



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
*«Ναυτική και Θαλάσσια Τεχνολογία και Επιστήμη»*

---

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*«Μελέτη αέριων εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ναυτιλία:  
στόχοι, πολιτικές, διαχείριση και  
παραδείγματα»*

Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή  
**Χρήστου Ζαργάνη**

Επιβλέπων  
**Νικόλαος Βεντίκος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Σχολή  
Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π.**

---

Αθήνα, Οκτώβριος 2019

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:** *«Μελέτη αέριων εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ναυτιλία: στόχοι, πολιτικές, διαχείριση και παραδείγματα»*

**ΦΟΙΤΗΤΗΣ:** Χρήστος Ζαργάνης

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:** Νικόλαος Βεντικός, Επίκουρος Καθηγητής, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π.

**ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ:** 2018-19

## Περίληψη

Σήμερα η προσοχή της παγκόσμιας ναυτιλίας έχει στραφεί σε μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα. Προβλήματα που πρέπει να τύχουν και τυγχάνουν άμεσης αντιμετώπισης έτσι ώστε να προστατευθεί επαρκώς το περιβάλλον. Η συνεχής εξάντληση των φυσικών πόρων της γης, το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και η περιβαλλοντική ρύπανση αποτελούν θέματα υψίστης σημασίας διεθνώς τις τελευταίες δεκαετίες. Πολλές ενέργειες έχουν καταγραφεί και καταγράφονται προς αυτήν την κατεύθυνση, δηλαδή της μείωσης των αέριων εκπομπών CO<sub>2</sub> και φυσικά ο χώρος της ναυτιλίας δεν θα μπορούσε να λείπει από αυτή την προσπάθεια, καθώς κάτι τέτοιο πιστοποιείται από την τελευταία απόφαση στη Συνδιάσκεψη του Παρισιού. Στη παρούσα διπλωματική εργασία θα μελετηθούν οι στόχοι που θεσπίζονται σε παγκόσμιο επίπεδο, με ιδιαίτερη έμφαση στο επίπεδο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, θα μελετηθεί ο νέος Ευρωπαϊκός κανονισμός μέτρησης, καταγραφής και επαλήθευσης (MRV, Measuring, Reporting and Verification), θα μελετηθεί η παρούσα περιβαλλοντική κατάσταση στην ναυτιλία και τέλος θα συζητηθεί η πολιτική για την αντιμετώπιση και την διαχείριση της περιβαλλοντικής απόδοσης της ναυτιλίας σύμφωνα με τους Ευρωπαϊκούς στόχους.

Λέξεις κλειδιά:

Ενεργειακό αποτύπωμα ναυτιλίας, εκπομπές αερίων CO<sub>2</sub> στη ναυτιλία, κλιματική αλλαγή, Ευρωπαϊκός κανονισμός μέτρησης, καταγραφής και επαλήθευσης

# Περιεχόμενα

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup></b> .....	6
1.1 Γενικά Στοιχεία .....	6
1.2 Αύξηση συγκέντρωσης CO <sub>2</sub> .....	7
1.3 Κύριοι παράγοντες εκπομπής CO <sub>2</sub> .....	9
<b>1.3.1 Ανθρώπινες Πηγές</b> .....	10
<b>1.3.2 Καύση / χρήση ορυκτών καυσίμων</b> .....	11
<b>1.3.3 Τομέας ηλεκτρισμού / θερμότητας</b> .....	11
<b>1.3.4 Τομέας μεταφορών</b> .....	12
<b>1.3.5 Βιομηχανικός τομέας</b> .....	14
<b>1.3.6 Μεταβολή χρήσης της γης</b> .....	14
<b>1.3.7 Βιομηχανικές διαδικασίες</b> .....	15
<b>1.3.8 Φυσικές πηγές</b> .....	16
<b>1.3.8.1 Ανταλλαγή μεταξύ ωκεανών και ατμόσφαιρας</b> .....	17
<b>1.3.8.2 Αναπνοή φυτών και ζώων</b> .....	17
1.4 Φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	18
<b>1.4.1 Αέρια του Θερμοκηπίου</b> .....	18
<b>1.4.2 Προβλήματα από το φαινόμενο του θερμοκηπίου</b> .....	20
<b>1.4.3 Κοινωνικές συνέπειες κλιματικών αλλαγών</b> .....	20
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup></b> .....	22
2.1 Γενικά στοιχεία .....	22
2.2 Εκπομπές CO <sub>2</sub> από ναυτιλία .....	23
2.3 Λοιπές εκπομπές αερίων από ναυτιλία.....	28
<b>2.3.1 Εκπομπές Θείου</b> .....	28
<b>2.3.2 Εκπομπές που επηρεάζουν το όζον</b> .....	29
<b>2.3.3 Αιωρούμενα σωματίδια</b> .....	29
2.4. Τρόποι μείωσης εκπομπών του CO <sub>2</sub> .....	30
<b>2.4.1 Δέσμευση του CO<sub>2</sub> μετά την καύση (post-combustion capture)</b> .....	33
<b>2.4.2 Δέσμευση του CO<sub>2</sub> πριν την καύση (pre-combustion capture)</b> .....	34
<b>2.4.3 Καύση σε συνθήκες καθαρού οξυγόνου (oxyfuel combustion)</b> .....	35
2.5 Μεταφορά και αποθήκευση του CO <sub>2</sub> .....	36
<b>2.5.1 Μεταφορά του CO<sub>2</sub></b> .....	36

2.5.2 Αποθήκευση του CO <sub>2</sub> .....	38
2.5.3 Αποθήκευση του CO <sub>2</sub> σε γεωλογικούς σχηματισμούς.....	39
2.5.4 Αποθήκευση του CO <sub>2</sub> σε βάθη ωκεανών .....	40
2.5.5 Αποθήκευση του CO <sub>2</sub> σε κενά ανθρακωρυχεία.....	40
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup></b> .....	42
3.1 Κλιματική Αλλαγή - Δράσεις Διεθνούς Κοινότητας - Θεσμικό Πλαίσιο .....	42
<b>3.2 Πρωτόκολλο Κιότο</b> .....	42
3.3 Κύρια σημεία του Πρωτοκόλλου του Κιότο .....	43
3.4 Ευέλικτοι Μηχανισμοί.....	45
<b>3.4.1 Εμπόριο Δικαιωμάτων Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου</b> .....	45
<b>3.4.2 Μηχανισμοί Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanisms - CDM)</b> .....	46
<b>3.4.3 Μηχανισμοί Κοινής Εφαρμογής (Joint Implementation - JI)</b> .....	46
<b>3.4.4 Υιοθέτηση πολιτικών και μέτρων για την μείωση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής</b> .....	47
<b>3.4.5 Εκτίμηση των αποδεκτών ποσοτήτων CO<sub>2</sub> που μπορεί να απορροφήσει το περιβάλλον</b> ..	47
<b>3.4.6 Περίοδος 2008-2012</b> .....	47
<b>3.4.7 Αναβάθμιση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων το 2013</b> .....	48
<b>3.4.8 Επίτευξη του στόχου</b> .....	48
3.5 Το νομοθετικό πλαίσιο της ελληνικής ναυτιλίας .....	48
3.6 Θεσμικό Πλαίσιο για την ατμοσφαιρική ρύπανση & Ιστορικό Αποφάσεων .....	48
<b>3.7 MARPOL Annex VI – Το σημερινό θεσμικό πλαίσιο για την Ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία</b> .....	52
<b>3.7.1 Εκπομπές που καταστρέφουν το Όζον (Ozone – Depleting Substances)</b> .....	52
<b>3.7.2 Οξείδια του αζώτου (Nitrogen Oxides-NO<sub>x</sub>)</b> .....	52
<b>3.7.3 Οξείδια του Θείου (SO<sub>x</sub>)</b> .....	54
<b>3.7.4 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις</b> .....	57
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup></b> .....	58
4.1 Θέση Ελληνόκτητης Ναυτιλίας.....	58
4.2 Ελληνόκτητη Ναυτιλία, MBM, ETS και GHG Fund.....	62
4.3 Μεταφορά τεχνογνωσίας και τεχνολογική υποστήριξη.....	64
4.4 Ελληνόκτητη Ναυτιλία και Φορολογία .....	65
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup></b> .....	66
<b>5.1 Ο κανονισμός Monitoring Reporting Verification – MRV</b> .....	66
5.2 Υπόβαθρο .....	66
5.3 Η εφαρμογή του κανονισμού .....	67
5.4 Χρονοδιάγραμμα.....	67
<b>5.4.1 Χρονοδιάγραμμα εφαρμογής του MRV της Ευρωπαϊκής Ένωσης</b> .....	67
<b>5.4.2 Χρονοδιάγραμμα εφαρμογής του MRV του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού</b> .....	68

5.5 Σύγκριση των συστημάτων δεδομένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού.....	69
5.6 Ποινικές ρήτρες.....	71
5.7 Το φορτίο στο πλαίσιο του κανονισμού.....	72
5.8 Σχέδιο παρακολούθησης.....	74
<b>5.8.1 Περιεχόμενο του Σχεδίου Παρακολούθησης.....</b>	<b>74</b>
5.9 Παρακολούθηση καυσίμων.....	75
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>79</b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## 1.1 Γενικά Στοιχεία

Από την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης του 1760 μέχρι και σήμερα έχει παρατηρηθεί αλματώδης αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> (σε ποσοστό περίπου 0,17% ετησίως), κυρίως λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων αλλά και της αποψίλωσης των τροπικών δασών σε μεγάλη κλίμακα.

Το 2015, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ξεπέρασε τα 400 ppm, ποσοστό κατά 40% μεγαλύτερο από το αντίστοιχο ποσοστό που υπήρχε στην ατμόσφαιρα πριν την βιομηχανική επανάσταση (το οποίο ήταν 280 ppm). Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το βασικό αέριο που συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Η κύρια πηγή παραγωγής του είναι καύση των ορυκτών καυσίμων, μιας και αποτελεί το προϊόν της τέλει καύσης των υδρογονανθράκων. Οι πιο συνηθισμένες πηγές εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα είναι τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τα αυτοκίνητα και άλλες βιομηχανικές διεργασίες (πχ παραγωγή τσιμέντου, παραγωγή υδρογόνου, καύση βιομάζας κ.α).

Οι πηγές εκπομπής μπορούν να χωριστούν σε γενικές γραμμές σε δύο κατηγορίες και χαρακτηρίζονται ανάλογα με το μέγεθος των εκπομπών τους σε μεγάλες (>0.1 Mt CO<sub>2</sub> yr<sup>-1</sup>) και μικρές. Αυτές που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι οι μεγάλες, διότι οι μικρές είναι πιο δύσκολο να ελεγχθούν αφού τις περισσότερες φορές είναι κινητές (πχ αυτοκίνητα) και δεν έχουν τόσο σημαντικό αποτύπωμα (πχ αστικές πηγές) όσο οι μεγαλύτερες. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι διεργασίες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα και βιομάζα σε συνάρτηση με το αποτύπωμα τους σε διοξείδιο του άνθρακα ετησίως.[1]

**Πίνακας 1:** Διεργασίες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα και βιομάζα σε συνάρτηση με το αποτύπωμα τους σε διοξείδιο του άνθρακα ετησίως.

Διαδικασία	Αριθμός πηγών	Εκπομπές (MtCO <sub>2</sub> yr <sup>-1</sup> )
<b>Ορυκτά καύσιμα</b>		
Βιομηχανία Ενέργειας	4.942	10.539
Παραγωγή Τσιμέντου	1175	932
Διυλιστήρια	638	798
Βιομηχανία σιδήρου και ατσαλιού	269	640
Πετρέλαιο- βιομηχανία	470	379
Επεξεργασία ελαίων και φυσικού αερίου	N/A	50
Άλλες πηγές	90	33
<b>Βιομάζα</b>		

Βιοαιθανόλη και βιοενέργεια	303	91
Σύνολο	7.887	13.466

Οι κύριοι τύποι ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι ο άνθρακας, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο. Στον άνθρακα αποδίδεται το 46% της παγκόσμιας εκπομπής CO<sub>2</sub>, ενώ στο πετρέλαιο και στο φυσικό αέριο αντιστοιχούν το 34% και 20%, αντίστοιχα.

Η όλο και αυξανόμενη ανάγκη για ενέργεια βασίζεται στη συνεχή οικονομική ανάπτυξη παγκοσμίως. Χαρακτηριστικά, έχει σημειωθεί αύξηση της τάξεως του 150% στην παγκόσμια ολική πρωτογενή παροχή ενέργειας (Total Primary Energy Supply–TPES) από το 1971 έως το 2014, με τα ορυκτά καύσιμα να αποτελούν την κύρια πηγή για την παραγωγή αυτής της ενέργειας. Παρά την εισαγωγή των εναλλακτικών πηγών ενέργειας, όπως της πυρηνικής, της υδροδυναμικής, της ηλιακής κ.α, το ποσοστό των ορυκτών καυσίμων στην παγκόσμια παραγωγή ενέργειας έχει παραμείνει σχεδόν σταθερό για την ίδια αυτή περίοδο. [2]

Η ναυτιλία είναι μια βαριά ελεγχόμενη βιομηχανία υπεύθυνη για το 3% περίπου των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Το παγκόσμιο εμπόριο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη ναυτιλία, η οποία καλύπτει περίπου το 90% της εμπορικής ζήτησης. Τα τελευταία χρόνια και ιδιαίτερα τώρα η ναυτιλία αναμένεται να οδηγηθεί σε πολλές αλλαγές λόγω των επερχόμενων κανονιστικών ρυθμίσεων, της κλιματικής αλλαγής, του ελλείματος ενέργειας αλλά και λόγω των τεχνολογικών επαναστάσεων. Η τεχνολογική ανάπτυξη είναι εμφανής σε όλους τους θαλάσσιους τομείς λόγω της ταχείας ανάπτυξης της τεχνολογίας αισθητήρων, της πληροφορικής, της αυτοματοποίησης και της ρομποτικής. Ο κλάδος πρέπει να συνεχίσει να αναπτύσσεται με ταχύ ρυθμό κατά την επόμενη δεκαετία, προκειμένου να είναι σε θέση να προσαρμοστεί στις επικείμενες κανονιστικές ρυθμίσεις και στις πιέσεις της αγοράς. Η προσαρμοστικότητα που θα επιδείξει η ναυτιλία θα είναι η κινητήρια δύναμη που θα διαμορφώνει το μέλλον αυτής της βιομηχανίας.

## 1.2 Αύξηση συγκέντρωσης CO<sub>2</sub>

Το 2007, η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC, 2007) ανέφερε ότι οι επιστήμονες ήταν αρκετά σίγουροι ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη προκαλείται κυρίως από τις αυξανόμενες συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και ότι ο μεγαλύτερος παράγοντας της υπερθέρμανσης είναι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), από την καύση ορυκτών καυσίμων, την παραγωγή τσιμέντου και τις αλλαγές στην χρήση της γης, όπως η αποψίλωση των δασών.

Επιπλέον, ο Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 2012) ανέφερε το 2013 ότι οι παγκόσμιες εκπομπές CO<sub>2</sub> που σχετίζονται με την ενέργεια αντιπροσώπευαν περίπου το 75% των παγκόσμιων εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, ενώ η καύση ορυκτών καυσίμων αντιπροσωπεύει τα δύο τρίτα των παγκόσμιων εκπομπών CO<sub>2</sub> το 2010.

Δεδομένου ότι το CO<sub>2</sub> αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο ποσοστό αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου, η μείωση των εκπομπών του έχει καταστεί μία από τις σημαντικότερες ανησυχίες όσον αφορά τη χάραξη εθνικών οικονομικών και ενεργειακών πολιτικών για τις χώρες σε όλο

τον κόσμο. Καθώς οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έχουν οδηγήσει σε αλλαγές στο παγκόσμιο κλίμα, η ανησυχία έχει όλο ένα και περισσότερο στραφεί προς τα ζητήματα της χρήσης ενέργειας και των επιδόσεων των εκπομπών CO<sub>2</sub> των χωρών παγκοσμίως.

Οι παγκόσμιες εκπομπές CO<sub>2</sub> από την καύση ορυκτών καυσίμων και τις βιομηχανικές διεργασίες έχουν διπλασιαστεί τα τελευταία 40 χρόνια, (από 16,9 gigatonnes (Gt) το 1974 σε 35,5 Gt το 2014, με ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης 1,8%) [3]. Παρά τις εκτεταμένες συζητήσεις σχετικά με τον μετριασμό της παγκόσμιας αλλαγής του κλίματος τα τελευταία χρόνια, ο ρυθμός αύξησης των εκπομπών CO<sub>2</sub> επιταχύνθηκε από 1,0% ετησίως, για την περίοδο 1990-1999, σε 2,4% ετησίως για την περίοδο 2000-2014 (βλ. Επίσης [4,5]). Τόσο οι ανεπτυγμένες χώρες όσο και οι αναπτυσσόμενες χώρες έχουν σημειώσει συνεχή αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην παραγωγή τους, ενώ οι αναπτυσσόμενες χώρες έχουν ετήσιο ρυθμό 3,2% για την περίοδο 1990-2014, μεγαλύτερο από αυτό των ανεπτυγμένων χωρών, 0,4% [3].

Σύμφωνα με την ταυτότητα Kaya, η αύξηση των παγκόσμιων εκπομπών CO<sub>2</sub> οφείλεται σε τέσσερις παράγοντες,

$$Ca = \frac{Ca}{E} \cdot \frac{E}{GDP} \cdot \frac{GDP}{P} \cdot P$$

όπου το Ca είναι οι εκπομπές του CO<sub>2</sub>, το P είναι ο πληθυσμός, το GDP / P είναι το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) κατά κεφαλή, το E / GDP είναι η ενεργειακή ένταση του ΑΕΠ και το Ca / E είναι η ένταση σε άνθρακα της ενέργειας (εκπομπές / ενέργεια).

Ο Gerland et al. [6] προβλέπει ότι ο παγκόσμιος πληθυσμός θα συνεχίσει να αυξάνεται μέσα σε αυτόν τον αιώνα, με 95% πιθανότητα να αυξηθεί από 6,1 δισ. το 2000 σε 9,0 - 13,2 δισ. μέχρι το έτος 2100. Επίσης οι Baksi και Green [7] διαπιστώνουν ότι η μακροπρόθεσμη μέση ετήσια μείωση της παγκόσμιας ενεργειακής έντασης, είναι απίθανο να μειωθεί πάνω από το 1,1%.

Δεδομένου ότι η αύξηση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ είναι πολύ σημαντική για τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου στις αναπτυσσόμενες χώρες, ένας από τους σημαντικότερους τρόπους περιορισμού της αύξησης των εκπομπών CO<sub>2</sub> σε αυτές είναι η μείωση του ποσοστού της ενέργειας που βασίζεται στον άνθρακα (βλ. επίσης, [8-13])

Ωστόσο, το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ως σύνολο δεν παρουσιάζει σημάδια αύξησης, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Αντίθετα, παρέμεινε σχετικά σταθερή σε περίπου 13% από το 1990. (Σχήμα 1α). Αυτή η σταθερότητα μπορεί επίσης να είναι ο λόγος για τον οποίο παρατηρούμε την επιτάχυνση της παγκόσμιας αύξησης των εκπομπών CO<sub>2</sub> (βλ. Επίσης [4,5]). Παρά το γεγονός ότι το μερίδιο των ηλιακών, αιολικών και βιο-ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αυξήθηκε από 0,35% το 1990 σε 2,45% το 2014, η αύξηση αυτή αντισταθμίστηκε σε μεγάλο βαθμό από τη μείωση κατά 1,1 εκατοστιαίες μονάδες του μεριδίου της πυρηνικής ενέργειας - πηγή (βλ. επίσης [14]). Όσον αφορά τις χώρες, οι επιδόσεις των ανεπτυγμένων χωρών όσον αφορά τη χρήση ανανεώσιμης ενέργειας είναι ελαφρώς καλύτερες από εκείνες των αναπτυσσόμενων χωρών.

Το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χωρίς άνθρακα στη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στις αναπτυσσόμενες χώρες παρέμεινε σταθερό στο 9% κατά την



περίοδο 1990-2010 και το 2014 αυξήθηκε σε 10%, ενώ το ποσοστό των ανεπτυγμένων χωρών αυξήθηκε βραδεία από 13,3% το 1990 σε 15,6% το 2000 και 17,9% το 2014. Το σταθερό μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χωρίς άνθρακα συνεπάγεται ότι το συνολικό μερίδιο των ορυκτών καυσίμων στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας παρέμεινε σχετικά σταθερό. Οι αναπτυγμένες χώρες σημείωσαν αύξηση του μεριδίου του φυσικού αερίου κατά 5,0 εκατοστιαίες μονάδες από το 1990 έως το 2014 και μείωσαν τα μερίδια άνθρακα και πετρελαίου κατά 5,5 και 4,1 ποσοστιαίες μονάδες αντίστοιχα.

Εν τω μεταξύ, οι αναπτυσσόμενες χώρες σημείωσαν πτώση του μεριδίου του πετρελαίου κατά 9,2 εκατοστιαίες μονάδες και αύξηση των μεριδίων του άνθρακα και του φυσικού αερίου κατά 3,4 και 4,2 ποσοστιαίες μονάδες αντίστοιχα. Κατά μέσο όρο, ο άνθρακας και το πετρέλαιο έχουν υψηλότερες περιεκτικότητες σε άνθρακα από το αέριο όταν παράγουν την ίδια ποσότητα θερμότητας [4]. Η μεταβολή του σχετικού μεριδίου των διαφόρων ορυκτών καυσίμων μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολές στις συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> για μια οικονομία ακόμα και όταν η συνολική πρωτογενής ενέργεια η κατανάλωση παραμένει η ίδια. Όπως υποδεικνύεται στο Σχήμα 2, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη χρήση φυσικού αερίου αυξήθηκαν σημαντικά με την πάροδο του χρόνου στις ανεπτυγμένες χώρες, ενώ οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη χρήση άνθρακα αυξήθηκαν σημαντικά στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Λόγω του διαχωρισμού των εκπομπών που προκαλείται από το διεθνές εμπόριο, η αυξανόμενη προσοχή στις παγκόσμιες εκπομπές CO<sub>2</sub> μετατοπίστηκε από την προοπτική που βασίζεται στην παραγωγή σε μια προοπτική που βασίζεται στην κατανάλωση (βλ. Π.χ. [15-19]). Δηλαδή, η ανησυχία έχει μετατοπιστεί από την απάντηση στην ερώτηση «Ποιος εκπέμπει;» στην απάντηση της ερώτησης «Για ποιον εκπέμπεται;».

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι, μεταξύ των τριών ορυκτών καυσίμων, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη χρήση άνθρακα αυξήθηκαν ταχύτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες, κατά 3,76 Gt την περίοδο 1995-2009. Αντίθετα, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη χρήση φυσικού αερίου αυξήθηκαν ταχύτερα στις αναπτυγμένες χώρες, κατά 470 Mt την περίοδο 1995-2009. Οι περαιτέρω αναλύσεις δείχνουν ότι παρά τις βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση, οι αναβαθμίσεις των υποδομών και οι αλλαγές στις απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας στις αναπτυσσόμενες χώρες οδήγησαν σε σημαντική αύξηση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τη χρήση άνθρακα. Μεταξύ αυτών των χωρών, η Κίνα αντιπροσωπεύει υψηλή συνεισφορά, προκαλώντας αύξηση εκπομπών CO<sub>2</sub> που σχετίζεται με τη χρήση άνθρακα έως και 2,79 Gt την περίοδο 1995-2009. Αντίθετα, η κατανάλωση από τις δημόσιες και κοινωνικές υπηρεσίες καθώς και τα χημικά προϊόντα είναι η κυρίαρχη δύναμη που οδηγεί στην αύξηση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από το φυσικό αέριο στις ανεπτυγμένες χώρες. Οι ΗΠΑ παρουσιάζουν πολύ μεγάλη συμβολή, προκαλώντας αύξηση εκπομπών CO<sub>2</sub> που σχετίζεται με τη χρήση φυσικού αερίου έως και 100 εκατ. τόνους.

### 1.3 Κύριοι παράγοντες εκπομπής CO<sub>2</sub>

Υπάρχουν τόσο φυσικές όσο και ανθρώπινες πηγές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Οι φυσικές πηγές περιλαμβάνουν την αποσύνθεση, την απελευθέρωση διοξειδίου από τους ωκεανούς και την αναπνοή. Οι ανθρώπινες πηγές προέρχονται από δραστηριότητες όπως η

παραγωγή τσιμέντου, η αποψίλωση των δασών καθώς επίσης και η καύση ορυκτών καυσίμων όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.

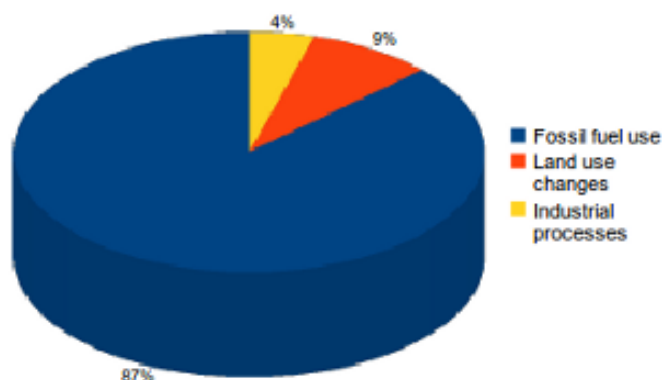
Λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, η ατμοσφαιρική συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αυξάνεται εκτεταμένα από τη Βιομηχανική Επανάσταση και έπειτα, και έχει φτάσει πλέον σε επικίνδυνα επίπεδα τα οποία δεν είχαν προηγουμένως παρατηρηθεί τα τελευταία 3 εκατομμύρια χρόνια.[20,21,22] Οι ανθρώπινες πηγές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα είναι πολύ μικρότερες από τις φυσικές εκπομπές αλλά έχουν επιφέρει μεταβολή στην φυσική ισορροπία που υπήρχε για πολλές χιλιάδες χρόνια πριν από την επιρροή των ανθρώπων.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι φυσικοί ταμιευτήρες διοξειδίου του άνθρακα αφαιρούν περίπου την ίδια ποσότητα από την ατμόσφαιρα σε σχέση με ότι προσφέρεται σε αυτήν από τις φυσικές πηγές. [24]. Το γεγονός αυτό είχε διατηρήσει τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα ισορροπημένα και σε ασφαλή κλίμακα. Αλλά οι ανθρώπινες πηγές εκπομπών έχουν αναστατώσει τη φυσική ισορροπία προσθέτοντας επιπλέον διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα χωρίς να αφαιρούν καθόλου.

### 1.3.1 Ανθρώπινες Πηγές

Από τη Βιομηχανική Επανάσταση, οι ανθρώπινες πηγές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αυξάνονται. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η καύση του πετρελαίου, του άνθρακα και του φυσικού αερίου, καθώς και η αποψίλωση των δασών αποτελούν την κύρια αιτία των αυξημένων συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Το 87% όλων των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από τον άνθρωπο προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων όπως ο άνθρακας, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο. Το υπόλοιπο προκύπτει από την αποψίλωση των δασών και άλλων αλλαγών στη χρήση γης (9%), καθώς επίσης και από ορισμένες βιομηχανικές διεργασίες όπως η παραγωγή τσιμέντου (4%). (Εικ. 1)



**Εικ 1:** Πηγές εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα από ανθρώπινες δραστηριότητες [Le Quéré, C. et al. (2013). *The global carbon budget 1959-2011*].

### 1.3.2 Καύση / χρήση ορυκτών καυσίμων

Η μεγαλύτερη ανθρώπινη πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Αυτό παράγει το 87% των ανθρώπινων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η καύση αυτών των καυσίμων απελευθερώνει ενέργεια η οποία μετατρέπεται συνήθως σε θερμότητα, ηλεκτρισμό ή ενέργεια για μεταφορά. Μερικά παραδείγματα για το πού χρησιμοποιούνται είναι: σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αυτοκίνητα, αεροπλάνα και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Το 2011, η χρήση ορυκτών καυσίμων δημιούργησε 33,2 δισεκατομμύρια τόνους εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως. [20]

Οι τρεις τύποι ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι ο άνθρακας, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο. Ο άνθρακας είναι υπεύθυνος για το 43% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την καύση καυσίμων, το 36% παράγεται από το πετρέλαιο και το 20% από το φυσικό αέριο. [25]

Για κάθε τόνο καύσης άνθρακα, παράγονται περίπου 2,5 τόνοι CO<sub>2</sub> [26]. Από τους διάφορους τύπους ορυκτών καυσίμων, ο άνθρακας παράγει το μεγαλύτερο μέρος του διοξειδίου του άνθρακα. Εξαιτίας αυτού, και του υψηλού ποσοστού χρήσης, ο άνθρακας είναι η μεγαλύτερη πηγή εκπομπής διοξειδίου από τα υπόλοιπα ορυκτά καύσιμα. Ο άνθρακας αντιπροσωπεύει το ένα τρίτο του μεριδίου των ορυκτών καυσίμων στον παγκόσμιο πρωτογενή ενεργειακό εφοδιασμό, αλλά είναι υπεύθυνο για το 43% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Οι τρεις βασικοί οικονομικοί τομείς που χρησιμοποιούν τα ορυκτά καύσιμα είναι: ηλεκτρισμός / θερμότητα, μεταφορές και βιομηχανία. Οι δύο πρώτοι τομείς, η ηλεκτρική ενέργεια / θερμότητα και οι μεταφορές, παρήγαγαν σχεδόν τα δύο τρίτα των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα το 2010. [25]

### 1.3.3 Τομέας ηλεκτρισμού / θερμότητας

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας είναι ο οικονομικός τομέας που παράγει τη μεγαλύτερη ποσότητα ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ο κλάδος αυτός δημιούργησε το 2010 το 41% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με ορυκτά καύσιμα. Σε όλο τον κόσμο, ο τομέας αυτός εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον άνθρακα [25].

Σχεδόν όλες οι βιομηχανικές χώρες λαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής τους ενέργειας από την καύση ορυκτών καυσίμων (περίπου 60-90%). Μόνο ο Καναδάς και η Γαλλία αποτελούν την εξαίρεση [27].

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας (Πίνακας 2) για το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων για τα μεγάλα βιομηχανικά έθνη.

**Πίνακας 2:** Ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων για τα μεγάλα βιομηχανικά έθνη.

<b>Ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από καύση ορυκτών καυσίμων</b>			
<b>Κράτος</b>	<b>Καύση ορυκτών καυσίμων (Billion Kilowatthours)</b>	<b>Σύνολο</b>	<b>%</b>
<b>Καναδάς</b>	136.31	622.98	21.9%
<b>Γαλλία</b>	44.65	532.57	8.4%
<b>Γερμανία</b>	340.38	567.33	60.0%
<b>Ιταλία</b>	286.35	201.7	70.4%
<b>Ιαπωνία</b>	759.93	1031.22	73.7%
<b>Ρωσία</b>	668.26	996.82	67.0%
<b>Ηνωμένο Βασίλειο</b>	244.5	342.48	71.4%
<b>Ηνωμένες Πολιτείες</b>	2,788.87	4,100.14	68.0%

Οι βιομηχανικοί, οικιστικοί και εμπορικοί τομείς είναι οι κύριοι χρήστες ηλεκτρικής ενέργειας και καλύπτουν το 92% της χρήσης. Η βιομηχανία είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής εκ των τριών, διότι ορισμένες διαδικασίες παραγωγής είναι πολύ ενεργοβόρες. Συγκεκριμένα, η παραγωγή χημικών ουσιών, σιδήρου / χάλυβα, τσιμέντου, αλουμινίου καθώς και χαρτοπολτού και χαρτιού αντιπροσωπεύει τη μεγάλη πλειοψηφία της βιομηχανικής χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ο οικιακός και ο εμπορικός τομέας εξαρτώνται επίσης σε μεγάλο βαθμό από τον ηλεκτρισμό για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους, ιδίως για τον φωτισμό, τη θέρμανση, τον κλιματισμό και τις συσκευές.

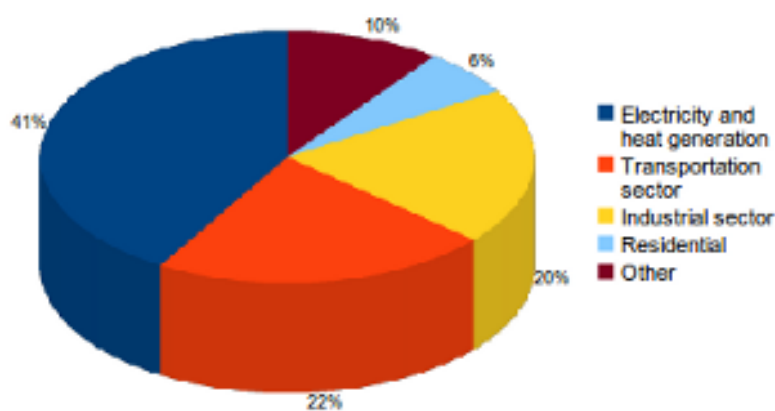
### 1.3.4 Τομέας μεταφορών

Ο τομέας των μεταφορών είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πηγή ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η μεταφορά αγαθών και ανθρώπων σε όλο τον κόσμο παρήγαγε το 2010 το 22% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με τα ορυκτά καύσιμα [25]. Ο τομέας αυτός έχει μεγάλες απαιτήσεις σε ενέργεια και χρησιμοποιεί σχεδόν αποκλειστικά για να καλύψει αυτές τις ανάγκες καύσιμα με βάση το πετρέλαιο (βενζίνη, ντίζελ, κηροζίνη κ.λπ.). Από τη δεκαετία του 1990, οι εκπομπές που σχετίζονται με τις μεταφορές έχουν αυξηθεί ραγδαία, σε ποσοστό μέχρι και 45% σε λιγότερο από 2 δεκαετίες. [28].

Οι οδικές μεταφορές αντιπροσωπεύουν το 72% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αυτού του τομέα. [25] Τα αυτοκίνητα, τα εμπορεύματα και τα ελαφρά φορτηγά είναι οι κύριες πηγές εκπομπών για ολόκληρο τον τομέα των μεταφορών, και οι εκπομπές από αυτές τις τρεις πηγές αυξάνονται σταθερά από το 1990. Εκτός από τα οδικά οχήματα άλλες σημαντικές πηγές εκπομπών για τον τομέα αυτό είναι η θαλάσσια ναυτιλία και η παγκόσμια αεροπορία.

Η ναυτιλία παράγει το 14% όλων των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στον τομέα των μεταφορών. Ενώ υπάρχουν πολύ λιγότερα πλοία από τα οδικά οχήματα που χρησιμοποιούνται στον τομέα των μεταφορών, τα πλοία χρησιμοποιούν χειρότερης ποιότητας καύσιμο. Εξαιτίας αυτού, η θαλάσσια ναυτιλία είναι υπεύθυνη για πάνω από 1 δισεκατομμύριο τόνους εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. [29] Αυτό είναι περισσότερο από τις ετήσιες εκπομπές αρκετών βιομηχανικών χωρών (Γερμανία, Νότια Κορέα, Καναδάς, Ηνωμένο Βασίλειο κλπ.) και ο τομέας αυτός συνεχίζει να αναπτύσσεται ταχύτατα.

Η παγκόσμια αεροπορία αντιπροσωπεύει το 11% όλων των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στον τομέα των μεταφορών. Οι διεθνείς πτήσεις δημιουργούν περίπου το 62% αυτών των εκπομπών, ενώ οι εσωτερικές πτήσεις αντιπροσωπεύουν το υπόλοιπο 38% . [30] Τα τελευταία δέκα χρόνια, η αεροπορία υπήρξε μία από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες πηγές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. [31]



**Εικ 2:** Εκπομπές CO<sub>2</sub> από την καύση ορυκτών καυσίμων [(2012), Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας].

Η εικόνα 2 υποδεικνύει μία από τις πιο ανησυχητικές τάσεις στη σημερινή σύγχρονη οικονομία. Οι εκπομπές που προκαλούνται από τη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών έχουν αυξηθεί τόσο γρήγορα που ξεπέρασαν τις εκπομπές από τον βιομηχανικό τομέα, ο οποίος είχε τεράστιο αντίκτυπο στην αλλαγή του κλίματος. Αυτή η τάση ξεκίνησε τη δεκαετία του 1990 και συνεχίστηκε προκαλώντας από τότε αύξηση των έμμεσων εκπομπών.

