

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ

ΣΠΟΥΔΩΝ στη ΝΑΥΤΙΑ

**ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ Η
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ**

ΑΛΛΑΓΗ

Δούβρη Ειρήνη

Διπλωματική εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως
μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος

Ειδίκευσης στη Ναυτιλία

Πειραιάς
Δεκέμβριος 2009

Δήλωση αυθεντικότητας / Ζητήματα Copyright

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

Σελίδα Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής

Η παρούσα διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Στη Ναυτιλία.

Τα μέλη της επιτροπής ήταν:

- Τσελεπίδης Αναστάσιος (Επιβλέπων)
- Σαμιώτης Γεώργιος
- Τσελέντης Βασίλειος – Στυλιανός

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

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον εισηγητή καθηγητή κ. Τσελεπίδη Αναστάσιο που πραγματικά με βοήθησε στην αποπεράτωση της διπλωματικής. Η βοήθεια που μου παρείχε ήταν πολύτιμη και χωρίς αυτήν δεν θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της διπλωματικής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.....	4
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	4
1.2.1 800.000 χρόνια πριν	4
1.2.2 10.000 χρόνια πριν-150 χρόνια πριν	4
1.2.3 Τα τελευταία 150 χρόνια	5
1.3 ΓΕΝΙΚΑ.....	5
1.3.1 Η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.....	7
1.3.2. Φαινόμενο του θερμοκηπίου	10
1.3.3. Αέρια του θερμοκηπίου	12
1.4. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ	20
1.4.1 Ατμοσφαιρικοί ρύποι	21
1.4.2 Τύποι ατμοσφαιρικής ρύπανσης	24
1.4.3 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.....	25
1.4.4. Οικονομικές επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή.....	35
2. ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ	39
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	39
2.2 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO₂).....	40
2.2.1 Γενικά.....	40
2.2.2 Ναυτιλία και CO ₂	41
2.2.3 I.M.O και CO ₂	42
2.3 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SO₂)	49
2.3.1 Γενικά.....	49
2.3.2 SO ₂ και ναυτιλία	49
2.3.3 Εκπομπές SO ₂ σε παγκόσμιο επίπεδο.....	51
2.4 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO_x).....	54
2.4.1 Γενικά.....	54
2.4.2 Εκπομπές NO ₂ σε παγκόσμιο επίπεδο	55
2.5 ΠΗΤΗΤΙΚΕΣ ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ (VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS, VOCs)...	58
2.5.1 Γενικά.....	58
2.5.2 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις και ναυτιλία.....	59
2.5.3 Εκπομπές Πτητικών Οργανικών Ενώσεων σε παγκόσμιο επίπεδο	60
2.6 ΟΖΟΝ (O₃).....	62
2.7 ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM).....	63
2.7.1 Εκπομπές Αιωρούμενων Σωματιδίων από τη ναυτιλία σε παγκόσμιο επίπεδο ..	65
3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ	67
3.1 ΑΡΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟ ΠΕΡΑΣΜΑ.....	67

3.1.1 Εισαγωγή	67
3.1.2 Τήξη των πάγων στην περιοχή της Αρκτικής	68
3.1.3 Νέες θαλάσσιες οδοί	71
3.2 ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΙ ΝΑΥΣΙΠΛΟΪΑ	73
3.2.1 Στάθμη της θάλασσας	73
3.2.2 Άνεμοι	74
3.2.3 Δράση των κυμάτων και freak waves	75
4. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ	
ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ	76
4.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΜΟΝΤΡΕΑΛ.....	76
4.1.1 Εισαγωγή	76
4.1.2 Ελεγχόμενες ουσίες από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ.....	77
4.1.3 Προγράμματα εξάλειψης ελεγχόμενων ουσιών.....	80
4.1.4 Οργανισμοί υποστήριξης αναπτυσσόμενων χωρών	82
4.1.5. Επικύρωση του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ	83
4.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ	85
4.2.1 Εισαγωγή	85
4.2.2 Ελεγχόμενες ουσίες από το Πρωτόκολλο του Κιότο	86
4.2.3 Προγράμματα εξάλειψης ελεγχόμενων ουσιών.....	87
4.2.4 Επικύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο.....	88
4.3 ΜΑΡΡΟΛ 73/78 & ΤΕΧΝΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΝΟx	90
4.3.1 Εισαγωγή	90
4.3.2 Παράρτημα VI της Δ.Σ ΜΑΡΡΟΛ 73/78.....	91
4.3.3. Ελεγχόμενες ουσίες από τη Συνθήκη Marpol 73/78	91
4.3.4. Αναθεωρημένο παράρτημα VI της Δ.Σ ΜΑΡΡΟΛ 73/78 και ΝΟx Τεχνικό κώδικα.....	94
4.3.5 Επικύρωση της συνθήκης ΜΑΡΡΟΛ.....	95
4.4 ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ ΚΑΙ ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ	
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	96
4.4.1 Θεσμοθετημένα πρότυπα εκπομπής για τα μέσα μεταφοράς.....	96
4.4.2 Οδηγίες και στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις εκπομπές πλοίων.	97
5. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	99
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	102

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να παρουσιάσει το μέγεθος της κλιματικής αλλαγής και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που οφείλεται στα αέρια του θερμοκηπίου και τους ατμοσφαιρικούς ρύπους αντίστοιχα. Γίνεται μία προσπάθεια ανάλυσης των αερίων του θερμοκηπίου καθώς και των ατμοσφαιρικών ρύπων αλλά και των επιπτώσεων αυτών στην κλιματική αλλαγή.

Ταυτόχρονα γίνεται μία προσπάθεια ανάλυσης των ατμοσφαιρικών ρύπων που εκπέμπονται από τη ναυτιλία καθώς και των επιπτώσεων που έχουν στο περιβάλλον, τον άνθρωπο αλλά και στον ίδιο τον κλάδο της ναυτιλίας.

Οι ρύποι αυτοί είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) το διοξείδιο του θείου (SO₂), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), το όζον (O₃) και οι Πτητικές Οργανικές ενώσεις (VOCS).

Παράλληλα η εργασία στοχεύει στην ανάλυση του τρόπου με τον οποίο επιδρά η ναυτιλία στην κλιματική αλλαγή. Συγκεκριμένα, αναλύονται τα καιρικά φαινόμενα που εντείνονται λόγω των κλιματικών αλλαγών καθώς και οι νέες θαλάσσιες οδοί που δημιουργούνται. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η αύξηση της έντασης των ανέμων και η δράση των κυμάτων αποτελούν φαινόμενα που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή και επηρεάζουν είτε αρνητικά είτε θετικά τη ναυτιλία.

Τέλος, γίνεται η καταγραφή των κανονισμών και των οδηγιών που έχουν θεσπιστεί με στόχο την μείωση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων από τη ναυτιλία καθώς και των μεθόδων που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν ώστε να συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων από τη ναυτιλία.

ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η δομή της εργασίας είναι η ακόλουθη:

- Ανάλυση της κλιματικής αλλαγής και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που συντελείται στον πλανήτη. Αναφέρονται και αναλύονται όλα τα αέρια του θερμοκηπίου καθώς και οι επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επιπλέον αναλύονται οι βασικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον καθώς και η επίδραση τους στους έμβιους οργανισμούς.

- Παρουσίαση και ανάλυση των αερίων που εκπέμπονται από τα πλοία. Γίνεται ανάλυση των ατμοσφαιρικών ρύπων του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), του διοξειδίου του θείου (SO₂), των οξειδίων του αζώτου (NO_x), των αιωρούμενων σωματιδίων (PM) και των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCS) που εκπέμπονται από τα πλοία.
- Παράθεση σκέψεων και γεγονότων που σχετίζονται με την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη ναυτιλία. Συγκεκριμένα αναλύονται οι νέες θαλάσσιες οδοί, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η αύξηση της έντασης των ανέμων, η δράση των κυμάτων και η αύξηση της θερμοκρασίας.
- Παρουσίαση αρχικά των Πρωτοκόλλων του Μόντρεαλ και του Κιότο αλλά και των κανονισμών του Παραρτήματος VI της Δ.Σ MARPOL 73/78 και των τροποποιήσεων που έχουν λάβει χώρα και σχετίζονται με τη μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων από τη ναυτιλία.
- Αναγωγή συμπερασμάτων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί πλέον ένα πρόβλημα παγκόσμιας κλίμακας. Η συνεχής αύξηση των εκπομπών αέριων ρύπων έχει ενισχύσει το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο αποτελεί και το βασικότερο λόγο εμφάνισης της κλιματικής αλλαγής. Η παρουσία των αερίων αυτών σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια, που μπορεί να αλλοιώσει την δομή, την σύσταση και τα χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας αποτελούν την λεγόμενη ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου, τα αιωρούμενα σωματίδια και οι πτητικές οργανικές ενώσεις, μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις τόσο στην υγεία των έμβιων οργανισμών όσο και στο περιβάλλον. Μερίδιο στην εκπομπή των αέριων ρύπων κατέχει και η ναυτιλία για την οποία οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής άλλοτε έχουν θετικές συνέπειες και άλλοτε αρνητικές. Προκειμένου να μειωθούν οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που προέρχονται από την ναυτιλία έχουν θεσπιστεί νόμοι, οδηγίες και κανονισμοί καθώς επίσης και αρκετά πρωτόκολλα με πιο σημαντικά το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, το πρωτόκολλο του Κιότο καθώς και το παράρτημα VI της διεθνούς σύμβασης MARPOL 73/78 που αναφέρεται στις εκπομπές αέριων ρύπων που προέρχονται από τα πλοία. Στη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων από την ναυτιλία μπορούν να συμβάλουν οι νέες τεχνολογίες καθώς και η «έξυπνη» διαχείριση της ενέργειας.

ABSTRACT

Nowadays the climate change is a global issue. Greenhouse effect, which is the most significant cause of climate change, has been intensified by the increase of greenhouse gas emissions. The quantity, concentration and duration of greenhouse gases damage the structure and characteristics of the atmosphere resulting to air pollution. Atmospheric pollutants such as carbon dioxide, sulphur dioxide, nitric oxide, particulate matters and volatile organic compounds, can harm human beings and cause damage to environment. Shipping is also responsible for a considerable amount of gas emissions. This fact affects climate change causing negative and positive consequences for shipping. Regulations, laws and protocols such as the Montreal Protocol, Kyoto Protocol and the Annex VI of the MARPOL 73/78 have been established in order to decrease gas emissions. New technologies and better energy management can contribute to gas emission reduction.

1. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

1.1 Εισαγωγή

Οι τελευταίες δεκαετίες χαρακτηρίζονται από την εμφάνιση μιας παγκόσμιας τάσης αύξησης τόσο της θερμοκρασίας, όσο και των ακραίων καιρικών φαινομένων, ενώ προβλέπονται ακόμη περισσότερες κλιματολογικές αλλαγές ακόμη και αν ληφθούν όλα τα κατάλληλα μέτρα για την αντιμετώπιση τους. Το φαινόμενο των ακραίων καιρικών συνθηκών όμως δεν είναι σύγχρονο, ωστόσο ποτέ δεν ήταν πιο καθοριστική η ανθρώπινη παρέμβαση όσο τα τελευταία χρόνια.

1.2 Ιστορική αναδρομή

1.2.1 800.000 χρόνια πριν

Το κλίμα της γης μεταβαλλόταν ακραία ανά 100.000 χρόνια ανάμεσα σε παγετώνιες περιόδους κατά τις οποίες η μέση θερμοκρασία ήταν περίπου 5° βαθμούς Κελσίου χαμηλότερη από την σημερινή και σε μεσοπαγετώνιες περιόδους κατά τις οποίες η μέση θερμοκρασία ήταν περίπου ίση με την θερμοκρασία που επικρατεί την σημερινή εποχή. Οι μεταβολές αυτές πυροδοτούνταν από προβλεπόμενες μεταβολές στην κλίση της γης σε σχέση με τον ήλιο, ενώ παράλληλα οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα, λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, δημιουργούσαν έντονες μεταβολές στην θερμοκρασία της γης.

1.2.2 10.000 χρόνια πριν-150 χρόνια πριν

Η γη σήμερα διανύει μια μεσοπαγετώνια περίοδο η οποία ξεκίνησε πριν από 10.000 χρόνια. Οι συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου κατά την περίοδο αυτή υπήρξαν σχετικά σταθερές, η παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα μέσω των φυσικών διεργασιών όπως αυτό της αποβολής διοξειδίου του άνθρακα από την βλάστηση υπήρξε σχεδόν ίσο με το διοξείδιο του άνθρακα που απομακρυνόταν μέσω αντίστοιχων φυσικών διεργασιών όπως αυτό της φωτοσύνθεσης. Αποτέλεσμα αυτής της σταθερής ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα ήταν τα τελευταία 1300 χρόνια η

μέση θερμοκρασία του βορείου ημισφαιρίου να παραμένει σχετικά σταθερή με μια μόνο μικρή διακύμανση της τάξης του 0,5^ο βαθμού Κελσίου.

1.2.3 Τα τελευταία 150 χρόνια

Στο διάστημα των τελευταίων 150 ετών οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν επηρεάσει ιδιαίτερα έντονα την σύσταση της ατμόσφαιρας. Η καύση των ορυκτών καυσίμων (κυρίως άνθρακα και πετρελαίου), η αποψίλωση των δασικών περιοχών και σε μικρότερη έκταση ο έντονος ρυθμός ανάπτυξης της κτηνοτροφίας αλλά και η χρήση των ανθεκτικών λιπασμάτων αύξησαν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου καταλήγοντας σε μια πολύ ξεκάθαρη συνέπεια, αυτή της υπερθέρμανσης. Οι κλιματικές μεταβλητές όπως η θερμοκρασία, έχουν μεταβληθεί σε σημαντικό βαθμό τα τελευταία 50 χρόνια σε συνδυασμό με την αύξηση του επιπέδου της θάλασσας αλλά και της μείωσης των παγετώνων. Οι έρευνες του IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) καταλήγουν μέσα από το Fourth Assessment Report (IPCC, 2007) ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες από το 1750 έχουν επιδράσει στη θέρμανση του πλανήτη. Η παραπάνω έρευνα υποστηρίζει ότι η πρόσφατη άνοδος της θερμοκρασίας πυροδοτήθηκε από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως από την εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα οι οποίες προέρχονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα.

Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, σήμερα έχει αγγίξει το επίπεδο των 387 ppm επίπεδο ιδιαίτερα υψηλό σε σχέση με τα τελευταία 800.000 χρόνια όπου ο μέσος όρος ήταν περίπου 280ppm. Η μέση θερμοκρασία μπορεί στο παρελθόν να σημείωνε κάποιες διακυμάνσεις αλλά σύμφωνα με τις αυξήσεις που καταγράφει τα τελευταία χρόνια και με τις προβλέψεις για τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα μέχρι το τέλος του αιώνα ωθούν τον πλανήτη αλλά και την ανθρωπότητα σε «άγνωστα μονοπάτια».

1.3 Γενικά

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα πρόβλημα παγκόσμιας κλίμακας το οποίο αναμένεται να επηρεάσει τόσο τις σύγχρονες γενιές όσο και τις επόμενες. Σε παλαιότερες χρονικές περιόδους η αλλαγή του κλίματος που έχει παρατηρηθεί

αποδίδεται κυρίως σε φυσικούς παράγοντες (αλλαγές στην τροχιά της Γης, στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία κτλ.). Τα τελευταία χρόνια όμως η αύξηση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου έχει ενισχύσει το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο αποτελεί και το βασικότερο λόγο εμφάνισης της κλιματικής αλλαγής.

Η Διεθνής Συνθήκη-Πλαίσιο για την Αλλαγή του Κλίματος (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), ορίζει ότι *«Η Κλιματική Αλλαγή αναφέρεται σε αλλαγές του κλίματος που αποδίδονται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, οι οποίες μεταβάλλουν τη σύνθεση της παγκόσμιας ατμόσφαιρας και παρατηρούνται, όπως και οι φυσικές διακυμάνσεις, σε συγκρίσιμα χρονικά διαστήματα»*.

Η κλιματική αλλαγή συνδέεται άμεσα με την αύξηση θερμοκρασίας της Γης η οποία με την σειρά της επιφέρει αρνητικές συνέπειες στα οικοσυστήματα, στο περιβάλλον, στους έμβιους οργανισμούς ακόμη και στην ανθρώπινη κοινωνία αλλά και την οικονομία. Η κύρια αιτία εμφάνισης του φαινομένου της αύξησης της θερμοκρασίας και κατά συνέπεια της θέρμανσης της Γης και γενικότερα της κλιματικής αλλαγής είναι ευρύτερα γνωστό ως το «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου» (Greenhouse Effect).

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένας όρος που χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά από τον Γάλλο μαθηματικό και φυσικό Ζοζέφ Φουριέ το 1824 ο οποίος περιγράφει την φυσική διαδικασία κατά την οποία ένα μέρος της ηλιακής ενέργειας περνά από την ατμόσφαιρα, φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους και ακτινοβολείται. Ένα μέρος αυτής απορροφάται από την ατμόσφαιρα, τη θερμαίνει και εκπέμπεται ξανά στην επιφάνεια του εδάφους. Το φαινόμενο αυτό δηλαδή επιτρέπει τη διέλευση της ακτινοβολίας και την ανάκλασή της πίσω στο διάστημα, αλλά ταυτόχρονα εγκλωβίζει και ένα μέρος της έτσι ώστε να υπάρχει μια σχετικά σταθερή θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη. Στην σημερινή εποχή όμως με την έξαρση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η οποία προκαλείτε κυρίως από ανθρώπινες δραστηριότητες, έχουν αυξηθεί σημαντικά οι συγκεντρώσεις αερίων στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας τα οποία αποκαλούνται «αέρια θερμοκηπίου» (Greenhouse Gases) και εγκλωβίζουν μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας.

Εκτός από το φαινόμενο του θερμοκηπίου, υπεύθυνοι για την αλλαγή του κλίματος είναι τόσο φυσικοί όσο και ανθρωπογενείς παράγοντες. Όσον αφορά τους φυσικούς παράγοντες αυτοί σχετίζονται κυρίως με τις εκρήξεις ηφαιστείων, που

απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες αερίων στην ατμόσφαιρα, καθώς και με τις μεταβολές στην τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο οι οποίες προκαλούνται από τη επίδραση της βαρύτητας των μεγάλων πλανητών του ηλιακού μας συστήματος (Δίας, Κρόνος), αλλά και της Αφροδίτης λόγω του ότι βρίσκεται σε πολύ κοντινή απόσταση από τον πλανήτη μας. Αυτές οι επιδράσεις προκαλούν την αλλαγή της κλίσης του άξονα της Γης κατά 1 μοίρα κάθε 40.000 χρόνια, και την αλλαγή της ελλειπτικότητας της τροχιάς μέχρι και 7% κάθε 100.000 χρόνια. Ωστόσο οι αλλαγές αυτές δεν αλλάζουν σημαντικά την ποσότητα ενέργειας που λαμβάνει η Γη από τον Ήλιο, αλλάζουν όμως τη γεωγραφική και εποχική της κατανομή, με αποτέλεσμα την δημιουργία των παγετώνων περιόδων.

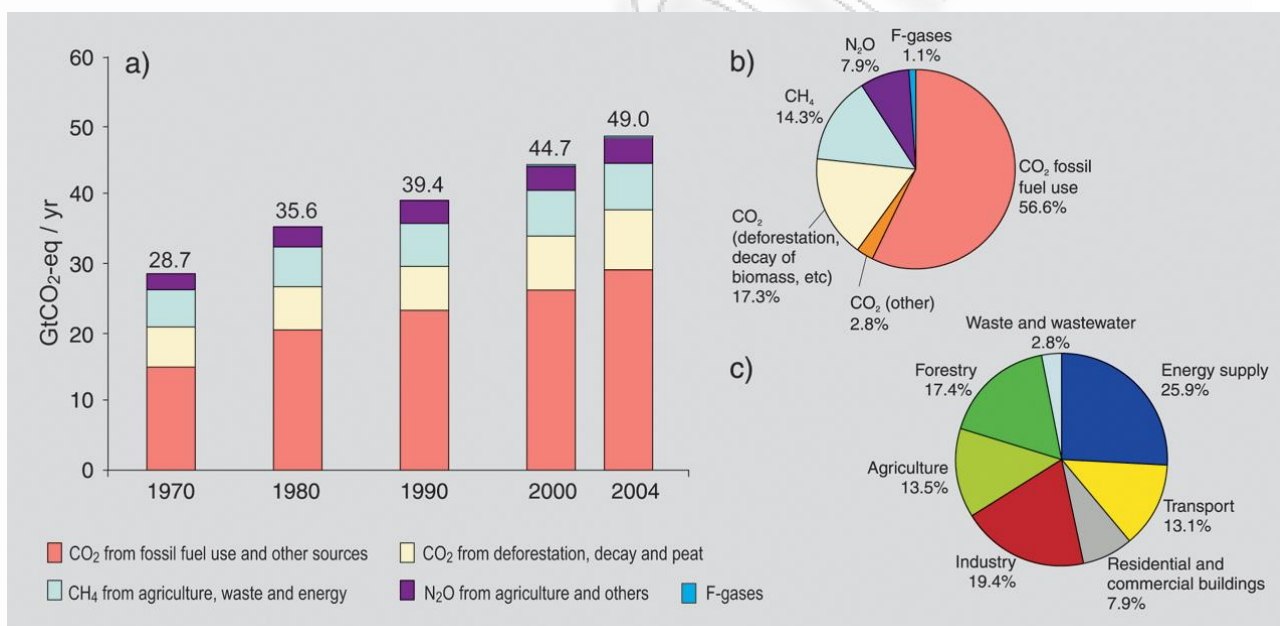
Όσον αφορά τους ανθρωπογενείς παράγοντες αυτοί έχουν συντελέσει κατά κύριο λόγο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου με την αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και ιδιαίτερα του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου πραγματοποιείται είτε με την άμεση εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, κυρίως από την κατανάλωση καυσίμων, είτε έμμεσα με την συμβολή του ανθρώπινου παράγοντα στην αλλαγή των χημικών διεργασιών της ατμόσφαιρας, κυρίως με την αποψίλωση των δασών. Οι αλλαγές αυτές οδηγούν σε μεταβολές της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και σε συνδυασμό με το χρόνο παραμονής τους στην σε αυτήν επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό όχι μόνο την κλιματική αλλαγή αλλά και την χημική σύσταση της ατμόσφαιρας προκαλώντας την αλλοίωση της με αποτέλεσμα σημαντικά προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων.

1.3.1 Η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη

Με τον όρο αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη εννοούμε την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα αλλά και των ωκεανών της Γης. Σε παγκόσμιο επίπεδο η αύξηση της θερμοκρασίας τα τελευταία πενήντα χρόνια έχει διαπιστωθεί ότι είναι μεγαλύτερη από αυτή που έχει παρατηρηθεί την τελευταία χιλιετία. Οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται από το 1860 μέχρι σήμερα υποδεικνύουν ότι η θερμοκρασία έχει αυξηθεί κατά 0.6 ± 0.2 °C κατά την διάρκεια του εικοστού αιώνα. Παράλληλα, παρατηρήθηκε ότι η αύξηση αυτή έχει επιταχυνθεί τα τελευταία 25 χρόνια ενώ

γίνεται πιο έντονη κατά τους θερινούς μήνες στις ηπειρωτικές περιοχές του Βορείου ημισφαιρίου (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*).

Η αύξηση της θερμοκρασίας συνδέεται με την αύξηση των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Έχει παρατηρηθεί ότι οι συνέπειες του φαινομένου εντείνονται από την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης κατά την οποία η συγκέντρωση ορισμένων αερίων έχει αυξηθεί στην ατμόσφαιρα (διοξείδιο του άνθρακα, οξείδιο του αζώτου, μεθάνιο) εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, ενώ κάποια άλλα αέρια δημιουργήθηκαν από τον άνθρωπο για την ικανοποίηση των αναγκών της κοινωνίας. Η συνεχιζόμενη αύξηση της θερμοκρασίας και κατ' επέκταση της θέρμανσης του πλανήτη αποτελεί μια αναμφισβήτητη πραγματικότητα. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι ανθρώπινες δραστηριότητες που επηρεάζουν έμμεσα την θερμοκρασία του πλανήτη.



Source: IPCC, Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

Σχήμα 1: Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που επηρεάζουν έμμεσα την θερμοκρασία του πλανήτη

Είναι εμφανές ότι τα ενεργειακά αποθέματα έχουν ίσως το μεγαλύτερο μερίδιο ευθύνης για την ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου καθώς συμβάλλουν κατά 25,9% ενώ ακολουθούν η βιομηχανία με 19,4%, η δασοκομία με 17,4% και οι μεταφορές με 13,1%.

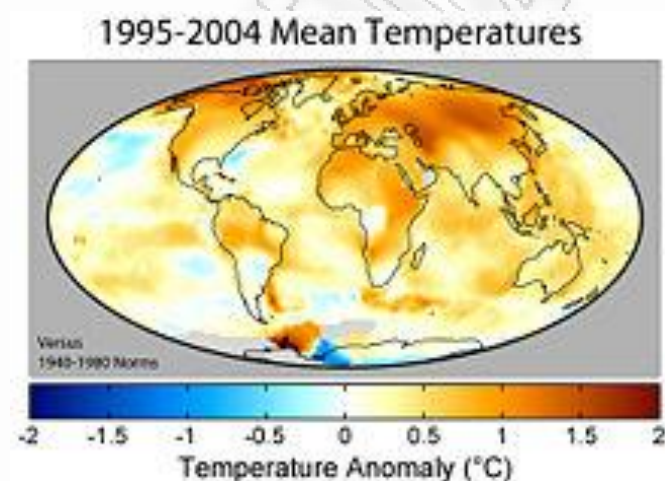
Παρά το γεγονός ότι το κλίμα της Γης παρέμεινε σχετικά σταθερό από την τελευταία εποχή των παγετώνων και δεν παρατηρήθηκαν θερμοκρασιακές αλλαγές άνω του 1 βαθμού Κελσίου, από την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης

παρατηρήθηκε μια σημαντική άνοδος στη θερμοκρασία. Οι άνθρωποι ξεκίνησαν να καίνε ορυκτά καύσιμα σε μαζικές ποσότητες για να κινήσουν οχήματα, να θερμάνουν τις κατοικίες τους, να εκτελέσουν τις επαγγελματικές τους δραστηριότητες, να τροφοδοτήσουν τα εργοστάσια με ενέργεια.

Μέσα στα χρόνια αυτά έχει καταναλωθεί ένα πολύ μεγάλο μέρος των αποθεμάτων αυτών των ορυκτών καυσίμων, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα. Ταυτόχρονα, η συνεχιζόμενη αποψίλωση των δασών απελευθερώνει το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που είναι αποθηκευμένο στα δέντρα και το έδαφος. Η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα οδηγεί στον εγκλωβισμό υπερβολικής ποσότητας θερμότητας με συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας η οποία με τη σειρά της οδηγεί στην αλλαγή του κλίματος.

Η θερμοκρασία της Γης ενδέχεται να αυξηθεί κατά 1,4 – 5,8 °C εντός της χρονικής περιόδου 1990 και 2100. Μία τέτοια ενδεχόμενη αύξηση θα δημιουργούσε μεταβολές με επικίνδυνες επιπτώσεις όπως την αύξηση της στάθμης των θαλασσών ή την δημιουργία ακραίων καιρικών φαινομένων όπως πλημμύρες, τυφώνες ή ακόμη και την περίπτωση εξαφάνισης ορισμένων βιολογικών ειδών.

Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται χάρτης στον οποίο απεικονίζονται οι διαφορές στις θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν από τον Ιανουάριο του 1995 μέχρι το 2004, σε σχέση με τις θερμοκρασίες της περιόδου 1940-1980. Η μέση αύξηση της θερμοκρασίας ανέρχεται στους 0,42 °C.



Σχήμα 2: Χάρτης απεικόνισης διαφορών στην θερμοκρασία την περίοδο 1995-2004 σε σύγκριση με την περίοδο 1940-1980

1.3.2. Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι λειτουργία της ίδιας της φύσης, ανεξάρτητα από την ύπαρξη του ανθρώπου στον πλανήτη και έχει σαν φυσική αποστολή την διατήρηση της επιφανειακής θερμοκρασίας στους 15 °C. Αν η φύση δεν είχε προβλέψει την ύπαρξη του Φαινομένου του θερμοκηπίου η μέση επιφανειακή θερμοκρασία του πλανήτη μας σήμερα θα ήταν -20 °C περίπου.

Η οργάνωση των συστατικών της ατμόσφαιρας με συγκεκριμένο τρόπο μέσα στην τροπόσφαιρα και τη στρατόσφαιρα είναι αποκλειστικά έργο της φύσης. Όσον αφορά το έργο του ανθρώπου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου οι εκτιμήσεις προσδιορίζουν ότι ξεκίνησε χιλιάδες χρόνια πριν, όταν άρχισε να εκμεταλλεύεται μεγάλες εκτάσεις φυσικής βλάστησης και να τις μετατρέπει σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις ή λιβάδια. Από τότε και μέχρι τη βιομηχανική επανάσταση μεσολάβησαν πολλοί ακόμη παράγοντες που επηρέασαν την αλλαγή του κλίματος. Ενδεικτικά παραδείγματα είναι οι πυρκαγιές, η αποψίλωση των δασών και η ερημοποίηση που σαφώς συνέβαλαν στην μεταβολή των κλιματικών συνθηκών.

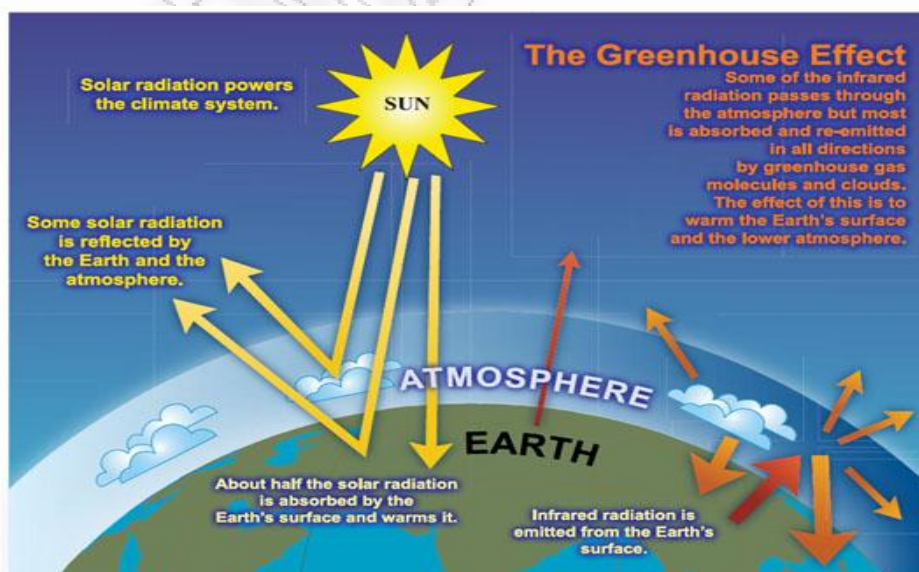
Ο ρόλος πάντως των δύο πιο σημαντικών θερμοκηπικών αερίων, δηλαδή των υδρατμών και του διοξειδίου του άνθρακα, άρχισε να εξετάζεται γύρω στο 1900. Συγκεκριμένα, η πρώτη μελέτη σχετικά με το ρόλο που παίζει στη θερμοκρασία η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς έγινε από τον Σουηδό φυσικό και χημικό Svante Arrhenius το 1895. Η δε συσχέτιση μεταξύ εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας προτάθηκε αρχικά από τον Άγγλο G. S. Calendar το 1938. Κατόπιν αυτού, το 1957 άρχισε να παρακολουθείται οργανωμένα πια η συγκέντρωση του CO₂ σε όλον τον κόσμο. Στις αρχές της δεκαετίας του '70 ακούστηκε για πρώτη η εκτίμηση ότι αναμένεται αύξηση τόσο της παγκόσμιας θερμοκρασίας όσο και της στάθμης των θαλασσών. Βέβαια τότε αυτά ακούγονταν περισσότερο σαν απαισιόδοξες προβλέψεις παρά σαν υπαρκτός κίνδυνος. Με την πάροδο των χρόνων, και ιδιαίτερα τη δεκαετία του 1980 όπου παρατηρήθηκαν έξι από τα μέχρι τότε θερμότερα χρόνια της τελευταίας 150ετίας, διάφοροι παγκόσμιοι οργανισμοί αποφάσισαν να ασχοληθούν πιο εντατικά με το φαινόμενο αυτό. Ως αποτέλεσμα αυτού, το 1988 ιδρύθηκε η διακυβερνητική επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές (IPCC) η οποία αρχικά αποτελούταν από τετρακόσιους επιστήμονες που ερευνούσαν τις κλιματικές αλλαγές και τα ενδεχόμενα παγκόσμιας θέρμανσης. Η πρώτη επιστημονική αναφορά (Assessment Report) παρουσιάστηκε το

1990 και από τότε μεσολάβησαν άλλες τρεις, το 1995, το 2001 και το 2007. Σήμερα έχει ξεκινήσει η πέμπτη επιστημονική αναφορά, η οποία και θα ολοκληρωθεί το 2014.

Την παρούσα χρονική στιγμή, τα περισσότερα ενδεχόμενα υποδεικνύουν μια αυξητική πορεία της θερμοκρασίας του πλανήτη. Ο φόβος που υπάρχει ωστόσο είναι ότι αν έως τότε δεν έχουν αλλάξει κάποια πράγματα, η πιθανή επιβεβαίωση δε θα έχει κανένα όφελος αφού θα είναι ήδη πολύ αργά για οποιαδήποτε αντίδραση. Για τον λόγο αυτό η μελέτη της ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου από τους ανθρωπογενείς παράγοντες είναι τόσο καθοριστικής σημασίας.

Μηχανισμός του φαινομένου

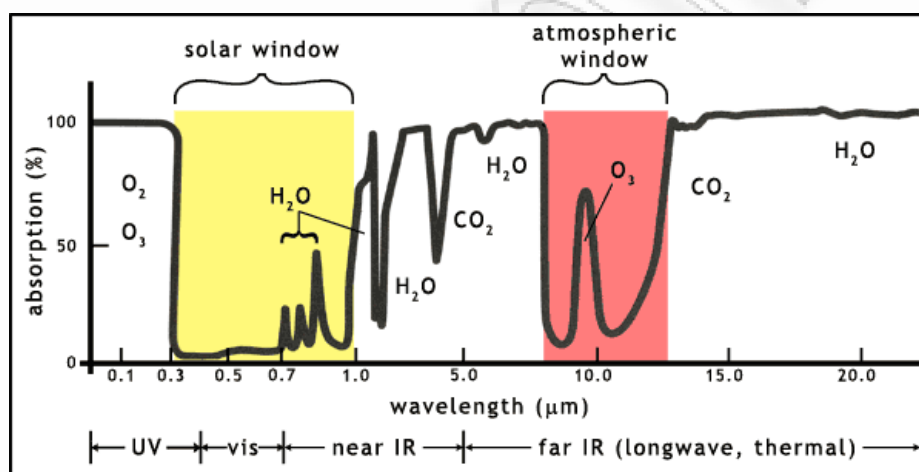
Η Γη λαμβάνει ενέργεια από τον Ήλιο υπό μορφή ακτινοβολίας. Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής είναι στο εγγύς υπέρυθρο και στο ορατό μέρος του φάσματος. Η ανώτερη ατμόσφαιρα ανακλά περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ενώ το υπόλοιπο 70% απορροφάται από την ατμόσφαιρα (20%) καθώς και από το έδαφος και τους ωκεανούς (50%). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την θέρμανση της γήινης επιφάνειας και την εκπομπή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας (υπέρυθη ακτινοβολία). Το μεγαλύτερο ποσοστό της υπέρυθρης ακτινοβολίας απορροφάται από τα νέφη καθώς και από συγκεκριμένα αέρια της ατμόσφαιρας (αέρια του θερμοκηπίου), ενώ μόλις το 10% διαφεύγει στο διάστημα.



