιπλοΐας του 1996 της ΕΙΑ (138 Mton), χρησιμοποιώντας "Low", "CORINAIR" και "High" συντελεστές εκπομπών. Το "Εύρος" στήλη δείχνει την αβεβαιότητα στην εκπεμπόμενη ποσότητα ενός αερίου. Ο συνολικός όγκος εκπομπών κατόπιν διανέμεται σε γεωγραφικές περιοχές.

Gas component	<i>Supply 138 (Mton)</i>			<i>Range (Mton)</i>
	Low <sup>2)</sup>	CORINAIR <sup>1)</sup>	High <sup>3)</sup>	
CO	0.7	1.00	1.1	0.7-1.1
NM VOC	-	0.33	-	-
CH <sub>4</sub>	-	0.04	-	-
N <sub>2</sub> O	-	0.01	-	-
CO <sub>2</sub>	435.9	437.50	438.2	436-438
SO <sub>2</sub>	<i>Residual</i>	5.0	5.40	7.0
	<i>Distillate</i>	0.2	0.40	0.8
	<i>Total</i>	5.2	5.80	7.8
NO <sub>x</sub>	10.1	10.30	11.4	10.1-11.4

<sup>1)</sup>Using "CORINAIR" emission factor, <sup>2)</sup>Using "Low" emission factor, <sup>3)</sup>Using "High" emission factor

Πίνακας 3. Εκπομπές ναυτιλίας 1996, με τη χρήση μεθοδολογίας κατανάλωσης καυσίμων που βασίζονται σε διαφορετικούς συντελεστές εκπομπής (IMO 2000)

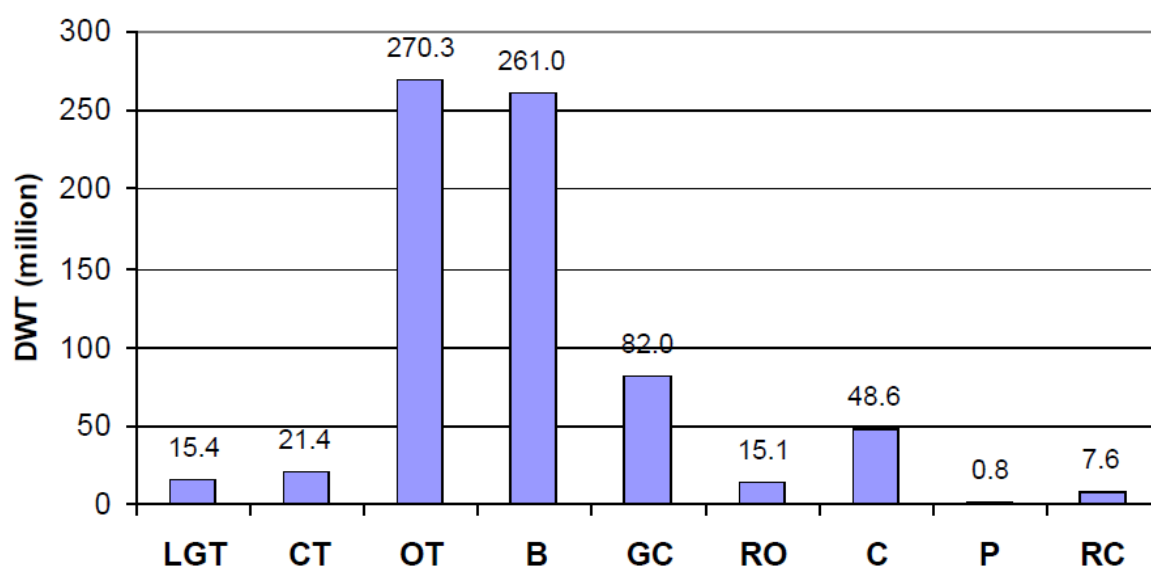
#### 1.4.2 Top-down απογραφή διεθνών εκπομπών βάση δραστηριότητας του στόλου (στατιστικό μοντέλο)

Ο παγκόσμιος εμπορικός στόλος μπορεί να χωριστεί σε τύπους πλοίων, σύμφωνα με την Στατιστική Παγκόσμιου Στόλου, που φαίνεται στο Σχήμα 2. Η Στατιστική Παγκόσμιου Στόλου είναι μια ετήσια περίληψη της μεταβαλλόμενης σύνθεσης του παγκόσμιου στόλου των αυτοκινούμενων ποταπόρων εμπορικών πλοίων ολικής χωρητικότητας 100 κόντων και άνω.

Ο συνολικός αριθμός των εμπορικών πλοίων το 1996 ήταν 43.325 (εκτός των αλιευτικών σκαφών), με ένα σύνολο 722,2 εκατομμύρια DWT. Σκάφη φορτίου αντιπροσωπεύουν περίπου το 95% της χωρητικότητας, και είναι υπεύθυνα για την πλειονότητα της διεθνούς κατανάλωσης καυσίμων ναυσιπλοΐας. Τα υψηλότερα ποσοστά πλοίων ανήκουν στη γενική κατηγορία φορτίου (Cargo), ωστόσο τα μεγαλύτερα σκάφη είναι φορηγά πλοία (Bulk Carriers) και πετρελαιοφόρα.

Η κατανομή του παγκόσμιου στόλου, σύμφωνα με τον τύπο του πλοίου, το μέγεθος του πλοίου και τον τύπο του κινητήρα γίνεται σε τρία επίπεδα. Το επίπεδο τρία αποτελείται από το κλάσμα του σκάφους με τη μηχανή τύπου s για ένα τύπο πλοίου i

και μεγέθους  $x(k)$ . Γνωρίζοντας τους παράγοντες εκπομπών κατανάλωσης καυσίμου (Πίνακας 3), μπορούν να υπολογιστούν οι ποσότητες εκπομπών  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  και  $\text{NMVOC}$ . Η ποσότητα των καυσαερίων που εκπέμπονται από την κύρια μηχανή (ων) φαίνεται στον Πίνακα 4, χρησιμοποιώντας το "CORINAIR" συντελεστή εκπομπών. Το μοντέλο υπολογίζει την κατανάλωση καυσίμου (ετήσια, 1996) σε περίπου 132 Mton χρήσης (κύρια μηχανή(s)). Χρησιμοποιώντας την παραδοχή ότι οι βοηθητικές μηχανές καταναλώνουν το 10% της κύριας μηχανής(s), η συνολική εμπορική κατανάλωση είναι περίπου 145 Mton, η οποία είναι περίπου η ίδια με την τιμή που υπολογίζεται με ΕΙΑ δεδομένα καυσίμου και, σε αντιστοιχία με το συμπέρασμα.



Σχήμα 2. Συνολικό DWT για κάθε κατηγορία πλοίου (LGT=Δεξαμενόπλοιο υγραερίου, CT=Δεξαμενόπλοιο χημικών, OT=Πετρελαιοφόρο, B=Φορτίου, GC=Γενικού φορτίου, RO= RO-RO φορτίου, C=Εμπορευματοκιβωτίων, RC=Ψυγεία φορτίου, P=Επιβατικά) (IMO 2000)

Ship type	NO <sub>x</sub> (Mton)	CO (Mton)	NMVOC (Mton)	SO <sub>2</sub> (Mton)	CO <sub>2</sub> (Mton)
Liquid gas tanker	0.29	0.03	0.01	0.20	13.40
Chemical tanker	0.32	0.03	0.01	0.20	14.20
Oil tanker	2.00	0.18	0.06	1.44	93.20
Bulk Carrier	2.60	0.22	0.07	1.58	96.00
General cargo	1.77	0.19	0.06	0.70	81.54
Container	1.63	0.15	0.05	0.89	64.39
RO-RO cargo	0.66	0.07	0.02	0.24	30.85
Passenger	0.29	0.03	0.01	0.11	13.37
Refrigerated cargo	0.27	0.03	0.01	0.11	12.34
Sum	9.82	0.93	0.30	5.46	419.30

Πίνακας 4. Αποτελέσματα 1996 στατιστικού μοντέλου εκπομπών, κύριας/ων μηχανή/ών, κατά τύπο του σκάφους, χρησιμοποιώντας τους "CORINAIR" συντελεστές εκπομπών (IMO 2000)

#### Γεωγραφική κατανομή εκπομπών ναυτιλίας

Οι υπολογισμοί της κατανομής των παγκόσμιων εκπομπών ναυτιλίας γίνονται με τη χρησιμοποίηση της παρακάτω εξίσωσης για τις εκπομπές των καυσαερίων:

$$M_{(g)j} = \frac{S_j}{A_j} \left( \frac{M_{(g)}}{S} \right) \quad (2)$$

Όπου

$j$  = Μεμονωμένη περιοχή ρύπανσης (Πίνακας 5)

$g$  = Μεμονωμένος ρύπος καυσαερίων (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO και NMVOC)

$M_{(g)}$  = Ποσότητα μεμονωμένου ρύπου  $g$  καυσαερίων (kg ρύπου) (Πίνακας 3)

$M_{(g)j}$  = Ποσότητα μεμονωμένου ρύπου  $g$  των καυσαερίων στην περιοχή  $j$  (kg ρύπου/m<sup>2</sup>)

$S$  = Μέσος αριθμός πλοίων που ταξιδεύουν σε ολόκληρη την περιοχή σε δεδομένο χρονικό διάστημα (Πίνακας 5)

$S_j$  = Μέσος αριθμός πλοίων που ταξιδεύουν στην περιοχή  $j$ , σε δεδομένο χρονικό διάστημα (Πίνακας 5)

$A_j$  = Μέγεθος περιοχής  $j$  σε  $m^2$  (Πίνακας 5)

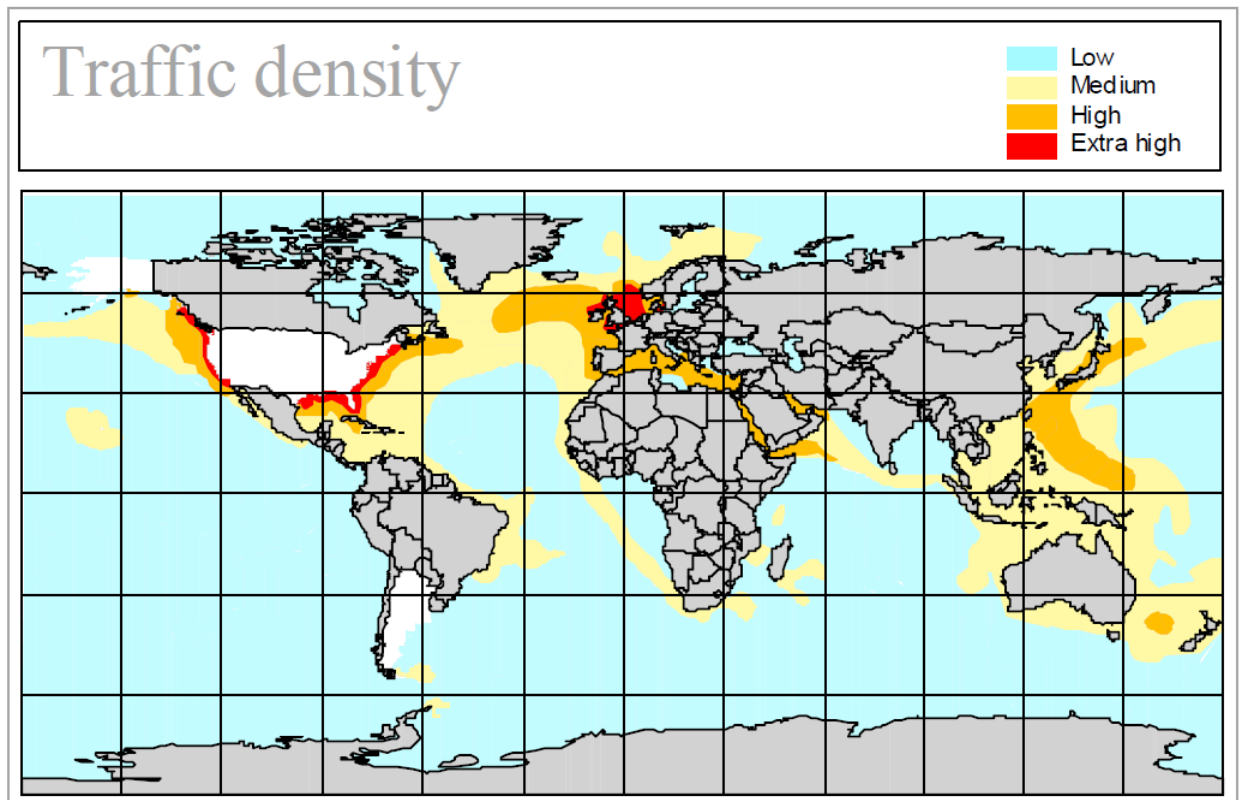
(IMO 2000)

Traffic density	Area size ( $10^6$ km <sup>2</sup> ) $A_j$	Number of ships* $S_j$
Low	255.0	5
Medium	67.6	75
High	17.4	150
Extra high	2.3	300

\* Average number of ships

Πίνακας 5. Εκτιμώμενη πυκνότητα κυκλοφορίας πλοίων για το 1996 και μεμονωμένες περιοχές (IMO 2000)

Το Σχήμα 3 δείχνει ότι ένα σημαντικό μέρος των καυσαερίων εκπέμπεται στο Βόρειο Ημισφαίριο, κατά μήκος της δυτικής και ανατολικής ακτής των Ηνωμένων Πολιτειών, στο Βόρειο Ειρηνικό και τη Βόρεια Ευρώπη. Περίπου 80% εκπέμπεται κοντά στις ακτές και 20% στην περιοχή χαμηλής και μέσης πυκνότητας κυκλοφορίας, συχνά μακριά από τις ακτές. (IMO 2000)



Σχήμα 3. Εκτιμώμενη πυκνότητα κυκλοφορίας πλοίων βάση δεδομένων του 1996 (IMO 2000)

Η μεθοδολογία κίνησης πλοίου συνιστάται όταν λεπτομερή δεδομένα κίνησης πλοίων, καθώς και τεχνικές πληροφορίες σχετικά με τα πλοία (π.χ. μέγεθος και τεχνολογία κινητήρα, εγκατεστημένη ισχύς ή χρήση καυσίμων, ώρες σε διαφορετικές δραστηριότητες) είναι διαθέσιμα. Είναι κατάλληλη για την εκτίμηση εθνικών και διεθνών εκπομπές. Η μεθοδολογία μπορεί να είναι αρκετά χρονοβόρα να εκτελεστεί. Προκειμένου να ανταποκριθεί στα γενικά κριτήρια αναφοράς για την χώρα στο σύνολό της, μια χώρα πρέπει να κάνει στη συνέχεια προσαρμογές καυσίμων σε άλλους σχετικούς τομείς κατανάλωσης καυσίμου, προκειμένου να διατηρηθεί το μεγάλο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο.

Οι μεθοδολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των εκπομπών μετά τον UNECE / EMEP ορισμό της εθνικής και διεθνούς ναυτιλίας, καθώς και άλλους ορισμούς (σημαία, ιδιοκτησία, γεωγραφική περιοχή, κλπ.). (EMEP/EEA 2011)

Τα περισσότερα δεδομένα ναυτιλιακής κίνησης συλλέγονται με βάση επιμέρους τμήματα του ταξιδιού (από την αναχώρηση ως την επόμενη άφιξη) και δεν κάνουν διάκριση μεταξύ διαφόρων τύπων ενδιάμεσων στάσεων (σύμφωνα με τον IPCC Οδηγίες Καλής Πρακτικής). Η βάση της διάκρισης σε επιμέρους τμήματα δεδομένων είναι απλούστερη από την αναζήτηση της πλήρους διαδρομής και είναι πιθανό να μειώνει τις αβεβαιότητες. Θεωρείται πολύ απίθανο ότι αυτό θα έχει κάποια σημαντική επίπτωση στις συνολικές εκτιμήσεις εκπομπών. Αυτό δεν αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο οι εκπομπές από τις διεθνείς διαδρομές καταγράφονται βάσει της Σύμβασης UNECE LRTAP (δηλαδή ως ένα επιπλέον «υπόμνημα-στοιχείο» που δεν περιλαμβάνεται στα εθνικά σύνολα). (EMEP/EEA 2011)

### **1.5 Εκτιμήσεις εκπομπών από Καύσιμα Διεθνούς Ναυσιπλοΐας (UNFCCC, 1999)**

Ο όρος «Καύσιμα Διεθνούς Ναυσιπλοΐας» αναφέρεται σε καύσιμα που χρησιμοποιούνται για τη διεθνή πολιτική αεροπορία ή από ποντοπόρα πλοία που εκτελούν διεθνείς μεταφορές. Οι αναθεωρημένες Κατευθυντήριες γραμμές για Εθνικές Απογραφές Αερίων Θερμοκηπίου, IPCC του 1996, παρέχουν ξεχωριστές κατηγορίες για εκπομπές από καύσιμα διεθνούς ναυσιπλοΐας από τον αεροπορικό και ναυτιλιακό τομέα. Οι κατηγορίες αυτές δεν περιλαμβάνουν διεθνείς οδικές μεταφορές. Οι εκπομπές από διεθνείς οδικές μεταφορές δεν αναφέρονται σε μια ξεχωριστή κατηγορία και, ως εκ τούτου, διατίθενται στο Μέλος<sup>1</sup> όπου πωλείται καύσιμο. Σύμφωνα με τις Κατευθυντήριες γραμμές της IPCC, οι εκπομπές από τα καύσιμα αυτά πρέπει να υπολογίζονται βάση των καυσίμων που πωλούνται, δηλαδή, καύσιμα που προσλαμβάνονται από κάθε αναχωρούν αεροσκάφος ή σκάφος που αναχωρεί. Θα πρέπει να είναι διακριτές από τις εκπομπές που προέρχονται από καύσιμα που καταναλώνονται κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού. Η πρόσληψη καυσίμου από ένα αεροσκάφος, για παράδειγμα, δε συμβαίνει αναγκαστικά στη χώρα αναχώρησης. Δεδομένου ότι η περίσσεια καυσίμου αυξάνει το βάρος του αεροσκάφους και συνεπώς την ποσότητα του καυσίμου που απαιτείται για να φτάσει στο επόμενο αεροδρόμιο, τα αεροσκάφη για πτήσεις μεγάλων αποστάσεων συνήθως προσλαμβάνουν μόνο την ποσότητα καυσίμου που απαιτείται για να φτάσουν στο επόμενο αεροδρόμιο. Στις μικρότερες πτήσεις, τα αεροσκάφη μπορούν να

---

<sup>1</sup> Τα κράτη που συμπεριλαμβάνονται στο Παράρτημα Ι της Σύμβασης

μεταφέρουν επαρκή καύσιμα για αρκετές στάσεις, ανάλογα με τις τιμές των καυσίμων, τη διαθεσιμότητα και άλλες σκοπιμότητες.

Οι παρακάτω Πίνακες παρέχουν εκτιμήσεις εκπομπών από καύσιμα διεθνούς ναυσιπλοΐας των συμβαλλομένων μελών στη βάση των πιο πρόσφατων υποβολών απογραφής στη γραμματεία κατά την ημερομηνία σύνταξης του παρόντος εγγράφου. Πληροφορίες είτε από ετήσιες εκθέσεις απογραφής ή, όπου δεν ήταν διαθέσιμες, χρησιμοποιήθηκαν δεύτερες εθνικές ανακοινώσεις. (UNFCCC 1999)



	1990 (Gg)	1991 (Gg) (%)	1992 (Gg) (%)	1993 (Gg) (%)	1994 (Gg) (%)	1995 (Gg) (%)	1996 (Gg) (%)	1997 (Gg) (%)
Australia	6 401	6 379 <b>100</b>	6 584 <b>103</b>	6 988 <b>109</b>	7 240 <b>113</b>	8 533 <b>133</b>	9 031 <b>141</b>	
Austria <sup>a</sup>	890	1 040 <b>117</b>	1 110 <b>125</b>	1 080 <b>121</b>	1 140 <b>128</b>	1 220 <b>137</b>	1 380 <b>155</b>	
Belgium	15 726	15 980 <b>102</b>	16 738 <b>106</b>	16 770 <b>107</b>	16 021 <b>102</b>	15 556 <b>99</b>	18 308 <b>116</b>	
Bulgaria <sup>b</sup>	162	878 <b>541</b>	873 <b>538</b>	844 <b>520</b>	850 <b>523</b>	882 <b>543</b>		
Canada	4 920	4 610 <b>94</b>	4 640 <b>94</b>	4 290 <b>87</b>	4 540 <b>92</b>	4 710 <b>96</b>	5 170 <b>105</b>	
Czech Republic							459	
Denmark	4 986	4 507 <b>90</b>	4 677 <b>94</b>	6 041 <b>121</b>	6 736 <b>135</b>	7 080 <b>142</b>	6 970 <b>140</b>	
Estonia <sup>c</sup>								
Finland	2 800		3 000 <b>107</b>	2 500 <b>89</b>	2 120 <b>76</b>	1 800 <b>64</b>	2 100 <b>75</b>	2 300 <b>82</b>
France	15 488	15 846 <b>102</b>	16 827 <b>109</b>	17 037 <b>110</b>	16 639 <b>107</b>	17 329 <b>112</b>	18 154 <b>117</b>	
Germany	19 569	18 102 <b>93</b>	17 818 <b>91</b>	19 917 <b>102</b>	19 874 <b>102</b>	19 874 <b>102</b>	19 874 <b>102</b>	
Greece	10 423	9 446 <b>91</b>	10 610 <b>102</b>	12 711 <b>122</b>	13 203 <b>127</b>	13 812 <b>133</b>	12 432 <b>119</b>	
Hungary <sup>ad</sup>		376 <b>100</b>	386 <b>103</b>	361 <b>96</b>	532 <b>141</b>	524 <b>139</b>	560 <b>149</b>	
Iceland	319	260 <b>82</b>	264 <b>83</b>	293 <b>92</b>	307 <b>96</b>	377 <b>118</b>		
Ireland	1 172	1 316 <b>112</b>	1 124 <b>96</b>	1 546 <b>132</b>	1 350 <b>115</b>	1 510 <b>129</b>	1 605 <b>137</b>	
Italy	12 204				12 416 <b>102</b>	13 099 <b>107</b>		
Japan	30 806	33 036 <b>107</b>	34 095 <b>111</b>	36 688 <b>119</b>	37 494 <b>122</b>	37 328 <b>121</b>	32 420 <b>105</b>	
Latvia <sup>e</sup>								
Liechtenstein <sup>f</sup>								
Lithuania <sup>f</sup>								
Luxembourg <sup>a</sup>	111				194 <b>175</b>	194 <b>175</b>		
Monaco <sup>e</sup>								
Netherlands	40 400	41 700 <b>103</b>	42 700 <b>106</b>	44 600 <b>110</b>	43 200 <b>107</b>	44 600 <b>110</b>	45 800 <b>113</b>	
New Zealand	2 384	2 205 <b>92</b>	2 189 <b>92</b>	2 256 <b>95</b>	2 768 <b>116</b>	2 708 <b>114</b>	2 580 <b>108</b>	
Norway	1 988	1 786 <b>90</b>	2 130 <b>107</b>	2 334 <b>117</b>	2 402 <b>121</b>	2 828 <b>142</b>	3 112 <b>157</b>	
Poland							2 068	
Portugal	2 062	2 068 <b>100</b>	2 133 <b>103</b>	1 848 <b>90</b>	1 850 <b>90</b>			
Romania <sup>f</sup>								
Russian Federation	12 400				10 000 <b>81</b>			
Slovakia <sup>e</sup>								
Slovenia <sup>f</sup>								
Spain <sup>f</sup>	18 024	18 824 <b>104</b>	19 496 <b>108</b>	17 875 <b>99</b>	19 144 <b>106</b>			
Sweden	4 207	4 331 <b>103</b>	4 816 <b>114</b>	4 855 <b>115</b>	5 400 <b>128</b>	5 367 <b>128</b>	4 899 <b>116</b>	
Switzerland <sup>d</sup>	2 160	2 200 <b>102</b>	2 240 <b>104</b>	2 290 <b>106</b>	2 330 <b>108</b>	2 430 <b>113</b>	2 500 <b>116</b>	
Ukraine <sup>e</sup>								
United Kingdom	21 349	20 909 <b>98</b>	22 761 <b>107</b>	23 814 <b>112</b>	24 243 <b>114</b>	26 086 <b>122</b>	28 163 <b>132</b>	
United States	83 400	87 800 <b>105</b>	91 300 <b>109</b>	83 800 <b>100</b>	81 700 <b>98</b>	86 700 <b>104</b>	82 400 <b>99</b>	

<sup>a</sup> Party is landlocked and does not have marine bunkers.