Οι εκπομπές που προκαλούνται από τη μεταφορά αγαθών αποτελούν παραδείγματα έμμεσων εκπομπών, δεδομένου ότι ο καταναλωτής δεν έχει άμεσο έλεγχο της απόστασης μεταξύ του εργοστασίου και του καταστήματος. Οι εκπομπές που προκαλούνται από άτομα που ταξιδεύουν (με αυτοκίνητο, αεροπλάνο, τρένο κ.λπ.) αποτελούν παραδείγματα άμεσων εκπομπών,

δεδομένου ότι οι άνθρωποι μπορούν να επιλέξουν το σημείο στο οποίο κινούνται και με ποια μέθοδο.

Δεδομένου ότι η απόσταση που διανύεται για την μεταφορά των αγαθών κατά τη διάρκεια της παραγωγής συνεχίζει να αυξάνεται, ασκείται μεγαλύτερη πίεση στον κλάδο των μεταφορών ο οποίος καλείται να γεφυρώσει το χάσμα και καταλήγει στη δημιουργία περισσότερων έμμεσων εκπομπών. Το χειρότερο είναι ότι το 99% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που προκαλούνται από τη μεταφορά ανθρώπων και αγαθών σε όλο τον κόσμο προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων.

### **1.3.5 Βιομηχανικός τομέας**

Ο βιομηχανικός τομέας είναι η τρίτη μεγαλύτερη πηγή ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ο τομέας αυτός παρήγαγε το 2010 το 20% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με ορυκτά καύσιμα [25]. Ο βιομηχανικός τομέας αποτελείται από την μεταποιητική βιομηχανία, τις κατασκευές, τα μεταλλεία και την γεωργία. Η μεταποίηση είναι η μεγαλύτερη από τις τέσσερις και μπορεί να αναλυθεί σε πέντε κύριες κατηγορίες: χαρτί, τρόφιμα, διυλιστήρια πετρελαίου, χημικά προϊόντα και μεταλλικά / ορυκτά προϊόντα. Αυτές οι κατηγορίες αντιπροσωπεύουν τη συντριπτική πλειοψηφία της χρήσης ορυκτών καυσίμων και εκπομπών CO<sub>2</sub> από τον τομέα αυτό.

Οι κατασκευαστικές και βιομηχανικές διεργασίες συνδυάζονται για να παράγουν μεγάλες ποσότητες κάθε τύπου αερίου του θερμοκηπίου, αλλά συγκεκριμένα μεγάλες ποσότητες CO<sub>2</sub>. Αυτό συμβαίνει επειδή πολλές μονάδες παραγωγής χρησιμοποιούν άμεσα ορυκτά καύσιμα για τη δημιουργία θερμότητας και ατμού που απαιτούνται σε διάφορα στάδια παραγωγής. Για παράδειγμα, τα εργοστάσια στη βιομηχανία τσιμέντου πρέπει να ζεσταίνουν τον ασβεστόλιθο στους 1450 ° C για να το μετατρέψουν σε τσιμέντο, πράγμα που γίνεται με την καύση ορυκτών καυσίμων για τη δημιουργία της απαιτούμενης θερμότητας.

### **1.3.6 Μεταβολή χρήσης της γης**

Οι μεταβολές της χρήσης γης αποτελούν σημαντική πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε παγκόσμιο επίπεδο, αντιπροσωπεύοντας το 9% των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και συνέβαλαν με 3,3 δισεκατομμύρια τόνους εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα το 2011. [20]. Με τον όρο αλλαγές στη χρήση γης ορίζεται η μετατροπή του φυσικού περιβάλλοντος σε περιοχές ανθρώπινης χρήσης, γης ή οικισμών. Από το 1850 έως το 2000, η χρήση γης και η αλλαγή χρήσης γης απελευθέρωσαν περίπου 396-690 δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ή περίπου 28-40% των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα [32].

Η αποψίλωση των δασών είναι υπεύθυνη για τη μεγάλη πλειοψηφία αυτών των εκπομπών. Η αποψίλωση των δασών είναι η οριστική απομάκρυνση των δασών και είναι ο σημαντικότερος τύπος αλλαγής της χρήσης γης λόγω του αντικτύπου της στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Τα δάση σε πολλές περιοχές έχουν αποψιλωθεί για ξυλεία ή έχουν καεί για μετατροπή σε αγροκτήματα και βοσκοτόπους. Όταν εκκαθαρίζονται οι δασικές εκτάσεις, απελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες αερίων θερμοκηπίου και αυτό καταλήγει σε αυξανόμενα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα με τρεις διαφορετικούς τρόπους.

Τα δέντρα λειτουργούν ως ταμιευτήρες άνθρακα. Αφαιρούν το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Όταν τα δάση καταστρέφονται για τη δημιουργία αγροκτημάτων ή βοσκοτόπων, τα δέντρα κόβονται και είτε καίγονται είτε τα αφήνουν να σαπίσουν, γεγονός που προσθέτει διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Δεδομένου ότι η αποψίλωση των δασών μειώνει την ποσότητα των δένδρων, αυτό μειώνει επίσης το ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα που μπορεί να απομακρυνθεί από τα δάση της Γης. Όταν η αποψίλωση των δασών γίνεται για τη δημιουργία νέας γεωργικής γης, οι καλλιέργειες που αντικαθιστούν τα δέντρα λειτουργούν επίσης ως ταμιευτήρες άνθρακα, αλλά δεν είναι τόσο αποτελεσματικοί όσο τα δάση. Όταν τα δέντρα κόβονται για ξυλεία, διατηρείται το ξύλο το οποίο κλειδώνει τον άνθρακα σε αυτό, αλλά ο ταμιευτήρας άνθρακα που παρέχεται από τα δάση μειώνεται εξαιτίας της απώλειας δέντρων.

Η καταστροφή των δασών προκαλεί επίσης σοβαρές αλλαγές στον τρόπο αποθήκευσης του άνθρακα στο έδαφος. Όταν εκκαθαρίζονται οι δασικές εκτάσεις, οι διαταραχές του εδάφους και οι αυξημένοι ρυθμοί αποσύνθεσης στο έδαφος δημιουργούν εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό επίσης αυξάνει τη διάβρωση του εδάφους και την αδυναμία συγκράτησης θρεπτικών συστατικών, γεγονός που μειώνει περαιτέρω την ικανότητα της περιοχής να λειτουργεί ως ταμιευτήρας άνθρακα.

### **1.3.7 Βιομηχανικές διαδικασίες**

Υπάρχουν πολλές βιομηχανικές διεργασίες που παράγουν σημαντικές ποσότητες εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ως προϊόν των χημικών αντιδράσεων που απαιτούνται κατά την παραγωγική τους διαδικασία. Οι βιομηχανικές διαδικασίες αντιπροσωπεύουν το 4% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στον άνθρωπο και συνεισέφεραν 1,7 δισεκατομμύρια τόνους εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα το 2011.

Πολλές βιομηχανικές διεργασίες εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα απευθείας μέσω καύσης ορυκτών καυσίμων και έμμεσα μέσω της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με χρήση ορυκτών καυσίμων. Υπάρχουν όμως τέσσερις κύριοι τύποι βιομηχανικών διεργασιών που αποτελούν σημαντική πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα: παραγωγή και κατανάλωση ορυκτών προϊόντων όπως τσιμέντο, παραγωγή μετάλλων όπως ο σίδηρος και ο χάλυβας, καθώς και η παραγωγή χημικών και πετροχημικών προϊόντων .

Η παραγωγή τσιμέντου παράγει την μεγαλύτερη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ όλων των βιομηχανικών διεργασιών. Για να δημιουργηθεί το κύριο συστατικό του τσιμέντου, το οξείδιο του ασβεστίου, ο ασβεστόλιθος μετατρέπεται χημικά με θέρμανση σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Αυτή η διαδικασία παράγει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα ως

υποπροϊόν της χημικής αντίδρασης. Τόσο πολύ ώστε η παραγωγή 1000 κιλών τσιμέντου να παράγει σχεδόν 900 κιλά διοξειδίου του άνθρακα. [33].

Η παραγωγή χάλυβα είναι μια άλλη βιομηχανική διαδικασία που αποτελεί σημαντική πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Για να δημιουργηθεί χάλυβας, ο σίδηρος τήκεται και καθαρίζεται για να μειώσει την περιεκτικότητά του σε άνθρακα. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιεί οξυγόνο για να συνδυαστεί με τον άνθρακα σε σίδηρο που δημιουργεί διοξείδιο του άνθρακα. Κατά μέσο όρο, εκπέμπονται 1,9 τόνοι CO<sub>2</sub> για κάθε τόνο παραγόμενου χάλυβα. [34]

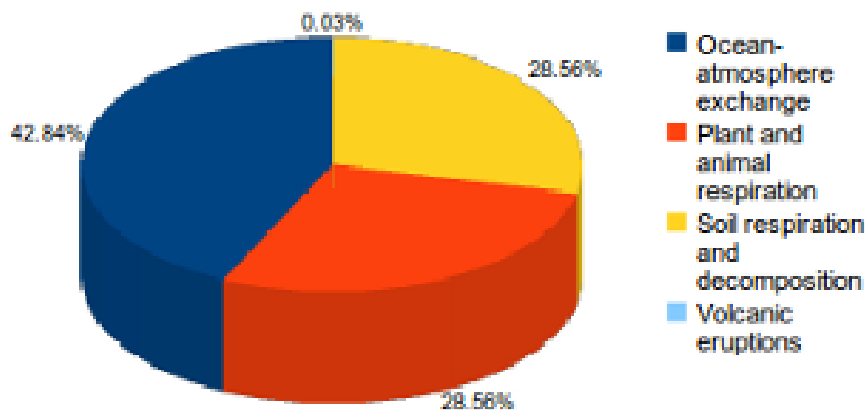
Τα ορυκτά καύσιμα χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία χημικών και πετροχημικών προϊόντων που οδηγούν σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η βιομηχανική παραγωγή αμμωνίας και υδρογόνου χρησιμοποιεί συχνότερα φυσικό αέριο ή άλλα ορυκτά καύσιμα ως βάση εκκίνησης, δημιουργώντας έτσι διοξείδιο του άνθρακα. Τα πετροχημικά προϊόντα όπως τα πλαστικά, οι διαλύτες και τα λιπαντικά δημιουργούνται με πετρέλαιο. Τα προϊόντα αυτά εξατμίζονται, διαλύονται ή φθείρονται με την πάροδο του χρόνου, απελευθερώνοντας ακόμη περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα κατά τη διάρκεια ζωής του προϊόντος.

### 1.3.8 Φυσικές πηγές

Εκτός από το γεγονός ότι δημιουργείται από ανθρώπινες δραστηριότητες, το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται επίσης στην ατμόσφαιρα από φυσικές διεργασίες. Οι ωκεανοί, το έδαφος, τα φυτά, τα ζώα και τα ηφαίστεια της Γης αποτελούν φυσικές πηγές εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Οι ανθρώπινες πηγές διοξειδίου του άνθρακα είναι πολύ μικρότερες από τις φυσικές εκπομπές, αλλά αναστατώνουν την ισορροπία στον κύκλο άνθρακα που υπήρχε πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση. Η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από φυσικές πηγές αντισταθμίζεται πλήρως από τους φυσικούς ταμιευτήρες άνθρακα και αυτό συνέβαινε για χιλιάδες χρόνια. Πριν από την επιρροή των ανθρώπων, τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα ήταν αρκετά σταθερά λόγω αυτής της φυσικής ισορροπίας

Το 42,84% όλων των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται φυσιολογικά προέρχεται από την ανταλλαγή ωκεανών-ατμόσφαιρας. Άλλες σημαντικές φυσικές πηγές είναι η αναπνοή των φυτών και των ζώων (28,56%) καθώς και η αναπνοή και η αποσύνθεση του εδάφους (28,56%) [27] [35] Μικρή ποσότητα δημιουργείται επίσης από ηφαιστειακές εκρήξεις (0,03%).[36][37] (Εικ.3)





**Εικ 3** Φυσικές πηγές εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα

### 1.3.8.1 Ανταλλαγή μεταξύ ωκεανών και ατμόσφαιρας

Η μεγαλύτερη φυσική πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα προέρχεται από την ανταλλαγή ωκεανών-ατμόσφαιρας. Αυτό παράγει το 42,84% των φυσικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Οι ωκεανοί περιέχουν διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο απελευθερώνεται στον αέρα στην επιφάνεια της θάλασσας. Κάθε χρόνο, η διαδικασία αυτή δημιουργεί περίπου 330 δισεκατομμύρια τόνους εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα [35].

Πολλά μόρια κινούνται μεταξύ του ωκεανού και της ατμόσφαιρας μέσω της διαδικασίας διάχυσης, το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα από αυτά. Αυτή η κίνηση είναι και στις δύο κατευθύνσεις, έτσι οι ωκεανοί απελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα αλλά και το απορροφούν. Τα αποτελέσματα αυτής της κίνησης μπορούν να φανούν αρκετά εύκολα, όταν αφήνεται νερό να καθίσει σε ένα ποτήρι για αρκετό καιρό, τα αέρια θα απελευθερωθούν και θα δημιουργήσουν φυσαλίδες αέρα. Διοξείδιο του άνθρακα είναι μεταξύ των αερίων που βρίσκονται στις φυσαλίδες αέρα.

### 1.3.8.2 Αναπνοή φυτών και ζώων

Σημαντική φυσική πηγή διοξειδίου του άνθρακα είναι και η αναπνοή των φυτών και των ζώων, η οποία αντιπροσωπεύει το 28,56% των φυσικών εκπομπών. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα υποπροϊόν της χημικής αντίδρασης που χρησιμοποιούν τα φυτά και τα ζώα για να παράγουν την ενέργεια που χρειάζονται. Κάθε χρόνο αυτή η διαδικασία δημιουργεί περίπου 220 δισεκατομμύρια τόνους εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.[27] [35]

Τα φυτά και τα ζώα χρησιμοποιούν την αναπνοή για να παράγουν ενέργεια, η οποία χρησιμοποιείται για την επίτευξη βασικών δραστηριοτήτων όπως η κίνηση και η ανάπτυξη. Η

διαδικασία χρησιμοποιεί οξυγόνο για να διασπά τα θρεπτικά συστατικά όπως τα σάκχαρα, οι πρωτεΐνες και τα λίπη. Αυτό απελευθερώνει ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον οργανισμό αλλά δημιουργεί επίσης νερό και διοξείδιο του άνθρακα ως υποπροϊόντα.

## **1.4 Φαινόμενο του θερμοκηπίου**

Βασική αιτία εμφάνισης της κλιματικής αλλαγής αποτελεί το «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου». Ως φαινόμενο αποτελεί μια φυσική διαδικασία με την οποία η γη διατηρείται ζεστή με μέση θερμοκρασία στο επίπεδο των 15 °C. Σήμερα, όμως η έννοια του φαινομένου δεν αναφέρεται στη φυσική διεργασία αλλά στην έξαρση αυτής λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, όπου η ανάπτυξη ρυπαντών σχηματίζουν ένα είδος φράγματος που καλύπτει τη Γη και λειτουργεί σαν τη γυάλινη οροφή ενός θερμοκηπίου.

Το φράγμα αυτό επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά αποτρέπει τη διαφυγή θερμικής ακτινοβολίας προς το διάστημα, με αποτέλεσμα να συντελείται αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας. Η γη δέχεται συνολικά ηλιακή ακτινοβολία που αντιστοιχεί σε 1966 w/m<sup>2</sup> στο όριο της ατμόσφαιρας. Το 70% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται, κατά 16% από την ατμόσφαιρα, 3% από τα νέφη και 51% από την επιφάνεια και τους ωκεανούς.

Πριν τη βιομηχανική επανάσταση, η συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα ήταν λίγο κάτω από 280 ppm (parts per million). Σήμερα λόγω της βιομηχανικής ανάπτυξης και της καύσης ορυκτών καυσίμων η συγκέντρωση αγγίζει τα 400 ppm. Το ζητούμενο της διεθνής κοινότητας είναι η συγκέντρωση CO<sub>2</sub> και η θερμοκρασία να μην ξεπεράσουν τα 500 ppm και τους 20C αντίστοιχα. Η παγκόσμια θερμοκρασία έχει αυξηθεί κατά περίπου 0,80C τα τελευταία 150 χρόνια και αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω. Αν η θερμοκρασία της γης αυξηθεί περισσότερο από 20C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα, θα αυξηθεί ο κίνδυνος σε παγκόσμια ανθρώπινα και φυσικά συστήματα.

Οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου πρέπει να σταθεροποιηθούν σε αυτήν τη δεκαετία και να μειωθούν κατά 50%, συγκριτικά με τα επίπεδα του 1990, έως το 2050. Λαμβάνοντας υπόψη τις απαραίτητες προσπάθειες που καταβάλλουν οι αναπτυσσόμενες χώρες μακροχρόνια, οι ετήσιες παγκόσμιες εκπομπές αερίων θα χρειαστεί να μειωθούν κάτω από τους 5 GtCO<sub>2</sub> (giga-tones), που είναι τα επίπεδα που η Γη μπορεί να απορροφήσει χωρίς να αυξηθεί η συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα.

Η ΕΕ υποστηρίζει τον στόχο για μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 80% από το απόλυτο επίπεδο για το 2020 και 95% έως το 2050.

### **1.4.1 Αέρια του Θερμοκηπίου**

Στοιχεία από τις δεκαετίες του 1960 και 1970 έδειχναν ότι οι συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα αυξάνονταν σημαντικά, γεγονός που οδήγησε επιστήμονες να πιέσουν για δράση. Τα συμπεράσματα της διακυβερνητικής επιτροπής, που δημιουργήθηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας και το Διακυβερνητικό Πάνελ για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC),

ώθησαν τις κυβερνήσεις να δημιουργήσουν τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC). Η διαπραγμάτευση της Σύμβασης υπογράφηκε στην Συνάντηση κορυφής για την προστασία της Γης το 1992.

Τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου και η αντίστοιχη συμβολή τους στο φαινόμενο είναι :

- οι υδρατμοί (36-70%)
- το διοξείδιο του άνθρακα (9-26%)
- το μεθάνιο (4-9%)
- το όζον (3-7%).

Άλλα αέρια του θερμοκηπίου με μικρότερη επιρροή είναι το μονοξείδιο του αζώτου, οι υδροχλωροφθοράνθρακες, οι υπερφθοράνθρακες, οι υδροφθοράνθρακες και το εξαφθοριούχο θείο.

**Πίνακας 3 :** Ποσοστιαία συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα

Αέρια Θερμοκηπίου	Συγκέντρωση τό 1750	Συγκέντρωση σήμερα	Ποσοστό μεταβολής	Προέλευση
<b>Διοξείδιο του άνθρακα</b>	280 ppm	380 ppm	29%	Οργανική αποσύνθεση, Πυρκαγιές δασών, Ηφαίστεια, Καύσιμα Αποδασώσεις, κ.λ.π.
<b>Μεθάνιο</b>	0.70 ppm	1.70 ppm	143%	Υγρότοποι, Οργανική αποσύνθεση, Τερμίτες, Φυσικό αέριο – πετρελαιοπηγές, Καύση βιομάζας, Ρυζοκαλλιέργειες, Σκουπιδότοποι
<b>Οξείδια αζώτου</b>	280 ppb	310 ppb	11%	Δάση, Λιβάδια, Ωκεανοί, Απορρίμματα, Καλλιέργειες, Λιπάσματα; Καύση Βιομάζας, Καύσιμα
<b>Χλωροφθοράνθρακες (CFCs)</b>	0	900 ppt	-	Ψυγεία, Ψεκασμοί, Αεριωθούμενα, Απορρυπαντικά
<b>Όζον</b>	Άγνωστο	Ποικίλει	-	Δράση ηλιακής ακτινοβολίας επί μορίων Οξυγόνου και τεχνητή παραγωγή διά μέσου της φωτοχημικής αιθαλομίχλης

Αντιλαμβανόμαστε πως στα αέρια του θερμοκηπίου με ανθρωπογενή προέλευση το διοξείδιο του άνθρακα παίζει τον πιο σημαντικό ρόλο στην υπερθέρμανση του πλανήτη με ποσοστό 60%. Η αυξανόμενη χρήση των ορυκτών καυσίμων που άρχισαν στο τελευταίο μισό του δέκατου όγδοου αιώνα με την εκβιομηχάνιση έχει οδηγήσει σε υψηλές συγκεντρώσεις του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα.

#### 1.4.2 Προβλήματα από το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Ο υπολογισμός του οικονομικού κόστους της κλιματικής αλλαγής αποτελεί αναμφίβολα πρόκληση. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι και προσεγγίσεις που μας επιτρέπουν να εκτιμήσουμε το μέγεθος των σχετικών κινδύνων και να το συγκρίνουμε με τα κόστη, τις φυσικές συνέπειες στην οικονομική δραστηριότητα, στην ανθρώπινη ζωή και στο περιβάλλον .

Με τις σημερινές τάσεις, οι μέσες παγκόσμιες θερμοκρασίες θα αυξηθούν κατά περίπου 2oC τα επόμενα 50 χρόνια. Οι επιπτώσεις στον πλανήτη θα είναι σοβαρές :

- Οι μειούμενες σοδειές, ιδίως στην Αφρική, μπορεί να αφήσουν εκατοντάδες εκατομμύρια ανθρώπους χωρίς την ικανότητα παραγωγής ή αγοράς της αναγκαίας για την επιβίωσή τους ποσότητας τροφίμων.
- Το λιώσιμο των παγετώνων αρχικά θα αυξήσει τον κίνδυνο πλημμυρών και κατόπιν θα μειώσει σημαντικά τα αποθέματα νερού. Σταδιακά, το 1/6 του παγκόσμιου πληθυσμού κυρίως στην ινδική χερσόνησο, σε τμήματα της Κίνας και στις Άνδεις της Νότιας Αμερικής, θα βρεθεί σε κίνδυνο.
- Στα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, οι σχετιζόμενοι με το κρύο θάνατοι θα μειωθούν. Αλλά η κλιματική αλλαγή θα αυξήσει τους θανάτους παγκοσμίως από τον υποσιτισμό και το θερμικό στρες. Αν δεν ληφθούν αποτελεσματικά μέτρα ελέγχου, οι μεταδιδόμενες μέσω ενδιάμεσων ξενιστών λοιμώδεις νόσοι, όπως η ελονοσία και ο δάγκειος πυρετός, μπορεί να εξαπλωθούν.
- Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας με μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3 με 4<sup>o</sup>C θα αυξήσει τον αριθμό των ανθρώπων που πλήττονται από πλημμύρες κάθε χρόνο κατά δεκάδες ή και εκατοντάδες εκατομμύρια. Σοβαροί κίνδυνοι θα αυξήσουν τις πιέσεις για προστασία των παράκτιων περιοχών στη Νοτιοανατολική Ασία (Μπαγκλαντές και Βιετνάμ), στα μικρά νησιά της Καραϊβικής και του Ειρηνικού και σε μεγάλες παραλιακές πόλεις, όπως το Τόκιο, η Νέα Υόρκη, το Κάιρο και το Λονδίνο. Σύμφωνα με μια εκτίμηση, στα μέσα του αιώνα, 200 εκατομμύρια άνθρωποι μπορεί να αναγκασθούν να μετοικήσουν λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και της εντονότερης ξηρασίας.
- Τα οικοσυστήματα θα είναι ιδιαίτερα τρωτά στην κλιματική αλλαγή, με περίπου 15-40% των ειδών, δυνητικά να απειληθούν με αφανισμό με μια αύξηση της θερμοκρασίας μόλις κατά 2<sup>o</sup>C.

#### 1.4.3 Κοινωνικές συνέπειες κλιματικών αλλαγών

Η κλιματική αλλαγή είναι μια σοβαρή απειλή για τον αναπτυσσόμενο κόσμο κι ένα μεγάλο εμπόδιο στην αντιμετώπιση των πολυδιάστατων μορφών της φτώχειας.

- Οι λιγότερο αναπτυγμένες περιφέρειες αντιμετωπίζουν ένα γεωγραφικό

μειονέκτημα: είναι ήδη, κατά μέσο όρο, θερμότερες από τις αναπτυγμένες περιοχές, κι επίσης υποφέρουν από μεγάλη μεταβλητότητα στις βροχοπτώσεις. Κατά συνέπεια, η περαιτέρω θέρμανση θα φέρει στις φτωχότερες χώρες υψηλότερα κόστη και λιγότερες ωφέλειες.

- Οι λιγότερο αναπτυγμένες χώρες είναι πολύ εξαρτημένες από τη γεωργία, τον πιο ευαίσθητο στο κλίμα από όλους τους οικονομικούς τομείς, και υποφέρουν από ανεπαρκή υγειονομική πρόνοια και χαμηλής ποιότητας δημόσιες υπηρεσίες.
- Το χαμηλό κατά κεφαλήν εισόδημα και η τρωτότητα τους κάνουν την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή ιδιαίτερα δύσκολη.

Λόγω αυτών των παραγόντων, η κλιματική αλλαγή είναι πιθανό να μειώσει ακόμη περισσότερο τα ήδη χαμηλά εισοδήματα και να αυξήσει τα ποσοστά των ασθενειών και των θανάτων στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες. Η μείωση των αγροτικών εισοδημάτων θα αυξήσει τη φτώχεια και θα μειώσει την ικανότητα των νοικοκυριών να επενδύουν σ' ένα καλύτερο μέλλον.

Σε εθνικό επίπεδο, η κλιματική αλλαγή θα μειώσει τα έσοδα και θα αυξήσει τις ανάγκες για πρόσθετες δαπάνες, επιδεινώνοντας τη δημόσια οικονομία. Πολλές από τις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες ήδη αγωνίζονται να ανταπεξέλθουν στις τρέχουσες κλιματικές συνθήκες. Σήμερα, με αυξήσεις της θερμοκρασίας μικρότερες από 10C, τα ακραία καιρικά φαινόμενα προκαλούν οπισθοδρόμηση στους οικονομικούς και κοινωνικούς δείκτες τους. Οι επιπτώσεις της αμείωτης κλιματικής αλλαγής θα αυξήσουν κατά πολύ τους κινδύνους και τα κόστη αυτών των φαινομένων.

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και άλλες αλλαγές που συνδέονται με το κλίμα μπορούν να ωθήσουν εκατομμύρια ανθρώπους στη μετανάστευση. Περισσότερο από το 1/5 του Μπαγκλαντές μπορεί να βρεθεί κάτω από το νερό με μια άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά 1 μέτρο, κάτι που είναι πιθανό να συμβεί προς τα τέλη του αιώνα. Οι ακραίες καιρικές μεταβολές έχουν πυροδοτήσει βίαιες συγκρούσεις στο παρελθόν και είναι πολύ πιθανή η μελλοντική τους εκδήλωση σε περιοχές όπως η Δυτική Αφρική, η λεκάνη του Νείλου και η Κεντρική Ασία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### 2.1 Γενικά στοιχεία

Η ενέργεια αποτελεί ένα αναντικατάστατο αγαθό που καλύπτει τόσο πρωταρχικές ανάγκες της κοινωνίας (θέρμανση, κίνηση, φωτισμός κλπ) όσο και τις ανάγκες της παραγωγής. Μέχρι πρόσφατα, το επίπεδο ενεργειακής κατανάλωσης μίας χώρας θεωρείτο ενδεικτικό της οικονομικής της μεγέθυνσης και του βιοτικού επιπέδου των πολιτών. Η στενή σύνδεση του ενεργειακού τομέα με το περιβάλλον γίνεται ευρύτερα αντιληπτή σε παγκόσμιο επίπεδο στη δεκαετία του 1970 όταν συνειδητοποιείται το πεπερασμένο των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων καθώς και το μεγάλο μερίδιο ευθύνης του ενεργειακού τομέα στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος και ιδιαίτερα της ποιότητας της ατμόσφαιρας. Όπως αναφέρθηκε και στο παραπάνω κεφάλαιο οι ρύποι που προκύπτουν από της διαδικασίες παραγωγής ενέργειας, είναι αυτοί οι οποίοι δημιουργούν φαινόμενα, όπως αυτό του θερμοκηπίου, τα οποία επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα. Έτσι όπως και σε άλλες διαδικασίες, η μεταφορά αγαθών μέσω των πλοίων παγκόσμια, συνεισφέρει σε αυτή την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας.

Η κύρια εκπομπή ρύπων από τα πλοία προέρχεται από την καύση του καυσίμου. Η καύση γενικά ορίζεται ως μια εξώθερμη χημική αντίδραση ενός υλικού καυσίμου με οξυγόνο, η οποία συντελείται με αρκετά μεγάλο βαθμό απόδοσης θερμότητας, έτσι ώστε η εκπεμπόμενη υπό μορφή θερμότητας ενέργεια, να είναι τεχνικά εκμεταλλεύσιμη. Κατά την καύση, η χημική ενέργεια του καυσίμου, μετατρέπεται σε θερμική, ενώ το οξυγόνο που απαιτείται για την διεξαγωγή της, λαμβάνεται συνήθως από τον αέρα του περιβάλλοντος. Η καύση είναι μια χημική διαδικασία, κατά την οποία τα συστατικά του καυσίμου οξειδώνονται ταχύτατα από το οξυγόνο που περιέχει ο αέρας καύσης. Τα περισσότερα καύσιμα περιέχουν κυρίως άνθρακα (C), υδρογόνο (H) και σε μικρότερες ποσότητες θείο (S). Οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα, μπορούν να απεικονισθούν με τη χρήση χημικών αντιδράσεων, οι οποίες δίνουν πληροφορίες τόσο για τις σχετικές ποσότητες των ατόμων που αντιδρούν, όσο και για τα προϊόντα της καύσης. Για τα παραπάνω στοιχεία, οι «βασικές» χημικές αντιδράσεις οξείδωσης για την πλήρη καύση τους έχουν ως εξής:

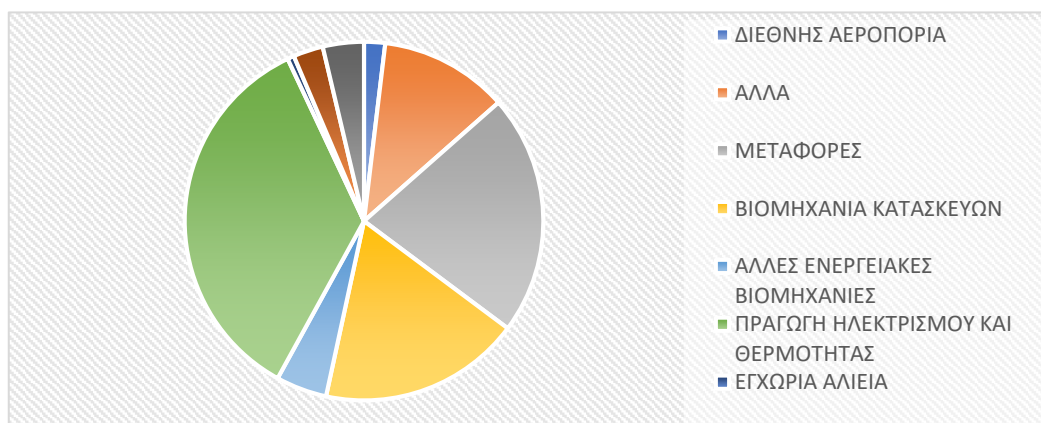
- $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 32.79 \text{ MJ / kg (C)}$
- $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + 142.07 \text{ MJ / kg (H)}$
- $S + O_2 \rightarrow SO_2 + 29.6 \text{ MJ / kg (S)}$

Οι κύριες εκπομπές καυσαερίων από πλοία περιλαμβάνουν CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, υδρογονάνθρακες και σωματίδια. Επιπλέον, κατά τη φόρτωση των πετρελαιοφόρων, η εξάτμιση οδηγεί σε επιπλέον εκπομπές υδρογονανθράκων. Τα καυσαέρια εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από τα πλοία και αναμιγνύονται με τον αέρα του περιβάλλοντος. Οι εκπομπές μπορούν να αλλάξουν σε περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο τη σύνθεση της ατμόσφαιρας, είναι ραδιενεργά ενεργές και έχουν κλιματικές επιπτώσεις. Μια ακριβής εκτίμηση των επιπτώσεων

των εκπομπών από τη ναυτιλία στην ατμόσφαιρα απαιτεί λεπτομερή γνώση των προτύπων εκπομπών και των ροών. Διάφορες απογραφές εκπομπών για τη ναυτιλία με βάση τις στατιστικές ενέργειας έχουν καθιερωθεί στο παρελθόν [Olivier et al., 1996; Corbett and Fischbeck, 1997; Corbett et al., 1999; Endresen et al., 2003]. Οι Corbett and Koehler [2003] δημοσίευσαν μια ενημερωμένη μελέτη για το παγκόσμιο καύσιμο που καίγεται από διεθνώς νηολογημένα πλοία άνω των 100 GT, βασισμένο στις διεθνείς ναυτιλιακές στατιστικές [Lloyd's Maritime Information System (LMIS), 2002] για το Σεπτέμβριο του 2001). Αυτή η μελέτη περιλαμβάνει μια εκτίμηση των εκπομπών που αφορούν τόσο τα μηχανήματα πρόωσης του πλοίου όσο και τον βοηθητικό μηχανολογικό εξοπλισμό τόσο στα φορτηγά όσο και στα μη φορτηγά πλοία αλλά και στον στρατιωτικό στόλο. Η συνολική κατανάλωση καυσίμων στο σύνολο του στόλου (πολιτικά και όλα τα στρατιωτικά πλοία) το 2001 σύμφωνα με αυτή την εργασία είναι 289 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι (Mt). Αυτή η εκτίμηση είναι υψηλότερη από όλες τις δημοσιευμένες απογραφές που βασίζονται σε ενεργειακές στατιστικές. Για παράδειγμα, οι Endresen et al. [2003] υπολόγισαν κατανάλωση καυσίμου 144 εκατομμυρίων τόνων για τον στόλο φορτίου και επιβατηγού πλοίου, ο οποίος συμφωνεί στενότερα με τις δημοσιευμένες στατιστικές καυσίμων. Πρόσφατα, οι Endresen et al. [2004] αμφισβήτησαν τις υψηλότερες αξίες των Corbett και Koehler [2003]. Οι Corbett και Koehler [2004] απάντησαν σε αυτή τη δημοσίευση και επιβεβαίωσαν την προηγούμενη εργασία τους. Θεωρούν εναλλακτικές παραμέτρους εισόδου στο μοντέλο της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών βάσει δραστηριότητας και καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι εναλλακτικές παραδοχές στις παραμέτρους εισόδου θα μπορούσαν τελικά να μειώσουν τις εκτιμήσεις τους, αλλά όχι περισσότερο από 14% έως 16%.

## 2.2 Εκπομπές CO<sub>2</sub> από ναυτιλία

Τον Απρίλιο του 2008 η ομάδα εργασίας του IMO που ασχολείται με την εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία συναντήθηκε για να προσδιορίσει τα βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα μέτρα για το CO<sub>2</sub>. Συμφωνήθηκε ότι διάφορα μέτρα μπορούν να οδηγήσουν στην άμεση μείωση των εκπομπών του CO<sub>2</sub> και ότι πρέπει να εφαρμοστούν το συντομότερο δυνατόν. Σαν επόμενο βήμα η επόμενη συνάντηση έγινε στο Όσλο τον Ιούνιο 2008 και η υποβολή της έκθεσης έγινε τον Οκτώβριο του 2008.