Το φαινόμενο του Θερμοκηπίου

1.3.3. Αέρια του θερμοκηπίου

Το 90% της κατακρατούμενης από την ατμόσφαιρα γήινης ακτινοβολίας, οφείλεται στην ύπαρξη των υδρατμών, του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και των νεφών. Από τα παραπάνω το πλέον ενεργό είναι το H₂O. Το υπολειπόμενο 10% της κατακράτησης οφείλεται στο όζον (O₃), στο μεθάνιο (CH₄), στο υποξείδιο του αζώτου (N₂O) και στους χλωροφθοράνθρακες (CFCs). Όλα τα παραπάνω αέρια, γνωστά και ως αέρια του θερμοκηπίου, παράγονται με φυσικές αλλά και με βιομηχανικές διαδικασίες. Αποτελούν τη βασική αιτία για την μείωση της απώλειας της θερμότητας στο διάστημα και επομένως συμβάλλουν στις σφαιρικές θερμοκρασίες μέσω του φαινομένου του θερμοκηπίου.



Περιοχές απορρόφησης των θερμοκηπτικών αερίων

Συνοπτικά τα αέρια του θερμοκηπίου είναι τα εξής:

- Υδρατμοί (H₂O)
- Νέφη
- Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
- Μεθάνιο (CH₄)
- Υποξείδιο του αζώτου (N₂O)
- Όζον
- Χλωροφθοράνθρακες (CFCs)

Αναλυτικότερα:

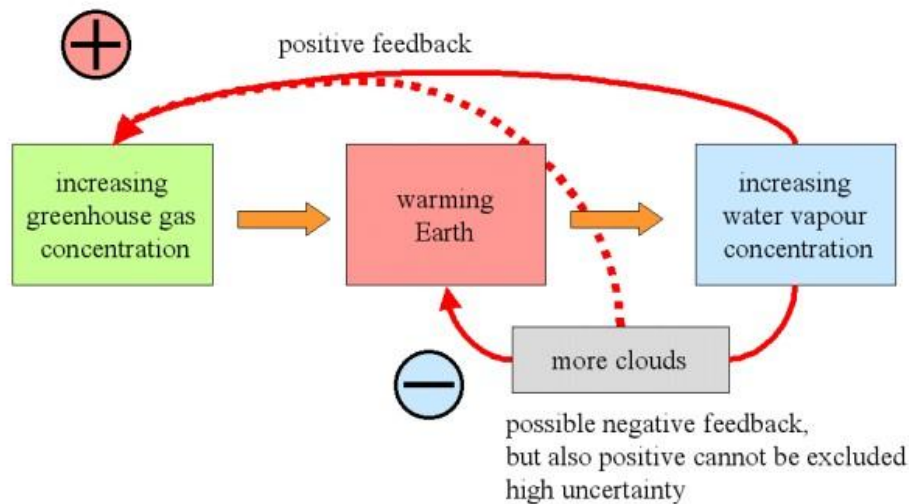
Υδρατμοί (H₂O)

Οι υδρατμοί αποτελούν το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου απορροφώντας ισχυρά τη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία, συνεισφέροντας περίπου 60% στο συνολικό φαινόμενο. Τα μόρια του νερού δεσμεύουν τη θερμότητα που εκπέμπει η γη και έπειτα την εκπέμπουν εκ νέου προς όλες τις κατευθύνσεις θερμαίνοντας με τον τρόπο αυτό την επιφάνεια της γης πριν επιστρέψουν τελικά στο διάστημα. Οι υδρατμοί αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι ενός ατέρμονου υδρολογικού κύκλου ενώ δεν αποτελούν αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Νέφη

Τα νέφη αλληλεπιδρούν με την ακτινοβολία με δύο τρόπους. Από τη μία συμπεριφέρονται όπως τα θερμοκηπικά αέρια, απορροφώντας δηλαδή την γήινη υπέρυθη ακτινοβολία και στη συνέχεια παγιδεύουν τη θερμότητα στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Από την άλλη αυξάνουν το albedo της Γης, ανακλώντας την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία πίσω στο διάστημα εμποδίζοντας τη θέρμανση του πλανήτη. Η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει το ποσοστό των υδρατμών στην ατμόσφαιρα και το σχηματισμό νεφών. Παρόλο που ο ρόλος των νεφών και η συνολική συνεισφορά τους στο φαινόμενο δεν έχει προσδιοριστεί σαφώς, είναι αποδεδειγμένο ότι η επίδραση τους εξαρτάται από τον τύπο και τη σύσταση τους.

Ο ρόλος των νεφών είναι ακόμη αμφισβητούμενος, αν και θεωρείται ότι βραχυπρόθεσμα συμβάλλουν στην θέρμανση του συστήματος Γης-ατμόσφαιρας ενώ μακροπρόθεσμα στη ψύξη του. Επιπλέον, τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης (cumulus, cumulonimbus) έχουν διττή συνεισφορά. Κατά τη διάρκεια της ημέρας ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία εμποδίζοντας τη θέρμανση της κατώτερης ατμόσφαιρας, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας παγιδεύουν την γήινη ακτινοβολία εμποδίζοντάς την να διαφύγει στο διάστημα.



Η λειτουργία των νεφών

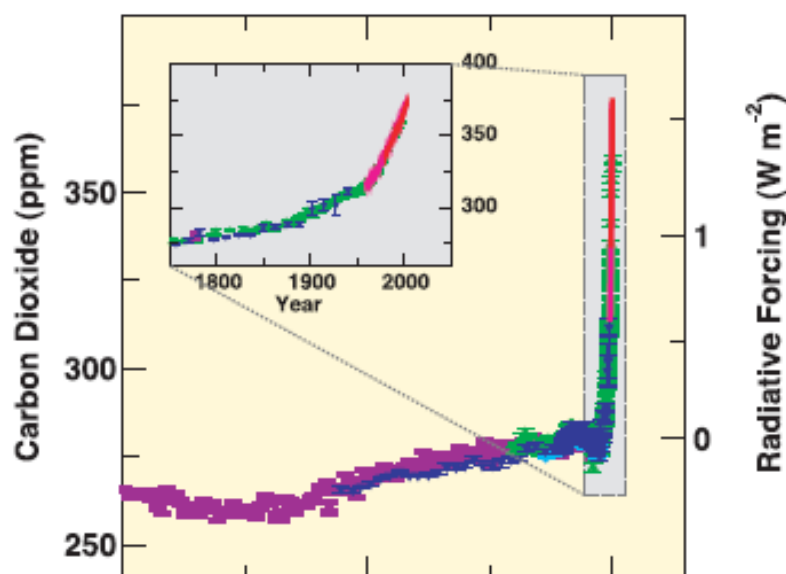
Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι ίσως το πιο σημαντικό από τα αέρια που διατηρούν ζεστή την ατμόσφαιρά μας. Πριν από τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα ήταν πολύ υψηλότερη σε σχέση με σήμερα (80% σε σχέση με τη συγκέντρωση του 0,03 % που παρατηρείται σήμερα). Όμως με την πάροδο του χρόνου το ποσοστό της συγκέντρωσής του στην ατμόσφαιρα ελαττώθηκε κατά πολύ, γεγονός το οποίο οφείλεται στην λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Όλη αυτή η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα εγκλωβίστηκε μέσα σε οργανισμούς, σχηματίζοντας ορυκτά στο στερεό φλοιό της γης, όπως οι γαιάνθρακες και το πετρέλαιο.

Κατά τη διάρκεια του κύκλου του διοξειδίου του άνθρακα, η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρά διατηρείται σε ισορροπία. Μέσω της αναπνοής και της αποσύνθεσης των φυτών αλλά και των ηφαιστειακών εκρήξεων, απελευθερώνεται φυσικό διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, το οποίο παραμένει για 100 περίπου χρόνια. Απομακρύνεται πάλι από την ατμόσφαιρα, μέσω της φωτοσύνθεσης των φυτών και μέσω της διάλυσης του στο νερό. Η ποσότητα του φυσικά παραγόμενου CO₂ εξισορροπείται σχεδόν απόλυτα από την ποσότητα που αφαιρείται με φυσικό τρόπο. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όμως, έχουν επίδραση και είναι αυτές που σε μεγάλο βαθμό ευθύνονται για την υπερθέρμανση του

πλανήτη. Δεδομένα δείχνουν ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν προσθέσει στην ατμόσφαιρα 2.3 τρισεκατομμύρια τόνους CO₂ τα τελευταία 200 χρόνια.

Η μεγαλύτερη απόλυτη αύξηση στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα παρουσιάστηκε το 2004, όταν μόνο από την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων προστέθηκαν στην ατμόσφαιρα πάνω από 28 εκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα. Το CO₂ ευθύνεται παγκοσμίως για τουλάχιστον 69% του ενισχυμένου φαινόμενο των αερίων του θερμοκηπίου. Ειδικότερα στις βιομηχανικές χώρες, το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί τουλάχιστον το 80% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν το 2005 έδειξαν ότι το ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (379 ppm³) υπερέβη κατά πολύ τα φυσικά όρια των τελευταίων 650.000 ετών (180 - 300 ppm³).



Source: IPCC, Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

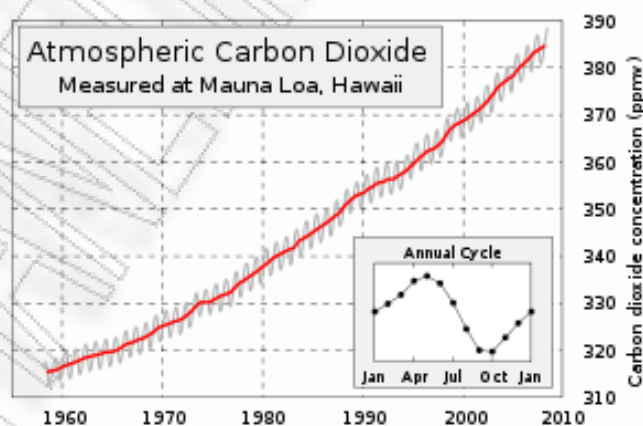
Εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα τα τελευταία 650.000 χρόνια

Πηγές διοξειδίου του άνθρακα

- Η διαπνοή αποτελεί σημαντική συνιστώσα στο παγκόσμιο κύκλο του άνθρακα. Στην ξηρά εκτιμάται ότι η ποσότητα του άνθρακα που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από τους αυτότροφους οργανισμούς είναι 60Gt (giga tones) και από τους ετερότροφους είναι περίπου 55Gt. Ταυτόχρονα οι εκπομπές στη θάλασσα είναι 58Gt και 34Gt αντίστοιχα.

- Οι ηφαιστειακές δραστηριότητες παρόλη την υψηλή συνεισφορά τους σε τοπική κλίμακα, προσθέτουν μόλις 0,02-0,05 Gt το χρόνο.
- Οι αλλαγές στις χρήσεις γης διαταράσσουν σημαντικά τον κύκλο του άνθρακα. Για παράδειγμα η αποψίλωση των τροπικών δασών προσθέτει ετησίως 1,7Gt.
- Η παραγωγή ενέργειας από την καύση ορυκτών καυσίμων συνεισφέρει 6,5 Gt το χρόνο. Επίσης, οι εκπομπές που σχετίζονται με τα μέσα μεταφοράς φτάνουν το 24% των ανθρωπογενών εκπομπών, εκ των οποίων το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνουν οι χερσαίες μεταφορές, ενώ δεν είναι αμελητέες οι εναέριες και θαλάσσιες μεταφορές.
- Οι βιομηχανίες παραγωγής ασβέστη και τσιμέντου προσθέτουν με τη σειρά τους 0,2Gt το χρόνο.

Στο σχήμα 7 που ακολουθεί παρουσιάζεται, μέσω της καμπύλης του Keeling, η εκθετική αύξηση στη συγκέντρωση του CO₂ τα τελευταία σαράντα χρόνια. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αύξηση της συγκέντρωσης του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα, ξεκίνησε γύρω στο 1800 με την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης. Επίσης, στο σχήμα αυτό παρουσιάζεται και ο ετήσιος κύκλος του CO₂ σύμφωνα με τον οποίο έχουμε αύξηση της συγκέντρωσης κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες και μείωση τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς. Αυτό συμβαίνει γιατί τα φυτά, τα περισσότερα των οποίων βρίσκονται στο βόρειο ημισφαίριο, είναι φυλλοβόλα ή μονοετή, με αποτέλεσμα η αποσύνθεση των φύλλων και των φυτών που γίνονται κατά τους χειμερινούς μήνες να υπερισχύει της φωτοσύνθεσης.



Source: National Oceanic and Atmospheric Administration

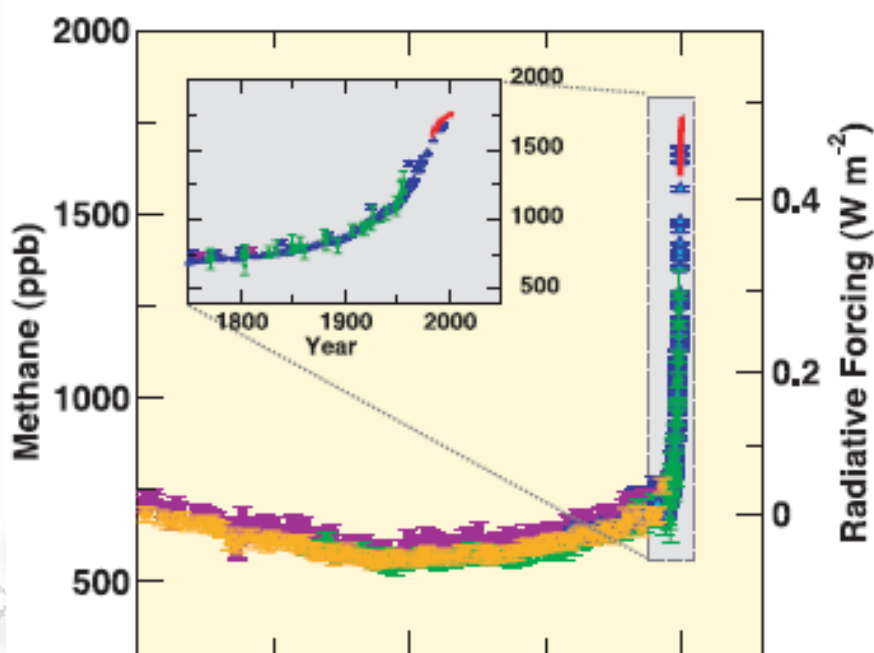
Εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα

Περίπου το 1/2 των ετήσιων ανθρωπογενών εκπομπών του CO₂ μένει στην ατμόσφαιρα ενώ το υπόλοιπο καταλήγει στην κύρια καταβόθρα του, τους ωκεανούς και τη γήινη βιόσφαιρα.

Μεθάνιο (CH₄)

Το Μεθάνιο αποτελεί το δεύτερο πιο σημαντικό αέριο μετά το CO₂ για το ενισχυμένο φαινόμενο του. Από τις απαρχές της βιομηχανικής επανάστασης οι συγκεντρώσεις του μεθανίου έχουν διπλασιαστεί και συμβάλλουν κατά περίπου 20% στην ενίσχυση των αερίων του θερμοκηπίου.

Αποτελεί το 15% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στις βιομηχανικές χώρες. Το 2005 το ποσοστό του μεθανίου στην ατμόσφαιρα ήταν (1774 ppb) υπερβαίνοντας σε πολύ μεγάλο βαθμό το φυσικό όριο των τελευταίων 650.000 ετών (320 - 790 ppb).



Source: IPCC, Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change
Εκπομπή μεθανίου τα τελευταία 650.000 χρόνια

Πηγές μεθανίου

- Το μεθάνιο εκπέμπεται από φυσικές πηγές όπως, η αποσύνθεση των φυτών στα έλη, εκπομπές ωκεανών, ηφαιστειακές εκρήξεις, τους τερμίτες και το γαστρεντερικό σύστημα βοοειδών, αρνιών και κατσικιών.
- Τεράστιες ποσότητες μεθανίου είναι αποθηκευμένες κάτω από παγωμένες θάλασσες και λίμνες υπό μορφή ένυδρων κρυστάλλων.
- Ανθρώπινες δραστηριότητες όπως ορυζώνες, καύση ορυκτών καυσίμων, απελευθέρωση μεθανίου από χωματερές, παραγωγή και διανομή φυσικού αερίου καθώς και δύλιση πετρελαίου .

Υποξείδιο του αζώτου (N₂O)

Το υποξείδιο του αζώτου είναι ακόμη ένα σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου, παρόλο που οι συγκεντρώσεις του στην ατμόσφαιρα δεν είναι τόσο μεγάλες όσο του διοξειδίου του άνθρακα, απορροφά όμως 270 φορές περισσότερη ενέργεια από το CO₂ . Παρά τη σχετικά μικρή συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα, το νιτρώδες οξείδιο είναι το τέταρτο μεγαλύτερο αέριο θερμοκηπίου για την συνεισφορά του στη γενική παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, πίσω από το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και τους υδρατμούς. Το 2005 το ποσοστό του υποξείδιου του αζώτου στην ατμόσφαιρα ήταν (319 ppb) υπερβαίνοντας το όριο που υπήρχε πριν την βιομηχανική επανάσταση (270ppb) ενώ θεωρείται ότι συμβάλλει κατά 5% με 8% στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Πηγές υποξειδίου του αζώτου

- Φυσική πηγή εκπομπής N₂O αποτελεί το έδαφος με τις διαδικασίες νιτροποίησης και απονιτροποίησης καθώς και οι ωκεανοί. Μαζί, οι δύο αυτές πηγές αντιπροσωπεύουν πάνω από το 70% των φυσικών πηγών. Αυτές οι φυσικές εκπομπές N₂O αυξάνονται με τη χρήση τεραστίων ποσοτήτων οργανικών και χημικών λιπασμάτων.
- Κατά την καύση ορυκτών καυσίμων και βιομάζας δημιουργείται υποξείδιο του αζώτου.

- Η συγκέντρωση ανθρώπινων λυμάτων σε μονάδες επεξεργασίας έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία υποξειδίου του αζώτου.

Όζον

Το 90% του συνολικού όζοντος της ατμόσφαιρας είναι συγκεντρωμένο στην στρατόσφαιρα. Τα μόρια του όζοντος στην στρατόσφαιρα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για την ύπαρξη ζωής στη Γη. Το όζον απορροφά μεγάλο μέρος της βιολογικά επικίνδυνης ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας (με μήκη κύματος $\lambda < 320\text{nm}$), προστατεύοντας έτσι όλους τους έμβιους οργανισμούς από τις επιβλαβείς συνέπειες της. Το τροποσφαιρικό όζον αντιθέτως συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας ενώ έχει επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και γενικά στη βιόσφαιρα. Η ανθρώπινη δραστηριότητα τείνει να μειώσει το στρατοσφαιρικό όζον και να αυξήσει το τροποσφαιρικό, δηλαδή να ψύξει την στρατόσφαιρα και να θερμάνει την τροπόσφαιρα.

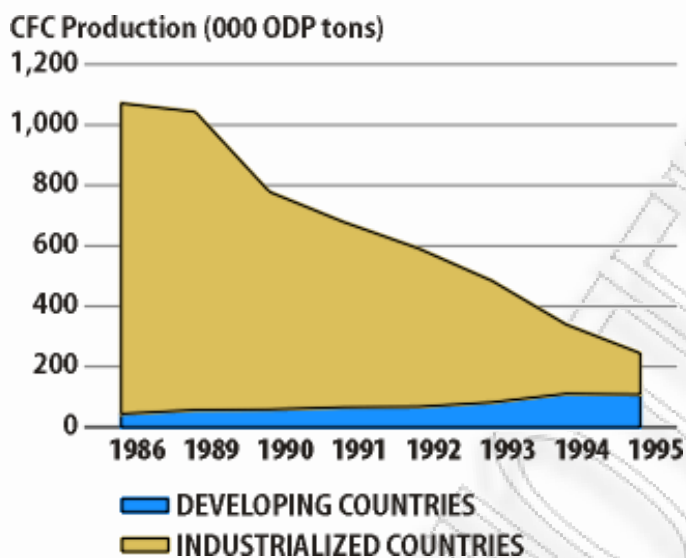
Πηγές όζοντος O_3

- Δημιουργείται κυρίως στην στρατόσφαιρα από τη δράση της ηλιακής ακτινοβολίας στα μόρια του οξυγόνου (O_2) με τη διαδικασία της φωτόλυσης.
- Στην τροπόσφαιρα δεν απελευθερώνεται από κάποια πηγή απευθείας, αλλά σχηματίζεται από την αντίδραση ηλιακού φωτός, υπεριώδους ακτινοβολίας και προϊόντων καύσης όπως υδρογονάνθρακες και νιτρικά οξείδια.

Χλωροφθοράνθρακες (CFCs)

Οι χλωροφθοράνθρακες σχετίζονται τόσο με την μείωση του όζοντος στην στρατόσφαιρα όσο και με το φαινόμενο του θερμοκηπίου στην τροπόσφαιρα. Τα CFCs μεταφέρονται στην στρατόσφαιρα μέσω των ατμοσφαιρικών κινήσεων. Εκεί, με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας διασπώνται και ελευθερώνουν χλώριο, το οποίο μπορεί να καταστρέψει το όζον μέσω μιας σειράς καταλυτικών αντιδράσεων.

Απορροφούν υπέρυθη ακτινοβολία γύρω στα 8 μm ενώ έχουν χρόνο ζωής πάνω από 50 χρόνια. Είναι καθαρά ανθρωπογενή ιχνοστοιχεία και απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από την ευρεία χρήση σπρέι, ψυγείων και κλιματιστικών.



Source: Sebastian Oberthür, Production and Consumption of Ozone-Depleting Substances, 1986-1995

Συγκεντρώσεις σε βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες και σε αναπτυσσόμενες από το 1986 έως το 1995.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, οι ανθρώπινες δραστηριότητες τείνουν να αυξήσουν τις συγκεντρώσεις των θερμοκηπικών αερίων στην τροπόσφαιρα, αυξάνοντας τη διαθέσιμη ενέργεια στο σύστημα γήινη επιφάνεια-ατμόσφαιρα, με συνέπεια την ενίσχυση του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου.

1.4. Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Ατμοσφαιρική ρύπανση καλείται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια, που έχουν ως αποτέλεσμα την αλλοίωση της δομής, της σύστασης και των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία των ζωντανών οργανισμών, στα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.

1.4.1 Ατμοσφαιρικοί ρύποι

Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι:

1. Το Διοξείδιο του Θείου (SO₂)
2. Το Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)
3. Το Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)
4. Το Οζον (O₃)
5. Τα Αιωρούμενα Σωματίδια (PM₁₀)
6. Το Βενζόλιο (C₆H₆)
7. Ο Μόλυβδος (Pb)

Αναλυτικότερα:

1. Διοξείδιο του θείου (SO₂)	
Είναι αέριο άχρωμο, άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη ερεθιστική μυρωδιά σε πολύ ψηλές συγκεντρώσεις	
Πηγές	Κυριότερες πηγές προέλευσης του διοξειδίου του θείου είναι οι ηλεκτροπαραγωγοί σταθμοί, οι χημικές βιομηχανίες, τα διυλιστήρια πετρελαίου, οι κεντρικές θερμάνσεις και τα πετρελαιοκίνητα οχήματα που χρησιμοποιούν καύσιμο με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο.
Επιδράσεις	Μακροχρόνια έκθεση στο διοξείδιο του θείου μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα, να τροποποιήσει τον αμυντικό μηχανισμό των πνευμόνων και να επιδεινώσει τυχόν υπάρχουσες καρδιαγγειακές παθήσεις. Άτομα με καρδιαγγειακές, χρόνιες πνευμονολογικές παθήσεις καθώς και μικρά παιδιά και ηλικιωμένοι είναι ιδιαίτερα ευπαθή σε τέτοιες συνθήκες. Υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα συμβάλλουν επίσης στη μείωση της ορατότητας, στην αύξηση της οξύτητας των λιμνών και των ποταμών και προκαλούν αλλοιώσεις στη βλάστηση και στα μέταλλα.

2. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	
Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι αέριο άοσμο, άχρωμο, άγευστο και ελαφρύτερο του αέρα. Είναι ο πλέον διαδεδομένος ρύπος.	
Πηγές	Κυριότερες πηγές προέλευσης του μονοξειδίου του άνθρακα είναι οι εκπομπή καυσαερίων των αυτοκινήτων, ιδιαίτερα σε κλειστούς χώρους στάθμευσης ή κατά μήκος δρόμων σε περίοδο κυκλοφοριακής αιχμής, και οι εκπομπές καυσαερίων πάσης φύσεως μηχανών εσωτερικής καύσης όταν συντελείται ατελής καύση. Άλλες πηγές προέλευσης του μονοξειδίου του άνθρακα είναι το καγάλισμα των χωραφιών και η καύση ελαστικών σε ανοικτούς χώρους.
Επιδράσεις	Το μονοξείδιο του άνθρακα μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο σε βασικούς ιστούς του οργανισμού, επιδρώντας κυρίως στο καρδιαγγειακό και νευρικό σύστημα. Υψηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα προκαλούν ζαλάδες, πονοκεφάλους και κόπωση. Υγιή άτομα εκτεθειμένα σε ψηλά επίπεδα, μπορεί να υποστούν προσωρινή μείωση της πνευματική τους διαύγειας καθώς και της όρασης τους.

3. Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)	
Είναι αέριο με καφέ χρώμα, διαλυτό στο νερό, ισχυρό οξειδωτικό, με οξεία ερεθιστική οσμή. Εμπλέκεται και ενεργοποιεί τον φωτοχημικό κύκλο αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα και το σχηματισμό έτσι της φωτοχημικής ρύπανσης. Σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι υπεύθυνο για την καφέ όψη του αστικού ουρανού.	
Πηγές	Η καύση ορυκτών καυσίμων κυρίως σε οχήματα, σε ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς και κεντρικές θερμάνσεις παράγουν μεταξύ άλλων και μονοξείδιο του αζώτου (NO). Αυτό με διάφορες χημικές αντιδράσεις που ενισχύονται με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας και του όζοντος, μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου (NO ₂).
Επιδράσεις	Το διοξείδιο του αζώτου (NO ₂) σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα, ιδιαίτερα σε άτομα που υποφέρουν από άσθμα και σε παιδιά. Στους ασθματικούς προκαλεί δυσκολία στην αναπνοή. Συνδράμει επίσης στη δημιουργία του όζοντος στην τροπόσφαιρα και της όξινης βροχής, επηρεάζοντας έτσι αρνητικά τη βλάστηση.

4. Όζον (O3)	
<p>Το όζον είναι αέριο άχρωμο, βαρύτερο του αέρα με δριμεία οσμή. Είναι ισχυρότατο οξειδωτικό. Διαλύεται δύσκολα στο νερό γι' αυτό και μπορεί να διεισδύσει μέχρι τους πνεύμονες με όλες τις αρνητικές συνέπειες για την υγεία των ανθρώπων. Στην ανώτερη ατμόσφαιρα (στρατόσφαιρα) το όζον έχει ευεργετικό ρόλο γιατί απορροφά τις υπεριώδεις ακτινοβολίες (UV), προστατεύοντας μας έτσι από τις βλαβερές ακτίνες του ήλιου.</p>	
Πηγές	<p>Το όζον σχηματίζεται στην κατώτερη ατμόσφαιρα (τροπόσφαιρα) ως αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων μεταξύ του οξυγόνου, πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), και οξειδίων του αζώτου (NOx) με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας. Άλλες πηγές εκπομπής πρόδρομων ουσιών του όζοντος (VOCs και NOx) είναι τα οχήματα, τα χημικά εργοστάσια, τα χημικά διαλυτικά και τα βενζινάδικα.</p>
Επιδράσεις	<p>Το όζον σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να ερεθίσει το αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας βήχα, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό και πόνο στο στήθος, φλεγμονή στους πνεύμονες και πιθανή επιδεκτικότητα σε μολύνσεις του αναπνευστικού. Η υγεία των ατόμων που υποφέρουν από άσθμα μπορεί να επιδεινωθεί. Το όζον έχει επίσης αρνητικές επιπτώσεις στις αγροτικές καλλιέργειες, δασική και άλλη βλάστηση.</p>

5. Αιωρούμενα Σωματίδια (PM₁₀)	
<p>Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι μικρά τεμάχια ύλης σε στερεή ή υγρή φάση, που μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ανάλογα με την προέλευση τους μπορούν να παρουσιάζουν ανομοιογένεια στη μορφή, μέγεθος και χημική σύσταση. Όσον πιο μικρά είναι τα σωματίδια, τόσο πιο πολύ αυξάνει η πιθανότητα εισχώρησής τους στην αναπνευστική περιοχή των πνευμόνων, όπου εναποτίθενται κυρίως στις κυψελίδες των πνευμόνων και με την πάροδο του χρόνου επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία των ανθρώπων.</p>	
Πηγές	<p>Οι κυριότερες πηγές εκπομπής αιωρουμένων σωματιδίων είναι οι διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες, τα αυτοκίνητα, οι πυρκαγιές, τα καψαλίσματα χωραφιών και άλλες γεωργικές δραστηριότητες, οι κατασκευές, η επαναίωρηση σκόνης λόγω ισχυρών ανέμων κλπ.</p>
Επιδράσεις	<p>Τα αιωρούμενα σωματίδια επηρεάζουν την αναπνοή και προκαλούν ασθένειες στο αναπνευστικό σύστημα, στους πνεύμονες και στην καρδιά. Τα παιδιά, τα άτομα που πάσχουν από άσθμα ή έχουν καρδιολογικά προβλήματα και οι ηλικιωμένοι, είναι ομάδες πληθυσμού ιδιαίτερα ευαίσθητες στην έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρουμένων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Όσον πιο μικρά είναι τα σωματίδια τόσο πιο επικίνδυνα είναι. Η επικινδυνότητά τους εξαρτάται επίσης από τη χημική τους σύσταση. Τα αιωρούμενα σωματίδια συμβάλλουν επίσης στη μείωση της ορατότητας.</p>

6. Βενζόλιο	
Το βενζόλιο είναι μια πτητική οργανική ένωση (VOC) η οποία αποτελεί ένα από τα δευτερεύοντα συστατικά της βενζίνης	
Πηγές	Πηγές βενζολίου είναι τα πρατήρια βενζίνης και τα αυτοκίνητα διανομής της, καθώς επίσης και όλες οι μηχανές που χρησιμοποιούν βενζίνη σαν καύσιμο.
Επιδράσεις	Το βενζόλιο σαν αυτούσια ένωση μπορεί να προκαλέσει χρόνιες παθήσεις όπως καρκίνο, αταξία στο κεντρικό νευρικό σύστημα, ζημιές στη λειτουργία του ήπατος και των νεφρών, ανωμαλίες στην αναπαραγωγή και προβληματικές γεννήσεις.

7. Μόλυβδος (Pb)	
Ο μόλυβδος είναι μαλακό μέταλλο αργυρόχρουν και ανήκει στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων. Ένα ποσοστό της σωματιδιακής σκόνης αποτελείται από σωματίδια μολύβδου.	
Πηγές	Πηγές μολύβδου μπορεί να είναι τα διάφορου τύπου μεταφορικά μέσα που χρησιμοποιούν μολυβδόχα βενζίνη, εργοστάσια που χρησιμοποιούν μόλυβδο ή ουσίες που περιέχουν μόλυβδο και χώροι που καίγονται απορρίμματα.
Επιδράσεις	Υψηλά ποσοστά μολύβδου μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς την πνευματική ανάπτυξη και δραστηριότητα των ανθρώπων, τη λειτουργία των νεφρών και τη χημεία του αίματος. Τα νεαρά άτομα διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο εξαιτίας της μεγαλύτερης ευαισθησίας των νεανικών ιστών και οργάνων στο μόλυβδο.

1.4.2 Τύποι ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Η ατμοσφαιρική ρύπανση κατηγοριοποιείται σε τρεις βασικούς τύπους ανάλογα με την περιεκτικότητα των επιβλαβών αερίων και την προέλευσή τους. Οι τρεις βασικότεροι τύποι είναι οι κάτωθι:

Ο πρώτος τύπος ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι αυτός που χαρακτηρίζεται από υψηλές συγκεντρώσεις των χημικών ενώσεων του θείου (κυρίως διοξείδιο του θείου SO₂) και των σωματιδίων που σχηματίζονται από την καύση καυσίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο, όπως το κάρβουνο. Στην περίπτωση αυτή η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελείται κυρίως από διοξείδιο του θείου και αιωρούμενα σωματίδια που περιέχουν διάφορες θειούχες ενώσεις. Εμφανίζεται σε πόλεις που

βρίσκονται σε ψυχρά κλίματα με κυριότερες πηγές την παραγωγή της ηλεκτρικής αλλά και της θερμικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την θέρμανση των κτιρίων.

Ο δεύτερος τύπος ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι το λεγόμενο φωτοχημικό νέφος το οποίο εμφανίζεται κυρίως τη θερινή περίοδο του έτους σε όλες τις μεγαλουπόλεις του κόσμου όπου γίνεται και μεγάλη χρήση των αυτοκινήτων. Κύρια συστατικά του είναι διάφορα οξείδια του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα και το όζον. Το όζον, που είναι δευτερογενής ρύπος, παράγεται -στην περίπτωση του φωτοχημικού νέφους- από την αλληλεπίδραση των οξειδίων του αζώτου με την ηλιακή ακτινοβολία, γι' αυτό και το νέφος ονομάζεται "φωτοχημικό". Ονομάζεται επίσης "νέφος τύπου Λος Άντζελες" επειδή μελετήθηκε για πρώτη φορά στην ομώνυμη μεγαλούπολη των ΗΠΑ, όπου αποτελούσε σοβαρό πρόβλημα.

Μεταξέλιξη του «φωτοχημικού νέφους» είναι η τρίτη γενιά ατμοσφαιρικών ρύπων, το «υδρογονοσωματιδιακό νέφος» που άρχισε να κάνει έντονη την παρουσία του στα τέλη της δεκαετίας του 1990, αν και μετρήσεις στα μέσα της ίδιας δεκαετίας είχαν διαπιστώσει την ύπαρξή του. Το νέφος αυτό περιέχει κυρίως αεροσωματίδια και διάφορες επικίνδυνες ενώσεις υδρογονανθράκων. Η πηγή προέλευσης των πρώτων είναι οι βιομηχανίες ως επί το πλείστον. Τα αεροσωματίδια παρουσιάζουν μεγάλη γκάμα μεγεθών, αλλά τα πιο επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία είναι εκείνα με διαστάσεις έως 10 μικρόμετρα και συμπεριλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, σκόνη, καπνιά, βαρέα μέταλλα και υδροσταγονίδια. Οι ενώσεις υδρογονανθράκων έλκουν την καταγωγή τους από τα τροχοφόρα (ανεξάρτητα καταλυτικών ή συμβατικών κινητήρων) και τη χημική βιομηχανία. Μεταξύ τους συγκαταλέγονται οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (γνωστοί ως ΠΑΥ) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις (ΠΟΕ), που έχουν πολλάκις ενοχοποιηθεί για καρκινογένεση.

1.4.3 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

Στις 2 Φεβρουαρίου του 2007 δημοσιεύτηκε στο Παρίσι η έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι αν δε μειωθούν οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου η μέση πλανητική θερμοκρασία μπορεί να αυξηθεί κατά 1,1°C με 6,4°C έως το 2095 σε σχέση με τα επίπεδα της περιόδου 1980-1999. Μια τέτοια αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται να προκαλέσει περισσότερους καύσωνες, ξηρασίες και πλημμύρες, όπως

επίσης ισχυρότερους τυφώνες, λιώσιμο των πάγων και αύξηση της στάθμης της θάλασσας.