<sup>b</sup> 1990 column contains values for 1988, the base year for Bulgaria. The percentages are related to the base year 1988.

<sup>c</sup> Party did not provide estimates for international bunker fuels.

<sup>d</sup> Party did not provide estimate for 1990. The percentages are related to the year 1991.

<sup>e</sup> Party did not provide estimates for international bunker fuels, but indicated that emissions were negligible.

<sup>f</sup> Party did not provide estimates for international bunker fuels in 1998 inventory submission. Values are taken from second national communication.

Πίνακας 6. Εκπομπές CO<sub>2</sub> από κατανάλωση καυσίμων διεθνούς ναυσιπλοΐας, 1990=1997 (Gigagrams, και ποσοστό ως προς το 1990, 1990=100) (UNFCCC 1999)

	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O		
	Aviation (Gg)	Marine (Gg)	Total (Gg)	Aviation (Gg)	Marine (Gg)	Total (Gg)	Aviation (Gg)	Marine (Gg)	Total (Gg)
Australia	4 345	2 056	6 401	0.01	0.69	0.70	0.13	0.06	0.19
Austria <sup>a</sup>	890		890	0.00		0.00	0.01		0.01
Belgium	2 370	13 356	15 726						
Bulgaria <sup>b</sup>			162			0.00			0.00
Canada	2 860	2 070	4 920	0.10	0.10	0.10	0.30	0.30	0.60
Czech Republic <sup>c</sup>									
Denmark			4 986			0.00			0.00
Estonia <sup>c</sup>									
Finland			2 800			1.30			1.20
France	7 351	8 136	15 488	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.26
Germany	11 589	7 980	19 569	0.20	0.30	0.50	0.20	0.40	0.60
Greece	2 452	7 971	10 423	0.40	0.80	1.20	0.10	0.50	0.60
Hungary <sup>c</sup>									
Iceland			319			0.00			0.00
Ireland			1 172			0.00			0.00
Italy	3 737	8 467	12 204	0.30	0.80	1.10	0.10	0.50	0.60
Japan	13 184	17 621	30 806	0.37	1.31	1.68	0.00	0.37	0.37
Latvia <sup>c</sup>									
Liechtenstein <sup>c</sup>									
Lithuania <sup>c</sup>									
Luxembourg <sup>a</sup>	111		111	0.00		0.00	0.00		0.00
Monaco <sup>d</sup>									
Netherlands	4 500	35 900	40 400						
New Zealand	1 353	1 031	2 384	0.03	0.10	0.13	0.02	0.03	0.05
Norway	510	1 478	1 988	0.00	0.11	0.11	0.02	0.04	0.05
Poland <sup>e</sup>									
Portugal	888	1 173	2 062	0.23	1.86	2.08	0.01	0.03	0.04
Romania <sup>c</sup>									
Russian Federation	2 900	9 500	12 400	0.02	0.63	0.65	0.08	0.08	0.16
Slovakia <sup>d</sup>									
Slovenia <sup>c</sup>									
Spain <sup>e</sup>	5 948	12 076	18 024	1.47	0.55	2.03		0.30	0.30
Sweden	2 045	2 162	4 207	0.10		0.10			
Switzerland <sup>a</sup>	2 160		2 160						
Ukraine <sup>c</sup>									
United Kingdom	14 791	6 559	21 349	2.85	0.60	3.46	0.45	0.42	0.87
United States			83 400						

Note: Estimates of aviation and marine may not add up to the total due to rounding.

<sup>a</sup> Party is landlocked and does not have marine bunkers.

<sup>b</sup> 1990 column contains values for 1988, the base year for Bulgaria.

<sup>c</sup> Party did not provide estimates for international bunker fuels for 1990.

<sup>d</sup> Party did not provide estimates for international bunker fuels, but indicated that emissions were negligible.

<sup>e</sup> Party did not provide estimates for international bunker fuels in 1998 inventory submission. Values are taken from second national communication.

Πίνακας 7. Εκπομπές CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, και N<sub>2</sub>O από κατανάλωση καυσίμων διεθνούς ναυσιπλοΐας, 1990 (Gigagrams) (UNFCCC 1999)

	CO			NO <sub>x</sub>			NMVOCs			SO <sub>2</sub>		
	Aviation (Gg)	Marine (Gg)	Total (Gg)	Aviation (Gg)	Marine (Gg)	Total (Gg)	Aviation (Gg)	Marine (Gg)	Total (Gg)	Aviation (Gg)	Marine (Gg)	Total (Gg)
Australia	7.03	1.92	8.95	23.21	54.68	77.90	3.59	1.70	5.29			
Austria <sup>a</sup>	1.54		1.54	4.73		4.73	0.60		0.60	0.29		0.29
Belgium												
Bulgaria <sup>b</sup>			1.80			22.40			0.30			
Canada												
Czech Republic <sup>c</sup>												
Denmark			9.00			85.00			3.00			55.00
Estonia <sup>c</sup>												
Finland						22.00						
France	17.34	2.10	19.44	57.60	154.75	212.35	8.52	70.82	79.34	2.40	150.77	153.17
Germany	56.60	37.30	93.90	50.60	155.30	205.90	9.30	15.20	24.50	3.90	126.30	130.20
Greece	32.50	23.20	55.70	20.40	195.50	215.90	5.80	5.70	11.40	0.80	154.60	155.40
Hungary <sup>c</sup>												
Iceland			0.80			3.20			0.10			0.10
Ireland			2.19			5.35			0.36			
Italy	3.50	20.00	23.50	12.00	194.30	206.30	2.50	5.70	8.20	1.20	131.20	132.40
Japan	22.39	33.59	55.98	54.11	335.86	389.97	3.36	9.70	13.06			
Latvia <sup>c</sup>												
Liechtenstein <sup>c</sup>												
Lithuania <sup>c</sup>												
Luxembourg <sup>d</sup>	0.27		0.27	0.07		0.07	0.09		0.09			
Monaco <sup>d</sup>												
Netherlands												
New Zealand	2.19	2.49	4.67	5.57	24.86	30.43	0.34	0.71	1.05	0.09	9.30	9.39
Norway	1.64	1.44	3.08	1.45	30.26	31.71	0.61	1.11	1.73	0.05	9.90	9.95
Poland <sup>c</sup>												
Portugal	1.72	0.72	2.44	3.51	33.01	36.52	0.03	0.09	0.11			
Romania <sup>c</sup>												
Russian Federation												
Slovakia <sup>d</sup>												
Slovenia <sup>c</sup>												
Spain <sup>e</sup>	9.82	7.19	17.01	23.61	249.26	272.87	0.19	11.24	11.43			
Sweden	3.70	2.50	6.20	4.20	48.00	52.20	0.50	1.00	1.50			
Switzerland <sup>d</sup>												
Ukraine <sup>c</sup>												
United Kingdom	60.06	15.53	75.59	72.79	119.63	192.41	36.87	4.43	41.30	3.76	92.48	96.23
United States												

Note: Estimates of aviation and marine may not add up to the total due to rounding.

<sup>a</sup> Party is landlocked and does not have marine bunkers.

<sup>b</sup> 1990 column contains values for 1988, the base year for Bulgaria.

<sup>c</sup> Party did not provide estimates for international bunker fuels for 1990.

<sup>d</sup> Party did not provide estimates for international bunker fuels, but indicated that emissions were negligible.

<sup>e</sup> Party did not provide estimates for international bunker fuels in 1998 inventory submission. Values are taken from second national communication.

Πίνακας 8. Εκπομπές CO, NO<sub>x</sub>, NMVOCs και SO<sub>2</sub> από κατανάλωση καυσίμων διεθνούς ναυσιπλοΐας, 1990 (Gigagrams) (UNFCCC 1999)

	1990 (%)	1991 (%)	1992 (%)	1993 (%)	1994 (%)	1995 (%)	1996 (%)	1997 (%)
Australia	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5	2.9	2.9	
Austria <sup>b</sup>	1.4	1.6	1.8	1.8	1.9	1.9	2.1	
Belgium	13.5	13.3	14.1	14.5	13.2	12.8	14.2	
Bulgaria <sup>c</sup>	0.2	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4		
Canada	1.1	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	
Czech Republic							0.3	
Denmark	9.5	7.2	8.1	10.2	10.6	11.9	9.5	
Estonia <sup>d</sup>								
Finland	4.7		5.7	4.7	3.6	3.0	3.2	3.6
France	4.0	3.8	4.1	4.4	4.3	4.4	4.5	
Germany	1.9	1.9	1.9	2.2	2.2	2.2	2.2	
Greece	12.2	11.1	12.2	14.5	14.9	15.3	13.5	
Hungary <sup>b</sup>		0.6	0.6	0.6	0.9	0.9	0.9	
Iceland	14.9	12.6	12.0	12.7	13.6	16.5		
Ireland	3.8	4.2	3.5	4.8	4.1	4.4	4.6	
Italy	2.8				3.0	3.0		
Japan	2.7	2.9	2.9	3.2	3.1	3.1	2.6	
Latvia <sup>d</sup>								
Liechtenstein <sup>d</sup>								
Lithuania <sup>d</sup>								
Luxembourg <sup>b</sup>	0.9				1.6	2.0		
Monaco <sup>e</sup>								
Netherlands	25.0	25.0	25.9	26.6	25.7	25.2	24.8	
New Zealand	9.4	8.5	7.9	8.3	10.2	10.0	8.9	
Norway	5.6	5.3	6.2	6.5	6.4	7.4	7.6	
Poland							0.6	
Portugal	4.4	4.2	4.0	3.7	3.6			
Romania <sup>d</sup>								
Russian Federation	0.5				0.6			
Slovakia <sup>e</sup>								
Slovenia <sup>d</sup>								
Spain <sup>f</sup>	8.0	8.3	8.3	7.9	8.1			
Sweden	7.6	7.8	8.6	8.7	9.2	9.2	7.7	
Switzerland <sup>b</sup>	4.8	4.7	4.9	5.2	5.4	5.5	5.6	
Ukraine <sup>d</sup>								
United Kingdom	3.7	3.6	4.0	4.3	4.4	4.8	5.0	
United States	1.7	1.8	1.8	1.6	1.6	1.7	1.5	

<sup>a</sup> Total CO<sub>2</sub> emissions exclude emissions from international bunker fuels.

<sup>b</sup> Party is landlocked and does not have marine bunkers.

<sup>c</sup> 1990 column contains values for 1988, the base year for Bulgaria.

<sup>d</sup> Party did not provide estimates for international bunker fuels.

<sup>e</sup> Party did not provide estimates for international bunker fuels, but indicated that emissions were negligible.

<sup>f</sup> Party did not provide estimates for international bunker fuels in 1998 inventory submission. Values are taken from second national communication.

Πίνακας 9. Ποσοστό εκπομπών CO<sub>2</sub> από κατανάλωση καυσίμων διεθνούς ναυσιπλοΐας σε σύγκριση με συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub><sup>a</sup> (εξαιρουμένων των εκπομπών από αλλαγή χρήσης γης και τη δασοκομία), 1990-1997

		Domestic	International	Domestic share	International share
		A	B	A/(A+B)*100	B/(A+B)*100
		Gg (CO <sub>2</sub> )	Gg (CO <sub>2</sub> )	%	%
Australia	aviation	2 555	4 345	37	63
Australia	marine	2 224	2056	52	48
Austria	aviation (1995)	90	1 210	7	93
Belgium	aviation	7	2 370	0.3	99.7
Belgium	marine	378	13 356	3	97
Canada	aviation	10 300	2 860	78	22
Canada	marine	5 720	2 070	73	27
Germany <sup>a</sup>	aviation	2 897	11 589	20	80
Germany	marine	1 396	7 980	15	85
New Zealand	aviation	781	1 353	37	63
New Zealand	marine	221	1 031	18	82
Sweden	aviation	682	2 045	25	75
Sweden	marine	652	2 162	23	77
Switzerland	aviation (1995)	1 245	2 430	34	66

<sup>a</sup> Due to unavailability of data it is assumed that 20 per cent of the emissions are domestic.

Πίνακας 10. Εγχώριες και διεθνείς εκπομπές CO<sub>2</sub> από μεταφορές και ποσοστά για κάθε επιλεγμένη χώρα (μέλος), 1990 (UNFCCC 1999)

Όταν τμήμα της επικράτειας μιας χώρας είναι σε μεγάλη απόσταση (π.χ. για τη Γαλλία) και δεν υπάρχει ενδιάμεση στάση σε άλλες χώρες, το ταξίδι είναι πάντα εσωτερικό. Για τον UNFCCC, η κατανομή είναι πάντα εσωτερική και περιλαμβάνεται στο εθνικό σύνολο. Παλαιότερα για τον UNECE, μόνο το τμήμα των εκπομπών εντός της περιοχής του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Παρακολούθησης και Αξιολόγησης (EMEP) λαμβάνονταν υπόψη, έτσι ώστε όταν η γεωγραφική θέση του υπερπόντιου εδάφους ήταν εκτός της περιοχής EMEP, ήταν απαραίτητος ένας συγκεκριμένος κανόνας κατανομής. Από την Έκθεση Κατευθυντήριων Γραμμών EMEP 2002 δεν υπάρχει πλέον αναφορά στην περιοχή EMEP σε σχέση με ό, τι περιλαμβάνεται, προκειμένου να εναρμονιστεί με τον UNFCCC έτσι ώστε η ίδια εκτίμηση καυσίμου να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στις δύο περιπτώσεις. Η εξαίρεση είναι για μέλη που έχουν υποσημειώσεις στα πρωτόκολλά τους που εξαιρούν ορισμένες περιοχές, στις οποίες η κατάσταση είναι διαφορετική. (EMEP/EEA 2011)

Όταν τα απαραίτητα στατιστικά στοιχεία δεν είναι διαθέσιμα, το μέλος αναφοράς πρέπει να περιγράψει με σαφήνεια στην Εθνική Έκθεση Απογραφής την προσέγγιση που υιοθετήθηκε. Μία πιθανή λύση θα ήταν ως εξής: Για τον UNECE καθώς και τον UNFCCC, η διάκριση μεταξύ εγχώριου και διεθνούς μπορεί να προσεγγιστεί από τις πωλήσεις καυσίμων. Ωστόσο, η χώρα καλείται να ελέγξει τον ορισμό των καυσίμων που χρησιμοποιούνται για αυτή την κατανομή καυσίμων στις εθνικές στατιστικές (ελέγχοντας ότι είναι παρόμοιο με εκείνο που χρησιμοποιήθηκε για εκπομπές, καθώς δεν θα είναι ποτέ ακριβώς το ίδιο). Όταν η ναυτιλία είναι μια βασική πηγή, η χώρα θα πρέπει επίσης να ελέγχει τα στοιχεία για τις πωλήσεις εκτελώντας τη μεθοδολογία κινήσεων του πλοίου, ωστόσο αυτό μπορεί να αποδειχθεί πάρα πολύ για να εκτελείται σε ετήσια βάση.

Σημείωση: Για τον UNFCCC, όλα τα καύσιμα πλοίων και συναφείς εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, συνεπώς, συχνά θεωρούνται ως «διεθνείς» (πλοία θαλάσσης καθώς και πλοία εσωτερικής ναυσιπλοΐας). (EMEP/EEA 2011)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΕΡΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

Οι εκπομπές ρύπων στον αέρα από πλοία συχνά μετατρέπονται χημικά σε δευτερεύοντα είδη. Λαμβάνει χώρα ανάμιξη με τον ατμοσφαιρικό αέρα και ξηρή εναπόθεση ή έκπλυση με νερό βροχής. Η μετεωρολογική κατάσταση της ατμόσφαιρας και η ηλιακή ακτινοβολία είναι επίσης καθοριστικής σημασίας για τις χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα. Οι παράγοντες αυτοί καθιστούν την αλληλεπίδραση μεταξύ των ενεργών χημικών αερίων εξαιρετικά μη γραμμική και οι ατμοσφαιρικές διαταραχές μπορούν να αποκλίνουν σημαντικά από διαταραχές εκπομπών. Οι εκπομπές πλοίων μπορούν να επηρεάσουν τα επίπεδα του όζοντος (κλίμα, επιπτώσεις στην υγεία), θεικών (οξίνιση, κλίμα, επιπτώσεις στην υγεία), νιτρικών (οξίνιση, ευτροφισμός), NO<sub>2</sub> (ρύπανση, πρόδρομες ουσίες όζοντος και νιτρικών), NMVOCs (ρύπανση, πρόδρομες ουσίες όζοντος), SO<sub>2</sub> (ρύπανση, πρόδρομη ουσία θεικών), OH και επίδρασή του στο μεθάνιο (κλίμα), και αερολύματα / aerosols (ρύπανση, κλίμα).