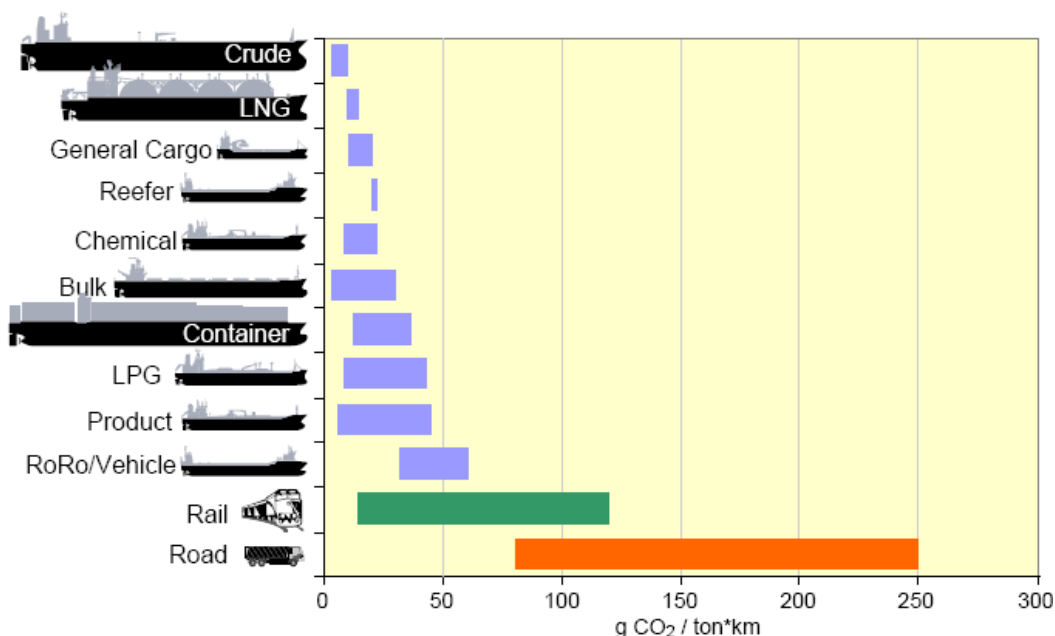


**Εικ 4** Ποσοστό (%) CO<sub>2</sub> που αναλογεί σε διάφορες πηγές εκπομπής του.

Η ομάδα των επιστημόνων στην έκθεση αυτή συμπέρανε ότι με βάση την πραγματική λειτουργία των εμπορικών πλοίων που δραστηριοποιήθηκαν σε διεθνή ταξίδια κατά το έτος 2007, περίπου 843 εκατομμύρια τόνοι CO<sub>2</sub> εκπέμφθηκαν στην ατμόσφαιρα. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί στο 2,7% των παγκοσμίων εκπομπών από όλες τις πηγές. Αν επιπρόσθετα λαμβάνονταν υπόψη η λειτουργία των πλοίων που εκτελούν εσωτερικά ταξίδια και των αλιευτικών σκαφών, το ποσοστό δεν θα ξεπερνούσε το 3,3% του συνόλου των εκπομπών (1.019 εκατομμύρια τόνοι/έτος). Στο παρακάτω Σχήμα 5 φαίνεται σχηματικά το ποσοστό CO<sub>2</sub> που αναλογεί στη ναυτιλία.

Η ποσότητα του CO<sub>2</sub> που παράγεται από τα πλοία είναι ανάλογη της κατανάλωσης καυσίμου και της περιεκτικότητας άνθρακα στα καύσιμα. Ενώ η τελευταία μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια, η κατανάλωση καυσίμου δεν είναι ιδιαίτερα ακριβής σε εκτιμήσεις μεγάλης κλίμακας.

Σύμφωνα με την έκθεση αυτή, ένας τόνος Marine Diesel Oil παράγει με την καύση του 3,09 kg CO<sub>2</sub>, ενώ ένας τόνος Heavy Fuel Oil 3,02 kg CO<sub>2</sub>. Στην περίπτωση των δεξαμενόπλοιων υγροποιημένου φυσικού αερίου, θεωρήθηκε ότι το 45% της συνολικής ενέργειας για το έμφορτο και υπό έρμα ταξίδι, προέρχεται από την καύση του boil off αερίου. Δηλαδή η παραγωγή CO<sub>2</sub> από την καύση του LNG αντιστοιχεί στο 76% της παραγωγής CO<sub>2</sub> από τη χρήση Heavy Fuel Oil. Ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου έγινε σε διαφορετικούς τύπους και μεγέθη πλοίων λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των πλοίων, τη μέση εγκατεστημένη ισχύ κύριων και βοηθητικών μηχανών, τις μέρες λειτουργίας, την ειδική κατανάλωση καυσίμου και τη φόρτιση των μηχανών.

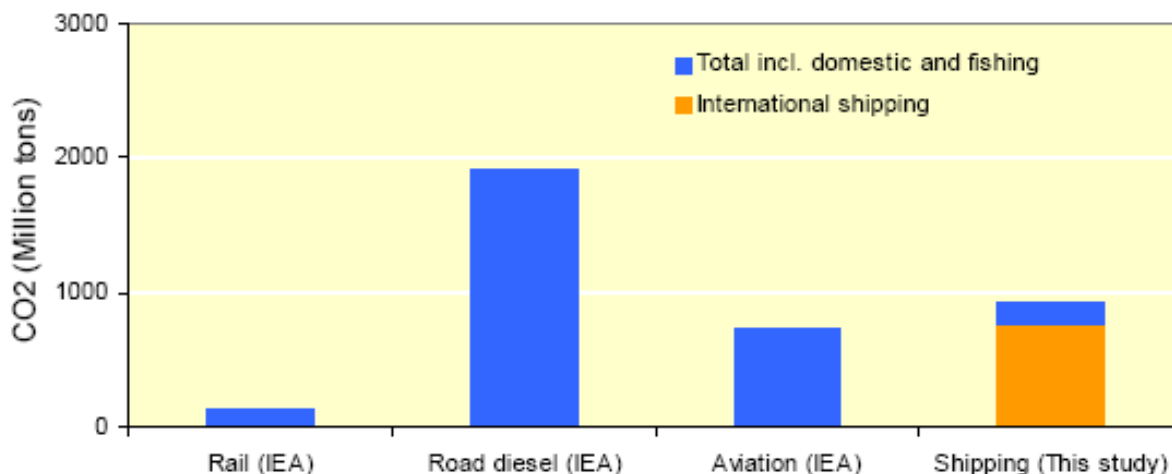


**Εικ 5** Σύγκριση της ενεργειακής απόδοσης του μεταφορικού έργου για διάφορα μέσα μεταφοράς.

Στην παραπάνω εικόνα 5 παρουσιάζεται πόσα γραμμάρια CO<sub>2</sub> εκπέμπονται ανά τόνο επί χιλιόμετρο απόστασης από διάφορους τύπους πλοίων καθώς και από τις οδικές και



σιδηροδρομικές μεταφορές. Παρατηρούμε ότι η ναυτιλία σε σχέση με τα άλλα μέσα μεταφοράς παράγει σημαντικά λιγότερο CO<sub>2</sub> για το έργο που πραγματοποιεί. Σε ποσότητα εκπομπών και με έτος αναφοράς το 2005, οι μεγαλύτερες εκπομπές CO<sub>2</sub> προήλθαν από τα ντιζελοκίνητα οχήματα (4,7 δισεκατομμύρια τόνοι), ακολουθούν τα πλοία διεθνών πλόων (774 εκατομ. τόνοι), τα αεροσκάφη (735 εκατομ. τόνοι ) και τα τρένα (133 εκατομ.τόνοι). Στην Εικ. 6 φαίνονται αυτές οι εκπομπές CO<sub>2</sub>. Να σημειώσουμε ότι τα στοιχεία για τις σιδηροδρομικές, οδικές και αεροπορικές μεταφορές πάρθηκαν από τη Διεθνή Υπηρεσία Ενέργειας (IEA).

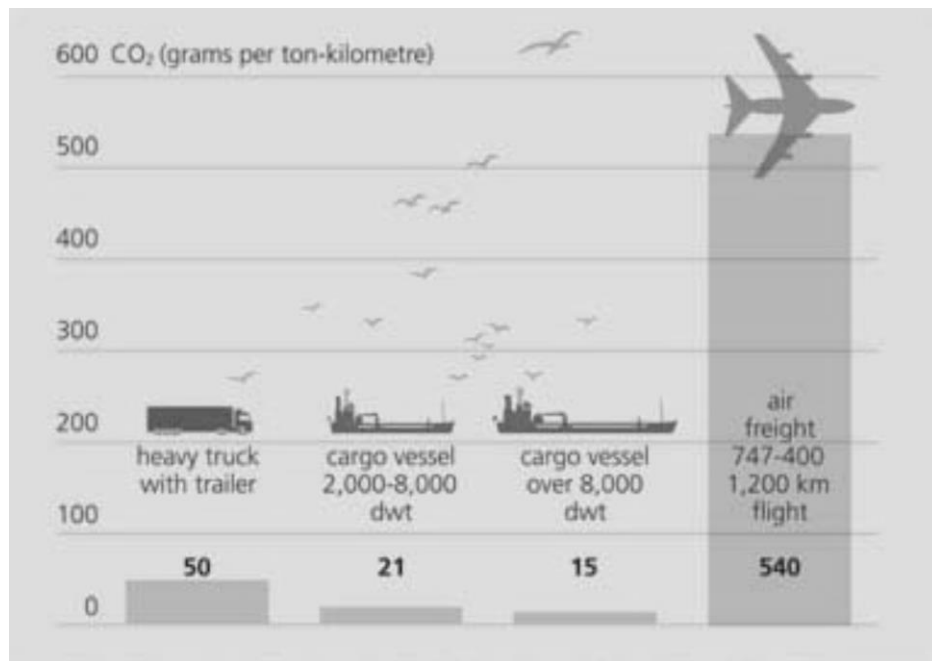


**Εικ 6** Εκπομπές CO<sub>2</sub> από διάφορα μέσα μεταφοράς κατά το έτος 2005.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ναυτιλία είναι αρμόδια για τη μεταφορά 90% του παγκόσμιου εμπορίου. Τα πλοία λοιπόν είναι μια σημαντική πηγή εκπομπής ρύπων (greenhouse gas) κάτι που φαίνεται και από τα ακόλουθα παραδείγματα :

- Μόνο έξι χώρες στον κόσμο απελευθερώνουν περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από το παγκόσμιο στόλο των θαλασσιών σκαφών.
- Αυτός ο στόλος απελευθερώνει μεταξύ 600 και 900 εκατομμυρίων μετρικών τόνων του διοξειδίου του άνθρακα κάθε έτος, ένα ποσό το οποίο είναι ισοδύναμο με τις εκπομπές ρύπων από τουλάχιστον 130 εκατομμύρια αυτοκίνητα (περίπου τόσος είναι ο αριθμός αυτοκινήτων στις Ηνωμένες Πολιτείες.)
- Ένα container-ship συντελεί περισσότερο στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη (global warming pollution) από 2.000 πετρελαιοκίνητα φορτηγά.
- Μέχρι το 2020, αυτές οι εκπομπές μπορεί να διπλασιαστούν καθώς και να τριπλασιαστούν μέχρι το 2030.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να γίνει μία αναφορά σε έκθεση του IMO (International Maritime Organization) που δημοσιεύτηκε το 2007 στην οποία γίνεται σύγκριση των εκπομπών CO<sub>2</sub> φορτηγών πλοίων, αεροπλάνων και φορτηγών. Από την έρευνα αυτή προέκυψε ότι τα φορτηγά πλοία παράγουν τρεις έως πέντε φορές λιγότερο CO<sub>2</sub> από τις οδικές και τις σιδηροδρομικές μεταφορές και μεταξύ είκοσι με τριάντα φορές λιγότερο από τις αεροπορικές μεταφορές κατά την μεταφορά ενός τόνου φορτίου ανά ένα χιλιόμετρο.



**Εικ 7** Σχηματική παράσταση σύγκρισης των εκπομπών CO<sub>2</sub> για διάφορους τρόπους μεταφοράς.

Στη εικόνα 7 φαίνεται η εκπομπή CO<sub>2</sub> που οφείλεται σε διάφορους τρόπους μεταφοράς. Παρατηρούμε ότι ένα φορτηγό πλοίο 2,000-8,000 DWT (ωφέλιμο φορτίο-μεταφορική ικανότητα) εκπέμπει 21 γραμμάρια CO<sub>2</sub> για έναν τόνο ανά χιλιόμετρο (gr per ton-kilometre) ενώ όταν το πλοίο είναι μεγαλύτερο, έχει δηλαδή μεγαλύτερο DWT (ωφέλιμο φορτίο-μεταφορική ικανότητα) η εκπομπή CO<sub>2</sub> είναι ακόμα μικρότερη και φτάνει στα 15 gr. Αυτά τα μεγέθη είναι όπως σημειώθηκε παραπάνω μικρότερα σε σχέση με τις οδικές και αεροπορικές μεταφορές. Όπως φαίνεται από την εικόνα 7 έχουμε 50 gr CO<sub>2</sub> per ton-kilometre και 540 gr CO<sub>2</sub> per ton-kilometre κατά τη μεταφορά φορτίου από ένα φορτηγό και από ένα αεροπλάνο του οποίου τα χιλιόμετρα της πτήσης είναι 1,200.

Παράλληλα ο IMO είχε ζητήσει από την Intertanko (The International Association of Independent Tanker Owners) να του υποβληθεί μία έκθεση που να περιέχει την παγκόσμια κατανάλωση καυσίμου για διάφορους τύπους πλοίων. Η Intertanko τέλος του 2007 παρέδωσε στον IMO μία έκθεση με τίτλο “Shipping, CO<sub>2</sub> and other emissions” που την σύνταξε ο T.J. Gunner. Η σύνταξη της αναφοράς αυτής έχει γίνει με στοιχεία που έχουν παρθεί από Νηογνώμονες, ιδιοκτήτες πλοίων και ναυπηγεία. Στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 4) φαίνονται οι κατηγορίες πλοίων, η ισχύς των μηχανών τους και η κατανάλωση Fuel Oil και Diesel Oil.

**Πίνακας 4:** Κατηγορίες πλοίων, η ισχύς των μηχανών τους και η κατανάλωση Fuel Oil και Diesel Oil

Τύπος	Μέση ισχύς κύριων μηχανών (HP)	Assessed Total HFO Cons. Tonnes	Assessed Total MDO Cons. Tonnes
<b>Bulk</b>	10,367	51,936,915	3,871,826
<b>Chem oil</b>	7,433	9,156,778	911,831
<b>Chemical tankers</b>	4,12	4,806,625	596,544
<b>Combination Carriers</b>	9,395	747,965	60,826
<b>Container</b>	28,234	102,551,791	1,532,544

<b>Crude tanker</b>	19,415	42,700,898	1,075,507
<b>Dry cargo</b>	3,186	20,490,663	6,758,506
<b>Gas Tankers - LNG</b>	36,175	15,675,000	69,12
<b>Gas Tankers - LPG</b>	6,152	6,065,143	586,691
<b>Miscellaneous</b>	3,199	6,453,645	11,362,792
<b>Offshore</b>	5,788	12,437,179	11,606,587
<b>Passenger/Ferry</b>	11,526	27,219,205	12,407,722
<b>Product tanker</b>	5,455	23,103,134	1,617,961
<b>Reefers</b>	5,79	10,497,832	1,768,366
<b>RoRo</b>	9,994	16,453,818	2,510,122
<b>Tanker unspecified</b>	3,071	2,177,679	2,012,271
<b>Average</b>	<b>7,608</b>	<b>352,474,269</b>	<b>58,749,216</b>

Η έκθεση αυτή αποτελεί τον προπομπό της έκθεσης που παρουσιάστηκε τον Ιούνιο 2008 στο Όσλο από την ομάδα εργασίας του IMO που ασχολείται με την εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου. Είναι η πιο πρόσφατη και ολοκληρωμένη αναφορά που έχει ο IMO περί των εκπομπών του CO<sub>2</sub> από τα πλοία. Περιλαμβάνει όλους τους τύπους πλοίων, την ισχύ των κυρίων μηχανών τους, την κατανάλωση σε fuel oil, την ηλεκτρική κατανάλωση, και φυσικά την κατανάλωση σε διοξείδιο του άνθρακα για κάθε πλοίο ξεχωριστά. Από τα στοιχεία που προκύπτουν φαίνεται ότι τα Container-ships έχουν την μεγαλύτερη κατανάλωση σε CO<sub>2</sub> που είναι 314.4693 tonnes (x10<sup>6</sup>) ανά έτος και ακολουθούν τα Crude tankers με 132.2893 tonnes (x10<sup>6</sup>). Τα Container-ships λοιπόν έχουν το 25.24 % των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα όλων των πλοίων και ακολουθούν τα Crude tankers με ένα ποσοστό της τάξης του 10.62 %. Την πιο μικρή κατανάλωση την έχουν τα Combination Carriers που εκπέμπουν μόλις το 0.20 % των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> που προέρχεται από τα πλοία. Στον Πίνακα 5 φαίνονται τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω.

**Πίνακας 5:** Γενικά στοιχεία για εκπομπές CO<sub>2</sub> για διάφορους τύπους πλοίων

Type	CO <sub>2</sub> from Bunker cons. Tonnes (x10 <sup>6</sup> )	% CO <sub>2</sub> emission per ship type
Bulk	1.688.124	13.55
Chem oil	304.697	2.45
Chemical tankers	163.581	1.31
Comb. Carriers	24.468	0.20
Container	3.144.693	25.24
Crude tanker	1.322.893	10.62
Dry cargo	827.400	6.64
Gas Tankers - LNG	475.570	3.82
Gas Tankers - LPG	201.288	1.62
Miscellaneous	545.486	4.38
Offshore	733.730	5.89
Passenger/Ferry	1.204.914	9.67
Product tanker	747.710	6.00

Reefers	371.627	2.98
RoRo	574.403	4.61
Tanker unspecified	127.856	1.03
Grand Total	12.458.441	100

## 2.3 Λοιπές εκπομπές αερίων από ναυτιλία

Σε στενή συνάρτηση με το CO<sub>2</sub> υπάρχουν και άλλα μολυσματικά αέρια που επηρεάζουν την αλλαγή κλίματος και προέρχονται από την ναυτιλία. Συγκεκριμένα, ρύποι όπως το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), τα νιτρώδη οξείδια (NO<sub>x</sub>) ή τα αιωρούμενα σωματίδια (particulate matter) δημιουργούν μακροχρόνιες επιδράσεις στο περιβάλλον λόγω της εκτεταμένης διάρκειας ζωής τους στην ατμόσφαιρα. Οι ρύποι αυτοί έχουν επιπτώσεις στα οικοσυστήματα, και ειδικότερα στην ποιότητα του νερού, και σε ευαίσθητα είδη βλάστησης καθώς έχουμε απελευθέρωση των τοξικών ενώσεων.

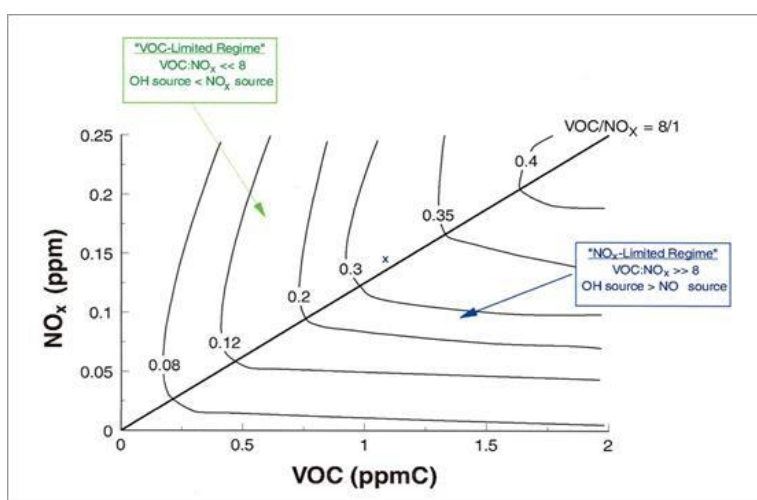
### 2.3.1 Εκπομπές Θείου

Το θείο που εκπέμπεται από τα πλοία σύμφωνα με τους Αμερικάνους ερευνητές, εκτιμάται ότι αποτελεί σχεδόν το 50 % του εκπεμπόμενου θείου σε μερικά μέρη των ωκεανών, οι οποίοι επίσης τονίζουν ότι αυτή η μορφή εκπομπής του στην ατμόσφαιρα, έχει μια σημαντική επίδραση στην αλλαγή του κλίματος καθώς προωθεί έντονα τον σχηματισμό σύννεφων. Ακολούθως, όταν μέσω αυτών των σύννεφων, το θείο κατά τη διάρκεια των βροχοπτώσεων μεταφέρεται στο έδαφος μπορεί να υπάρξει επίδραση με τα ευαίσθητα οικοσυστήματα.

Συνολικά οι εκπομπές από τη ναυτιλία, έχουν μια χαρακτηριστική επίδραση στο έδαφος, ιδιαίτερα υπό την μορφή όξινης βροχής. Συγκεκριμένα, η αλλαγή στη παγκόσμια ατμοσφαιρική ισορροπία της θερμότητας, που προκαλείται από τα σύννεφα που προκύπτουν από τις εκπομπές της ναυτιλίας, είναι αξιόλογη και υπεύθυνη σε ποσοστό 14% της κατ' εκτίμησης συνολικής αλλαγής που προκαλείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες από το 1990. Αυτό οφείλεται στο ότι οι εκπομπές θείου από τα πλοία παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό αερολυμάτων ή μικροσκοπικών άλλων ενώσεων με τα οποία το νερό συμπυκνώνεται για να σχηματοποιήσει το σύννεφο (53). Η συγκέντρωση σε θείο των θαλασσιών καυσίμων, σύμφωνα με το Παράρτημα VI της MARPOL 73/78, δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το 4.5% (ανώτατο όριο διεθνώς) και 1.5% για τη θάλασσα της Βαλτικής τη Βόρεια Θάλασσα και το Στενό της Μάγχης. Βέβαια από τον Απρίλιο του 2008 που αναθεωρήθηκε το Παράρτημα VI της MARPOL 73/78 το παγκόσμιο όριο του θείου μειώνεται αρχικά σε 3.5% (από το τρέχον 4.50%), από την 1η Ιανουαρίου 2012 και έπειτα σταδιακά σε 0.50 %, από την 1η Ιανουαρίου 2020.

### 2.3.2 Εκπομπές που επηρεάζουν το όζον

Εκτός από το CO<sub>2</sub> και το θείο το όζον θεωρείται ένα από τα σημαντικά αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα σκάφη δεν παράγουν άμεσα το όζον κατά τη διάρκεια της καύσης μηχανών, αλλά εκπέμπουν τους προδρόμους του όζοντος, τα NO<sub>x</sub> και VOCs. Η αύξηση της θέρμανσης, παγκόσμια από το όζον εμφανίζεται επειδή αυτό απορροφά και την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία στην υπεριώδη ακτίνα, και την επίγεια εκπεμπόμενη υπέρυθη ακτινοβολία σε ορισμένα μήκη κύματος. Το στρατοσφαιρικό όζον απορροφά περισσότερη ενέργεια από ότι επανακτινοβολεί, ενεργώντας ως καθαρή πηγή θέρμανσης. Το όζον ως αποτέλεσμα των εκπομπών των σκαφών, ως NO<sub>x</sub> αντιδρά με το ωκεάνιο/παράκτιο VOCs, ή με το μίγμα από τις χερσαίες εκπομπές και συμβάλλει άμεσα στην αύξηση της θέρμανσης στο σύστημα επιφάνειας-τροπόσφαιρας .

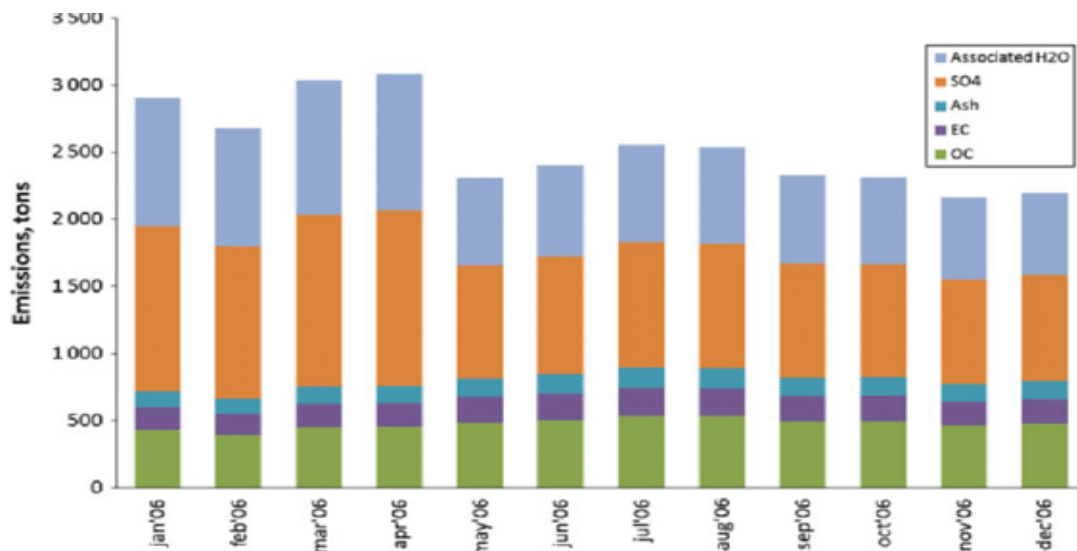


**Εικ. 8** Relationship between NO<sub>x</sub>, VOCs and ozone, expressed in the form of an EKMA diagram (NARSTO, 2000; Dodge, 1977)

### 2.3.3 Αιωρούμενα σωματίδια

Ένας άλλος σημαντικός ατμοσφαιρικός ρύπος που εκπέμπεται από τα πλοία είναι τα αιωρούμενα σωματίδια (particulate matter). Όταν αναφερόμαστε γι' αυτά τα σωματίδια στην ναυτιλία εννοούμε συνήθως τα PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, αφού αυτά είναι κυρίως που εκπέμπονται από τα πλοία. Τα σωματίδια αυτά έχουν διάμετρο 10μm και 2.5μm αντίστοιχα.

Οι εκπομπές σωματιδίων από τους κινητήρες ντίζελ των πλοίων είναι πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με τους βενζινοκινητήρες, με αποτέλεσμα να επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα πάνω από λιμάνια και ωκεανούς [55].



Εικ 9 Emissions of particulate matter from Baltic Sea shipping through 2006.

## 2.4. Τρόποι μείωσης εκπομπών του CO<sub>2</sub>

Η ανάγκη για όλο και περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου και κατά συνέπεια τις εκπομπές μεγαλύτερων ποσοτήτων καυσαερίων. Το καύσιμο αποτελείται κατά κύριο λόγο από άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο, θείο, τέφρα και νερό. Αυτά τα συστατικά κατά τη διάρκεια της καύσης παράγουν ρύπους που αλλοιώνουν τη σύνθεση του αέρα και δημιουργούν σοβαρά προβλήματα, τα οποία σχετίζονται άμεσα με την ποιότητα της ανθρώπινης ζωής και του οικοσυστήματος γενικότερα. Τα κύρια προϊόντα της καύσης είναι: CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub> και τέφρες διαφόρων συστατικών.

Ένα από τα συστατικά του καυσαερίου και μάλιστα σε υψηλή συγκέντρωση είναι το CO<sub>2</sub>, το οποίο θεωρείται ότι είναι ο κύριος υπεύθυνος για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (θεωρείται πως συμβάλλει περισσότερο από 80%). Η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί από 278 ppm στην προ-βιομηχανική εποχή σε 379 ppm στη σημερινή εποχή. Περίπου 50 Gt αερίων του θερμοκηπίου εκπέμπονται κάθε χρόνο εκ' των οποίων το 60% είναι CO<sub>2</sub> που προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων.

Το πρώτο βήμα για να βρεθεί μια λύση για τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα ήταν η σύνοδος κορυφής της Βραζιλίας το 1992, για τη θέσπιση του πλαισίου για την ατμόσφαιρα (Σύμβαση-Πλαίσιο για την Ατμόσφαιρα), η οποία τέθηκε σε ισχύ στις 21 Μαρτίου 1994. Το δεύτερο βήμα ήταν η υπογραφή του Πρωτοκόλλου του Κιότο το Δεκέμβριο του 1997 που τέθηκε σε ισχύ το 2005 μετά την επικύρωσή της από 187 κράτη μέλη του ΟΗΕ. Το πρωτόκολλο καθορίζει τους νομικά δεσμευτικούς περιορισμούς των έξι αερίων του θερμοκηπίου (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>). Οι βιομηχανίες παραγωγής ενέργειας έχουν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στις εκπομπές CO<sub>2</sub> από κάθε άλλη δραστηριότητα, όπως φαίνεται στην εικόνα 10.



**Εικόνα 10:** Εκπομπές CO<sub>2</sub> από διάφορες δραστηριότητες [I-5].

Δεδομένου ότι οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν την κύρια ευθύνη για την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου μέσω των βιομηχανικών δραστηριοτήτων τους για πάνω από 150 χρόνια, το πρωτόκολλο επιβαρύνει αυτούς περισσότερο σύμφωνα με την αρχή των «κοινών αλλά διαφοροποιημένων ευθυνών». Υπάρχουν τρεις κύριοι μηχανισμοί που καθορίζονται από το πρωτόκολλο προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου:

- Το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών (ETS)
- Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (ΜΚΑ) και
- Ο μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής (JI).

Από τα παραπάνω φαίνεται πως κρίνεται επιτακτική η ανάπτυξη τεχνολογιών μείωσης των εκπομπών του CO<sub>2</sub> προς το περιβάλλον από όλες τις πηγές που το προκαλούν και ειδικά από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίοι, όπως προκύπτει και από το σχήμα, είναι οι κύριοι υπαίτιοι της παραγωγής αυτού.

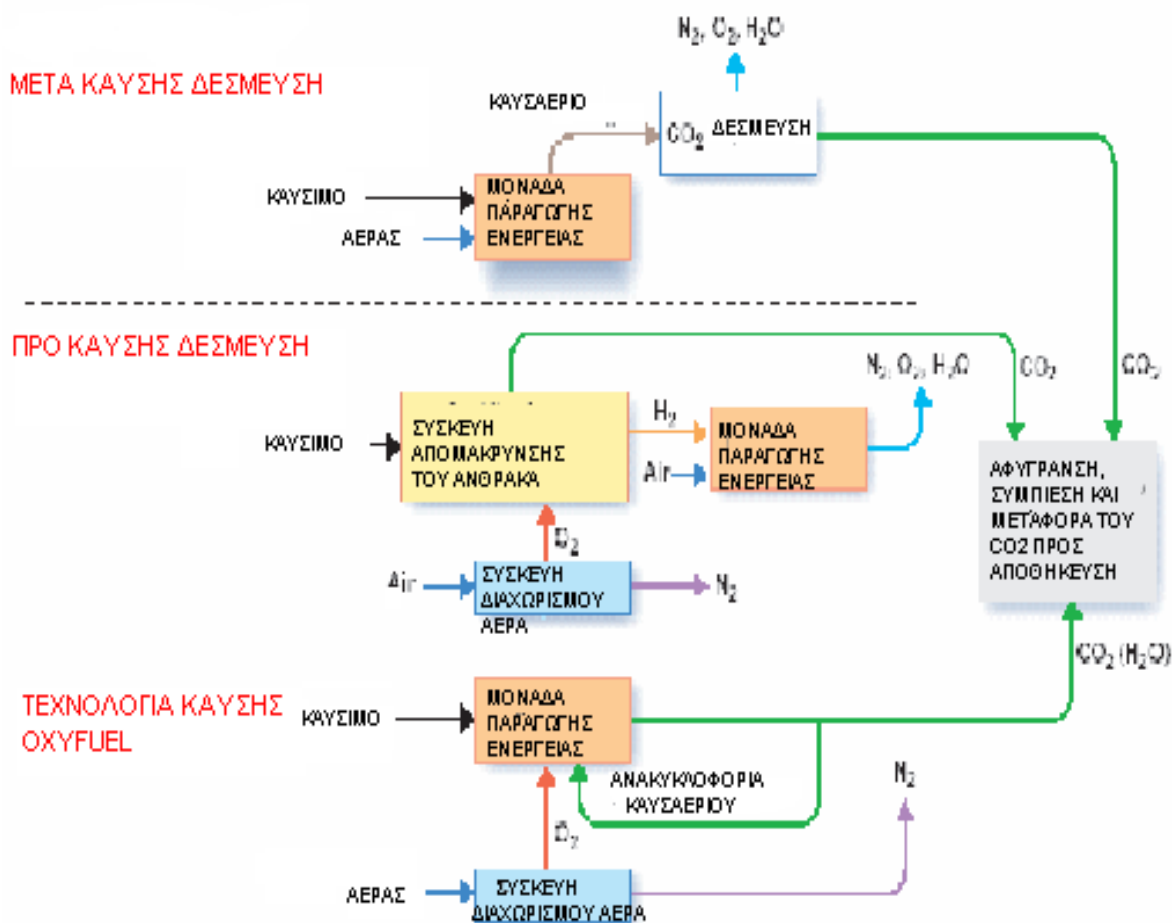
Γενικά αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τις παρακάτω τεχνικές:

- Με αύξηση του βαθμού απόδοσης των μονάδων, άρα καλύτερη αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας του καυσίμου, άρα παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας με μικρότερη κατανάλωση καυσίμου και μικρότερη παραγωγή CO<sub>2</sub>.
- Καύση αερίων καυσίμων (φυσικό αέριο) τα οποία έχουν χαμηλή ειδική εκπομπή CO<sub>2</sub> ανά παραγόμενη kWh (μικρότερος λόγος C/H).
- Χρήση συνδυασμένου κύκλου αεριοστροβίλου – ατμοστροβίλου που έχει καλύτερο βαθμό απόδοσης.
- Αύξηση της συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού και δίδοντας κίνητρα για ιδιοπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη βιομηχανία.

- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Εκστρατεία εξοικονόμησης ενέργειας, μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στον τομέα των μεταφορών, αυξημένη εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.
- Αύξηση της τιμής της ενέργειας με αντίστοιχη επιδότηση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Με τις τεχνικές δέσμευσης και αποθήκευσης του CO<sub>2</sub> από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι βασικές τεχνολογίες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως επιλογές για τη δέσμευση CO<sub>2</sub> από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι ακόλουθες οι οποίες φαίνονται και στην εικόνα 11.

- Δέσμευση μετά την καύση (post-combustion).
- Δέσμευση πριν την καύση (pre-combustion).
- Τεχνολογίες όπου το άζωτο απομακρύνεται από τη διαδικασία της καύσης (ευρέως γνωστή ως oxyfuel καύση ή καύση O<sub>2</sub>) με ανακυκλοφορία CO<sub>2</sub>.



Εικόνα 11: Αρχή λειτουργίας των κύριων τεχνικών δέσμευσης του CO<sub>2</sub>.



### 2.4.1 Δέσμευση του CO<sub>2</sub> μετά την καύση (post-combustion capture)

Αφού ολοκληρωθεί η διεργασία της καύσης, το CO<sub>2</sub> μπορεί να διαχωριστεί από τα υπόλοιπα συστατικά του καυσαερίου. Για το σκοπό αυτό έχουν προταθεί τεχνικές διαχωρισμού όπως η απορρόφηση (χημική και φυσική), η προσρόφηση, η κρυογονική και η ώσμωση. Η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής γίνεται βάσει των ιδιοτήτων του καυσαερίου, δηλαδή της θερμοκρασίας, της πίεσης, της σύστασης και της παροχής όγκου.

Οι φυσικοί διαλύτες εμπορικής χρήσης συνήθως περιέχουν ψυχρή μεθανόλη, πολυαιθυλική γλυκόλη, προπυλενικό ανθρακικό οξείδιο του ασβεστίου, υδροξείδιο του νατρίου και υδροξείδιο του καλίου. Αυτοί οι διαλύτες είναι περισσότερο κατάλληλοι για λειτουργία σε υψηλότερες πιέσεις από αυτή των καυσαερίων θερμικών σταθμών.

Μερικά υλικά με μεγάλη ενεργό επιφάνεια, όπως ο ζεόλιθος και ο ενεργός άνθρακας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσροφήσουν το CO<sub>2</sub>. Το στάδιο της αναγέννησης γίνεται είτε με αύξηση της θερμοκρασίας είτε με μείωση της πίεσης. Ωστόσο, οι τεχνικές προσρόφησης δεν έχουν ακόμα εφαρμοστεί σε μεγάλης κλίμακας μονάδες ενώ παράλληλα η ικανότητα δέσμευσης και η επιλεκτικότητα του CO<sub>2</sub> είναι χαμηλές και η απαιτούμενη ενέργεια για τη διεργασία της αναγέννησης είναι υψηλή.

Ο κρυογονικός διαχωρισμός του CO<sub>2</sub> είναι οικονομικά συμφέρων σε υψηλές συγκεντρώσεις του CO<sub>2</sub>. Οι οσμωτικές μεμβράνες διαχωρισμού είναι λεπτά φιλμ που μεταφέρουν επιλεκτικά αέρια διαμέσου αυτών, βασιζόμενα στη διαφορά μερικών πιέσεων των αερίων.