Τα κυριότερα αποτελέσματα της έκθεσης είναι τα παρακάτω:

- Οι κλιματικές αλλαγές αποδίδονται με βεβαιότητα κατά 90% σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες.
- Αυξάνεται η «κλιματική ευαισθησία», ο τρόπος με τον οποίο θα αντιδράσει το κλίμα στον διπλασιασμό της συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Η προηγούμενη εκτίμηση για αύξηση της θερμοκρασίας σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα έκανε λόγο για 2,5°C, ενώ η τελευταία κάνει λόγο για 3°C.
- Αν δε μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου η μέση πλανητική θερμοκρασία θα αυξηθεί από 1,1°C – 6,4°C έως το 2095.
- Η ένταση των τροπικών καταιγίδων είναι πιθανόν να αυξηθεί.
- Ενδεχόμενη αύξηση της τάξης του 1,9° C – 4,6° C και η οποία αν διατηρηθεί για τα επόμενα χίλια χρόνια ενδέχεται να προκαλέσει την εξαφάνιση των ανώτερων στρωμάτων πάγων της Γροιλανδίας. Αυτό θα οδηγήσει σε άνοδο της στάθμης της θάλασσας από 6 έως 7 μέτρα.

Οι αναμενόμενες επιπτώσεις που θα σημειωθούν στο φυσικό περιβάλλον και τις ανθρώπινες κοινωνίες εξαιτίας αυτής της κλιματικής αλλαγής, εκτιμώνται ότι θα επηρεάσουν πολλά ακόμα οικοσυστήματα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, η πρόσφατη αλλαγή του κλίματος έχει ήδη ισχυρές επιδράσεις σε παγκόσμιο επίπεδο, στους υδάτινους πόρους αλλά και στις παράκτιες περιοχές. Βάσει των δεδομένων που έχουν καταγραφεί από το 1970, θεωρείται πιθανό πως η θέρμανση, που έχει προκληθεί από ανθρώπινους παράγοντες, έχει επηρεάσει αισθητά πολλά φυσικά και βιολογικά συστήματα.

Παράλληλα με τα ευρήματα της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) η Ευρωπαϊκή Ένωση, το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP), η Διεθνής Επιστημονική Επιτροπή της Αρκτικής (IASC)

καθώς και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) συνεργάστηκαν σε μια προσπάθεια για άμεση αντίδραση και υιοθέτηση ενεργειών για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Αποτέλεσμα της παραπάνω συνεργασίας ήταν η έκθεση για τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στην Ευρώπη.

Τα αποτελέσματα της έκθεσης έδειξαν ότι η κλιματική αλλαγή επηρεάζει:

Ατμόσφαιρα και κλίμα

Πρόσφατες παρατηρήσεις επιβεβαιώνουν ότι η παγκόσμια μέση θερμοκρασία έχει αυξηθεί κατά 0,8 °C στο έδαφος και τους ωκεανούς σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή, ενώ παράλληλα μόνο για το έδαφος η παγκόσμια μέση θερμοκρασία έχει αυξηθεί κατά 1,0 °C. Η Ευρώπη συγκεκριμένα έχει θερμανθεί περισσότερο από τον μέσο όρο και συγκεκριμένα κατά 1,0 με 1,2 °C. Οι προβλέψεις υποδεικνύουν περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας στην Ευρώπη μεταξύ 1,0-5,5 °C μέχρι το τέλος του αιώνα, προβλέψεις αρκετά υψηλότερες σε σχέση με αυτές που αφορούν την παγκόσμια μέση θερμοκρασία (1,8-4,0 °C).

Τα τελευταία 50 χρόνια έχουν εμφανιστεί ακραία καιρικά φαινόμενα ενώ τα πιο συχνά από αυτά που έχουν παρατηρηθεί αφορούν φαινόμενα υψηλών θερμοκρασιών παρά χαμηλών, τάση η οποία προβλέπεται να συνεχιστεί και στο μέλλον. Οι ξηρές περιόδους προβλέπεται να αυξηθούν σε διάρκεια και συχνότητα, ειδικά στη νότια Ευρώπη.

Εκτιμάται ότι μέχρι τα μέσα του 21ου αιώνα η μέση ετήσια απορροή των ποταμών και η διαθεσιμότητα νερού θα αυξηθεί κατά 10%-40% στα υψηλότερα υψόμετρα και σε ορισμένες τροπικές περιοχές, ενώ θα μειωθεί κατά 10%-30% σε ξηρές περιοχές σε μέσο υψόμετρο. Επίσης αναμένεται να αυξηθεί ο αριθμός των περιοχών που δεν θα έχουν νερό (ερήμοποίηση) ενώ παράλληλα αυξάνεται ο κίνδυνος για την δημιουργία πλημμύρων.

Ένα ποσοστό της τάξης του 20%-30% της χλωρίδας και πανίδας είναι πιθανό να εξαφανιστεί, εφόσον η μέση παγκόσμια θερμοκρασία ξεπεράσει τους 15-25ο C. Παράλληλα, εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας πολλές παράκτιες περιοχές αναμένεται να αντιμετωπίσουν αυξημένο κίνδυνο ενώ αρκετά εκατομμύρια ανθρώπων εκτιμάται πως θα έρθουν αντιμέτωποι με πλημμύρες μέχρι το 2080.

Η μεταβλητότητα του κλίματος έχει συμβάλει και στην αύξηση των συγκεντρώσεων του όζοντος στην κεντρική και νοτιοδυτική Ευρώπη γεγονός το οποίο προβλέπεται να συνεχιστεί. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην αναποτελεσματικότητα των πολιτικών μείωσης του όζοντος που ισχύουν σήμερα.

Υποχώρηση παγετώνων

Οι ευρωπαϊκοί παγετώνες λειώνουν γρήγορα. Οι παγετώνες στις Άλπεις έχουν χάσει τα δύο τρίτα του όγκου τους από το 1850. Από τη δεκαετία του '80 και έπειτα η απώλεια έχει επιταχυνθεί με μεγαλύτερη ένταση ενώ προβλέπεται η συνέχιση της απώλειας αυτής με τον ίδιο ρυθμό. Η κάλυψη του χιονιού έχει μειωθεί κατά 1.3% ανά δεκαετία τα τελευταία 40 έτη, με τις απώλειες να διευρύνονται έντονα την άνοιξη και το καλοκαίρι. Οι παραπάνω αλλαγές θα προκαλέσουν φυσικούς κινδύνους και ζημιές στις υποδομές καθώς και αλλαγές στην ροή των ποταμών.

Η μείωση του αρκτικού θαλάσσιου πάγου, ειδικά το καλοκαίρι, έχει επιταχυνθεί τις τελευταίες πέντε δεκαετίες. Ο αρκτικός θαλάσσιος πάγος μπορεί ακόμη και να εξαφανιστεί τις ερχόμενες δεκαετίες, ενεργοποιώντας με τον τρόπο αυτό μια αλυσιδωτή αντίδραση η οποία θα επηρεάσει πιο έντονα την κλιματική αλλαγή. Η εξαφάνιση των πάγων αυτών επιταχύνεται ιδιαίτερα λόγω του φαινομένου της θετικής ανατροφοδότησης κατά το οποίο το νερό που λιώνει πάνω και ανάμεσα στους πάγους σκουραίνει την επιφάνεια τους με συνέπεια αυτή να απορροφά περισσότερη ηλιακή ενέργεια και να λιώνουν γρηγορότερα.

Η υποχώρηση των παγετώνων εμπεριέχει αυξημένους κινδύνους για το αρκτικό περιβάλλον και παρά το γεγονός ότι η υποχώρηση των παγετώνων θα διευκολύνει την πρόσβαση στους πόρους της Αρκτικής όπως η δυνατότητα για εξεύρεση πετρελαίου και φυσικού αερίου, τη ναυτιλία, τον τουρισμό αλλά και την αλιεία προσφέροντας με τον τρόπο αυτό νέες οικονομικές ευκαιρίες, με το λιώσιμο των παγετώνων η υπάρχουσα ζωή στην Αρκτική κινδυνεύει να εξαφανιστεί.

Τα χιόνια λειώνουν λόγω των αυξανόμενων θερμοκρασιών με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος για φυσικές καταστροφές όπως για παράδειγμα ο πάγος της Γροιλανδίας ο οποίος έχει χάσει μέρος του πάγου με αυξανόμενο ποσοστό από τη δεκαετία του '90 και έπειτα.

Ως εκ τούτου η συμβολή του παραπάνω φαινομένου στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας έχει αυξηθεί τις προηγούμενες δεκαετίες. Οι λόγοι που προκαλούν την

υποχώρηση των παγετώνων είναι δυστυχώς μη κατανοητοί και αυτό γιατί υπάρχει έλλειψη τις μακροπρόθεσμες παρατηρήσεις.

Θαλάσσια βιοποικιλότητα και οικοσυστήματα

Σύμφωνα με δορυφορικές παρατηρήσεις, το μέσο της ανόδου της στάθμης της θάλασσας έχει αυξηθεί σε 3,1 mm το χρόνο τα τελευταία 15 έτη (έναντι ενός παγκόσμιου μέσου όρου που ήταν 1,7 mm το χρόνο τον 20ο αιώνα). Λόγω της ωκεάνιας κυκλοφορίας καθώς και των δυνάμεων της η στάθμη της θάλασσας δεν είναι ομοιόμορφη παντού αλλά ποικίλλει. Οι προβλέψεις αναφέρουν ότι η στάθμη της θάλασσας και η θερμοκρασία της επιφάνειας ορισμένων Ευρωπαϊκών θαλασσών θα μπορούσαν να αυξηθούν περισσότερο από ότι ο παγκόσμιος μέσος όρος.

Ωστόσο οι εκτιμήσεις της IPCC (2007) που προβλέπουν άνοδο της στάθμης της θάλασσας μέχρι 0,59 μέτρα έως το 2100 ενδέχεται να είναι ανακριβείς λόγω του αυξημένου κινδύνου για άμεσες μεταβολές στον πάγο της Γροιλανδίας και εν μέρει στον πάγο της Ανταρκτικής δεδομένου ότι τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί μια επιτάχυνση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της θάλασσας. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να προκαλέσει πλημμύρες, παράκτια διάβρωση ακόμα και την απώλεια παράκτιων περιοχών που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο με αυτό της θάλασσας είτε κάτω από αυτό. Παράλληλα αυξάνεται και ο κίνδυνος για την επιβίωση των παράκτιων οικοσυστημάτων και των υδροβιότοπων .

Επιπρόσθετα έχουν παρατηρηθεί αλλαγές στα εποχιακά βιολογικά φαινόμενα των θαλάσσιων ειδών ενώ παράλληλα έχουν παρατηρηθεί και μετακινήσεις αυτών μέχρι και 1100 χλμ με βόρεια κατεύθυνση γεγονός το οποίο επιταχύνει ιδιαίτερα μετά από το 2000. Αυτές οι αλλαγές έχουν επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα, στη βιοποικιλότητα αλλά και στην αλιεία. Συγκεκριμένα έχει καταγραφεί μια αύξηση ευπάθειας από την υπεραλίευση στους βακαλάους της Βόρειας Θάλασσας και μια πτώση στους πληθυσμούς θαλασσοπουλιών. Τα τροπικά είδη εμφανίζονται με αυξανόμενη συχνότητα σε ευρωπαϊκά νερά, ενώ τα αρκτικά είδη υποχωρούν βορειότερα. Συγκεκριμένο είδος δελφινιού, γνωστό και ως dory sailfin μετακινείται περίπου 50 km ανά έτος.

Οι αλλαγές στη γεωγραφική διανομή των ψαριών μπορεί να έχει και δυσμενείς επιπτώσεις στη διαχείριση της αλιείας. Είναι πολύ πιθανό να πρέπει να αναθεωρηθούν και οι κανονισμοί που αφορούν την αλιεία και αυτό γιατί βασίζονται

σε στοιχεία αλίευσης με διαφορετική γεωγραφική κατανομή των ειδών σε σχέση με σήμερα.

Ποσότητα νερού, πλημμύρες ποταμών και ξηρασίες

Έχει παρατηρηθεί ότι οι ροές των ποταμών έχουν αυξηθεί στον Βορρά και έχουν μειωθεί στο Νότο, μια αλλαγή η οποία προβλέπεται να επιδεινωθεί. Οι έντονες μεταβολές στην εποχικότητα προβλέπουν χαμηλότερες ροές των ποταμών το καλοκαίρι και υψηλότερες ροές τον χειμώνα. Συνεπώς, οι περίοδοι ξηρασίας αναμένεται να αυξηθούν, ιδιαίτερα στο νότιο ημισφαίριο και κατά κύριο λόγο τους καλοκαιρινούς μήνες. Η Ευρώπη έχει επηρεαστεί από έντονους καύσωνες τις τελευταίες δεκαετίες, όπως αυτή του 2003 η οποία έπληξε την Κεντρική Ευρώπη αλλά και τον καύσωνα του 2005 ο οποίος έπληξε την Ιβηρική Χερσόνησο. Οι πιο επιρρεπείς περιοχές στους καύσωνες είναι οι νότιες περιοχές της Γηραιάς Ηπείρου αλλά και η νοτιοανατολική Ευρώπη, ωστόσο και άλλες περιοχές κινδυνεύουν από τους καύσωνες αλλά και την μείωση της ροής των ποταμών ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Ο καταγραμμένος αριθμός πλημμύρων έχει επηρεαστεί έντονα από τις βελτιωμένες μεθόδους καταγραφής τους με αποτέλεσμα από τις 259 πιο σημαντικές πλημμύρες που έχουν καταγραφεί από το 1990 οι 165 να έχουν αναφερθεί μετά το 2000.

Για τις ερχόμενες δεκαετίες προβλέπεται αύξηση στη συχνότητα των πλημμύρων ιδιαίτερα τον χειμώνα και την άνοιξη αν και οι εκτιμήσεις για την συχνότητα και την ένταση τους παραμένουν αβέβαιες. Οι προβλέψεις για τις παραπάνω αλλαγές στον υδρολογικό κύκλο ενδέχεται να έχουν αντίκτυπο στην διαθεσιμότητα του νερού, στη ναυσιπλοΐα, στη χρήση του νερού στις γεωργικές καλλιέργειες, στη βιομηχανία, στην ενεργειακή παραγωγή και στον τουρισμό. Είναι πολύ πιθανό να χρειαστεί να υπάρξουν μέτρα για την καλύτερη διαχείριση του νερού αλλά και την αποφυγή πλημμύρων.

Ποιότητα και βιοποικιλότητα του γλυκού νερού

Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες των λιμνών και των ποταμών (από 1-3 °C κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα) έχει οδηγήσει στη μείωση του πάγου που βρίσκεται στις λίμνες και τους ποταμούς σχεδόν 12 ημέρες κατά μέσον όρο τον τελευταίο αιώνα. Η

θερμοκρασία νερού της επιφάνειας των λιμνών και των ποταμών αναμένεται να αυξηθεί όσο αυξάνεται και η θερμοκρασία του αέρα. Η εν λόγω αύξηση της θερμοκρασίας του νερού μπορεί να έχει διάφορα αποτελέσματα στην ποιότητα του νερού και ως εκ τούτου στον ανθρώπινο οργανισμό αλλά και στα υδρόβια οικοσυστήματα. Αλλαγές αναμένεται να συμβούν και στον βιολογικό κύκλο ορισμένων ειδών που επιβιώνουν σε λίμνες και σε ποτάμια καθώς φαίνεται να μετακινούνται βορειότερα και παράλληλα παρατηρούνται και αλλαγές όπως για παράδειγμα το φυτοπλαγκτόν άνοιξη και το ζωοπλαγκτόν ανθίζει μέχρι και έναν μήνα νωρίτερα από ότι πριν 30-40 έτη.

Η αλλαγή κλίματος ευνόησε και σταθεροποίησε την κυριαρχία επιβλαβών βακτηρίων στο φυτοπλαγκτόν αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό τις δυσμενείς συνέπειες για την οικολογία των λιμνών αλλά και ενίσχυσε τους κινδύνους για την δημόσια υγεία από οργανισμούς που βρίσκονται στο νερό. Είναι φανερό ότι απαιτείται περαιτέρω έλεγχος ώστε να επιβεβαιωθούν και να αναλυθούν καλύτερα αυτές τις αλλαγές και οι συνέπειες τους.

Επίγεια οικοσυστήματα και βιοποικιλότητα

Η αλλαγή κλίματος και συγκεκριμένα οι ηπιότεροι χειμώνες είναι υπεύθυνοι για την μετανάστευση αρκετών ειδών της χλωρίδας σε βορειότερους προορισμούς. Μέχρι τα τέλη του 21^{ου} αιώνα πολλά είδη φυτών προβλέπεται να έχουν μετακινηθεί αρκετά χιλιάδες χιλιόμετρα βορειότερα, τα δάση είναι πολύ πιθανό να έχουν επεκταθεί σε βορειότερες περιοχές ενώ το 60% των φυτών που αναπτύσσονται στα βουνά ενδέχεται να εξαφανιστούν. Η ένταση της κλιματικής αλλαγής είναι πολύ πιθανό να μην επιτρέψει σε πολλά είδη να προλάβουν να προσαρμοστούν.

Λόγω της αλλαγής του κλίματος ο συγχρονισμός των εποχιακών γεγονότων έχει αλλάξει, για παράδειγμα η εποχή της γύρης ξεκινά πλέον κατά 10 ημέρες νωρίτερα απ' ότι ξεκινούσε πριν από 50 έτη και διαρκεί περισσότερο. Οι δυσμενείς αυτές αλλαγές προβλέπεται να συνεχιστούν. Τα πουλιά, τα έντομα, τα θηλαστικά και άλλες ομάδες ζώων κινούνται επίσης βορειότερα. Ο συνδυασμός της αλλαγής του κλίματος με τον τεμαχισμό των βιότοπων άλλα και την παρουσία άλλων εμποδίων όπως η βιομηχανική ανάπτυξη θα ενεργοποιήσει την σταδιακή μείωση της ευρωπαϊκής βιοποικιλότητας.

Προβλέπεται ότι ορισμένα είδη πουλιών θα μετακινηθούν σχεδόν 550 χλμ βορειοανατολικά μέχρι το τέλος του αιώνα προκειμένου να βρουν τις κατάλληλες κλιματολογικές συνθήκες για την αναπαραγωγή τους. Ενώ, προβλέψεις για 120 θηλαστικά, εάν υποτεθεί ότι δεν θα υπάρξει μετανάστευση, δείχνουν ότι υπάρχει μεγάλος κίνδυνος εξάλειψής τους με ποσοστό μέχρι και 9% κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα. Η αλλαγή του κλίματος έχει προκαλέσει διαταραχές στον βιολογικό κύκλο πολλών ζωικών ομάδων όπως της ωοτοκίας, της άφιξης των αποδημητικών πουλιών οι οποίες φαίνεται να είναι μη αναστρέψιμες.

Γεωργία και δασικό οικοσύστημα

Η αλλαγή του κλίματος έχει επιπτώσεις τόσο στη γεωργία όσο και στα δασικά οικοσυστήματα. Αναφορικά με την γεωργία οι κυριότερες επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος εντοπίζονται στην καλλιεργητική περίοδο και τις μέσες αγροτικές παραγωγές ενώ επίσης εμφανίζονται αλλαγές και στην χρήση και διαχείριση του εδάφους. Λόγω της αλλαγής του κλίματος έχει παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια επιμήκυνση της περιόδου καλλιέργειας και αυτό έχει επιτρέψει σε βορειότερες χώρες να καλλιεργούν είδη τα οποία μέχρι πρότινος ήταν ακατάλληλα για τα βορειότερα κλίματα. Στον αντίποδα στις νοτιότερες χώρες υπάρχει συρρίκνωση της περιόδου καλλιέργειας.

Ένας μεγάλος κίνδυνος από την αλλαγή του κλίματος για τις καλλιέργειες είναι ότι η άνθιση και η ωριμότητα διάφορων ειδών στην Ευρώπη τώρα εμφανίζεται δύο ή τρεις εβδομάδες νωρίτερα απ' ό,τι στο παρελθόν. Αυτό έχει ως επακόλουθο υψηλότερο κίνδυνο ζημίας παγετού από καθυστερημένους ανοιξιάτικους παγετούς.

Αυτές οι αλλαγές στην επιμήκυνση της καλλιεργητικής περιόδου καθώς και ο συγχρονισμός του κύκλου των γεωργικών συγκομιδών προβάλλεται για να συνεχιστεί. Από την αρχή του 21^{ου} αιώνα, η μεταβλητότητα των παραγωγών συγκομιδών έχει αυξηθεί ως συνέπεια των ακραίων κλιματολογικών γεγονότων π.χ. η θερινή θερμότητα του 2003 και η ξηρασία της άνοιξης του 2007. Δεδομένου ότι τα ακραία αυτά φαινόμενα προβλέπεται να αυξηθούν αναφορικά με τη συχνότητα και το μέγεθος τους, οι παραγωγές συγκομιδών προβλέπεται να γίνουν ακόμη πιο μεταβλητές. Σαν συνέπεια των φαινομένων αυτών είναι και οι αυξήσεις στην απαίτηση νερού για τη γεωργία (από 50% έως 70%) οι οποία έχει εμφανιστεί κυρίως στις μεσογειακές περιοχές και αυτό προβάλλεται να συνεχιστεί με αποτέλεσμα τον

αυξανόμενο ανταγωνισμό για το νερό μεταξύ των τομέων και των χρήσεων (ύδρευση-άρδευση). Αποτέλεσμα των επιδράσεων αυτών είναι η ανάγκη για προσαρμογή των αγροτικών πρακτικών και της διαχείρισης εδάφους για να μειωθούν ή να αποφευχθούν οι δυσμενείς επιδράσεις.

Οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος στις δασικές περιοχές έχει ως αποτέλεσμα, στο μεγαλύτερο μέρος της ηπειρωτικής Ευρώπης, η πλειοψηφία των δασών να αυξάνεται γρηγορότερα τώρα απ' ό,τι στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, λόγω των της προόδου των δασικών πρακτικών διαχείρισης, της αυξημένης εναπόθεσης αζώτου, και στην μείωση της όξυνσης από την ατμοσφαιρική ρύπανση (λόγω του διοξειδίου του θείου) καθώς επίσης και στις αυξανόμενες θερμοκρασίες και τις συγκεντρώσεις του CO₂ στην ατμόσφαιρα. Η προβλεπόμενη αλλαγή του κλίματος θα βοηθήσει την ανάπτυξη ορισμένων ειδών σε ορισμένες δασικές περιοχές, ενώ παράλληλα θα οδηγήσει κάποια άλλα είδη σε εξαφάνιση με αποτέλεσμα σημαντικές μεταβολές στην διανομή της βλάστησης.

Οι αλλαγές στην διανομή της βλάστησης καθώς και στο χρονική διάρκεια των εποχών θα επιφέρουν περαιτέρω αλλαγή των δασών, αν και οι αλλαγές αυτές είναι δύσκολο να προβλεφθούν. Οι περίοδοι ξηρασίας καθώς και οι θερμοί χειμώνες αυξάνουν τον πληθυσμό των παρασίτων και συντείνουν περαιτέρω στην εξασθένηση των δασών. Μια προβλεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας θα αυξήσει επίσης τον κίνδυνο των δασικών πυρκαγιών και μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερες αναφλέξεις και επιμήκυνση των περιόδων των πυρκαγιών, ιδίως στις χώρες της Νότιας και Κεντρικής Ευρώπης.

Έδαφος

Οι πληροφορίες για τις επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στο έδαφος και οι σχετικές διεργασίες είναι πολύ περιορισμένες. Οι αλλαγές στη σύνθεση του εδάφους οφείλονται πιθανώς στην αύξηση της θερμοκρασίας και στη συχνότητα των περιόδων ξηρασίας. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να οδηγήσουν σε μια μελλοντική μείωση των αποθεμάτων του οργανικού άνθρακα οδηγώντας σε μια ουσιαστική αύξηση στις εκπομπές του CO₂ στην ατμόσφαιρα. Οι προβλεπόμενες έντονες βροχοπτώσεις ενδέχεται να επηρεάσουν τα εδάφη αυξάνοντας την ευαισθησία τους στη διάβρωση. Οι προβλέψεις μιλούν για σημαντικές μειώσεις στην υγρασία του χώματος στη Μεσόγειο και αύξηση στα εδάφη της βορειοανατολικής Ευρώπης.

Η αλλαγή του κλίματος αλλάζει σημαντικά τους βιότοπους του εδάφους έχοντας επιπτώσεις τόσο στην ποικιλομορφία και όσο και στη δομή των ειδών του. Η εδαφολογική υποβάθμιση είναι ήδη έντονη στα μεσογειακά εδάφη αλλά και στην Κεντροανατολική Ευρώπη. Συνδυαζόμενη με τις παρατεταμένες περιόδους καύσωνα καθώς και τους αυξημένους αριθμούς πυρκαγιών, συμβάλλουν στο ενδεχόμενο εμφάνισης του φαινομένου της ερημοποίησης. Σε πολλές περιπτώσεις η ερήμωση είναι αμετάκλητη κάτι το οποίο θα οδηγήσει σε δυσμενείς κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Υγεία

Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες μπορούν να έχουν τα διάφορα αποτελέσματα στον ανθρώπινο οργανισμό. Ο μεγάλος αριθμός θανάτων κατά τη διάρκεια του καύσωνα το 2003 (12 ευρωπαϊκές χώρες ανέφεραν περισσότερους από 70.000 θανάτους) έδειξε την ανάγκη για να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα ώστε να διαφυλαχθεί η υγεία των ανθρώπων από τους καύσωνες. Αναμένεται η αύξηση των καυσώνων προς τα τέλη του αιώνα εάν το κλίμα συνεχίζει να αλλάζει ωθώντας με τον τρόπο αυτό τον δείκτη θνησιμότητας από 0,2 μέχρι και 5,5% για κάθε 1 °C που αυξάνεται η θερμοκρασία.

Υπάρχουν βέβαια ορισμένα στοιχεία τα οποία καταδεικνύουν μείωση της θνησιμότητας κατά τους χειμερινούς μήνες αλλά το γεγονός αυτό θα μπορούσε να έχει άλλες αιτίες όπως για παράδειγμα η καλύτερη πρόληψη από της χειμερινές μολύνσεις.

Διάφορες ασθένειες αναμένονται να αυξηθούν άμεσο μέλλον. Για παράδειγμα το κουνούπι τίγρης, ένας φορέας διάφορων ιών, το οποίο κατά τη διάρκεια των τελευταίων 15 ετών έχει επεκταθεί από την Ασία προς την Ευρώπη και προβλέπεται να επεκταθεί και σε βορειότερες περιοχές της.

Επιπλέον υπάρχει ένας μεγάλος κίνδυνος πρόσθετων ξεσπασμάτων Chikungunya (έναν ιός που είναι ιδιαίτερα μολυσματικός αλλά δε μεταδίδεται από άνθρωπο σε άνθρωπο) όπως επίσης πολλών ιών μεταδιδόμενων από έντομα τα οποία μετακινούνται από νοτιότερες προς βορειότερες περιοχές τα τελευταία χρόνια. Η διάδοση αυτών των ασθενειών εξαρτάται πολύ από την έγκαιρη ανίχνευση τους αλλά και από τα προληπτικά μέτρα τα οποία θα τεθούν σε ισχύ. Ορισμένες ασθένειες που μεταδίδονται από τα τρόφιμα είτε από το νερό είναι πολύ πιθανό να εμφανίζονται

συχνότερα λόγω των ακραίων θερμοκρασιών. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος βέβαια εξαρτάται από την ανθρώπινη αντιμετώπιση αλλά και από την ποιότητα των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης και τη δυνατότητα να ανιχνευθούν από νωρίς τα όποια προβλήματα μπορεί να προκληθούν.

1.4.4. Οικονομικές επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή

Οι οικονομικές επιπτώσεις που προβλέπεται να προκληθούν εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής θα είναι εκτεταμένες στην παγκόσμια οικονομία. Αυτές περιλαμβάνουν τόσο τις υπηρεσίες που συνδέονται άμεσα με το φυσικό περιβάλλον όπως για παράδειγμα ο τουρισμός, η ενέργεια, οι παράκτιες περιοχές όσο και την οικονομία γενικότερα.

- **Άμεσες απώλειες από φυσικές καταστροφές**

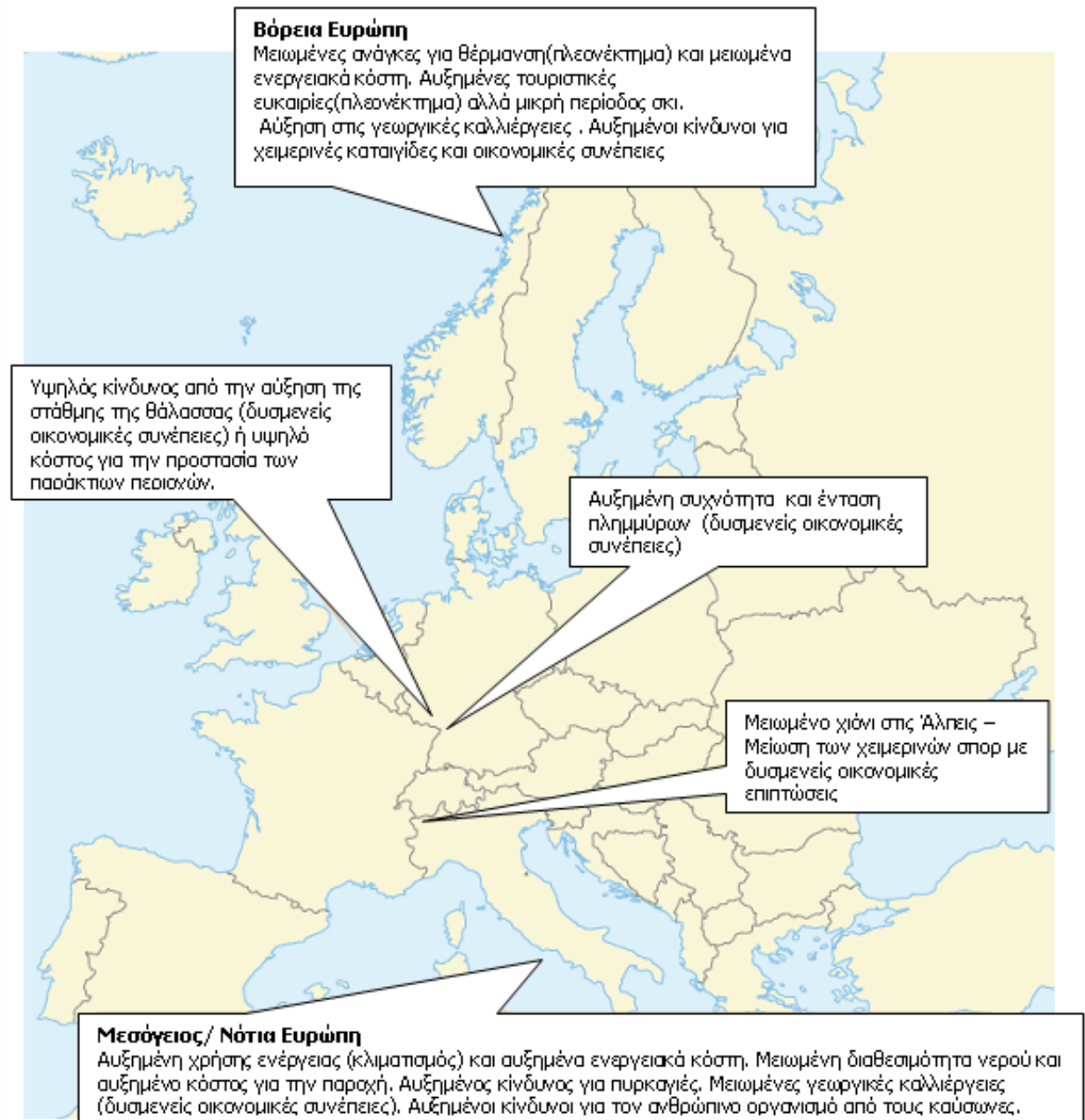
Περίπου το 90% όλων των φυσικών καταστροφών που πραγματοποιήθηκαν στην Ευρώπη από το 1980 έως σήμερα, αποδίδονται έμμεσα ή άμεσα στον καιρό και το κλίμα, αντιπροσωπεύοντας παράλληλα το 95% των οικονομικών απωλειών που προκλήθηκαν από καταστροφικά γεγονότα. Ο μέσος ετήσιος αριθμός καταστροφών με υπαιτιότητα του καιρού αλλά και γεγονότων άμεσα συνδεδεμένων από την κλιματική αλλαγή αυξήθηκε κατά 65% την περίοδο 1998-2007 σε σχέση με τον μέσο ετήσιο αριθμό κατά την περίοδο του 1980. Κατά την διάρκεια των τελευταίων 25 ετών έχουν αυξηθεί οι απώλειες που προέρχονται από φυσικές καταστροφές. Ακόμη και αν θεωρούνται υπεύθυνες οι κοινωνικές αλλαγές αλλά και η οικονομική ανάπτυξη γι' αυτή την αύξηση, υπάρχουν στοιχεία τα οποία αποδεικνύουν ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί εξίσου οδηγό σ' αυτή την αύξηση. Εντούτοις, δεν είναι ακόμα δυνατό να καθοριστεί το ποσοστό ευθύνης των ανθρώπινων δραστηριοτήτων για την αλλαγή του κλίματος αν και οι πιο έντονες επιπτώσεις της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής αναμένονται στο δεύτερο μισό του αιώνα.

- **Απώλειες από την δημιουργία πλημμύρων**

Οι οικονομικές απώλειες λόγω των ακραίων καιρικών φαινομένων και συγκεκριμένα των πλημμύρων που πραγματοποιήθηκαν στην κεντρική Ευρώπη το 2002 ανήλθαν σε 17,4 δισεκατομμύρια ευρώ. Μόνο το κόστος των πλημμύρων στο

Ηνωμένο Βασίλειο το 2007 υπολογίστηκε στα 4,3 δισεκατομμύρια ευρώ. Αναλύσεις σε στοιχεία του παρελθόντος τα οποία αφορούν οικονομικές απώλειες από πλημμύρες καταδεικνύουν ότι κοινωνικοί, περιβαλλοντικοί αλλά και οικονομικοί παράγοντες επιδρούν σημαντικά στις παρατηρούμενες ανοδικές τάσεις.

Οικονομικές επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή στην Ευρώπη



Source: Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment, Joint EEA-JRC-WHO report

- **Απώλειες σε παράκτιες περιοχές**

Οι πλημμύρες σε παράκτιες περιοχές μπορεί να οδηγήσουν σε πολύ σημαντικές οικονομικές απώλειες. Μέχρι το 2100 ο πληθυσμός των Ευρωπαϊκών χωρών που βρίσκεται εκτεθειμένος σε ενδεχόμενες καταστροφές από την αύξηση της στάθμης της θάλασσας υπολογίζεται στα 4 εκατομμύρια και τα αντίστοιχα εκτεθειμένα οικονομικά κεφάλαια υπολογίζονται στα 2 τρισεκατομμύρια ευρώ. Μελλοντικές προβλέψεις για την αύξηση της στάθμης της θάλασσας δείχνουν αυξημένο κίνδυνο για πλημμύρες στις παράκτιες περιοχές με ενδεχόμενο οικονομικό κόστος που αγγίζει το όριο των 18 δισεκατομμυρίων ευρώ ανά έτος.

- **Απώλειες στις γεωργικές καλλιέργειες**

Οι κλιματικές αλλαγές επηρεάζουν άμεσα τις γεωργικές καλλιέργειες, είναι χαρακτηριστικό ότι το καυτό καλοκαίρι του 2003 υπολογίστηκε ότι οδήγησε σε απώλειες 10 δισεκατομμυρίων ευρώ από τις απώλειες καλλιεργειών, ζωικού κεφαλαίου λόγω της ξηρασίας, της αυξημένης θερμοκρασίας και των πυρκαγιών. Αξιοσημείωτο είναι επίσης τα τελευταία χρόνια ότι υπήρξε μια αύξηση των καλλιεργειών σε βορειότερες περιοχές (περίπου 10%) και αντίστοιχη μείωση των καλλιεργειών (10% ή και περισσότερο) στις νοτιότερες περιοχές.