Οι κύριοι ρύποι των εκπομπών από πλοία, όπως, σωματίδια, NO<sub>2</sub>, CO, NMVOCs και SO<sub>2</sub>, μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα σε παράκτιες περιοχές και λιμάνια με μεγάλη κίνηση λόγω των επιπτώσεών τους στην υγεία του ανθρώπου σε υψηλές συγκεντρώσεις. Επιπλέον, οι άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (CO<sub>2</sub> και μικρές ποσότητες N<sub>2</sub>O και CH<sub>4</sub>) αλλάζουν το ισοζύγιο ακτινοβολίας της ατμόσφαιρας. Υπάρχει μια σημαντική καθυστέρηση στη συσσώρευση των συγκεντρώσεων μερικών από τα αέρια θερμοκηπίου (π.χ. του CO<sub>2</sub>) και κατ' επέκταση στις επιπτώσεις στο κλίμα. Τα δευτερεύοντα είδη που σχηματίζονται από ρύπους εκπομπών πλοίων έχουν μεγαλύτερο χημικό κύκλο ζωής και μεταφέρονται στην ατμόσφαιρα για αρκετές εκατοντάδες χιλιόμετρα. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να συντελέσουν σε προβλήματα ποιότητας του αέρα στην ξηρά. Αυτό έχει σημασία για το όζον και την εναπόθεση θείου και αζωτούχων ενώσεων, που προκαλούν οξίνιση φυσικών οικοσυστημάτων και γλυκού νερού και απειλούν τη βιοποικιλότητα μέσω υπερβολικής εισροής αζώτου (ευτροφισμός). (OECD, 2008)

Η γνώση σχετικά με το πώς οι εκπομπές των πλοίων έχουν αναπτυχθεί στην πάροδο του χρόνου είναι απαραίτητη για την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων στο κλίμα και

των τάσεων. Επειδή ο χρόνος απόκρισης των ενώσεων κλίματος είναι πολύ διαφορετικός, και κυμαίνεται από ημέρες σε αιώνες, και η χημική αλληλεπίδραση μεταξύ των ρύπων είναι εξαιρετικά μη-γραμμική, ολοκληρωμένες μελέτες που εκτιμούν την επίδραση περισσότερων του ενός ρύπου θα δώσουν μια καλύτερη βάση για να εκτιμηθεί η επίδραση διαφορετικών επιλογών ελέγχου εκπομπών. (OECD, 2008)

Η πίεση ακτινοβολία, Radiative Forcing (RF), ποσοτικοποιεί την ισορροπία ακτινοβολίας στην κορυφή της ατμόσφαιρας που οφείλεται στα συστατικά που επηρεάζουν τον προϋπολογισμό ακτινοβολίας. Η RF είναι μια μέτρηση για την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων στο κλίμα από διαφορετικές πηγές σε μονάδες W ανά  $m^2$ , δεδομένου ότι υπάρχει μια σχεδόν γραμμική σχέση μεταξύ της παγκόσμιας μέσης πίεσης ακτινοβολίας και μεταβολής στην παγκόσμια μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια. Οι εκπομπές πλοίων έχουν επίδραση στις συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> και O<sub>3</sub>) και αερολυμάτων (αεροζόλ), προκαλώντας τόσο θετικές όσο και αρνητικές συμβολές στην άμεση πίεση ακτινοβολίας (RF). Επιπλέον, τα αεροζόλ που προέρχονται από πλοία προκαλούν σημαντική έμμεση RF, μέσω αλλαγών στη μικροφυσική σύννεφου (βλέπε παρακάτω Αεροζόλ). (OECD, 2008)

## 2.1 Όζον (O<sub>3</sub>)

Τα επίπεδα του όζοντος στην κατώτερη ατμόσφαιρα εξαρτώνται από ανταγωνιστικές αντιδράσεις μεταξύ κύκλων σχηματισμού και νεροχύτη (sink). Η αφθονία των NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>) είναι κρίσιμη για το σχηματισμό του όζοντος, αλλά ο αριθμός των μορίων όζοντος που σχηματίζονται εξαρτάται επίσης από τα CO και NMVOCs. Σε γενικές γραμμές, μια διαταραχή εκπομπών είναι πιο αποτελεσματική στην αύξηση του όζοντος σε περιοχές με χαμηλή ρύπανση βάθους. Το όζον είναι επίσης ένα σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου. Το όζον εκτιμάται ότι είναι το τρίτο πιο σημαντικό από τα αέρια του θερμοκηπίου που συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας από την προ-βιομηχανική εποχή. Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα όζοντος συνδέεται με επιδείνωση των υφιστάμενων αναπνευστικών προβλημάτων όπως το άσθμα, η αυξημένη ευαισθησία (λοιμώξεις, αλλεργιογόνα και ρύποι), φλεγμονή, πόνος στο στήθος και βήχας. Μερικές από αυτές τις μελέτες έχουν ενισχύσει τις



ενδείξεις βραχυπρόθεσμων επιπτώσεων στη θνησιμότητα, αλλά μαρτυρίες μακροπρόθεσμων επιπτώσεων στην υγεία είναι περιορισμένες. Επαναλαμβανόμενη μακροχρόνια έκθεση θα μπορούσε ενδεχομένως να οδηγήσει σε πρόωρη γήρανση των πνευμόνων και των χρόνιων αναπνευστικών ασθενειών όπως το εμφύσημα και η χρόνια βρογχίτιδα. Αυξημένα επίπεδα όζοντος κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου μπορούν να οδηγήσουν σε μειώσεις των γεωργικών καλλιεργειών και της εμπορικής απόδοσης των δασών, μειωμένη ανάπτυξη, αυξημένη ευαισθησία για νόσο και ορατές βλάβες στα φύλλα της βλάστησης. Το όζον μπορεί να βλάψει επίσης πολυμερικά υλικά όπως πλαστικά χρώματα και καουτσούκ.

Η επίδραση στο επιφανειακό όζον παρουσιάζει μια βαθιά εποχικότητα στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη. Απόλυτες αυξήσεις όζοντος που οφείλονται στις εκπομπές πλοίων είναι μεγαλύτερες τον Ιούλιο, όταν επαρκές ηλιακό φως καταλήγει σε μια ενεργή φωτοχημεία και μια σημαντική παραγωγή όζοντος στο βόρειο ημισφαίριο πάνω από μεγάλες παράκτιες περιοχές. Οι μεγάλες αυξήσεις που βρέθηκαν σε περιοχές με μεγάλη κίνηση (Βόρεια Θάλασσα, αποβάθρες αλιείας δυτικά της Γροιλανδίας, Μάγλη, δυτική Μεσόγειο, Διώρυγα του Σουέζ, Περσικό Κόλπο). Μερικές από αυτές τις περιοχές ήδη υποφέρουν από υψηλά επίπεδα όζοντος το καλοκαίρι λόγω της ρύπανσης από γειτονικές χερσαίες πηγές.

Όσον αφορά στις επιπτώσεις στο κλίμα, οι διαταραχές όζοντος σε μεγάλα υψόμετρα είναι σημαντικές. Το όζον που παράγεται κοντά στις πηγές εκπομπής ή που παράγεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μεταφοράς, ανυψώνεται με μεταφορά θερμότητας και τα μετωπικά συστήματα για μεγαλύτερα υψόμετρα, όπου η διάρκεια ζωής είναι μεγαλύτερη και η μεταφορά ταχύτερη. (OECD, 2008)

## **2.2 Υδροξύλιο (OH)**

Το υδροξύλιο (OH) είναι το κύριο οξειδωτικό στη τροπόσφαιρα. Αυτή η ρίζα αντιδρά με και απομακρύνει κάποιους ρύπους και αέρια θερμοκηπίου, ένα από αυτά το μεθάνιο. Η περίσσεια OH με τη σειρά της εξαρτάται από μερικούς από αυτούς τους ρύπους, ειδικότερα τα CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> και CO. Ενώ οι εκπομπές CO και CH<sub>4</sub> τείνουν να μειώσουν τα υφιστάμενα παγκόσμια μέσα επίπεδα OH, η συνολική επίδραση των εκπομπών NO<sub>x</sub> αυξάνει το OH. Εξαιτίας των υψηλών εκπομπών NO<sub>x</sub> από τη

ναυτιλία, αυτή η πηγή ρύπανσης οδηγεί σε πολύ μεγάλη αύξηση στις συγκεντρώσεις OH. Δεδομένου ότι η αντίδραση με το OH είναι η σημαντική απώλεια μεθανίου από την ατμόσφαιρα, οι εκπομπές από πλοία (για τις σημερινές ατμοσφαιρικές συνθήκες) μειώνουν τη συγκέντρωση του GHG μεθανίου. Οι μειώσεις στη διάρκεια ζωής του μεθανίου που οφείλονται σε NO<sub>x</sub> από ναυτιλία κυμαίνονται μεταξύ 1,5 και 5% σε διαφορετικούς υπολογισμούς.

### 2.3 Οξείδια αζώτου και θείου (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) και δευτερογενείς ρύποι

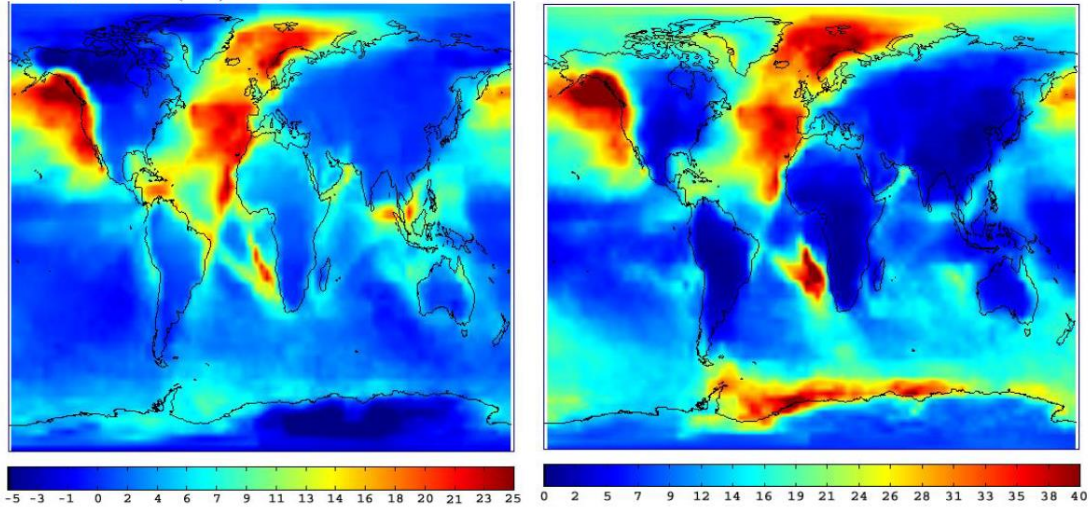
Η οξείδωση NO<sub>x</sub> από OH οδηγεί στο σχηματισμό νιτρικού οξέος και νιτρικών. Όταν νιτρικό οξύ και νιτρικά υποβάλλονται σε ξηρή απόθεση ή έκπλυση με νερό βροχής μπορεί να συμβάλλουν στον ευτροφισμό ή οξίνιση σε ευπαθή οικοσυστήματα. Οι εκπομπές θείου θα μπορούσαν να μειώσουν την ποιότητα του αέρα πάνω από τη ξηρά π.χ. συμβάλλοντας σε θειικά σωματίδια και εναπόθεση θεικών. Οι εκπομπές SO<sub>2</sub> από πλοία οξειδώνονται προς θειικά κυρίως στην υδατική φάση (σε σταγονίδια σύννεφων και σωματίδια θαλασσινού άλατος) και επίσης στην αέρια φάση από τις ρίζες OH. Η μεγαλύτερη επίδραση της ναυτιλίας στη χημεία θεικών είναι μέσω των άμεσων εκπομπών SO<sub>2</sub>. Εντούτοις, αυξήσεις στις ρίζες OH λόγω των εκπομπών NO<sub>x</sub> θα ενισχύσουν την οδό της αέριας οξείδωσης. Αυτή η οδός είναι σημαντική αφού οδηγεί σε νέα γενιά σωματιδίων, ενώ η υδατική οξείδωση προσθέτει μάζα στα υπάρχοντα σωματίδια. Σήμερα, η ναυτιλία αυξάνει τα συνολικά θειικά κατά περίπου 3%. Αλλά το σχετικό φορτίο σε ορισμένες παράκτιες περιοχές είναι πολύ υψηλότερο. Το Σχήμα 4 παρουσιάζει την επίδραση των εκπομπών από πλοία στην υγρή εναπόθεση νιτρικών και θείου. Αυτά είναι τα κύρια συστατικά της όξινης βροχής. Οι μεγαλύτερες συμβολές παρουσιάζονται σε εποχές με πολλές βροχοπτώσεις στη δυτική ακτή των ηπείρων, όπου επικρατούν δυτικοί άνεμοι. Μέρη της Σκανδιναβίας είναι ευάλωτα σε αργή διάβρωση εδαφών λόγω όξινης κατακρήμνισης. Η επίδραση στην περιοχή αυτή είναι μεγάλη με μια συμβολή πάνω από 30% σε υγρή απόθεση νιτρικών και 10-25% σε υγρή απόθεση θεικών.

Για άλλα σωματίδια θεικών (μαύρο άνθρακα (αιθάλη), οργανικό άνθρακα, κα), η συμβολή από τη ναυτιλία είναι μέτρια, ένα μικρό ποσοστό στις περιοχές που επηρεάζονται περισσότερο. Η αβεβαιότητα των ποσοτήτων αυτών των ρύπων που εκπέμπονται είναι μεγάλη.

Υπάρχει μεγάλη ανησυχία για μια σειρά επιπτώσεων στην υγεία από τα λεπτά και εξαιρετικά λεπτά αερολύματα (αεροζόλ) σε μολυσμένες περιοχές. Σοβαρές βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιδράσεις στην ασθένεια και τη θνησιμότητα που οφείλονται σε επιδράσεις στο καρδιαγγειακό σύστημα και τους πνεύμονες (για παράδειγμα τον καρκίνο του πνεύμονα) εμφανίζονται με τα τρέχοντα επεισόδια ρύπανσης και τα μέσα επίπεδα σε μεγάλες πόλεις του κόσμου. Μία μη-γραμμική σχέση κατωφλίου με τη θνησιμότητα και τις εισαγωγές σε νοσοκομείο έχει παρατηρηθεί σε διάφορες ρυθμίσεις. Σωματίδια όπως η αιθάλη μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε ρύπανση των υλικών. Σωματίδια όπως η αιθάλη μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε ρύπανση των υλικών. (OECD, 2008)

#### **2.4 Αερολύματα (aerosols)**

Τα αεροζόλ έχουν επίσης άμεση επίδραση στο κλίμα και την ορατότητα με σκέδαση και/ή απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας, επηρεάζοντας έτσι την ισορροπία ακτινοβολίας. Είτε αυτό οδηγεί σε μία συνολική ψύξη ή θέρμανση της επιφάνειας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η αναλογία σκέδασης και απορρόφησης (αερολύματα σύνθεση/ιδιότητες), κλάσμα σύννεφου και επιφανείας ανακλαστικότητας (λευκαύγειας). Τα αερολύματα μπορούν να λειτουργήσουν ως πυρήνες συμπύκνωσης, να τροποποιήσουν τις ιδιότητες των νεφών και τα ποσοστά βροχοπτώσεων, και μέσα από τα οποία έχουν έμμεσες συνέπειες για το κλίμα. Τα αερολύματα μπορούν να αυξήσουν τον αριθμό των σταγόνων νέφους, και έτσι να αυξηθεί ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία στο διάστημα που οδηγεί σε ψύξη. Όταν ο αριθμός των σταγονιδίων σύννεφου αυξάνει, αυτό μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα κατακρήμνισης. Αυτό θα μπορούσε επίσης να οδηγήσει σε μια αύξηση στη διάρκεια ζωής και ποσότητα του σύννεφου, το οποίο αυξάνει την ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας. Αντιδράσεις πάνω στις επιφάνειες αεροζόλ μπορούν επίσης να τροποποιήσουν τη χημική σύνθεση τόσο του αεροζόλ όσο και των φάσεων αερίου. Οι επιδράσεις αερολυμάτων εκπομπών από πλοία στα σύννεφα είναι ορατά ως τα λεγόμενα πλοία-κομμάτια (ship-tracks) σε δορυφορικές εικόνες. Τα μικρότερα σταγονίδια νερού είναι λιγότερο πιθανό να εξελιχθούν σε μεγαλύτερες σταγόνες μεγέθους κατακρήμνισης, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής του νέφους και αυξάνοντας την ανακλαστικότητα. (OECD, 2008)



Σχήμα 4. Μέση ετήσια συμβολή (%) από κυκλοφορία πλοίων στην υγρή απόθεση. Αριστερά: θείο, Δεξιά: νιτρικά (OECD, 2008)

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΕΘΝΗ ΝΑΥΣΠΛΟΪΑ

#### 3.1 Πρωτόκολλο του Κιότο

Όταν οι κυβερνήσεις υιοθέτησαν την Σύμβαση Πλαίσιο του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC), το 1992, αναγνώρισαν ότι θα ήταν το εφαλτήριο για μεγαλύτερη δράση στο μέλλον. Με τη θέσπιση εν εξελίξει διαδικασίας για αναθεώρηση, συζήτηση και ανταλλαγή πληροφοριών, η Σύμβαση καθιστά δυνατή την έγκριση πρόσθετων δεσμεύσεων σε απάντηση στις αλλαγές στην επιστημονική κατανόηση και πολιτική βούληση. Η τρίτη διάσκεψη των μελών της UNFCCC πραγματοποιήθηκε το Δεκέμβριο του 1997 στο Κιότο της Ιαπωνίας. Το συνέδριο είχε ως αποτέλεσμα μια συναινετική απόφαση (1/CP.3) να υιοθετήσει ένα Πρωτόκολλο βάσει του οποίου βιομηχανικές χώρες θα μειώσουν τις συνδυασμένες τους εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 5% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 την περίοδο 2008–2012. Το άρθρο 2, παράγραφος 2, του Πρωτοκόλλου του Κιότο ορίζει: «Τα Μέλη που συμπεριλαμβάνονται στο Παράρτημα I θα επιδιώξουν τον περιορισμό ή τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου που δεν ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ από καύσιμα αεροπορίας και ναυτιλίας, μέσω της Διεθνούς Οργάνωσης Πολιτικής Αεροπορίας και του Διεθνούς Οργανισμού Ναυτιλίας (IMO), αντίστοιχα." (IMO 2000)

Οι στόχοι του Πρωτόκολλου του Κιότο καλύπτουν τις εκπομπές των έξι βασικών αερίων του θερμοκηπίου, και συγκεκριμένα:

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)
- Μεθάνιο (CH<sub>4</sub>)
- Υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O)
- Υδροφθοράνθρακες (HFC)
- Υπερφθοράνθρακες (PFC) και
- Εξαφθοριούχο θείο (SF<sub>6</sub>)

Το μέγιστο ποσό εκπομπών (μετρούμενο σε ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα) που ένα Μέλος μπορεί να εκπέμπει σε μια περίοδο δέσμευσης, προκειμένου να συμμορφωθεί με τους στόχους εκπομπών, είναι γνωστό ως αποδιδόμενο ποσό

Μέλους. Οι επιμέρους στόχοι για τα Μέλη του Παραρτήματος Ι απαριθμούνται στο Παράρτημα Β του Πρωτοκόλλου του Κιότο.

Country	Target (1990** - 2008/2012)
EU-15*, Bulgaria, Czech Republic, Estonia, Latvia, Liechtenstein, Lithuania, Monaco, Romania, Slovakia, Slovenia, Switzerland	-8%
US***	-7%
Canada, Hungary, Japan, Poland	-6%
Croatia	-5%
New Zealand, Russian Federation, Ukraine	0
Norway	+1%
Australia	+8%
Iceland	+10%

Πίνακας 11: Χώρες που συμπεριλαμβάνονται στο Παράρτημα Β του Πρωτοκόλλου του Κιότο και στόχοι εκπομπών τους

\* Τα 15 Κράτη που ήταν Μέλη της ΕΕ το 1997, όταν το Πρωτόκολλο του Κιότο υιοθετήθηκε, συμφώνησαν ότι ο στόχος 8% θα ανακατανεμηθεί μεταξύ τους, εκμεταλλευόμενοι ένα σύστημα στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου γνωστό ως "φούσκα", σύμφωνα με το οποίο οι χώρες έχουν διαφορετικούς επιμέρους στόχους, αλλά το οποίο σε συνδυασμό αποτελεί ένα συνολικό στόχο για αυτή την ομάδα χωρών. Η ΕΕ έχει ήδη καταλήξει σε συμφωνία σχετικά με τον τρόπο που θα πρέπει να αναδιανεμηθούν οι στόχοι της.

\*\* Μερικοί στόχοι έχουν βάση διαφορετική από το 1990.

\*\*\* Οι ΗΠΑ έχουν δηλώσει την πρόθεσή τους να μην επικυρώσουν το Πρωτόκολλο του Κιότο.

Σημείωση: Παρόλο που απαριθμούνται στο Παράρτημα Ι της Σύμβασης, η Λευκορωσία και η Τουρκία δε συμπεριλαμβάνονται στο Παράρτημα Β του Πρωτοκόλλου, δεδομένου ότι δεν ήταν συμβαλλόμενα μέλη της Σύμβασης, κατά την έγκριση του Πρωτοκόλλου.

Μετά την έναρξη ισχύος, το Καζακστάν, που έχει δηλώσει ότι επιθυμεί να δεσμευτεί με τις υποχρεώσεις των συμβαλλομένων Μελών του Παραρτήματος Ι της Σύμβασης, θα γίνει Μέλος του Παραρτήματος Ι του Πρωτοκόλλου. Καθώς δεν είχε κάνει αυτή τη δήλωση κατά την έγκριση του Πρωτοκόλλου, το Καζακστάν δεν έχει στόχο εκπομπών που να αναφέρεται για αυτό στο Παράρτημα Β. (UNFCCC Kyoto)

Το άρθρο 2.2 του Πρωτοκόλλου του Κιότο αναφέρει ότι τα Μέρη που περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Ι της Σύμβασης για την Κλιματική Αλλαγή επιδιώκουν τον περιορισμό ή τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που δεν ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ από αεροπορικές μεταφορές και καύσιμα ναυτιλίας, μέσω της Διεθνούς Οργάνωσης Πολιτικής Αεροπορίας και του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO), αντίστοιχα. (UNFCCC 1999)

### **3.2 Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL)**

Η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL) είναι η κύρια διεθνής σύμβαση που καλύπτει την πρόληψη της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από πλοία από λειτουργικά ή τυχαία αίτια.

Η σύμβαση MARPOL εγκρίθηκε στις 2 Νοεμβρίου 1973 από τον IMO. Το πρωτόκολλο του 1978 εκδόθηκε σε απάντηση έξαρσης ατυχημάτων σε δεξαμενόπλοια 1976-1977. Δεδομένου ότι η σύμβαση MARPOL 1973 δεν είχε ακόμη τεθεί σε ισχύ, το πρωτόκολλο MARPOL του 1978 απορρόφησε τη μητρική σύμβαση. Η συνδυασμένη πράξη τέθηκε σε ισχύ στις 2 Οκτωβρίου 1983. Το 1997, ένα Πρωτόκολλο εγκρίθηκε για τη τροποποίηση της Σύμβασης και ένα νέο Παράρτημα VI προστέθηκε, το οποίο τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005. Η MARPOL έχει ενημερωθεί με τροποποιήσεις στη διάρκεια των ετών.

Η Σύμβαση περιλαμβάνει διατάξεις που στοχεύουν στην πρόληψη και ελαχιστοποίηση της ρύπανσης από τα πλοία - τόσο τυχαία ρύπανση όσο και αυτή από εργασίες ρουτίνας – και σήμερα περιλαμβάνει έξι τεχνικά Παραρτήματα (Annexes). Ειδικές Περιοχές με αυστηρούς ελέγχους στις λειτουργικές απορρίψεις περιλαμβάνονται στα περισσότερα Παραρτήματα.

Το παράρτημα VI «Πρόληψη της Ρύπανσης του Αέρα από Πλοία» (τέθηκε σε ισχύ 19 Μαΐου 2005). Θέτει όρια εκπομπών οξειδίων του θείου και οξειδίων του αζώτου από τα καυσαέρια των πλοίων και απαγορεύει τις σκόπιμες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον. Καθορισμένες περιοχές ελέγχου εκπομπών θέτουν αυστηρότερα πρότυπα για SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> και αιωρούμενων σωματιδίων.