Μια περισσότερο εφαρμόσιμη τεχνική δέσμευσης του CO<sub>2</sub> από θερμικούς σταθμούς είναι αυτή της χημικής απορρόφησης με χρήση υγρού διαλύτη. Οι μόνοι εμπορικά διαθέσιμοι απορροφητές, αρκούντως ικανοί για τη διεργασία με το αραιό CO<sub>2</sub> σε ατμοσφαιρική πίεση είναι τα υδατικά διαλύματα αλκαλαμινών, όπως οι μονοαιθυλαμίνες, οι διαιθυλαμίνες, οι μεθυλοδιαιθανολαμίνες και οι τελευταία ανα-πτυχθείσες επιβραδυντικές αμίνες.

Ένα σύστημα συνεχούς καθαρισμού χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει το CO<sub>2</sub> από το καυσαέριο με χημική απορρόφηση. Σε γενικές γραμμές, το σύστημα αποτελείται από δύο κύρια στοιχεία: έναν απορροφητή, στον οποίο απορροφάται το CO<sub>2</sub> και έναν αναγεννητή, όπου το CO<sub>2</sub> απελευθερώνεται και ο διαλύτης ανακτάται για να επαναχρησιμοποιηθεί. Πριν την αφαίρεση του CO<sub>2</sub>, το καυσαέριο ψύχεται στους 40-60 °C και ακολούθως υπόκειται διεργασίες απομάκρυνσης των χημικών ενώσεων (όπως τα οξείδια του θείου και του αζώτου, το υδροχλώριο και ο υδράργυρος) που προκαλούν προβλήματα, ήτοι δαπανηρές απώλειες του διαλύτη. Οι διαλύτες αμινών απορροφούν το CO<sub>2</sub> (μαζί με πολύ μικρές ποσότητες οξειδίων του αζώτου και του θείου) με χημική αντίδραση. Ένα άλλο κύριο χαρακτηριστικό των συστημάτων αμινών είναι τα υψηλά ποσά θερμότητας που απαιτούνται για την αναγέννηση του διαλύτη καθώς η θερμοκρασία αναγέννησης προσεγγίζει τους 120°C. Η απαιτούμενη θερμότητα κατά τεκμήριο λαμβάνεται από τον κύκλο ατμού, με συνεπακόλουθη μείωση του βαθμού απόδοσης, ενώ, όπως συμβαίνει και με όλες τις άλλες τεχνολογίες, απαιτείται ενέργεια και για τη συμπίεση του CO<sub>2</sub>.

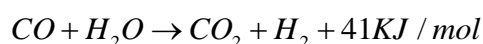
Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής, είναι ότι μπορεί να εφαρμοστεί στις υπάρχουσες μονάδες χωρίς σημαντικές τροποποιήσεις. Η κύρια τροποποίηση έχει να κάνει με τον κύκλο νερού-ατμού, όπου ένα μέρος του ατμού που εξέρχεται από τον στρόβιλο μέσης πίεσης, χρησιμοποιείται για την παροχή της απαραίτητης θερμότητας για την αναγέννηση του διαλύτη. Έτσι μειώνεται η ισχύς του στρόβιλου. Λόγω της μείωσης της παροχής του ατμού προς τον στρόβιλο χαμηλής πίεσης, μπορεί να απαιτηθούν μικρές μετατροπές σε αυτόν.

Αρκετά ερευνητικά προγράμματα διεξάγονται σήμερα προκειμένου να προσδιοριστούν οι βέλτιστοι τρόποι δέσμευσης του CO<sub>2</sub> μετά την καύση. Το ερευνητικό πρόγραμμα CASTOR [www.castor.org] επικεντρώνεται στην τεχνολογία διαχωρισμού του CO<sub>2</sub> μετά την καύση με κύριο στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας χρησιμοποιώντας τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας ροής και την ενσωμάτωση τεχνικών βελτίωσης της απόδοσης της όλης εγκατάστασης όπως π.χ. η ανάκτηση θερμότητας από το σύστημα δέσμευσης CO<sub>2</sub>, χρήση αμινών μέγιστης απόδοσης κ.α. Ειδικότερα, το βασικό σενάριο του προγράμματος με χρήση MEA έχει διερευνηθεί για μια ελληνική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής.

#### 2.4.2 Δέσμευση του CO<sub>2</sub> πριν την καύση (pre-combustion capture)

Στην περίπτωση αυτή, ο άνθρακας που περιέχεται στο καύσιμο απομακρύνεται πριν την καύση, με σκοπό την παραγωγή ενός αερίου καυσίμου πλούσιου σε υδρογόνο και ενός ρεύματος CO<sub>2</sub>. Ο κύκλος αυτός μπορεί να αξιοποιηθεί για παραγωγή υδρογόνου και ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατά το πρώτο βήμα, παράγεται ένα σύνθετο αέριο αποτελούμενο κυρίως από CO και υδρογόνο. Όταν ως καύσιμο χρησιμοποιείται κάποιος γαιάνθρακας, αυτός πρώτα αεριοποιείται. Σε περίπτωση χρήσης φυσικού αερίου ως καυσίμου, το αέριο σύνθεσης παράγεται με μερική οξείδωση ή με αναμόρφωση με ατμό. Στη συνέχεια το CO αντιδρά με ατμό σε έναν καταλυτικό αντιδραστήρα κατά την εξώθερμη αντίδραση μετατόπισης του νερού, βάσει της χημικής αντίδρασης:



Μετά από την αντίδραση μετατόπισης και την αφαίρεση του συμπυκνώματος, το προκύπτον αέριο περιέχει κυρίως CO<sub>2</sub> και υδρογόνο, με συγκέντρωση CO<sub>2</sub> της τάξης του 30% κατ' όγκο. Σε αυτή την περίπτωση, η μερική πίεση του CO<sub>2</sub> είναι σημαντικά υψηλότερη από αυτή της δέσμευσης μετά την καύση, κάτι που αποτελεί αποτέλεσμα της υψηλής πίεσης της διεργασίας (μεταξύ 20 bar και 30 bar) και της υψηλής συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub>. Η πλέον δόκιμη διεργασία διαχωρισμού υδρογόνου και CO<sub>2</sub> σε τέτοιες συνθήκες είναι η φυσική απορρόφηση. Το πλούσιο σε υδρογόνο καύσιμο μπορεί ακολούθως να χρησιμοποιηθεί σε μια αεριοστροβλική μονάδα συνδυασμένου κύκλου ώστε να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια. Στο μέλλον προβλέπεται να είναι εφικτή η εξαγωγή του υδρογόνου από το αέριο με χρήση μεμβρανών, ενώ το πλούσιο σε CO<sub>2</sub> ρεύμα θα μεταφέρεται για αποθήκευση.

Και εδώ έχουμε σημαντική μείωση του βαθμού απόδοσης λόγω της αφαίρεσης του CO<sub>2</sub> η οποία σε διαθέσιμες εφαρμογές κυμαίνεται μεταξύ 9.5 και 11.5 ποσοστιαίες μονάδες.

### 2.4.3 Καύση σε συνθήκες καθαρού οξυγόνου (oxyfuel combustion)

Μια άλλη τεχνική για την αφαίρεση του CO<sub>2</sub> από το καυσαέριο είναι η χρήση οξυ-γόνου αντί για αέρα για την καύση. Η ογκομετρική σύσταση του αέρα σε άζωτο είναι περίπου 79% και αυτή η ποσότητα μειώνει σημαντικά τη συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στο παραγόμενο καυσαέριο. Από την άλλη πλευρά, η καύση με σχεδόν καθαρό οξυγόνο (δηλαδή με καθαρότητα 95%-99%) σε σχεδόν στοιχειομετρικές συνθήκες παράγει καυσαέριο που περιέχει κυρίως CO<sub>2</sub> (άνω του 90% κ.ο σε σύσταση ξηρού καυσαερίου), υδρατμό, ίχνη ευγενών αερίων και ανάλογα με τη σύσταση του καυσίμου οξειδία του αζώτου και του θείου. Για την αποφυγή θερμών σημείων (hot spots) που οι συνέπειές τους είναι καταστροφικές για την αντοχή των υλικών του λέβητα, η συγκέντρωση του O<sub>2</sub> στο οξειδωτικό μέσο θα πρέπει να είναι χαμηλή. Γι' αυτό το λόγο ένα ποσοστό του ψυχρού καυσαερίου ανακυκλοφορεί στην περιοχή της καύσης. Ακολούθως ο υδρατμός στο καυσαέριο συμπυκνώνεται και το πλούσιο σε CO<sub>2</sub> ρεύμα συμπιέζεται.

Εμφανίζονται διαφορετικές «επιπτώσεις» σε σχέση με την εκάστοτε εφαρμογή. Η καύση σε λέβητα απαιτεί μικρές τροποποιήσεις στις επιφάνειες της εστίας και των υπολοίπων επιφανειών συναλλαγής θερμότητας, ώστε να προσαρμοστούν στη μεταβολή της σύστασης και της παροχής του καυσαερίου, καθώς επίσης και τροποποιήσεις των καυστήρων. Μία μονάδα με συνδυασμένη χρήση αεριοστροβίλου και ατμοστροβίλου (συνδυασμένου κύκλου) απαιτεί τροποποιήσεις στο συμπιεστή, το στρόβιλο, το θάλαμο καύσης, το σύστημα ψύξης του αεριοστροβίλου και το σύστημα ανάκτησης θερμότητας ως αποτέλεσμα της μεταβολής των ιδιοτήτων του καυσαερίου.

Για εφαρμογές λεβήτων, η τεχνολογία καύσης με καθαρό οξυγόνο και με ανακυκλοφορία καυσαερίου αποτελεί από τεχνική άποψη μια εφικτή λύση, τόσο σε παλιές όσο και σε νέες μονάδες. Ωστόσο, σε αεριοστροβιλικές μονάδες συνδυασμένου κύκλου η τεχνολογία αυτή είναι δυνατό να εφαρμοστεί μόνο σε ειδικά διαμορφωμένες νέες εγκαταστάσεις.

Ο διαχωρισμός του αέρα στην κλίμακα που απαιτείται για μια εφαρμογή ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας τη διαθέσιμη τεχνολογία για τον κρυογονικό διαχωρισμό, μια τεχνολογία ιδιαίτερα ενεργοβόρο (με τη βέλτιστη διαθέσιμη τεχνολογία απαιτούνται περίπου 220kWh για κάθε μετρικό τόνο οξυγόνου) που οδηγεί σε μη αμελητέα πτώση του βαθμού απόδοσης. Άλλες τεχνικές διαχωρισμού του αέρα κατάλληλες για μεγάλης κλίμακας εφαρμογές με χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση βρίσκονται στο επίκεντρο του ερευνητικού ενδιαφέροντος.

Και για αυτή την τεχνολογία υπάρχουν αρκετά ερευνητικά προγράμματα που διεξάγονται σήμερα προκειμένου να προσδιοριστούν οι βέλτιστοι τρόποι δέσμευσης του CO<sub>2</sub>. Τα βασικότερα εξ' αυτών είναι:

#### ➤ ENCAP [38]

Κύριος σκοπός του προγράμματος είναι η ανάπτυξη τεχνολογιών δέσμευσης κατά 90% του CO<sub>2</sub> από σταθμούς στερεών καυσίμων. Η κύρια τεχνολογία που εξετάζεται είναι αυτή στην οποία η καύση γίνεται σε συνθήκες καθαρού οξυγόνου. Για την μελλοντική χρήση της υπόψη τεχνολογίας για εμπορικούς σκοπούς εξετάζεται η εφαρμογή βελτιώσεων στο κόστος και στις καταναλώσεις ώστε να μπορεί να ανταγωνιστεί τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

### ➤ ASSOCOCS [39]

Αυτό το πρόγραμμα εξετάζει τις τρεις κύριες τεχνολογίες για τη δέσμευση του CO<sub>2</sub> (την αεριοποίηση, την μετά καύσης δέσμευση και την καύση σε συνθήκες καθαρού οξυγόνου) και αναλύει μια από τις περισσότερο ελκυστικές τεχνικές για οικονομικότερη δέσμευση τον εμπλουτισμό του άνθρακα καύσης με μεθάνιο.

### ➤ OXYBURNER [40]

Αυτό το πρόγραμμα εξετάζει την ανάπτυξη ενός προηγμένου περιβάλλοντος καύσης χαμηλών εκπομπών NO<sub>x</sub> σε συνθήκες καθαρού οξυγόνου για καύση λιγνίτη και υποκατάστατων του που θα είναι περισσότερο οικονομικά, αποδοτικά και καθαρά. Τα αποτελέσματα από μια πειραματική μονάδα 30 MWth με λέβητα καύσης με καθαρό οξυγόνο στο Vattenfall εξετάζονται ώστε να είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων για μεγαλύτερης κλίμακας εγκαταστάσεις.

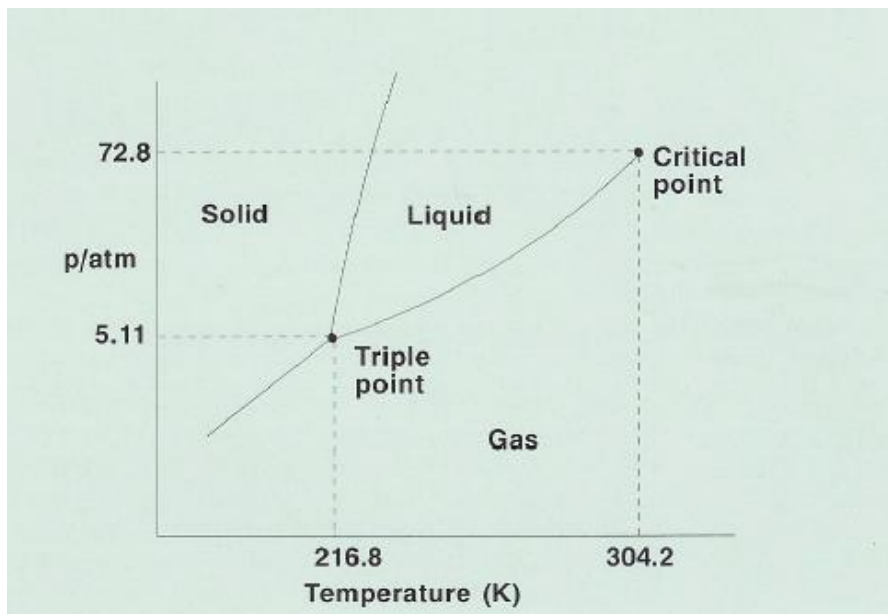
### ➤ FRIENDLY-COAL [41]

Αυτό το πρόγραμμα στοχεύει στη χρήση προηγμένων λεβήτων για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με καύση στερεών καυσίμων σε συνθήκες καθαρού οξυγόνου και δίχως εκπομπές CO<sub>2</sub>. Το πρόγραμμα εξετάζει έναν λέβητα 30 MWth με χρήση λιθάνθρακα.

## 2.5 Μεταφορά και αποθήκευση του CO<sub>2</sub>

### 2.5.1 Μεταφορά του CO<sub>2</sub>

Για τη μεταφορά του το CO<sub>2</sub> πρέπει αυτό να συμπιεστεί σε πίεση της τάξης του κρίσιμου σημείου (δηλ. πάνω από 73 bar – μια τυπική τιμή της πίεσης που χρησιμοποιείται συνήθως στη διεθνή βιβλιογραφία είναι 110 bar) προτού μεταφερθεί και αποθηκευτεί. Η αφύγρανση του CO<sub>2</sub> είναι απαραίτητη για την αποφυγή εμφάνισης φαινομένων διάβρωσης. Μια εναλλακτική διατύπωση αυτού είναι η ελάττωση της υγρασίας σε τάξη μεγέθους ppm. Η εικόνα 12 παρουσιάζει το διάγραμμα φάσεων του CO<sub>2</sub>.



**Εικ. 12:** Διάγραμμα φάσεων του CO<sub>2</sub>

Δεν είναι ακόμη εξακριβωμένο ποιες χημικές ενώσεις γίνονται αποδεκτές στο δεσμευμένο CO<sub>2</sub> από τεχνικής, περιβαλλοντικής και νομικής πλευράς, πράγμα που καθιστά αναγκαίο το να γίνει γνωστή η επίδραση της σύστασης στις θερμοφυσικές ιδιότητες, όπως οι συνθήκες του κρίσιμου σημείου, η αναμιξιμότητα και οι επιπτώσεις στον εξοπλισμό (διάβρωση). Πρέπει επίσης να προσδιοριστεί ο εξοπλισμός για τον καθαρισμό του καυσαερίου, ώστε να μπορούν να ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις που τίθενται από την εκάστοτε ποιότητα του CO<sub>2</sub>.

Για την «εμπορευματοποίηση» της δέσμευσης και αποθήκευσης του CO<sub>2</sub> από θερμικές μονάδες, απαιτείται εκτός των άλλων κι ένα πλήρες σύστημα μεταφοράς του δεσμευμένου CO<sub>2</sub> από τους χώρους παραγωγής του στους χώρους αποθήκευσης.

Οι εφικτές εναλλακτικές λύσεις για τη μεταφορά είναι η χρήση πλοίων και δικτύων αγωγών, είτε για εγχώρια είτε για παράκτια μεταφορά. Με βάση μια δημοσίευση του Zero Emissions Platform (Zep) προκύπτει πως ένα μελλοντικό σύστημα μεταφορών, βασισμένο στα παραπάνω μέσα για μια μονάδα των 200 MW<sub>el</sub> (που παράγει ετησίως 1,000,000 τόνους CO<sub>2</sub>) θα εμφανίζει κόστος μεταφοράς ανά τόνο CO<sub>2</sub> από €1.00 έως €6.00, ανάλογα με την τοποθεσία αποθήκευσης. Το ίδιο μέγεθος για σύστημα διαφόρων μονάδων των 1000 MW<sub>el</sub> (που μπορεί να παράγουν ετησίως από 40,000,000 έως 300,000,000 τόνους CO<sub>2</sub>) με παράκτια αποθήκευση είναι €2.00 ανά τόνο CO<sub>2</sub>. Υποτέθηκε εδώ ότι οι κατασκευή των νέων ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων θα συνδυαστεί κατά τέτοιον τρόπο με τις τοποθεσίες αποθήκευσης του CO<sub>2</sub> με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς. Πάντως, στα πρώτα χρόνια υλοποίησης της μεθόδου αυτής το κόστος θα είναι προφανώς μεγαλύτερο.

Προς το παρόν, η πλέον διαδομένη μέθοδος μεταφοράς για μεγάλες ποσότητες CO<sub>2</sub> είναι η χρήση δικτύων αγωγών. Αρκετά εκατομμύρια τόνοι CO<sub>2</sub> μεταφέρονται κάθε χρόνο κυρίως στις Η.Π.Α., κατά μήκος μεγάλων χερσαίων αποστάσεων σε δίκτυα υψηλής πίεσης για ενίσχυση της βιομηχανίας παραγωγής πετρελαίου. Οι εταιρίες παραγωγής πετρελαίου πληρώνουν για κάθε τόνο CO<sub>2</sub> που παραλαμβάνουν από \$9.00 ως \$18.00. Λύσεις παράκτιων δικτύων σωληνώσεων για μεταφορά CO<sub>2</sub> δεν έχουν ακόμα εφαρμοστεί, είναι, όμως, τεχνολογικά εφικτές. Η μεταφορά

μπορεί να γίνει και με χρήση άλλων μέσων, όπως οι σιδηρόδρομοι και τα πλοία. Υπάρχει εμπειρία από τη χρήση αυτών των μέσων για μεταφορά προϊόντων, με αποτέλεσμα να μεταφέρονται με αυτόν τον τρόπο περίπου 100,000 τόνοι CO<sub>2</sub> ετησίως. Αντίθετα η χρήση οδικών μέσων δεν αποτελεί αποδεκτή λύση. Επίσης, η εμπειρία από τη βιομηχανία αργού πετρελαίου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και να εφαρμοστεί σε μεγάλη κλίμακα, μιας και οι ομοιότητες του τρόπου μεταφοράς των δύο προϊόντων είναι πολλές.

Τα χερσαία και παράκτια μέσα μεταφοράς μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνδυαστικά σε ένα μελλοντικό ολοκληρωμένο σύστημα μεταφοράς του CO<sub>2</sub>. Εξετάζοντας το πρόβλημα μελλοντικά σε πολύ μεγάλη κλίμακα, τρεις είναι οι βασικές εναλλακτικές λύσεις: ναυτιλία, χερσαίο και παράκτιο δίκτυο αγωγών, ενώ η χρήση σιδηροδρόμων μπορεί να εξεταστεί σε ειδικές μόνο περιπτώσεις. Σε επίπεδο παράκτιας μεταφοράς η χρήση πλοίων και αγωγών παρουσιάζουν το ίδιο κόστος, πλην όμως κάθε τεχνική έχει το δικό της πεδίο εφαρμογής. Έτσι, ένας συνδυασμός δικτύων αγωγών και πλοίων φαίνεται να αποτελεί την πιο συμφέρουσα οικονομικά λύση για την παράκτια μεταφορά.

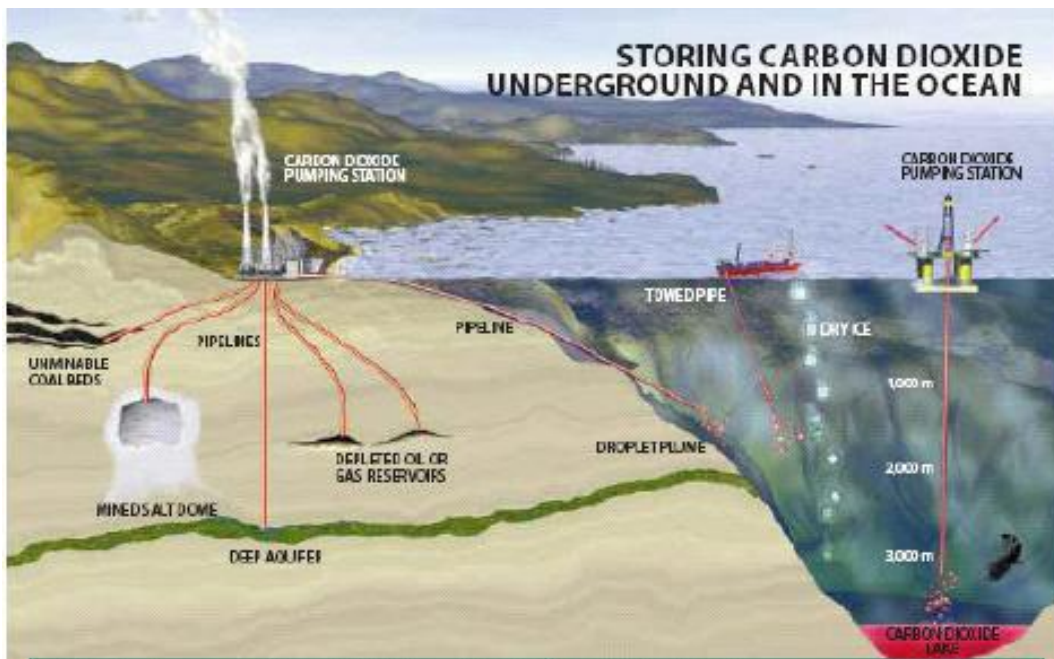
Είναι προφανές ότι η μεταφορά με αγωγούς είναι η μόνη σοβαρή πρόταση για χερσαίες μεταφορές μεγάλων ποσοτήτων, ενώ το κόστος, όπως προαναφέρθηκε, συρρικνώνεται όταν η πηγή του CO<sub>2</sub> είναι κοντά στο χώρο αποθήκευσης, σε επίπεδα χαμηλότερα του €1.00 ανά τόνο CO<sub>2</sub> (το κόστος αυτό εξαπλασιάζεται σε περιπτώσεις παράκτιας μεταφοράς). Οι υπολογιζόμενες δαπάνες είναι ενδεικτικές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μια αρχική εκτίμηση κόστους.

### **2.5.2 Αποθήκευση του CO<sub>2</sub>**

Η μόνιμη και ασφαλής αποθήκευση του δεσμευμένου CO<sub>2</sub> αποτελεί παράμετρο ζωτικής σημασίας, χωρίς την οποία η μείωση του βαθμού απόδοσης λόγω εφαρμογής τεχνολογιών δέσμευσης του CO<sub>2</sub> θα ήταν αδύνατο να αιτιολογηθεί. Η αποθήκευση του CO<sub>2</sub> απασχολεί πάρα πολλές χώρες εν όψει των απαιτήσεων της μετά Κιότο περιόδου. Το CO<sub>2</sub> μπορεί να αποθηκευτεί:

- Σε μεγάλους γεωλογικούς σχηματισμούς, όπως υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες με μη πόσιμο νερό, κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου.
- Βάθη ωκεανών.
- Κενά ανθρακωρυχεία.

Η εικόνα 13, δείχνει τις δυνατότητες γεωλογικής αποθήκευσης του CO<sub>2</sub>, καθώς και της αποθήκευσής του στους ωκεανούς.



**Εικόνα 13:** Δυνατότητες γεωλογικής αποθήκευσης του CO<sub>2</sub>.

### 2.5.3 Αποθήκευση του CO<sub>2</sub> σε γεωλογικούς σχηματισμούς

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι γεωλογικών σχηματισμών που είναι διαδομένοι και που έχουν την επαρκή δυνατότητα αποθήκευσης του CO<sub>2</sub>:

- υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες με μη πόσιμο νερό.
- κοιτάσματα πετρελαίου
- κοιτάσματα φυσικού αερίου.

**Πίνακας 6:** Δυνατότητες υπόγειας αποθήκευσης του CO<sub>2</sub> στην Ευρώπη σε Gt

	Στην ξηρά	Παράκτια
Υδροφόροι ορίζοντες με μη πόσιμο νερό	57	716
Κοιτάσματα πετρελαίου	0,2	5,9
Κοιτάσματα φυσικού αερίου	12,5	14,4

Ο πίνακας 6 δείχνει τη δυνατότητα υπόγειας αποθήκευσης του CO<sub>2</sub> και φαίνεται ότι η δυνατότητα αποθήκευσης σε υδροφόρους ορίζοντες είναι σημαντική. Τα υδροφόρα στρώματα αποτελούνται από πορώδη βράχο (συχνά αμμώδη), που συνήθως περιέχει θαλασσινό νερό και μέσα από τον οποίο υγρά ή αέρια μπορούν να κινηθούν ανάλογα με τη διαπερατότητα. Το CO<sub>2</sub> εισάγεται στο στρώμα μέσω μιας γεώτρησης, οπότε το CO<sub>2</sub> διαλύεται μερικώς στο αλμυρό νερό. Εκεί ενδέχεται να πραγματοποιηθούν αντιδράσεις με το περιβάλλοντα στερεό τοίχωμα. Αν

το τοίχωμα είναι πυριτικό άλας, ένα ποσοστό του αερίου θα μπορούσε να αντιδράσει με τα πυριτικά άλατα δημιουργώντας στερεό ανθρακικό άλας, προσφέροντας κατ' αυτόν τον τρόπο δυνατότητα μόνιμης αποθήκευσης.

Η αποθήκευση του CO<sub>2</sub> σε χώρους μερικώς εξαντλημένων αποθεμάτων πετρελαίου ή φυσικού αερίου αποτελεί μια οικονομικά ελκυστική πρόταση. Το CO<sub>2</sub> που εγχύεται σε αυτούς τους χώρους ωθεί προς τα έξω τα εναπομείναντα αποθέματα, βελτιώνοντας έτσι την οικονομική βιωσιμότητα αυτών, εφόσον αυξάνονται οι οικονομικές συμφέρουσες απολήψιμες ποσότητες. Η αύξηση της παραγωγής πετρελαίου εξαρτάται από δύο παράγοντες: τη διαφορά πιέσεων και την ελάττωση του ιξώδους του πετρελαίου εξ' αιτίας της απορρόφησης του CO<sub>2</sub> σε αυτό. Η αποθήκευση σε κοιτάσματα πετρελαίου φαίνεται να είναι προτιμότερη από ότι σε κοιτάσματα αερίου, διότι τα τελευταία έχουν σε ποσοστό άνω του 80% εξαντληθεί σε αντίθεση με τα κοιτάσματα πετρελαίου. Η τεχνική αυτή είναι ιδιαίτερος διαδεδομένη στις Η.Π.Α.

#### 2.5.4 Αποθήκευση του CO<sub>2</sub> σε βάθη ωκεανών

Εάν το CO<sub>2</sub> πρόκειται να αποθηκευτεί στη θάλασσα για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, τότε θα πρέπει να εισαχθεί κάτω από τη λεγόμενη θερμοκλίνη, δηλαδή το όριο μεταξύ του ομογενούς αναμειγμένου νερού κοντά στην επιφάνεια και τα χαμηλότερα και ψυχρότερα επίπεδα, όπου παρατηρείται μια χαρακτηριστική μείωση της θερμοκρασίας ανάλογη με το βάθος. Ο χρόνος παραμονής του CO<sub>2</sub> εκεί είναι μόλις 100 χρόνια. Το CO<sub>2</sub> υπάρχει κυρίως στο ελαφρώς βασικό αλμυρό νερό (με pH περίπου 8), ως ανθρακικό ιόν HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> με μόνο το 1% να διαλύεται. Η υπόλοιπη ποσότητα εμφανίζεται σαν CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> και ίχνη (περίπου 0.2%) ως αδιάλυτο H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Κάτω από βάθος 2600m (όπου η θερμοκρασία του νερού είναι περίπου 2°C), η πυκνότητα του υγρού CO<sub>2</sub> είναι μεγαλύτερη από αυτή του θαλασσινού νερού, άρα από αυτό το βάθος το CO<sub>2</sub> κατακάθεται στον πυθμένα. Αυτή η διεργασία μάλλον θεωρείται μη αποδεκτή στο πλαίσιο των υπαρχόντων διεθνών συμβάσεων, οι δε συνέπειές της στο θαλάσσιο κύκλο της ζωής δεν είναι πλήρως κατανοητές.

Ο πίνακας 7 δείχνει τις δυνατότητες αποθήκευσης του CO<sub>2</sub> στη Βόρεια Θάλασσα.

**Πίνακας 7:** Δυνατότητες αποθήκευσης CO<sub>2</sub> στη Βόρεια Θάλασσα σε Gt

	Χώροι εξαντλημένων αποθεμάτων πετρελαίου	Χώροι εξαντλημένων αποθεμάτων φυσικού αερίου
Δανία	0.1	0.4
Ολλανδία	0	0.8
Νορβηγία	3.1	7.2
Μ. Βρετανία	2.6	4.9
Σύνολο	5.8	13.3

#### 2.5.5 Αποθήκευση του CO<sub>2</sub> σε κενά ανθρακωρυχεία



Μια άλλη οικονομική μέθοδος για την αποθήκευση του CO<sub>2</sub> προσφέρεται από τις βαθιές στοές παλιών ανθρακωρυχείων, από τα οποία δεν υπάρχουν περιθώρια περαιτέρω εξόρυξης. Σε αυτή την περίπτωση, το αέριο εγχέεται στη στοά μέσω γεωτρήσεων και προσροφάται από τον άνθρακα. Με αυτή τη διαδικασία εκροφάται μεθάνιο, αυξάνοντας έτσι το ρυθμό παραγωγής αυτού. Αυτή η διεργασία είναι γνωστή ως μέθοδος ECBM (Enhanced Coalbed Methane). Ο πίνακας 8 παρουσιάζει τις δυνατότητες αποθήκευσης του CO<sub>2</sub> με την τεχνική ECBM.

**Πίνακας 8:** Δυνατότητες αποθήκευσης του CO<sub>2</sub> με τη μέθοδο ECBM σε παγκόσμια κλίμακα (μεγέθη σε Gt CO<sub>2</sub>)

Η.Π.Α.	35
Αυστραλία	30
Ινδονησία	24
Ρωσία και Ουκρανία	19
Κίνα	13
Καναδάς	12
Ζιμπάμπουε	5.1
Ινδία	5
Γαλλία και Γερμανία	1.9
Δημοκρατία της Νότιας Αφρικής	1.7
Πολωνία και Τσεχία	1.6
Σύνολο	148.3

Το δεσμευμένο CO<sub>2</sub> μπορεί να διατηρηθεί μόνιμα ως ανθρακικό άλας μαγνησίου ή ασβεστίου, τα οποία είναι άφθονα διαθέσιμα παγκοσμίως σε μορφή πυριτικών αλάτων. Η διεργασία της ενανθράκωσης είναι σε αρχικό ακόμα στάδιο ανάπτυξης και συντίθεται από τα ακόλουθα βήματα: το εξορυχθέν υλικό κονιοποιείται και ίσως απαιτήσει πριν την ενανθράκωση θερμική προ-επεξεργασία σε περιβάλλον CO<sub>2</sub> σε πίεση 187 bar και θερμοκρασία 155 °C. Περίπου το 80% της σερπεντίνης (ενός άλατος του μαγνησίου) μετατρέπεται σε MgCO<sub>3</sub> υπό στοιχειομετρικές συνθήκες μέσα σε μισή ώρα. Το αφυγρανθέν ανθρακικό άλας και το οξείδιο του πυριτίου αποθηκεύονται στο ορυχείο.

Η λάσπη αντιμετωπίζεται ως ένα υδατικό διάλυμα NaCl και NaHCO<sub>3</sub>. Τα άλατα του μαγνησίου προτιμώνται, μιας και η περιεκτικότητα του μεταλλεύματος σε οξείδια είναι υψηλότερη (35% ως 50% αντί 9% ως 13% για το CaO). Η όλη διεργασία απαιτεί περισσότερο από το 40% της ενέργειας που παράγεται σε έναν θερμικό σταθμό ενώ εκτιμάται ότι περίπου 3.7 t MgO ή 4.7 t CaO απαιτούνται για έναν τόνο άνθρακα. Ένας λιγνιτικός σταθμός με εγκατεστημένη ισχύ 1GW θα απαιτούσε 66,000 τόνους μεταλλεύματος ημερησίως και διάθεση 88,000 τόνων του άλατος μαγνησίου (4 ως 5 φορές περισσότερο για CaO).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### 3.1 Κλιματική Αλλαγή - Δράσεις Διεθνούς Κοινότητας - Θεσμικό Πλαίσιο

Ο τρόπος αντιμετώπισης του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής πρέπει να αλλάξει. Στο πλαίσιο λοιπόν της επιτακτικής ανάγκης για τον περιορισμό του φαινομένου, η διεθνής κοινότητα μέσω των Ηνωμένων Εθνών και των συνδιασκέψεων για την κλιματική αλλαγή έχει αναλάβει δράση προτείνοντας την θεσμοθέτηση μέτρων που θα αποτρέψουν την ραγδαία εξέλιξη του φαινομένου. Οι προτάσεις για την θεσμοθέτηση των δράσεων που συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή εμφανίστηκαν αρχικά στην πρώτη φορά αποτίμησης για την Κλιματική Αλλαγή το 1990. Η Ελλάδα κύρωσε την Σύμβαση το 1994 με το νόμο 2205. Με έναυσμα τη Συνδιάσκεψη του Ρίο τον Ιούνιο του 1992 ,και όσο τα περιβαλλοντικά θέματα και η αντιμετώπιση τους έπαιρναν όλο και μεγαλύτερες διαστάσεις, ακολούθησαν και άλλες Συνδιασκέψεις και Πρωτόκολλα Συμφωνιών μεταξύ των κρατών με βασικό στόχο την αντιμετώπιση του φαινομένου. Τα σημαντικότερα εκ των οποίων είναι :

- Η 3η Σύνοδος των Συμβαλλόμενων Μερών της Σύμβασης που έλαβε χώρα στο Κιότο το Δεκέμβριο του 1997, ολοκληρώθηκε με τον καθορισμό του Πρωτοκόλλου του Κιότο (1997)
- Η Συμφωνία της Κοπεγχάγης (2009)
- Η Συνδιάσκεψη του Κανκούν για την Κλιματική Αλλαγή (2010)

### 3.2 Πρωτόκολλο Κιότο

Το Πρωτόκολλο του Κιότο είναι μία από τις σημαντικότερες διεθνείς νομοθετικές πράξεις καταπολέμησης των κλιματικών μεταβολών. Περιλαμβάνει τις δεσμεύσεις που έχουν αναλάβει οι εκβιομηχανισμένες χώρες για τον περιορισμό των εκπομπών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το Πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005. Επρόκειτο για μία φιλόδοξη όσο και περίπλοκη συμφωνία 141 χωρών [42] με δεσμευτικό χαρακτήρα που περιλαμβάνει μέτρα μείωσης εκπομπών, για τη μετά τη 2000 περίοδο.