- **Βιοποικιλότητα και υπηρεσίες του οικοσυστήματος**

Η έκθεση για τα οικονομικά των οικοσυστημάτων και της Βιοποικιλότητας' δείχνει ότι σε διεθνές επίπεδο οι συσσωρευμένες απώλειες λόγω της απώλειας των υπηρεσιών του οικοσυστήματος που πραγματοποιήθηκαν από την αλλαγή του κλίματος θα μπορούσαν να είναι ισοδύναμες με 7% της ετήσιας κατανάλωσης μέχρι το 2050. Εντούτοις, είτε από οικολογικής άποψης είτε από οικονομικής, οι επιδράσεις της μελλοντικής απώλειας της βιοποικιλότητας χρειάζεται περαιτέρω αξιολόγηση και απαιτείται μεθοδική εργασία.

- **Ενέργεια**

Οι προβλέψεις δείχνουν ότι θα μειωθεί σημαντικά η ζήτηση για θέρμανση - στη βόρεια Ευρώπη και θα αυξηθεί η ζήτηση για ψύξη στη νότιο Ευρώπη, με τις αντίστοιχες σχετικές δαπάνες και τα αντίστοιχα κέρδη. Η προβλεπόμενη αλλαγή στην φυσιολογία και την ροή των ποταμών θα επηρεάσει την παραγωγή υδροηλεκτρικής

ενέργειας η οποία προβλέπεται να αυξηθεί κατά 5% στην Βόρεια Ευρώπη και να μειωθεί κατά 25% περίπου στη Νότια Ευρώπη.

- **Επιπτώσεις στον τουρισμό**

Οι αλλαγές στο κλίμα μειώνουν την ελκυστικότητα των τουριστικών θέρετρων σε ορεινές περιοχές αλλά και στη Μεσόγειο, βελτιώνοντας το βέβαια σε άλλες περιοχές. Ο τουρισμός στη Μεσόγειο προβλέπεται να μειωθεί κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω των υπερβολικά υψηλών θερμοκρασιών, αν και προβλέπεται να υπάρξει άνοδος της τουριστικής κίνησης κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του φθινοπώρου. Αυτό θα μπορούσε να δημιουργήσει «βάρδιες», γεγονός πολύ σημαντικό ειδικά για τις χώρες όπου ο τουρισμός είναι κυρίαρχος στον οικονομικό τομέα.

Συμπερασματικά οι κλιματολογικές αλλαγές επηρεάζουν την παγκόσμια οικονομία, χαρακτηριστικό είναι ότι η έκθεση του άγγλου οικονομολόγου Nichola Stern (Stern Report) που διενεργήθηκε για λογαριασμό της βρετανικής κυβέρνησης, με δύο κυρίαρχα σενάρια, τη δράση και την αδράνεια καταδεικνύει ότι αν η εκπομπή αερίων συνεχιστεί με τους σημερινούς ρυθμούς, τότε το άμεσο κόστος στην παγκόσμια οικονομία θα είναι η μείωση του παγκόσμιου ΑΕΠ κατά 5% με 7%, ενώ το κόστος από τις φυσικές καταστροφές και την υγεία των πολιτών θα φτάσει το 11% με 14% του παγκόσμιου ΑΕΠ, δηλαδή θα υπάρξει μια συνολική μείωση 5% έως 20%. Σε αντίθεση, μια άμεση αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών θα είχε ως κόστος μόνο το 1% του παγκόσμιου ΑΕΠ ενώ παράλληλα η λήψη άμεσων μέτρων για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών, θα ενισχύσει τη ανταγωνιστικότητα της παγκόσμιας οικονομίας και θα δώσει νέες ευκαιρίες για ανάπτυξη.

2. ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

2.1 Εισαγωγή

Το θαλάσσιο περιβάλλον αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα για την ίδια τη ζωή στον πλανήτη. Οι ωκεανοί και οι θάλασσες καλύπτουν το 71% της συνολικής επιφάνειας της γης και περιέχουν το 90% της βιόσφαιρας. Τα θαλάσσια οικοσυστήματα αποτελούν μείζονα πηγή βιοποικιλότητας και διαδραματίζουν καίριο ρόλο στη διαμόρφωση των κλιματικών και καιρικών συνθηκών, επηρεάζοντας με τον τρόπο αυτό αρκετά από τα βιοποριστικά μέσα των ανθρώπων, ενώ παράλληλα προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα βασικών αγαθών και υπηρεσιών.

Είναι αναμφισβήτητο ότι τις τελευταίες δεκαετίες το θαλάσσιο περιβάλλον οδηγείται στην υποβάθμιση και στην καταστροφή του λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Το πρόβλημα αυτό παρουσιάζεται πιο έντονα στις κλειστές θάλασσες λόγω της αργής ανανέωσης των υδάτων. Ανάλογη με την θάλασσα είναι και η ατμοσφαιρική ρύπανση η οποία παρουσιάζει έξαρση τις τελευταίες δεκαετίες, άλλωστε είναι αποδεδειγμένο ότι στη σημερινή εποχή εκτός από τη φυσική ρύπανση της ατμόσφαιρας, η οποία οφείλεται στην ηφαιστειακή δραστηριότητα, την σήψη των φυτών και ζώων κ.ά, υπάρχει και η ρύπανση η οποία απορρέει από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση γενικά αλλά και ειδικότερα από τις εκπομπές των πλοίων είναι ένα φαινόμενο το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα. Οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην καύση των ορυκτών καυσίμων και ιδιαίτερα στα στοιχεία του άνθρακα που περιέχονται στο πετρέλαιο.

Στη συνέχεια γίνεται μια λεπτομερής αναφορά των αέριων ρύπων που εκπέμπονται από τη ναυτιλία και επηρεάζουν το περιβάλλον. Οι κυριότεροι αυτών είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το διοξείδιο του θείου (SO₂), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), οι πτητικές οργανικές ενώσεις (τα λεγόμενα VOCs), το όζον (O₃) καθώς και τα αιωρούμενα σωματίδια (PM particular matter).

2.2 Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

2.2.1 Γενικά

Κατά γενική ομολογία το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) συναντάται σήμερα στην ατμόσφαιρα με συγκέντρωση που φτάνει τα 380 ppm (πριν από 2 αιώνες ήταν στα 280 ppm) ενώ προβλέπεται να συνεχίσει να αυξάνεται η συγκέντρωση αυτή και στο μέλλον. Η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που υπάρχει στην ατμόσφαιρα μπορεί να αυξάνεται ή να μειώνεται ανάλογα με την εποχή του χρόνου ή με την γεωγραφική περιοχή. Στις πόλεις για παράδειγμα η συγκέντρωση CO₂ είναι αρκετά μεγαλύτερη σε σύγκριση με την ύπαιθρο. Εκτός από την ατμόσφαιρα μεγάλη συγκέντρωση CO₂ παρατηρείται και στους ωκεανούς και αυτό γιατί λειτουργούν ως φίλτρο της ατμόσφαιρας απορροφώντας ένα μεγάλο μέρος (περίπου το 1/3) από τα αέρια που παράγει ο άνθρωπος.

Αναμφισβήτητα το διοξείδιο του άνθρακα είναι το αέριο που επηρεάζει περισσότερο το φαινόμενο του θερμοκηπίου και έχει συντείνει στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Σύμφωνα με μετρήσεις του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών οι ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τον άνθρωπο φτάνουν τους 28.431.740 χιλιάδες τόνους.

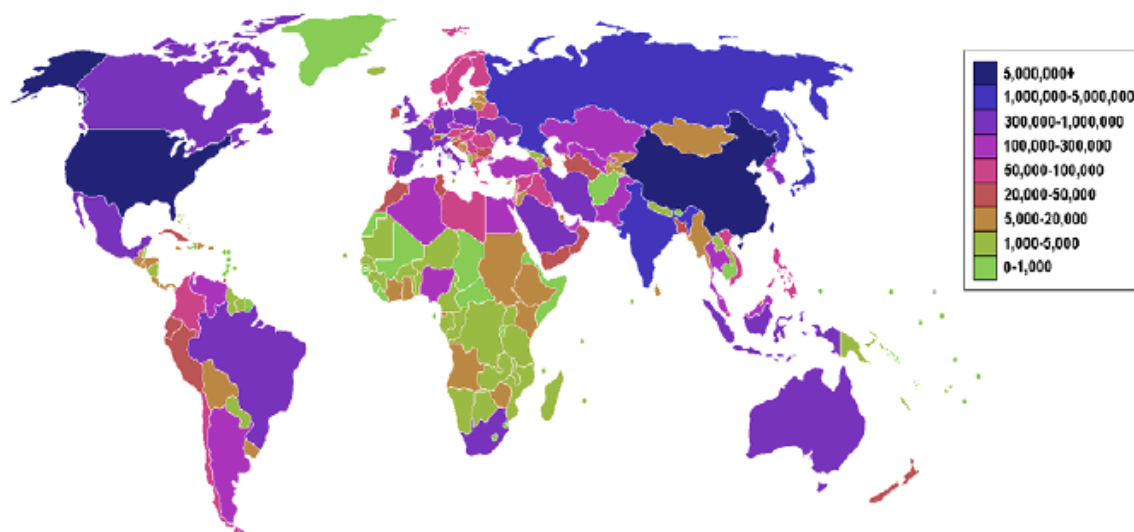
Στον παρακάτω πίνακα παραθέτονται οι 10 πρώτες χώρες με τις μεγαλύτερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

A/A	Χώρα	CO ₂ tons	%
1	Κίνα	6.103.493	21.47%
2	Η.Π.Α.	5.752.289	20.23%
3	Ρωσία	1.564.669	5.50%
4	Ινδία	1.510.351	5.31%
5	Ιαπωνία	1.293.409	4.55%
6	Γερμανία	805.090	2.83%
7	Ηνωμένο Βασίλειο	568.520.3	2.00%
8	Καναδάς	544.679.7	1.92%
9	Κορέα	475.247.7	1.67%
10	Ιταλία	474.147.7	1.67%

Source: United Nation Environment Programme

Στην παγκόσμια κατάταξη εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα η Ελλάδα βρίσκεται στην 39^η θέση σε σύνολο 210 χωρών. Στην Ελλάδα οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανέρχονται στους 96.382 χιλιάδες τόνους ετησίως.

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται ένας παγκόσμιος χάρτης με διαφορετικά χρώματα ανάλογα με τις εκπομπές CO₂ που εκπέμπει η κάθε χώρα του πλανήτη. Οι μονάδες των εκπομπών CO₂ είναι σε χιλιάδες τόνους.



Source: Wikipedia

Η απεικόνιση των εκπομπών CO₂ σε παγκόσμιο επίπεδο

2.2.2 Ναυτιλία και CO₂

Είναι αδιαμφισβήτητο ότι η ενέργεια στην σημερινή κοινωνία αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα, αν όχι το σημαντικότερο, αγαθό. Η ενέργεια είναι απαραίτητη για τις ανάγκες μιας σύγχρονης κοινωνίας και μάλιστα έχει παρατηρηθεί ότι όσο πιο αναπτυγμένη είναι μια κοινωνία τόσο μεγαλύτερα ποσά ενέργειας καταναλώνει. Η κατανάλωση της ενέργειας όμως εκτός από σημάδι πολιτισμού αποτελεί και αιτία για την επιβάρυνση του περιβάλλοντος και κυρίως της ατμόσφαιρας με επιβλαβή αέρια.

Όπως κάθε άλλο μέσο μεταφοράς, έτσι και τα πλοία έχουν μερίδιο στην εκπομπή ρύπων η οποία προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων (κυρίως πετρελαίου). Η καύση είναι η χημική αντίδραση ενός καυσίμου με οξυγόνο έτσι ώστε η εκπεμπόμενη ενέργεια υπό μορφή θερμότητας, να είναι μηχανικά εκμεταλλεύσιμη (κινητική ενέργεια). Ουσιαστικά πρόκειται για την μετατροπή ενέργειας από χημική σε μηχανική με την εκμετάλλευση του οξυγόνου που υπάρχει στο περιβάλλον. Κατά την καύση απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα αέρια τα οποία αποτελούνται κυρίως από τα συστατικά που περιέχονται στο καύσιμο όπως άνθρακας (C), υδρογόνο (H) και σε μικρότερες ποσότητες θείο (S).

2.2.3 I.M.O και CO₂

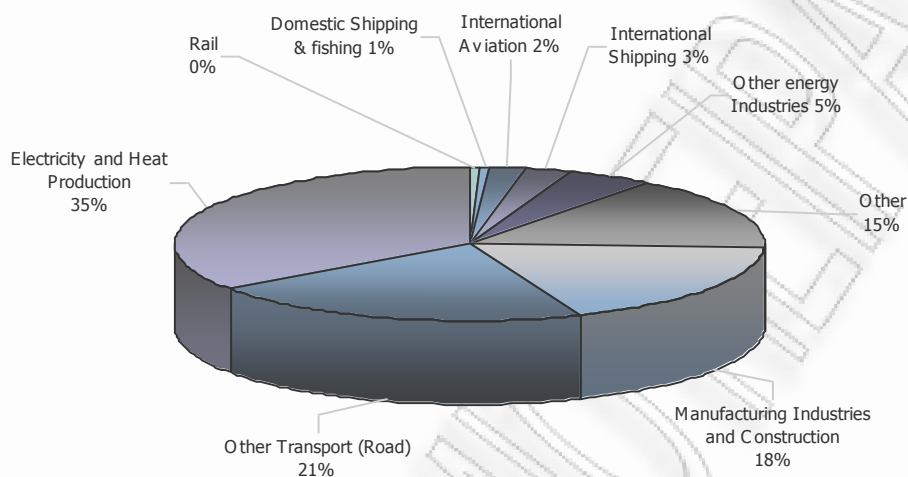
Ο διεθνής ναυτιλιακός οργανισμός IMO (International Maritime Organization), ο οποίος αριθμεί 163 μέλη, ιδρύθηκε στην Γενεύη το 1948 και λειτουργεί στα πλαίσια του Ο.Η.Ε. Έχει ως κύριο αντικείμενο τη θέσπιση μέτρων για τη βελτίωση της ασφάλειας στη διεθνή ναυτιλία και την αποφυγή της μόλυνσης του περιβάλλοντος η οποία μπορεί να προκληθεί από τα πλοία. Επίσης καθορίζει το νομικό πλαίσιο στην καταβολή αποζημιώσεων σε περιπτώσεις ναυτιλιακών ατυχημάτων και στην διευθέτηση της διεθνούς ναυτιλιακής κίνησης.

Από τις αρχές του 2008 μια επιστημονική ομάδα του IMO εργαζόταν για να μπορέσει να θεσπίσει μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος από το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπεται από τα πλοία.. Τον Οκτώβριο του ίδιου έτους γνωστοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής η οποία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι εκπομπές των εμπορικών πλοίων σε διεθνή ταξίδια για το έτος 2007 ανέρχονται σε περίπου 843 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα το οποίο αντιστοιχεί στο 2,7% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Αν σε αυτό το ποσοστό προσθέσουμε και τα πλοία που εκτελούν ταξίδια εσωτερικού καθώς και τα αλιευτικά σκάφη τότε αυτό το ποσοστό θα διαμορφωνόταν στο 3,3% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ και το οποίο αντιστοιχεί σε 1.019 εκατομμύρια τόνους.

Η ποσότητα του CO₂ που εκπέμπει κάθε πλοίο στην ατμόσφαιρα εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα του καυσίμου που χρησιμοποιεί σε άνθρακα. Σύμφωνα με την έκθεση του IMO κατά μέσο όρο ένας τόνος καύσιμου τύπου Marine Diesel Oil (ντίζελ πλοίων) παράγει κατά την καύση του 3,09 kg CO₂, ενώ ένας τόνος Heavy Fuel Oil (βαρύ μαζούτ) παράγει 3,02 kg CO₂.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το ποσοστό CO₂ που αναλογεί στη ναυτιλία.:

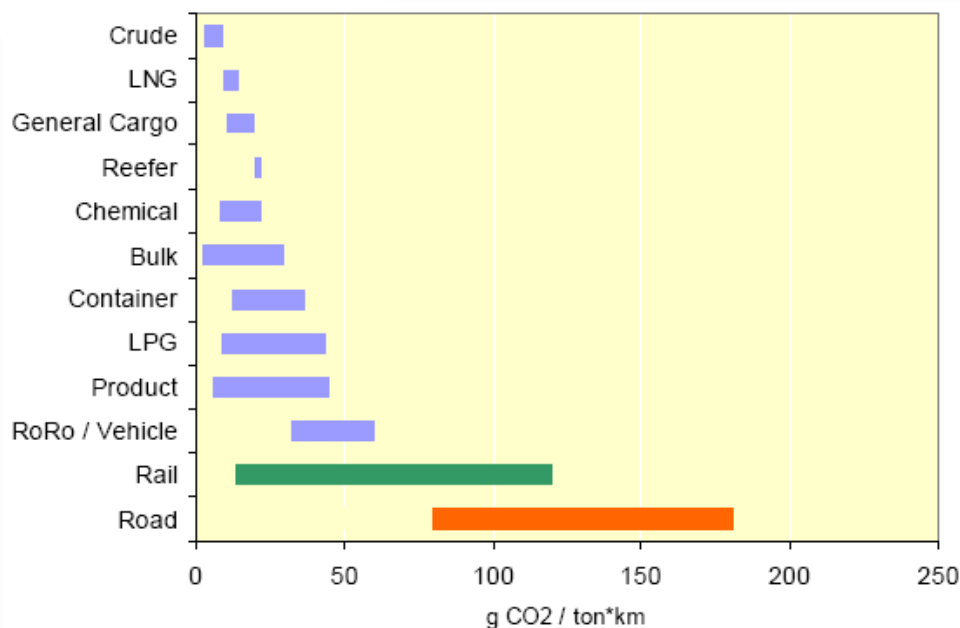
Εκπομπές Διοξειδίου του άνθρακα CO₂ σε παγκόσμιο επίπεδο



Source: Marine Environment Protection Committee, 58th session, Prevention of air pollution from ships. International Maritime Organization 2008

Για να δούμε όμως πόσο είναι η πραγματική εκπομπή ρύπων από τα πλοία σε σχέση με τα άλλα μέσα μεταφοράς, θα πρέπει να υπολογίσουμε πόσοι ρύποι αντιστοιχούν για κάθε μεταφερόμενο τόνο φορτίου σε κάθε διανυόμενο χιλιόμετρο (τόνος / χιλιόμετρο). Ο υπολογισμός αυτός είναι ένας μέσος όρος κατανάλωσης καυσίμου και έγινε σε διαφορετικούς τύπους και μεγέθη πλοίων με διαφορετικές τεχνολογίες (πλοία με σύστημα common rail).

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα γραμμάρια CO₂ που εκπέμπονται ανά τόνο φορτίου για κάθε χιλιόμετρο που διανύεται κατά την μεταφορά του από διάφορους τύπους πλοίων καθώς και από τις σιδηροδρομικές και οδικές μεθόδους μεταφοράς.



Source: Marine Environment Protection Committee, 58th session, Prevention of air pollution from ships. International Maritime Organization 2008

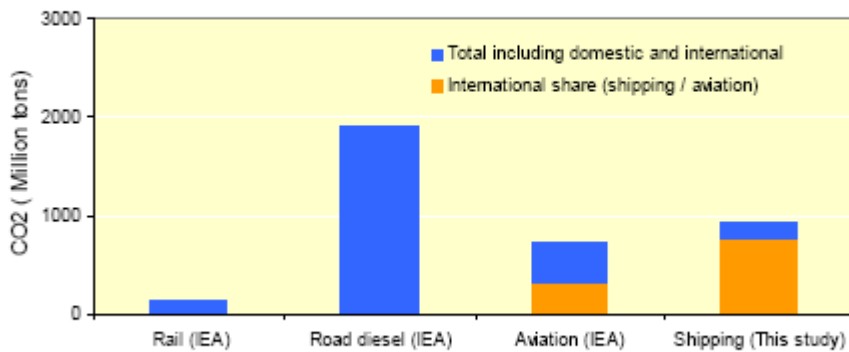
Όπως μπορούμε να αντιληφθούμε από το παραπάνω διάγραμμα είναι σαφές ότι οι θαλάσσιες μεταφορές παράγουν σημαντικά λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα για την μεταφορά ενός φορτίου σε σχέση με υπόλοιπα μέσα μεταφοράς. Σύμφωνα με το παγκόσμιο κέντρο ενέργειας για το έτος 2005, οι εκπομπές CO2 αναφορικά με τα μεταφορικά μέσα είχαν ως εξής:

Χερσαίες μεταφορές	Αερομεταφορές	Διεθνή ναυτιλία	Πλοία εσωτερικού	Σιδηρόδρομοι
4757	735	774	133	157

Source: Internationally Energy Agency

Εκπομπές CO2 από διάφορα μέσα μεταφοράς κατά το έτος 2005

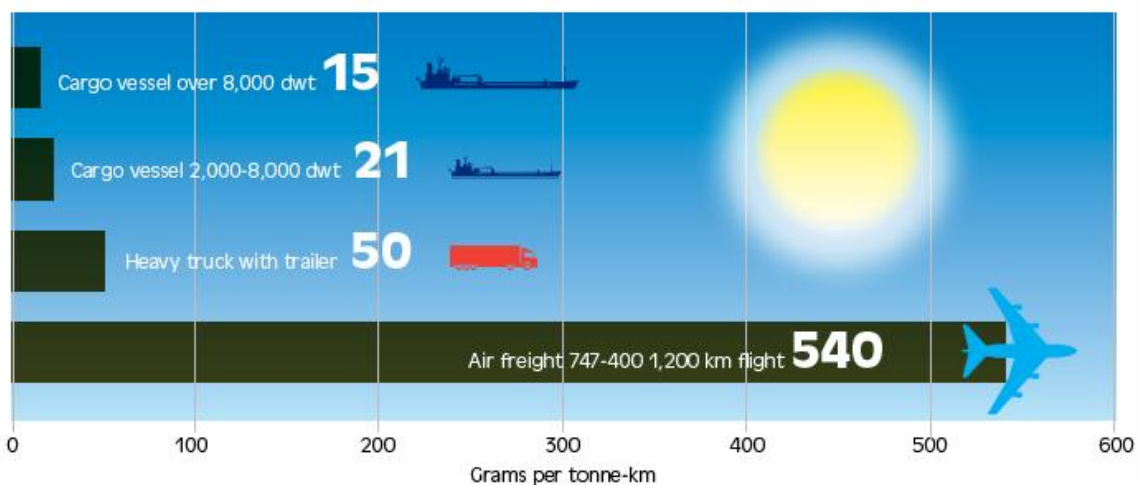
CO2 emissions from transport (2005)



Source: Marine Environment Protection Committee, 58th session, Prevention of air pollution from ships. International Maritime Organization 2008

Στο συμπέρασμα αυτό καταλήγει και η έκθεση του IMO (IMO's response to current environmental challenges, 2007) η οποία συγκρίνει την ποσότητα που εκπέμπουν τα τρία βασικά μέσα μεταφοράς (χερσαία, θαλάσσια και αέρια) για κάθε τόνο φορτίου ανά διανυόμενο χιλιόμετρο. Είναι χαρακτηριστικό ότι ένα πλοίο για την ίδια ποσότητα φορτίου εκπέμπει τρεις με πέντε φορές λιγότερο διοξειδίου του άνθρακα από τα τρένα και τα φορτηγά και είκοσι με τριάντα φορές λιγότερο από τα αεροπλάνα.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η εκπομπή CO2 (κατά μέσο όρο) ανά χιλιόμετρο για κάθε τόνο φορτίου για όλα τα μέσα μεταφοράς.



Source: International Chamber of Shipping, Shipping. World trade and the reduction of CO2 Emissions

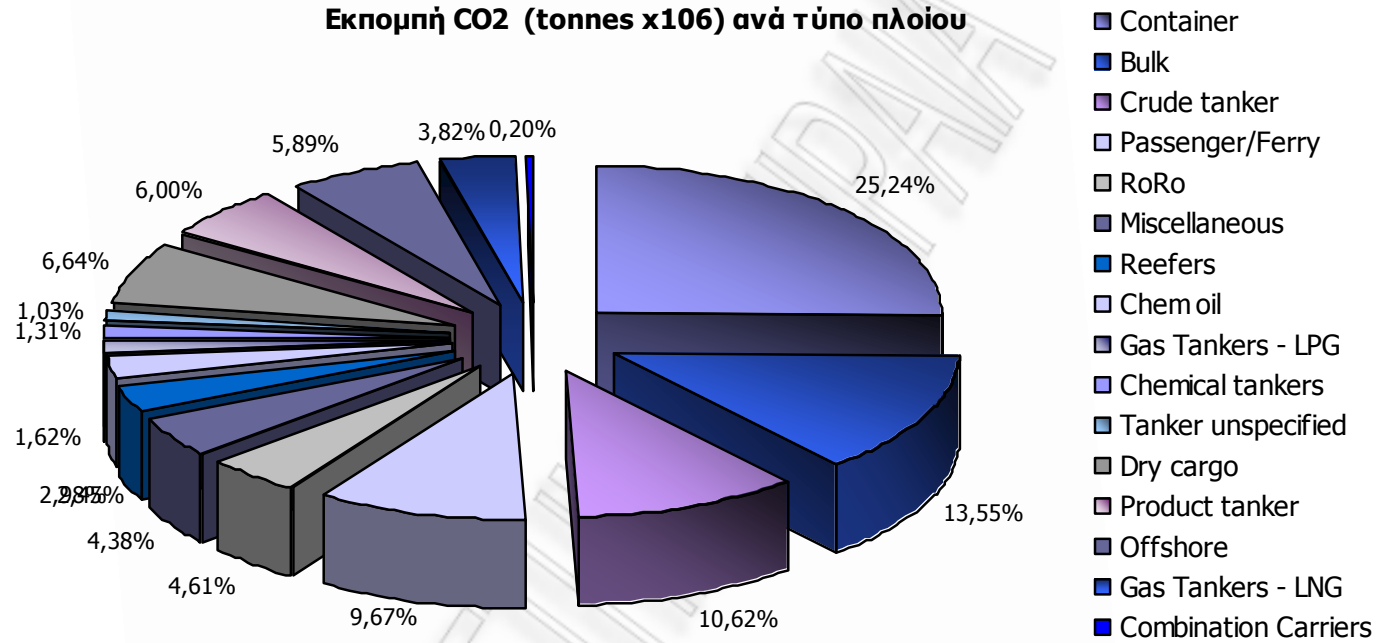
Από το παραπάνω σχήμα μπορούμε να δούμε ότι ένα πλοίο με μεταφορική ικανότητα από 2,000 έως 8,000 DWT εκπέμπει 21 γραμμάρια CO₂ για κάθε τόνο φορτίου που μεταφέρει για ένα χιλιόμετρο, ενώ ένα πλοίο με μεταφορική ικανότητα πάνω από 8,000 DWT η εκπομπή CO₂ φθάνει τα 15 γραμμάρια. Σε αυτή την περίπτωση η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα λειτουργεί όπως μια οικονομία κλίμακας, δηλαδή όσο μεγαλύτερη δυνατότητα μεταφοράς έχει ένα μέσο τόσο λιγότερη είναι η εκπομπή ρύπων για κάθε μεταφερόμενο τόνο φορτίου.

Στην προσπάθεια του IMO να κατηγοριοποιήσει και να μπορέσει να ελέγξει τις εκπομπές των ρύπων των πλοίων, το 2007 σε συνεργασία με την Διεθνή Ένωση ανεξάρτητων ιδιοκτητών τάνκερ (Intertanko), κατέληξε στην έκθεση «Shipping, CO₂ and other emissions» την οποία συνέταξε ο T.J. Gunner και η οποία παρουσιάστηκε στο Όσλο τον Ιούνιο του 2008. Η έκθεση αυτή περιέχει την κατανάλωση καυσίμου (τόσο του HFO- Heavy Fuel Oil όσο και του MDO- Marine Diesel Oil) για κάθε κατηγορία πλοίου καθώς επίσης και τους ρύπους κάθε πλοίου ανά κατηγορία φορτίου, την μέση ισχύ των μηχανών καθώς επίσης και την εκπομπή των άλλων κύριων ρύπων των πλοίων όπως παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 1: Η μέση κατανάλωση και οι εκπομπές ρύπων ανά κατηγορία πλοίου.

Τύπος πλοίου	Ισχύς μηχανών (Μ.Ο.)	Κατανάλωση Καυσίμου (HDO)	Κατανάλωση Καυσίμου (MDO)	Εκπομπή CO ₂ (tonnes x10 ⁶)	Ποσοστιαία εκπομπή CO ₂ (%)	Εκπομπή SO _x (tonnes)	Εκπομπή NO _x (tonnes)	Εκπομπή PM10 (tonnes)
Bulk	10.367	51.936.915	3.871.826	1.688.124	13,55	2.877.541	4.153.828	333.691
Chem oil	7.433	9.156.778	911.831	304.697	2,45	511.904	743.346	60.138
Chemical tankers	4.120	4.806.625	596.544	163.581	1,31	271.066	395.860	32.240
Combination Carriers	9.395	747.965	60.826	24.468	0,20	41.542	60.064	4.834
Container	28.234	102.551.791	1.532.544	3.144.693	25,24	5.559.774	7.908.519	624.046
Crude tanker	19.415	42.700.898	1.075.507	1.322.893	10,62	2.323.733	3.313.973	262.336
Dry cargo	3.186	20.490.663	6.758.506	82.740	6,64	1.239.732	1.889.895	161.467
Gas Tankers - LNG	36.175	15.675.000	69.120	47.557	3,82	846.512	1.200.888	94.444
Gas Tankers - LPG	6.152	6.065.143	586.691	201.288	1,62	338.723	491.538	39.735
Miscellaneous	3.199	6.453.645	11.362.792	545.486	4,38	574.856	1.038.473	103.490
Offshore	5.788	12.437.179	11.606.587	73.373	5,89	902.332	1.507.317	140.781
Passenger/Ferry	11.526	27.219.205	12.407.722	1.204.914	9,67	1.715.315	2.675.118	234.039
Product tanker	5.455	23.103.134	1.617.961	74.771	6,00	1.277.935	1.842.742	147.841
Reefers	5.790	10.497.832	1.768.366	371.627	2,98	601.312	886.916	73.067
RoRo	9.994	16.453.818	2.510.122	574.403	4,61	937.246	1.377.558	113.031
Tanker unspecified	3.071	2.177.679	2.012.271	127.856	1,03	157.594	262.964	24.536
Σύνολο	7.608	352.474.269	58.749.216	12458441	100	20.177.117	29.748.997	2.449.716

Εκπομπή CO2 (tonnes x106) ανά τύπο πλοίου



Από την ανάλυση των παραπάνω στοιχείων συμπεραίνουμε ότι τα πλοία με την μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου αλλά και την περισσότερη εκπομπή αερίων (25,24% επί του συνόλου) είναι τα πλοία μεταφοράς κοντέινερ (Containership) ενώ ακολουθούν τα Crude tankers και τα επιβατικά πλοία με επίσης μεγάλο ποσοστό εκπομπής CO₂ (10,62% και 9,67% αντίστοιχα).

Αυτά τα στοιχεία είναι πολύ χρήσιμα στην προσπάθεια του IMO για περιορισμό των εκπομπών του CO₂ καθώς η ναυτιλία αποτελεί μεγάλη παγκόσμια βιομηχανία και συμβάλει με τον τρόπο της στην αλλαγή του κλίματος. Προσανατολισμένη στην ίδια κατεύθυνση και η διεθνής υπηρεσία ενέργειας (International Energy Agency) υπολογίζει ότι το μερίδιο της εκπομπής του CO₂ από την ναυτιλία θα παραμείνει περίπου στο 2% με 2,5% έως το 2030.

2.3 Διοξείδιο του θείου (SO₂)

2.3.1 Γενικά

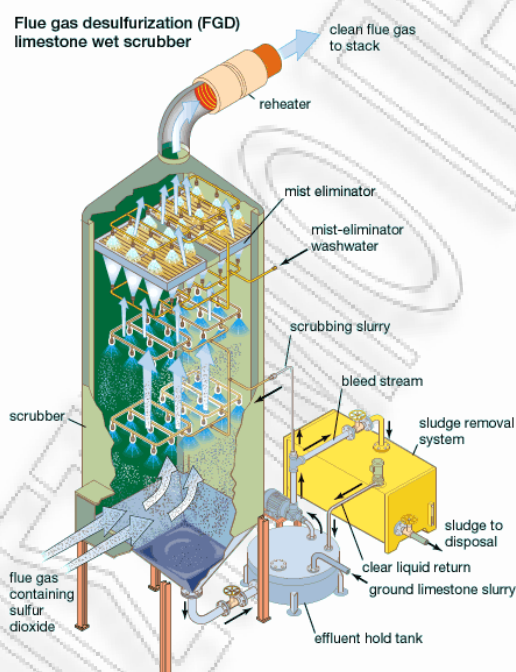
Το διοξείδιο του θείου (SO₂) είναι μια ανόργανη χημική ένωση με οσμή «καιγόμενου θείου», και αποτελεί το κυριότερο προϊόν της καύσεως ουσιών που περιέχουν θείο. Το διοξείδιο του θείου απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα κυρίως κατά τις εκρήξεις των ηφαιστείων και σε μικρότερες ποσότητες από την καύση ορυκτών καυσίμων (γαιάνθρακας, πετρέλαιο). Ένα αρκετά ενδιαφέρον χαρακτηριστικό του διοξειδίου του θείου είναι ότι με την παρουσία υγρασίας ή κάποιου καταλύτη, όπως το διοξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του θείου οξειδώνεται σε θειικό οξύ, διαδικασία η οποία όταν γίνεται στην ατμόσφαιρα δημιουργεί όξινη βροχή.

Δεδομένου ότι η δημιουργία της όξινης βροχής από την εκπομπή SO₂ μπορεί να λάβει χώρα σε απόσταση εκατοντάδων χιλιομέτρων από την πηγή, είναι εμφανής η ανάγκη για την άμεση μείωση της εκπομπής SO₂.

2.3.2 SO₂ και ναυτιλία

Στις 6 με 10 Οκτωβρίου του 2008 η ναυτιλιακή επιτροπή για την προστασία του περιβάλλοντος (Marine Environment Protection Committee - MEPC) που βρίσκεται υπό την αιγίδα του IMO έλαβε σημαντικές αποφάσεις για την επιβολή μέτρων για την μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του θείου από τα πλοία. Τα μέτρα αυτά σταδιακά θα πρέπει να έχουν εφαρμοστεί από όλα τα μέλη του IMO έως το 2015, τα οποία συμφώνησαν να μειώσουν τα όρια του διοξειδίου του θείου στις ειδικές περιοχές ελέγχου εκπομπής θείου

(Sulfur Emission Control Areas - SECA) από 1,5% που ισχύει σήμερα σε 0,1%. Το όριο εκπομπής του θείου σε περιοχές εκτός SECA είναι 4,5% σύμφωνα με το παράρτημα VI της συνθήκης MARPOL 73/78. Για την μείωση του SO₂ η MEPC επίσης προβλέπει ότι τα πλοία που διέρχονται από τις περιοχές SECA, μπορούν αντί να χρησιμοποιούν καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο να είναι εξοπλισμένα με κάποιο σύστημα καθαρισμού καυσαερίων – scrubbers (εικόνα 1), το οποίο να είναι ικανό να μειώσει τις εκπομπές οξειδίων του θείου σε 6,0 gr/Kwh ή λιγότερο ή αν κάνουν αλλαγή καυσίμων αυτή να έχει γίνει σε ικανοποιητικό χρόνο πριν την είσοδο του πλοίου στην SECA έτσι ώστε να έχει απομακρυνθεί η μεγαλύτερη ποσότητα SO₂ από το σύστημα εξαγωγής καυσαερίων του πλοίου.