Το 2011, μετά από εκτενή συζήτηση και εργασία, ο IMO ενέκρινε πρωτοποριακά υποχρεωτικά τεχνικά και λειτουργικά μέτρα ενεργειακής απόδοσης που θα μειώσουν σημαντικά την ποσότητα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία. Τα μέτρα αυτά περιλαμβάνονται στο παράρτημα VI και αναμένεται να τεθούν σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2013. (IMO, MARPOL)

Οι κανονισμοί εκπομπών καυσαερίων του Παραρτήματος VI της σύμβασης MARPOL 73/78 σήμερα αναφέρονται ως IMO Tier I. Τον Οκτώβριο του 2008, η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του IMO υιοθέτησε τροποποιήσεις στο Παράρτημα VI των κανονισμών της MARPOL. Αυτές διευκρινίζουν περαιτέρω τα όρια εκπομπών οξειδίων του αζώτου που είναι γνωστά ως IMO Tier II και Tier III. Σύμφωνα με το IMO Tier II, τα όρια εκπομπών οξειδίων του αζώτου για κινητήρες εγκατεστημένους σε πλοία με ημερομηνία κατασκευής την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2011 θα πρέπει να μειωθούν, σύμφωνα με μια συνάρτηση που εξαρτάται από τη ταχύτητα, περίπου 20% από τα επίπεδα IMO Tier I που ισχύουν σήμερα (βλέπε Πίνακα 12 & Σχήμα 5).

Σύμφωνα με το IMO Tier III, το όριο εκπομπών NO<sub>x</sub> των εγκατεστημένων κινητήρων σε πλοία με ημερομηνία κατασκευής την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2016 θα πρέπει να μειωθεί, σύμφωνα με μια συνάρτηση που εξαρτάται από την ταχύτητα, 80% από τα όρια IMO Tier I που ισχύουν σήμερα (βλέπε Πίνακα 12 & Σχήμα 5), όταν το πλοίο λειτουργεί σε μια καθορισμένη Περιοχή Ελέγχου Εκπομπών (ECA). Έξω από καθορισμένες Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών ισχύουν τα όρια Tier II. (Wärtsilä 2009)

Το παράρτημα VI της MARPOL, όπως τροποποιήθηκε από τον IMO, τον Οκτώβριο του 2008, θεωρεί τρεις κλιμακωτές προσεγγίσεις ως ακολούθως:



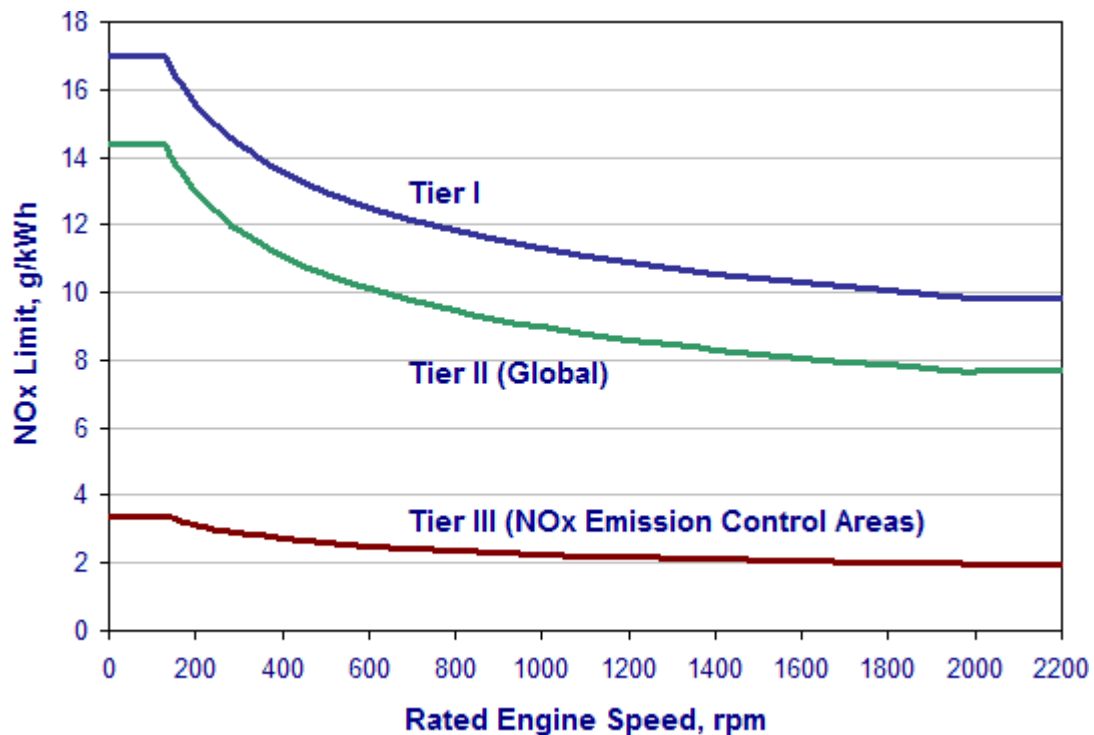
- Tier I: κινητήρες ντίζελ (> 130 kW), εγκατεστημένοι σε πλοίο που έχει κατασκευαστεί την ή μετά την 1η Ιανουαρίου, 2000 και πριν από την 1η Ιανουαρίου 2011
- Tier II: κινητήρες ντίζελ (> 130 kW), εγκατεστημένοι σε πλοίο που έχει κατασκευαστεί την ή μετά την 1 Ιανουαρίου του 2011
- Tier III (\*): κινητήρες ντίζελ (> 130 kW), εγκατεστημένο σε ένα πλοίο που έχει κατασκευαστεί ή για μετά την 1η Ιανουαρίου 2016.

Οι Tier I-III τιμές NO<sub>x</sub> βασίζονται στις ονομαστικές ταχύτητες κινητήρα (n) που δίνονται σε RPM (στροφές ανά λεπτό). Οι εξισώσεις ορίων εκπομπών παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.

Regulation	NO <sub>x</sub> limit	Rated engine speeds (revolutions per minute)
Tier I	17 g/kWh $45 \times n^{-0.2}$ g/kWh 9,8 g/kWh	n < 130 $130 \leq n < 2000$ n ≥ 2000
Tier II	14.4 g/kWh $44 \times n^{-0.23}$ g/kWh 7.7 g/kWh	n < 130 $130 \leq n < 2000$ n ≥ 2000
Tier III	3.4 g/kWh $9 \times n^{-0.2}$ g/kWh 2 g/kWh	n < 130 $130 \leq n < 2000$ n ≥ 2000

Πίνακας 12. Tier I-III NO<sub>x</sub> όρια εκπομπών για κινητήρες πλοίων (τροποποίηση στο Marpol Παράρτημα VI)

(\*) Για πλοία που δραστηριοποιούνται σε μια καθορισμένη περιοχή ελέγχου εκπομπών. Έξω από μια καθορισμένη περιοχή ελέγχου εκπομπών, ισχύουν τα όρια Tier II (EMEP/EEA 2011)



Σχήμα 5. Επιτρεπόμενες εκπομπές οξειδίων του αζώτου από κινητήρες ντίζελ

(Marpol 73/78 Annex VI) (Emission Standards International: IMO Marine Engine Regulations) (Wärtsilä 2009)

### 3.2.1 Παράρτημα VI MARPOL 73/78

Οι εκπομπές ρύπων μπορούν να ελεγχθούν με δύο μηχανισμούς: τον έλεγχο της τεχνολογίας καύσης, σε συνδυασμό με επεξεργασία καυσαερίων, και τον έλεγχο της ποιότητας των καυσίμων. Και τα δύο αυτά μέτρα χρησιμοποιούνται.

Η υφιστάμενη Marpol 73/78 Παράρτημα VI νομοθεσία για εκπομπές NOx, που διατυπώθηκε από τον IMO (Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός) αφορά σε κινητήρες ντίζελ, με ισχύ μεγαλύτερη από 130 kW, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε πλοίο που έχει κατασκευαστεί την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2000 και ντίζελ κινητήρες με ισχύ μεγαλύτερη από 130 kW, οι οποίοι υποβάλλονται σε σημαντική μετασκευή την ή μετά την 1 Ιανουαρίου 2000. (EMEP/EEA 2011)

Τα όρια Tier I πρέπει να εφαρμόζονται σε υφιστάμενες μηχανές ισχύος μεγαλύτερης από 5.000 kW και με εκτόπισμα ανά κύλινδρο ίσο ή μεγαλύτερο από 90 λίτρα, εγκατεστημένες σε πλοίο που έχει κατασκευαστεί την ή μετά την 1 Ιανουαρίου 1990,

αλλά πριν από την 1η Ιανουαρίου 2000, υπό την προϋπόθεση ότι η Εγκεκριμένη Μέθοδος για τον εν λόγω κινητήρα έχει πιστοποιηθεί από την Διοίκηση ενός Μέλους και η κοινοποίηση της εν λόγω πιστοποίησης έχει υποβληθεί στον Οργανισμό από την Διοίκηση που πιστοποιεί. (EMEP/EEA 2011)

Το Παράρτημα VI της MARPOL προβλέπει ότι κάθε πλοίο ολικής χωρητικότητας 400 κόρων και άνω και κάθε σταθερή και πλωτή εξέδρα γεώτρησης πετρελαίου και άλλες πλατφόρμες υπόκεινται στις ακόλουθες μελέτες:

- ✓ Σε αρχική επιθεώρηση πριν το πλοίο τεθεί σε λειτουργία ή πριν το πιστοποιητικό IAPP εκδοθεί για πρώτη φορά
- ✓ Σε περιοδικές επιθεωρήσεις σε χρονικά διαστήματα που καθορίζονται από την Αρχή, αλλά δεν υπερβαίνουν τη πενταετία
- ✓ Σε μία τουλάχιστον ενδιάμεση έρευνα κατά τη διάρκεια της περιόδου ισχύος του πιστοποιητικού

Το πιστοποιητικό IAPP εκδίδεται μετά από μια αρχική έρευνα που διεξάγεται από την Αρχή Σημαίας ή από αναγνωρισμένο οργανισμό (π.χ. Det Norske Veritas), εξ ονόματος της Αρχής Σημαίας και επιβεβαιώνει τη συμμόρφωση με το Παράρτημα VI της MARPOL. Για πλοία με σημαία Αρχής (Κράτους) που δεν έχει ακόμη επικυρώσει το Παράρτημα VI, το Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης με το Παράρτημα VI μπορεί να εκδοθεί από την DNV.

Στην περίπτωση πλοίων ολικής χωρητικότητας κάτω των 400 κόρων, η Αρχή μπορεί να θεσπίσει τα κατάλληλα μέτρα προκειμένου να διασφαλισθεί ότι το Παράρτημα VI τηρείται. Το Παράρτημα VI έχει απαιτήσεις για τα ακόλουθα βασικά ζητήματα:

- Κανονισμός 12 – Εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον από ψυκτικές εγκαταστάσεις και εξοπλισμό πυρόσβεσης
- Κανονισμός 13 – Εκπομπές οξειδίων αζώτου (NO<sub>x</sub>) από κινητήρες ντίζελ
- Κανονισμός 14 – Εκπομπές οξειδίων θείου (SO<sub>x</sub>) από πλοία
- Κανονισμός 15 – Εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων από δεξαμενές φορτίου πετρελαίου πετρελαιοφόρων
- Κανονισμός 16 – Εκπομπές από αποτεφρωτήρες πλοίων
- Κανονισμού 18 – Ποιότητας μαζούτ

(Marpol 73/78 Annex VI)

Οι εκπομπές Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (VOCs) από δεξαμενόπλοια μπορούν να ρυθμιστούν από κάθε Μέλος στο Παράρτημα VI σε συγκεκριμένα λιμάνια και τερματικούς σταθμούς. Ο IMO πρέπει να ενημερώνεται για τις εν λόγω απαιτήσεις τουλάχιστο 6 μήνες πριν από την έναρξη ισχύος τους και να εκδίδει λίστα των εν λόγω λιμένων και των τερματικών σταθμών. Ο κατάλογος αυτός περιλαμβάνει την ημερομηνία κοινοποίησης στην οποία οι απαιτήσεις τίθενται σε ισχύ, καθώς και τον προσδιορισμό του μεγέθους των δεξαμενόπλοιων και το ποια φορτία απαιτούν συστήματα ελέγχου εκπομπών ατμών. (Marpol 73/78 Annex VI)

### 3.2.2 Tier I

Ο Κανονισμός 13 του Παραρτήματος VI αφορά σε εκπομπές NO<sub>x</sub> από κινητήρες ντίζελ και εφαρμόζεται σε:

- ✓ Κάθε ντιζελοκινητήρα ισχύος άνω των 130 kW, που είναι εγκατεστημένος σε πλοίο που έχει κατασκευαστεί την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2000
- ✓ Κάθε κινητήρα ντίζελ ισχύος άνω των 130 kW, ο οποίος υποβάλλεται σε μια σημαντική μετατροπή την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2000
- ✓ Κάθε ντιζελοκινητήρα ισχύος άνω των 5000 kW και μετατόπισης ανά κύλινδρο των ή άνω των 90 λίτρων ο οποίος είναι εγκατεστημένος σε πλοίο κατασκευασμένο την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 1990, αλλά πριν από την 1η Ιανουαρίου 2000

Ο παρών κανονισμός δεν εφαρμόζεται σε:

- ✓ Κινητήρες diesel εκτάκτου ανάγκης, μηχανές εγκατεστημένες σε σωσίβιες λέμβους ή για οποιοδήποτε εξοπλισμό που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης
- ✓ Κινητήρες που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο για οδήγηση μηχανών που χρησιμοποιούνται στην εξερεύνηση, εκμετάλλευση και συνδέονται με υπεράκτια επεξεργασία ορυκτών πόρων βυθού

(Marpol 73/78 Annex VI)

Για κινητήρες ντίζελ εγκατεστημένους σε πλοία που κατασκευάστηκαν από 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2000 έως 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2011 οι επιτρεπόμενες εκπομπές των συνολικών σταθμισμένων NO<sub>x</sub> ανάλογα με την ταχύτητα του κινητήρα, n, είναι:

- 17,0 g / kWh όταν το n είναι μικρότερο από 130 rpm
- $45,0 \times n^{(-0,2)}$  g / kWh όταν το n είναι 130 ή περισσότερο αλλά λιγότερο από 2000 rpm
- 9,8 g / kWh όταν το n είναι 2000 rpm ή περισσότερο

(Revision of MARPOL Annex VI)

Η προσέγγιση Tier I για τη ναυσιπλοΐα χρησιμοποιεί τη γενική εξίσωση που εφαρμόζεται για διαφορετικούς NFR κώδικες<sup>2</sup> (διαφορετικούς ρύπους):

$$E_i = \sum_m (FC_m \times EF_{i,m}) \quad (3)$$

όπου,

$E_i$  = εκπομπή ρύπου i σε kg

$FC_m$  = μάζα τύπου καυσίμου m που πωλείται στη χώρα για ναυσιπλοΐα (tonnes)

$EF_{i,m}$  = κατανάλωση καυσίμου-ειδικός συντελεστής εκπομπής ρύπου i και τύπου καυσίμου m (kg/tonne)

$m$  = τύπος καυσίμου (μαζούτ πλοίων, ντίζελ πλοίων, πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων, βενζίνη)

Το γινόμενο  $FC_m \times EF$  αθροίζεται για τους τέσσερις τύπους καυσίμου που χρησιμοποιούνται για την παροχή συνολικών εκπομπών από ναυσιπλοΐα. Η προσέγγιση αυτή ενσωματώνει τη σχέση μεταξύ της σύνθεσης του καυσίμου και κάποιων εκπομπών (κυρίως SO<sub>2</sub> και βαρέα μέταλλα).

Οι συντελεστές εκπομπών Tier I ( $EF_{i,m}$ ) αντιπροσωπεύουν μια μέση (κατά μέσο όρο) τεχνολογία για το στόλο. (EMEP/EEA 2011)

<sup>2</sup> σύμφωνα με τον Οδηγό Απογραφής Εκπομπών EMEP/EEA 2009, που ενημερώθηκε το Μάρτιο του 2011

Tier 1 default emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	1.A.3.d.i 1.A.3.d.ii 1.A.4.c.iii 1.A.5.b	International navigation National navigation Off-road vehicles and other machineries Other, mobile (including military, land based and recreational boats)			
Fuel	Bunker Fuel Oil				
Not estimated	NH <sub>3</sub> , Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k) fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene				
Not applicable					
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval		Reference
			Lower	Upper	
NO <sub>x</sub>	79.3 <sup>(2)</sup>	kg/tonne fuel	NA	NA	Entec (2007)
CO	7.4	kg/tonne fuel	NA	NA	Lloyd's Register (1995)
NM VOC	2.7 <sup>(2)</sup>	kg/tonne fuel	NA	NA	Entec (2007)
SO <sub>x</sub>	20 * S <sup>(1)</sup>	kg/tonne fuel	NA	NA	Lloyd's Register (1995)
TSP	6.2	kg/tonne fuel	NA	NA	Entec (2007)
PM <sub>10</sub>	6.2	kg/tonne fuel	NA	NA	Entec (2007)
PM <sub>2.5</sub>	5.6	kg/tonne fuel	NA	NA	Entec (2007)
Pb	0.18	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Cd	0.02	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Hg	0.02	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
As	0.68	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Cr	0.72	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Cu	1.25	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Ni	32	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Se	0.21	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Zn	1.20	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
PCDD/F	0.47	TEQmg/tonne	NA	NA	Cooper (2005)
HCB	0.14	mg/tonne	NA	NA	Cooper (2005)
PCB	0.57	mg/tonne	NA	NA	Cooper (2005)

#### Notes

- S = percentage sulphur content in fuel; pre-2006: 2.7 % wt. [source: Lloyd's Register, 1995]. For European Union as specified in the Directive 2005/33/EC:
  - 1.5 % wt. from 11 August 2006 for Baltic sea and from 11 August 2007 for the North Sea for all ships;
  - 1.5 % wt. from 11 August 2006 in EU territorial seas, exclusive economic zones and pollution control zones by passenger ships operating on regular services to or from any Community port at least in respect of vessels flying their flag and vessels of all flags while in their ports;
  - 0.1 % by wt. from 1 January 2010 for inland waterway vessels and ships at berth in Community ports.
- Emission factors for NO<sub>x</sub> and NM VOC are the 2000 values in cruise for medium speed engines (see Tier 2).
- Reference: 'average value' is between Lloyd's Register (1995) and Cooper and Gustafsson (2004).

Πίνακας 13. Συντελεστές εκπομπών Tier I για πλοία που χρησιμοποιούν μαζούτ πλοίων (EMEP/EEA 2011)

Tier 1 default emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	1.A.3.d.i 1.A.3.d.ii 1.A.4.c.iii 1.A.5.b	International navigation National navigation Off-road vehicles and other machineries Other, mobile (including military, land based and recreational boats)			
Fuel	Marine diesel oil/marine gas oil (MDO/MGO)				
Not estimated	NH <sub>3</sub> , Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k) fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene				
Not applicable					
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval		Reference
			Lower	Upper	
NO <sub>x</sub>	78.5 <sup>(2)</sup>	kg/tonne fuel	NA	NA	Entec (2007)
CO	7.4	kg/tonne fuel	NA	NA	Lloyd's Register (1995)
NM VOC	2.8 <sup>(2)</sup>	kg/tonne fuel	NA	NA	Entec (2007)
SO <sub>x</sub>	20 * S <sup>(1)</sup>	kg/tonne fuel	NA	NA	Lloyd's Register (1995)
TSP	1.5	kg/tonne fuel	NA	NA	Entec (2007)
PM <sub>10</sub>	1.5	kg/tonne fuel	NA	NA	Entec (2007)
PM <sub>2.5</sub>	1.4	kg/tonne fuel	NA	NA	Entec (2007)
Pb	0.13	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Cd	0.01	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Hg	0.03	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
As	0.04	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Cr	0.05	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Cu	0.88	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Ni	1	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Se	0.10	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
Zn	1.2	g/tonne fuel	NA	NA	average value <sup>(3)</sup>
PCDD/F	0.13	TEQmg/tonne	NA	NA	Cooper (2005)
HCB	0.08	mg/tonne	NA	NA	Cooper (2005)
PCB	0.38	mg/tonne	NA	NA	Cooper (2005)

#### Notes

- S = percentage sulphur content in fuel; pre-2000 fuels: 0.5 % wt. [source: Lloyd's Register, 1995]. For European Union as specified in the Directive 2005/33/EC:
  - 0.2 % wt. from 1 July 2000 and 0.1 % wt. from 1 January 2008 for marine diesel oil/marine gas oil used by seagoing ships (except if used by ships crossing a frontier between a third country and a Member State);
  - 0.1% wt. from 1 January 2010 for inland waterway vessels and ships at berth in Community ports.
- Emission factor for NO<sub>x</sub> and NMVOC are the 2000 values in cruise for medium speed engines (see Tier 2).
- Reference: 'average value' is between Lloyd's Register (1995) and Cooper and Gustafsson (2004)

Πίνακας 14. Συντελεστές εκπομπών Tier I για πλοία που χρησιμοποιούν ντίζελ πλοίων/πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων (EMEP/EEA 2011)

Tier 1 default emission factors					
	Code	Name			
NFR Source Category	1.A.3.d.ii	National navigation			
Fuel	Gasoline				
Not applicable	Aldrin, Chlordane, Chlordecone, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Heptabromo-biphenyl, Mirex, Toxaphene, HCH, DDT, PCB, HCB, PCP, SCCP				
Not estimated	NH <sub>3</sub> , Pb, Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn, PCDD/F, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Total 4 PAHs				
Pollutant	Value	Unit	95% confidence interval		Reference
			Lower	Upper	
NOx	9.4	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)
CO	573.9	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)
NM VOC	181.5	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)
SOx	20	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)
TSP	9.5	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)
PM10	9.5	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)
PM2.5	9.5	kg/tonne fuel	0	0	Winther & Nielsen (2006)

**Note:** The table contains averaged figures between 2-stroke and 4-stroke engines, assuming a share of 75% 2-stroke and 25% 4-stroke ones. If more detailed data are available the Tier 2 method should be used.