Θεσπίστηκε στην παλιά πρωτεύουσα της Ιαπωνίας Κιότο στις 11 Δεκέμβρη 1997 και εγκρίθηκε από τη Διεθνή Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές αλλαγές, που είχε υπογραφεί στη Διάσκεψη της Νέα Υόρκης 9 Μαΐου του 1992. Έπειτα η Ευρωπαϊκή Κοινότητα υπέγραψε το Πρωτόκολλο στις 29 Απριλίου 1998 με απόφαση δεσμεύσεων σε ότι αφορά τον περιορισμό και τη μείωση των εκπομπών για τα κράτη μέλη κατά την 1η περίοδο δεσμεύσεως 2008-2012.



**Εικ 14 :** Παγκόσμιος χάρτης με τις χώρες που συμμετέχουν στο Πρωτόκολλο του Κιότο (με **πράσινο** οι χώρες που το υπέγραψαν και το επικύρωσαν, με **κίτρινο** όσες το υπέγραψαν και αναμένεται η επικύρωσή τους, με **κόκκινο** όσες το υπέγραψαν αλλά δεν το έχουν επικυρώσει και με **γκρί** όσες δεν έχουν πάρει θέση)

Η συμφωνία δέσμευε έως σήμερα μια ομάδα όπου συμμετείχαν 168 ανεπτυγμένα κράτη, των οποίων οι εκπομπές αντιστοιχούν περίπου στο 61,6% των συνολικών εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Το Πρωτόκολλο επεκτάθηκε μια οκταετία πέραν του 2012. Στα πλαίσια των ευρωπαϊκών στρατηγικών για το 2020, με σκοπό την και μείωση του κόστους από την αγορά καυσίμων, το οποίο για το 2011 ανήλθε σε 388 δισεκατομμύρια ευρώ, έχει θέσει τους στόχους 20/20/20. Αυτοί μεταφράζονται σε 20% περιορισμό των εκπομπών σε σχέση με το 1990 για το σύνολο της ΕΕ, εξασφάλιση του 20% των αναγκών της σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές και μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 20% μέχρι το 2020.

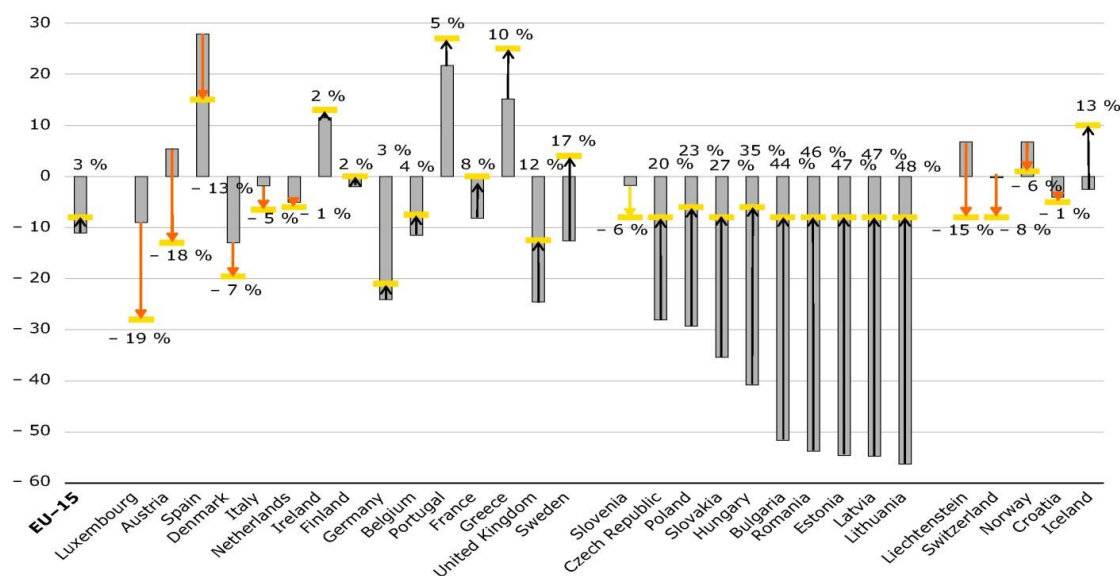
Αν και είναι το μόνο δεσμευτικό σχέδιο για την καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη, υπονομεύεται από την αποχώρηση της Ιαπωνίας, της Ρωσίας και του Καναδά οπότε αυτοί που το συνυπογράφουν ανήκουν πια μόνο στο 15% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Όπως είναι γνωστό, το πλεόνασμα, που υπάρχει στις ποσοτώσεις των εκπομπών των αερίων βάσει του Πρωτοκόλλου του Κιότο αντιστοιχεί σε 13 δισεκατομμύρια τόνους για το CO<sub>2</sub>.

### 3.3 Κύρια σημεία του Πρωτόκολλου του Κιότο

Τα ανεπτυγμένα κράτη δεσμεύονται να μειώσουν τις συνολικές τους εκπομπές και κυρίως το διοξείδιο του άνθρακα κατά 5,2% τουλάχιστον, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 στο διάστημα 2008-2012.

- Ε.Ε. : -8%
- Η.Π.Α. : -7%
- Ιαπωνία : -6%
- Ρωσία – Ουκρανία –Νέα Ζηλανδία : 0%
- Ισλανδία : + 10%

- Νορβηγία : +15%
- Ελλάδα : +25%
- Πορτογαλία : +28%



**Εικ 15 :** Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> μεταξύ 2008-2011 κάτω από τους περιορισμούς και στόχους του Κιότο και τους ευέλικτους μηχανισμούς. (Κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει την ποσοστιαία μεταβολή των εγχώριων εκπομπών σε σύγκριση με τα προηγούμενα έτη .Η κίτρινη γραμμή αντιπροσωπεύει το Κιότο, δηλαδή την κατανομή του βάρους στόχου.)

Παρ' όλη την αύξηση η δέσμευση δεν είναι τόσο μεγάλη για τις αναπτυσσόμενες χώρες, αφού κάθε μία εξ αυτών ανέλαβε διαφορετικό ποσοστό μείωσης στο πλαίσιο του γενικού στόχου.

➤ Δυνατότητα εκπλήρωσης των υποχρεώσεων από κοινού:

Τα κράτη που δηλώνουν κοινή εκπλήρωση των υποχρεώσεων τους, μέσω μιας συμφωνίας, θα καταγράφεται η υποχρέωση τους και θα καταθέτεται με κείμενο επικύρωσης για το επίπεδο που πρέπει να διατηρούνται οι εκπομπές τους.

➤ Δυνατότητα εκπλήρωσης μέρους των υποχρεώσεων μέσω τριών ευέλικτων μηχανισμών:

Οι χώρες με τις δεσμεύσεις του Πρωτοκόλλου του Κιότο για τον περιορισμό ή την μείωση των αερίων πρέπει να πετύχουν στους στόχους τους κυρίως μέσω εθνικών μέτρων. Ως συμπληρωματικό μέτρο για την επίτευξη των στόχων αυτών, το ΠτΚ εισάγει τρεις μηχανισμούς βασισμένους στην αγορά (market based solutions), δημιουργώντας την γνωστή «αγορά άνθρακα». Βασική προϋπόθεση για την εκπλήρωση των υποχρεώσεων μέσω των μηχανισμών αυτών είναι η παρουσία συμπληρωματικού πλαισίου που θα περιλαμβάνει εθνικές δράσεις για την επίτευξη προόδου όσον αφορά την υλοποίηση των δεσμεύσεων και στην ανά πάσα στιγμή προσκόμιση των σχετικών αποδείξεων. Γι' αυτόν τον λόγο συντάχθηκαν κάποιοι «ευέλικτοι μηχανισμοί» με σκοπό την καθοδήγηση προς αυτόν τον στόχο.

## 3.4 Ευέλικτοι Μηχανισμοί

### 3.4.1 Εμπόριο Δικαιωμάτων Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου

Το Πρωτόκολλο του Κιότο διαθέτει μηχανισμό «εμπορίου εκπομπών». Η εθνική υποχρέωση για μείωση των εκπομπών σύμφωνα με το Πρωτόκολλο καθορίζεται με βάση ένα εθνικό ανώτατο όριο εκπομπών. Αν μια χώρα δεν εκπέμψει εκπομπές αερίων που να φθάνουν το ανώτατο όριο εκπομπών που της αναλογεί, μπορεί να πουλήσει το αχρησιμοποίητο μέρος των εκπομπών της σε κάποια άλλη χώρα που έχει ξεπεράσει το δικό της ανώτατο όριο εκπομπών. Τα δικαιώματα αυτού του συστήματος κατανομούνται στις επιχειρήσεις από τα εθνικά σχέδια κατανομής (NAP) και υπόκεινται στην έγκριση της επιτροπής. Σύμφωνα με τις οδηγίες 2003/87/EK και 2004/101/EK, η πρώτη περίοδος του ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών είναι η τριετία 2005-2007, ενώ οι επόμενες περιόδους εμπορίας ταυτίζονται με τις πενταετείς περιόδους που προβλέπονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο (2008-2012, 2013-2017, κ.ο.κ.). Τα κράτη μέλη οφείλουν μέσα σε συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα να εκπονήσουν εθνικά σχέδια κατανομής, στα οποία υπάρχει πρόβλεψη, μεταξύ άλλων, για:

- τη συνολική ποσότητα δικαιωμάτων
- την κατανομή σε επίπεδο δραστηριότητας (κατά περίπτωση)
- την κατανομή σε επίπεδο εγκατάστασης
- τους νεο-εισερχόμενους
- τη μεθοδολογία κατανομής (μαθηματικοί τύποι, διάφορες ειδικές διατάξεις, κτλ)
- τη λίστα των υπόχρεων εγκαταστάσεων.

Η παρακολούθηση γίνεται με καθαρισμένα κριτήρια συνδέοντας τα μητρώα της Ε.Ε. με το Ευρωπαϊκό Μητρώο Δικαιωμάτων CITL (Community International Transaction Log) όπου καταγράφονται οι μεταβολές στην κατοχή δικαιωμάτων εκπομπών στην αγορά.

Στο Σύστημα εντάσσονται μεγάλες εγκαταστάσεις από τους τομείς ηλεκτροπαραγωγής, διυλιστηρίων, χαλυβουργίας, τσιμεντοβιομηχανίας, κεραμοποιίας και χαρτοβιομηχανίας. Η πρώτη περίοδος του Συστήματος είναι το 2005 - '07, η δεύτερη το 2008-'12 ενώ θα ακολουθήσουν και άλλες περιόδους, διάρκειας 5 ή περισσότερων ετών.

Για κάθε περίοδο, κάθε κράτος-μέλος της ΕΕ υποβάλλει προς έγκριση στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή Εθνικό Σχέδιο στο οποίο αναφέρει το πλήθος «δικαιωμάτων εκπομπής» (ένα δικαίωμα ισούται με ένα τόνο CO<sub>2</sub>) που κατανέμει σε κάθε εγκατάσταση καθώς και την αντίστοιχη μεθοδολογία. Η Επιτροπή αξιολογεί τα σχέδια με βάση -μεταξύ άλλων- την απαιτούμενη πορεία επίτευξης του στόχου του Κιότο για κάθε κράτος μέλος.

Κάθε εγκατάσταση που συμμετέχει στο Σύστημα δικαιούται να εκπέμψει τόση ποσότητα όση τα δικαιώματα που έχει λάβει. Αν οι εκπομπές της υπερβαίνουν το όριο αυτό, θα πρέπει να αγοράσει ένα ποσοστό δικαιωμάτων από άλλη εγκατάσταση η οποία διαθέτει πλεόνασμα. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μια «αγορά δικαιωμάτων» και μια τιμή-κόστος για κάθε τόνο CO<sub>2</sub> που εκπέμπεται. Αυτό το κόστος πλέον λαμβάνεται υπόψη από κάθε επιχείρηση που το συνεκτιμά στις αποφάσεις για τις δραστηριότητες και τις επενδύσεις της και φιλικά μέτρα προς το περιβάλλον γίνονται περισσότερο ανταγωνιστικά.

Τουλάχιστον στα 9 δισ. ευρώ μέχρι το 2020 εκτιμάται ότι θα ανέλθει το αρχικό κόστος αγοράς αδειών για την εκπομπή ρύπων.

### 3.4.2 Μηχανισμοί Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanisms - CDM)

Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης απορρέει ως το νέο οικονομικό όργανο από το Πρωτόκολλο του Κιότο προωθώντας τεχνολογίες του μέλλοντος. Οι CDM προτάθηκαν από τις εκβιομηχανισμένες χώρες για μεγαλύτερη ευελιξία εκπλήρωσης των συνολικών υποχρεώσεων τους στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Έτσι, μια βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα, εκτός από την προσπάθεια μείωσης των εκπομπών στο εσωτερικό της, μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών σε κάποια φτωχότερη χώρα. Οι μειώσεις που επιτυγχάνονται με αυτόν τον τρόπο και οι μειώσεις που προέρχονται από εγχώριες πολιτικές και μέτρα συμψηφίζονται και προσμετρούνται προς την επίτευξη του στόχου της βιομηχανοποιημένης χώρας. Στην αναπτυσσόμενη χώρα μένουν τα οφέλη της επένδυσης, όπως η χρήση τεχνολογιών και η μείωση των ρύπων.

Οι γενικοί κανόνες που διέπουν την εφαρμογή του CDM ορίστηκαν με τη Συμφωνία στις Μαράκες. Ωστόσο, οι CDM δεν έχουν αποδώσει τα αναμενόμενα επί του παρόντος [43]. Το WWF (World Wide Fund of Nature) ηγήθηκε του σχεδιασμού του Gold Standard για την εφαρμογή των CDM (που ξεκίνησε τον Δεκέμβριο του 2003). Πρόκειται για ένα δυναμικό, ανεξάρτητο εργαλείο για όσους αναζητούν το σχεδιασμό προγραμμάτων με βάση την αειφόρο ανάπτυξη, που θα ωφελούν τις αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς και τους αγοραστές δικαιωμάτων εκπομπών διοξειδίου άνθρακα. Βασικά Κριτήρια :

- Η διοργανώτρια χώρα πρέπει να επικυρώσει το ΠτΚ
- Η δραστηριότητα του έργου δεν πρέπει να αφορά σε πυρηνικά
- Τα έργα πρέπει να δημιουργεί πραγματικά, μετρήσιμα και μακροχρόνια οφέλη στην άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής.
- Η διοργανώτρια χώρα πρέπει να συμφωνεί με το έργο
- Το έργο πρέπει να συμβάλλει στους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης της διοργανώτριας χώρας

### 3.4.3 Μηχανισμοί Κοινής Εφαρμογής (Joint Implementation - JI)

Ο μηχανισμός JI επιτρέπει σε χώρες του Παραρτήματος I του ΠτΚ, που έχουν δεσμευτεί με ποσοτικό στόχο μείωσης εκπομπών υπό το ΠτΚ, να αποκτήσουν μονάδες μείωσης εκπομπών «ERU» μέσω της συμμετοχής τους σε δραστηριότητες έργων JI. Η χρήση τους διευκολύνει την συμμόρφωσή τους στην υποχρέωση μείωσης των εκπομπών τους. Οι μονάδες μείωσης εκπομπών εκχωρούνται από τη χώρα στην οποία εκτελείται το έργο. Οι δραστηριότητες έργων JI διακρίνονται σε κατηγορία I και κατηγορία II και αφορούν μόνο στις διαφορετικές διαδικασίες που ακολουθούνται. Στην κατηγορία II η διαδικασία επικύρωσης και επαλήθευσης διεξάγεται υπό την ευθύνη της Επιτροπής Εποπτείας του μηχανισμού Κοινής Εφαρμογής (JI Supervisory Committee - JISC) σε αντίθεση με την κατηγορία I που η αντίστοιχη διαδικασία πραγματοποιείται από την εκάστοτε Εθνική Αρμόδια Αρχή, η οποία καθορίζει και δημοσιεύει τους σχετικούς κανόνες.

Με αυτόν τον τρόπο οι ανεπτυγμένες χώρες και οι χώρες που η οικονομία τους βρίσκεται σε μεταβατικό στάδιο μπορούν να εφαρμόσουν από κοινού προγράμματα μείωσης της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου στο έδαφος της μιας χώρας και μετά να μοιραστούν το αποτέλεσμα αυτών

των προγραμμάτων.

Οι ευέλικτοι μηχανισμοί επιτρέπουν σε όλα τα συμβαλλόμενα μέρη να επενδύσουν σε έργα σε άλλες γεωγραφικές περιοχές, υπό κάποιες προϋποθέσεις βέβαια, έτσι ώστε να μειωθούν ή να απομακρυνθούν οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Οι επενδύσεις που κυρίως ενθαρρύνονται είναι αυτές που το κόστος μείωσης των εκπομπών είναι μικρότερο σε εγχώριο επίπεδο. Αυτό συμβαίνει στις αναπτυσσόμενες χώρες και οφείλεται στο μικρότερο κόστος των καυσίμων, της ενέργειας, στα λειτουργικά έξοδα κ.λ.π.

Οι παραπάνω μηχανισμοί του πρωτοκόλλου λειτουργούν σύμφωνα με τη λογική των πιστωτικών μονάδων (accounting units). Αυτές διακρίνονται στις τρεις επιμέρους κατηγορίες :

- Μονάδες Μείωσης Εκπομπών (Emissions Reduction Units – ERUs)
- Βεβαιωμένες Μειώσεις Εκπομπών (Certified Emission Reductions – CERs)
- Μονάδες Ανατεθέντος Ποσού (Assigned Amount Units – AAUs)

Η πρώτη κατηγορία πιστωτικών μονάδων αντιστοιχεί στα προγράμματα από κοινού εφαρμογής, η δεύτερη στους μηχανισμούς καθαρής ανάπτυξης και η τρίτη στην εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών. Κάθε μονάδα αντιστοιχεί σε ένα τόνο ισοδύναμης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα ενώ κάθε μία θα κατέχει το δικό της σειριακό αριθμό. Τέλος η καταγραφή και η παρακολούθηση των πιστωτικών μονάδων γίνεται μέσω του Εθνικού Μητρώου των Συμβαλλόμενων Μερών.

#### **3.4.4 Υιοθέτηση πολιτικών και μέτρων για την μείωση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής.**

Το ΠτΚ δεσμεύει τα κράτη που το επικυρώνουν με την επιτακτική εφαρμογή ή υιοθέτηση πολιτικών και μέτρων για την επίτευξη των στόχων του. Σύμφωνα με τις εθνικές συνθήκες κάθε κράτους και περιλαμβάνει ενδεικτικό κατάλογο συγκεκριμένων μέτρων που μπορούν να εφαρμοσθούν από τα κράτη.

#### **3.4.5 Εκτίμηση των αποδεκτών ποσοτήτων CO<sub>2</sub> που μπορεί να απορροφήσει το περιβάλλον**

Το ΠτΚ περιλαμβάνει διατάξεις για την εκτίμηση των αποδεκτών ποσοτήτων που δύναται να απορροφήσει το περιβάλλον, οι οποίες αν και χρειάζονται περαιτέρω μελέτη και διευκρινήσεις, παρέχουν κατ' αρχήν τη δυνατότητα συνυπολογισμού της πρόσληψης διοξειδίου του άνθρακα από τα δάση και τις καλλιεργούμενες εκτάσεις στη μείωση των εκπομπών.

#### **3.4.6 Περίοδος 2008-2012**

Σκοπός των παραπάνω μηχανισμών είναι να δοθεί στις βιομηχανικές χώρες η δυνατότητα να επιτύχουν τους στόχους τους με την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών μεταξύ τους, αλλά και με την απόκτηση πιστώσεων ως αντάλλαγμα για έργα περιορισμού των εκπομπών που υλοποιούνται στο εξωτερικό. Παράλληλα έχουν συγκροτηθεί αναλυτικοί κανόνες και δομές εποπτείας, ώστε να εξασφαλιστεί ότι δεν γίνεται κατάχρηση των μηχανισμών αυτών.

Το όριο χρήσης των πιστώσεων εκπομπών από CDM και JI από τις υπόχρεες εγκαταστάσεις είχε καθοριστεί σε 9% των κατανεμημένων δικαιωμάτων ανά εγκατάσταση με δεδομένο ότι η συνεισφορά των μηχανισμών του Πρωτόκολλου δεν μπορεί να υπερβαίνει το 50% της απαιτούμενης προσπάθειας μείωσης εκπομπών της χώρας από τα επίπεδα του ΣΑΕ στον εθνικό στόχο.

### 3.4.7 Αναβάθμιση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων το 2013

Το πεδίο εφαρμογής του συστήματος Εμπορίας και Δικαιωμάτων Εκπομπών Ρύπων επεκτείνεται για να συμπεριληφθούν και άλλα αέρια του θερμοκηπίου εκτός από CO<sub>2</sub>. Οι περισσότεροι βιομηχανικοί τομείς θα υποβάλλονται σε διαδικασία δημοπράτησης σταδιακά μέχρι το 2020 όπου και θα μπουν σε πλήρη δημοπράτηση.

### 3.4.8 Επίτευξη του στόχου

Όριο που έθεσαν οι ηγέτες της ομάδας G8 (Global 8) στην 35η Σύνοδο (8-10 Ιουλίου 2009 στην Ιταλία) [44], αφορά στην συγκράτηση της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη κάτω από 20C σε σχέση με την προ-βιομηχανική εποχή, θέτοντας :

- Κόστος Δράσης : Επένδυση σε Οικονομία χαμηλού άνθρακα, 0,5% του παγκόσμιου ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν)
- Κόστος Απραξίας : 5 έως 20% του παγκόσμιου ΑΕΠ
- Αναπτυγμένες Χώρες : Πρέπει να ηγηθούν, μειώνοντας δραστικά τις συνολικές εκπομπές τους κατά 20-30% έναντι του 1990 μέχρι το 2020 και 80% μέχρι το 2050(16).
- Αναπτυσσόμενες Χώρες : Συγκράτηση των εκπομπών τους, ώστε να διαμορφωθούν το 2020 σε ένα επίπεδο 15-20% χαμηλότερο εκείνου που θα διαμορφωθούν σε περίπτωση μη λήψης οποιαδήποτε μέτρου.

## 3.5 Το νομοθετικό πλαίσιο της ελληνικής ναυτιλίας

Η σύγχρονη ελληνική ναυτιλιακή πολιτική θεωρείται ότι άρχισε νομοθετικά να εφαρμόζεται το 1953. Τότε δημιουργήθηκε το «νομικό πλαίσιο» της ναυτιλίας, το οποίο βέβαια έχει υποστεί ορισμένες τροποποιήσεις και συμπληρώσεις και το οποίο είναι αυτό που ισχύει μέχρι σήμερα. Το Νομοθετικό Διάταγμα 2687/1953, που αφορά το θεσμικό πλαίσιο στο οποίο βασίζεται η ελληνική κυβερνητική ναυτιλιακή πολιτική, αναφέρεται στην προσέλκυση ξένων κεφαλαίων και αφορά στην επένδυση και προστασία κεφαλαίων εξωτερικού.

## 3.6 Θεσμικό Πλαίσιο για την ατμοσφαιρική ρύπανση & Ιστορικό Αποφάσεων

Η ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία είναι σήμερα το επίκεντρο των συζητήσεων της ναυτιλιακής κοινότητας και των περιβαλλοντικών οργανώσεων του κόσμου. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν ρυθμίσεις για αέρια όπως το SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> και άλλων, η ναυτιλία είχε διαφύγει να συμπεριληφθεί στις απαιτήσεις του Κιότο για την επίτευξη του παγκόσμιου στόχου μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου.

Οι εξελίξεις στο διεθνές επίπεδο και οι κινήσεις του IMO όσον αφορά τη δημιουργία θεσμικού πλαισίου για την ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία, θα χαρακτηριζόταν αργή, λόγω αντικρουόμενων πολιτικών συμφερόντων. Το γεγονός αυτό προκαλεί ποικίλες αντιδράσεις στην παγκόσμια κοινότητα καθώς κρίνεται επιτακτική η συναίνεση όλων των συμβαλλόμενων μερών για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα .

Επειδή το 90% του εμπορίου καλύπτει η ναυτιλία, το σημερινό παγκόσμιο εμπόριο δεν θα μπορούσε να λειτουργήσει χωρίς τα πλοία, εφόσον το 70% του πλανήτη γη καλύπτεται από νερό. Η διεθνής κοινότητα, αναγνωρίζοντας τους κινδύνους της κλιματικής αλλαγής και τις ανησυχητικές τάσεις που εμφανίζουν οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου,



κινητοποιήθηκε, προβαίνοντας στην υπογραφή της Σύμβασης - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) από το σύνολο των χωρών του πλανήτη, τον Μάιο του 1992 στο Ρίο ντε Τζανέιρο. Οι συνολικά 186 χώρες που αποτελούν τα συμβαλλόμενα μέρη στη Σύμβαση - Πλαίσιο σηματοδότησε την επίσημη αναγνώριση από την διεθνή κοινότητα της σημασίας του φαινομένου του θερμοκηπίου και των καταστρεπτικών συνεπειών μιας πιθανής αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη. Το πιο σημαντικό από όλα τα μέτρα του ΙΜΟ είναι αυτό για την πρόληψη της ρύπανσης με αυτήν να έχει μειωθεί σε μικρό βαθμό με την εφαρμογή της Σύμβασης για την θαλάσσια ρύπανση (MARPOL 73/78)25.

Είναι συνδυασμός δύο Συμβάσεων που υιοθετήθηκαν το 1973 και 1978 αντίστοιχα και επικυρώθηκαν στη διάρκεια των ετών. Η Σύμβαση περιέχει κανονισμούς που στοχεύουν στην πρόληψη και ελαχιστοποίηση της ρύπανσης από πλοία, λόγω ατυχημάτων ή από εργασίες ρουτίνας, και περιλαμβάνει έξι Παραρτήματα. Ειδικές Περιοχές με αυστηρούς ελέγχους για τις λειτουργικές ρυπάνσεις περιλαμβάνονται στα περισσότερα Παραρτήματα.

➤ **Παράρτημα I:** Κανονισμοί για την Πρόληψη Ρύπανσης από Πετρέλαιο (τέθηκε σε ισχύ την 2 Οκτωβρίου 1983): καλύπτουν την πρόληψη πετρελαϊκής ρύπανσης από λειτουργικά μέτρα, καθώς και από ατυχηματικές ρυπάνσεις. Με τις τροποποιήσεις 1992 στο Παράρτημα I υποχρεώθηκαν τα νέα δεξαμενόπλοια να είναι διπλού κύτους και καθιερώθηκε σταδιακό πρόγραμμα μετατροπής των υπαρχόντων δεξαμενοπλοίων διπλού κύτους, το οποίο αναθεωρήθηκε στη συνέχεια το 2001 και το 2003.

➤ **Παράρτημα II:** Κανονισμοί για τον έλεγχο της Ρύπανσης από Υγρές Τοξικές Ουσίες Χύδην (τέθηκε σε ισχύ την 2 Οκτωβρίου 1983): καθορίζουν τα κριτήρια απόρριψης και μέτρα για τον έλεγχο της ρύπανσης από επιβλαβείς ουσίες που μεταφέρονται χύμα. Περίπου 250 ουσίες έχουν εκτιμηθεί και περιληφθεί στον κατάλογο που προσαρτάται στη Σύμβαση. Η απόρριψη των καταλοίπων τους επιτρέπεται μόνον σε ευκολίες υποδοχής μέχρι να εκπληρωθούν ορισμένες συγκεντρώσεις και προϋποθέσεις (που μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την κατηγορία της ουσίας). Σε κάθε περίπτωση, η απόρριψη καταλοίπων που περιέχουν επιβλαβείς ουσίες δεν επιτρέπεται εντός 12 μιλίων από την πλησιέστερη ξηρά. Αυστηρότεροι περιορισμοί εφαρμόζονται στις περιοχές της Βαλτικής και Μαύρης Θάλασσας.

➤ **Παράρτημα III:** Πρόληψη Ρύπανσης από Επιβλαβείς Ουσίες που Μεταφέρονται δια Θαλάσσης σε Συσκευασμένη Μορφή (τέθηκε σε ισχύ την 1 Ιουλίου 1992): περιέχει γενικές απαιτήσεις για την έκδοση λεπτομερών προτύπων για συσκευασία, σήμανση, τοποθέτηση ετικετών, έκδοση εγγράφων, ποσότητες, περιορισμούς, εξαιρέσεις και αναφορές για την πρόληψη ρύπανσης από επιβλαβείς ουσίες. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Κώδικας Επικινδύνων Φορτίων (IMDG Code) έχει από το 1991 περιλάβει θαλάσσιους ρυπαντές.

➤ **Παράρτημα IV:** Πρόληψη Ρύπανσης από Λύματα από τα Πλοία (τέθηκε σε ισχύ την 27 Σεπτεμβρίου 2003): περιέχει ομάδα κανονισμών σχετικά με την απόρριψη λυμάτων στη θάλασσα, τον εξοπλισμό και συστήματα των πλοίων για τον έλεγχο των απορρίψεων λυμάτων, την παροχή ευκολιών στα λιμάνια και τερματικούς σταθμούς για την παραλαβή λυμάτων και απαιτήσεις για την επιθεώρηση και έκδοση πιστοποιητικών των πλοίων. Οι κανονισμοί εφαρμόζονται σε πλοία που απασχολούνται σε διεθνείς πλόες 400 κόρων χωρητικότητας (gt) και άνω. Τα πλοία απαιτείται να εφοδιάζονται με εγκατάσταση

βιολογικού καθαρισμού ή με σύστημα κονιορτοποίησης και απολύμανσης, ή δεξαμενή συγκράτησης λυμάτων.

➤ **Παράρτημα V:** Πρόληψη Ρύπανσης από Απορρίμματα από τα Πλοία (τέθηκε σε ισχύ την 31 Δεκεμβρίου 1988): απαιτεί τον διαχωρισμό των διαφόρων τύπων απορριμμάτων και καθορίζει τις αποστάσεις από την ξηρά και τον τρόπο που αυτά μπορούν να απορριφθούν, διαφορετικά θα πρέπει να παραδοθούν σε ευκολίες παραλαβής στην ξηρά. Οι απαιτήσεις είναι πολύ αυστηρότερες σε αριθμό “ειδικών περιοχών” αλλά ίσως σημαντικότερο χαρακτηριστικό του Παραρτήματος είναι η πλήρης απαγόρευση απόρριψης στη θάλασσα όλων των μορφών πλαστικών.

➤ **Παράρτημα VI:** Πρόληψη Ρύπανσης του Αέρα από Πλοία (τέθηκε σε ισχύ την 19 Μαΐου 2005 και το αναθεωρημένο Παράρτημα VI την 1 Ιουλίου 2010): θέτει όρια στις εκπομπές καυσαερίων των πλοίων στα οξειδίων του θείου και οξειδίων του αζώτου, καθώς και μικροσωματιδίων, και απαγορεύει τις ηθελημένες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον, όπως οι υδροχλωροφθοράνθρακες.

Με το 13<sup>ο</sup> Κανονισμό, σε μηχανές diesel έκτακτης ανάγκης (ηλεκτρογεννήτριες), μηχανές πρόωσης σωσίβιων λέμβων και σε οποιαδήποτε συσκευή ή εξοπλισμό που χρησιμοποιείται αποκλειστικά σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης γίνεται μετασκευή ευρείας έκτασης με τροποποίηση της μηχανής όπου :

Όπως ορίζεται στον Τεχνικό Κώδικα για τον Έλεγχο Εκπομπών Οξειδίων του Αζώτου από Ναυτικές Μηχανές Diesel (Τεχνικός Κώδικας NOx), στη μηχανή η μέγιστη συνεχής απόδοση των στροφών της αυξάνεται περισσότερο από 10%. Η λειτουργία κάθε μηχανής diesel, στην οποία εφαρμόζεται αυτός ο Κανονισμός, επιτρέπεται εφόσον οι εκπομπές NOx βρίσκονται μεταξύ των ακόλουθων ορίων :

- 17,0 g/KWh όταν το n είναι μικρότερο από 130 rpm (revolutions per minute - αναστροφές ανά λεπτό)
- 45,0 x n-0,2 g/KWh όταν το n είναι μεγαλύτερο ή ίσο από 130 αλλά μικρότερο από 2000 rpm
- 9,8 g/KWh όταν το n είναι ίσο ή μεγαλύτερο από 2000 rpm, όπου n = η ονομαστική ταχύτητα της μηχανής (περιστροφές στροφαλοφόρου ανά λεπτό).

Με τον 14ο Κανονισμό καθιερώνεται ως ανώτατο όριο περιεκτικότητας σε θείο, οποιουδήποτε καύσιμου πετρελαίου, το 4,5% κατά βάρος. Αυστηρότερες απαιτήσεις ισχύουν για τα πλοία που κινούνται εντός περιοχών ελέγχου εκπομπών SOx (SECA - Περιοχή Ελέγχου Θειούχων Εκπομπών)38, δηλαδή εντός θαλασσιών περιοχών που πληρούν τα κριτήρια και τις διαδικασίες καθορισμού. Αυστηρότερα πρότυπα καθορίζονται για τις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών που έχουν καθορισθεί από τον IMO (Βαλτικής Θάλασσας, Βορείου Θάλασσας, το Στενό της Μάγχης και Βορείου Αμερικής). Σημειώνεται, ότι για την είσοδο του πλοίου σε περιοχή ελέγχου εκπομπών SOx θα καταγράφονται στοιχεία που αφορούν στον όγκο του καυσίμου πετρελαίου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (μικρότερης ή ίσης του 1,5% κ.β. σε περιεχόμενο θείο) σε κάθε δεξαμενή, την ημερομηνία, την ώρα και τη θέση του πλοίου, όταν ολοκληρώνεται η

λειτουργία εναλλαγής του καυσίμου. Ενδεικτικά γνωρίζουμε, ότι η σχετική εγγραφή μπορεί να γίνεται στο ημερολόγιο γέφυρας ή μηχανής του πλοίου.

Ο 15<sup>ος</sup> Κανονισμός αφορά Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και καθορίζονται γενικές απαιτήσεις / υποχρεώσεις, στην περίπτωση που ένα Μέρος στο Πρωτόκολλο 1997, σκοπεύει να καθορίσει λιμάνια ή τερματικούς σταθμούς, που ανήκουν στη δικαιοδοσία του και στα οποία οι εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) από δεξαμενόπλοια πρόκειται να αποτελέσουν αντικείμενο ρύθμισης. Στην περίπτωση αυτή, το Μέρος στο εν λόγω Πρωτόκολλο θα πρέπει να διασφαλίζει ότι, στα λιμάνια και στους τερματικούς σταθμούς στους οποίους ισχύουν ειδικά μέτρα για εκπομπές VOCs, διατίθενται συστήματα ελέγχου των ατμών συγκεκριμένων πτητικών φορτίων, που λειτουργούν με ασφάλεια και χωρίς να προκαλούν αδικαιολόγητη καθυστέρηση στα δεξαμενόπλοια. Τα συστήματα αυτά πρέπει να είναι εγκεκριμένου τύπου και σύμφωνα με την πρότυπη προδιαγραφή για συστήματα ελέγχου εκπομπών ατμών που αναφέρεται στην Απόφαση MSC/Circ.585. Σημειώνεται, ότι για τα υγραεριοφόρα δεξαμενόπλοια ο Κανονισμός αυτός θα εφαρμόζεται μόνον όταν ο τύπος φόρτωσης και τα συστήματα εγκλωβισμού επιτρέπουν την κατακράτηση ατμών VOCs που δεν περιέχουν μεθάνιο πάνω στο πλοίο ή την ασφαλή επιστροφή τους στην ξηρά.

Τον Οκτώβριο 2008 στα πλαίσια των τροποποιήσεων του Παραρτήματος VI της Δ.Σ MARPOL 73/78 η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) συζήτησε την εφαρμογή μέτρων για τον περιορισμό και την μείωση των αερίων θερμοκηπίου από τα πλοία. Η Επιτροπή έλαβε πληροφορίες για τις εκπομπές GHG από τα σκάφη. Η προκύπτουσα εκτίμηση για το 2007 από τον IMO όσον αφορά τις εκπομπές του CO<sub>2</sub> από τη διεθνή ναυτιλία ανέρχεται σε 843 εκατομμύρια τόνους, ή 2,7% των παγκόσμιων εκπομπών του CO<sub>2</sub>, σε σύγκριση με την εκτίμηση 1,8% στη μελέτη του IMO το 2000. Η κατ' εκτίμηση που έγινε για τις μελλοντικές εκπομπές από τη διεθνή ναυτιλία όπως περιεγράφηκαν από τη διακυβερνητική επιτροπή στην αλλαγή κλίματος (IPCC) και, ελλείψει κανονισμών σχετικά με τις εκπομπές του CO<sub>2</sub> από τα σκάφη, είναι η περαιτέρω αύξηση κατά ένα συντελεστή 2.4 έως 3 φορές παραπάνω μέχρι το 2050. Για το 2020, το σενάριο βάσεων προβλέπει τις αυξήσεις να κυμαίνονται κατά ένα συντελεστή από 1.1 έως 1.3. Με βάση αυτές τις εκτιμήσεις αποφασίστηκε η συζήτηση για τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου να συνεχιστεί το 2009 ώστε να παρουσιαστεί τον Ιούλιο 2009 το MEPC 59 όπου θα υπάρχουν τα συμπεράσματα της ανανεωμένης μελέτης του IMO.