Source: <http://www.britannica.com// Control-of-gases>

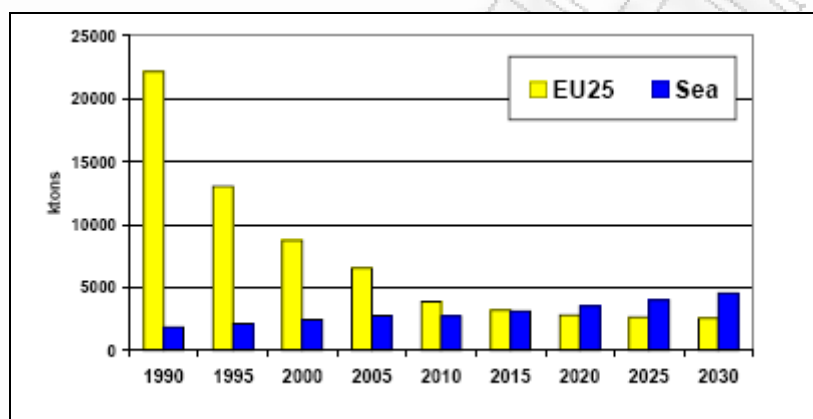
Ένα ακόμη μέτρο που προβλέπεται να μπει σε ισχύ έως το 2015 και το οποίο θα περιορίσει αρκετά την εκπομπή διοξειδίου του θείου είναι ο χαρακτηρισμός περισσότερων περιοχών ως SECA καθώς μέχρι σήμερα περιοχές SECA είναι μόνο η Βόρεια θάλασσα και η Βαλτική. Μέχρι το 2015 αναμένεται να έχουν χαρακτηριστεί ως περιοχές SECA και άλλες περιοχές της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Ιαπωνία, οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Σιγκαπούρη και η Αυστραλία.

Σύμφωνα με έρευνα φορέων όπως το Ευρωπαϊκό γραφείο περιβάλλοντος (European Environmental Bureau - EEB), την ανεξάρτητη οργάνωση για τις μεταφορές Transport and Environment (T&E), την Seas At Risk (SAR) και την Σουηδική μη κυβερνητική οργάνωση για την όξινη βροχή (Secretariat on Acid Rain) υπολογίστηκε ότι η ναυτιλία ήταν υπεύθυνη

για την εκπομπή 2,6 εκατομμυρίων τόνων θείου οι οποίες υπολογίζονται σε 2,85 έως το 2010.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, οι προβλέψεις έως και το έτος 2030 καθώς και μια σύγκριση των εκπομπών του θείου από τις χερσαίες μεταφορές αλλά και των εκπομπών που προέρχονται από την ναυτιλία. Είναι εμφανές ότι οι εκπομπές του θείου στις χερσαίες μεταφορές μειώνονται σταδιακά σε αντίθεση με τις εκπομπές που οφείλονται στις μεταφορές μέσω πλοίων. Οι δεύτερες εμφανίζουν μία τάση μετά το 2020 να είναι περισσότερες από αυτές των οδικών μεταφορών.

Εκπομπές διοξειδίου του θείου της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Source: Air pollution from ships, a briefing document by The European Environmental Bureau, The European Federation for Transport and Environment, Seas at Risk, The Swedish NGO Secretariat on Acid Rain, November 2004

2.3.3 Εκπομπές SO₂ σε παγκόσμιο επίπεδο

ΛΟΣ ΑΝΤΖΕΛΕΣ –ΒΟΡΕΙΑ ΑΜΕΡΙΚΗ

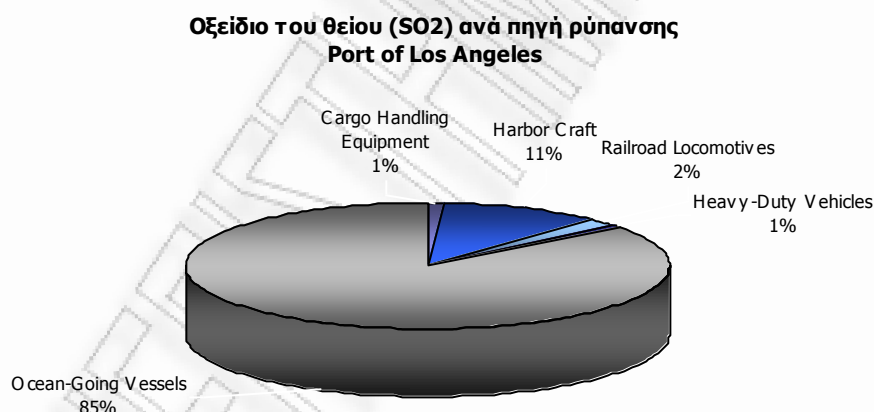
Το Λος Άντζελες αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια της Αμερικανικής ηπείρου με πολύ μεγάλη κίνηση τόσο εμπορικών όσο και επιβατικών πλοίων. Αποτέλεσμα αυτού είναι να συντελεί σε πολύ μεγάλο βαθμό στην ατμοσφαιρική ρύπανση και να υπάρχει χρόνιο πρόβλημα στην ποιότητα του αέρα στην ευρύτερη περιοχή. Αποτελέσματα ερευνών καταδεικνύουν ως υπεύθυνα τα ποντοπόρα πλοία (ocean-going vessels) για την εκπομπή διοξειδίου του θείου στην περιοχή κατά 85%. Για τον λόγο αυτό οι αρχές της Καλιφόρνια σε συνεργασία με την Αμερικανική Εταιρία Προστασίας του Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency, EPA) πρότειναν στον IMO να λάβει πιο αυστηρά μέτρα για την περιοχή αυτή. Έτσι λοιπόν τέθηκαν δύο ακόμη κανονισμοί σε σχέση με την κίνηση των πλοίων μέσα και έξω από την Καλιφόρνια.

Αυτοί οι κανονισμοί είναι οι κάτωθι:

- Τα ποντοπόρα πλοία πρέπει να είναι εξοπλισμένα με κάποιο σύστημα καθαρισμού, όπως αυτό που αναφέρθηκε παραπάνω, για το απόσταγμα του καυσίμου ή να πραγματοποιούν ελέγχους εκπομπής καυσαερίων στις βοηθητικές μηχανές diesel καθώς και στις ηλεκτρικές μηχανές τους.
- Θα πρέπει να εκσυγχρονιστεί ο εξοπλισμός των ναυπηγείων (γερανοί, φορτηγά κτλ) και να αντικατασταθούν οι παλαιού τύπου ρυπογόνοι κινητήρες με πιο σύγχρονους..

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η συνεισφορά των ποντοπόρων πλοίων στις εκπομπές διοξειδίου του θείου στο λιμάνι του Λος Άντζελες.

Σχηματική παράσταση της ποσοστιαίας εκπομπής SO₂ από κάθε πηγή ρύπανσης στο λιμάνι του Λος Άντζελες



Source: Port of Los Angeles Baseline Air Emissions Inventory - 2001, Executive Summary, July 2005

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

Η συνθήκη MARPOL ορίζει τα όρια εκπομπής θείου στην Ευρώπη μέχρι και σήμερα ωστόσο τον Ιούλιο του 2005 η αρμόδια επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης προκειμένου να τις μειώσει ακόμη περισσότερο εξέδωσε μια νέα σειρά μέτρων έτσι ώστε να μειώσει περαιτέρω τις εκπομπές θείου στα λιμάνια και τις θάλασσες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Με τα

μέτρα αυτά η Ε.Ε. στοχεύει στην μείωση εκπομπών του θείου σε τουλάχιστον 500.000 τόνους ετησίως. Τα νέα μέτρα περιλαμβάνουν τους εξής περιορισμούς:

- Όλα τα πλοία που εισέρχονται στα ευρωπαϊκά λιμάνια πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο (S) λιγότερο από 0,2%. Το ποσοστό αυτό μετά το 2010 θα πρέπει να μειωθεί στο 0,1%.
- Όλα τα επιβατηγά πλοία που εκτελούν δρομολόγια εσωτερικού εντός της Ε.Ε. θα πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο (S) λιγότερη από 1,5%.

ΒΑΛΤΙΚΗ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΑ ΘΑΛΑΣΣΑ

Η περιοχή της Βαλτικής, από τον Μάιο του 2006 και η Βόρεια θάλασσα, από τον Νοέμβριο του 2007, έχουν χαρακτηριστεί ως περιοχές SECA (περιοχές ελέγχου εκπομπής θείου). Έτσι, όλα τα πλοία που διέρχονται από τις περιοχές αυτές θα πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα που έχουν περιεκτικότητα σε θείο λιγότερο από 1,5%.

ΣΙΓΚΑΠΟΥΡΗ

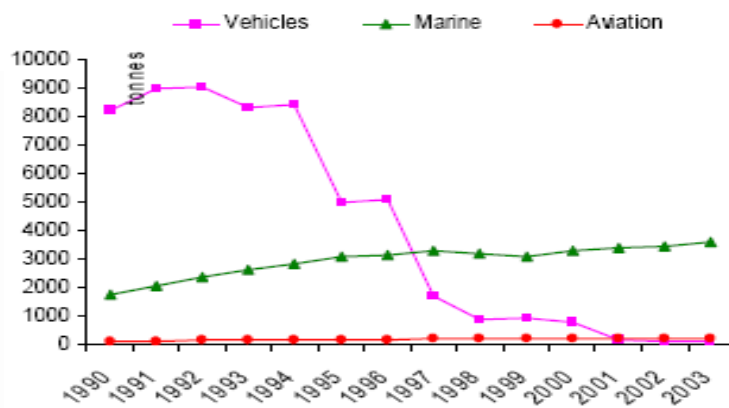
Η Σιγκαπούρη έχει ενσωματώσει πλήρως όλα τα παραρτήματα της συνθήκης της MARPOL. Η περιοχή της Σιγκαπούρης ενδέχεται να γίνει περιοχή ελέγχου εκπομπής θείου (SECA) το 2010.

ΙΑΠΩΝΙΑ

Η Ιαπωνία αντιμετωπίζει μεγάλο πρόβλημα από τους ρύπους των πλοίων και των ναυπηγείων από τις εκπομπές του διοξειδίου του θείου. Για το λόγο αυτό στην προσπάθεια για μείωση των ρύπων η Ιαπωνία όπως και η Σιγκαπούρη έχει συμφωνήσει σε όλα τα παραρτήματα της συνθήκης MARPOL.

ΧΟΝΓΚ ΚΟΝΓΚ

Στην περιοχή του Χονγκ Κονγκ τα πλοία επιτρέπεται να χρησιμοποιούν καύσιμα με μεγάλη περιεκτικότητα σε θείο (έως και 4,5%) σε αντίθεση με τα καύσιμα των χερσαίων μέσων μεταφοράς στα οποία το όριο είναι 0,005%. Για το λόγο αυτό (όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα) υπάρχει αύξηση της εκπομπής του διοξειδίου του θείου που προέρχεται από τα πλοία, σε σχέση με αυτή που προέρχεται από τα οχήματα.



Σχηματική παράσταση της εκπομπής SO₂ σε tonnes από πλοία, οχήματα, αεροπλάνα στο Χονγκ Κονγκ

2.4 Οξείδια του αζώτου (NO_x)

2.4.1 Γενικά

Τα οξείδια του αζώτου που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα προέρχονται κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων καθώς οι συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν μέσα στο θάλαμο καύσης ευνοούν τον συνδυασμό αζώτου και οξυγόνου και ως εκ τούτου την δημιουργία οξειδίων του αζώτου. Τα οξείδια του αζώτου εκτός από τις ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να δημιουργηθούν και από φυσικά φαινόμενα όπως είναι τα ηφαίστεια και οι κεραυνοί.

Τα οξείδια του αζώτου που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα είναι τα κάτωθι:

- **Υποξείδιο του αζώτου (N₂O):** Είναι αέριο άχρωμο, βαρύτερο από τον αέρα, με ευχάριστη οσμή. Δεν καίγεται, αλλά συντελεί στην καύση.
- **Μονοξείδιο του αζώτου (NO):** Είναι αέριο άχρωμο, ελάχιστα διαλυτό στο νερό, λίγο βαρύτερο από τον αέρα.
- **Τριοξείδιο του αζώτου (N₂O₃):** Είναι υγρό γαλάζιο ανυδρίτης του ασταθούς νιτρώδους οξέος. Είναι πολύ ασταθές και διασπάται πολύ εύκολα σε μονοξείδιο και διοξείδιο του αζώτου.
- **Διοξείδιο του αζώτου (NO₂):** Είναι καστανοκόκκινο αέριο, με ξεχωριστή μυρωδιά, δηλητηριώδες. Είναι ισχυρότατο οξειδωτικό μέσο. Αντιδρά με το νερό και σχηματίζει νιτρικό και νιτρώδες οξύ.
- **Πεντοξείδιο του αζώτου (N₂O₅):** Είναι λευκό, κρυσταλλικό σώμα. Διασπάται εύκολα και δίνει οξυγόνο και άλλα οξείδια του αζώτου. Είναι οξειδωτικό σώμα, ανυδρίτης του νιτρικού οξέος και αντιδρά με βάσεις.

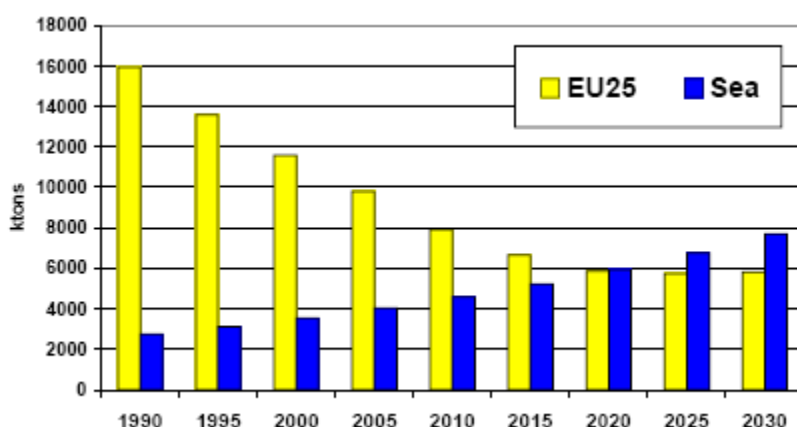
2.4.2 Εκπομπές NO₂ σε παγκόσμιο επίπεδο

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

Τον Οκτώβριο του 2008 τα κράτη που απαρτίζουν τον IMO (International Maritime Organization) αποφάσισαν να εφαρμόσουν αυστηρότερα μέτρα για την εκπομπή οξειδίων του θείου (SO_x) και οξειδίων του αζώτου (NO_x) στα πλαίσια της Σύμβασης MARPOL (Παράρτημα VI). Η σειρά των μέτρων που υιοθετήθηκε περιλαμβάνει εκτός των άλλων και κανονισμούς που αφορούν τόσο τις κύριες και βοηθητικές μηχανές των εν ενεργεία πλοίων όσο και τις μηχανές των πλοίων που πρόκειται να κατασκευαστούν. Το μέτρο αυτό κατηγοριοποιεί τα πλοία σε αυτά που έχουν κατασκευαστεί από το 1990 έως το 2000, σε αυτά που έχουν ή θα έχουν κατασκευαστεί από το 2000 έως το 2011 καθώς σε αυτά που θα κατασκευαστούν από το 2016 και έπειτα.

Στις ακτές της Ευρώπης υπάρχει μεγάλη, συγκριτικά με την ενδοχώρα, συγκέντρωση οξειδίων του αζώτου (NO_x) το οποίο προέρχεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από τις εκπομπές των πλοίων που πλέουν στις συγκεκριμένες περιοχές. Υπολογίζεται ότι οι εκπομπές του NO_x από τα πλοία που διέρχονται στην περιοχή της Ε.Ε. (Βαλτική, Βόρεια Θάλασσα, Ατλαντικός (βορειοανατολικό τμήμα του), Μεσόγειος και Μαύρη Θάλασσα) ανέρχονται στους 3,6 εκατ. Τόνους για το έτος 2000.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι εκπομπές NO_x στην Ε.Ε. για την ναυτιλία σε σχέση με τα χερσαία μέσα μεταφοράς καθώς και η πρόβλεψή τους μέχρι και το έτος 2030. Εκπομπές NO_x από τη ναυτιλία και από τα επίγεια μέσα μεταφοράς στην Ευρωπαϊκή Ένωση

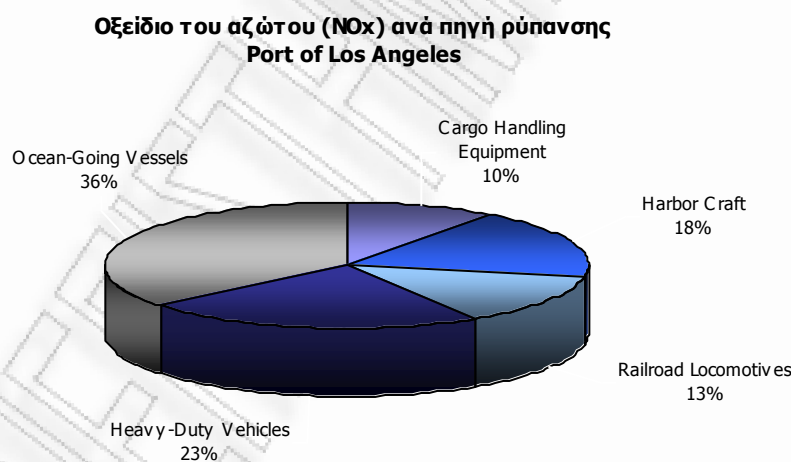


Source: Air pollution from ships, a briefing document by The European Environmental Bureau, The European Federation for Transport and Environment, Seas at Risk, The Swedish NGO Secretariat on Acid Rain, November 2004

Όπως μπορούμε να συμπεράνουμε από τον παραπάνω πίνακα οι εκπομπές NOx που οφείλονται στα χερσαία μεταφορικά μέσα για το έτος 2005 είναι μειωμένες σε σχέση με το έτος 1990, ενώ αντιθέτως παρουσιάζεται αύξηση στις εκπομπές NOx από τα πλοία. Η μείωση των εκπομπών αυτών οφείλεται κυρίως στις προδιαγραφές που έχουν θεσπιστεί για τα επίγεια μέσα (EURO 4 και EURO 5).

ΛΟΣ ΑΝΤΖΕΛΕΣ - ΒΟΡΕΙΑ ΑΜΕΡΙΚΗ

Οι εκπομπές NOx συμβάλουν αρκετά στο ήδη βεβαρημένο από ατμοσφαιρικούς ρύπους λιμάνι του Λος Άντζελες. Πιο συγκεκριμένα τα ποντοπόρα πλοία συμβάλουν κατά 36%. Το ποσοστό αυτό είναι το μεγαλύτερο σε σχέση με τις υπόλοιπες πηγές εκπομπής NOx που υπάρχουν στον λιμένα. Οι εκπομπές φορητών που κινούνται στον λιμένα συμβάλλουν κατά 23%, οι εργασίες που γίνονται στον λιμένα όπως συντήρηση και επισκευή 18% και τέλος ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τον χειρισμό του φορτίου που διακινείται κατά 10%. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται γραφικά οι εκπομπές NOx από όλες τις πηγές στο λιμάνι του Λος Άντζελες.



Source: Port of Los Angeles Baseline Air Emissions Inventory - 2001, Executive Summary, July 2005

Προκειμένου να μειωθούν οι ρύποι στο λιμάνι του Λος Άντζελες, τον Δεκέμβριο του 2005 η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency, EPA) της Αμερικής εξέδωσε μια σειρά από κανονισμούς σε σχέση με την κίνηση των πλοίων μέσα και έξω από την Καλιφόρνια, που υποχρεώνει τα πλοία να έχουν σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων ή να χρησιμοποιούν καθαρότερα καύσιμα. Με τα μέτρα αυτά υπολογίζεται να μειωθούν κατά 6% έως το 2020 οι εκπομπές NOx από τα πλοία.

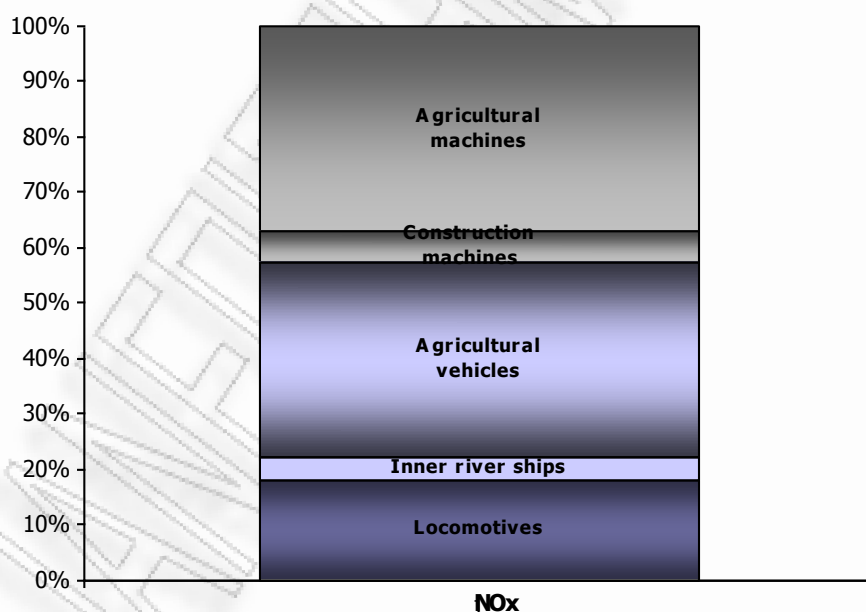
ΒΑΛΤΙΚΗ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΑ ΘΑΛΑΣΣΑ

Όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω η περιοχή της Βαλτικής όπως και η Βόρεια θάλασσα έχουν χαρακτηριστεί από το 2008 ως ειδικές περιοχές εκπομπής θείου (SECA). Οι εκπομπές NOx σε αυτές τις περιοχές ρυθμίζονται με βάση τον κανονισμό 13 του Παραρτήματος VI της MARPOL 73/78 η οποία ισχύει για τις περιοχές αυτές.

ΚΙΝΑ

Η Κίνα από το 2005 έχει υιοθετήσει τη διεθνή σύμβαση MARPOL 73/78. Έρευνα που διεξήχθη το 2002 από το Ινστιτούτο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Μηχανολογίας (Institute of Environmental Science and Engineering) έδειξε ότι οι εκπομπές NOx στην Κίνα ήταν 2007×10^3 . Το ποσοστό αυτό (4%) είναι μεγαλύτερο αν αναλογιστούμε ότι δεν περιλαμβάνει τα πλοία που διέρχονται από την περιοχή.

Ποσοστιαίες εκπομπές NOx των διαφόρων πηγών στην Κίνα το 2002



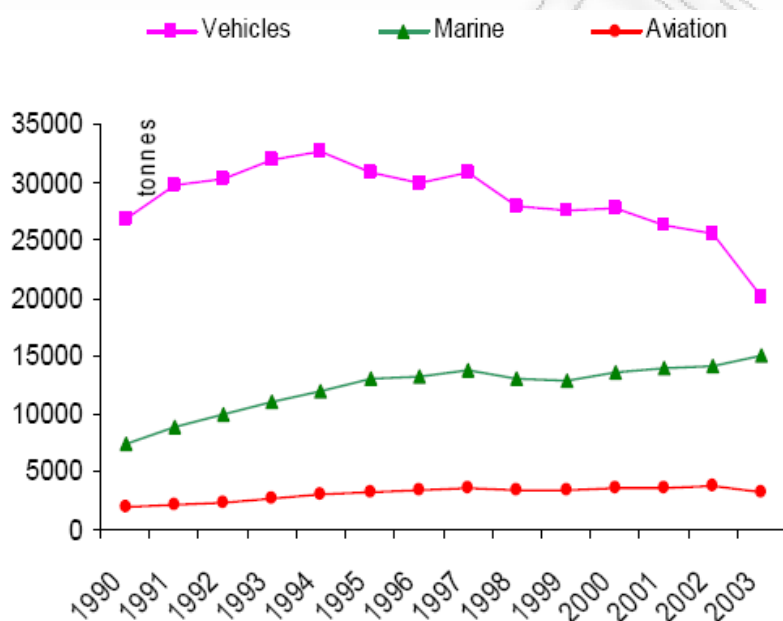
Source: Institute of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing, April 19, 2005

ΧΟΝΓΚ ΚΟΝΓΚ

Το λιμάνι του Χονγκ Κονγκ έχει μεγάλη κίνηση όχι μόνο από ποντοπόρα πλοία αλλά και από ποταμόπλοια. Είναι χαρακτηριστικό ότι από τα 225.000 πλοία που αφίχθησαν στο

λιμάνι του Χονγκ Κονγκ το 2004 περίπου τα 36.000 ήταν ποντοπόρα πλοία (16%) και τα υπόλοιπα περίπου 190.000 ήταν ποταμόπλοια (84%). Εξαιτίας της μεγάλης αυτής κίνησης και της εκπομπής NOx από τα πλοία η κυβέρνηση του Χονγκ Κονγκ αποφάσισε από τον Μάιο του 2005 να εφαρμόσει τη διεθνή σύμβαση MARPOL 73/78 και να ακολουθήσει όλους τους κανονισμούς που αφορούν τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου ώστε να μειώσει μεταξύ των άλλων και τους ρύπους αυτούς.

Εκπομπές NOx σε τόνους από όλα τα μέσα μεταφοράς στο Χονγκ Κονγκ



Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζονται οι εκπομπές NOx στην περιοχή του Χονγκ Κονγκ που προέρχονται από όλα τα μέσα μεταφοράς (πλοία, αεροπλάνα, οχήματα) για την περίοδο 1990 με 2003. Όπως παρατηρούμε η αύξηση των εκπομπών των οξειδίων του αζώτου των πλοίων από το 1990 έως το 2003, και η αντίστοιχη μείωση των εκπομπών των οχημάτων για την περίοδο αυτή τείνουν να εξισωθούν.

2.5 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (Volatile Organic Compounds, VOCs)

2.5.1 Γενικά

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις ή αλλιώς Volatile Organic Compounds (VOCs) είναι οργανικές ενώσεις υδρογονανθράκων και το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι συμβάλλουν στο σχηματισμό τροποσφαιρικού όζοντος. Αυτό γίνεται με την δημιουργία, στην ατμόσφαιρα χημικών αντιδράσεων οι οποίες προκαλούν το σχηματισμό φωτοχημικών

οξειδωτικών παραγόντων. Σε υψηλές συγκεντρώσεις στον αέρα, το όζον μπορεί να βλάψει την υγεία του ανθρώπου και να προκαλέσει καταστροφές στην αγροτική παραγωγή και στα δάση. Επίσης το όζον αποτελεί ισχυρό αέριο «θερμοκηπίου». Οι πτητικές οργανικές ενώσεις προκαλούν σχηματισμό όζοντος σε τοπική και περιφερειακή κλίμακα στα οποία περιέχονται φωτοχημικοί οξειδωτικοί παράγοντες που μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις. Τα περισσότερα συστατικά των πετρελαϊκών προϊόντων είναι υδρογονάνθρακες που διαιρούνται σε δύο κυρίως κατηγορίες:

1. Τους αλειφατικούς υδρογονάνθρακες, που είναι τα αλκάνια (κορεσμένοι υδρογονάνθρακες), τα Αλκένια (ολεφίνες) και τα Αλκύνια.
2. Τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες που παράγονται από το βενζόλιο και μερικοί από αυτούς είναι καρκινογόνοι.

Οι υδρογονάνθρακες που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα είναι προέρχονται τόσο από την φύση όσο και από τον άνθρωπο. Οι περισσότεροι φυσικοί υδρογονάνθρακες προέρχονται από κυρίως από βιολογικές πηγές καθώς και από γεωθερμικές δραστηριότητες. Ενώ οι υδρογονανθράκων που παράγονται από τον άνθρωπο προέρχονται περισσότερο από τις βιομηχανίες (κυρίως τα διυλιστήρια πετρελαίου) και λιγότερο από τις μεταφορές συμπεριλαμβανομένων και των πλοίων.

2.5.2 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις και ναυτιλία

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις από την ναυτιλία ελευθερώνονται στο περιβάλλον κυρίως από τα δεξαμενόπλοια κατά τη φόρτωσή τους με αργό πετρέλαιο ή άλλα προϊόντα πετρελαίου. Για τον λόγο αυτό τα πλοία που πραγματοποιούν φορτώσεις – εκφορτώσεις πετρελαίου σε λιμάνια τα οποία διαθέτουν σύστημα ελέγχου εκπομπών (Vapour Emissions Control Systems) λαμβάνουν ειδικά μέτρα που σχετίζονται με τον ρυθμό φόρτωσης, την πίεση των δεξαμενών και άλλες παραμέτρους που δύναται να μειώσουν την εκπομπή πτητικών ενώσεων στο περιβάλλον. Τα προϊόντα του πετρελαίου που μεταφέρονται με πλοία και διαχωρίζονται ανάλογα με την κλασματική τους απόσταξη είναι τα κάτωθι:

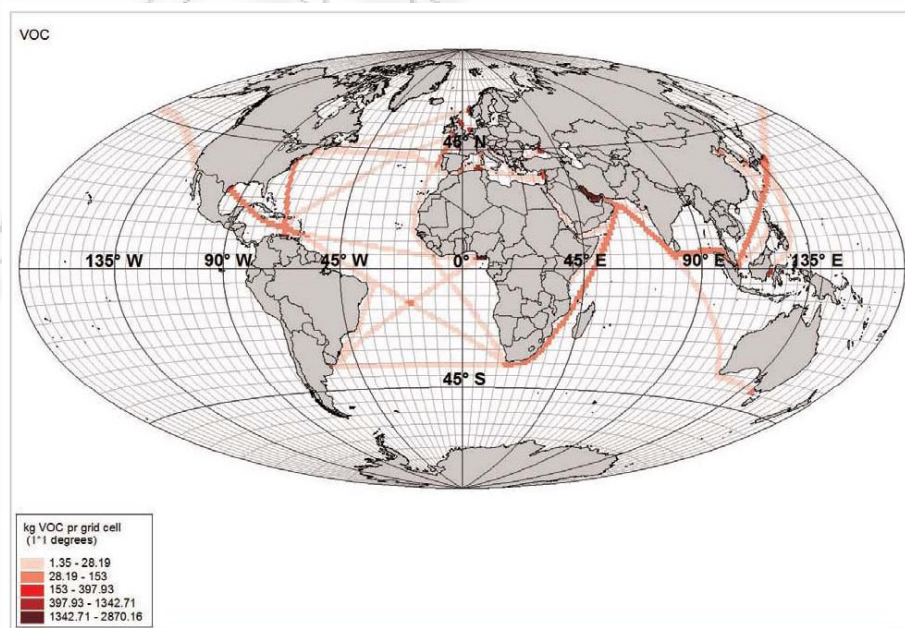
- Υγραέριο: Είναι υδρογονάνθρακες σε αέρια μορφή με 3 έως 4 άτομα άνθρακα ανά μόριο. Χρησιμοποιείτε ως καύσιμο σε κινητήρες εσωτερικής καύσης μικρής ισχύος καθώς και για οικιακή ή βιομηχανική χρήση.
- Βενζίνη: Είναι υδρογονάνθρακες σε υγρή μορφή με 4 έως 10 άτομα άνθρακα ανά μόριο. Χρησιμοποιείτε κυρίως ως καύσιμο κινητήρων εσωτερικής καύσης.

- Κηροζίνη ή αλλιώς φωτιστικό πετρέλαιο: Είναι υδρογονάνθρακες με 10 έως 14 άτομα άνθρακα ανά μόριο και χρησιμοποιείται ως καύσιμο αεριοθούμενων αεροσκαφών
- Πετρέλαιο Diesel: Είναι μείγμα υδρογονανθράκων σε υγρή μορφή με 14 έως 20 άτομα άνθρακα ανά μόριο. Διακρίνεται σε ελαφρύ Diesel (gas oil) που χρησιμοποιείται σε πολύστροφους πετρελαιοκινητήρες (πετρέλαιο κινήσεως) και εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης (πετρέλαιο θερμάνσεως) και σε βαρύ Diesel (Maritime Diesel Oil), το οποίο χρησιμοποιείται ως καύσιμο στους αργόστροφους κινητήρες των πλοίων και των γεννητριών καθώς και στους βιομηχανικούς λέβητες.
- Μαζούτ (Heavy Fuel Oil): Είναι υδρογονάνθρακες σε υγρή μορφή με πάνω από 20 άτομα άνθρακα ανά μόριο. Χρησιμοποιείται ως καύσιμο μεγάλων αργόστροφων μηχανών και λεβήτων καθώς και για την παραγωγή ορυκτελαίων.

Η εκπομπή των πτητικών ενώσεων στο περιβάλλον, εκτός από την διάρκεια φόρτωσης του πλοίου, πραγματοποιείται και κατά την διάρκεια του ταξιδιού. Αυτό συμβαίνει όταν αυξάνεται η πίεση στο χώρο του φορτίου, συνήθως από αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος ενεργοποιώντας τις βαλβίδες ασφαλείας πίεσης – κενού (P/V valves) οι οποίες εκτονώνουν τους υδρατμούς.

2.5.3 Εκπομπές Πτητικών Οργανικών Ενώσεων σε παγκόσμιο επίπεδο

Το 2003 έρευνα του Νορβηγικού νηογνώμονα (DMN) κατέληξε στην χαρτογράφηση των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) από την μεταφορά πετρελαίου παγκοσμίως και η οποία παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Είναι χαρακτηριστικό ότι οι εκπομπές των VOCs είναι υψηλότερες στις Αραβικές χώρες, στον Ινδικό Ωκεανό αλλά και στην περιοχή του Παναμά λόγω της συχνότερης φόρτωσης πετρελαίου στις περιοχές αυτές.

Παρόλα αυτά μια έρευνα του μη κερδοσκοπικού, σουηδικού οργανισμού για τις μεταφορές και το περιβάλλον (NTM - The Network for Transport and Environment) αναφέρει ότι οι εκπομπές των πτητικών οργανικών ενώσεων που προέρχονται από τα πλοία είναι σε χαμηλό επίπεδο σε σχέση με αυτές που εκπέμπονται από τα χερσαία μέσα μεταφοράς πετρελαίου (βυτιοφόρα αυτοκίνητα, τρένα).

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκριτικά αποτελέσματα εκπομπών VOCs των δεξαμενόπλοιων σε σχέση με τα φορτηγά τα οποία φανερώνουν ότι οι συγκεκριμένες εκπομπές είναι αρκετά χαμηλότερες σε σχέση με τις υπόλοιπες εκπομπές αερίων όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), τα οξείδια του αζώτου (NO_x) και τα υπόλοιπα αέρια του θερμοκηπίου.