Πίνακας 15. Συντελεστές εκπομπών Tier I για πλοία που χρησιμοποιούν βενζίνη (EMEP/EEA 2011)

### 3.3 Αναθεωρημένη MARPOL

Το 2008 συνεδρίασε η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του IMO και ενέκρινε τόσο το αναθεωρημένο Παράρτημα VI της MARPOL όσο και τον αναθεωρημένο Τεχνικό Κώδικα NO<sub>x</sub>. Το παράρτημα και ο κώδικας στη συνέχεια τέθηκαν σε ισχύ τον Φεβρουάριο / Μάρτιο του 2010.

Η νέα αναθεώρηση ουσιαστικά καθιστά αυστηρότερα τα όρια NO<sub>x</sub> και θείου σε σχέση με το υφιστάμενο παράρτημα και περιλαμβάνει επίσης απαιτήσεις που διέπουν τις εκπομπές NO<sub>x</sub> από πλοία που κατασκευάστηκαν από την 1η Ιανουαρίου 1990 έως την 1η Ιανουαρίου 2000. (Revision of MARPOL Annex VI)

Το αναθεωρημένο Παράρτημα VI της MARPOL έχει εισαγάγει ένα νέο κανονισμό 4. Ισοδύναμα όπου η Αρχή του Μέλους μπορεί να επιτρέψει οποιοδήποτε εξάρτημα, υλικό, συσκευή ή διάταξη να τοποθετηθεί σε ένα πλοίο ή άλλες διαδικασίες, εναλλακτικά πετρέλαια εξωτερικής καύσης, ή μεθόδους συμμόρφωσης που χρησιμοποιούνται ως εναλλακτική λύση στις απαιτήσεις του παρόντος Παραρτήματος, εάν αυτό το εξάρτημα, υλικό, συσκευή ή διάταξη ή άλλες διαδικασίες, εναλλακτικά πετρέλαια εξωτερικής καύσης, ή μέθοδοι συμμόρφωσης είναι τουλάχιστον το ίδιο αποτελεσματικό όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών,



όπως απαιτούνται από το παρόν Παράρτημα, συμπεριλαμβανομένων οποιωνδήποτε πρότυπων που ορίζονται στους κανονισμούς 13 και 14.

Επιπλέον, συμμόρφωση απαιτείται μόνο εάν Εγκεκριμένη Μέθοδος για την επίτευξη της αναγκαίας μείωσης των NO<sub>x</sub> είναι διαθέσιμη για τον/τους υπό ερώτηση κινητήρα/-ες. Υπάρχει επίσης ένας μηχανισμός στη ρύθμιση για να διασφαλιστεί ότι η Εγκεκριμένη Μέθοδος πρέπει να πληρεί ένα κριτήριο αποτελεσματικότητας κόστους που ορίζει ένα μέγιστο κόστος για την αγορά και εγκατάσταση μιας μεθόδου. (Marpol 73/78 Annex VI) (Revision of MARPOL Annex VI)

Απαραίτητες ρυθμίσεις κινητήρα ή εφαρμογή kit μείωσης NO<sub>x</sub> θα πρέπει να πραγματοποιηθούν όχι αργότερα από την πρώτη επιθεώρηση ανανέωσης που γίνεται 12 μήνες ή περισσότερο μετά την έγκριση μιας ισχύουσας μεθόδου. Ωστόσο, αν ο προμηθευτής μιας Εγκεκριμένης Μεθόδου δεν είναι σε θέση να παρέχει αυτή την επιθεώρηση ανανέωσης η εγκατάσταση μπορεί να λάβει χώρα στην επόμενη ετήσια επιθεώρηση. Λεπτομερείς απαιτήσεις για την έγκριση μεθόδων μείωσης NO<sub>x</sub> έχουν συμπεριληφθεί στον αναθεωρημένο Τεχνικό Κώδικα NO<sub>x</sub>. (Marpol 73/78 Annex VI) (Revision of MARPOL Annex VI)

### 3.3.1 Tier II

Η προσέγγιση Tier 2, όπως η Tier 1, χρησιμοποιεί την κατανάλωση καυσίμου ανά τύπο καυσίμου, αλλά απαιτεί συγκεκριμένα στοιχεία χώρας σχετικά με το ποσοστό χρησιμοποιούμενου καυσίμου ανά τύπο καυσίμου και τύπο κινητήρα (αργού, μεσαίου ή υψηλής ταχύτητας κινητήρα). (EMEP/EEA 2011)

#### Οξειδία αζώτου

Για κινητήρες ντίζελ εγκατεστημένους σε πλοία που κατασκευάστηκαν την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2011 οι επιτρεπόμενες εκπομπές συνολικών σταθμισμένων οξειδίων του αζώτου ανάλογα με την ταχύτητα του κινητήρα, n, είναι:

- 14,4 g / kWh όταν το n είναι μικρότερο από 130 rpm
- $44,0 \times n^{(-0,23)}$  g / kWh όταν το n είναι 130 ή περισσότερο αλλά λιγότερο από 2000 rpm
- 7,7 g / kWh όταν το n είναι 2000 rpm ή περισσότερο

## (Revision of MARPOL Annex VI)

Για τα σκάφη αναψυχής, η Οδηγία 2003/44 περιλαμβάνει τη νομοθεσία ορίων εκπομπών για νηζελοκινητήρες, και για δίχρονους και τετράχρονους βενζινοκινητήρες, αντίστοιχα. Τα CO και VOC όρια εκπομπών εξαρτώνται από το μέγεθος του κινητήρα (kW) και οι παράμετροι που μπαίνουν στους τύπους υπολογισμού παρουσιάζονται στον Πίνακα 16. Για τα NO<sub>x</sub>, μια σταθερή οριακή τιμή δίδεται για καθένα από τρεις τύπους κινητήρων. Για τα TSP, το σταθερό όριο εκπομπών αφορά μόνο σε νηζελοκινητήρες.

Engine type	Impl. date	CO=A+B/P <sup>n</sup>			VOC=A+B/P <sup>n</sup>			NO <sub>x</sub>	TSP
		A	B	n	A	B	n		
2-stroke gasoline	1/1 2007	150.0	600.0	1.0	30.0	100.0	0.75	10.0	-
4-stroke gasoline	1/1 2006	150.0	600.0	1.0	6.0	50.0	0.75	15.0	-
Diesel	1/1 2006	5.0	0.0	0	1.5	2.0	0.5	9.8	1.0

Πίνακας 16. Επισκόπηση της EU Οδηγίας Εκπομπών 2003/44 για σκάφη αναψυχής (EMEP/EEA 2011)

### Περιεκτικότητα σε θείο του μαζούτ

Ενόσω οι εκπομπές NO<sub>x</sub> ελέγχονται κυρίως μέσω τεχνικών μέτρων (π.χ. βελτιστοποίηση της καύσης), η χρήση πετρελαίου χαμηλού θείου στοχεύει στη μείωση των εκπομπών SO<sub>2</sub> και έμμεσα των εκπεμπομένων PM. Συνεπώς η διεθνής νομοθεσία κατά IMO, σύμφωνα με το Παράρτημα VI της Σύμβασης MARPOL και τις τροποποιήσεις της, επιβάλλει από την 1/1/2012 μέγιστη επιτρεπτή περιεκτικότητα του βαριού πετρελαίου σε θείο ίση με 3.5%, ενώ τα όρια εκπομπών NO<sub>x</sub> των νηζελομηχανών καθορίζονται από τις προδιαγραφές του σχετικού Τεχνικού Κώδικα (NO<sub>x</sub> Technical Code) και είναι Επιπέδου I (Tier I) για τα πλοία που έχουν ναυπηγηθεί μέχρι το 2011 και Επιπέδου II (Tier II) για τα μεταγενέστερα πλοία. Επιπρόσθετα, από το 2020, το όριο περιεκτικότητας σε θείο θα ισούται με 0.5%, με την επιφύλαξη να επανεξεταστεί το 2018. Στις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών (Emission Control Areas, ECAs), από το 2010, ισχύει όριο θείου ίσο με 1%, με προβλεπόμενη μείωση στο 0.1% το 2016, καθώς και όριο NO<sub>x</sub> Επιπέδου III (Tier III) για τα πλοία που θα ναυπηγηθούν από το 2016 και μετά. Τέλος, το Παράρτημα VI επιτρέπει τη χρήση των εγκεκριμένων εναλλακτικών μεθόδων μείωσης των εκπομπών (π.χ. συστήματα επεξεργασίας καυσαερίων, καύσιμα κλπ), οι οποίες πρέπει

να είναι τουλάχιστον εξίσου αποτελεσματικές όσον αφορά τη προβλεπόμενη μείωση των εκπομπών.

Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία αποσκοπεί στον έλεγχο της κλιματικής αλλαγής. Στην κατεύθυνση αυτή, ο IMO προέβει πρόσφατα (Ιούλιος 2011) σε σχετική τροποποίηση της MARPOL μέσω της οποίας είναι πλέον (από 1/1/2013) υποχρεωτική η εφαρμογή του Σχεδιαστικού Δείκτη Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Design Index, EEDI) και του Σχεδιασμού Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης των Πλοίων (Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP). Αναλυτικότερα, η καθιέρωση αυτών των ρυθμίσεων επιτυγχάνει τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, των πλοίων μέσω της εφαρμογής διαφόρων σχεδιαστικών και λειτουργικών μέτρων για τα νέα και όλα (νέα και υπάρχοντα) πλοία, αντίστοιχα. Όσον αφορά την ευρωπαϊκή νομοθεσία, σύμφωνα με την Οδηγία 2005/33/EC, από 01/08/2006, όλα τα επιβατηγά πλοία που εκτελούν τακτικά δρομολόγια προς ή από λιμένες της ΕΕ χρησιμοποιούν πετρέλαιο με περιεκτικότητα σε θείο ίση με 1.5% κατά μάζα. Επίσης, από 01/01/2010, όλα τα πλοία κατά την παραμονή τους σε ευρωπαϊκά λιμάνια για περισσότερο από δύο ώρες χρησιμοποιούν ελαφρύ πετρέλαιο (MDO, MGO), με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 0.1% ή ηλεκτροδοτούνται από την στεριά. Επιπλέον, η πρόσφατη (Νοέμβριος 2012) Οδηγία 2012/33/EU εισάγει αυστηρότερα όρια περιεκτικότητας θείου και καλεί τα κράτη μέλη να θέσουν σε ισχύ τις αναγκαίες νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις συμμόρφωσης μέχρι 18 Ιούνη 2014. Σύμφωνα με την τελευταία αυτή Οδηγία, από το 2020 και μετά, όλα τα πλοία που κινούνται εντός των χωρικών υδάτων και των αποκλειστικών οικονομικών ζωνών όλων των κρατών μελών της ΕΕ πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο που δεν θα υπερβαίνει το 0.5%. Ως εκ τούτου, ανεξάρτητα από το αποτέλεσμα της αναθεώρησης του IMO το 2018 για την εισαγωγή παγκόσμιου ορίου περιεκτικότητας σε θείο 0.5% από το 2020, η ευρωπαϊκή νομοθεσία θα επηρεάσει αναπόφευκτα την ναυτιλιακή δραστηριότητα σε ολόκληρη την ΕΕ και ιδιαίτερα τη ναυτιλία μικρών αποστάσεων. Τέλος, όπως και το Παράρτημα VI της MARPOL, η νομοθεσία της ΕΕ επιτρέπει τη χρήση εγκεκριμένων εναλλακτικών μεθόδων μείωσης των εκπομπών για τα πλοία όλων των σημαιών στα ύδατα της ΕΕ, υπό την προϋπόθεση ότι επιτυγχάνουν τουλάχιστον ισοδύναμες μειώσεις των εκπομπών.

Legislation	Region	Heavy fuel oil		Gas oil	
		S-%	Impl. date	S-%	Impl. date
EU-Directive 93/12		None		0.2 <sup>1</sup>	1.10.1994
EU-Directive 1999/32		None		0.2	1.1.2000
EU-Directive 2005/33	SECA — Baltic sea	1.5	11.08.2006	0.1	1.1.2008
	SECA — North sea	1.5	11.08.2007	0.1	1.1.2008
	Outside SECA's	None		0.1	1.1.2008
Marpol Annex VI	SECA — Baltic sea	1.5	19.05.2006		
	SECA — North sea	1.5	21.11.2007		
	Outside SECA	4.5	19.05.2006		
Marpol Annex VI amendments	SECA	1	01.03.2010		
	SECA	0.1	01.01.2015		
	Outside SECA	3.5	01.01.2012		
		0.5	01.01.2020 <sup>2</sup>		

Notes

1. Sulphur content limit for fuel sold inside EU.
2. Subject to a feasibility review to be completed no later than 2018, to determine the availability of fuel oil to comply with the fuel oil standard set forth in the Amendment. If the conclusion of such a review becomes negative the effective date would default 1 January 2025.

Πίνακας 17. Υφιστάμενη νομοθεσία σε σχέση με την ποιότητα καυσίμων πλοίων (EMEP/EEA 2011)

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 14 του αναθεωρημένου Παράρτηματος VI της MARPOL του 2008, οι εκπομπές οξειδίου του θείου (SO<sub>x</sub>) και αιωρούμενων σωματιδίων από πλοία σε γενικές γραμμές ελέγχονται θέτοντας όριο στην περιεκτικότητα σε θείο των μαζούτ πλοίων. Η περιεκτικότητα σε θείο οποιουδήποτε μαζούτ που χρησιμοποιείται στα πλοία δεν πρέπει να υπερβαίνει το ακόλουθα όρια:

- 4,50% m / m πριν από την 1η Ιανουαρίου 2012
- 3,50% m / m την και μετά την 1 Ιανουαρίου 2012
- 0,50% m / m την και μετά την 1η Ιανουαρίου 2020

(Marpol 73/78 Annex VI) (Revision of MARPOL Annex VI)

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 14, οι Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών περιλαμβάνουν:

- Την περιοχή της Βαλτικής Θάλασσας,
- τη Βόρεια Θάλασσα

- Οποιαδήποτε άλλη θαλάσσια περιοχή, συμπεριλαμβανομένων των περιοχών λιμένων, που ορίζονται από τον Οργανισμό σύμφωνα με τα κριτήρια και τις διαδικασίες που ορίζονται στο Παράρτημα VI.

(Marpol 73/78 Annex VI) (Revision of MARPOL Annex VI) (Emission Standards International: IMO Marine Engine Regulations)

Στις υφιστάμενες Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών – και NO<sub>x</sub> εκτός από SO<sub>x</sub> που ισχύει για τις υπόλοιπες ECA – προστέθηκαν και οι:

- Βορείου Αμερικής ECA, συμπεριλαμβανομένων των περισσότερων ακτών ΗΠΑ και Καναδά (NO<sub>x</sub> και SO<sub>x</sub>, 2010/2012)
- ΗΠΑ Καραϊβικής ECA, συμπεριλαμβανομένων του Πουέρτο Ρίκο και των Παρθένων Νήσων των ΗΠΑ (NO<sub>x</sub> και SO<sub>x</sub>, 2011/2014)

(Emission Standards International: IMO Marine Engine Regulations)

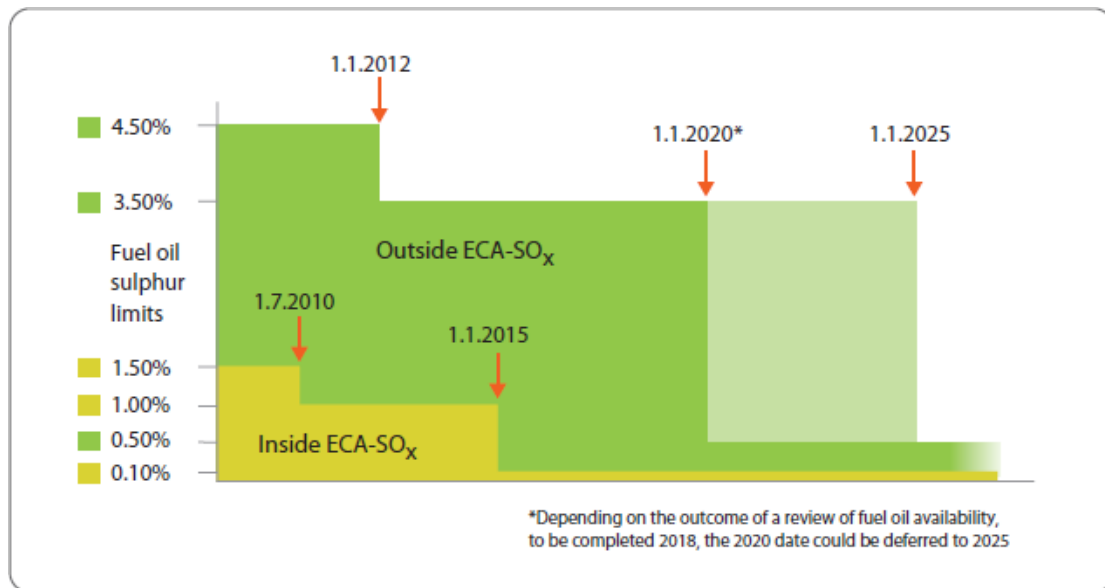
Αν τα πλοία λειτουργούν σε Περιοχή Ελέγχου Εκπομπών, η περιεκτικότητα σε θείο του μαζούτ που χρησιμοποιείται στα πλοία δεν πρέπει να υπερβαίνει τα ακόλουθα όρια:

- 1,50% m / m πριν από την 1η Ιουλίου 2010
- 1,00% m / m την και μετά την 1 Ιουλίου 2010
- 0,10% m / m την και μετά την 1 Ιανουαρίου 2015

(Marpol 73/78 Annex VI) (Revision of MARPOL Annex VI) (Emission Standards International: IMO Marine Engine Regulations)

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι περιορισμοί στην περιεκτικότητα σε θείο ισχύουν για όλα τα πετρέλαια εξωτερικής καύσης (βαρύ μαζούτ, ντίζελ πλοίων και πετρέλαιο εσωτερικής καύσης) και ανεξάρτητα από τη χρήση επί του σκάφους (δηλαδή σε κινητήρες εσωτερικής καύσης, λέβητες, αέριο-τουρμπίνες, κλπ.)

Οι εξόχως απόκεντρες περιφέρειες συνεχίζουν να εξαιρούνται από τη διάταξη αυτή, αλλά η Ελλάδα δεν έχει εξαιρεθεί, εκτός από μια 2-ετή παρέκκλιση για 16 κατ' όνομα ελληνικά πλοία μέχρι το 2012. (Marpol 73/78 Annex VI)



Σχήμα 6. α) Όρια εκπομπών θείου και β) Καθορισμός Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών (ECAs)

Ο καθαρισμός θείου (sulphur scrubbing) εξακολουθεί να είναι μια αποδεκτή μέθοδος συμμόρφωσης, και δεν θα υπάρξει απαγόρευση HFO.

Προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι η βιομηχανία δύλισης μπορεί να ανταποκριθεί στη ζήτηση για καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο μέχρι το 2020, έχει εισαχθεί μια ρήτρα αναθεώρησης προγραμματίζοντας μια επιθεώρηση διαθεσιμότητας

καυσίμων που πρόκειται να ολοκληρωθεί ως το 2018. Αν αυτή η επιθεώρηση δείξει ότι είναι αδύνατο να ανταποκριθεί στο όριο του 0.50% μέχρι το 2020, η απαίτηση θα αναβληθεί μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2025. (Revision of MARPOL Annex VI)

### **3.3.2 Tier III**

Οι προσεγγίσεις Tier 1 και Tier 2 χρησιμοποιούν τις πωλήσεις καυσίμων ως κύριο δείκτη δραστηριότητας και υποθέτουν μέσο όρο χαρακτηριστικών εκπομπών σκαφών για τον υπολογισμό των εκτιμήσεων εκπομπών. Η μεθοδολογία κίνησης πλοίου Tier 3 βασίζεται σε πληροφορίες για την κίνηση του πλοίου για μεμονωμένα πλοία. (EMEP/EEA 2011)

Τα Tier III όρια δεν ισχύουν για κινητήρες εγκατεστημένους σε πλοίο με μήκος μικρότερο από 24 μέτρα όταν σχεδιάζεται και χρησιμοποιείται αποκλειστικά για αναψυχή, ή για κινητήρα εγκατεστημένο σε πλοίο με συνδυασμένη ονομαστικής ισχύος κινητήρα ντίζελ πρόωσης λιγότερο από 750 kW, εφόσον αποδεικνύεται ότι το πλοίο δεν μπορεί να συμμορφωθεί με τα πρότυπα που ορίζονται στην παράγραφο 5.1.1 του παρόντος κανονισμού, λόγω του σχεδιασμού ή των περιορισμών κατασκευής του πλοίου.

(Marpol 73/78 Annex VI) (Revision of MARPOL Annex VI) (Emission Standards International: IMO Marine Engine Regulations)

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα όρια Tier III δεν μπορούν να επιτευχθούν χωρίς πρόσθετα μέσα, τέτοια όπως η Εκλεκτική Καταλυτική Αναγωγή (SCR) και η Έγχυση Νερού. (Revision of MARPOL Annex VI)

#### Περιεκτικότητα σε θείο του μαζούτ

Τα πλοία που κατασκευάστηκαν την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2016 έχουν πρόσθετους περιορισμούς όταν λειτουργούν σε μια Περιοχή Ελέγχου Εκπομπών (ECA) (βλέπε Πίνακα 17)

#### Οξείδια αζώτου

Για πλοία Tier III που δραστηριοποιούνται στις NO<sub>x</sub> ECAs οι επιτρεπόμενες εκπομπές συνολικών σταθμισμένων NO<sub>x</sub> ανάλογα με την ταχύτητα του κινητήρα, n, είναι:

- 3,4 g / kWh όταν το n είναι μικρότερο από 130 rpm
- $9,0 \times n^{(-0,2)}$  g / kWh όταν το n είναι 130 ή περισσότερο αλλά λιγότερο από 2000 rpm
- 2,0 g / kWh όταν το n είναι 2000 rpm ή περισσότερο

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Κύριες εναλλακτικές τεχνολογικές επιλογές για τη μείωση αέριων εκπομπών από πλοία**

Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα επιλογών μείωσης εκπομπών από πλοία, συμπεριλαμβανομένων βελτιώσεων σχεδιασμού, λειτουργικών βελτιώσεων και εναλλακτικών καυσίμων. Είναι δυνατό να προσδιοριστεί πιθανή εξοικονόμηση καυσίμου που σχετίζεται με πολλές από αυτές τις επιλογές μείωσης εκπομπών.