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) ξεκίνησε τις εργασίες του για την θεσμοθέτηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία την δεκαετία του 1980. Οι συζητήσεις κατέληξαν στην διαμόρφωση ενός θεσμικού πλαισίου για την ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία το οποίο θα ενσωματωνόταν στην MARPOL 73/78 και θα αποτελέσουν το έκτο (MARPOL Annex VI) κατά σειρά παράρτημα της Σύμβασης. Το θεσμικό πλαίσιο αυτό υιοθέτησε τελικά την 26η Σεπτεμβρίου 1997. Το αρχικό θεσμικό πλαίσιο που περιλαμβανόταν στην Σύμβαση για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δεν ήταν ιδιαίτερα αυστηρό και κρίθηκε εύκολη συμμόρφωση με τις διατάξεις του από την Διεθνή Ναυτιλιακή Κοινότητα καθώς οι απαιτήσεις είχαν εφαρμογή στα νεότευκτα πλοία και κατασκευαστές δεν αντιμετώπισαν πρόβλημα στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών που θα κάλυπταν τις απαιτήσεις στις Σύμβασης. Αυτός ήταν ο στόχος του IMO, να μην προκαλέσει αντιδράσεις και να είναι εύκολα αποδεκτή η υιοθέτηση του παραρτήματος από τα συμβαλλόμενα μέρη.

Το έκτο παράρτημα της Σύμβασης (MARPOL Annex VI) επικυρώθηκε από 25 χώρες που κατείχαν πάνω από το 50% της παγκόσμιας Χωρητικότητας. Το Φεβρουάριο του 2006 ακόμα 5 χώρες επικύρωσαν το παράρτημα και πλέον αντιπροσώπευαν το 63,73 % της παγκόσμιας χωρητικότητας. Το (MARPOL Annex VI) περιλαμβάνει διατάξεις για τον έλεγχο των εκπομπών από τα πλοία. Σύμφωνα με τις διατάξεις της Σύμβασης όλα τα πλοία 400GT και άνω που εκτελούν δρομολόγια προς τα λιμάνια ή τους σταθμούς ανοικτής θάλασσας πρέπει να

υπόκεινται σε επιθεωρήσεις για πιστοποιητικό «International Air Pollution Prevention Certificate» από τη σημαία ή από άλλο εξουσιοδοτημένο φορέα (Classification Societies). Η ισχύς του θα είναι πενταετής και θα πιστοποιεί ότι το εκάστοτε πλοίο συμμορφώνεται με τις διατάξεις της Σύμβασης για την αποτροπή της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.

### **3.7 MARPOL Annex VI – Το σημερινό θεσμικό πλαίσιο για την Ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία**

Το παράρτημα της MARPOL Annex VI αναθεωρήθηκε από τη MEPC (Marine Environmental Protection Committee) - Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος 176 [45] το οποίο υιοθετήθηκε την 10η Οκτωβρίου 2008 και περιορίζει τους κυριότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους που εκλύονται από τα πλοία, συμπεριλαμβανομένων των οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) και των οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και απαγορεύει τις ηθελημένες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον (ODS). Επίσης, καθιερώνει απαιτήσεις για την αποτέφρωση στα πλοία και για τον έλεγχο των εκπομπών των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) από τα δεξαμενόπλοια.

Οι κανονισμοί του παραρτήματος για τις εκπομπές των πλοίων διαχωρίζονται στον περιορισμό των εκπομπών σε παγκόσμιο επίπεδο και σε περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών.

Περιοχές όπου η υιοθέτηση ειδικών υποχρεωτικών μέτρων είναι απαραίτητη για τα πλοία, για την μείωση των επιπτώσεων σε άνθρωπο και περιβάλλον. Αυτές είναι σύμφωνα με την MARPOL η Βαλτική Θάλασσα, η Βόρεια θάλασσα και γενικά κάθε θαλάσσια περιοχή συμπεριλαμβανομένων και των λιμένων όπου οι εκπομπές προκαλούν βλάβες στα χερσαία και θαλάσσια οικοσυστήματα, επηρεάζουν την φυσική δραστηριότητα, προκαλούν προβλήματα στην δημόσια υγεία και καταστρέφουν πολιτιστικά επιτεύγματα.

Αρχικά προσδιορίζονται οι εκπομπές των αερίων, που θεσμοθετούνται στο έκτο παράρτημα της MARPOL Annex VI και αναφέρονται στο παράρτημα III της Σύμβασης (Requirements for the control of emissions from ships) ως εξής :

#### **3.7.1 Εκπομπές που καταστρέφουν το Όζον (Ozone – Depleting Substances)**

Ο έλεγχος των ουσιών που καταστρέφουν το όζον περιλαμβάνονται στον 12ο κανονισμό του παραρτήματος και ορίζει [46]:

- Απαγόρευση για τις σκόπιμες εκπομπές που καταστρέφουν το όζον (HFCs)
- Οι νέες εγκαταστάσεις μπορούν να χρησιμοποιούν υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs), μέχρι 1 Ιανουαρίου 2020
- Όταν απομακρύνονται από τα πλοία οι ουσίες αυτές που καταστρέφουν το όζον πρέπει να παραδίδονται σε ειδικές εγκαταστάσεις υποδοχής (MEPC 58)

#### **3.7.2 Οξείδια του αζώτου (Nitrogen Oxides-NO<sub>x</sub>)**

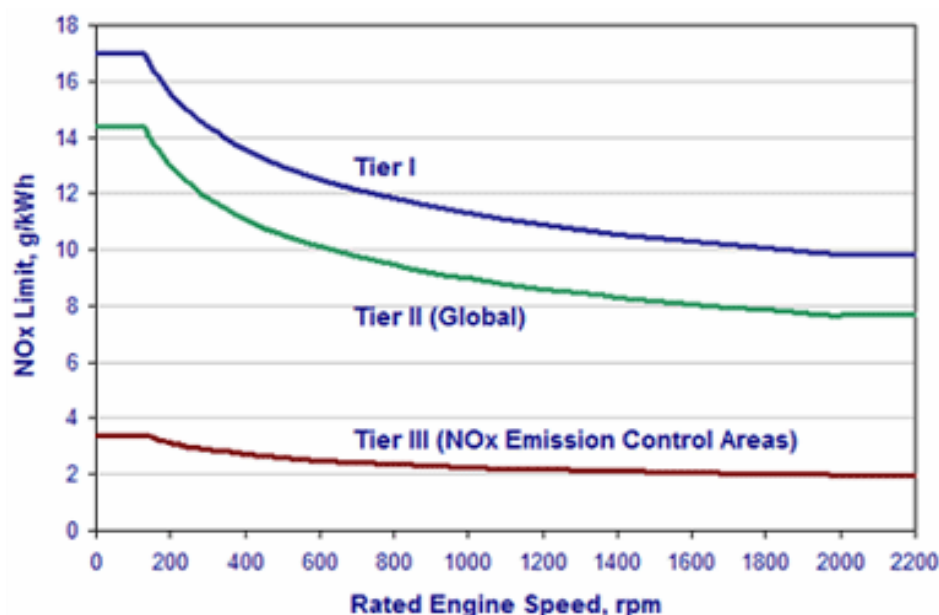
Ο έλεγχος των οξειδίων του αζώτου που ευθύνονται για την όξινη βροχή περιλαμβάνεται στον 13ο κανονισμό του παραρτήματος και ορίζει [47]:

- Οι εκπομπές όλων των μηχανών (εκτός των μηχανών έκτακτης ανάγκης) που εγκαθίσταται στα πλοία θα πρέπει να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις όσον αφορά στις εκπομπές οξειδίων του αζώτου.

**Πίνακας 9 :** Η υποχρεωτική εφαρμογή των ορίων εκπομπών NOx καθορίζεται για τους κινητήρες ντίζελ, ανάλογα με τη μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας του κινητήρα.

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

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



**Εικ 16 :** Όρια στις εκπομπές NOx από τις μηχανές των πλοίων (MARPOL) [46],[48]

Τα όρια των εκπομπών NOx καθορίζονται για τους κινητήρες ντίζελ, ανάλογα με τη μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας του κινητήρα (n, rpm) όπως φαίνεται στον πίνακα και παρουσιάζονται στην ως άνω γραφική παράσταση. Τα Tier I (βαθμίδα) και Tier II όρια είναι παγκόσμια, ενώ το Tier III εμπεριέχει προδιαγραφές που η εφαρμογή τους απαιτείται σε περιοχές εκπομπών (ECA). Το IMO Tier II αντιπροσωπεύει περίπου το 20% μείωση του NOx από το Tier I και ισχύ για κινητήρες >130 kW. Το πρότυπο μπήκε σε υποχρεωτική εφαρμογή από το 2011 για όλες τις περιοχές που έχουν υιοθετήσει IMO Tier I. Ο κανονισμός IMO Tier II αναφέρεται σε κινητήρες που είναι πιστοποιημένοι και αποτελεί απαίτηση για τις μηχανές που έχουν εγκατασταθεί στα πλοία μετά τον Ιανουάριο του 2011.

Η συμμόρφωση με το Tier II κρίνεται υποχρεωτική όταν γίνονται σημαντικές τροποποιήσεις στις υπάρχουσες μηχανές. Το IMO Tier III αντιπροσωπεύει περίπου 80% μείωση του NOx από το Tier I και ισχύει για τα πλοία που προσεγγίζουν περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών (ECA).

Όταν τα πλοία είναι εκτός των περιοχών ελεγχόμενης εκπομπής, οι κινητήρες υποχρεούνται να πληρούν τις απαιτήσεις του IMO Tier II.

- Οι μηχανές που είναι εγκατεστημένες στα πλοία πριν από την 1η Ιανουαρίου 2000 και δεν ορίζονται από τον πίνακα συμμόρφωσης όπως παρουσιάζεται παραπάνω, θα πρέπει να καλύψουν τις απαιτήσεις για την μείωση των εκπομπών όπως ορίζει ο κανονισμός κάνοντας τις απαιτούμενες μετατροπές.
- Η Σύμβαση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου θα συμβάλλει επίτευξη ποιοτικού αέρα στην ατμόσφαιρα στις παράκτιες περιοχές.

**Πίνακας 10 :** Οι απαιτήσεις για εκπομπές NOx στις ECA[48]

Ημερομηνία Εφαρμογής	Κανονισμός	Αρχή που θεσμοθετηθεί	% Περιεκτικότητα Καυσίμου σε S	Περιοχή που Εφαρμόζεται
1 Ιανουαρίου 2016	IMO Annex VI	IMO	Μείωση των εκπομπών NOx στο επίπεδο Tier III στις ειδικές περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών(75% μείωση σε σχέση με Tier II)	Περιοχές Ελεγχόμενων Εκπομπών (ECA)

**Πίνακας 11 :** Οι απαιτήσεις για εκπομπές NOx Παγκοσμίως [49]

Ημερομηνία Εφαρμογής	Κανονισμός	Αρχή που θεσμοθετηθεί	% Περιεκτικότητα Καυσίμου σε S	Περιοχή που Εφαρμόζεται
1 Ιανουαρίου 2011	IMO Annex VI	IMO	Μείωση των εκπομπών NOx στο επίπεδο Tier II στις ειδικές περιοχές ελεγχόμενων	Παγκοσμίως

### 3.7.3 Οξείδια του Θείου (SOx)

Οι έλεγχοι των εκπομπών SOx και μικροσωματιδίων ισχύουν για όλα τα καύσιμα και αναφέρονται σε εξοπλισμό και συσκευές καύσης και ως εκ τούτου περιλαμβάνουν τόσο την κύρια μηχανή, όσο και τις βοηθητικές μηχανές. Αυτοί οι έλεγχοι διακρίνονται σε εκείνους που

ισχύουν εντός των Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών (ECA) που έχουν καθιερωθεί για την μείωση των εκπομπών SOx και αιωρούμενων σωματιδίων, και εκείνων που ισχύουν εκτός τέτοιων περιοχών. Μείωση των οξειδίων του θείου μπορεί επίσης να επιτευχθεί με την επεξεργασία των καυσαερίων, που εκλύονται από τους κινητήρες, καθώς και με τον καθαρισμό των καυστήρων. Η περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων καθίσταται υπεύθυνη για τις εκπομπές σωματιδίων (PM), και έτσι η μείωση της περιεκτικότητας του καυσίμου σε θείο οδηγεί σε λιγότερα αιωρούμενα σωματίδια (PM) στην ατμόσφαιρα.

➤ Κατά το αναθεωρημένο Παράρτημα VI της MARPOL το παγκόσμιο όριο του θείου στα καύσιμα θα μειωθεί αρχικά από το ισχύον όριο 4,5% σε 3,50%, με την εφαρμογή 1 Ιανουαρίου 2012, και κατόπιν σε 0,50% με εφαρμογή από 1 Ιανουαρίου 2020 που υπόκειται σε μελέτη που θα ολοκληρωθεί μέχρι το 2018.

**Πίνακας 12 :** Οι απαιτήσεις για εκπομπές SOx παγκοσμίως [50]

Ημερομηνία Εφαρμογής	Κανονισμός	Αρχή που θεσμοθετεί	% περιεκτικότητα Καυσίμου σε S	Περιοχή που εφαρμόζεται
Πριν την 1 Ιανουαρίου 2012	IMO Annex VI	IMO	4,5%	Παγκοσμίως
1 Ιανουαρίου 2012	IMO Annex VI	IMO	3,5%	Παγκοσμίως
1 Ιανουαρίου 2020	IMO Annex VI	IMO	0,5%	Παγκοσμίως (με εξέταση το 2018)
1 Ιανουαρίου 2025	IMO Annex VI	IMO	0,5%	Παγκοσμίως (εάν δεν εφαρμοστεί το 2020)

➤ Το ποσοστιαίο όριο περιεκτικότητας του καυσίμου στις περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών (ECAs - Emissions Control Areas sulphur) ήταν έως και την 1η Ιουλίου του 2010 1,5% όπως προβλεπόταν από το παράρτημα της MARPOL 73/78. Μετά την 1η Ιουλίου 2010 το όριο για τις περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών μειώθηκε στο 1,0% και μετά την 1η Ιανουάριο 2015 το ποσοστό αυτό θα διαμορφωθεί στο 0,1%, παρά το γεγονός ότι οι εκπομπές SOx έχουν ψυκτική επίδραση στην παγκόσμια θέρμανση και δεν είναι επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία στις ανοικτές θάλασσες. Το κατώτατο όριο του 0,1 % εφαρμόζεται ήδη σε όλα τα ευρωπαϊκά λιμάνια και στις εσωτερικές θαλάσσιες οδούς της ΕΕ από την 1η Ιανουαρίου του 2010 σύμφωνα με την Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU Directive 99/32 Amendment).

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται τα ποσοστιαία όρια περιεκτικότητας του καυσίμου σε θείο όπως προκύπτουν από τις απαιτήσεις του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) και τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης .

**Πίνακας 13 :** Οι απαιτήσεις για εκπομπές SOx στις SECA και ECA Areas [50]

Ημερομηνία Εφαρμογής	Κανονισμός	Αρχή που θεσμοθετεί	% περιεκτικότητα καυσίμου σε S	Περιοχή που εφαρμόζεται
19 Μαΐου 2006		IMO	1,5%	Βαλτική (SECA)
11 Αυγούστου 2006		ΕΕ	1,5%	Βαλτική (SECA)
11 Αυγούστου 2007		ΕΕ	1,5%	Βόρεια Θάλασσα και Μάγλη (SECA)
21 Νοεμβρίου 2007		IMO	1,5%	Βόρεια Θάλασσα και Μάγλη (SECA)
1 Ιουλίου 2010	IMO – MARPOL Annex VI	IMO	1,0%	Περιοχές Ελεγχόμενων Εκπομπών
1 Ιανουαρίου 2015	IMO – MARPOL Annex VI	IMO	0,1%	Περιοχές Ελεγχόμενων Εκπομπών

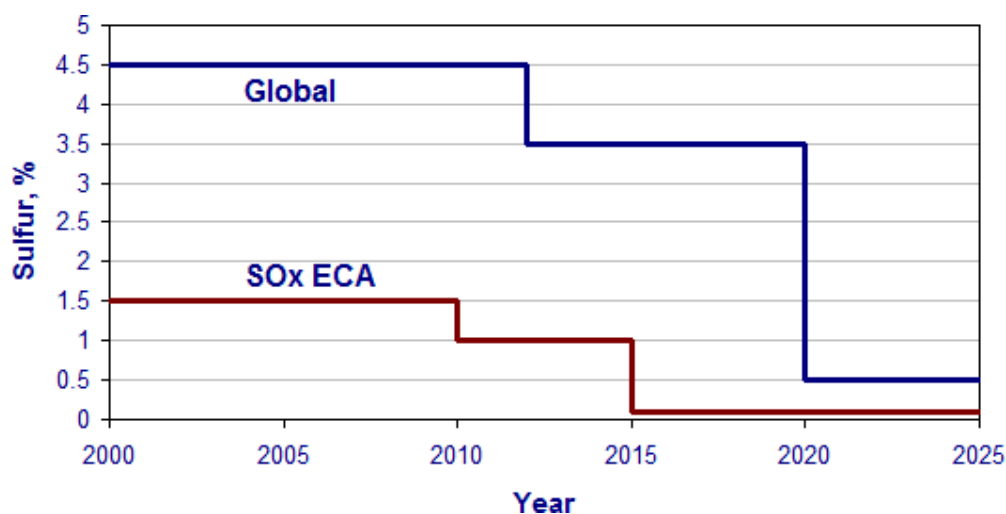
**Πίνακας 14 :** Οι απαιτήσεις για εκπομπές Sox από τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. [50]

Ημερομηνία Εφαρμογής	Κανονισμός	Αρχή που θεσμοθετεί	% περιεκτικότητα καυσίμου σε S	Περιοχή που εφαρμόζεται
1 Ιανουαρίου 2010	2005/33/EC	ΕΕ	0,1%	Ευρωπαϊκά Λιμάνια

Η ποσοστιαία περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο πιστοποιείται από την απόδειξη παραλαβής καυσίμου, από την εταιρεία που προμηθεύει καύσιμα το εκάστοτε πλοίο και από την δειγματοληψία καυσίμου που διενεργείται κατά την παραλαβή καυσίμων με δείγμα που θα παρθεί από τη δεξαμενή καυσίμου και θα σταλεί για ανάλυση. Το πλοίο υποχρεούνται να



κρατάει τις αποδείξεις παραλαβής καυσίμου και τις αναλύσεις καυσίμου για 12 μήνες τουλάχιστον από την ημερομηνία παραλαβής [46].



Εικ 17 : Διαγραμματική απεικόνιση των ορίων στις εκπομπές SOx μέχρι το 2025 (MARPOL) [46]

### 3.7.4 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις

Ο κανονισμός 15 του παραρτήματος Annex VI της MARPOL 73/78 περιλαμβάνει τις διατάξεις για τον έλεγχο και την μείωση των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC). Οι πτητικές οργανικές ενώσεις είναι οργανικές χημικές ενώσεις πολύ εκλύονται από το φορτίο, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία και η θεσμοθέτηση τους κρίθηκε απαραίτητη από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO). Ο κανονισμός αυτός αφορά δεξαμενόπλοια και ορίζει :

➤ Κάθε λιμάνι θα πρέπει να ορίζει ρητά τους περιορισμούς που θα θέτει για τις εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων. Σύμφωνα με τις τοπικές απαιτήσεις του κάθε λιμένα τα Δεξαμενόπλοια που θα προσεγγίζουν το λιμάνι θα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με αντλία επιστροφής ατμών.

➤ Κάθε λιμάνι να ορίζει ρητά τους περιορισμούς που θα θέτει για τις εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων θα πρέπει να ενημερώνει τον IMO τουλάχιστον έξι μήνες πριν ώστε να υπάρχει ενημέρωση στα πλοία που θα το προσεγγίσουν πως πρέπει να έχουν εξοπλιστεί με τον κατάλληλο εξοπλισμό.

➤ Το σύστημα από τα παραπάνω, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου δεν περιλαμβάνονται στο υπάρχον θεσμικό πλαίσιο της Διεθνούς Σύμβασης για την Θαλάσσια Ρύπανση (MARPOL 73/78), ο IMO όμως κάτω από τις πιέσεις του θερμοκηπίου λαμβάνοντας τις προτάσεις των συμβαλλόμενων στην Σύμβαση κρατών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### 4.1 Θέση Ελληνόκτητης Ναυτιλίας

Η Ελλάδα υπογράμμισε ότι η μετάβαση σε ένα πιο φιλόδοξο στόχο μείωσης των εκπομπών δεν αφορά αποκλειστικά τη μετά Κοπεγχάγη εποχή αλλά συνδέεται άρρηκτα με την ανάγκη να οδηγηθούμε σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Ειδικά κατά τη διάρκεια της δύσκολης οικονομικής κρίσης που περνάει η χώρα μας, η Ελλάδα αντιμετωπίζει τους πιο φιλόδοξους στόχους όχι ως πρόβλημα αλλά ως ευκαιρία για τις απαιτούμενες αλλαγές ώστε να δοθεί μια αποτελεσματική διέξοδος από την οικονομική κρίση μέσω της πράσινης ανάπτυξης. Ο στόχος αυτός μπορεί να επιτευχθεί μόνον με παγκόσμια προσέγγιση μέσω διεθνών κανόνων εφαρμοζόμενων σε όλα τα πλοία ανεξαρτήτως σημαίας και περιοχών δραστηριότητας. Περιφερειακές και τοπικές ανησυχίες για την ποιότητα του αέρα πρέπει να αντιμετωπίζονται και να επιλύονται μέσω των μηχανισμών που προβλέπει η Διεθνής Σύμβαση MARPOL του IMO και τα Παραρτήματά της.

Απαιτείται, λοιπόν, ολοκληρωμένη προσέγγιση του προβλήματος που να μην παραβλέπει τις δυνατότητες της τεχνολογίας, τα οικονομικά δεδομένα του παγκόσμιου εμπορίου και την ανάγκη να αποφευχθούν αρνητικές επιπτώσεις από την αύξηση των εκπομπών CO<sub>2</sub> όταν μειώνονται οι άλλοι ρυπαντές. Συγκεκριμένα, η ελληνόκτητη ναυτιλία υποστηρίζει ότι :

➤ Τα μέτρα θα πρέπει να είναι πρακτικώς εφικτά, αποτελεσματικά από πλευράς κόστους και εφαρμόσιμα από όλα τα πλοία, ανεξαρτήτως σημαίας. Ακόμη, ότι πρέπει να βασίζονται σε ορθή κοινωνικο-οικονομική αξιολόγηση προκειμένου να αποφευχθεί πιθανή μετατόπιση του όγκου του εμπορίου σε άλλους τομείς με λιγότερα φιλικά προς το περιβάλλον, συστήματα μεταφοράς.

➤ Επισημαίνει την ανάγκη να ενταθούν οι προσπάθειες, οι συνεννοήσεις και η συνεργασία με τρίτες χώρες κάνοντας ιδιαίτερη αναφορά στις φτωχές χώρες της Αφρικής καθώς και τις χώρες της ΝΑ Μεσογείου με τις οποίες η χώρα μας έχει παραδοσιακά καλές σχέσεις και σημειώνοντας την ειδική σημασία που θα πρέπει να καταβληθεί ώστε να πεισθεί η Κίνα.

➤ Είναι επίσης σημαντικό να αναγνωρισθεί ότι για πολλούς λόγους οι εκπομπές των πλοίων είναι διαφορετικές και δεν μπορούν να κρίνονται με τον ίδιο τρόπο με τις εκπομπές άλλων βιομηχανιών και μεταφορικών μέσων. Το γεγονός αυτό και επειδή το πλοίο είναι κατά πολύ το πιο φιλικό προς το περιβάλλον μεταφορικό μέσο, θα ήταν πολύ ευεργετικό για το περιβάλλον εάν πολιτικές και μέτρα στόχευαν στην αύξηση του όγκου των θαλασσιών μεταφορών.

➤ Είναι σημαντικός ο θετικός ρόλος που θα μπορούσαν να έχουν οι ΜΚΟ ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες για την προώθηση δράσεων αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής μέσω και του πακέτου ταχείας χρηματοδότησης που αποφασίστηκε στη Σύνοδο Κορυφής.

➤ Όπως ήδη αναγνωρίζεται από το Πρωτόκολλο του Κιότο, οι εκπομπές της διεθνούς ναυτιλίας δεν μπορούν να χρεωθούν σε καμία ιδιαίτερη εθνική οικονομία. Η ενέργεια να περιληφθούν οι εκπομπές των ναυτιλιακών μεταφορών στις δεσμεύσεις της ΕΕ θα προκαταλάμβανε ρυθμίσεις.

Η Ελληνική Επιτροπή Ναυτιλιακής Συνεργασίας του Λονδίνου καθιστά σαφές ότι η συμμετοχή της ναυτιλίας στο εμπόριο ρύπων δεν θα έχει καμία συνεισφορά στο περιβάλλον και στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αντιθέτως θα ωφελήσει οργανισμούς που ασχολούνται χρηματιστηριακά με το εν λόγω εμπόριο γι' αυτό είναι κάθετα αντίθετη στην εισαγωγή της.

Από την άλλη τάσσεται υπέρ της λήψης τεχνικών και λειτουργικών μέτρων που θα μειώσουν τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου κατά 15%-30% και ως έσχατη λύση προκρίνει την επιβολή ενός τέλους στα καύσιμα το οποίο θα χρηματοδοτεί μέσω του IMO μέτρα αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Η Επιτροπή υποστηρίζει ότι κάθε μέτρο, συμπεριλαμβανόμενων των μέτρων που βασίζονται στην αγορά (MBM), θα πρέπει να σχεδιαστούν, αναπτυχθούν και εφαρμοστούν από το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) ως το μοναδικό ρυθμιστικό όργανο της ναυτιλίας σε παγκόσμιο επίπεδο. Η Ένωση Ελλήνων Εφοπλιστών υποστηρίζει την πάγια θέση της, ότι τα κάθε είδους μέτρα για τη μείωση των ατμοσφαιρικών εκπομπών των πλοίων πρέπει να ισχύουν διεθνώς, να έχουν θεσμοθετηθεί από τον IMO, να έχουν πρακτικό χαρακτήρα και, βεβαίως, να εφαρμόζονται από όλα τα πλοία, ανεξάρτητα από τη σημαία του πλοίου ή της χώρας, το λιμάνι φόρτωσης ή λιμένα εκφόρτωσης του φορτίου. Η ΕΕΕ έχει καταθέσει με τη σειρά της αρκετά υπομνήματα τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και διεθνές επίπεδο, προκειμένου να αποδείξει το ανεφάρμοστο του συστήματος εμπορίας εκπομπών στις θαλάσσιες μεταφορές.

Το ζήτημα της παγκόσμιας εφαρμογής οποιουδήποτε μέτρου και εφαρμογής αυτού στα πλοία κάθε σημαίας είναι πολύ σημαντικό, προκειμένου να διατηρηθεί μια ανταγωνιστική με ισότιμους όρους σε διεθνές επίπεδο ναυτιλιακή βιομηχανία. Επίσης δεν θα πρέπει να είναι μέτρα που στοχεύουν στην αύξηση των εσόδων και κερδών αλλά στη βελτίωση του περιβάλλοντος.

Ο δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας σχεδιασμού για νέα πλοία (EEDI)<sup>52</sup> θεωρείται ένας στρατηγικός δείκτης με σκοπό να χρησιμοποιηθεί στη φάση σχεδιασμού του πλοίου. Θα πρέπει, λοιπόν, να καταγράψει τα κύρια γνωρίσματα της περιβαλλοντικής επίδοσης ενός πλοίου καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Αυτό δεν ισχύει και για τον Λειτουργικό Δείκτη Ενεργειακής Αποδοτικότητας (EEOI), ο οποίος αφορά την κύρια λειτουργική διαχείριση του πλοίου κατά την εκτέλεση του μεταφορικού του έργου.

Εντούτοις, η τρέχουσα μορφή του EEDI δεν λαμβάνει υπόψιν του εκπομπές εκτός της λειτουργικής ζωής του πλοίου, όπως αυτές που παράγονται κατά τη διάρκεια της κατασκευής του πλοίου και των φάσεων ανακύκλωσης. Για παράδειγμα, ένα πλοίο κατασκευασμένο με μεγαλύτερα περιθώρια διάβρωσης, σε σχέση με άλλο πλοίο ίδιου εκτοπίσματος, ταχύτητας και ισχύος, θα έχει χαμηλότερο deadweight και σαν τέτοιο θα έχει υψηλότερη τιμή EEDI. Ακόμα δεν είναι ευρέως γνωστό ότι ένα ισχυρότερο πλοίο ίσως να παράγει λιγότερο CO<sub>2</sub> κατά τον κύκλο ζωής του, αν οι εκπομπές, κατά τη διάρκεια της κατασκευής του και των φάσεων επισκευής και ανακύκλωσης, ληφθούν υπόψιν. Αυτό

σημαίνει ότι ένα λιγότερο δυνατό πλοίο μπορεί να επιδείξει έναν πιο ευνοϊκό EEDI σε σχέση με ένα πιο ισχυρό, ακόμη και αν παραγόμενες εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του λιγότερου δυνατού πλοίου είναι υψηλότερες.

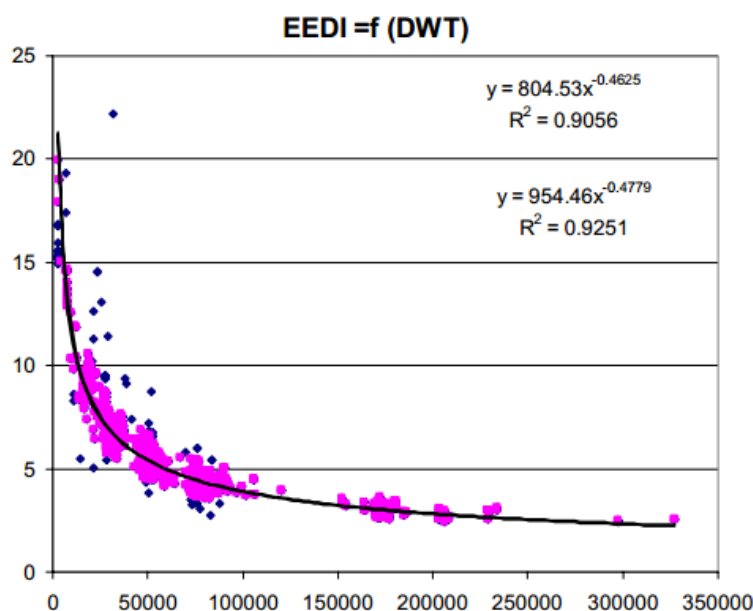
Η Ελλάδα έθιξε το εν λόγω ζήτημα, παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα μιας πρόσφατης μελέτης, η οποία έδειξε ότι πλοία κατασκευασμένα με μεγαλύτερη ανοχή στη διάβρωση, μπορεί να επιτύχουν χαμηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής.

Η παλινδρόμηση διενεργείται μεταξύ της τιμής του EEDI και το μέγεθος του πλοίου στο DWT, και οι ακραίες τιμές που διέφεραν περισσότερο αφαιρούνται από δύο τυπικές αποκλίσεις.

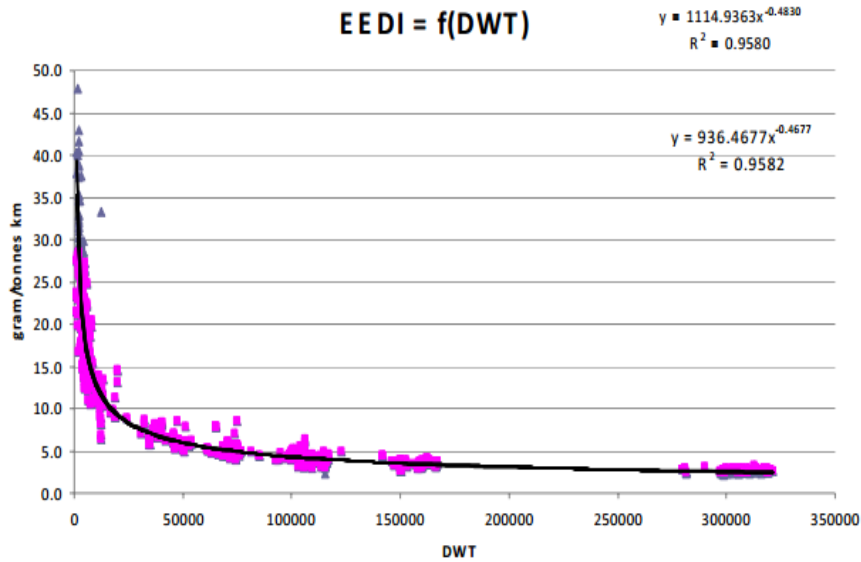
Συμπληρωματικά, σε άλλη πρόταση που κατέθεσε η Ελλάδα στη MEPC (MEPC 60/4/15 "Comments on the EEDI Baseline Formula") επισημαίνει ότι ο τρέχων EEDI επιβάλλει ένα ανώτερο όριο στην υπηρεσιακή ταχύτητα ή εναλλακτικά στην Μέγιστη Συνεχή Λειτουργία (MCR) του πλοίου. Με αυτόν τον τρόπο ο δείκτης ενθαρρύνει την κατασκευή ανώτερης δυναμικότητας πλοίων, τα οποία στην προσπάθειά τους να κινηθούν γρηγορότερα ή απλώς να διατηρήσουν την υπηρεσιακή ταχύτητα σε αίθριο καιρό θα εκπέμπουν δυσανάλογα περισσότερο CO<sub>2</sub>.

Έτσι, η Ελλάδα διεξήγαγε τις δικές της αναλύσεις παλινδρόμησης με βάση δεδομένων της Lloyds Register Fairplay Sea για τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου και δεξαμενόπλοια που έχουν ναυπηγηθεί μετά το 1999 και τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων που έχουν κατασκευαστεί μετά το 1996. Οι ταχύτητες από την εν λόγω βάση δεδομένων δείχνουν ότι αντιπροσωπεύουν το 75% MCR. Οι ακραίες τιμές πάνω από δύο τυπικές αποκλίσεις απομακρύνθηκαν.

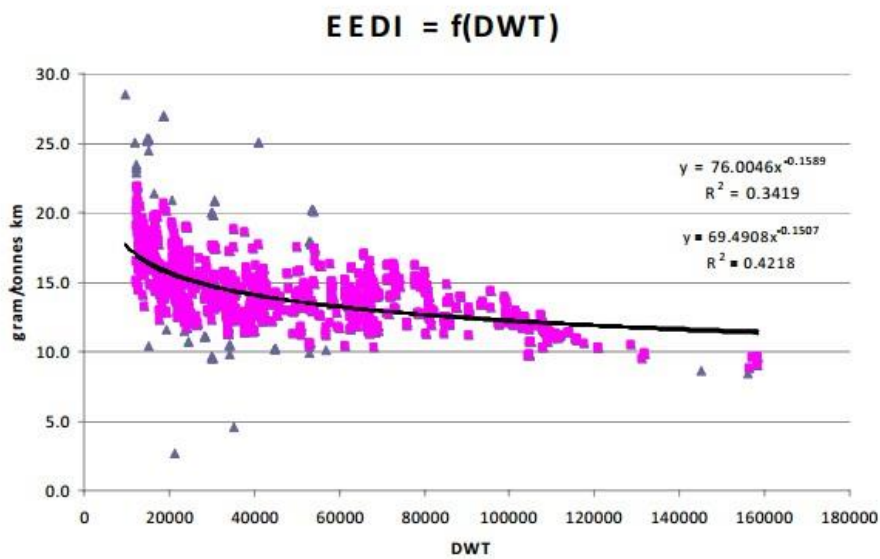
Τα αποτελέσματα εμφανίζονται με και χωρίς ακραίες τιμές.