	CO ₂	PM	SO ₂	No _x	VOCs
Heavy truck with trailer					
Before 1990	50	0,058	0,0093	1,00	0,120
Euro 0 (1990)	50	0,019	0,0093	0,85	0,040
Euro 1 (1993)	50	0,010	0,0093	0,52	0,035
Euro 2 (1996)	50	0,007	0,0093	0,44	0,025
Euro 3 (2000)	50	0,005	0,0093	0,31	0,025
Cargo vessel					
large(>8000dwt)	15	0,02	0,26	0,43	0,017
medium size (2000-8000dwt)	21	0,02	0,36	0,54	0,015
small (<2000dwt)	30	0,02	0,51	0,72	0,016

Source: The 10th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality
14 – 16 May 2007, Hong Kong, China

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

Σύμφωνα με την οδηγία 94/63/EC του κοινοβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του συμβουλίου της 20^{ης} Δεκεμβρίου 1994 για τον έλεγχο των εκπομπών πτητικών οργανικών ουσιών (VOCs) οι οποίες προέρχονται από την αποθήκευση βενζίνης και τη διάθεσή της από τις τερματικές εγκαταστάσεις στους σταθμούς διανομής καυσίμων η Ευρωπαϊκή Ένωση καθόρισε τα όρια συνολικής ετήσιας απώλειας βενζίνης τα οποία θέτουν ως ανώτατο ποσοστό απώλειας το 0,01% της αποθηκευμένης ποσότητας για την αποθήκευση και το 0,005% της διακίνησης για τις μεταφορές. Η οδηγία αυτή περιλαμβάνει, εκτός των άλλων,

τους τερματικούς σταθμούς των λιμένων καθώς και την διαδικασία φόρτωσης - εκφόρτωσης των πλοίων και πρέπει να εφαρμόζεται από όλα τα μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στον παρακάτω πίνακα παραθέτονται οι εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) για κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Χώρα	VOCs (kt)
Βέλγιο	139
Βουλγαρία	175
Τσέχικη Δημοκρατία	220
Δανία	85
Γερμανία	995
Εσθονία	49
Ελλάδα	261
Ισπανία	662
Γαλλία	1050
Ιρλανδία	55
Ιταλία	1159
Κύπρος	14
Λετονία	136
Λιθουανία	92
Λουξεμβούργο	9
Ουγγαρία	137
Μάλτα	12
Κάτω Χώρες	185
Αυστρία	159
Πολωνία	800
Πορτογαλία	180
Ρουμανία	523
Σλοβενία	40
Σλοβακία	140
Φινλανδία	130
Σουηδία	241
Ηνωμένο Βασίλειο	1200

source: http://ec.europa.eu/internal_market/score/docs/relateddocs/list-dir/im-

[directives_el.pdf](#)

2.6 Όζον (O₃)

Το όζον αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου (O₃) και στη φύση χρησιμεύει για να προστατεύει από τις υπεριώδεις ακτίνες του ηλίου στα ανώτερα επίπεδα της ατμόσφαιρας, ενώ στα χαμηλότερα επίπεδα αυτής αποτελεί ρύπο ο οποίος είναι αρκετά επιβλαβής για το αναπνευστικό σύστημα των έμβιων οργανισμών. Ως ρύπος της ναυτιλίας το όζον δεν ανήκει στους πρωτογενείς ρύπους, αφού δεν εκπέμπεται άμεσα από τα πλοία, αλλά στους

δευτερογενείς, αφού δημιουργείται από χημικές ενώσεις των οξειδίων του αζώτου που εκπέμπονται αλλά και των υδρογονανθράκων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα.

2.7 Αιωρούμενα Σωματίδια (PM)

Στην ατμοσφαιρική ρύπανση εκτός από τους αέριους ρύπους μεγάλη επιβάρυνση προκαλούν και τα αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία είναι μικρά τεμάχια ύλης σε στερεή ή υγρή μορφή τα οποία μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα και να παραμένουν μη αναμεμιγμένα με αυτή. Το μέγεθος αυτών των σωματιδίων είναι μεγαλύτερο από αυτό των απλών μορίων και το οποίο ανέρχεται μέχρι και $500\mu\text{m}$ (10^{-6}m). Ανάλογα με την προέλευση τους μπορούν να παρουσιάζουν ανομοιομορφία στο μέγεθος και στη χημική σύσταση. Τα σωματίδια αυτά μπορούν να παραμένουν στον αέρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα και να μεταφέρονται με τη βοήθεια του ανέμου σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή εκπομπής τους. Τα αιωρούμενα σωματίδια διαχωρίζονται στα αερολύματα, τα στερεά αερολύματα και τα υγρά αερολύματα.

Αερολύματα

Τα ατμοσφαιρικά αερολύματα (aerosols) είναι κolloειδή συστήματα που βρίσκονται διασκορπισμένα μέσα σε αέριο μέσο διασποράς, στην προκειμένη περίπτωση, την ατμόσφαιρα. Τα ατμοσφαιρικά αερολύματα αποτελούνται από στερεά ή υγρά σωματίδια μεγέθους μικρότερου από $100\mu\text{m}$.

Στερεά αερολύματα

Τα στερεά αερολύματα δημιουργούνται από τη διασπορά στερεών σωματιδίων σε αέριο μέσο. Ανάλογα με το μέγεθός τους κατηγοριοποιούνται σε αιθάλη και σκόνη.

1. Αιθάλη (Fume): Είναι στερεά σωματίδια, τα οποία δημιουργούνται από την συμπύκνωση των ατμών στερεών υλικών, όπως τα οξείδια των μετάλλων και το μέγεθός τους είναι από $0,03$ έως $1\ \mu\text{m}$.

2. Σκόνη (Dust): Είναι στερεά σωματίδια που σχηματίζονται από τη θραύση μεγαλύτερων μαζών, και το μέγεθός τους είναι από 1 έως $10.000\ \mu\text{m}$. Τα σωματίδια αυτά συνήθως είναι γεωλογικής προέλευσης.

3. Καπνός (Smoke) και Ιπτάμενη τέφρα (Fly Ash):

Στα στερεά αερολύματα συγκαταλέγονται και ο καπνός όπως και η ιπτάμενη τέφρα. Ο καπνός αποτελείται από στερεά σωματίδια με μέγεθος από 0,5 έως 1 μm τα οποία είναι προϊόντα ατελής καύσης υλών, όπως τα ορυκτά καύσιμα. Η ιπτάμενη τέφρα προέρχεται και αυτή από ατελή καύση ορυκτών καυσίμων και αποτελείται κυρίως από οξείδια του αργίλιου, του ασβεστίου, του σιδήρου και του πυριτίου. Το μέγεθος της ιπτάμενης τέφρας μπορεί να κυμανθεί από 1 έως 100 μm .

Υγρά αερολύματα

Τα υγρά αερολύματα δημιουργούνται από τη διασπορά υγρών σωματιδίων σε αέριο μέσο. Ανάλογα με το μέγεθος των σωματιδίων διαχωρίζονται σε ομίχλη και σπρέι.

Κατάταξη σωματιδίων

Στα αιωρούμενα σωματίδια παρατηρείτε έντονη διαφοροποίηση ως προς το μέγεθος τους. Τα μικρότερα σε μέγεθος σωματίδια είναι λιγότερο από 5 nm σε διάμετρο και αποτελούνται μόνο από κάποιες δεκάδες μορίων. Αντιθέτως τα πιο μεγάλα σωματίδια έχουν μέγεθος έως και 100 μm . Τα αιωρούμενα σωματίδια διακρίνονται σε λεπτόκοκκα και χονδρόκοκκα. Με βάση την ταξινόμηση των αιωρούμενων σωματιδίων κατά μέγεθος (σε χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα) και σε συσχέτιση με την διεισδυτικότητα τους στον ανθρώπινο οργανισμό, γίνεται η εισαγωγή δύο νέων ρυπαντικών παραμέτρων, των σωματιδίων PM10 και των σωματιδίων PM2.5, σωματίδια που παράγονται από τα μέσα μεταφοράς.

-Τα PM10 ταυτίζονται με την κατηγορία των εσπνεύσιμων σωματιδίων και έχουν διάμετρο έως 10 μm . Ο αυστηρός ορισμός των PM10 όπως τον αναφέρει η ΕΕ στις οδηγίες της είναι:

PM10 νοούνται τα σωματίδια που διέρχονται δια στομίου επιλεγέντος μεγέθους το οποίο συγκρατεί το 50% των σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου 10 μm .

-Τα PM2,5 ταυτίζονται με την κατηγορία των αναπνεύσιμων σωματιδίων και θεωρείται ότι έχουν διάμετρο έως και 2,5 μm . Ο αντίστοιχος ορισμός της ΕΕ για τα PM2,5 είναι:

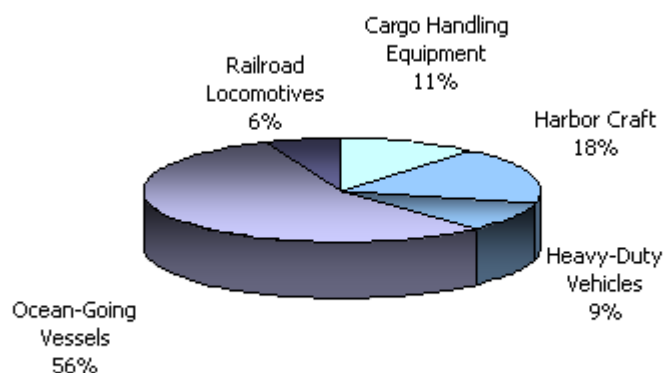
PM2,5 νοούνται τα σωματίδια που διέρχονται δια στομίου επιλεγέντος μεγέθους το οποίο συγκρατεί το 50% των σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου 2,5 μm .

2.7.1 Εκπομπές Αιωρούμενων Σωματιδίων από τη ναυτιλία σε παγκόσμιο επίπεδο

ΛΟΣ ΑΝΤΖΕΛΕΣ - ΒΟΡΕΙΑ ΑΜΕΡΙΚΗ

Οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων PM(10) στο λιμάνι του Λος Άντζελες, για το έτος 2001, από τα ποντοπόρα πλοία ανέρχονται σε 56% των συνολικών εκπομπών. Το ποσοστό αυτό είναι αρκετά μεγαλύτερο σε σύγκριση με τις αντίστοιχες οι εκπομπές των φορτηγών που κινούνται στον λιμένα οι οποίες ανέρχονται στο 9%, στις εργασίες που γίνονται στον λιμένα όπως συντήρηση και επισκευή που είναι 18% και στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τον χειρισμό του φορτίου που διακινείται που είναι στο 11%.

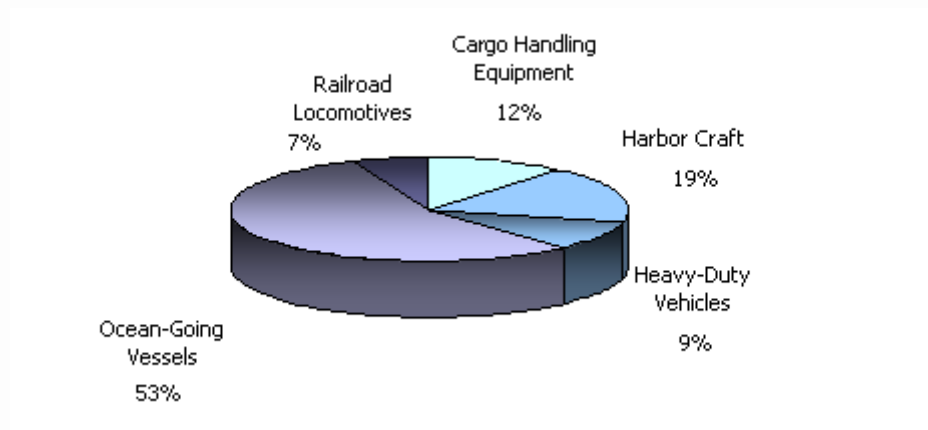
Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων PM (10) από όλες τις πηγές στο λιμάνι του Λος Άντζελες



Source: www.portoflosangeles.org

Ενώ οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων PM(2,5) για το έτος 2001, από τα ποντοπόρα πλοία ανέρχονται σε 53% των συνολικών εκπομπών. Το ποσοστό αυτό είναι αρκετά μεγαλύτερο σε σύγκριση με τις αντίστοιχες οι εκπομπές των φορτηγών που κινούνται στον λιμένα οι οποίες ανέρχονται στο 9%, στις εργασίες που γίνονται στον λιμένα όπως συντήρηση και επισκευή που είναι 19% και στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τον χειρισμό του φορτίου που διακινείται που είναι στο 12%.

**Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων PM (2,5) από όλες τις πηγές στο λιμάνι
του Λος Άντζελες**



Source: www.portoflosangeles.org

KINA

Η Έρευνα του Ινστιτούτου Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Μηχανολογίας (Institute of Environmental Science and Engineering) έδειξε ότι το 2002 οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων στην Κίνα ήταν 184×10^3 tons.

3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

3.1 Αρκτική και Βορειοδυτικό Πέρασμα

3.1.1 Εισαγωγή

Η Αρκτική εκτείνεται γύρω από τον Βόρειο Πόλο και είναι η περιοχή που περιλαμβάνει την Γροιλανδία και την Σπιτσβέργη καθώς και τα βόρεια τμήματα της Αλάσκας, του Καναδά, της Σιβηρίας, διάφορες αρκτικές νήσους, τις ακτές της Χερσονήσου Λαμπραντόρ (περιοχή βορειοανατολικά του Κεμπέκ), καθώς και όλο τον περιβάλλοντα θαλάσσιο χώρο, τον λεγόμενο Αρκτικό Ωκεανό (ή Βόρειο Παγωμένο Ωκεανό).



Source: www.Wikipedia.com

Περιοχή της Αρκτικής οροθετημένη από την ισόθερμη γραμμή των 10°C τον Ιούλιο

Η Αρκτική περιοχή ορίζεται από τον αρκτικό κύκλο και από την αρκτική ισόθερμη γραμμή. Ο λεγόμενος αρκτικός κύκλος (66° 33'Β) είναι το όριο για τον ήλιο του μεσονυκτίου και την πολική νύχτα ενώ η αρκτική ισόθερμη γραμμή είναι το όριο των 10°C τον μήνα Ιούλιο (όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 1). Η αρκτική ισόθερμη γραμμή είναι

επίσης και το όριο της τελευταίας δενδρογραμμής (από τον Ισημερινό). Αυτό σημαίνει ότι μετά από την νοητή αυτή γραμμή δεν φυτρώνουν δέντρα.

Ο Αρκτικός Κύκλος (σχήμα 1 μπλε γραμμή), ο οποίος αντιστοιχεί στο νοτιότερο άκρο του αστερισμού της Μεγάλης Άρκτου, σηματοδοτεί τη γεωγραφική περιοχή μέσα στην οποία εμφανίζεται το φαινόμενο της πολικής ημέρας και της πολικής νύχτας. Το φαινόμενο αυτό, που αναφέρεται συνήθως ως ήλιος του μεσονυχτίου και χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση του ήλιου πάνω από τον ορίζοντα για 24 συνεχόμενες ώρες τουλάχιστον για μια μέρα το χρόνο (για έξι μήνες στους πόλους) κατά την θερινή περίοδο. Αντίστοιχα το χειμώνα, ο Αρκτικός ήλιος βρίσκεται κάτω από τον ορίζοντα για 24 ώρες τουλάχιστον για μια μέρα το χρόνο. Στις περιοχές που βρίσκονται ακριβώς πάνω στον Αρκτικό Κύκλο, το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται ακριβώς μια φορά το χρόνο, κατά το θερινό και χειμερινό ηλιοστάσιο αντίστοιχα.

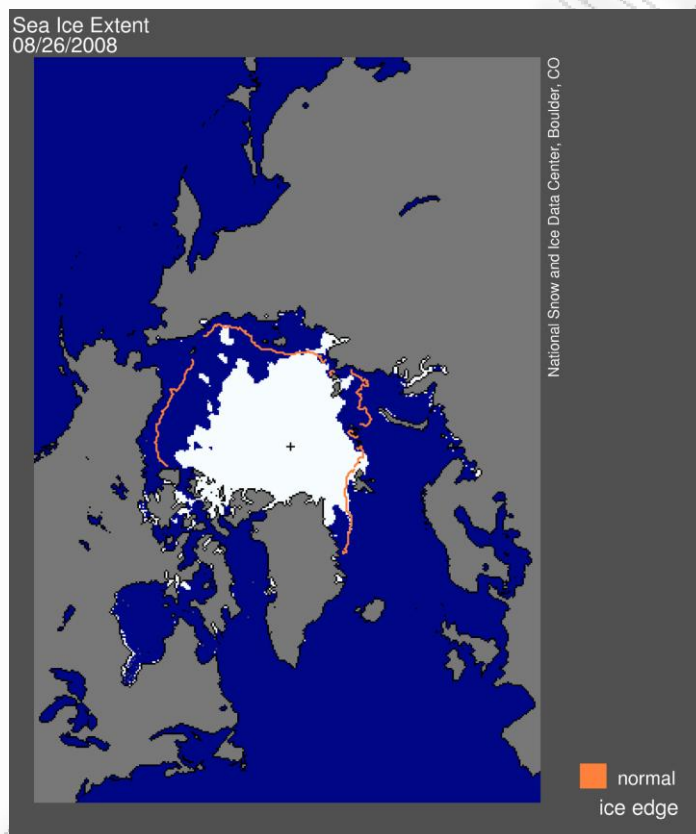
Η Αρκτική είναι μια περιοχή μεγάλης ζωτικής και βιολογικής σημασίας καθώς περιλαμβάνει αρκετά από τα ευάλωτα στοιχεία του περιβάλλοντος και του κλιματικού συστήματος του πλανήτη. Η υπερθέρμανση του πλανήτη έχει προκαλέσει το λιώσιμο μεγάλου μέρους των θαλάσσιων πάγων και των χερσαίων παγετώνων στην περιοχή, που με την σειρά τους ενεργοποιούν μηχανισμούς ανάδρασης που επιταχύνουν ακόμη περισσότερο την διαδικασία αυτή. Η απώλεια των παγετώνων της περιοχής, οι οποίοι αποτελούν και τη μεγαλύτερη ποσότητα χερσαίου πάγου στον πλανήτη, θα προκαλέσει σημαντική άνοδο στην στάθμη της θάλασσας, η οποία υπολογίζεται ότι θα μπορούσε να φτάσει ως και τα οκτώ μέτρα ως το τέλος του αιώνα αν συνεχίσουν οι πάγοι να λιώνουν με αυτόν το ρυθμό. Μια τέτοια εξέλιξη θα ήταν καταστροφική για αρκετές περιοχές της γης όπως οι κάτω χώρες και το Μπαγκλαντές. Ένα ακόμη καταστροφικό, για το περιβάλλον, αποτέλεσμα από το φαινόμενο αυτό είναι ότι καθώς θα ανεβαίνει η θερμοκρασία του μονίμως παγωμένου εδάφους αυτό θα εκπέμπει στην ατμόσφαιρα τον άνθρακα που περιέχει, με αποτέλεσμα να επιδεινώνεται ακόμη περισσότερο το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Εκτός από τις κλιματικές αλλαγές η θέρμανση της Αρκτικής θα επηρεάσει δραματικά τους πληθυσμούς ζώων που υπάρχουν στην περιοχή και κατά συνέπεια την ζωή των ανθρώπων που εξαρτώνται από τα συγκεκριμένα ζώα.

3.1.2 Τήξη των πάγων στην περιοχή της Αρκτικής

Στις αρχές Σεπτεμβρίου του 2008 οι πάγοι στην Αρκτική έφτασαν σε ένα από τα πιο χαμηλά επίπεδα όλων των εποχών. Είναι αρκετά ανησυχητικό ότι η κάλυψη αυτή είναι πολύ κοντά στα εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα του 2007. Σύμφωνα με μελέτη που δημοσίευσε, τον

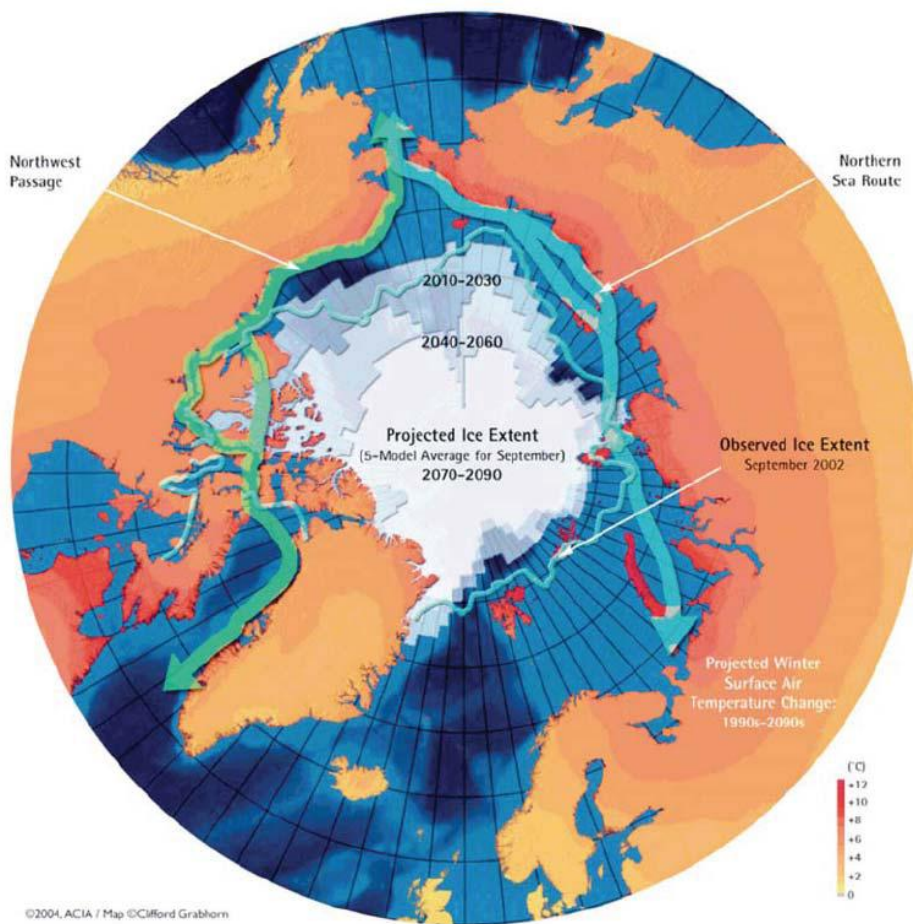
Αυγούστου 2008, το Διεθνές Κέντρο για τα επίπεδα του πάγου (National Snow and Ice Data Center - NSIDC) τα επίπεδα των πάγων για το έτος 2008 έχουν φτάσει στο δεύτερο χαμηλότερο επίπεδο που έχει καταγραφεί τα τελευταία 30 χρόνια. Συγκεκριμένα οι μετρήσεις που έκανα οι επιστήμονες του NSIDC έδειξαν ότι η έκταση που κάλυπταν οι πάγοι την Τρίτη 26 Αυγούστου 2008 ήταν 5,26 εκατ. Χλμ². Ενδεικτικά η χαμηλότερη τιμή που έχει καταγραφεί είναι τα 4,13 εκατ. χλμ² και καταγράφηκε στις 16 Σεπτεμβρίου 2007.

Η Αρκτική στις 26 Αυγούστου 2008.



Source: National Snow and Ice Data Center (NSIDC)

Όπως γίνεται σαφές από το παραπάνω σχήμα η συγκέντρωση του πάγου έχει μειωθεί δραματικά σε σχέση με το 1979 (κόκκινη γραμμή), όπου και άρχισαν οι μετρήσεις του NSIDC. Στην μείωση αυτή συντελεί και το γεγονός ότι η συνεχής απώλεια παλαιότερων και παχύτερων στρωμάτων πάγου κάνει ακόμη πιο «ευάλωτα» τα στρώματα πάγου που δημιουργούνται την περίοδο του χειμώνα. Ως αποτέλεσμα αυτού είναι η κάλυψη της Αρκτικής με πάγο να τείνει να γίνεται όλο και λεπτότερη και νεότερη χρόνο με το χρόνο.



Source: WWF, Arctic Bulletin, 23 December 2004

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η απώλεια των στρωμάτων πάγου για τα τελευταία ογδόντα περίπου χρόνια. Το πιο ανησυχητικό είναι ότι υπάρχει σημαντική μείωση από το 2002 έως σήμερα, ενώ αν η απώλεια συνεχιστεί με αυτό το ρυθμό μέχρι το 2090 η έκταση της Αρκτικής περιοχής που θα καλύπτεται από πάγο θα περιοριστεί αρκετά. Η μείωση των πάγων στην περιοχή σηματοδοτεί και την αύξηση της θερμοκρασίας που με την πάροδο του χρόνου θα αυξάνει ακόμη περισσότερο. Η πρόβλεψη που υπάρχει για το έτος 2090 είναι ότι η θερμοκρασία σε ορισμένες περιοχές της Αρκτικής θα αυξηθεί έως και δώδεκα βαθμούς Κελσίου (12°C) σε σχέση με το 1990.

Αναφορικά με την άνοδο της θερμοκρασίας και το λιώσιμο των πάγων είναι εξαιρετικά ανησυχητικό ότι το έτος 2007 το Βορειοδυτικό Πέρασμα πάνω από τη Βόρεια Αμερική άνοιξε για πρώτη φορά δημιουργώντας έτσι ένα δίαυλο από τον Ατλαντικό στον Ειρηνικό ωκεανό, κατά μήκος των ακτών της Γροιλανδίας, του βόρειου Καναδά και της Αλάσκας. Μέχρι σήμερα το Βορειοδυτικό Πέρασμα ήταν προσβάσιμο μόνο κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, ωστόσο αν οι σημερινές τάσεις αύξησης της θερμοκρασίας συνεχιστούν ο δίαυλος αυτός θα είναι πλεύσιμος καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου.

Εκτιμάται επίσης ότι στο μέλλον θα αποτελεί την εναλλακτική διαδρομή σε σχέση με τη διώρυγα του Παναμά.

3.1.3 Νέες θαλάσσιες οδοί

Η αναζήτηση νέων θαλάσσιων οδών ήταν πάντα ένα ζητούμενο για τον κόσμο της ναυτιλίας. Έτσι λοιπόν το ενδιαφέρον για τον συγκεκριμένο διάυλο υπήρχε από τις αρχές του 15^{ου} αιώνα. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο Ιταλός εξερευνητής Giovanni Caboto ζήτησε βοήθεια από την αυλή της Αγγλίας και τελικά κατάφερε να πείσει τον Ερρίκο τον 7^ο ότι είναι εφικτό να φθάσει στην Ασία, χρησιμοποιώντας μία βορειότερη πορεία από αυτή που ακολούθησε ο Κολόμβος. Τελικά το έτος 1496 ξεκίνησε το ταξίδι του αναζητώντας μέσω Αρκτικής Θάλασσας μια δίοδο διέλευσης με προορισμό την Ασία χωρίς όμως αποτέλεσμα. Αρκετά χρόνια αργότερα (το 1906) ο Νορβηγός εξερευνητής Roald Amundsen κατάφερε να πλοηγήσει το ξύλινο πλοίο του μέσω του βορειοδυτικού περάσματος. Από τότε έχουν καταγραφεί τουλάχιστον 110 διελεύσεις με πλοία ειδικής ενίσχυσης για την αντιμετώπιση των πάγων.

Το πρώτο που πραγματοποίησε ταξίδι εμπορικού ενδιαφέροντος μέσω του διαύλου αυτού είναι το δεξαμενόπλοιο ειδικής ενίσχυσης S/S «MANHATTAN» το οποίο πραγματοποίησε το συγκεκριμένο ταξίδι το 1969. Η συγκεκριμένη γραμμή χρηματοδοτήθηκε από την εταιρεία «Humble oil & refining co.» με σκοπό τη χρήση ειδικών δεξαμενόπλοιων για τροφοδότηση των λιμένων των Η.Π.Α. Αν και το S/S «MANHATTAN» πέτυχε να διέλθει από τη δίοδο, απεδείχθη ότι η τροφοδοσία των λιμένων της Ανατολής μέσω της συγκεκριμένης δόδου ήταν ιδιαίτερα δαπανηρή και γι' αυτό προτιμήθηκε η εγκατάσταση του πετρελαιοαγωγού της Αλάσκας.

Το Βορειοδυτικό πέρασμα



Source: www.Wikipedia.com

Ο Αρκτικός Ωκεανός είναι μια περιοχή αρκετά μεγάλου ενδιαφέροντος τόσο από οικονομικής όσο και από γεωγραφικής άποψης. Ενδεικτικό είναι ότι υπολογίζεται ότι το 20% με 30% των προς ανεύρεση ενεργειακών αποθεμάτων βρίσκονται στην συγκεκριμένη περιοχή. Το παραπάνω ποσοστό αντιστοιχεί σε περίπου 90 δισεκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου. Επιπλέον εκτιμάται ότι στην περιοχή βρίσκονται τεράστια αποθέματα φυσικού αερίου τα οποία αντιστοιχούν στο 30% των αποθεμάτων αερίου που δεν έχουν ακόμη ανακαλυφθεί. Τα γενικότερο οικονομικό κλίμα καθώς και οι υψηλές τιμές μεταφοράς πετρελαίου από τον Ατλαντικό στον Ειρηνικό έχουν οδηγήσει τις κυβερνήσεις των Η.Π.Α., Καναδά, Δανίας, Γροιλανδίας, Νορβηγίας και Ρωσίας στον ανταγωνισμό δικαιωμάτων για την περιοχή. Είναι οξύμωρο ότι οι κλιματικές αλλαγές στην περιοχή έχουν επιφέρει αρκετό οικονομικό ενδιαφέρον, τουλάχιστον προσωρινό, αφού εκτός ότι έχουν ανοίξει νέους δρόμους για την ναυσιπλοΐα παράλληλα έχουν κάνει ευκολότερη την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων ενέργειας της περιοχής.

Το οικονομικό όφελος από την διάνοιξη της διόδου για τις ναυτιλιακές εταιρίες θα είναι αρκετά μεγάλο καθώς πολλά από τα υπερατλαντικά ταξίδια θα διαρκούν αρκετά λιγότερο. Χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι από το Μούρμανσκ μέσω της βορειοδυτικής Αρκτικής διόδου έως το Λος Άντζελες είναι περίπου 8.000 μίλια ενώ το ίδιο ταξίδι μέσω της Δυτικής Αφρικής είναι 11.000 μίλια. Ακόμη μεγαλύτερη διαφορά υπάρχει και στο κυκλικό ταξίδι από Murmansk στο Ulsan της Κορέας το οποίο μέσω του Ακρωτηρίου της Καλής Ελπίδας διαρκεί 102 ημέρες, ενώ μέσω της διόδου της Αρκτικής θα έχει διάρκεια μόνο 55 ημέρες. Επίσης ένα πλοίο από το Λονδίνο έως το Τόκιο περνώντας από την Αρκτική παρακάμπτει τη διώρυγα του Παναμά και κάνει 4500 μίλια λιγότερα (8500 μίλια αντί 13000). Είναι ξεκάθαρο λοιπόν ότι η χρήση του Βορειοδυτικού Περάσματος για την εμπορική ναυσιπλοΐα θα σήμαινε την εξοικονόμηση κατά μέσο όρο τουλάχιστον 4.000 μιλίων στο ταξίδι των πλοίων από την Ευρώπη προς τα λιμάνια της Ανατολής.

Είναι ξεκάθαρο ότι η κλιματική αλλαγή και το λιώσιμο των πάγων της Αρκτικής παρόλο που αποτελεί μια τεράστια περιβαλλοντική καταστροφή έχει δώσει κίνητρα για την οικονομική ανάπτυξη της περιοχής.

Συνέπεια του οικονομικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζει η συγκεκριμένη περιοχή είναι η ύπαρξη μιας διαμάχης μεταξύ των κρατών της περιοχής για τον έλεγχο των εν λόγω υδάτων. Στο επίκεντρο της διαμάχης αυτής βρίσκεται ο Καναδάς, ο οποίος υπερασπίζεται τα δικαιώματά του στο Καναδικό Αρκτικό Αρχιπέλαγος, από το οποίο διέρχεται το Βορειοδυτικό Πέρασμα, υποστηρίζοντας ότι τα ύδατα αυτά αποτελούν τα εθνικά του ύδατα και σαν συνέπεια μπορεί να έχει τον απόλυτο έλεγχο αυτών. Στην αντίπερα όχθη βρίσκονται

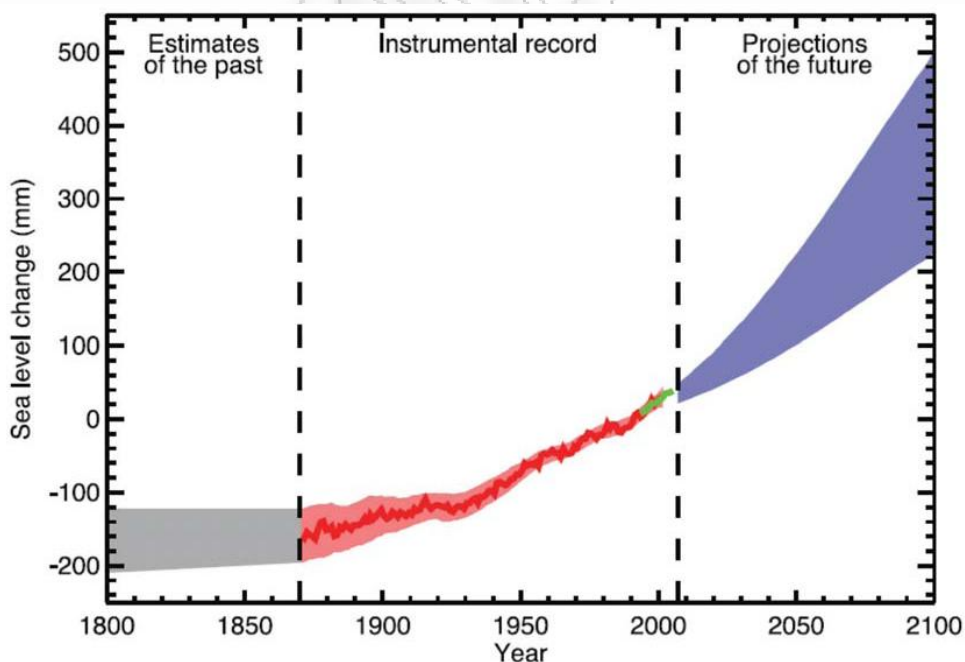
οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά κυρίως η Αμερική, οι οποίοι υποστηρίζουν το πέρασμα αυτό αποτελεί διεθνή ύδατα, στα οποία δεν μπορεί να περιοριστεί η ελεύθερη ναυσιπλοΐα όλων των πλοίων. Αποτέλεσμα της διαμάχης αυτής είναι να έχει δημιουργηθεί μια σειρά περιστατικών κυρίως ανάμεσα στον Καναδά και τις Η.Π.Α. και την ενίσχυση των ναυτικών δυνάμεων και των δυο κρατών στην περιοχή.

3.2 Καιρικές αλλαγές και ναυσιπλοΐα

3.2.1 Στάθμη της θάλασσας

Η στάθμη της θάλασσας για την περίοδο 1961-2003, έχει αυξηθεί κατά μέσο όρο 1,8mm για κάθε έτος σύμφωνα με την τέταρτη έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (Fourth Assessment Report, ή Climate Change 2007). Η αντίστοιχη αύξηση για την περίοδο 1993-2003 ήταν 3,1 mm/έτος, χωρίς όμως να είναι σαφές αν πρόκειται για μακροχρόνια ροπή ή φυσική διακύμανση. Στην ίδια έκθεση υπάρχουν κλιματικά μοντέλα τα οποία προβλέπουν ότι η μέση στάθμη της θάλασσας για το έτος 2100 θα είναι 0,2 μέτρα έως 0,5 μέτρα υψηλότερη απ' ότι ήταν το έτος 2000.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η πρόβλεψη για την μελλοντική αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Είναι φανερό ότι οι μεγαλύτερες μεταβολές στη στάθμη της θάλασσας άρχισαν από τα μέσα περίπου της δεκαετίας του 1990 (πράσινο χρώμα) και συνεχίζονται έως και σήμερα...



Αυτές οι προβλέψεις είναι αρκετά αισιόδοξες σε σχέση με μερικούς ερευνητές της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) οι οποίοι κάνουν λόγο για υποτίμηση της επίδρασης της τήξης των πάγων και ότι η αύξηση της στάθμης της θάλασσας θα μπορούσε να είναι ακόμη και περισσότερο από 1 μέτρο, μέχρι το τέλος του αιώνα που διανύουμε. Βέβαια δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία για την συγκεκριμένη πρόβλεψη.