- Πιθανές βελτιώσεις στο σχεδιασμό των πλοίων περιλαμβάνουν βελτιστοποίηση του σχεδιασμού της υποβρύχιας γάστρας και προπέλας, ανακτώντας ενέργεια από την προπέλα και τους κινητήρες και μετά από τα συστήματα ελέγχου της ροής του σώματος.
- Λειτουργικές βελτιώσεις περιλαμβάνουν στρατηγικά επιχειρησιακά μέτρα, όπως η χρήση μεγαλύτερων πλοίων ή τα ταξίδια με μικρότερη ταχύτητα, η άριστη συντήρηση γάστρας και η αναβάθμιση ελίκων και κινητήρων, καθώς και οι βελτιωμένες λειτουργίες επί του πλοίου, δηλαδή διαχείριση ενέργειας και βελτιστοποίηση διαδρομών.
- Τα πιο ελπιδοφόρα εναλλακτικά καύσιμα είναι το υγροποιημένο φυσικό αέριο και η αιολική ενέργεια (π.χ. τα πανιά), αν και άλλες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή



ενέργεια και τα βιοκαύσιμα έχουν κάποια δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε πλοία. (ΑΕΑ 2008)

Ενέργεια πρόωσης απαιτείται για να ξεπεραστούν διάφορες μορφές αντίστασης όπως:

- Αντίσταση τριβής γάστρας
- Αντίσταση δημιουργίας κυμάτων (ενέργεια που χάνεται στην παραγωγή κυμάτων γύρω από το πλοίο)
- Αντίσταση δινών, η ενέργεια χάνεται στο διαχωρισμό της ροής πίσω από τη γάστρα
- Αντίσταση αέρα και
- Επαγόμενη αντίσταση (αυξάνεται λόγω ανέμου, ρευμάτων και κυμάτων)

(ΑΕΑ 2008)

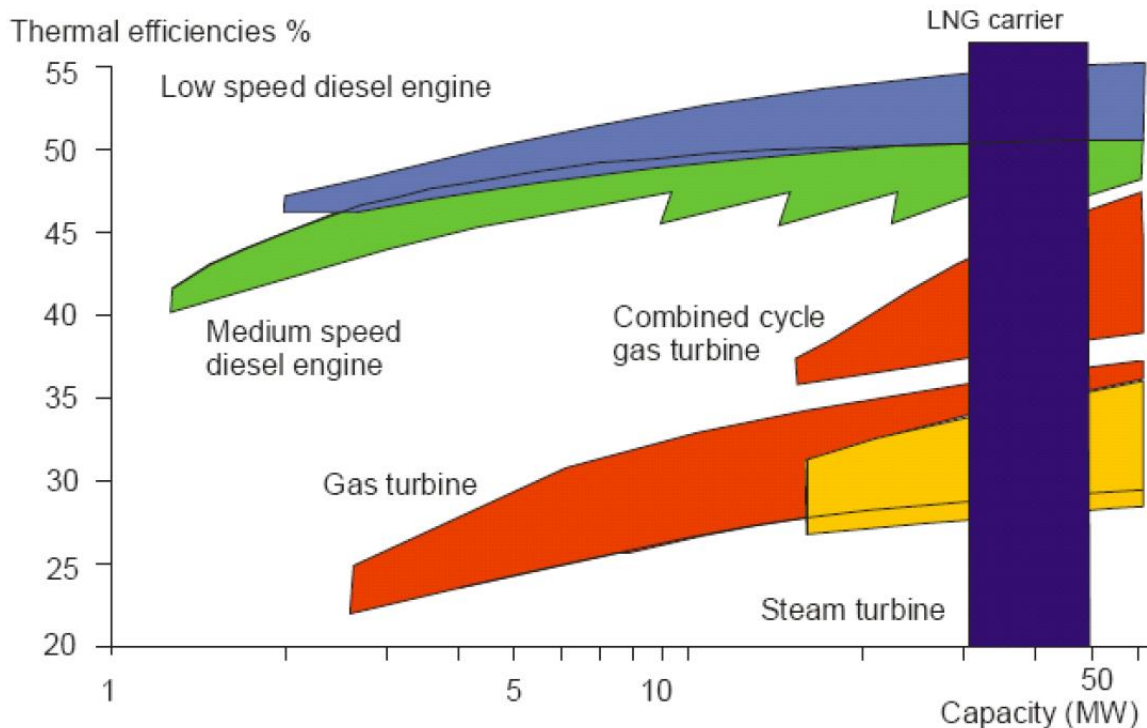
Υψηλή απόδοση επιτυγχάνεται με μια μεγάλη προπέλα που περιστρέφεται σε χαμηλή ταχύτητα. Ιδανικά, ο αριθμός των λεπίδων πρέπει να ελαχιστοποιηθεί (δηλαδή δύο) για να μειωθεί η έκταση επιφάνειας λεπίδας και συνεπώς η αντίσταση τριβής, ωστόσο περιορισμοί στο μέγεθος τυπικά οδηγούν σε πολύ μεγαλύτερο αριθμό λεπίδων που χρησιμοποιούνται. (ΑΕΑ 2008)

Σήμερα, η άμεση μηχανική κίνηση χρησιμοποιείται σε όλα τα πλοία με δίχρονους κινητήρες χαμηλής ταχύτητας. Αυτά περιλαμβάνουν όλα τα μεγαλύτερα πλοία και πολλά μικρότερα φορτηγά πλοία. Οι μέσης ταχύτητας κινητήρες χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρά σκάφη και μερικά μεγαλύτερα σκάφη όπου οι περιορισμοί χώρου είναι αυστηροί, όπως σε πλοία RoPax. Ηλεκτρική πρόωση χρησιμοποιείται μόνο όταν άλλες απαιτήσεις είναι σημαντικές, όπως η δυναμική τοποθέτηση που απαιτείται για χαμηλή δόνηση, και επί του πλοίου περιορισμοί θέσης μηχανημάτων. Λόγω των απωλειών μετάδοσης στα ηλεκτρικά συστήματα πρόωσης θα είναι γενικά λιγότερο αποδοτικά ενεργειακά από τα συγκρίσιμα άμεσα μηχανικά συστήματα κίνησης. (ΑΕΑ 2008)

	*Small cargo	Tank / Bulk		Container		General Cargo		Ropax / Cruise	
Speed (knots)**	15.0	Design speed	Reduced speed	Design speed	Reduced speed	Design speed	Reduced speed	Design speed	Reduced speed
			15.6	10.9	21.2	15.5	13.4	9.5	20.1
<b>Propeller efficiency</b>	<b>70%</b>	<b>65%</b>	<b>66%</b>	<b>67%</b>	<b>70%</b>	<b>57%</b>	<b>63%</b>	<b>66%</b>	<b>66%</b>
<b>Propeller loss distribution</b>									
Axial loss	46%	39%	37%	31%	27%	45%	37%	31%	30%
Rotational loss	31%	24%	24%	34%	30%	31%	29%	32%	32%
Propeller friction loss	23%	37%	40%	35%	43%	25%	34%	37%	38%
<b>Propeller total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
<b>Propulsion distribution</b>									
Hull friction	64%	63%	71%	55%	71%	34%	54%	65%	71%
Air resistance	4%	2%	3%	4%	5%	3%	5%	4%	4%
Wave generation	21%	25%	18%	34%	18%	52%	27%	22%	19%
Residual (eddy) resistance	11%	10%	8%	7%	7%	12%	14%	9%	7%
<b>Hull total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Πίνακας 18. Κατανομή ενεργειακών απωλειών σε επιλεγμένες περιπτώσεις πλοίων (AEA 2008)

Οι αποδόσεις διαφορετικών τύπων κινητήρων σε σχέση με την ισχύ φαίνονται στο παρακάτω Σχήμα 7. Αυτή η εικόνα δείχνει σαφώς τη χαμηλή απόδοση ακόμα και μεγάλων (στο πλαίσιο των πλοίων) αεριοστροβίλων σε συνδυασμένους κύκλους. Ίδια είναι η περίπτωση για πρόωση ατμοστροβίλου. Ως εκ τούτου, οι τεχνολογίες αυτές θα παραμένουν ενδιαφέρουσες μόνο για πολύ ειδικές εφαρμογές, όπου η ενεργειακή απόδοση θυσιάζεται για άλλες παροχές. (AEA 2008)



Σχήμα 7. Μέγιστη θερμική απόδοση υφιστάμενων συστημάτων κινητήρων πλοίων (για το LNG υποδηλώνεται απαίτηση ενέργειας μεγάλου πλοίου μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου) (ΑΕΑ 2008)

#### 4.1 Σχεδιασμός πλοίου

- Αποδοτικότητα κλίμακας (κατανάλωση καυσίμου)  
Συνήθως, όσο μεγαλύτερο είναι ένα πλοίο, τόσο πιο αποδοτικό γίνεται. Αυτό μπορεί να αντικατοπτρίζεται τόσο στην κατασκευή νέων πλοίων όσο και στη βελτιστοποιημένη χρήση των υφιστάμενων. Λιμάνια, μηχανήματα και υποδομές πρέπει να προσαρμοστούν. Βελτιστοποίηση του μεγέθους του πλοίου οδηγεί σε 4–5% αύξηση της αποτελεσματικότητας μεταφοράς. Αυτή η στρατηγική μπορεί να εφαρμοστεί σε δεξαμενόπλοια, εμπορευματοκιβώτια, πλοία ro-ro και πλοία και οχηματαγωγά πλοία που μπορεί να θεωρηθεί ότι έχουν μικρό χρόνο αποπληρωμής μετά την εφαρμογή της.
- Μείωση έρματος (κατανάλωση καυσίμου)  
Προκειμένου να αυξηθεί η σταθερότητά του, ένα πλοίο είναι συνήθως εφοδιασμένο με πρόσθετο βάρος στο χαμηλότερο τμήμα της γάστρας. Αυτό το βάρος (συνήθως λαμβάνεται χρησιμοποιώντας νερό), που ονομάζεται έρμα, είναι

αποθηκευμένο σε μια συγκεκριμένη δεξαμενή το πλοίο. Προκαλεί μια υψηλότερη αντίσταση στη μετατόπιση του πλοίου και έτσι υψηλότερη κατανάλωση καυσίμου. Μείωση του έρματος στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο μπορεί να εξοικονομήσει έως και 7% της κατανάλωσης καυσίμου. Επιπλέον, σε νέα πλοία, περαιτέρω μείωση έρματος μπορεί να γίνει χωρίς μείωση της σταθερότητας του πλοίου αυξάνοντας την ακτίνα κατά 0.25m. Αυτή η στρατηγική μπορεί να εφαρμόζεται σε όλες τις κατηγορίες σκαφών και θεωρείται ότι έχει μικρό χρόνο αποπληρωμής.

➤ Ελαφριά κατασκευή (κατανάλωση καυσίμου)

Μία εναλλακτική στρατηγική για τη μείωση του βάρους ενός πλοίου είναι η χρήση ελαφρών δομών. Αυτό μπορεί να εφαρμόζεται μόνο σε νέα πλοία (όλων των τύπων) και θα πρέπει να έχει σύντομο χρονικό διάστημα αποπληρωμής. Αναμένεται κατ'ανώτατο όριο 7% αύξηση της αποτελεσματικότητας.

➤ Βέλτιστη κύρια διάσταση (κατανάλωση καυσίμου)

Μεγάλη επίδραση στην αντίσταση του πλοίου έχει επίσης ο λόγος πληρότητας γάστρας (ο λόγος του όγκου γάστρας προς το γινόμενο μεγίστου μήκους, πλάτους και βυθίσματός της). Μείωση αυτής της αναλογίας πληρότητας οδηγεί σε ένα πιο αποδοτικό πλοίο (αύξηση έως και 9% της απόδοσης). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με αύξηση του μήκους του πλοίου. Η στρατηγική αυτή συνήθως έχει μεγαλύτερο χρόνο αποπληρωμής.

➤ Αναχαιτιστικά τελειώματα ελασμάτων (κατανάλωση καυσίμου)

Τα αναχαιτιστικά τελειώματα ελασμάτων μπορούν να εφαρμοστούν και σε νέα και σε υφιστάμενα πλοία και σε go-go πλοία και συνίστανται στη τοποθέτηση μιας κατακόρυφης μεταλλικής πλάκας εγκάρσια του πλοίου καλύπτοντας το μεγαλύτερο μέρος του πλάτους του. Λόγω της μεγάλης πίεσης που συνήθως ασκείται στην περιοχή αυτή, το αναχαιτιστικό έχει μια μεγάλη ικανότητα σταθεροποίησης, οδηγώντας σε μια αύξηση στην αποδοτικότητα έως 4%. Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης είναι συνήθως σύντομος.

➤ Φτερούγα επέκτασης ισάλου γραμμής (κατανάλωση καυσίμου)

Αυτό λειτουργεί πάνω σε παρόμοια αρχή όπως και το αναχαιτιστικό, αλλά σε αυτή την περίπτωση η πρόμνη του πλοίου είναι επιμηκυνθεί. Τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν συνδυάζονται με το αναχαιτιστικό. Έχει εφαρμοστεί σε δοχεία, πλοία go-go και οχηματαγωγά. Η φτερούγα επέκτασης

ισάλου γραμμής έχει σύντομο χρονικό διάστημα αποπληρωμής. Αναμένεται αύξηση στην απόδοση 7%.

- Ελαχιστοποίηση αντίστασης ανοιγμάτων γάστρας (κατανάλωση καυσίμου)  
Τα ανοίγματα στη γάστρα του πλοίου συνήθως δημιουργούνται ως σήραγγες πηδαλίου πλήρης. Τα πηδάλια πλήρης είναι πολύ σημαντικά για την αύξηση της ικανότητας ελιγμών των μεγάλων σκαφών. Ωστόσο, αν δεν έχουν σχεδιαστεί τα ανοίγματα σωστά μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά σε αντίσταση στην κίνηση. Βελτιστοποίηση του σχεδιασμού τους, ως εκ τούτου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης. Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα είδη νέων και υφιστάμενων πλοίων. Η περίοδος αποπληρωμής είναι συνήθως σύντομη.
- Λίπανση με αέρα (κατανάλωση καυσίμου)  
Αέρας αντλείται κάτω από τη γάστρα του πλοίου δημιουργεί ένα μαξιλάρι μεταξύ του νερού και του ίδιου του πλοίου και οδηγεί στην σημαντικά μειωμένη τριβή. Ένα παράδειγμα λίπανσης με αέρα παρέχεται από το σύστημα Air Cavity System (ACS), που εφαρμόστηκε πρώτα από τον Όμιλο DK, στην Ολλανδία. Η αντίσταση στην κίνηση μειώνεται σημαντικά. Ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, αυτό οδηγεί σε διαφορετικά επίπεδα μειωμένης κατανάλωσης καυσίμου. Αυτή η μείωση κυμαίνεται από ένα ελάχιστο 3-5% για οχηματαγωγά πλοία κατ' ανώτατο όριο 15% για δεξαμενόπλοια. Η περίοδος αποπληρωμής είναι αρκετά μικρή για τα περισσότερα πλοία.

(Miola et. al. 2010)

#### **4.2 Πρόωση (propulsion)**

- Wing προωθητήρες (κατανάλωση καυσίμου)  
Οι προωθητήρες πτερύγων παρουσιάζουν μια καινοτόμα έννοια πρόωσης η οποία μπορεί να αυξήσει την απόδοση κατά 8-10%. Μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε νέα επιβατηγά-οχηματαγωγά (ro-ro) πλοία, οχηματαγωγά και OSVs. Θεωρείται ότι έχει μια αρκετά σύντομη περίοδο αποπληρωμής.
- Πρόωση CRP (κατανάλωση καυσίμου)  
Σε αυτή την έννοια πρόωσης, μια μονή προπέλα υποκαθίσταται από δύο έλικες, η μια πίσω από την άλλη, που περιστρέφονται σε αντίθετες κατευθύνσεις. Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα πλοία νέας-κατασκευής. Το κέρδος σε απόδοση είναι περίπου 10-15%. Το κόστος υλοποίησης φαίνεται να είναι αρκετά

υψηλότερο από εκείνο άλλων λύσεων, με αποτέλεσμα ένα μεγαλύτερο χρόνο αποπληρωμής.

➤ Σχεδιασμός και παρακολούθηση έλικα (κατανάλωση καυσίμου)

Η έλικα (εξ) ενός πλοίου παίζει (ουν) σημαντικό ρόλο στην κατανάλωση καυσίμου. Αρκετές στρατηγικές μπορούν να εφαρμοστούν για την αύξηση της απόδοσής της, όπως εισάγοντας: i) βέλτιστη αλληλεπίδραση μεταξύ έλικας και γάστρας, ii) συνδυασμούς έλικας-πηδαλίου, iii) προηγμένο τμήμα λεπίδας έλικας, iv) πτερύγια άκρης έλικας, v) ακροφύσιο έλικας και vi) παρακολούθηση προπέλας. Σχεδόν όλες αυτές οι στρατηγικές μπορούν να εφαρμοστούν και σε νέα και σε υφιστάμενα πλοία (όλα μπορούν να εφαρμοστούν σε δεξαμενόπλοια και πλοία εμπορευματοκιβωτίων, ενώ μόνο μερικά από αυτά μπορούν να εφαρμοστούν σε άλλους τύπους πλοίων). Η περίοδος αποπληρωμής είναι γενικά σύντομη. Συνολικά, αυτές οι στρατηγικές μπορούν να συμβάλουν σε αύξηση 15% της απόδοσης.

➤ Σταθερή *versus* μεταβλητή ταχύτητα λειτουργίας (κατανάλωση καυσίμου)

Η μείωση με την ταχύτητα του αριθμού των περιστροφών των ελίκων, εξοικονομεί έως 5% του καυσίμου

➤ Αιολική Ενέργεια (κατανάλωση καυσίμου)

Μια πολλά υποσχόμενη επιλογή για αύξηση της απόδοσης ενός πλοίου είναι η χρήση της αιολικής ενέργειας. Διαφορετικές δυνατότητες για την αξιοποίηση αυτής της ενέργειας υπάρχουν. Μια επιλογή θα ήταν η εγκατάσταση πανιών στο κατάστρωμα ή η επισύναψη χαρταετού στην πλώρη του πλοίου (που οδηγεί σε αύξηση απόδοσης έως και 20% για όλα τα είδη πλοίων, εκτός από OSVs), ενώ μια άλλη θα μπορούσε να χρησιμοποιεί κάθετους ρότορες που μπορούν να μετατρέψουν την αιολική ενέργεια σε ώθηση, αξιοποιώντας το λεγόμενο φαινόμενο Magnus. Η τελευταία, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε δεξαμενόπλοια και πλοία go-go, μπορεί δυνητικά να βελτιώσει την απόδοση κατά 30%. Ένας μέσος χρόνος αποπληρωμής χαρακτηρίζει και τις δύο επιλογές.

➤ Τράβηγμα πηδαλίων (κατανάλωση καυσίμου)

Μια άλλη τεχνολογική λύση που αφορά σε νέα οχηματαγωγά, go-go πλοία και OSV πλοία είναι το τράβηγμα πηδαλίου. Διαφορετικές διαμορφώσεις μπορούν να επιλεγούν οδηγώντας σε μια πιθανή μείωση κατά 10% στην κατανάλωση καυσίμου. Αυτή η επιλογή χαρακτηρίζεται από μια αρκετά σύντομη περίοδο αποπληρωμής.

- Σύστημα λίπανσης ρουλεμάν σωλήνα θαλασσινού νερού πρύμνης (κατανάλωση καυσίμου + μείωση αποβλήτων πετρελαίου)

Εκτός από ατμοσφαιρικές εκπομπές, οι θαλάσσιες μεταφορές επίσης επηρεάζουν το περιβάλλον με την απόρριψη χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων στη θάλασσα. Μία πηγή αυτού του ελαίου είναι εκείνη που περιέχεται στο σωλήνα πρύμνης. Αυτό το έλαιο είναι απαραίτητο για να επιτρέπει τη σφράγιση του συστήματος πρόωσης για να λειτουργεί σωστά. Το πρόβλημα είναι ότι, σε ορισμένες περιπτώσεις, ελαφρά βλάβη στο σύστημα κάνει το έλαιο να ρέει άμεσα στη θάλασσα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι τυπικοί σωλήνες πρύμνης περιέχουν 1.500 λίτρα ελαίου, είναι δυνατόν να φανταστεί κανείς πόσο σημαντικό είναι το πρόβλημα.

### 4.3 Μηχανήματα

- Υβριδικά παραγωγής βοηθητικής ηλεκτρικής ενέργειας (κατανάλωση καυσίμου)  
Ένα υβριδικό σύστημα που χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια κυψέλη καυσίμου και αποθηκεύεται σε μπαταρίες μπορεί να μεγιστοποιήσει την ενεργειακή απόδοση εξισορροπώντας το φορτίο κάθε εξαρτήματος. Παρά το γεγονός ότι η συνολική αύξηση της απόδοσης είναι μικρότερη από 2%, η χρήση κυψέλης καυσίμου μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των NOx και PM περισσότερο από 60% και μείωση του CO<sub>2</sub> κατά περίπου 30%. Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους τύπους νέων πλοίων και έχει μια σύντομη περίοδο αποπληρωμής.

Όταν στα λιμάνια, θα ήταν σκόπιμο για τα πλοία να χρησιμοποιούν ηλεκτροδότηση από την ξηρά αντί να την παράγουν. Αυτό είναι πιθανό να δημιουργήσει σημαντικές μειώσεις εκπομπών αφού η μέση απόδοση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ υψηλότερη από εκείνη των γεννητριών πλοίων. Επιπλέον, η ρύπανση που παράγεται από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (συμπεριλαμβανομένου θορύβου και δονήσεων) είναι πιθανό να παραχθεί σε λιγότερο πυκνοκατοικημένες περιοχές (σε σχέση με τις περιοχές γύρω από τα μεγαλύτερα λιμάνια) και συνεπώς το εξωτερικό κόστος του πρέπει να είναι χαμηλότερο.