**Σχήμα 38 :** Πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου (Όλα 2,259 και χωρίς ακραίες τιμές 2,218 πλοία)  
[51]



Σχήμα 39 : Πλοία τύπου δεξαμενόπλοια (Όλα 1,463 και χωρίς ακραίες 1,377 πλοία)



Σχήμα 40 : Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (Όλα 2,447 και χωρίς ακραίες τιμές 2,416 πλοία) [51]

Σύμφωνα με την άποψη της Ελλάδας, ο EEDI ουσιαστικά ενθαρρύνει πλοία να πηγαίνουν με χαμηλές ταχύτητες. Η σχέση μεταξύ ταχύτητας και καυσαερίων είναι μη γραμμική – αν πας 10% πιο γρήγορα και οι εκπομπές ρύπων είναι 30% περισσότερες. Άρα η μικρότερη ταχύτητα είναι η εύκολη λύση.

Επιπρόσθετα, αναδείχθηκε ότι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> που προέρχονται από τις ακόλουθες δραστηριότητες, δεν συμπεριλαμβάνονται από τον EEDI :

- Επεξεργασία χάλυβα
- Κατασκευή πλοίου
- Επισκευές
- Ανακύκλωση
- Μεταφορά πρώτων υλών και χάλυβα

Η άποψη της Ελλάδος είναι ότι ο EEDI θα πρέπει να προσαρμοστεί έτσι ώστε τα πλοία, που κατασκευάζονται σύμφωνα με πιο ισχυρές προδιαγραφές (robust specifications), είναι εξαιτίας μελλοντικών κανόνων είτε λόγω επιθυμίας του πλοιοκτήτη να μην τιμωρούνται αδικαιολόγητα επειδή δεν εκπέμπουν περισσότερο CO<sub>2</sub> στο σύνολο (κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση) εντός του κύκλου ζωής τους.

Η ελληνόκτητη ναυτιλία θεωρεί ότι η ανάπτυξη του EEDI έχει σαν κύριο στόχο να συμβάλλει στον καλύτερο δυνατό σχεδιασμό του κύτους του πλοίου, των συστημάτων πρόωσης και άλλων τεχνολογιών. Προκειμένου να βελτιωθεί η ενεργειακή αποδοτικότητα των νέων πλοίων και να μειωθούν οι εκπομπές CO<sub>2</sub>. Επιπρόσθετα υποστηρίζει ότι ο εν λόγω στόχος δεν έχει αλλάξει και θα πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή ώστε να μην μετατεθεί το επίκεντρο των δράσεων σε πρακτικές που μπορεί να επιτύχουν χαμηλότερο EEDI «στα χαρτιά», αλλά μπορεί να επιφέρουν αρνητικές συνέπειες σε σχέση με την ενεργειακή αποδοτικότητα και τις εκπομπές CO<sub>2</sub>. Η Ελλάδα προτείνει μία πιο ενδελεχή μελέτη του EEDI, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι ο τρέχων τύπος εφαρμογής του εν λόγω δείκτη ευνοεί ένα πλοίο με χαμηλή κατανάλωση καυσίμων σε κανονικές καιρικές συνθήκες. Όχι απλώς σε δοκιμές στη θάλασσα. Είναι η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα κατά τη λειτουργία ενός πλοίου που είναι βλαβερή για το περιβάλλον και πρέπει να περιοριστεί.

Συνεπώς, υποστηρίζει την προσθήκη στο Παράρτημα VI της Σύμβασης MARPOL των νέων Κανονισμών που θα καταστήσουν υποχρεωτικό τον Δείκτη Σχεδίασης της Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI) των νέων πλοίων με τις συμπληρωματικές δεσμεύσεις και το Σχέδιο Διαχείρισης της Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίου (SEEMP) για νέα και υπάρχοντα πλοία. Με την υιοθέτηση της πρώτης διεθνούς συμφωνίας δεσμευτικών και υποχρεωτικών μέτρων μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> (που έχει μέχρι σήμερα συμφωνηθεί για ολόκληρο τον βιομηχανικό τομέα), ο IMO απέδειξε ότι είναι σε καλύτερη θέση για να συνεχίσει την πρόοδο στο θέμα πιθανού αγοροκεντρικού μέτρου (MBM) που θα επιφέρει περαιτέρω μειώσεις εκπομπών.

#### **4.2 Ελληνόκτητη Ναυτιλία, MBM, ETS και GHG Fund**

Εξακολουθούν να υπάρχουν βάσιμες αμφιβολίες για την αναγκαιότητα και τους σκοπούς ενός MBM (Market Based Measures) για τη ναυτιλία. Σε κάθε περίπτωση, ένα MBM πρέπει να αντιστοιχεί στην περιβαλλοντική επίπτωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τη ναυτιλία και να βασίζεται στην προτιμότερη επιλογή του Κεφαλαίου Αποζημίωσης. Ένας τέτοιος μηχανισμός θα είναι καταλληλότερος διότι θα εφαρμόζεται διεθνώς επί όλων των πλοίων με βάση τα καύσιμα που καταναλώνουν.

Όσον αφορά το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών - ETS δεν μπορεί πρακτικά και αποτελεσματικά να εφαρμοστεί στη ναυτιλία κυρίως λόγω της πολυπλοκότητας του διεθνούς θαλάσσιου εμπορίου. Επίσης, σύμφωνα με τους Έλληνες πλοιοκτήτες παρουσιάζει αντι-αναπτυξιακό χαρακτήρα και με ρεαλιστική προσέγγιση του επιδιωκόμενου στόχου του, καθώς βασίζεται στην ποινή και την καταβολή προστίμου από τις ναυτιλιακές, προκειμένου να αντικαταστήσουν το πετρέλαιο, που εκπέμπεται CO<sub>2</sub>, με άλλη πηγή ενέργειας που δεν παράγει CO<sub>2</sub> και έχει αποδειχθεί πιο φιλική στο περιβάλλον. Όμως, με τα τρέχοντα δεδομένα καθίσταται αδύνατον να αντικατασταθεί το πετρέλαιο από άλλη πηγή ενέργειας για την κίνηση του πλοίου στην ανοικτή θάλασσα. Έχουν υπάρξει μεμονωμένα πειράματα και εφαρμογές εναλλακτικών καυσίμων σε πλοία ή και εξολοκλήρου κατασκευή πλοίου «πράσινων προδιαγραφών» αλλά η χρήση της εν λόγω τεχνολογίας στον παγκόσμιο στόλο είναι αδύνατη για πολύ μεγάλο ακόμα χρονικό διάστημα, καθώς όλες οι έρευνες είναι σε πολύ πρώιμα στάδια. Συνεπακόλουθα σε περίπτωση που εφαρμοστεί το εμπόριο ρύπων, αντί να ωθήσει τις ναυτιλιακές εταιρείες στην αναζήτηση, διερεύνηση και χρήση νέων φιλικών προς το περιβάλλον καυσίμων, θα οδηγήσει στην καθιέρωση ενός συστήματος αγοραπωλησίας ρύπων με τις μεγάλες εταιρείες να κατορθώνουν να εξασφαλίζουν τα δικαιώματα εκπομπών, όντας ικανές να επωμιστούν το κόστος αυτό.

Ένα ακόμη τρωτό σημείο του ETS είναι ότι διαστρεβλώνει τον ανταγωνισμό μεταξύ των χωρών «πριμοδοτώντας» τις εύρωστες οικονομικά χώρες. Συγκεκριμένα οι χώρες που δεν έχουν την οικονομική ευημερία να προβούν στην κατασκευή υποδομών και στην αγορά και εγκατάσταση των απαιτούμενων εξοπλισμών για τη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, θα οδηγηθούν αναπόφευκτα σε περιορισμό της παραγωγής ή στην εξαγωγή κεφαλαίων για την αγορά εκπομπών CO<sub>2</sub> στο χρηματιστήριο καυσαερίων. Άρα, οι χώρες οι οποίες επιδιώκουν την εξάπλωση του συστήματος εμπορίας ρύπων και στη ναυτιλία είναι εκείνες οι οποίες διαθέτουν τα οικονομικά, τεχνολογικά και γεωφυσικά μέσα, για να το λειτουργήσουν, ελέγξουν και κατευθύνουν, καθώς και τις επιχειρήσεις που αναμένουν να επωφεληθούν τα μέγιστα από την αγοραπωλησία ρύπων.

Υπάρχουν, λοιπόν, πολλά σημαντικά θέματα προς επίλυση για να καταστεί βιώσιμη πραγματικότητα ένα παγκόσμιο ETS. Είναι απαραίτητες αποφάσεις για θέματα, όπως τα κριτήρια κατανομής, τύποι πλοίων, τα επί μέρους όρια, καθορισμός παγκόσμιου ορίου, αντιμετώπιση των δυνατοτήτων αποφυγής με μεταφορτώσεις και το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής. Η επίτευξη συμφωνίας διεθνώς για τέτοια κριτήρια θα είναι πολύπλοκη και θα χρειασθεί να είναι συμβατή με άλλες σχετικές διεθνείς συμφωνίες. Είναι σαφές ότι η ανάπτυξη ενός περιβαλλοντικά αποτελεσματικού, οικονομικού και δίκαιου παγκόσμιου συστήματος ETS για τη ναυτιλία θα είναι πολύ δύσκολη και χρονοβόρα.

Γίνεται λοιπόν προφανές, ότι αν κριθεί αναπόφευκτη η καθιέρωση ενός MBM, πέραν των τεχνικών και λειτουργικών μέτρων που δρομολογούνται ήδη στον IMO, το σύστημα Ταμείου αποζημίωσης (GHG Fund) είναι καταλληλότερος μηχανισμός γιατί εφαρμόζεται σε όλα τα πλοία παγκοσμίως με βάση την κατανάλωση των καυσίμων. Επιπρόσθετα, θα μπορεί να επιτρέπει στους πλοιοκτήτες να υπολογίζουν τις δαπάνες τους με τον απαιτούμενο βαθμό βεβαιότητας.

Το Διεθνές Κεφάλαιο για τις εκπομπές GHG από τα πλοία (GHG Fund) θα μπορούσε να καθιερώσει ένα παγκόσμιο στόχο μείωσης από την διεθνή ναυτιλία, όπως θα οριζόταν από την Σύμβαση Ηνωμένων Εθνών περί Κλιματικής Αλλαγής (UNFCCC) ή τον IMO. Οι εκπομπές άνω

της γραμμής του στόχου μπορούν να αντισταθμιστούν με την αγορά εγκεκριμένων πιστώσεων μείωσης εκπομπών και οι δραστηριότητες αντιστάθμισης θα χρηματοδοτηθούν από εισφορές που θα πληρώνονταν από τα πλοία για κάθε τόνο αγορασμένου καυσίμου. Τα ποσά, μετέπειτα, θα μπορούσαν να διατεθούν για δραστηριότητες προσαρμογής και αποκατάστασης μέσω της UNFCCC για Έρευνα και Ανάπτυξη (R&D) και για τεχνική συνεργασία στα πλαίσια του IMO.

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με την ανάλυση από το Γραφείο Προϋπολογισμού του Κογκρέσου (CBO) των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, ένα τέλος θα ήταν πολύ περισσότερο αποδοτικό από πλευράς κόστους εφαρμογής από την εμπορία εκπομπών. Αυτό αφορά τις χερσαίες επιχειρήσεις που είναι λιγότερες και, ως εκ τούτου, το κόστος της διαχείρισης ενός συστήματος εμπορίας ρύπων για τις χερσαίες επιχειρήσεις είναι πολύ χαμηλότερο από ό,τι θα ήταν στην περίπτωση του ναυτιλιακού τομέα. Μ' αυτόν τον τρόπο αποκαθίσταται η δύναμη της αγοράς, με την δυνατόν λιγότερη εισφορά και σπατάλη πόρων, ανεξάρτητα από την μείωση των εκπομπών.

### 4.3 Μεταφορά τεχνογνωσίας και τεχνολογική υποστήριξη

Όσον αφορά τις δεσμεύσεις και τους στόχους που θα αποτελέσουν τα επιμέρους βασικά σημεία της διεθνούς συμφωνίας, η Ελλάδα θεωρεί πως πρέπει να επιβληθούν υποχρεωτικά μέτρα μείωσης εκπομπών όλων των ανεπτυγμένων χωρών, τα οποία να είναι συγκρίσιμα με αυτά της Ε.Ε.

Στο πλαίσιο αυτό, η Ελλάδα αποδέχεται κριτήρια όπως :

- Το κατά κεφαλήν ακαθάριστο εθνικό προϊόν (ΑΕΠ) το οποίο αντανακλά την ικανότητα πληρωμής για τις μειώσεις εγχώριων εκπομπών και αγοράς πιστωτικών μορίων από μειώσεις εκπομπών από τις αναπτυσσόμενες χώρες.
- Τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG) ανά μονάδα ΑΕΠ οι οποίες φανερώνουν τη δυνατότητα μείωσης εγχώριων εκπομπών GHG, καθώς και
- Την σχέση μεταξύ του μεγέθους του πληθυσμού και του συνόλου των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου

Σε σχέση με τους μακροπρόθεσμους στόχους, η Ελλάδα στηρίζει ένα φιλόδοξο στόχο για μείωση των εκπομπών των ανεπτυγμένων χωρών. Από 80%-95%, μέχρι το 2050 σε σύγκριση με το 1990. Η χώρα μας έχει επισημάνει πως πρέπει να εξασφαλιστούν δεσμεύσεις για μέτρα μείωσης εκπομπών των αναπτυσσόμενων χωρών με υψηλά επίπεδα εκπομπών (π.χ. Κίνα, Ινδία ) και παράλληλα να οριοθετηθούν κατευθυντήριοι στόχοι μείωσης εκπομπών και λήψης μέτρων και για τις υπόλοιπες αναπτυσσόμενες χώρες.

Στο ζήτημα μετατροπής του στόχου μείωσης εκπομπών 20% σε 30% στην περίπτωση που οι άλλες ανεπτυγμένες χώρες συμφωνήσουν σε παρόμοιες μειώσεις, η Ελλάδα είναι έτοιμη να αναλάβει τις υποχρεώσεις της.

Δίδεται ιδιαίτερη έμφαση στη δημιουργία ενός συστήματος Μέτρησης, Κοινοποίησης και Επαλήθευσης (Monitoring, reporting and verification – MRV) τόσο αναφορικά με τη χρηματοδότηση της άμβλυνσης των πιστώσεων της κλιματικής αλλαγής, όσο και των δράσεων που θα αναληφθούν. Με τον τρόπο αυτό θα διασφαλιστεί ότι οι δράσεις που θα αποφασιστούν θα βασίζονται στις αρχές της αποδοτικότητας και της απαραίτητης διαφάνειας.



#### 4.4 Ελληνόκτητη Ναυτιλία και Φορολογία

Οι Έλληνες πλοιοκτήτες θεωρούν ότι προκειμένου να μειωθούν περαιτέρω οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα της ναυτιλίας, ο πιο κατάλληλος μηχανισμός, μετά την εφαρμογή τεχνικών μέτρων, θα ήταν η επιβολή ενός τέλους στα καύσιμα, καθώς θα εφαρμοστούν σε όλα τα πλοία σε όλο τον κόσμο με βάση την κατανάλωση καυσίμων τους.

Η επιβολή τέλους θα μείωνε τα τονομύλια του πλοίου και θα ενίσχυε την τάση μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας μειώνοντας τις εκπομπές αερίων ρύπων. Επίσης, εύκολα θα μπορούσε να επιβληθεί σε όλο τον κόσμο και δεν θα στρέβλωνε τις συνθήκες ανταγωνισμού.

Πιο συγκεκριμένα ένα σύστημα εισφοράς, βασισμένο σε μία φόρμουλα όχι υβριδική, δηλαδή ένα αγοροκεντρικό μέτρο (φόρος) βασισμένο στο EEDI θα ήταν προτιμότερο για τους εξής λόγους:

- Θα ίσχυε για κάθε πλοίο, οποιαδήποτε σημαίας και έτσι θα δημιουργηθούν αυτόματα ισότιμοι όροι ανταγωνισμού.
- Τα συγκεκριμένα χρήματα θα τα διαχειρίζεται μία υπηρεσία του IMO, και όχι κυβερνήσεις όπως στην περίπτωση του UNFCCC, με αποτέλεσμα να διασφαλίζονται ο έλεγχος και η διαφάνεια.
- Το συνολικό ποσό θα διατεθεί σε έργα που θα ωφελήσουν άμεσα το περιβάλλον με τον ταχύτερο δυνατό τρόπο.
- Το κόστος της ναυτιλιακής εταιρείας θα μετακυλήσει απευθείας στον αγοραστή του φορτίου.
- Όλοι οι πλοιοκτήτες και η βιομηχανία γενικά θα έχουν το χρόνο και την ευελιξία να δουλέψουν σωστά για το σχεδιασμό φιλικότερων προς το περιβάλλον πλοίων που θα απευθύνονται σε όλους, ακόμα και αν είναι πιο ακριβά στην κατασκευή, και κανένας εφοπλιστής δεν θα μπορεί να αποφύγει τελικά να αγοράζει σκάφη αυτού του τύπου. Έτσι, διασφαλίζεται ότι σταδιακά όλα τα πλοία όλων των τύπων θα είναι περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον, ανεξαρτήτως των προτιμήσεων του εκάστοτε πλοιοκτήτη.
- Το σύστημα είναι εξαιρετικά απλό, εύκολο στη διαχείριση και πλήρως ελεγχόμενο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### 5.1 Ο κανονισμός Monitoring Reporting Verification – MRV

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή φέρνει τις εκπομπές από τη ναυτιλία στο πακέτο του 2009 που αφορά το κλίμα και την ενέργεια. Το επόμενο βήμα στην προσπάθεια για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου (Greenhouse Gas - GHG) γίνεται διαμέσου της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σαν αποτέλεσμα ο κανονισμός MRV της Ευρωπαϊκής Ένωσης τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιουλίου 2015. Ασχολείται με τις απαιτήσεις για την παρακολούθηση, την υποβολή εκθέσεων και την επαλήθευση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τις θαλάσσιες μεταφορές.

Ο κανονισμός απαιτεί από τους πλοιοκτήτες και διαχειριστές των πλοίων να παρακολουθούν σε ετήσια βάση, να διαμορφώνουν μια έκθεση και να επαληθεύουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> για τα πλοία μεγαλύτερα των 5.000 κόρων ολικής χωρητικότητας (Gross Tonnage) τα οποία καταπλέουν σε οποιοδήποτε λιμάνι της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της EFTA (Norway and Iceland). Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιείται σε μια βάση ανά ταξίδι και ξεκινά την 1η Ιανουαρίου του 2018. Οι αναφερόμενες εκπομπές CO<sub>2</sub> σε συνδυασμό με πρόσθετα στοιχεία όπως π.χ το φορτίο και οι παράμετροι της ενεργειακής απόδοσης θα πρέπει να επαληθεύονται από ανεξάρτητους ελεγκτές και να αποστέλλονται σε μια κεντρική βάση δεδομένων την οποία διαχειρίζεται ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Ασφάλειας της Ναυσιπλοΐας (EMSA). Τα συγκεντρωτικά στοιχεία που αφορούν τις εκπομπές των πλοίων και την αποδοτικότητά τους θα δημοσιευθούν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή έως τις 30 Ιουνίου 2019 και στη συνέχεια κάθε συνεχή χρονιά. Επιπλέον, περαιτέρω κατευθυντήριες γραμμές είναι σίγουρο ότι θα τροποποιήσουν τον κανονισμό MRV και το έργο αυτό θα συνεχιστεί από το ESSF (European Sustainable Shipping Forum) μέχρι το καλοκαίρι του 2017. Ο Νορβηγικός Νηογνώμονας ο οποίος θα συμμετάσχει σε αυτές τις συνεδριάσεις πιέζει για πρακτικό χειρισμό του κανονισμού MRV.

### 5.2 Υπόβαθρο

Περίπου από το 2008, η ναυτιλιακή βιομηχανία αντιμετωπίζει ισχυρές πιέσεις από τους πολιτικούς (τόσο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης τόσο και σε επίπεδο Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO)) προκειμένου να μειώσει τις εκπομπές σε CO<sub>2</sub>. Η ναυτιλιακή βιομηχανία αναμένεται να συνεισφέρει στη συνολική δέσμευση για τον περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη στους 2 ° C. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε έναν πανευρωπαϊκό στόχο τουλάχιστον για μείωση κατά 40% των αερίων του θερμοκηπίου έως το 2030 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Αρχικά, επεδίωξε να συμπεριλάβει τη ναυτιλία στο περιφερειακό σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της (Emissions Trading Scheme - ETS). Ωστόσο, τον Ιούνιο του 2013 η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε μια αναθεωρημένη στρατηγική για την ενσωμάτωση των θαλάσσιων εκπομπών στην πολιτική της σχετικά με τη μείωση των εγχώριων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Αυτή η αναθεωρημένη στρατηγική συνιστά το πρώτο βήμα για την εισαγωγή ενός συστήματος MRV για τη ναυτιλία το οποίο θα παρακολουθεί, θα υποβάλει αιτήσεις και θα τις επαληθεύει. Αυτό θα παρέχει στην Ευρωπαϊκή Ένωση πιο αξιόπιστα δεδομένα σχετικά με την κατανάλωση καυσίμων και την ενεργειακή απόδοση των πλοίων.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της, απλώς η εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος MRV αναμένεται να μειώσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά περίπου 2% καθώς θα εστιάσει την προσοχή των διαχειριστών των πλοίων στην κατανάλωση καυσίμων. Τέλος, υποστηρίζει ότι αυτό θα αντισταθμίσει το κόστος υλοποίησης MRV για τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Σε επίπεδο IMO τα μέτρα που βασίζονται στην αγορά (Market-Based Measures - MBM) έχουν συζητηθεί για πολλά χρόνια αλλά η συζήτηση έχει καθυστερήσει λόγω της διαφοράς μεταξύ των αρχών λειτουργίας του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (όχι ευνοϊκότερη μεταχείριση από κάθε χώρα) και της αρχής των κοινών αλλά διαφοροποιημένων ευθυνών της Σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος (UNFCCC).

Ωστόσο, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) εισήγαγε τον Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας (EEDI) ως τεχνικό μέτρο για τα πλοία νέας κατασκευής και το πρώτο παγκόσμιο υποχρεωτικό μέτρο για τη μείωση αερίων του θερμοκηπίου για έναν ολόκληρο τομέα της βιομηχανίας. Καθοδηγούμενος από την ιδέα αυτή, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO), ο οποίος είναι ένα τεχνικό όργανο, έχει επανεξετάσει πρόσφατα την ενεργειακή αποδοτικότητα του στόλου. Ο κανονισμός MRV (Monitoring Reporting and Verification) αποσκοπεί στο να ποσοτικοποιηθούν και να μειωθούν οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη ναυτιλία και να

δημιουργήσει ένα νέο είδος συστήματος συγκριτικής αξιολόγησης στην Ευρώπη. Ο Νορβηγικός Νηογνώμονας (DNV GL) έχει ετοιμάσει μια επισκόπηση του τρόπου με τον οποίο ο κανονισμός MRV θα επηρεάσει τη ναυτιλιακή βιομηχανία και τι στάδια θα πρέπει να ακολουθήσουν οι ναυτιλιακές εταιρείες για την επίτευξη συμμόρφωσης με αυτόν.

### **5.3 Η εφαρμογή του κανονισμού**

Ο MRV έχει σχεδιαστεί για να ενσωματώσει σταδιακά τις θαλάσσιες εκπομπές στην πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μείωση των εγχώριων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (κανονισμός της ΕΕ 2015/757). Πιο συγκεκριμένα απαιτεί από τους πλοιοκτήτες και τους διαχειριστές να παρακολουθούν σε ετήσια βάση, να αναφέρουν και να επαληθεύουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) για τα πλοία χωρητικότητας μεγαλύτερης ή ίσης με 5.000 GT τα οποία καταπλέουν σε οποιοδήποτε λιμάνι της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα αποτελέσματα θα δημοσιεύονται σε τακτική βάση. Ο κανονισμός ξεκίνησε να εφαρμόζεται την 1η Ιουλίου 2015 αλλά θα τεθεί πλήρως σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου το 2018. Οι ναυτιλιακές εταιρείες θα πρέπει να προετοιμάσουν ένα σχέδιο παρακολούθησης έως τις 31 Αυγούστου 2017 το αργότερο, για κάθε ένα από τα πλοία τους που εμπίπτει στη δικαιοδοσία του εν λόγω κανονισμού. Θα πρέπει να παρακολουθούν, να αναφέρουν και να επαληθεύουν την ποσότητα CO<sub>2</sub> που εκπέμπεται από τα πλοία τους σε δρομολόγια μεταξύ των λιμένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και θα πρέπει επίσης να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις παραμέτρους της ενεργειακής απόδοσης.

Η συλλογή δεδομένων θα αρχίσει σε μια βάση ανά ταξίδι από την 1η Ιανουαρίου 2018. Στη συνέχεια τα δεδομένα θα επιβεβαιώνονται από ένα τρίτο φορέα και θα αποστέλλονται σε μια κεντρική βάση δεδομένων την οποία θα διαχειρίζεται ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια στη Θάλασσα (EMSA). Οι συνολικές εκπομπές των πλοίων και τα δεδομένα απόδοσης τους θα δημοσιευθούν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή έως τις 30 Ιουνίου 2019 και στη συνέχεια κάθε χρόνο.

### **5.4 Χρονοδιάγραμμα**

#### **5.4.1 Χρονοδιάγραμμα εφαρμογής του MRV της Ευρωπαϊκής Ένωσης**

Ένα πρώτο βήμα για τους πλοιοκτήτες και τους διαχειριστές προκειμένου να συμμορφωθούν με τον κανονισμό MRV είναι να προετοιμάσουν ένα Σχέδιο παρακολούθησης για κάθε ένα από τα πλοία τους που εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής του κανονισμού. Το σχέδιο παρακολούθησης θα υπόκειται σε έλεγχο από ανεξάρτητο ελεγκτή και θα πρέπει συνεπώς όλα τα σχέδια να υποβληθούν έως τις 31 Αυγούστου ελεγκτή των εκπομπών αρχίζει την 1η Ιανουαρίου 2018. Η περίοδος υποβολής εκθέσεων θα πραγματοποιείται σε ετήσια βάση, από 1 Ιανουαρίου έως 31 Δεκεμβρίου κάθε έτους. Μετά την ολοκλήρωση της περιόδου αναφοράς, η εταιρεία θα συντάσσει μια έκθεση για τις εκπομπές που θα πρέπει να υποβάλλονται στην κεντρική βάση δεδομένων (EMSA) μέχρι τις 30 Απριλίου το αργότερο κάθε χρόνο. Η έκθεση θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνει τυχόν δραστηριότητες επαλήθευσης από τον ελεγκτή. Στη συνέχεια, οι αναφερόμενες και εξακριβωμένες εκπομπές, καθώς και τα συναφή δεδομένα που αφορούν την ενεργειακή απόδοση θα πρέπει να διατίθενται στο κοινό από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατά την πρώτη περίοδο αναφοράς στις 30 Ιουνίου 2019 και ομοίως κάθε επόμενο έτος. Το χρονοδιάγραμμα για την εφαρμογή του κανονισμού MRV παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω:



**Εικόνα 18:** Χρονοδιάγραμμα κανονισμού MRV της Ευρωπαϊκής Ένωσης [52]

Χρονοδιάγραμμα:

- 31 Αυγούστου 2017: Οι εταιρείες θα πρέπει να υποβάλουν τα σχέδια παρακολούθησης των πλοίων στους ελεγκτές για έγκριση.
- 1 Ιανουαρίου 2018: Θα πραγματοποιηθεί η υποβολή εκθέσεων των εκπομπών.
- 30 Απριλίου 2019: Οι ετήσιες εκθέσεις για τις εκπομπές θα υποβληθούν στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο.
- 30 Ιουνίου 2019: Τα στοιχεία για τις εκπομπές και την ενεργειακή απόδοση θα διατίθενται στο κοινό από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο.

#### 5.4.2 Χρονοδιάγραμμα εφαρμογής του MRV του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού

Ο IMO έχει υιοθετήσει μια σφαιρική προσέγγιση - ένα υποχρεωτικό σύστημα συλλογής στοιχείων για την κατανάλωση των καυσίμων για τη διεθνή ναυτιλία, απαιτώντας από τα πλοία των 5.000 GT και άνω να ξεκινήσουν τη συλλογή και την αναφορά δεδομένων σε μια βάση δεδομένων του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) από το 2019. Εγκρίθηκε ως τροποποίηση του κεφαλαίου 4 του παραρτήματος VI της MARPOL και προστέθηκε σαν νέος κανονισμός για τη συλλογή και την αναφορά δεδομένων κατανάλωσης καυσίμων των πλοίων.

Επιπλέον, αναπτύχθηκαν νέα προσαρτήματα που περιγράφουν τις «Πληροφορίες που πρέπει να υποβάλλονται στον ΙΜΟ, συμπεριλαμβανομένης της βάσης δεδομένων για την κατανάλωση των καυσίμων των πλοίων» (προσάρτημα ΙΧ) και «Μορφή δήλωσης συμμόρφωσης - Αναφορά κατανάλωσης καυσίμων» (προσάρτημα Χ). Οι τροποποιήσεις αυτές θα τεθούν σε ισχύ την 1η Μαρτίου 2018 και η πρώτη περίοδος αναφοράς θα είναι για το ημερολογιακό έτος 2019. Τα συγκεντρωτικά δεδομένα πρέπει να αναφέρονται στο κράτος σημαίας του πλοίου μετά το τέλος κάθε ημερολογιακού έτους, το οποίο θα πρέπει να επαληθεύσει ότι τα δεδομένα έχουν δηλωθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις του παραρτήματος VI πριν εκδώσει δήλωση συμμόρφωσης προς το πλοίο. Οι διοικήσεις θα υποβάλουν στη συνέχεια συγκεντρωτικά στοιχεία στη βάση δεδομένων για την κατανάλωση καυσίμων πλοίων του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (ΙΜΟ) για ανώνυμη δημοσίευση. Τα δεδομένα που πρέπει να υποβληθούν περιλαμβάνουν πληροφορίες για την κατανάλωση καυσίμων (ανά τύπο καυσίμου και σε μετρικούς τόνους) καθώς επίσης και την απόσταση που διανύθηκε και τον χρόνο στη θάλασσα, από την αγκυροβόληση έως την αποβάθρα.

Επιπλέον, οι αρχές της σημαίας ή άλλοι εξουσιοδοτημένοι οργανισμοί θα πρέπει να διασφαλίσουν ότι έως τις 31 Δεκεμβρίου 2018 το πλοίο θα πρέπει να έχει σχεδιάσει το σχέδιο διαχείρισης της ενεργειακής απόδοσης του (SEEMP) για να τεκμηριώσει τις μεθοδολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων και την υποβολή των στοιχείων αυτών στη διοίκηση της σημαίας. Εγκρίθηκαν οι αναθεωρήσεις των κατευθυντήριων γραμμών του SEEMP, οι οποίες παρέχουν οδηγίες για την ανάπτυξη των μεθοδολογιών που πρέπει να ακολουθούνται για τη συλλογή και την αναφορά των δεδομένων καθώς και για την περαιτέρω αποσαφήνιση των ανωτέρω δεδομένων που πρέπει να συλλεχθούν. Το υποχρεωτικό σύστημα

συλλογής δεδομένων προορίζεται να αποτελέσει την αρχή μιας διαδικασίας τριών σταδίων, στην οποία η ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται θα αποτελέσει τη βάση για μια αντικειμενική, διαφανή και περιεκτική συζήτηση της πολιτικής του ΜΕΡC. Αυτό θα οδηγήσει στη συνέχεια σε μια τελική συμφωνία σχετικά με τους στόχους και τα μέτρα, συμπεριλαμβανομένου ενός σχεδίου εφαρμογής το 2023.

## **5.5 Σύγκριση των συστημάτων δεδομένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού**

Ο παρακάτω πίνακας ορίζει τα βασικά στοιχεία των δύο συστημάτων τα οποία παρουσιάζονται παράλληλα μεταξύ τους για να πραγματοποιηθεί πιο εύκολα η σύγκριση. Οι βασικές διαφορές τους είναι οι εξής παρακάτω και περιλαμβάνουν:

- Ο κανονισμός MRV της Ευρωπαϊκής Ένωσης απαιτεί την αναφορά του πραγματικού φορτίου που μεταφέρεται επί του πλοίου, του καυσίμου που καταναλώνεται και του εκπεμπόμενου CO<sub>2</sub>, ενώ ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΙΜΟ) απαιτεί μόνο την αναφορά για τα καύσιμα που καταναλώνονται.
- Στον κανονισμό MRV της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται από τις ναυτιλιακές εταιρείες και επαληθεύονται από διαπιστευμένο ελεγκτή. Για τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (ΙΜΟ) οι υπολογισμοί επαληθεύονται από τη διοίκηση σύμφωνα με τις εθνικές διαδικασίες.
- Η Ευρωπαϊκή Ένωση σχεδιάζει να δημοσιοποιήσει αυτές τις πληροφορίες ενώ για τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (ΙΜΟ) τα ανεπεξέργαστα δεδομένα θα είναι διαθέσιμα μόνο στα κράτη – μέλη του και στις χώρες σημαίας.

**Πίνακας 15:** Σύγκριση MRV κανονισμού του IMO και MRV κανονισμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης [53]

	<b>EU MRV</b>	<b>IMO</b>
Παρακολούθηση	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Πλοία άνω των 5000 GT</li> <li>➤ Ταξίδια από και προς λιμένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης</li> <li>➤ Σχέδιο παρακολούθησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης</li> <li>➤ Εκκίνηση εφαρμογής 01/01/2018</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Πλοία άνω των 5000 GT</li> <li>➤ Όλα τα ταξίδια</li> <li>➤ Ενημερώθηκε από SEEMP</li> <li>➤ Εκκίνηση εφαρμογής 01/01/2019</li> </ul>
Περίοδος πρώτης παρακολούθησης	2018	2019
Εξαιρέσεις	Πολεμικά πλοία, βοηθητικά, αλιευτικά, ξύλινα, πλοία χωρίς δικά τους μέσα πρόωσης, κρατικά πλοία που χρησιμοποιούνται για μη εμπορικούς σκοπούς	Πρόκειται να καθοριστεί
Παράμετροι	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Κατανάλωση καυσίμου και εκπομπές CO2</li> <li>➤ Φορτίο επί του σκάφους</li> <li>➤ Απόσταση</li> <li>➤ Χρόνος στη θάλασσα και στο λιμάνι</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Κατανάλωση καυσίμου και εκπομπές CO2 Σχεδιασμός νεκρού βάρους</li> <li>➤ Διανυόμενη απόσταση (O/G)</li> <li>➤ Ωρες σε εξέλιξη</li> </ul>
Αναφορές	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Κατανάλωση καυσίμου (λιμάνι/θάλασσα)</li> <li>➤ Μεταφορικό έργο(με βάση το μεταφερόμενο φορτίο)</li> <li>➤ Απόσταση</li> <li>➤ Χρόνος</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Κατανάλωση καυσίμου</li> <li>➤ Απόσταση</li> <li>➤ Χρόνος</li> </ul>
Επιβεβαίωση	Ανεξάρτητοι διαπιστευμένοι ελεγκτές	Σημαίες και αναγνωρισμένοι οργανισμοί (έργο σε εξέλιξη)
Αναφορές προς	Μέλος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής	Καθεστώς της σημαίας
Πιστοποίηση	Έγγραφο συμμόρφωσης (Ιούνιος 2019)	Δήλωση συμμόρφωσης
Δημοσίευση	Διακριτική δημόσια βάση δεδομένων	Ανώνυμη δημόσια βάση δεδομένων
Παράθεση	Δημόσια	Εμπιστευτική

Η παρακολούθηση του CO<sub>2</sub> πρέπει να περιλαμβάνει πηγές εκπομπών όπως οι κύριες μηχανές, οι βοηθητικές μηχανές, οι αεριοστρόβιλοι, οι λέβητες και οι γεννήτριες αδρανών αερίων. Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> πρέπει είτε να υπολογίζονται με βάση την κατανάλωση καυσίμου και τη χρήση των κατάλληλων συντελεστών εκπομπών για τον τύπο καυσίμου που καταναλώνεται είτε με την παρακολούθηση των άμεσων εκπομπών, με εκ των υστέρων υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου χρησιμοποιώντας τον σχετικό συντελεστή εκπομπών. Στο πλαίσιο του σχεδίου παρακολούθησης, οι εταιρείες πρέπει να επιλέγουν μία ή περισσότερες από τέσσερις μεθόδους για την παρακολούθηση της κατανάλωσης καυσίμου σε κάθε πηγή καύσης που παρακολουθείται:

1. Η χρήση των Bunker Fuel Delivery Notes για τα καύσιμα και περιοδικών αποθεμάτων των καυσίμων των δεξαμενών (εκτός από τα πλοία όπου το φορτίο χρησιμοποιείται ως καύσιμο)
2. Παρακολούθηση του καυσίμου στη δεξαμενή
3. Μετρητές ροής για εφαρμοστέες διαδικασίες καύσης
4. Άμεσες μετρήσεις των εκπομπών (μόνο για τον κανονισμό MRV της Ευρωπαϊκής Ένωσης)

Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων μέτρησης εκπομπών CO<sub>2</sub>. Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται σε ένα στόχο. Όταν η κατανάλωση καυσίμου μετριέται σε μονάδες όγκου, πρέπει επίσης να προσδιοριστεί η πυκνότητα του καυσίμου, είτε μέσω του δελτίου παράδοσης του καυσίμου είτε μέσω των συστημάτων μέτρησης επί του σκάφους. Όπου χρησιμοποιείται, μπορεί να ληφθεί η πυκνότητα από την ανεξάρτητη ανάλυση καυσίμων μιας εταιρείας.