Η άνοδος της θάλασσας μπορούμε να πούμε ότι επηρεάζει έμμεσα τη ναυσιπλοΐα καθώς δεν ασκεί κάποια άμεση επίδραση αλλά έχει επιπτώσεις στη υποδομή των λιμανιών. Μια άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να επιτρέψει μεγαλύτερη διείσδυση της ενέργειας των κυμάτων στην ακτή προκαλώντας ζημιές στην υποδομή των λιμανιών, ενώ παράλληλα να αυξήσει την συγκέντρωση του άλατος προκαλώντας μεγαλύτερη διάβρωση στις υπάρχουσες υποδομές.

Παρόλη όμως την αρνητική επίπτωση που θα έχει μια ενδεχόμενη αύξηση της στάθμης των θαλασσών θα επιτρέψει την είσοδο μεγαλύτερων πλοίων σε λιμάνια που μέχρι σήμερα δεν μπορούν να ελλιμενιστούν.

3.2.2 Άνεμοι

Η ένταση των ανέμων επηρεάζεται από την αλλαγή της θερμοκρασίας και του κλίματος γενικότερα. Η εποχική κατανομή της ταχύτητας και της κατεύθυνσης του ανέμου, θα μπορούσαν να αλλάξουν αν μεταβληθούν οι παράγοντες που τους επηρεάζουν. Σύμφωνα με πρότυπα μοντέλα συμπεριφοράς των ανέμων, τα οποία συμφωνούν και με τις τελευταίες παρατηρήσεις, προβλέπεται ότι οι μέσης έντασης θύελλες θα είναι συχνότερες και οι ακραίες θύελλες εντονότερες.

Σύμφωνα με την 4η έκθεση της IPCC η αλλαγή της συμπεριφοράς των ανέμων επηρεάζει περισσότερο τις βόρειες περιοχές του πλανήτη (κυρίως τις Σκανδιναβικές χώρες). Αυτό φαίνεται εξ' άλλου από την αύξηση των ανέμων με ταχύτητες άνω των 15 m/s στις περιοχές αυτές. Κάτι τέτοιο επηρεάζει άμεσα την ναυτιλία καθώς ενισχύει τη δυνατότητα δημιουργίας υψηλότερων κυμάτων και θα δημιουργούσε δυσκολία διέλευσης από τα πλοία από τις υπάρχουσες θαλάσσιες οδούς. Μια αύξηση των εντάσεων των ανέμων στην περιοχή αυτή εκτός από την δυσκολία διέλευσης εμπορικών πλοίων θα δημιουργούσε και πρόβλημα στην διέλευση αυτών μέσα από στενά κανάλια καθώς θα μεγιστοποιούσε τον βαθμό δυσκολίας στους ελιγμούς τους.

Ένα ακόμη πρόβλημα από την αύξηση της έντασης των ανέμων είναι η δυσκολία πρόσδεσης των πλοίων στα λιμάνια και κυρίως στα λιμάνια των βόρειων χωρών, όπου προβλέπεται να επηρεασθούν περισσότερο.

3.2.3 Δράση των κυμάτων και freak waves

Η γενικότερη αλλαγή του κλίματος, η αλλαγή της έντασης των ανέμων καθώς και η κατανομή των πάγων στη θάλασσα θα μπορούσαν να επηρεάσουν κατά πολύ την κατάσταση των κυμάτων. Είναι εντυπωσιακό ότι στην 4η έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) αναφέρεται μια σημαντική ετήσια αύξηση του ύψους κυμάτων (H_s) κυρίως κατά την χειμερινή περίοδο. Η αύξηση αυτή παρατηρείται περισσότερο στο Βόρειο Ατλαντικό ωκεανό, στο Βόρειο Ειρηνικό ωκεανό, στον Νοτιοδυτικό Ατλαντικό Ωκεανό, στον Ανατολικό Ινδικό ωκεανό καθώς και στις Ανατολικές και Νότιες θάλασσες της Κίνας.

Εκτός από την αύξηση του ύψους των κυμάτων είναι αρκετά ανησυχητικό ότι τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μια αύξηση των freak waves. Τα freak waves είναι πολύ μεγάλα κύματα και αποτελούν απειλή ακόμη και για τα μεγάλα ποντοπόρα πλοία. Βασικό χαρακτηριστικό των κυμάτων αυτών είναι ότι μπορούν να φτάσουν ακόμα και τα 34 μέτρα σε ύψος και να εμφανιστούν εντελώς ξαφνικά.

Τα τεράστια αυτά κύματα μπορεί να δημιουργηθούν αν συνδυαστούν κανονικά κύματα με διαφορετικές όμως ταχύτητες, οπότε περνούν το ένα πάνω από το άλλο ή αν τα κύματα συναντηθούν με ένα ωκεάνιο ρεύμα. Η αύξηση της εμφάνισης τέτοιων κυμάτων τα τελευταία χρόνια έχει προβληματίσει αρκετούς επιστήμονες σχετικά με τη δημιουργία τους, ενώ δεν είναι λίγοι αυτοί που έχουν συνδέσει την εμφάνιση τέτοιων κυμάτων με τις κλιματικές αλλαγές. Η ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση αυτών των κυμάτων οδήγησε την Ευρωπαϊκή Ένωση να δημιουργήσει ένα επιστημονικό πρόγραμμα αποκαλούμενο MaxWave (Δεκέμβριο 2000) με σκοπό να καταγράψει τα περιστατικά των τεράστιων αυτών κυμάτων.

4. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ

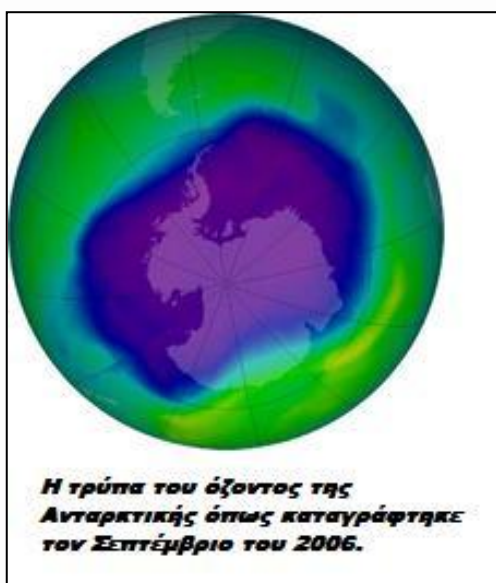
4.1 Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ

4.1.1 Εισαγωγή

«Perhaps the single most successful international agreement to date has been the Montreal Protocol»

Kofi Annan

7th Secretary-General of the United Nations



Αναμφισβήτητα το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ αποτελεί μια από τις πιο επιτυχημένες συμφωνίες για την προστασία του περιβάλλοντος και αποτέλεσε το σημείο έναρξης μιας διεθνούς συνεργασίας με σκοπό την προστασία της στιβάδας του όζοντος.

Το πρωτόκολλο αυτό επέβαλε ουσιαστικά ένα χρονοδιάγραμμα για την εξάλειψη ενός αριθμού ουσιών που επηρεάζουν και καταστρέφουν την στιβάδα του όζοντος τόσο στις αναπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Η συνθήκη αυτή υιοθετήθηκε στις 16 Σεπτεμβρίου 1987, και τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 1989. Σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε το χρονοδιάγραμμα εξάλειψης των επιβλαβών αερίων να μπορεί να αναθεωρείται βάσει περιοδικών επιστημονικών και τεχνολογικών μετρήσεων. Σαν συνέπεια, το πρωτόκολλο αυτό τροποποιήθηκε, με σκοπό να επιταχυνθούν τα προγράμματα εξάλειψης, στο Λονδίνο το 1990, στο Ναϊρόμπι το 1991, στην Κοπεγχάγη το 1992, στην Μπανγκόκ το 1993, στη Βιέννη το 1995, στο Μόντρεαλ το 1997 και στο Πεκίνο το 1999.

Συμπληρώθηκε επίσης με σκοπό να εισάγει πρόσθετα μέτρα ελέγχου και προσθήκη νέων ελεγχόμενων ουσιών. Η τροποποίηση του Λονδίνου του 1990 συμπεριέλαβε πρόσθετα CFCs και δύο διαλύτες ενώ η τροποποίηση της Κοπεγχάγης του 1992 προσέθεσε ανάμεσα στα άλλα και το βρωμομεθάνιο (CH₃Br). Η τροποποίηση του 1997 στο Μόντρεαλ οριστικοποίησε το πρόγραμμα εξάλειψης του βρωμομεθανίου. Ενώ η τροποποίηση του 1999

στο Πεκίνο προσέθεσε και το βρωμοχλωρομεθάνιο (CH₂BrCl) και εισήγαγε έλεγχο παραγωγής για τα HCFCs καθώς και έλεγχο εκμετάλλευσης από τα μη μέλη.

Πιστεύεται ότι αν η διεθνής συμφωνία τηρηθεί και τα μέλη συνεχίσουν τη διακοπή παραγωγής και χρήσης των ουσιών που καταστρέφουν το Όζον, υπολογίζεται ότι μέχρι το 2070 η φυσική παραγωγή του Όζοντος, θα επιτρέψει στη ζώνη του Όζοντος της στρατόσφαιρας, να επιστρέψει στα κανονικά της επίπεδα.

4.1.2 Ελεγχόμενες ουσίες από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ

Η Συνθήκη αναφέρεται σε διάφορες ομάδες αλογονωμένων υδρογονανθράκων για τις οποίες έχει αποδειχθεί ότι επιτελούν ενεργό ρόλο στην καταστροφή του όζοντος. Όλες οι παραπάνω ομάδες περιέχουν χλώριο είτε βρώμιο (ουσίες που περιέχουν μόνο φθόριο δεν βλάπτουν τη στιβάδα του όζοντος). Για κάθε ομάδα ουσιών το πρωτόκολλο προβλέπει ένα χρονοδιάγραμμα μέσα στο οποίο η παραγωγή των ουσιών αυτών θα πρέπει να καταργηθεί σταδιακά και τελικά να εξαλειφθεί.

Προς το παρόν ενενήντα έξι (96) χημικές ουσίες ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ και καθορίζονται στα παραρτήματα Α, Β, Γ και Ε.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ		
ΟΜΑΔΑ	ΟΥΣΙΑ	Ozone-Depleting Potential*
ΟΜΑΔΑ Ι		
CFCl ₃	(CFC-11)	1
CF ₂ Cl ₂	(CFC-12)	1
C2F3Cl3	(CFC-113)	0.8
C2F4Cl2	(CFC-114)	1
C2F5Cl	(CFC-115)	0.6
ΟΜΑΔΑ ΙΙ		
CF2BrCl	(halon-1211)	3
CF3Br	(halon-1301)	10
C2F4Br2	(halon-2402)	6

Source: United Nation Environment Programme (2006), "Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer", 7th Edition

•Το μέγεθος ODP (Ozone depleting Potential) είναι ένας συντελεστής ο οποίος εκφράζει τη δράση των ουσιών που περιέχουν χλώριο στο στρώμα του όζοντος

* Τα ODP είναι εκτιμήσεις που βασίζονται στην υπάρχουσα γνώση και θα αναθεωρηθούν κατά περιόδους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β:ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ		
ΟΜΑΔΑ	ΟΥΣΙΑ	Ozone-Depleting Potential
ΟΜΑΔΑ Ι		
CF ₃ Cl	(CFC-13)	1
C ₂ FCl ₅	(CFC-111)	1
C ₂ F ₂ Cl ₄	(CFC-112)	1
C ₃ FCl ₇	(CFC-211)	1
C ₃ F ₂ Cl ₆	(CFC-212)	1
C ₃ F ₃ Cl ₅	(CFC-213)	1
C ₃ F ₄ Cl ₄	(CFC-214)	1
C ₃ F ₅ Cl ₃	(CFC-215)	1
C ₃ F ₆ Cl ₂	(CFC-216)	1
C ₃ F ₇ Cl	(CFC-217)	1
ΟΜΑΔΑ ΙΙ		
CCl ₄	carbon tetrachloride	1.1
ΟΜΑΔΑ ΙΙΙ		
C ₂ H ₃ Cl ₃ *	1,1,1-trichloroethane*	0.1
	(methyl chloroform)	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ:ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ			
ΟΜΑΔΑ	ΟΥΣΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΙΣΟΜΕΡΩΝ	Ozone-Depleting Potential*
ΟΜΑΔΑ Ι			
CHFC ₂	(HCFC-21)**	1	0.04
CHF ₂ Cl	(HCFC-22)**	1	0.055
CH ₂ FCI	(HCFC-31)	1	0.02
C ₂ HFCl ₄	(HCFC-121)	2	0.01-0.04
C ₂ HF ₂ Cl ₃	(HCFC-122)	3	0.02-0.08
C ₂ HF ₃ Cl ₂	(HCFC-123)	3	0.02-0.06
CHCl ₂ CF ₃	(HCFC-123)**	-	0.02
C ₂ HF ₄ Cl	(HCFC-124)	2	0.02-0.04
CHFCICF ₃	(HCFC-124)**	-	0.022
C ₂ H ₂ FCI ₃	(HCFC-131)	3	0.007-0.05
C ₂ H ₂ F ₂ Cl ₂	(HCFC-132)	4	0.008-0.05
C ₂ H ₂ F ₃ Cl	(HCFC-133)	3	0.02-0.06
C ₂ H ₃ FCI ₂	(HCFC-141)	3	0.005-0.07
CH ₃ CFCl ₂	(HCFC-141b)**	-	0.11
C ₂ H ₃ F ₂ Cl	(HCFC-142)	3	0.008-0.07
CH ₃ CF ₂ Cl	(HCFC-142b)**	-	0.065
C ₂ H ₄ FCI	(HCFC-151)	2	0.003-0.005
C ₃ HFCl ₆	(HCFC-221)	5	0.015-0.07
C ₃ HF ₂ Cl ₅	(HCFC-222)	9	0.01-0.09
C ₃ HF ₃ Cl ₄	(HCFC-223)	12	0.01-0.08

C ₃ HF ₄ Cl ₃	(HCFC-224)	12	0.01-0.09
C ₃ HF ₅ Cl ₂	(HCFC-225)	9	0.02-0.07
CF ₃ CF ₂ CHCl ₂	(HCFC-225ca)**	-	0.025
CF ₂ CICF ₂ CHClF	(HCFC-225cb)**	-	0.033
C ₃ HF ₆ Cl	(HCFC-226)	5	0.02-0.10
C ₃ H ₂ FCl ₅	(HCFC-231)	9	0.05-0.09
C ₃ H ₂ F ₂ Cl ₄	(HCFC-232)	16	0.008-0.10
C ₃ H ₂ F ₃ Cl ₃	(HCFC-233)	18	0.007-0.23
C ₃ H ₂ F ₄ Cl ₂	(HCFC-234)	16	0.01-0.28
C ₃ H ₂ F ₅ Cl	(HCFC-235)	9	0.03-0.52
C ₃ H ₃ FCl ₄	(HCFC-241)	12	0.004-0.09
C ₃ H ₃ F ₂ Cl ₃	(HCFC-242)	18	0.005-0.13
C ₃ H ₃ F ₃ Cl ₂	(HCFC-243)	18	0.007-0.12
C ₃ H ₃ F ₄ Cl	(HCFC-244)	12	0.009-0.14
C ₃ H ₄ FCl ₃	(HCFC-251)	12	0.001-0.01
C ₃ H ₄ F ₂ Cl ₂	(HCFC-252)	16	0.005-0.04
C ₃ H ₄ F ₃ Cl	(HCFC-253)	12	0.003-0.03
C ₃ H ₅ FCl ₂	(HCFC-261)	9	0.002-0.02
C ₃ H ₅ F ₂ Cl	(HCFC-262)	9	0.002-0.02
C ₃ H ₆ FCl	(HCFC-271)	5	0.001-0.03
ΟΜΑΔΑ	ΟΥΣΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΙΣΟΜΕΡΩΝ	Ozone-Depleting Potential*
ΟΜΑΔΑ II			
CHBr ₂		1	1.00
CHF ₂ Br	(HBFC-22B1)	1	0.74
CH ₂ FBr		1	0.73
C ₂ HFBr ₄		2	0.3-0.8
C ₂ HF ₂ Br ₃		3	0.5-1.8
C ₂ HF ₃ Br ₂		3	0.4-1.6
C ₂ HF ₄ Br		2	0.7-1.2
C ₂ H ₂ FBr ₃		3	0.1-1.1
C ₂ H ₂ F ₂ Br ₂		4	0.2-1.5
C ₂ H ₂ F ₃ Br		3	0.7-1.6
C ₂ H ₃ FBr ₂		3	0.1-1.7
C ₂ H ₃ F ₂ Br		3	0.2-1.1
C ₂ H ₄ FBr		2	0.07-0.1
C ₃ HFBr ₆		5	0.3-1.5
C ₃ HF ₂ Br ₅		9	0.2-1.9
C ₃ HF ₃ Br ₄		12	0.3-1.8
C ₃ HF ₄ Br ₃		12	0.5-2.2
C ₃ HF ₅ Br ₂		9	0.9-2.0
C ₃ HF ₆ Br		5	0.7-3.3
C ₃ H ₂ FBr ₅		9	0.1-1.9
C ₃ H ₂ F ₂ Br ₄		16	0.2-2.1
C ₃ H ₂ F ₃ Br ₃		18	0.2-5.6

C ₃ H ₂ F ₄ Br ₂		16	0.3-7.5
C ₃ H ₂ F ₅ Br		8	0.9-1.4
C ₃ H ₃ FBr ₄		12	0.08-1.9
C ₃ H ₃ F ₂ Br ₃		18	0.1-3.1
C ₃ H ₃ F ₃ Br ₂		18	0.1-2.5
C ₃ H ₃ F ₄ Br		12	0.3-4.4
C ₃ H ₄ FBr ₃		12	0.03-0.3
C ₃ H ₄ F ₂ Br ₂		16	0.1-1.0
C ₃ H ₄ F ₃ Br		12	0.07-0.8
C ₃ H ₅ FBr ₂		9	0.04-0.4
C ₃ H ₅ F ₂ Br		9	0.07-0.8
C ₃ H ₆ FBr		5	0.02-0.7
ΟΜΑΔΑ ΙΙΙ			
CH ₂ BrCl	bromochloromethane	1	0.12

*Όπου υπάρχει εύρος τιμών στα ODPs, τότε η μεγαλύτερη αξία είναι αυτή που θα χρησιμοποιηθεί για τους σκοπούς του Πρωτοκόλλου. Οι ODPs που εμφανίζονται δίχως εύρος τιμών έχουν καθοριστεί βάσει εργαστηριακών μετρήσεων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε:ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ		
ΟΜΑΔΑ	ΟΥΣΙΑ	Ozone-Depleting Potential
ΟΜΑΔΑ Ι		
CH ₃ Br	(βρωμομεθάνιο)	0.6

4.1.3 Προγράμματα εξάλειψης ελεγχόμενων ουσιών

Τα προγράμματα εξάλειψης των ουσιών που καταστρέφουν την στοιβάδα του Οζοντος για τις αναπτυγμένες χώρες έχουν ως έξης:

- Μη χρήση των Halons μέχρι το 1994.
- Μη χρήση των CFCs, του τετραχλωράνθρακα, του μεθυλοχλωροφορμίου και των HBFCs μέχρι το 1996.
- Μείωση του μεθυλοχλωροφορμίου μέχρι 25% από το 1999, 50% μέχρι το 2001, 70% μέχρι το 2003 και απόσυρση μέχρι το 2005.
- Μείωση των HCFCs έως 35% μέχρι το 2004, 65% μέχρι το 2010, 90% μέχρι το 2015 και με 0,5 επιτρεπόμενη ποσότητα για λόγους συντήρησης μέχρι το 2030.
- Μη χρήση των HBFCs μέχρι το 1996 και άμεση μη χρήση του βρωμοχλωρομεθανίου.

Τα προγράμματα εξάλειψης των ουσιών που καταστρέφουν την στριβάδα του Όζοντος για τις αναπτυσσόμενες χώρες έχουν ως έξης:

- Μη χρήση των HBFCs μέχρι το 1996 και άμεση μη χρήση του βρωμοχλωρομεθανίου.
- Χωρίς μεταβολή των CFCs, Halons και τετραχλωράνθρακα στα κατά μέσο όρο επίπεδα των ετών 1995-1997, μείωση 50% μέχρι το 2005, 85% μέχρι το 2007 και ολοκληρωτική μη χρήση μέχρι το 2010.
- Χωρίς μεταβολή του μεθυλοχλωροφορμίου μέχρι το 2003 στα κατά μέσο όρο επίπεδα των ετών 1998-2000, μείωση τους μέχρι 30% έως το 2005, 70% έως το 2010 και μη χρήση έως το 2015
- Χωρίς μεταβολή των HCFCs έως το 2016 στα επίπεδα του 2015 και μη χρήση τους έως το 2040.

Οι αναπτυσσόμενες χώρες έχουν προθεσμία μέχρι να αρχίσουν τα προγράμματα μη χρήσης, γεγονός που σημαίνει ότι οι αναπτυσσόμενες χώρες είναι υπεύθυνες για το κύριο μέρος των συνολικών εκπομπών στην ατμόσφαιρα.

Έτσι η τροποποίηση στο Πεκίνο μεταξύ των άλλων αναφέρει τα εξής περιοριστικά μέτρα [ν.1818/1988 (ΦΕΚ 253 Α)]: Γ. Άρθρο 2ΣΤ, παράγραφος 8. Η ακόλουθη παράγραφος προστίθεται μετά την παράγραφο 7 του Άρθρου 2ΣΤ του πρωτοκόλλου:

«Κάθε Συμβαλλόμενο Μέρος που παράγει μια ή περισσότερες από αυτές τις ουσίες μεριμνά ώστε κατά, τη δωδεκάμηνη περίοδο που αρχίζει από την 1^η Ιανουαρίου 2004, και για κάθε επόμενη δωδεκάμηνη περίοδο, το υπολογιζόμενο επίπεδο του παραγωγής των ελεγχόμενων ουσιών της Ομάδας I του Παραρτήματος Γ να μην υπερβαίνει, ετησίως, το μέσο όρο:

α) του αθροίσματος του υπολογιζόμενου επιπέδου του κατανάλωσης, κατά το 1989, των ελεγχόμενων ουσιών της Ομάδας I του Παραρτήματος Γ και του 2,8% του υπολογιζόμενου επιπέδου κατανάλωσής, κατά το 1989, των ελεγχόμενων ουσιών της Ομάδας I του Παραρτήματος Α και

β) του αθροίσματος του υπολογιζόμενου επιπέδου του παραγωγής, κατά το 1989, των ελεγχόμενων ουσιών της Ομάδας I του Παραρτήματος Γ και του 2,8% του υπολογιζόμενου επιπέδου παραγωγής, κατά το 1989, των ελεγχόμενων ουσιών της Ομάδας I του Παραρτήματος Α.

Εντούτοις, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι βασικές εγχώριες ανάγκες των Συμβαλλόμενων Μερών που λειτουργούν στο πλαίσιο της παραγράφου 1 του άρθρου 5, το υπολογιζόμενο επίπεδο παραγωγής μπορεί να υπερβεί αυτό το όριο μέχρι δεκαπέντε τοις εκατό του υπολογιζόμενου επιπέδου παραγωγής των ελεγχόμενων ουσιών της Ομάδας I του Παραρτήματος Γ, όπως καθορίζεται ανωτέρω.»

Η τροποποίηση του 1999 στο Πεκίνο προστέθηκε και το Βρωμοχλωρομεθάνιο (CH₂BrCl). Συνεπώς έχουμε:

Δ.Άρθρο 2Θ

Το ακόλουθο άρθρο προστίθεται μετά το Άρθρο 2Η του Πρωτοκόλλου:

Άρθρο 2Θ:Βρωμοχλωρομεθάνιο.

«Κάθε Συμβαλλόμενο Μέρος μεριμνά ώστε, κατά τη δωδεκάμηνη περίοδο που αρχίζει από την 1η Ιανουαρίου 2002, και για κάθε επόμενη δωδεκάμηνη περίοδο, το υπολογιζόμενο επίπεδο παραγωγής και κατανάλωσης της ελεγχόμενης ουσίας της Ομάδας III του Παραρτήματος Γ να μην υπερβαίνει τη μηδενική τιμή. Η παρούσα παράγραφος ισχύει στο βαθμό που τα Συμβαλλόμενα Μέρη δεν αποφασίσουν να επιτρέψουν το επίπεδο παραγωγής ή κατανάλωσης που είναι απαραίτητο για να ικανοποιηθούν χρήσεις που έχουν συμφωνηθεί από αυτά ως βασικές.»

4.1.4 Οργανισμοί υποστήριξης αναπτυσσόμενων χωρών

Δύο σημαντικοί οργανισμοί, που δημιουργήθηκαν για να στηρίξουν κυρίως τις αναπτυσσόμενες χώρες ώστε να μπορέσουν να εφαρμόσουν με επιτυχία το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ είναι η Παγκόσμια Περιβαλλοντική Μέριμνα (GEF) αλλά και το Πολυμερές Ταμείο(MULTILATERAL FUND).

Η Παγκόσμια Περιβαλλοντική Μέριμνα (GEF), ιδρύθηκε το 1991, και καθιερώθηκε από την παγκόσμια επιτροπή με σκοπό να βοηθήσει τις υπό ανάπτυξη χώρες (αναπτυσσόμενες) να χειριστούν το πρόβλημα της μείωσης της στοιβάδας του Όζοντος, της αλλαγής του κλίματος και της μόλυνσης στα Διεθνή ύδατα. Η Παγκόσμια Περιβαλλοντική Μέριμνα (GEF) υποστηρίζει προϊόντα και ενέργειες που αποσκοπούν στην απόσυρση ουσιών, οι οποίες συμβάλλουν στη μείωση του Όζοντος σε χώρες με οικονομία που βρίσκεται σε μεταβατικό στάδιο. Οι χώρες της Ανατολικής Ευρώπης, της Κεντρικής Ασίας και η Ρωσική Ομοσπονδία χρηματοδοτούνται από την Παγκόσμια Περιβαλλοντική Μέριμνα (GEF). Από το 1991 μέχρι

το 2004 η Παγκόσμια Περιβαλλοντική Μέριμνα (GEF) έχει διαθέσει περισσότερα από 177 εκατομμύρια δολάρια σε έργα για την σταδιακή κατάργηση των ουσιών που καταστρέφουν το Όζον και 182 εκατομμύρια δολάρια σε συγχρηματοδοτήσεις .

Το Πολυμερές Ταμείο (Multilateral Fund) ιδρύθηκε με απόφαση της Δεύτερης Συνάντησης των Μερών του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ στο Λονδίνο, Ιούνιος 1990 και ξεκίνησε τη λειτουργία του το 1991. Ο κύριος στόχος του είναι να βοηθηθούν τα συμβαλλόμενα μέρη αναπτυσσόμενων χωρών του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ όπου η ετήσια κατά κεφαλήν κατανάλωση και παραγωγή ουσιών που ελαττώνουν το όζον (ODSs) είναι λιγότερη από 0,3 κιλά (kg) προκειμένου να εναρμονιστούν με τα μέτρα ελέγχου του Πρωτοκόλλου. Τα Μέλη του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ τα οποία ικανοποιούν αυτά τα κριτήρια αναφέρονται ως χώρες οι οποίες υπάγονται στο άρθρο 5. Οι συνεισφορές στο Πολυμερές Ταμείο από τις αναπτυγμένες χώρες ή χώρες εκτός άρθρου 5, αξιολογούνται σύμφωνα με την κλίμακα αξιολόγησης των Ηνωμένων Εθνών.

Η οικονομική και η τεχνική βοήθεια παρέχεται υπό μορφή επιχορηγήσεων ή δανείων με ευνοϊκούς όρους και παρέχεται μέσω τεσσάρων Οργανισμών:

- Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον (UNEP)
- Αναπτυξιακό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNDP)
- Παγκόσμια Τράπεζα
- Οργανισμός Βιομηχανικής Ανάπτυξης Ηνωμένων Εθνών (UNIDO).

4.1.5. Επικύρωση του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ

Μέχρι και τις 16 Σεπτεμβρίου 2009, όλες οι χώρες των Ηνωμένων Εθνών έχουν επικυρώσει το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ. Το Ανατολικό Τιμόρ αποτέλεσε την πιο πρόσφατη χώρα που επικύρωσε την συμφωνία.

Κατάσταση επικύρωσης Πρωτοκόλλου:						
	Συνέδριο Βιέννης	Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ	Τροποποίηση Λονδίνου	Τροποποίηση Κοπεγχάγης	Τροποποίηση Μόντρεαλ	Τροποποίηση Πεκίνου
Σύνολο Χωρών	196	196	193	190	177	158

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΚΥΡΩΣΗΣ
ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ ΜΟΝΤΡΕΑΛ

Βοσνία και Ερζεγοβίνη, Αρμενία, Αίγυπτος, Μπαγκλαντές, Μπουρούντι, Βενεζουέλα (Βολιβιανής Δημοκρατίας), Σενεγάλη, Σλοβενία, Καμπότζη, Παπούα Νέα Γουινέα, Λετονία, Κύπρος, Καμερούν, Ιαπωνία, Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό, Βέλγιο, Πράσινο Ακρωτήριο, η Νιγηρία, Λευκορωσία, Κομόρες, Κεντροαφρικανική Δημοκρατία, Αϊτή, Παλάου, Σουηδία, Χιλή, Μαυριτανία, Ινδονησία, Καζακστάν, Δημοκρατία της Τσεχίας, Σαουδική Αραβία, Μπενίν, Σομαλία, Ελ Σαλβαδόρ, Άγιος Βικέντιος και Γρεναδίνες, Παναμά, Αυστρία, Γαλλία, Ελβετία, Μαρόκο, Σουδάν, Γκαμπόν, Μοζαμβίκη, Νίγηρας, Κένυα, Γκάμπια, Τυνησία, Βιετνάμ, Ανδόρα, Γουιάνα, Ναούρο, Γουινέα-Μπισσάου, Αραβική Δημοκρατία της Συρίας, Ιράν (Ισλαμική Δημοκρατία), Βολιβία, Ζιμπάμπουε, Αντίγκουα και Μπαρμπούντα, Ισραήλ, Ομάν, Κόστα Ρίκα, Τζιμπουτί, Ιταλία, Ηνωμένο Βασίλειο της Μεγάλης Βρετανίας και της Βόρειας Ιρλανδίας, Ισπανία, Αγκόλα, Κιριμπάτι, Τατζικιστάν, Μογγολία, Τσαντ, Κουβέιτ, Φινλανδία, Ζάμπια, Λαϊκή Δημοκρατία της Κορέας, Λάος, Λαϊκή Δημοκρατία, Κροατία, Βανουά, Σαμόα, Λίβανο, Περού, Ιορδανία, Κιργιστάν, Λιχτενστάιν, Αλβανία, Μαλάουι, Μπελίτζ, Λουξεμβούργο, Εσθονία, Λιθουανία, Δομινικανή Δημοκρατία, Μάλτα, Ελλάδα, Ισημερινός, Καναδάς, Μεξικό, Ντομίνικα, Γρενάδα, Τζαμάικα, Νεπάλ, Μικρονησία (Ομόσπονδες Πολιτείες), Ισημερινή Γουινέα, Κολομβία, Ολλανδία, Ιρλανδία, Δανία, Γερμανία, Νικαράγουα, Ακτή Ελεφαντοστού, Αγία Έδρα, Σεϋχέλλες, Νορβηγία, Γκάνα, Δημοκρατία της Μολδαβίας, Μυανμάρ, Πακιστάν, Βραζιλία, Αυστραλία, Ινδία, Παραγουάη, Μπαχάμες, Μποτσουάνα, Σγκαπούρη, Πολωνία, Κίνα, Κούβα, Ονδούρα, Κατάρ, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, Νήσοι Κοκ, Νιούε, Ρουμανία, Δημοκρατία της Κορέας, Μπαχρέιν, Μπρούνι, Νταρουσάλαμ, Ρουάντα, Μονακό, Σερβία, Αζερμπαϊτζάν, Σαν Μαρίνο, Μπουτάν, Φίτζι, Μαυροβούνιο, Σάο Τομέ και Πρίνσιπε, Ουγγαρία, Μπουρκίνα Φάσο, Ουκρανία, Σλοβακία, Αγία Λουκία, Τρινιδάδ και Τομπάγκο, Μάλι, Νήσοι Σολομώντος, Αφγανιστάν, Φιλιππίνες, Πορτογαλία, Σουρινάμ, Νότια Αφρική, Λιβερία, Τουβαλού, Σουαζιλάνδη, Νήσοι Μάρσαλ, Λιβύη Αραβική Τζαμαχίρια, Αιθιοπία, Ταϊλάνδη, Γουατεμάλα, Μαδαγασκάρη, Ουρουγουάη, Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας, Ερυθραία, Άγιος Χριστόφορος και Νέβις, Ρωσική Ομοσπονδία, Ανατολικό Τιμόρ, Μπαρμπάνς, Κονγκό, Ευρωπαϊκή Κοινότητα, Τόγκο, Λεσόθο, Γουινέα, Ιράκ, Τόνγκα, Ισλανδία, Μαλαισία, Σιέρα Λεόνε, Τουρκία, Ναμίμπια, Αλγερία, Βουλγαρία, Ουγκάντα, Σρι Λάνκα, Ενωμένη Δημοκρατία της Τανζανίας, Μαλδίβες, Ουζμπεκιστάν, Μαυρίκιος, Αργεντινή, Τουρκμενιστάν, Υεμένη, Γεωργία, Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, Νέα Ζηλανδία

4.2 Πρωτόκολλο του Κιότο

4.2.1 Εισαγωγή

“Humanity is sitting on a ticking time bomb. If the vast majority of the world's scientists are right, we have just ten years to avert a major catastrophe that could send our entire planet into a tail-spin of epic destruction involving extreme weather, floods, droughts, epidemics and killer heat waves beyond anything we have ever experienced.”

Al Gore

45th Vice President of the United States

Το Πρωτόκολλο του Κιότο αποτελεί μια διεθνή συμφωνία η οποία συνδέεται με τη Συνθήκη-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Αλλαγές (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC).



Source: Wikipedia

Το πράσινο χρώμα αντιπροσωπεύει τις χώρες που έχουν υπογράψει και που έχουν επικυρώσει το Πρωτόκολλο, με κίτρινο χρώμα οι χώρες που έχουν υπογράψει και πρόκειται να επικυρώσουν το Πρωτόκολλο ενώ με κόκκινο χρώμα έχουν υπογράψει δεν προτίθενται ακόμη να το επικυρώσουν

Το κύριο χαρακτηριστικό του πρωτοκόλλου του Κιότο είναι ότι θέτει δεσμευτικούς στόχους για τις 37 βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες και αυτές της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Στόχος των χωρών αυτών είναι να

μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου σε ποσοστό 5,2% για την περίοδο 2008-2012, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.

Η μεγαλύτερη διάκριση μεταξύ του πρωτοκόλλου και της σύμβασης είναι ότι η σύμβαση ενθάρρυνε τις βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες για τη σταθεροποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ το πρωτόκολλο δεσμεύει τις εν λόγω χώρες να το πράξουν.

Το πρωτόκολλο του Κιότο υιοθετήθηκε στις 11 Δεκεμβρίου του 1997 στο Κιότο της Ιαπωνίας ενώ τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005. Το πρωτόκολλο αυτό μέχρι σήμερα έχει επικυρωθεί από 184 συμβαλλόμενα μέλη.

4.2.2 Ελεγχόμενες ουσίες από το Πρωτόκολλο του Κιότο

Οι στόχοι του Πρωτοκόλλου καλύπτουν την εκπομπή έξι κύριων αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτά είναι τα εξής:

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
- Μεθάνιο (CH₄)
- Υποξείδιο του αζώτου (N₂O)
- Υδροφθοράνθρακες (HFCs)
- Υπερφθοράνθρακες (PFCs)
- Εξαφθοριούχο θείο (SF₆)

Source: UNFCCC

Αναγνωρίζοντας ωστόσο ότι οι ανεπτυγμένες χώρες είναι κυρίως υπεύθυνες για τα σημερινά υψηλά επίπεδα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα λόγω της πολυετούς βιομηχανικής δραστηριότητας, το πρωτόκολλο δίνει μεγαλύτερη επιβάρυνση στα ανεπτυγμένα κράτη στο πλαίσιο της αρχής της «κοινές αλλά διαφοροποιημένες ευθύνες».