- Εσωτερική τροποποίηση κινητήρα (IEM) (NOx, VOC, PM)  
Οι εσωτερικές τροποποιήσεις κινητήρα αφορούν σε αλλαγές στη διαδικασία καύσης εντός του κινητήρα και έχουν σχεδιαστεί για να βελτιστοποιήσουν την

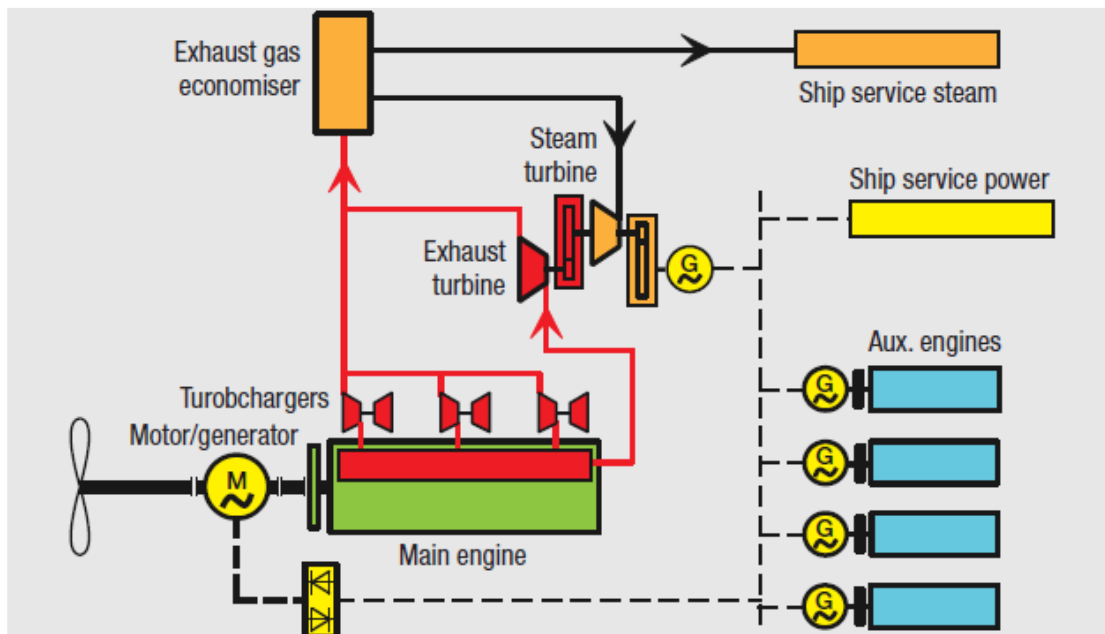
καύση, να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά φορτία αέρα ή να τροποποιήσουν τα συστήματα έγχυσης καυσίμου. Δεδομένου ότι πολλές παράμετροι επηρεάζουν την απόδοση καύσης και το σχηματισμό εκπομπών, ένας αριθμός τεχνολογικών αλλαγών έχει προταθεί. Πολλές από αυτές έχουν σκοπό τη μείωση των εκπομπών NOx μειώνοντας μέγιστες θερμοκρασίες και πιέσεις μέσα στον κύλινδρο. Οι IEMs μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες: βασικές και προηγμένες. Οι βασικές IEMs αλλάζουν τις συμβατικές βαλβίδες καυσίμων με βαλβίδες ολίσθησης χαμηλών NOx. Σκοπός είναι να βελτιστοποιηθεί η κατανομή ψεκασμού στο θάλαμο καύσης χωρίς να θίγονται οι θερμοκρασίες εξαρτημάτων ή η αξιοπιστία του κινητήρα. Σήμερα, η βασική IEM εφαρμόζεται μόνο σε 2-χρονους κινητήρες χαμηλής ταχύτητας. Δεδομένου ότι όλοι οι κύλινδροι μπορούν να αλλάξουν ταυτόχρονα, η εγκατάσταση μπορεί να πάρει μια ημέρα ανά κινητήρα και δεν απαιτεί είναι σε ξηρή δεξαμενή. Ωστόσο, όλοι οι νέοι κινητήρες αυτού του τύπου πιστεύεται ότι έχουν αυτές τις βαλβίδες ως πρότυπο. Οι βαλβίδες ολίσθησης οδηγούν σε μείωση των εκπομπών NOx, VOC και PM. Οι προηγμένες IEMs είναι βελτιστοποιημένοι συνδυασμοί ενός αριθμού IEMs που αναπτύχθηκαν για συγκεκριμένες οικογένειες κινητήρων. Αυτές περιλαμβάνουν: επιβράδυνση έγχυσης (εκτίμηση 30% μείωσης NOx, αλλά και κίνδυνος μειωμένης απόδοσης), αναλογία μεγαλύτερης συμπίεσης (μέχρι και 35% μείωση των NOx), αυξημένη απόδοση στροβίλου, ψεκασμό με μπεκίερα κλπ. Ο συνδυασμός που χρησιμοποιείται περισσότερο είναι αυτός της αυξημένης αναλογίας συμπίεσης, προσαρμοσμένης έγχυσης καυσίμου, χρονισμού βαλβίδων και διαφορετικών ακροφύσιων. Μια μείωση κατά 30-40% των εκπομπών NOx γενικά επιτυγχάνεται.

➤ Έγχυση νερού (NOx)

Η έγχυση νερού χρησιμοποιείται για να μειώσει τη θερμοκρασία καύσης. Χρησιμοποιώντας μια βαλβίδα, ψύχει το θάλαμο καύσης κατά την διάρκεια ή πριν την καύση, με έγχυση νερού απευθείας μέσα στον κύλινδρο. Οι κινητήρες με έγχυση νερού είναι εξοπλισμένοι με μια βαλβίδα συνδυασμένης έγχυσης και ακροφύσιο που επιτρέπει έγχυση νερού και καυσίμου μέσα στον κύλινδρο. Δεδομένου ότι το νερό και το σύστημα καυσίμου διαχωρίζονται, κανένα δε θα επηρεάσει τη λειτουργία του κινητήρα. Ωστόσο, απαιτούνται ξεχωριστές αντλίες για το καύσιμο και το νερό και είναι απαραίτητη η αποθήκευση και ο ανεφοδιασμός γλυκού νερού. Για να επιτευχθεί μείωση NOx 50-60%, μια



αναλογία 40-70% νερού/καυσίμου απαιτείται. Δυστυχώς, αυτό οδηγεί σε μία αύξηση στην κατανάλωση καυσίμου και εκπομπών καπνού και λαμβάνοντας υπόψη το αυξημένο κόστος, έχει μια σύντομη διάρκεια ζωής. Εναλλακτικά, ο κινητήρας υγρού αέρα (HAM) χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό για την προσθήκη ατμού στον αέρα καύσης. Βασισμένο σε μείωση της θερμοκρασίας καύσης μειώνει το σχηματισμό NOx μέχρι 80%. Από οικονομικής άποψης, το υψηλό αρχικό κόστος πρέπει να διατηρηθεί για να εγκατασταθεί ο υγραντήρας, ο οποίος επίσης καταλαμβάνει μεγάλο όγκο και επιφάνεια. Ωστόσο, η χαμηλή κατανάλωση καυσίμου και λιπαντικού μειώνει τα λειτουργικά έξοδα του κινητήρα.



Σχήμα 8. Τυπική Μονάδα Ανάκτησης Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης για μεγάλα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων με στροβιλογεννήτρια για παροχή υποβοηθούμενης δύναμης πρόωσης και υπηρεσιών πλοίου. Ο άξονας του κινητήρα μπορεί επίσης να χρησιμεύσει και ως άξονας γεννήτριας για πρόσθετη ευελιξία κατά τη λειτουργία (Wärtsilä 2009)

- Μέθοδοι ελέγχου των NOx (NOx, κατανάλωση καυσίμου, αιωρούμενων σωματιδίων)

Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται στην επεξεργασία των καυσαερίων του κινητήρα είτε με εκ νέου καύση των καυσαερίων (Επανακυκλοφορία Καυσαερίων, EGR), ή περνώντας τα μέσα από ένα καταλύτη ή σύστημα πλάσματος.

Χάρη στη διαδικασία ανακυκλοφορίας, ένα μέρος των καυσαερίων φιλτράρεται, ψύχεται και ανακυκλοφορείται πίσω στο φορτίο αέρα του κινητήρα. Μειώνοντας τη μέγιστη θερμοκρασία κυλίνδρου, μειώνεται ο σχηματισμός NOx κατά τη διαδικασία καύσης. Αναμένεται μια μείωση κατά 35% των εκπομπών NOx. Από την άλλη πλευρά, ο καπνός και τα PM τείνουν να αυξάνονται λόγω της μειωμένης ποσότητας οξυγόνου και του μεγαλύτερου χρόνου καύσης. Επιπλέον, δεδομένου ότι τα καυσαέρια περιέχουν αέριες ενώσεις θείου, δημιουργείται πρόβλημα διάβρωσης από το σχηματισμό θειικού οξέος. Για το λόγο αυτό είναι δύσκολο να χρησιμοποιείται EGR για ντιζελοκινητήρες πλοίων χρησιμοποιώντας μαζούτ σε πλήρως εμπορική κλίμακα. EGR μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με νερό. Στην περίπτωση αυτή, θα μπορούσε να επιτευχθεί μείωση έως 70% των εκπομπών NOx κάτω από το όριο του IMO. Τα κύρια μειονεκτήματα είναι ότι η θερμική απόδοση μειώνεται και το κόστος και οι απαιτήσεις σε χώρο αυξάνονται σημαντικά.

Η Επιλεκτικής Καταλυτικής Αναγωγής (SCR) χρησιμοποιεί ένα καταλύτη για τη μετατροπή των εκπομπών NOx σε άζωτο και νερό χρησιμοποιώντας αντίδραση αναγωγικών παραγόντων όπως η αμμωνία (NH<sub>3</sub>) ή ουρία (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>). Δεν υπάρχουν περιορισμοί σχετικά με τους τύπους των πλοίων και μπορεί να οδηγήσει σε μια μείωση των εκπομπών NOx μέχρι και 90-95%.

Για μείωση NOx κατά 90%, χρειάζονται περίπου 15 g του ουρίας ανά kWh ενέργειας από τον κινητήρα. Επιπλέον, χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου μπορεί να συνδυάζεται με χαμηλές εκπομπές NOx επειδή ο κινητήρας μπορεί να βελτιστοποιηθεί ως προς το καύσιμο. Τα πιο κρίσιμα προβλήματα είναι η απαίτηση σε χώρο για τα στοιχεία καταλύτη και την αποθήκευση αμμωνίας ή ουρίας, η σημαντική επένδυση και το κόστος λειτουργίας. Καθαρό καύσιμο θα παρατείνει τη διάρκεια ζωής του καταλύτη και θα μειώσει τη απαιτούμενη συντήρηση. Όταν εγκατασταθεί, θα λειτουργεί γενικά σχεδόν 100% του χρόνου. Μια άλλη επιλογή είναι η Εκλεκτική Μη-Καταλυτική Αναγωγή (SNCR), η οποία λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με την Επιλεκτική Καταλυτική Αναγωγή, αλλά χωρίς τη χρήση καταλύτη. Ένας αναγωγικός παράγοντας (αμμωνία ή ουρία) που εγχέεται κατά την διάρκεια της καύσης μετατρέπει τα οξείδια του αζώτου σε άζωτο και νερό, μειώνοντας τις εκπομπές NOx κατά 50%. Το μειονέκτημα του συστήματος αυτού είναι ότι είναι λιγότερο αποδοτικό από την SCR μέθοδο, επειδή μόνο το 10-12% της αμμωνίας αντιδρά με τα NOx. Δεδομένου ότι το

κόστος της αμμωνίας είναι περίπου το ίδιο με το κόστος του μαζούτ και δεδομένου ότι το σύστημα απαιτεί εκτενείς τροποποιήσεις στον κινητήρα, η SNCR επιλογή δεν φαίνεται να είναι ανταγωνιστική.

Τα Συστήματα Αναγωγής Πλάσματος βασίζονται στη χρήση πλάσματος. Αυτό είναι ένα μερικώς ιονισμένο αέριο που αποτελείται από ένα φορτίο ενός ουδέτερου μίγματος ατόμων, μορίων, ελεύθερων ριζών, που καταστρέφουν ρύπους των καυσαερίων. Ηλεκτρική ισχύς μετατρέπεται σε ενέργεια ηλεκτρονίων και τα ηλεκτρόνια δημιουργούν ελεύθερες ρίζες, οι οποίες καταστρέφουν ρύπων τις εκπομπές καυσαερίων. Πειράματα έχουν δείξει ότι τα συστήματα αναγωγής πλάσματος μπορούν να μειώσουν τα NOx έως και 97%. Φαίνεται να είναι ευέλικτα όσον αφορά το μέγεθος και το σχήμα και θα πρέπει να είναι σχετικά χαμηλού κόστους. Ωστόσο, για χρήση στη ναυτιλία, είναι ακόμα στο στάδιο της ανάπτυξης.

WiFE on Demand είναι ένα σύστημα που μειώνει τις εκπομπές NOx με την παροχή νερού σε γαλάκτωμα καυσίμου "On demand". Μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματική στα περιβαλλοντικά και νομοθετικά hot spots. Είναι μια τεχνολογία γαλακτώματος καυσίμου για θαλάσσια σκάφη που ανακυκλώνει επί του σκάφους λιπαρά υγρά απόβλητα για ασφαλή χρήση στη διαδικασία καύσης, εξαλείφοντας την ανάγκη για τη δαπανηρή διάθεση των πετρελαιοειδών αποβλήτων στην ξηρά. Μπορεί να λειτουργήσει με μια ποικιλία αναλογιών νερού προς καύσιμο, από 0% έως 50%, στη βάση του διαθέσιμου νερού στο σκάφος και σε αναλογίες που είναι κατάλληλες για ειδικές συνθήκες λειτουργίας. 30% του νερού στο γαλάκτωμα καυσίμου μπορεί να μειώσει τις εκπομπές NOx κατά 30% και τα αιωρούμενα σωματίδια κατά 60-90%. Μπορεί να τοποθετηθεί εκ των υστέρων σε μια ποικιλία τύπων σκαφών και συστημάτων καυσίμου. Από οικονομική άποψη, φαίνεται να είναι μια οικονομικά αποδοτική αντιρρυπαντική λύση

- Μέθοδοι ελέγχου SOx (SOx, NOx, κατανάλωση καυσίμου, αιωρούμενων σωματιδίων)

Το οξείδιο του θείου είναι ένας ρύπος που παράγεται κατά τη διαδικασία καύσης. Δεδομένου ότι είναι άμεσα ανάλογη προς την περιεκτικότητα του θείου στο καύσιμο, η κύρια μέθοδος για τη μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου είναι η μείωση της ποσότητας του θείου στο καύσιμο. Το 2005, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή καθόρισε ότι, από τον Ιανουάριο του 2010, τα καύσιμα πλοίων που

χρησιμοποιούνται σε θέση αγκυροβολίας δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 0,1% περιεκτικότητα σε θείο. Ωστόσο, τεχνολογίες μείωσης εκπομπών μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να μειώση των εκπομπών οξειδίων του θείου. Η τροποποίηση της καύσης αντιπροσωπεύει μια πρώτη επιλογή. Χρησιμοποιεί την προσθήκη ασβεστόλιθου ( $\text{CaCO}_3$ ) ή δολομίτη ( $\text{CaCO}_3 * \text{MgCO}_3$ ) μέσα σε συμβατικούς λέβητες. Συνήθως, η διαδικασία εγγεί ασβεστόλιθο μέσα σε ένα λέβητα κονιοποιημένου άνθρακα, ο οποίος επιτυγχάνει ποσοστά μείωσης εκπομπών 50 - 60%. Μία άλλη μέθοδος είναι η καύση ρευστοποιημένης κλίνης (FBC), που αφαιρεί εκπομπές  $\text{SO}_x$  και  $\text{NO}_x$  με υψηλές αποδόσεις αλλά εξακολουθεί να είναι ακριβή. Ένα από τα κυριότερα προβλήματα της διαδικασίας τροποποίησης καύσης είναι η μεγάλη ποσότητα απορριμμάτων που παράγεται. Αυτό μπορεί να είναι ένα πρόβλημα λόγω των αυξανόμενων δυσκολιών διάθεσης των αποβλήτων και το κόστους.

➤ Πλυντρίδες Scrubbers ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , αιωρούμενα σωματίδια)

Οι πλυντρίδες αξίζουν μια ξεχωριστή ενότητα, δεδομένου ότι είναι σε θέση να μειώσουν αποτελεσματικά τα διαφορετικά είδη ρύπων. Χρησιμοποιούν αλκαλικές ενώσεις για την εξουδετέρωση οξειδίων του θείου στην πλυντρίδα και τα μεταφέρουν στο νερό με τη μορφή των θεικών. Μπορούν να μειώσουν τα  $\text{SO}_x$  κατά 99% και τα  $\text{NO}_x$  και αιωρούμενα σωματίδια κατά 85% χωρίς αύξηση των εκπομπών  $\text{CO}_2$ .

Δύο μεθοδολογίες έκπλυσης υπάρχουν: έκπλυση θαλασσινού νερού και έκπλυση γλυκού νερού.

Το θαλασσινό νερό είναι ένας ιδανικός παράγοντας έκπλυσης επειδή έχει ένα επαρκές επίπεδο αλκαλικότητας και ήδη περιέχει φυσικά 900mg ανά λίτρο θείο, έτσι είναι ιδανικό για την απομάκρυνση όξινων αερίων καυσαερίων. Μετά από αυτή τη διαδικασία, το νερό φιλτράρεται για την απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων και κυκλοφορεί πίσω στη θάλασσα. Τα στερεά σωματίδια που απομακρύνονται από τα αέρια είναι παγιδευμένα σε μια δεξαμενή καθίζησης ή ιλύος και συλλέγονται για διάθεση. Από την άλλη, η έκπλυση γλυκού νερού χρησιμοποιεί καυστική σόδα ( $\text{NaOH}$ ) για την εξουδετέρωση του θείου. Αυτό το διάλυμα έκπλυσης αντλείται από τη δεξαμενή επεξεργασίας μέσω ενός συστήματος ψύκτη προς την πλυντρίδα. Από την πλυντρίδα το διάλυμα έκπλυσης επιστρέφει στις δεξαμενές επεξεργασίας με τη βαρύτητα. Και στις δυο περιπτώσεις, υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με τις επιδράσεις των υγρών

αποβλήτων στη θάλασσα. Απομένει να αποδειχθεί αν η έκπλυση είναι περιβαλλοντικά κατάλληλη για όλα τα μέρη του περιβάλλοντος (ρηχά νερά, υφάλμυρα ύδατα και κλειστοί χώροι λιμανιών).

Γενικά, η ποσότητα του θείου που αποβάλλεται φαίνεται να είναι αμελητέα σε σύγκριση με την ποσότητα θεικών αλάτων που το θαλασσίνο νερό περιέχει φυσικά.

Ωστόσο, με βάση την αρχή πρόληψης, το παράρτημα VI της Σύμβασης MARPOL απαγορεύει την εκφόρτωση αποβλήτων σε εκβολές ποταμών και κλειστά λιμάνια.

➤ Ανάκτηση θερμότητας (κατανάλωση καυσίμου)

Είναι δυνατή η ανάκτηση της θερμικής ενέργειας από καυσαέρια και η μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια για να τροφοδοτήσει άλλα συστήματα του πλοίου. Η δυναμική ενέργεια και εξοικονόμηση εκπομπών είναι μεταξύ 10 και 20% (για νέα συστήματα). Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα νέα και υφιστάμενα πλοία (εκτός από OSVs). Η περίοδος αποπληρωμής φαίνεται να είναι αρκετά μικρή.

➤ Κύριος συντονισμός μηχανής / Δέλτα συντονισμός (κατανάλωση καυσίμου)

➤ Common rail (κατανάλωση καυσίμου, NOx)

Common rail είναι μια προηγμένη τεχνολογία ψεκασμού καυσίμου η οποία μειώνει τις εκπομπές και βελτιώνει την απόδοση του κινητήρα διατηρώντας υψηλή και σταθερή πίεση έγχυσης σε όλα τα φορτία κινητήρα. Η βελτιστοποίηση της έγχυσης καυσίμου βοηθά στη μείωση NOx, αιωρούμενων σωματιδίων και CO<sub>2</sub>, οδηγώντας σε καλύτερη εξαέρωση (ατομοποίηση) καυσίμου. Από οικονομικής πλευράς, το συνολικό κόστος μπορεί να αυξηθεί, επειδή αυτή η μέθοδος απαιτεί ισχυρότερο εξοπλισμό ψεκασμού καυσίμου, όπως αντλίες καυσίμου, συσσωρευτές, μπεκ και έλεγχο μονάδας.

➤ Η διαχείριση ενέργειας και αυτοματισμού (κατανάλωση καυσίμου)

Σωστή διαχείριση ενέργειας μπορεί να συμβάλει σε 5% αύξηση της απόδοσης των λειτουργιών του πλοίου. Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους τύπους πλοίων με μια αρκετά σύντομη περίοδο αποπληρωμής. Η αύξηση της απόδοσης μπορεί επίσης να είναι υψηλότερη αν γίνεται αυτόματα.

Δύο πιθανές στρατηγικές που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία έχουν αναλυθεί στο πλαίσιο του IMO (2009), δηλαδή ο μετρητής ισχύος άξονα και ο μετρητής κατανάλωσης καυσίμου.

- Αντλίες και ανεμιστήρες ελέγχου ταχύτητας (κατανάλωση καυσίμου)  
Το σύστημα νερού ψύξης του κινητήρα περιέχει σημαντικό αριθμό αντλιών που είναι σημαντικοί καταναλωτές ενέργειας. Ο έλεγχος της ταχύτητάς τους θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά την κατανάλωση, και μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα νέα και υφιστάμενα πλοία.