## 5.6 Ποινικές ρήτρες

➤ IMO: Δεν έχουν καθοριστεί ακόμα.

➤ Ευρωπαϊκή Ένωση: Στην περίπτωση πλοίων που δεν έχουν συμμορφωθεί με τις απαιτήσεις παρακολούθησης και υποβολής εκθέσεων για δύο ή περισσότερες διαδοχικές περιόδους αναφοράς και όταν άλλα μέτρα επιβολής δεν έχουν εξασφαλίσει τη συμμόρφωση, η αρμόδια αρχή του κράτους μέλους του λιμένα εισόδου μπορεί να εκδώσει εντολή απέλασης, η οποία κοινοποιείται στην Επιτροπή, στον EMSA, στα άλλα κράτη μέλη και στο ενδιαφερόμενο κράτος σημαίας. Ως αποτέλεσμα της έκδοσης μιας τέτοιας εντολής απέλασης, κάθε κράτος μέλος αρνείται την είσοδο του συγκεκριμένου πλοίου σε οποιονδήποτε από τους λιμένες του έως ότου η εταιρεία εκπληρώσει τις υποχρεώσεις παρακολούθησης και υποβολής εκθέσεων. Οι διαχειριστές των πλοίων θα πρέπει να εκτελέσουν μια ανάλυση για να καθορίσουν το χρονοδιάγραμμα για την ανάπτυξη σχεδίων παρακολούθησης και αναφοράς, ιδίως τη μέθοδο συλλογής δεδομένων για τις εκπομπές. Το ανεπτυγμένο σχέδιο για κάθε σκάφος χωριστά πρέπει να υποβληθεί σε εγκεκριμένο ελεγκτή για επαλήθευση. Μετά τη συλλογή δεδομένων για καθορισμένη περίοδο, πρέπει να εκδοθεί έκθεση και να υποβληθεί εκ νέου στον πιστοποιημένο ελεγκτή για επαλήθευση. Η επαληθευμένη αναφορά θα πρέπει να υποβληθεί στην Επιτροπή και στις αρχές των ενδιαφερόμενων κρατών σημαίας. Ο ελεγκτής πρέπει να εκδώσει το έγγραφο συμμόρφωσης το οποίο πρέπει να ενημερωθεί. Προκειμένου οι διαχειριστές των πλοίων να συμμορφωθούν με το νέο κανονισμό MARPOL 22A μπορούν:

➤ Να εγκρίνουν ένα νέο αρχείο καταγραφής και παρακολούθησης καυσίμων

- Να αναθεωρήσουν τα υφιστάμενα SEEMPs προκειμένου να συμπεριληφθούν οι απαιτήσεις για την παρακολούθηση και την αναφορά των καυσίμων.

## 5.7 Το φορτίο στο πλαίσιο του κανονισμού

Όσον αφορά την παράμετρο που σχετίζεται με τα μεταφερόμενα φορτία δεν υπάρχει μια απλή ή μοναδική απάντηση. Ο τύπος του μεταφερόμενου φορτίου εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου και τους ορισμούς των τύπων πλοίου όπως αυτοί καταγράφονται στο πλαίσιο του IMO EEDI. Ο ορισμός του μεταφερόμενου φορτίου για πλοία επιβατηγά, οχηματαγωγά ή μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων περιγράφεται στον κανονισμό (ΕΕ) 2015/757, ενώ ο κανονισμός (ΕΕ) 2016/1928 περιέχει έναν ορισμό για άλλους τύπους πλοίων. Οι ορισμοί αυτοί συνοψίζονται στον ακόλουθο απλοποιημένο πίνακα:

**Πίνακας 16:** Ορισμοί για διάφορους τύπους πλοίων [54]

Τύπος Πλοίου	Ορισμός	Παράμετρος φορτίου
Επιβατηγό πλοίο	Επιβατηγό πλοίο είναι εκείνο που μεταφέρει περισσότερους από δώδεκα επιβάτες αλλά όχι φορτίο	Πλήθος επιβατών (όπως ορίζεται στο MRV Καν. 2016/757, στο παράρτημα II, § A.1. [D])
Πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	Πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων είναι εκείνο που έχει σχεδιαστεί αποκλειστικά για τη μεταφορά των εμπορευματοκιβωτίων στα αμπάρια του και στο κατάστρωμα.	Μάζα (όπως ορίζεται στο MAE Καν. 2016/757, Το παράρτημα II, § A.1. [F])
Πετρελαιοφόρο πλοίο	Πετρελαιοφόρο είναι το πλοίο το οποίο έχει κατασκευαστεί ή προσαρμοστεί προκειμένου να μεταφέρει κυρίως πετρέλαιο χύδην στα αμπάρια του. Ο ορισμός αυτός δεν περιλαμβάνει πλοίο συνδυασμένων μεταφορών, δεξαμενόπλοια μεταφοράς επιβλαβών υγρών ουσιών (NLS) ή πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου (LNG)	Μάζα
Δεξαμενόπλοιο μεταφοράς χημικών	Δεξαμενόπλοιο χημικών το πλοίο που έχει κατασκευαστεί ή προσαρμοστεί για την χύδην μεταφορά οποιουδήποτε υγρού προϊόντος αναφερομένου στο κεφάλαιο 17 του. Ο Διεθνής Bulk Chemical Code (ένα χημικό δεξαμενόπλοιο) ή ένα πλοίο που έχει κατασκευαστεί ή προσαρμοστεί για να μεταφέρει φορτίο επιβλαβών υγρών ουσιών που μεταφέρονται χύδην (ένα δεξαμενόπλοιο NLS)	Μάζα



Πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου αερίου (LNG)	Δεξαμενόπλοιο για μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου (κυρίως μεθανίου) σε ανεξάρτητες και μονωμένες δεξαμενές. Η υγροποίηση επιτυγχάνεται σε θερμοκρασίες κάτω των -163 ° C	Ένταση (Και ομαδοποίηση του τμήματος φορτίων)
Πλοίο μεταφοράς αερίου	Δεξαμενόπλοιο για μεταφορά υγροποιημένου αερίου, πλην του υγροποιημένου φυσικού αερίου	Μάζα
Πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου	Πλοίο το οποίο προορίζεται κυρίως για τη μεταφορά ξηρού χύδην φορτίου, συμπεριλαμβανομένων πλοίων μεταφοράς μεταλλεύματος, όπως ορίζεται στη SOLAS κεφάλαιο XII, αλλά με εξαίρεση τα πλοία συνδυασμένων μεταφορών.	Μάζα
Πλοίο συνδυασμένων μεταφορών	Πλοίο που σχεδιάστηκε για να φορτώσει το 100% του νεκρού βάρους του τόσο με υγρά όσο και με ξηρά χύδην φορτία	Μάζα
Πλοίο μεταφοράς γενικού φορτίου	Πλοίο με ένα πολύ-κατάστρωμα ή μονόροφη γάστρα σχεδιασμένο κυρίως για μεταφορά γενικών φορτίων	Μεταφερόμενο DWT (όπως ορίζεται στην εκτελεστική πράξη του MRV χωρίς τα καύσιμα επί του σκάφους)
Πλοίο ψυγείο	Πλοίο που σχεδιάστηκε αποκλειστικά για τη μεταφορά φορτίων σε αμπάρια – ψυγεία	Μάζα
Πλοίο μεταφοράς οχημάτων	Φορηγό πλοίο με πολυ-κατάστρωμα, roll-on roll-off που έχει σχεδιαστεί για μεταφορά αυτοκινήτων και φορηγών	Μάζα
Ro-Ro πλοίο	Πλοίο σχεδιασμένο για τη μεταφορά των roll-on roll-off μονάδων μεταφοράς φορτίου ή με roll-on roll-off χώρους φορτίου	Στην ουσία: Μάζα αριθμός των μονάδων φορτίου (Φορηγά, αυτοκίνητα, κλπ) ή μέτρα λωρίδας πολλαπλασιασμένα με προκαθορισμένες τιμές για το βάρος τους (Παράρτημα Β, EN 16258 [2012])
Ro-Pax πλοίο	Επιβατηγό πλοίο με roll-on rolloff χώρους φορτίου	A. Αριθμός επιβατών B. Μάζα
Container / Ro-ro φορηγό πλοίο	Υβριδικό είδος πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και φορηγό πλοίο ro-ro σε ανεξάρτητα τμήματα	Ένταση(περιοχή κατάστρωμα η οποία πολλαπλασιάζεται με το ύψος του καταστρώματος και προστίθενται με τον όγκο των

		εμπορευματοκιβωτίων)
Άλλοι τύποι πλοίων	Πλοία που δεν καλύπτονται από κανένα από τους παραπάνω ορισμούς που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του κανονισμού	Μάζα ή DWT που μεταφέρεται

## 5.8 Σχέδιο παρακολούθησης

Σύμφωνα με τον κανονισμό MRV της Ευρωπαϊκής Ένωσης το σχέδιο παρακολούθησης του πλοίου θα πρέπει να επαληθεύεται από ανεξάρτητο και διαπιστευμένο ελεγκτή. Οι ναυτιλιακές εταιρείες θα πρέπει να υποβάλουν το σχέδιο παρακολούθησης στον αντίστοιχο ελεγκτή για κάθε ένα από τα πλοία τους από τις 31 Αυγούστου 2017 το αργότερο. Για τα πλοία που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του κανονισμού για πρώτη φορά μετά τις 31 Αυγούστου 2017, η εταιρεία θα πρέπει να υποβάλλει το αντίστοιχο σχέδιο παρακολούθησης στον ελεγκτή χωρίς καθυστέρηση και το αργότερο εντός δύο μηνών αφότου το αντίστοιχο πλοίο εισέλθει σε λιμάνι της Ευρωπαϊκής Ένωσης για πρώτη φορά. Το περιεχόμενο του σχεδίου παρακολούθησης είναι προκαθορισμένο από τον κανονισμό MRV και το αντίστοιχο ηλεκτρονικό πρότυπο κυκλοφόρησε στα τέλη του 2016 από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Για να διευκολυνθεί το έργο των πελατών – ναυτιλιακών εταιρειών και για τη διασφάλιση ενός υψηλού επιπέδου ποιότητας, ο Νορβηγικός Νηογνώμονας έχει αναπτύξει μια εφαρμογή που σχετίζεται με το Σχέδιο Παρακολούθησης του MRV η οποία είναι διαθέσιμη από στις αρχές Μαρτίου του 2017. Για τα πλοία τα οποία ανήκουν στον Νορβηγικό Νηογνώμονα η εφαρμογή έχει κάποια επιπλέον πεδία τα οποία έχουν ήδη συμπληρωθεί, καθώς και για τις υπόλοιπες απαραίτητες πληροφορίες υπάρχει ένας οδηγός μέσα από τη διαδικασία. Η εφαρμογή θα διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό την εργασία των πελατών ώστε να δημιουργήσουν το σχέδιο παρακολούθησης και συνιστάται ως η ιδανική μορφή.

Σε γενικές γραμμές, ο κανονισμός MRV της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2016/1927) απαιτεί το σχέδιο παρακολούθησης το οποίο πρέπει να υποβάλλεται ανά πλοίο για επαλήθευση. Για τις εταιρείες που διαθέτουν πολλά σκάφη το άρθρο 2 του κανονισμού της εφαρμογής (EE) 2016/1927 προσφέρει τη δυνατότητα να χωρίσει το σχέδιο παρακολούθησης σε ένα ειδικό τμήμα για την συγκεκριμένη εταιρεία και σε ένα ειδικό τμήμα για ένα συγκεκριμένο πλοίο, υπό την προϋπόθεση ότι οι αντίστοιχες περιγραφές της εταιρείας ισχύουν για όλα τα πλοία που ανήκουν στον στόλο της και όλες οι απαιτήσεις καλύπτονται σύμφωνα με το πρότυπο για το σχέδιο παρακολούθησης. Η εφαρμογή του MRV της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αφορά την παρακολούθηση σχεδίου διαθέτει ενσωματωμένη λειτουργία αντιγραφής η οποία εξασφαλίζει ότι το ειδικό τμήμα της εταιρείας του σχεδίου παρακολούθησης είναι αυτόματα ενσωματωμένο στο ειδικό τμήμα που αφορά την παρακολούθηση των πλοίων.

### 5.8.1 Περιεχόμενο του Σχεδίου Παρακολούθησης

Το σχέδιο παρακολούθησης πρέπει αρχικά να περιγράφει το αντίστοιχο πλοίο και τα εγκαταστημένα μηχανήματα καύσης του και να παρέχει πληροφορίες με έναν πλήρη και διαφανή τρόπο. Επιλέγονται επίσης το είδος του καυσίμου που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί και

οι μέθοδοι που προβλέπονται για τον προσδιορισμό της κατανάλωσης των καυσίμων για την παρακολούθηση και την υποβολή εκθέσεων σχετικά με τις εκπομπές CO<sub>2</sub> ή άλλες σχετικές πληροφορίες.

➤ Πηγές εκπομπών CO<sub>2</sub>

Οι ακόλουθες πηγές εκπομπών πρέπει να περιλαμβάνονται στην παρακολούθηση, την υποβολή εκθέσεων και τις διαδικασίες επαλήθευσης:

- Κύριες μηχανές
- Βοηθητικοί κινητήρες
- Αεριοστροβίλοι
- Λέβητες
- Γεννήτριες αδρανούς αερίου

➤ Αρμοδιότητες και διαδικασίες

Η παρακολούθηση του σχεδίου δεν περιγράφει μόνο τεχνικές παραμέτρους αλλά παρέχει και περιγραφές που σχετίζονται με τις ευθύνες και τις διαδικασίες διαχείρισης για την παρακολούθηση πτυχών όπως η «πληρότητα των ταξιδιών», «η διακρίβωση του εξοπλισμού», «τα δεδομένα δραστηριοτήτων» και «η καταγραφή των φορτίων που μεταφέρονται».

➤ Αναφορά σε συστήματα διαχείρισης

Όπου οι διαδικασίες διαχείρισης είναι ήδη σε ισχύ και εφαρμόζεται αποτελεσματικά σαν μέρος του ισχύοντος συστήματος διαχείρισης της εταιρείας μια αναφορά μπορεί να εφαρμοστεί στο σχέδιο παρακολούθησης.

➤ Παράγοντες αβεβαιότητας

Στο πλαίσιο του σχεδίου παρακολούθησης είναι απαραίτητο να περιγραφεί το επίπεδο της αβεβαιότητας το οποίο σχετίζεται με τις μεθόδους παρακολούθησης των καυσίμων.

➤ Εθελοντική παρακολούθηση

Μια κρίσιμη πτυχή του κανονισμού του MRV είναι η αναφορά της κατανάλωσης και ο υπολογισμός των σχετιζόμενων δεικτών. Όταν η θέρμανση του φορτίου ενεργοποιείται ή όταν το πλοίο ταξιδεύει σε περιοχές με πάγο αυξάνεται η κατανάλωση λόγω της αυξημένης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει σε μειονεκτήματα. Έτσι ο ιδιοκτήτης και ο διαχειριστής των εν λόγω περιουσιακών στοιχείων μπορεί να έχουν συμφέρον σε εθελοντικές πληροφορίες δίνοντας μια πιο ακριβή εικόνα του τι καταναλώνει το πλοίο και σε ποιο βαθμό αυτή η κατανάλωση σχετίζεται με τη θέρμανση του φορτίου κλπ. Διαφοροποιημένη είναι η λέξη που χρησιμοποιείται στο κανονισμό λειτουργίας. Θα πρέπει να τονιστεί ότι αυτή η διαφοροποίηση είναι εθελοντική και δεν οδηγεί σε εξαίρεση για τις εκπομπές όπως προαναφέρθηκε αλλά ενισχύει την απόδοση της ενέργειας.

## 5.9 Παρακολούθηση καυσίμων

Η πραγματική κατανάλωση καυσίμου για κάθε ταξίδι καθορίζεται και υπολογίζεται σύμφωνα με μία από τις ακόλουθες μεθόδους:

- Σημείωμα Παράδοσης Καυσίμων (Bunker Delivery Note) και περιοδικά αποθέματα των δεξαμενών καυσίμων
- Παρακολούθηση της δεξαμενής καυσίμων του πλοίου επί του σκάφους
- Ροόμετρα (flowmeters) για τις ισχύουσες διαδικασίες καύσης
- Άμεσες μετρήσεις των εκπομπών CO<sub>2</sub>

Μπορεί να πραγματοποιηθεί οποιοσδήποτε συνδυασμός των μεθόδων αυτών από τη στιγμή που αξιολογούνται από τον ελεγκτή, αν βελτιώνει τη συνολική ακρίβεια της μέτρησης. Το σύστημα παρακολούθησης θα πρέπει να είναι επαρκώς λεπτομερές για να συλλάβει όλα τα δεδομένα που απαιτούνται από τον κανονισμό. Ως "ταξίδι" ορίζεται οποιαδήποτε κίνηση ενός πλοίου που προέρχεται ή καταλήγει σε ένα λιμάνι της Ευρωπαϊκής Ένωσης και πραγματοποιεί μεταφορά επιβατών ή φορτίου για εμπορικούς σκοπούς. Το σύστημα παρακολούθησης και υποβολής εκθέσεων θα πρέπει να είναι πλήρες και να καλύπτει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> από όλες τις καύσεις όταν

τα πλοία βρίσκονται στη θάλασσα και στην αποβάθρα. Κατάλληλα μέτρα θα πρέπει να εφαρμόζονται για να αποφευχθούν τυχόν κενά στα δεδομένα, κατά την περίοδο αναφοράς (που ορίζεται ως ένα ημερολογιακό έτος) και θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι ο αριθμός των ανακριβών πηγών μειώνεται.

Επιπλέον, η αναφορά δεδομένων περιλαμβάνει τις εργασίες μεταφοράς και της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων που θα επιτρέψουν στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο να αναλύσει τις τάσεις των εκπομπών από την αξιολόγηση της απόδοσης του πλοίου. Κατά συνέπεια, μερικές από αυτές τις πρόσθετες πληροφορίες θα πρέπει να καταγράφονται για κάθε ταξίδι ξεχωριστά. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο κανονισμός MRV επιτρέπει πρόσθετα εθελοντικά δεδομένα (π.χ. φορτίο ή ταξίδι υπό έρμα, θέρμανση της δεξαμενής για χημικά δεξαμενόπλοια, κλπ) τα οποία θα πρέπει να αναφέρονται αλλά ταυτόχρονα θα υπόκεινται σε έλεγχο ακριβώς όπως ισχύει και για τα υποχρεωτικά δεδομένα.

Ένα πρώτο βήμα για τους πλοιοκτήτες και τους φορείς εκμετάλλευσης όσον αφορά τη συμμόρφωση με τον κανονισμό MRV της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι να προετοιμάσουν ένα σχέδιο παρακολούθησης για κάθε ένα από τα πλοία τους που εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής του κανονισμού. Αν τα πλοία χωρητικότητας (> 5.000 GT) σκοπεύουν να φτάσουν ή να αποπλεύσουν από λιμένα εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2018 απαιτείται να εκπληρώνουν όλες τις επερχόμενες υποχρεώσεις του κανονισμού MRV της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σύμφωνα με τον κανονισμό, το σχέδιο παρακολούθησης ενός πλοίου θα πρέπει να ελέγχεται από ανεξάρτητο και

διαπιστευμένο ελεγκτή. Οι ναυτιλιακές εταιρείες καλούνται να υποβάλουν το σχέδιο παρακολούθησης στον αντίστοιχο ελεγκτή για κάθε ένα από τα πλοία τους, συμπεριλαμβανομένης της μεθόδου για τον προσδιορισμό της κατανάλωσης καυσίμων που επιλέχθηκε για την παρακολούθηση και αναφορά εκπομπών CO<sub>2</sub> και άλλων σχετικών πληροφοριών από 31 Αυγούστου του 2017 το αργότερο. Επιπλέον, το περιεχόμενο του σχεδίου παρακολούθησης απαρτίζεται από μια πλήρη και διαφανή τεκμηρίωση των μεθόδων παρακολούθησης, μια περιγραφή της μηχανής καύσης επί του πλοίου (κύρια μηχανή, βοηθητικές μηχανές, λέβητες, κλπ) και πολλές περαιτέρω περιγραφές, τις σχετικές αρμοδιότητες και διαδικασίες για την παρακολούθηση των πραγμάτων όπως για παράδειγμα «πληρότητα των δρομολογίων», «μέτρηση ή εξοπλισμός μέτρησης», "δεδομένα δραστηριότητας", "καταγραφή του μεταφερόμενου φορτίου» και ακόμη «καθορισμός των υποκατάστατων δεδομένων για την κάλυψη των κενών των δεδομένων".

Από 1η Ιανουαρίου 2018 οι εταιρείες θα πρέπει να παρακολουθούν τις εκπομπές για κάθε πλοίο σε μια βάση ανά ταξίδι και να συγκεντρώνουν τα δεδομένα σε μια ετήσια έκθεση. Η παρακολούθηση σε μια βάση ανά ταξίδι καλύπτει τις ακόλουθες παραμέτρους:

- Τον λιμένα αναχώρησης και τον λιμένα άφιξης, συμπεριλαμβανομένης της ημερομηνίας και ώρας αναχώρησης και άφιξης
- Το ποσό και τον συντελεστή εκπομπών για κάθε τύπο καυσίμου που καταναλώνεται συνολικά
- Τις εκπομπές CO<sub>2</sub>
- Την απόσταση που διανύθηκε
- Τον χρόνο που δαπανάται στη θάλασσα
- Το μεταφερόμενο φορτίο
- Την εργασία μεταφοράς, η οποία ορίζεται ως διανυόμενη απόσταση x μεταφερόμενο φορτίο

Οι εταιρείες μπορούν επίσης να παρακολουθούν τις πληροφορίες που σχετίζονται με πλοία ice classed και με την πλοήγηση μέσα από τον πάγο ανάλογα την περίπτωση. Αυτά τα δεδομένα έχουν χαρακτηριστεί ως "πρόσθετα εθελοντικά δεδομένα" αλλά πρέπει να σημειωθεί ότι οποιεσδήποτε εθελοντικά αναφερόμενες πληροφορίες θα πρέπει να επαληθεύονται σε σχέση με ένα σταθερό επίπεδο ποιότητας για το σύνολο της έκθεσης των εκπομπών.

Ο κανονισμός περιλαμβάνει εκτός από το να καταστεί δυνατή η απαλλαγή από κάθε έλεγχο ταξιδιού τις ακόλουθες περιπτώσεις:

(Α) Όλα τα δρομολόγια του πλοίου κατά τη διάρκεια της περιόδου αναφοράς, είτε ξεκινούν είτε καταλήγουν σε λιμένα υπό τη δικαιοδοσία ενός κράτους μέλους.

(Β) Όταν το πλοίο, σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα του πραγματοποιεί πάνω από 300 δρομολόγια κατά τη διάρκεια της περιόδου αναφοράς.

Η εταιρεία πρέπει να αποδείξει την εφαρμογή της εξαίρεσης αυτής στο πλαίσιο του σχεδίου παρακολούθησης. Ωστόσο, η απαλλαγή αυτή δεν αποκλείει επιχειρήσεις από την παρακολούθηση των συγκεντρωτικών τους στοιχείων σε ετήσια βάση. Σύμφωνα με το άρθρο 10 (παρακολούθηση σε ετήσια βάση), οι παράμετροι που πρέπει να παρακολουθούνται είναι οι ακόλουθοι:

- Το ποσό και ο παράγοντας εκπομπών για κάθε τύπο καυσίμου που καταναλώνεται συνολικά.
- Οι συγκεντρωτικές εκπομπές CO<sub>2</sub> στο πεδίο εφαρμογής του παρόντος κανονισμού.
- Οι συγκεντρωτικές εκπομπές CO<sub>2</sub> από όλες τις διαδρομές μεταξύ των λιμένων που υπάγονται στη δικαιοδοσία ενός κράτους μέλους.
- Οι συγκεντρωτικές εκπομπές CO<sub>2</sub> από όλες τις διαδρομές που αναχώρησαν από λιμένες υπό τη δικαιοδοσία ενός κράτους μέλους.
- Οι συγκεντρωτικές εκπομπές CO<sub>2</sub> από όλα τα ταξίδια σε λιμάνια βρίσκονται υπό τη δικαιοδοσία ενός κράτους μέλους .
- Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ λιμανιών που υπάγονται στη δικαιοδοσία ενός κράτους μέλους από το αγκυροβόλιο .
- Η συνολική απόσταση που διανύθηκε .
- Ο συνολικός χρόνος παραμονής στη θάλασσα .
- Οι συνολικές εργασίες μεταφοράς.
- Η μέση ενεργειακή απόδοση, που υπολογίζεται ρητά σύμφωνα με όλα τα παρακάτω που σημαίνει ακόμα πιο ρητά ότι οφείλει να υποβληθεί έκθεση σχετικά με:
  - Την κατανάλωση καυσίμου ανά απόσταση
  - Την κατανάλωση καυσίμου ανά μεταφορικό έργο

- Τις εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά απόσταση
- Τις εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά μεταφορικό έργο

Όσον αφορά το ζήτημα του ποια είναι η παράμετρος για τα "μεταφερόμενα φορτία» δυστυχώς δεν υπάρχει μια απλή απάντηση. Το μεταφερόμενο φορτίο εξαρτάται από τον τύπο του πλοίου και τους ορισμούς του τύπου πλοίου όπως έχουν οριστεί από το πλαίσιο του EEDI.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Metz, B., et al., IPCC special report on carbon dioxide capture and storage. 2005, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva (Switzerland). Working Group III.
- [2] IEA, CO2 Emissions from Fuel Combustion 2016. IEA.
- [3] BP, BP Statistical Review of World Energy 2015, 2015, BP press.
- [4] Raupach MR, Marland G, Ciais P, Le Quere C, Canadell JG, Klepper G, et al. Global and regional drivers of accelerating CO2 emissions. PNAS 2007;104 (24):10288–93.
- [5] Peters GP, Marland G, Le Quéré C, Boden T, Canadell JG, Raupach MR. Rapid growth in CO2 emissions after the 2008–2009 global financial crisis. Nature Climate Change 2012;2(1):2–4.
- [6] Gerland P, Raftery AE, Ševčíková H, Li N, Gu D, et al. World population stabilization unlikely this century. Science 2014;346(6206):234–7.
- [7] Baksi S, Green C. Calculating economy-wide energy intensity decline rate: the role of sectoral output and energy shares. Energy Policy 2007;35:6457–66.
- [8] Wise M, Dooley J, Luckowa P, Calvina K, Kylea P. Agriculture, land use, energy and carbon emission impacts of global biofuel mandates to mid-century. Appl Energy 2014;114(3):763–73.
- [9] Cai Y, Newth D, Finnigan J, Gunasekera D. A hybrid energy-economy model for global integrated assessment of climate change, carbon mitigation and energy transformation. Appl Energy 2015;148(12):381–95.
- [10] Chowdhury R, Freire F. Bioenergy production from algae using dairy manure as a nutrient source: life cycle energy and greenhouse gas emission analysis. Appl Energy 2015;154(18):1112–21.
- [11] Hong S, Bradshaw CJA, Brook BW. Global zero-carbon energy pathways using viable mixes of nuclear and renewables. Appl Energy 2015;143(7):451–9.
- [12] Thangavelu SR, Khambadkone AM, Karimi IA. Long-term optimal energy mix planning towards high energy security and low GHG emission. Appl Energy 2015;154(18):959–69.
- [13] Tokimatsu K, Yasuoka R, Nishio M. Global zero emissions scenarios: the role of biomass energy with carbon capture and storage by forested land use. Appl Energy 2017;185:1899–906.
- [14] Green C. A ‘fair and ambitious’ climate agreement is not nearly enough: Paris 2015 take heed! Environ Res Lett 2015;10:101003.
- [15] Munksgaard J, Pedersen KA. CO2 accounts for open economies: producer or consumer responsibility? Energy Policy 2001;29:327–34.
- [16] Gallego B, Lenzen M. A consistent input-output formulation of shared producer and consumer responsibility. Econ Syst Res 2005;17(4):365–91.
- [17] Lenzen M, Murray J, Sack F, Wiedmann T. Shared producer and consumer responsibility: theory and practice. Ecol Econ 2007;61(1):27–42.

- [18] Davis SJ, Caldeira K. Consumption-based accounting of CO<sub>2</sub> emissions. *PNAS* 2010;107(12):5687–92.
- [19] Arto I, Dietzenbacher E. Drivers of the growth in global greenhouse gas emissions. *Environ Sci Technol* 2014;48:5388–94.
- [20]. *a. b. c. d. e.* Le Quéré, C., A. K. Jain, M. R. Raupach, J. Schwinger, S. Sitch, B. D. Stocker, N. Viovy, S. Zaehle, C. Huntingford, P. Friedlingstein, R. J. Andres, T. Boden, C. Jourdain, T. Conway, R. A. Houghton, J. I. House, G. Marland, G. P. Peters, G. Van Der Werf, A. Ahlström, R. M. Andrew, L. Bopp, J. G. Canadell, E. Kato, P. Ciais, S. C. Doney, C. Enright, N. Zeng, R. F. Keeling, K. Klein Goldewijk, S. Levis, P. Levy, M. Lomas, and B. Poulter. "The global carbon budget 1959–2011." *Earth System Science Data Discussions* 5, no. 2 (2012): 1107-1157.
- [21]. "What Does 400 ppm Look Like?" Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego. <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/2013/12/03/what-does-400-ppm-look-like> (accessed August 5, 2014).
- [23]. R. S. W. Van De Wal, B. De Boer, L. J. Lourens, P. Köhler, and R. Bintanja. "Reconstruction of a continuous high-resolution CO<sub>2</sub> record over the past 20 million years." *Climate of the Past* 7, no. 4 (2011): 1459-1469.
- [24]. *a. b. c. d. e. f.* Denman, K.L., G. Brasseur, A. Chidthaisong, P. Ciais, P.M. Cox, R.E. Dickinson, D. Hauglustaine, C. Heinze, E. Holland, D. Jacob, U. Lohmann, S. Ramachandran, P.L. da Silva Dias, S.C. Wofsy and X. Zhang. Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
- [25]. *a. b. c. d. e. f.* International Energy Agency. *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2012*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2012.
- [26]. U.K. Defra. *The 2014 Government Greenhouse Gas Conversion Factors for Company Reporting*. London: U.K. Department for Environment, Food & Rural Affairs, 2014.
- [27]. "Electricity Generation Year: 2011." U.S. Energy Information Administration: International Energy Statistics Database. <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=2&pid=alltypes&aid=12&cid=regions&syid=2008&eyid=2011&unit=BKWH> (accessed August 6, 2014).
- [28]. International Transport Forum. *Reducing Transport Greenhouse Gas Emissions: Trends & Data*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2010.
- [29]. Harrould-Kolieb, Ellycia and Jacqueline Savitz. *Shipping Solutions: Technological And Operational Methods Available To Reduce CO<sub>2</sub>*. Washington, D.C.: Oceana, 2010.
- [30]. ICAO. *ICAO Environment Report 2010: Aviation and Climate Change*. Montréal: International Civil Aviation Organization, 2010.
- [31]. Smale, Robin, Max Krahe and Tim Johnson. *Aviation report market based mechanisms to curb greenhouse gas emissions from international aviation*. Gland, Switzerland: WWF International, 2012.



- [32]. Houghton, R. A.. "How well do we know the flux of CO<sub>2</sub> from land-use change?." *Tellus B* 62, no. 5 (2010): 337-351.
- [33]. Ba-Shammak, Mohammed, Hernane Caruso, Ali Elkamel, Eric Croiset, and Peter L. Douglas. "Analysis and Optimization of Carbon Dioxide Emission Mitigation Options in the Cement Industry." *American Journal of Environmental Sciences* 4, no. 5 (2008): 482-490.
- [34]. World Steel Association. *Steel's contribution to a low carbon future: Worldsteel position paper..* Brussels, Belgium: World Steel Association, 2011.
- [35]. a. b. c. d. U.S. DOE. *Carbon Cycling and Biosequestration: Integrating Biology and Climate Through Systems Science; Report from the March 2008 Workshop, DOE/SC-108.* U.S. Department of Energy Office of Science, 2008.
- [36]. a. b. "Volcanic Gases and Climate Change Overview." U.S. Geological Survey. <http://volcanoes.usgs.gov/hazards/gas/climate.php> (accessed August 2, 2014).
- [37]. a. b. Gerlach, Terry. "Volcanic versus anthropogenic carbon dioxide." *Eos, Transactions American Geophysical Union* 92, no. 24 (2011): 201.
- [38] (The Enhanced Capture of CO<sub>2</sub> Integrated Project)(<http://www.encapco2.org>.)
- [39](Assessment of options for CO<sub>2</sub> capture and geological sequestration) ([http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ\\_LANG=EN&PJ\\_RCN=9052672&q=B85D686047407F0BB7ABD49218CE1AAC&type=sim](http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_LANG=EN&PJ_RCN=9052672&q=B85D686047407F0BB7ABD49218CE1AAC&type=sim)).
- [40]([http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ\\_LANG=EN&PJ\\_RCN=9052802&q=EAA7F65DEF19BE2F4E2F8612E1858006&type=homProject](http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_LANG=EN&PJ_RCN=9052802&q=EAA7F65DEF19BE2F4E2F8612E1858006&type=homProject) title).
- [41]([http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ\\_LANG=EN&PJ\\_RCN=9052800&q=83649FB4256C1437C4DDC94662BE41C6&type=sim](http://cordis.europa.eu/search/index.cfm?fuseaction=proj.document&PJ_LANG=EN&PJ_RCN=9052800&q=83649FB4256C1437C4DDC94662BE41C6&type=sim))
- [42] United Nations Framework Convention on Climate Change
- [43] [http://en.wikipedia.org/wiki/CDM\\_Gold\\_Standard](http://en.wikipedia.org/wiki/CDM_Gold_Standard)
- [44] UNEP - Global Environmental Outlook GEO5
- [45] Amendments to the annex of the protocol of 1997 to amend the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 (revised MARPOL ANNEX VI)
- [46] <http://www.dieselnet.com/standards/inter/imo.php>
- [47] Emission Technology , Service and Support : Standards and Norms : NOX (AXCES)
- [48] [http://marinewiki.org/index.php/Allowable\\_NOx\\_Emissions](http://marinewiki.org/index.php/Allowable_NOx_Emissions)
- [49] Impact of EEDI on Ships Design and Hydrodynamics - S.M.RASHIDUL HASAN
- [50] [http://marinewiki.org/index.php/Allowable\\_marine\\_fuel\\_sulphur](http://marinewiki.org/index.php/Allowable_marine_fuel_sulphur)
- [51] Prevention of air pollution from ships - EEDI Baseline formula (January 2010 - MEPC 60/4/15)
- [52] DNV GL (Sept 2016), "Preparing for the MRV regulation (revised version)"
- [53] GREEN4SEA (Dec 2016), "EU MRV vs. IMO fuel consumption data collection system"

[54] DNV GL (Sept 2016), “Update on the European Union’s regulation on monitoring, reporting and verification of CO2 emissions from maritime transport (EU regulation 2015/757)”