(Miola et. al. 2010)

#### 4.4 Λειτουργία

- Χρόνος μεταστροφής στο λιμάνι (κατανάλωση καυσίμου)  
Όλες οι πιθανές στρατηγικές που στοχεύουν στη μείωση του χρόνου μεταστροφής στο λιμάνι μπορεί να έχει μεγάλο αντίκτυπο στην απόδοση του πλοίου. Η εξοικονόμηση χρόνου θα μπορούσε να δαπανηθεί για ένα μεγαλύτερο ταξίδι με μειωμένη ταχύτητα. Στρατηγικές μπορούν να βρεθούν για κάθε τύπο νέου και υφιστάμενου πλοίου. Η αναμενόμενη αύξηση απόδοσης είναι περίπου 10%.
- Γυάλισμα/Φινίρισμα επιφάνειας προπέλας (κατανάλωση καυσίμου)  
Δεδομένου ότι είναι πάντα κάτω από το επίπεδο της θάλασσας, ανάπτυξη οργανικού υλικού και εναποθέσεις αποβλήτων συχνά συγκεντρώνονται στις έλικες (προπέλες). Αυτό επιδρά έντονα στην απόδοση των ελίκων. Τακτική στίλβωση μπορεί συνεπώς να βοηθήσει στην αποκατάσταση της ενεργειακής απόδοσης. Δύτες επίσης μπορούν να βοηθήσουν να αποφευχθεί η διακοπή των εργασιών στο πλοίο.  
Στον IMO (2009) εξετάζονται δύο τύποι στρατηγικών, βούρτσισμα έλικας και βούρτσισμα έλικας αυξημένης συχνότητας.
- Καθαρισμός και επίστρωση γάστρας (κατανάλωση καυσίμου)  
Η ανάπτυξη αλγών και οργανικού υλικού πάνω στη γάστρα μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην αντίσταση του πλοίου. Καθοριστικοί παράγοντες για την επίδοση της γάστρας είναι τα άλγη του πλοίου, ο χρόνος παραμονής στο λιμάνι, η ταχύτητα εργασιών, η θερμοκρασία νερού, οι αλλαγές στο σχέδιο και η διάρκεια συνθηκών φόρτωσης. Οι επιλογές που είναι άμεσα διαθέσιμες για τη βελτίωση των επιδόσεων του πλοίου περιλαμβάνουν συντήρηση, προ-επεξεργασία επιφάνειας, επίστρωση και επαναλαμβανόμενες παρεμβάσεις

δεξαμενής ναυπηγείου. Το συχνό καθάρισμα μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της απόδοσης κατά περίπου 3%. Εναλλακτικές σύγχρονες επιστρώσεις με πιο λείες και πιο τραχιές επιφάνειες γάστρας, όταν καθαριστούν, μπορούν να προσφέρουν χαμηλότερη αντίσταση και είναι επιρρεπείς σε λιγότερη ρύπανση (fouling), με αποτέλεσμα μια πολύ καλύτερη συνολική επίδοση πλοίου.

Ο καθαρισμός της γάστρας είναι επίσης σημαντικός για την επίδοση του συστήματος ACS. Η επιστροφή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ειδικά για την πρόληψη / μείωση της συσσώρευσης εναποθέσεων αποβλήτων. Στον IMO (2009), δύο τύποι επιχρισμάτων και τρεις τύποι καθαρισμού εξετάστηκαν.

➤ Μείωση ταχύτητας πλοίου (κατανάλωση καυσίμου)

Οι εκπομπές από ένα σκάφος σχετίζονται περίπου με το τετράγωνο της ταχύτητας του πλοίου. Επομένως, μειώνοντας τη ταχύτητα του πλοίου είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και κατά συνέπεια των εκπομπών. Λαμβάνοντας υπόψη την ίδια απόσταση, μια μείωση στην ταχύτητα κατά ένα κόμβο θα οδηγήσει σε αύξηση 11% της απόδοσης. Η στρατηγική αυτή θα μπορούσε να προτιμάται από φορείς πλοίων, στη περίπτωση εισαγωγής συστημάτων εμπορίας CO<sub>2</sub>. Πράγματι, με μείωση κατά το ήμισυ της ταχύτητας του πλοίου, οι CO<sub>2</sub> εκπομπές του θα μειωθούν κατά περίπου 70%. Το πρόβλημα είναι το είδος στρατηγικής που επιλέγεται για να διατηρηθεί η προγραμματισμένη συχνότητα. Σε περίπτωση που ο χαμένος χρόνος ανακτηθεί μέσω μείωσης του χρόνου μεταστροφής στο λιμάνι, τότε η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> είναι πιθανόν να είναι ακόμη μεγαλύτερη. Από την άλλη πλευρά, σε περίπτωση που πρέπει να προστεθούν επιπλέον πλοία, η μείωση θα είναι λιγότερο σημαντική (σε αυτή την περίπτωση η επιλογή αυτή θα οδηγήσει σε μια δραματική αύξηση του κόστους λειτουργίας και έτσι είναι απίθανο οι φορείς εκμετάλλευσης του πλοίου να το δεχτούν).

➤ Δρομολόγηση καιρού (κατανάλωση καυσίμου)

Η συντομότερη διαδρομή δεν είναι πάντα η πιο βολική. Πράγματι, υπό κακές καιρικές συνθήκες μια μακρύτερη, αλλά ομαλότερη πορεία θα μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. Ο σχεδιασμός του ταξιδιού με αυτό τον τρόπο μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά οφέλη όσον αφορά την απόδοση.

➤ Τα τελειώματα σκάφων (κατανάλωση καυσίμου)

Με ρύθμιση των όρων ιστιοπλοΐας, προκειμένου να βρεθεί η βέλτιστη επένδυση, είναι δυνατόν να αυξηθεί η ενεργειακή απόδοση κατά περίπου 5%. Ωστόσο, δεν είναι πάντοτε εύκολο να βρεθεί η βέλτιστη επένδυση και ως εκ τούτου η στρατηγική αυτή μπορεί να είναι πολύ περίπλοκη. Η περίοδος αποπληρωμής φαίνεται να είναι σχετικά σύντομη.

- Προσαρμογή αυτόματου πιλότου (κατανάλωση καυσίμου)  
Ένας καλύτερος αυτόματος πιλότος μπορεί να βοηθήσει να εξοικονομηθεί κατανάλωση ενέργειας δεδομένου ότι προσφέρει μεγαλύτερη σταθερότητα στο πλοίο.
- Ευαισθητοποίηση λειτουργίας εξοικονόμησης ενέργειας (κατανάλωση καυσίμου)  
Η κουλτούρα εξοικονόμησης καυσίμου που υποστηρίζεται από κίνητρα ή μπόνους για το πλήρωμα του πλοίου μπορεί να βοηθήσει την εταιρεία να εξοικονομήσει ένα μεγάλο ποσοστό της κατανάλωσης ενέργειας. Εκπαίδευση και ένα σύστημα μέτρησης είναι απαραίτητα για την υλοποίηση αυτής της στρατηγικής.

Η διαδικασία του δικαίου της θάλασσας αναπτύχθηκε από μια αρχική προσέγγιση που βασίζεται σε ξεχωριστές ad hoc προσπάθειες για τη ρύθμιση ειδικών προβλημάτων, όπως ντάμπινγκ ή ρύπανση από πλοία, προς μια πιο ολοκληρωμένη νομοθετική δράση. Είναι ιδρύθηκε επίσημα το 1982 η Σύμβαση του ΟΗΕ για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS).

Παρέχοντας ένα παγκόσμιο πλαίσιο για την εγγύηση της ελευθερίας πλοήγησης με ρύθμιση της περιβαλλοντικής προστασίας και τη χρήση και διατήρηση του θαλάσσιων πόρων, η UNCLOS μπορεί να θεωρηθεί ως καινοτόμο πλαίσιο στον τομέα του διεθνούς περιβαλλοντικού νόμου. Για να τεθούν όρια στην εθνική δικαιοδοσία επί ωκεάνιου χώρου, πρόσβαση στη θάλασσα, πλοήγηση, προστασία και διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, η UNCLOS διακρίνει τρία επίπεδα δικαιοδοσίας επιβολής:

- από κράτη σημαίας
- από παράκτια κράτη
- από κράτη λιμένα

(Miola et. al. 2010)



## 4.5 Εναλλακτικά καύσιμα και ενέργεια

### Συνθετικά καύσιμα από άνθρακα

Από άνθρακα είναι δυνατό να παρασκευαστούν υγρά καύσιμα τα οποία θα ήταν ιδιαίτερα κατάλληλα για χρήση σε πλοία. Ενώ αυτά τα συνθετικά καύσιμα δεν έχουν σχεδόν καθόλου θείο και μπορούν να συμμορφωθούν με τη Σύμβαση MARPOL και άλλες περιφερειακές ρυθμίσεις θείου, από την άποψη της μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, τα καύσιμα αυτά μπορεί να μην είναι μια βιώσιμη εναλλακτική λύση καθώς το περιεχόμενό τους σε άνθρακα είναι παρόμοιο με το ντίζελ, αλλά οι εκπομπές CO<sub>2</sub> που σχετίζονται με την παραγωγή καυσίμου είναι υψηλότερες από ό,τι για τα καύσιμα με βάση το πετρέλαιο. Επί του παρόντος υπάρχει ένα έντονο ενδιαφέρον για άνθρακα σε υγρή τεχνολογία, και οι εν λόγω μονάδες προγραμματίζονται στις ΗΠΑ και την Κίνα. (AEA 2008)

### Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) αναμένεται από πολλούς ως ένα πιθανό μελλοντικό καύσιμο για πλοία. Η βασική κινητήρια δύναμη για αυτή την ανάπτυξη αναμένεται είναι τα χαμηλά επίπεδα εκπομπών NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> και αιωρούμενων σωματιδίων (PM) από πλοία με καύσιμο LNG. Επίσης το LNG έχει χαμηλή αναλογία άνθρακα προς υδρογόνο από τα καύσιμα ντίζελ και ως εκ τούτου οι εκπομπές CO<sub>2</sub> μειώνονται. Δυστυχώς, οι αυξημένες εκπομπές μεθανίου μειώνουν το καθαρό αποτέλεσμα σε περίπου 15% μείωση ισοδυνάμου εκπομπών CO<sub>2</sub>. Η τιμή του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι σημαντικά μικρότερη σε σύγκριση με τα καύσιμα απόσταξης, ως εκ τούτου, υπάρχει σημαντικό οικονομικό κίνητρο για στροφή προς το LNG. Η πιο σημαντική τεχνική πρόκληση είναι να βρεθεί ο απαραίτητος χώρος για την αποθήκευση του καυσίμου επί του πλοίου και η διαθεσιμότητα του LNG στα λιμάνια ανεφοδιασμού καυσίμων. (AEA 2008)



Σχήμα 9. Οχηματαγωγό πλοίο που τροφοδοτείται με LNG σε λειτουργία (AEA 2008)

### Πυρηνική ενέργεια

Η εγκατάσταση πυρηνικών αντιδραστήρων επί του πλοίου δεν προβλέπεται να είναι μια βιώσιμη επιλογή για την εμπορική ναυτιλία για περιβαλλοντικούς, πολιτικούς, ασφάλειας και εμπορικούς λόγους, όπως ο κίνδυνος τρομοκρατίας, ασφάλειας, εκπαίδευσης πληρώματος, κόστους, δημόσιας αποδοχής και διάθεσης αποβλήτων.

### Βιοκαύσιμα

Μεταξύ των βιοκαυσίμων, το βιοντίζελ (π.χ. εστέρες μεθυλίου λιπαρών οξέων, FAME) και φυτικά έλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα σε νηζελοκινητήρες πλοίων. Χονδρικά, το βιοντίζελ θα μπορούσε να υποκαταστήσει τα καύσιμα απόσταξης και φυτικά έλαια θα μπορούσαν να υποκαταστήσουν τα υπολειμματικά καύσιμα. Επί του παρόντος, τα βιοκαύσιμα είναι πολύ πιο ακριβά από τα καύσιμα που προέρχονται από πετρέλαιο.

### Υδρογόνο

Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για κυψέλες καυσίμου, ωστόσο αυτό δεν θεωρείται επί του παρόντος να είναι βιώσιμη επιλογή για τα πλοία λόγω της ανάγκης να μειωθεί το κόστος, και να βελτιωθεί η ανθεκτικότητα και η πυκνότητα ισχύος. Επιπροσθέτως, η αποθήκευση και ο χειρισμός του υδρογόνου θα είναι μια πρόκληση αφ'εαυτής.

### Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους σε πλοία. Αυτό περιλαμβάνει:

- Παραδοσιακά πανιά
- Στέρια πανιά φτερά
- Αετούς και
- Ρότορες τύπου Flettner

Παρά το γεγονός ότι τα πανιά ήταν κάποτε η μόνη πηγή πρόωσης, σήμερα τα πανιά θεωρούνται ενδιαφέρουσα πρόσθετη συμπληρωματική δύναμη. Οι αετοί διαφέρουν από άλλες έννοιες αιολικής ενέργειας έχοντας ένα μικρό αποτύπωμα στην εγκατάσταση και ως εκ τούτου είναι αρκετά εφικτό να τοποθετηθούν εκ των υστέρων. Μειονεκτήματα με τα συστήματα kite περιλαμβάνουν σύνθετα συστήματα εκτόξευσης, ανάκτησης και έλεγχου.

### Ηλιακή ενέργεια

Κατά την αξιολόγηση των δυνατοτήτων της ηλιακής ενέργειας για εφαρμογές σε πλοία, είναι ενδιαφέρον να εξεταστεί το διαθέσιμο δυναμικό ενέργειας. Η ηλιακή ακτινοβολία κυμαίνεται ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, την εποχή, τις καιρικές συνθήκες και την ώρα της ημέρας.

### Ενέργεια κυμάτων

Παραδείγματα περιλαμβάνουν εσωτερικά συστήματα πλοίου (συστήματα γυροσκοπίου) και εξωτερικά συστήματα, όπως wavefoils, πτερύγια πρύμνης ή συστήματα που χρησιμοποιούν τη σχετική κίνηση μεταξύ πολλών γαστρών (trimarans). Αυτά τα συστήματα έχουν υψηλά επίπεδα τεχνικής πολυπλοκότητας και

κόστους, περιορισμένες δυνατότητες μείωσης εκπομπών και γενικά σε αυτά τα συστήματα έχουν διεξαχθεί έρευνες μόνο σε πολύ χαμηλά επίπεδα. (AEA 2008)

## **Συμπεράσματα**

Στην παρούσα εργασία, τεκμηριώνεται η συμβολή της ναυτιλίας στην ατμοσφαιρική ρύπανση και παρουσιάζονται η ισχύουσα νομοθεσία για εκπομπές καυσαερίων από πλοία και διαθέσιμες τεχνολογίες για τη μείωση των εκπομπών ρύπων από κινητήρες πλοίων. Εξάγεται το συμπέρασμα ότι, απαιτείται ακόμη αρκετή προσπάθεια προς την κατεύθυνση της μείωσης εκπομπών καυσαερίων από τη ναυτιλία, είτε με επέκταση του υφιστάμενου Συστήματος Εμπορίας Εκπομπών (ETS) ώστε να καλύπτει και εκπομπές CO<sub>2</sub> από ναυτιλία είτε με on-board εφαρμογή υφιστάμενων τεχνολογιών ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Ειδικότερα, οι αέριες εκπομπές εξαρτώνται τόσο από τον τύπο του κινητήρα όσο και από τον τύπο του καυσίμου του πλοίου. Το βασικό καύσιμο στους κινητήρες θαλάσσης (ντίζελ) είναι το distillate fuel (MDO/MGO ή Marine Diesel Oil/Marine Gas Oil) χωρίς να αποκλείεται η χρήση του residual fuel (BFO ή Bunker Fuel Oil ή μαζούτ) τόσο για παραγωγή ενέργειας πρόωσης (propulsion) όσο και βοηθητικής. Οι παγκόσμιες απογραφές (inventories) εκπομπών από τη ναυσιπλοΐα/ναυτιλία αποδεικνύουν τη συμβολή των εκπομπών από πλοία στην παγκόσμια ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι εκπομπές ρύπων από κινητήρες θαλάσσης στον αέρα και οι επιδράσεις τους στην ατμόσφαιρα (κλίμα) και στον άνθρωπο περιγράφονται αναλυτικά στην παρούσα εργασία.

Η κύρια νομοθετική πράξη για εκπομπές ρύπων από πλοία είναι το Παράρτημα VI της MARPOL (Tier I με τροπολογίες Tier II και Tier III που υιοθετήθηκαν από τον IMO) και ελέγχει τα NO<sub>x</sub> όρια και τα οξείδια του θείου, μέσω του θείου στα καύσιμα και περαιτέρω, μέσω του χαρακτηρισμού περιοχών ελέγχου εκπομπών διοξειδίου του θείου (SECA). Σε γενικές γραμμές, οι εκπομπές των πλοίων υπολογίζονται με την ποσοτικοποίηση της κατανάλωσης καυσίμου από την παραγωγή ενέργειας και στη

συνέχεια πολλαπλασιάζοντας την κατανάλωση με παράγοντες εκπομπής (παρατίθενται σε σχετικούς πίνακες).

Τέλος, παρουσιάζεται ένα ευρύ φάσμα επιλογών μείωσης εκπομπών από πλοία, συμπεριλαμβανομένων βελτιώσεων σχεδιασμού, λειτουργικών βελτιώσεων και εναλλακτικών καυσίμων των πλοίων.

Συνοψίζοντας, στο πρώτο κεφάλαιο, έγινε απλή αναφορά των εκπομπών από ναυσιπλοΐα/ναυτιλία και περιγράφηκαν οι τύποι κινητήρων και καυσίμων των πλοίων. Επιπλέον, έγινε ιδιαίτερη αναφορά στις παγκόσμιες απογραφές (inventories) εκπομπών από τη ναυσιπλοΐα/ναυτιλία που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των παγκόσμιων επιπτώσεών τους μετά από γεωγραφική τους κατανομή. Επίσης, αναφέρονται οι βασικές μεθοδολογίες απογραφής εκπομπών από τη διεθνή ναυσιπλοΐα: η top-down προσέγγιση με βάση την κατανάλωση καυσίμου και η top-down προσέγγιση με βάση τη δραστηριότητα του στόλου (στατιστικό μοντέλο).

Στο δεύτερο κεφάλαιο, περιγράφηκαν αναλυτικά οι πρωτογενείς και δευτερογενείς ρύποι που εκπέμπονται από κινητήρες θαλάσσης στον αέρα καθώς και οι επιδράσεις τους στην ατμόσφαιρα (κλίμα) και στον άνθρωπο.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάστηκε αναλυτικά το Παράρτημα VI της MARPOL (Tier I) και οι τροπολογίες του Tier II και Tier III για εκπομπές οξειδίων αζώτου και οξειδίων του θείου από πλοία.

Στο τελευταίο κεφάλαιο, παρουσιάστηκαν αναλυτικά διαθέσιμες τεχνικές και τεχνολογίες μείωσης εκπομπών από πλοία.

Τέλος, για την αποτελεσματικότερη μείωση των εκπομπών καυσαερίων από τη ναυτιλία θα πρέπει:

- το σύστημα εμπορίας εκπομπών (ETS) να καλύψει και τις εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη ναυτιλία. Στις Εθνικές Απογραφές Αερίων Θερμοκηπίου από πλοία, το πρόβλημα του διαχωρισμού των εκπομπών από καύσιμα που πωλούνται για διεθνείς μεταφορές δια θαλάσσης από εθνικά σύνολα μπορεί να ξεπεραστεί όπως στην περίπτωση των μεταφορών δια αέρος.
- να δοθεί προτεραιότητα σε τεχνικά μέτρα που μπορούν πιο εύκολα να εφαρμοστούν και να επιβληθούν από τα διεθνή πρότυπα από τα λειτουργικά μέτρα. Η εφαρμογή

των μέτρων αυτών κυρίως μέσω πλοίων νέας κατασκευή μπορεί να είναι πιο εφικτή για τον κλάδο από τη μετασκευή (retrofitting) υφιστάμενων πλοίων.

- να γίνει προσπάθεια προσαρμογής τεχνολογιών ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης (πλυντρίδες, κλπ.) σε υφιστάμενα πλοία.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

IMO. (2000) Study of Greenhouse Gas Emissions from Ships Final Report to the International Maritime Organization. Issue no. 2. Norway

OECD. (2008) The Environmental Impacts of Increased International Maritime Shipping Past trends and future perspectives. Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World. Mexico.

Marmer, E. et al. (2009) What can we learn about ship emission inventories from measurements of air pollutants over the Mediterranean Sea. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* 9. 7155–7211

United Nations Framework Convention on Climate Change. (1999) Methodological Issues Emissions resulting from fuel used for International Transportation

OECD. (2008) The Environmental Impacts of Increased International Maritime Shipping Past trends and future perspectives. Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World. Mexico.

EMEP/EEA (2011) International Navigation, National Navigation, National Fishing. Emission Inventory Guidebook 2009

Marpol 73/78 Annex VI. Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships Technical and Operational implications. Norway: DNV.

DNV (2008) Revision of MARPOL Annex VI and the NOx Technical Code. IMO's MEPC

Emission Standards International: IMO Marine Engine Regulations. Available from: <http://www.dieselnet.com/standards/inter/imo.php>

Wärtsilä (2009) Ship Power Systems. Energy Environment Economy

Miola, A. et. al. (2010) Regulating Air Emissions from Ships The State of the Art on Methodologies, Technologies and Policy Options. *JRC Reference Reports*. EUR 24602 EN. Italy: EU

AEA (2008) Greenhouse gas emissions from shipping: trends, projections and abatement potential. Final report to the Committee on Climate Change (CCC)

European Commission (2013) The EU Emissions Trading System (EU ETS). Climate Action. Available from: [http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm)

UNFCCC (1999) Methods used to Collect Data, Estimate and Report Emissions from International Bunker Fuels. Norway: Det Norske Veritas (DNV)