Για τον λόγο αυτό, προβλέπει τον καταμερισμό των ευθυνών ανά χώρα ως εξής:

Χώρες που συμμετέχουν στο Πρωτόκολλο του Κιότο	Στόχοι εκπομπών (2008/2012)*
Ε.Ε., Βουλγαρία, Δημοκρατία της Τσεχίας, Εσθονία, Λετονία, Λιχτενστάιν, Λιθουανία, Μονακό, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Ελβετία	-8%
ΗΠΑ	-7%
Καναδάς, Ουγγαρία, Ιαπωνία, Πολωνία	-6%
Κροατία	-5%
Νέα Ζηλανδία, Ρωσική Ομοσπονδία, Ουκρανία	0
Νορβηγία	+1%
Αυστραλία	+8%
Ισλανδία	+10%

Source: UNFCCC

*Μείωση ή αύξηση % σε σχέση με τα επίπεδα του 1990

4.2.3 Προγράμματα εξάλειψης ελεγχόμενων ουσιών

Για να μπορέσουν να επιτύχουν τους στόχους τους, οι χώρες αυτές πρέπει να εφαρμόσουν εθνικές πολιτικές και μέτρα. Το Πρωτόκολλο παρέχει έναν ενδεικτικό κατάλογο πολιτικών και μέτρων που μπορούν να μειώσουν τις κλιματικές αλλαγές και να προωθήσουν την αειφόρο ανάπτυξη.

Οι χώρες που συμμετέχουν στο Πρωτόκολλο μπορούν να επιτύχουν τους στόχους τους είτε μειώνοντας τις εκπομπές τους είτε, εναλλακτικά, χρησιμοποιώντας παράλληλα και κάποιους από τους λεγόμενους “ευέλικτους μηχανισμούς” που διαθέτει το Πρωτόκολλο.

Συνοπτικά, οι μηχανισμοί αυτοί είναι οι εξής τρεις:

- το Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism, CDM),
- το Μηχανισμό Κοινής Εφαρμογής (Joint Implementation, JI),
- την Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών (Emission Trading, ET).

Οι μηχανισμοί αυτοί έχουν σχεδιαστεί ώστε να βοηθήσουν τις χώρες του Πρωτοκόλλου να μειώσουν το κόστος της επίτευξης των στόχων των εκπομπών τους, εκμεταλλευόμενες τις δυνατότητες να μειώσουν τα αέρια θερμοκηπίου ή να αυξήσουν την αφαίρεσή τους, που κοστίζουν λιγότερο σε άλλες χώρες από ό,τι στη δική τους.

a) Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism, CDM)

Οι Μηχανισμοί Καθαρής Ανάπτυξης προτάθηκαν από τις εκβιομηχανισμένες χώρες ως μέσο για την εκπλήρωση -με μεγαλύτερη ευελιξία- 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.

b) Μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής (Joint Implementation, JI)

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 (μείωση εκπομπών) κατά την περίοδο 2008-2012.

c) Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών (Emission Trading, ET)

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 του θερμοκηπίου 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 επιτρεπτό ανώτατο όριο εκπομπών.

4.2.4 Επικύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο

Το πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005 –90 ημέρες μετά από τη συμφωνία 55 χωρών τα οποία αντιπροσώπευαν τουλάχιστον το 55% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα το έτος 1990. Μέχρι και τις 26 Αυγούστου του 2009 184 χώρες είχαν επικυρώσει το Πρωτόκολλο του Κιότο.

ΧΩΡΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΚΥΡΩΣΑΝ ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ

Αλβανία, Αλγερία, Αγκόλα, Αντίγκουα και Μπαρμπούντα, Αργεντινή, Αρμενία, Αυστραλία, Αυστρία, Αζερμπαϊτζάν, Μπαχάμες, Μπαχρέιν, Μπανγκλαντές, Μπαρμπάντος, Λευκορωσία, Βέλγιο, Μπελίζ, Μπενίν, Μπουτάν, Βολιβία, Βοσνία, και Ερζεγοβίνη, Μποτσουάνα, Βραζιλία, Βουλγαρία, Μπουρκίνα Φάσο, Μπουρούντι, Καμπότζη, Καμερούν, Καναδάς, Ακρωτήριο Βέρντε, Κεντροαφρικανική Δημοκρατία, Χιλή, Κίνα, Κολομβία, Κομόρες, Κονγκό, Κόστα Ρίκα, Ακτή Ελεφαντοστού, Κροατία, Κούβα, Κύπρος, Δημοκρατία της Τσεχίας, Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό, Δανία, Τζιμπουτί, Δομίνικα, Δομινικανή Δημοκρατία, Ισημερινός, Αιγύπτου, Ελ Σαλβαδόρ, Ισημερινός, Γουινέα, Ερυθραία, Εσθονία, Αιθιοπία, Φίτζι, Φινλανδία, Γαλλία, Γκαμπόν, Γκάμπια, Γεωργία, Γερμανία, Γκάνα, Ελλάδα, Γρενάδα, Γουατεμάλα, Γουινέα, Γουινέα-Μπισσάου, Γουιάνα, Αϊτή, Ονδούρα, Ουγγαρία, Ισλανδία, Ινδία, Ινδονησία, Ιράν, Ιρλανδία, Ισραήλ, Ιταλία, Τζαμάικα, Ιαπωνία, Ιορδανία, Καζακστάν, Κένυα, Κιριμπάτι, Κουβέιτ, Κιργιστάν, Λάος, Λετονία, Λίβανος, Λεσόθο, Λιβερία, Λιβύη, Λιχτενστάιν, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Μακεδονία, Μαδαγασκάρη, Μαλάουι, Μαλαισία, Μαλδίβες, Μαλί, Μάλτα, Νησιά Μάρσαλ, Μαυριτανία, Μαυρίκιος, Μεξικό, Μικρονησία, Μολδαβία, Μονακό, Μογγολία, Μαυροβούνιο, Μαρόκο, Μοζαμβίκη, Μιανμάρ, Ναμίμπια, Ναούρου, Νεπάλ, Κάτω Χώρες, Νέα Ζηλανδία, Νικαράγουα, Νίγηρας, Νιγηρία, βόρεια Κορέα, Νορβηγία, Ομάν, Πακιστάν, Παλάου, Παναμάς, Παπούα, Νέα Γουινέα, Παραγουάη, Περού, Φιλιππίνες, Πολωνία, Πορτογαλία, Κατάρ, Ρουμανία, Ρωσία, Ρουάντα, Άγιος Κιτς και Νέβις, Αγία Λούκια, Άγιος Βικέντιος και Γρεναδίνες, Σαμόα, Σάουν Τομέ και Πρίνσιπε, Σαουδική Αραβία, Σενεγάλη, Σερβία, Σεϋχέλλες, Σιέρα Λεόνε, Σιγκαπούρη, Σλοβακία, Σλοβενία, νήσοι του Σολομώντος, Νότια Αφρική, Νότια Κορέα, Ισπανία, Σρι Λάνκα, Σουδάν, Σουρινάμ, Σουαζιλάνδη, Σουηδία, Ελβετία, Συρία, Τατζικιστάν, Τανζανία, Ταϊλάνδη, Ανατολικό Τιμόρ, Τόγκο, Τόνγκα, Τρινιτάδ και Τομπάγκο, Τυνησία, Τουρκία, Τουρκμενιστάν, Τουβαλού, Ουγκάντα, Ουκρανία, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, Ηνωμένο Βασίλειο, Ουρουγουάη, Ουζμπεκιστάν, Βανουάτου, Βενεζουέλα, Βιετνάμ, Υεμένη, Ζάμπια, Ζιμπάμπουε.

4.3 Marpol 73/78 & Τεχνικός Κώδικας NOx

4.3.1 Εισαγωγή

“So we have a choice to make. We can remain one of the world's leading importers of foreign oil, or we can make the investments that would allow us to become the world's leading exporter of renewable energy. We can let climate change continue to go unchecked, or we can help stop it.”

Barack Obama

President of United States



Source: Wikipedia

Το πράσινο χρώμα αντιπροσωπεύει τις χώρες που έχουν υπογράψει και που έχουν επικυρώσει την Συνθήκη Marpol

Τα θέματα που αφορούν τη θαλάσσια ρύπανση ρυθμίζονται κυρίως από την Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO), μέσω συμβάσεων, πρωτοκόλλων και οδηγιών. Η Συνθήκη MARPOL είναι η κύρια διεθνής σύμβαση που καλύπτει την πρόληψη ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τα πλοία είτε από αίτια λειτουργικά είτε από τυχαία αίτια. Είναι ένας συνδυασμός μιας συνθήκης, που υιοθετήθηκε το 1973 και ενός πρωτοκόλλου κατά το έτος 1978.

Η συνθήκη MARPOL αποτελείται από τα ακόλουθα παραρτήματα:

Παράρτημα I ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΦΥΓΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΕΚ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ

Παράρτημα II ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΕΠΙΒΛΑΒΕΙΣ ΥΓΡΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Παράρτημα III ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΕΠΙΒΛΑΒΕΙΣ ΟΥΣΙΕΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΦΕΡΟΝΤΑΙ ΔΙΑ ΘΑΛΑΣΣΗΣ ΑΠΟ ΠΛΟΙΑ ΣΕ ΣΥΣΚΕΥΑΣΜΕΝΗ ΜΟΡΦΗ

Παράρτημα IV ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΔΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΦΥΓΗ ΡΥΠΑΝΣΕΩΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΗΣ ΕΚ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Παράρτημα V ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΦΥΓΗ ΡΥΠΑΝΣΕΩΣ ΕΚ ΤΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Παράρτημα VI ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΑΠΟ ΠΛΟΙΑ

4.3.2 Παράρτημα VI της Δ.Σ MARPOL 73/78

Στο πλαίσιο του νέου πρωτοκόλλου στη Σύμβαση MARPOL 73/78, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) ενέκρινε το 1997 το Παράρτημα VI το οποίο περιλαμβάνει κανονισμούς για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από πλοία. Το παράρτημα αυτό έχει τεθεί σε ισχύ από τις 19 Μαΐου 2005. Με τις διατάξεις του εν λόγω Παραρτήματος θεσπίζονται ενιαίοι κανόνες που στοχεύουν στη λήψη συγκεκριμένων μέτρων για τον έλεγχο και την πρόληψη της ρύπανσης του αέρα από τα πλοία. Ειδικότερα, μεταξύ των λοιπών απαιτήσεων, περιλαμβάνονται ρυθμίσεις, υπό μορφή κανονισμών, με τις οποίες καθορίζονται οι ανώτατα επιτρεπόμενες περιεκτικότητες του καυσίμου (fuel oil) που χρησιμοποιούν τα πλοία σε θείο, τα επίπεδα εκπομπών οξειδίων του αζώτου για μηχανές diesel πλοίων καθώς και τα ληπτέα μέτρα σε λιμάνια και τερματικούς σταθμούς για την υποδοχή δεξαμενόπλοιων στα οποία μπορεί να απαιτηθεί η ύπαρξη συστημάτων ελέγχου εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs).

4.3.3. Ελεγχόμενες ουσίες από τη Συνθήκη Marpol 73/78

Σύμφωνα με τους εννοιολογικούς προσδιορισμούς του υπόψη Νόμου, ως «εκπομπή» νοείται οποιαδήποτε απελευθέρωση ουσιών από πλοία στον αέρα ή στη θάλασσα, που υπόκειται σε έλεγχο από το Παράρτημα VI της Δ.Σ. MARPOL 73/78.

1.Οξείδια του αζώτου (NOx)

Ο Κανονισμός αυτός εφαρμόζεται σε κάθε μηχανή diesel με ισχύ μεγαλύτερη από 130 KW, η οποία εγκαθίσταται σε ένα πλοίο το οποίο κατασκευάστηκε μετά την 1η Ιανουαρίου 2000 και κάθε μηχανή diesel με ισχύ μεγαλύτερη από 130 KW, η οποία υπόκειται σε μετασκευή ευρείας έκτασης μετά την 1η Ιανουαρίου 2000. Μετασκευή ευρείας έκτασης σημαίνει η τροποποίηση μιας μηχανής όταν αυτή αντικαθίσταται από μία νέα μηχανή που κατασκευάστηκε μετά την 1η Ιανουαρίου 2000. Επίσης μετασκευή ευρείας έκτασης μπορεί να έχουμε όταν γίνεται οποιαδήποτε σημαντική μετατροπή στη μηχανή ή όταν η μέγιστη συνεχής απόδοση των στροφών της μηχανής 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 g/KWh όταν το n^* είναι μικρότερο από 130 rpm
- $45,0 \times n - (-0.2)$ 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,

* n είναι η ονομαστική ταχύτητα της μηχανής.

Ο Κανονισμός αυτός δεν εφαρμόζεται σε μηχανές diesel έκτακτης ανάγκης (ηλεκτρογεννήτριες), μηχανές πρόωσης σωσίβιων λέμβων και σε οποιαδήποτε συσκευή ή εξοπλισμό που χρησιμοποιείται αποκλειστικά σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης .

2. Οξείδια του θείου (SOx)

Με τον Κανονισμό αυτό 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). Ως περιοχές ελέγχου εκπομπών SOx (SECA) έχουν καθορισθεί, η Βαλτική θάλασσα, η Βόρειος Θάλασσα και το Στενό της Μάγχης.

Περαιτέρω, για τα πλοία που βρίσκονται εντός των προαναφερόμενων περιοχών SECA, θα πρέπει να ικανοποιείται τουλάχιστον μία από τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- η περιεκτικότητα του θείου στο καύσιμο πετρέλαιο να μην υπερβαίνει το 1,5% κ.β.

- να υπάρχει σύστημα καθαρισμού καυσαερίων, εγκεκριμένο από την Αρχή, που εφαρμόζεται στη μηχανή του πλοίου, συμπεριλαμβανομένων των κύριων ή βοηθητικών μηχανών πρόωσης, για τη μείωση των ολικών εκπομπών οξειδίων του θείου.
- Το συνολικό βάρος εκπομπής διοξειδίου του θείου δεν θα υπερβαίνει τα 6 γραμμάρια ανά κιλοβατώρα (συνολικό βάρος εκπομπής $\leq 6,0 \text{ g SO}_x/\text{KWh}$) ή θα εφαρμόζεται οποιαδήποτε άλλη ισοδύναμη τεχνολογική μέθοδος για τον περιορισμό των εκπομπών SO_x , εντός των παραπάνω ορίων, εγκεκριμένη από την Αρχή.
- Για τον έλεγχο συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού, σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε θείο του καυσίμου πετρελαίου ($S \leq 4,5\%$ κ.β. είτε $S \leq 1,5\%$ κ.β. σε περιοχές ελέγχου εκπομπών SO_x), αυτή θα αναφέρεται στο δελτίο παράδοσης του καυσίμου (bunker delivery note), με ευθύνη του προμηθευτή.

3. Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs)

Στον Κανονισμό αυτό 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 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.

4. Αέρια θερμοκηπίου (greenhouse gases)

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_2 από τη διεθνή ναυτιλία ανέρχεται σε 843 εκατομμύρια τόνους, ή 2,7% των παγκόσμιων εκπομπών του CO_2 , 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 περιγράφηκαν από τη διακυβερνητική επιτροπή στην αλλαγή κλίματος (IPCC) και, ελλείψει κανονισμών σχετικά με τις εκπομπές του CO₂ 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.

4.3.4. Αναθεωρημένο παράρτημα VI της Δ.Σ MARPOL 73/78 και NO_x Τεχνικό κώδικα

Τον Οκτώβριο του 2008 η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) ενέκρινε τις προτεινόμενες τροποποιήσεις στο MARPOL Παράρτημα VI σχετικά με τους κανονισμούς για την μείωση των επιβλαβών εκπομπών από τα πλοία όπως τα οξείδια του θείου, ενώ παράλληλα αναθεώρησε και το NO_x Τεχνικό κώδικα για την μείωση των επιβλαβών εκπομπών από τα οξείδια του αζώτου (NO_x) και τα αιωρούμενα σωματίδια.

Κανονισμοί SO_x

Οι βασικές αλλαγές είναι στην σταδιακή μείωση των εκπομπών οξειδίων θείου (SO_x) από τα πλοία ως εξής:

- 3,50% από την 1^η Ιανουαρίου του 2012
- 0,5% από την 1^η Ιανουαρίου του 2020
- 1,0% από την 1^η Μαρτίου του 2010
- 0,10% από την 1^η Ιανουαρίου 2015

Βασική προϋπόθεση για τα παραπάνω είναι η πραγματοποίηση μιας μελέτης η οποία θα εξασφαλίζει ότι η βιομηχανία καυσίμων θα δύναται να παρέχει την ζητούμενη ποσότητα καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο και η οποία θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί μέχρι το 2018. Αν η μελέτη αυτή υποδείξει ότι το όριο του 0,50% δεν είναι εφικτό μέχρι το 2020, τότε θα αναβληθεί μέχρι την 1η Ιανουαρίου του 2025. Παράλληλα συμφωνήθηκαν, με τους πιο αυστηρούς έλεγχους, και οι εκπομπές των οξειδίων του αζώτου (NO_x).

Κανονισμοί NOx για τις νέες μηχανές

Η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) MEPC συμφώνησε με τις τροποποιήσεις που επιβεβαιώνουν την προτεινόμενη δομή τριών επιπέδων για τις νέες μηχανές, οι οποίες θα καθόριζαν τα σταδιακά αυστηρότερα όρια εκπομπής οξειδίων αζώτου για τις νέες μηχανές ανάλογα με την ημερομηνία της εγκατάστασής τους.

Η σειρά I ισχύει για μια μηχανή diesel που εγκαθίσταται σε ένα σκάφος που κατασκευάζεται από την 1ης Ιανουαρίου 2000 και πριν από την 1η Ιανουαρίου 2011 και αντιπροσωπεύει τα πρότυπα 17 g/kW που ορίζονται στο υπάρχον παράρτημα VI. Για τη σειρά II, τα επίπεδα εκπομπής NOx για μια μηχανή diesel που εγκαθίσταται σε ένα σκάφος που κατασκευάζεται από την 1ης Ιανουαρίου 2011 θα μειώνονταν σε 14.4g/kWh. Για τη σειρά III, τα επίπεδα εκπομπής NOx για μια μηχανή diesel που εγκαθίσταται σε ένα σκάφος που κατασκευάζεται από την 1ης Ιανουαρίου 2016 θα μειώνονταν σε 3.4 g/kWh, όταν το πλοίο κινείται σε μια οριζόμενη περιοχή ελέγχου εκπομπής. Έξω από μια οριζόμενη περιοχή ελέγχου εκπομπής, ισχύει το όριο της σειράς II.

Όρια NOx για τις υπάρχουσες μηχανές.

Η MEPC συμφώνησε με όριο εκπομπής NOx 17 g/kW για μια μηχανή diesel με ισχύ μεγαλύτερη από 5.000 kW και εκτόπισμα ανά κύλινδρο 90 λίτρα ή περισσότερο, που εγκαταστάθηκαν σε ένα πλοίο κατασκευής 1ης Ιανουαρίου 1990 και μετά αλλά πριν από την 1η Ιανουαρίου 2000.

4.3.5 Επικύρωση της συνθήκης MARPOL

Η συνθήκη Marpol τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005 αφού πρώτα εξασφάλισε την συμμετοχή του ελάχιστου αριθμού κρατών (15 κράτη) τα οποία ελέγχουν ένα συνδυασμένο εμπορικό GRT, περισσότερο από το 50% του παγκόσμιου συνόλου. Μέχρι σήμερα 161 χώρες συμμετέχουν στην συνθήκη Marpol.

ΧΩΡΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΚΥΡΩΣΑΝ ΤΗΝ ΣΥΝΘΗΚΗ MARPOL

Αλγερία, Αγκόλα, Αντίγκουα και Μπαρμπούντα, Αργεντινή, Αυστραλία, Αζερμπαϊτζάν, Αυστρία, Μπαχάμες, Μπανγκλαντές, Μπαρμπάντος, Λευκορωσία, Βέλγιο, Μπελίζ, Μπενίν, Βολιβία, Βραζιλία, Μπρούναι, Βουλγαρία, Βιρμανία, Καμπότζη, Καναδάς, Πράσινο Ακρωτήριο, Χιλή, Κίνα, Κολομβία, Κομόρες, Κονγκό, Ακτή Ελεφαντοστού, Κροατία, Κούβα, Κύπρος, Τσέχικη Δημοκρατία, Δανία, Τζιμπουτί, Δομινικά, Δομινικανή Δημοκρατία, Εκουαδόρ, Αίγυπτος, Ισημερινή Γουινέα, Εσθονία, Φινλανδία, Γαλλία, Γκαμπόν, Γκάμπια, Γεωργία, Γερμανία, Γκάνα, Ελλάδα, Γουατεμάλα, Γουινέα, Γουιάνα, Ονδούρα, Ουγγαρία, Ισλανδία, Ινδία, Ινδονησία, Ιράν, Ιρλανδία, Ισραήλ, Ιταλία, Τζαμάικα, Ιαπωνία, το Καζακστάν, την Κένυα, τη Βόρεια Κορέα, Νότια Κορέα, Λετονία, Λίβανος, Λιβερία, Λιβύη, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Μαλάουι, Μαλαισία, Μάλτα, Νήσοι Μάρσαλ, Μαυριτανία, Μαυρίκιος, Μεξικό, Μολδαβία, Μονακό, Μογγολία, Μαρόκο, Μοζαμβίκη, Ναμίμπια, Ολλανδία, Νέα Ζηλανδία, Νικαράγουα, Νιγηρία, Νορβηγία, Ομάν, Πακιστάν, Παναμάς, Παπούα Νέα Γουινέα, Περού, Φιλιππίνες, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Ρωσία, Άγιος Χριστόφορος και Νέβις, Αγία Λουκία, Άγιος Βικέντιος και Γρεναδίνες, Σαμόα, Σάο Τομέ και Πρίνσιπε, Σενεγάλη, Σερβία και Μαυροβούνιο, Σεϋχέλλες, Σιέρα Λεόνε, Σιγκαπούρη, Σλοβακία, Σλοβενία, Νήσοι Σολομώντος, Νότια Αφρική, Ισπανία, Σρι Λάνκα, Σουρινάμ, Σουηδία, Ελβετία, Συρία, Τόγκο, Τόνγκα, Τρινιτάντ και Τομπάγκο, Τυνησία, Τουρκία, Τουβαλού, Ουκρανία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ηνωμένες Πολιτείες, Ουρουγουάη, Βανουάτου, Βενεζουέλα, Βιετνάμ

4.4 Ευρωπαϊκή νομοθεσία για τους ρύπους και τα αέρια του θερμοκηπίου

4.4.1 Θεσμοθετημένα πρότυπα εκπομπής για τα μέσα μεταφοράς

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει νόμους και έχει εκδώσει αντίστοιχες οδηγίες σχετικά με την μείωση των εκπομπών αερίων από τα μέσα μεταφοράς. Τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπής (European emission standards) που έχουν θεσπιστεί καθορίζουν τα αποδεκτά όρια εκπομπής αερίων από τα οχήματα που κινούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα πρότυπα αυτά ανανεώνονται με την προοδευτική εισαγωγή όλο και αυστηρότερων κριτηρίων.

Συνοπτικά τα πρότυπα εκπομπής που ισχύουν σήμερα αλλά και αυτά που πρόκειται να τεθούν είναι:

- Euro 1 (1993):
- Για επιβατικά αυτοκίνητα - 91/441/EEC.
- Για επιβατικά αυτοκίνητα και ελαφρά φορτηγά - 93/59/EEC.
- Euro 2 (1996) για επιβατικά αυτοκίνητα - 94/12/EC (& 96/69/EC)
- Euro 3 (2000) για όλα τα οχήματα - 98/69/EC
- Euro 4 (2005 για όλα τα οχήματα - 98/69/EC (& 2002/80/EC)
- Euro 5 (2008/2009) και Euro 6 (2014) για επιβατικά αυτοκίνητα και ελαφρά φορτηγά - 2007/715/EC

Οι οδηγίες αυτές δεν ισχύουν για τα πλοία ωστόσο αποτελούν τον προπομπό για την θέσπιση αντίστοιχων οδηγιών στο άμεσο μέλλον και για την ναυτιλία.

4.4.2 Οδηγίες και στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις εκπομπές πλοίων.

Η Ε.Ε. έχει λάβει μια σειρά από μέτρα και οδηγίες προκειμένου να μειώσει τους ρύπους από την ναυτιλία. Οι κυριότερες οδηγίες και μέτρα που αφορούν την ναυτιλία σχετικά με τις εκπομπές αέριων ρύπων είναι οι εξής:

- Η οδηγία 2001/81/EC η οποία δεσμεύει την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Commission) στην υποβολή έκθεσης σχετικά με το βαθμό επιρροής στον σχηματισμό του όζοντος από τις εκπομπές αερίων από τις θαλάσσιες μεταφορές .
- Η οδηγία 1999/32/EC η οποία θέτει τα όρια της περιεκτικότητας του θείου στα καύσιμα που χρησιμοποιούνται από τα πλοία που κινούνται στα χωρικά ύδατα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Η οδηγία 94/63/EC η οποία αναφέρεται στον έλεγχο των πτητικών οργανικών ενώσεων (ΠΟΕ) στους λιμένες όπου γίνεται η φόρτωση και η εκφόρτωση των σκαφών.
- Ο κανονισμός (EC) με αριθμό 2037/2000 στον οποίο γίνεται αναφορά σχετικά με τις ουσίες που μειώνουν το στρώμα του όζοντος.
- Το πρόγραμμα «καθαρός αέρας για την Ευρώπη» (Clean Air For Europe, CAFE) το οποίο αντιμετωπίζει όλες τις πηγές ατμοσφαιρικών εκπομπών.

- Το έκτο πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον (sixth Environment Action Programme) το οποίο στοχεύει στην επίτευξη του επιπέδου ατμοσφαιρικής ποιότητας το οποίο δεν θα έχει αρνητικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, καθώς και στο να σταθεροποιηθούν οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου προκειμένου να αποτραπούν οι αφύσικες αλλαγές του κλίματος.

Οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης από την ισχύ των μέτρων αυτών είναι να μειωθούν οι εκπομπές:

- του διοξειδίου του θείου (SO₂).
- των οξειδίων του αζώτου (NO_x).
- των αιωρούμενων σωματιδίων (particulate matters).
- των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs).
- των διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).
- του όζοντος από όλα τα σκάφη που κινούνται στα ύδατα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η επικοινωνία που υπάρχει μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει συντελέσει στο να επιτευχθούν κοινές κινήσεις δράσης για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι. Οι κοινές αυτές κινήσεις δράσης περιλαμβάνουν:

- Το συντονισμό των θέσεων των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης με το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) ο οποίος πιέζει για όλο και πιο αυστηρά μέτρα προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές από τα σκάφη.
- Την έγκριση της πρότασης-οδηγίας 2005/33/EC που τροποποιεί την οδηγία 1999/32/EC προκειμένου να περιορίσει την περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων πλοίων.
- Την εφαρμογή της οδηγίας (2006/339/EC) σχετικά με την ηλεκτροδότηση των πλοίων από την ξηρά σύμφωνα με την οποία συνιστάται στα κράτη μέλη να εξετάσουν τη δυνατότητα δημιουργίας εγκαταστάσεων για την ηλεκτροδότηση ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά.

5. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αποτελεί πλέον αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί μείζων πρόβλημα για την ανθρωπότητα. Όπως είναι κοινώς αποδεκτό, τα τελευταία έτη έχει παρατηρηθεί έξαρση των ακραίων καιρικών φαινομένων με ισχυρό αντίκτυπο στο περιβάλλον αλλά και τον άνθρωπο. Τα φαινόμενα αυτά, όπως οι πλημμύρες, οι πυρκαγιές λόγω των παρατεταμένων ξηρών περιόδων, η τήξη των πάγων, οι τυφώνες και η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη οφείλονται κυρίως στην αλλοίωση της σύστασης της ατμόσφαιρας.

Η αλλοίωση της σύστασης της ατμόσφαιρας έχει προκαλέσει το φαινόμενο του θερμοκηπίου το οποίο αποτελεί και την μεγαλύτερη απειλή για την κλιματικής ισορροπίας. Για την αντιμετώπισή λοιπόν του φαινομένου αυτού θα πρέπει να μειωθούν, ή ακόμη και να εξαλειφθούν, οι ατμοσφαιρικοί ρύποι με σημαντικότερο το διοξείδιο του άνθρακα. Κάτι τέτοιο όμως απαιτεί θεμελιώδεις αλλαγές τόσο στη δομή της κοινωνίας όσο και στην νοοτροπία του ανθρώπου. Ενδεικτικά αναφέρουμε ορισμένα μέτρα που θα μπορούσαν να μειώσουν δραστικά την ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τα μέτρα αυτά είναι:

- Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές όπως η ηλιακή, η αιολική, η γεωθερμική, η υδροηλεκτρική, είτε η ενέργεια από βιομάζα.
- Η μείωση της κυκλοφορίας των παλαιάς τεχνολογίας οχημάτων ή η αντικατάσταση τους με νεότερης τεχνολογίας τα οποία θα τηρούν πιο αυστηρά πρότυπα ρύπων και η ταυτόχρονη προώθηση της χρήσης των μέσων μαζικής μεταφοράς.
- Η χρήση υβριδικών και ηλιακών οχημάτων.
- Η προώθηση των βιολογικών καλλιεργειών η οποία περιορίζει την χρήση συνθετικών αζωτούχων λιπασμάτων.

Όπως όλες οι οικονομικές δραστηριότητες έτσι και η ναυτιλία αποτελεί επιβαρυντικό παράγοντα για το περιβάλλον. Τα τελευταία έτη έχει παρατηρηθεί ότι το θαλάσσιο περιβάλλον οδηγείται στην υποβάθμιση και την καταστροφή του. Οι εκπομπές ρύπων των πλοίων οδηγούν στη μεταβολή της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα γεγονός το οποίο προκαλείται σε μεγάλο βαθμό από την καύση των ορυκτών καυσίμων και ιδιαίτερα από τα στοιχεία του άνθρακα που περιέχονται στο πετρέλαιο. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω οι κυριότεροι αέριοι ρύποι που εκπέμπονται από τη ναυτιλία και επηρεάζουν το περιβάλλον είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το διοξείδιο του θείου (SO₂), το διοξείδιο του αζώτου

(NO₂), οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCS), το όζον (O₃) καθώς και τα αιωρούμενα σωματίδια (PM-Particular Matter).

Προκειμένου να μειωθούν όλοι οι παραπάνω ρύποι και να αντιμετωπιστεί η κλιματική αλλαγή έχουν ενεργοποιηθεί ανά τον κόσμο πολλές κυβερνητικές και μη οργανώσεις με σκοπό την θέσπιση και την τήρηση νόμων σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος. Οι νόμοι αυτοί, οι βασικότεροι των οποίων έχουν αναλυθεί παραπάνω, αποτελούν θεμέλιο λίθο για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων και την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούν.

Εκτός όμως από την τήρηση των νομοθετικών πλαισίων που υπάρχουν σχετικά με την μείωση των ρύπων, προκειμένου να αντιμετωπιστεί πλήρως το πρόβλημα, κρίνεται αναγκαία η εφαρμογή αρκετών μέτρων, μερικά εκ των οποίων είναι αρκετά δαπανηρά για τις επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον χώρο της ναυτιλίας. Μια μακροχρόνια εφαρμογή των μέτρων αυτών όμως κρίνεται απαραίτητη, καθώς είναι πολύ σημαντικό να διατηρηθεί το περιβάλλον όσο το δυνατόν λιγότερο επηρεασμένο από την μέχρι τώρα καταστροφική δραστηριότητα του ανθρώπου.

Συνεπώς είναι ιδιαίτερα σημαντική η δημιουργία ρυθμίσεων που θα επιβάλλουν οικολογικότερα καύσιμα, που θα εφαρμόσουν τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και μέτρα για την αποθείωση των καυσίμων στα διωλιστήρια. Ορισμένα μέτρα που θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τα πλοία είναι τα εξής:

- Το καταλυτικό μοριακό φίλτρο (Catalyzed Particular Filter) το οποίο μειώνει κατά πολύ τις εκπομπές ρύπων ενός πλοίου αφού τους επεξεργάζεται προτού απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα.
- Το σύστημα ανακυκλοφορίας καυσαερίων (Exhaust Gas Recirculation) το οποίο μειώνει τις εκπομπές οξειδίου του αζώτου ψύχοντας και χρησιμοποιώντας ξανά ένα μέρος των καυσαερίων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη απόδοση των καυσίμων και παράλληλα την μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.
- Η επιλεκτική καταλυτική αναγωγή (Selective Catalytic Reduction, SCR) η οποία βασίζεται στην χρήση ενός ειδικού καταλυτικού μετατροπέα ο οποίος επεξεργάζεται τα καυσαέρια του κινητήρα και μειώνει τις εκπομπές NO_x.
- Η μέθοδος σύλληψης και αποθήκευσης CO₂ (CO₂ capture and storage, CGS) σύμφωνα με την οποία το CO₂ που προκύπτει από την καύση των ορυκτών καυσίμων συλλαμβάνεται, μεταφέρεται, και τελικά αποθηκεύεται ακίνδυνα σε έναν υπόγειο γεωλογικό σχηματισμό (geological formation) που μπορεί να είναι είτε υπόγειος είτε υποθαλάσσιος.

- Οι κυψέλες καυσίμων (fuel cells) οι οποίες με την βοήθεια ενός μηχανισμού μετατρέπουν το υδρογόνο και το οξυγόνο σε νερό, παράγοντας ταυτόχρονα με τη διαδικασία αυτή, ηλεκτρισμό και θερμότητα.
- Η χρήση της πυρηνικής ενέργειας η οποία απελευθερώνεται κατά τη σχάση ή σύντηξη των πυρήνων και εφόσον η πυρηνική αντίδραση είναι ελεγχόμενη (όπως συμβαίνει στην καρδιά ενός πυρηνικού αντιδραστήρα) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει ενεργειακές ανάγκες. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούσε να χρησιμοποιείται και ως μέσο πρόωσης στα πλοία και με τον τρόπο αυτό να συμβάλλει στην μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.
- Η ηλεκτροδότηση των πλοίων από τη στεριά η οποία θα μπορούσε αν εφαρμοζόταν ευρέως να συντελέσει έως ένα βαθμό στη μείωση εκπομπών από τα πλοία. Λέγοντας ηλεκτροδότηση πλοίων από τη ξηρά εννοούμε τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος από τα πλοία το οποίο παράγεται από χερσαίες μονάδες για όσο διάστημα αυτά είναι ελλιμενισμένα. Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από χερσαίες μονάδες κατά τον ελλιμενισμό θα συμβάλλει αρκετά στην βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα και στην περιοχή του λιμένα.

Ορισμένες βέβαια από τις παραπάνω τεχνικές εφαρμόζονται ήδη σε πλοία, άλλες αναμένεται να εφαρμοστούν, ενώ κάποιες άλλες είναι ακόμη υπό έρευνα. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονίσουμε ότι μια οικολογική προσέγγιση προς το θαλάσσιο περιβάλλον δημιουργεί νέες προοπτικές οικονομικής εξέλιξης καθώς αναπτύσσει νέες τεχνολογίες και δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας. Για το λόγο αυτό, εκτός από τις αυστηρότερες νομοθετικές ρυθμίσεις που αφορούν τους ατμοσφαιρικούς ρύπους, θα πρέπει να δοθούν κίνητρα και για την περαιτέρω εξέλιξη των «πράσινων» τεχνολογιών.

Η σύγχρονη ναυτιλία, η οποία αποτελεί και μια από τις κυριότερες επιχειρηματικές δραστηριότητες, θα πρέπει να λειτουργεί με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος όπως άλλωστε θα πρέπει να γίνεται και με το σύνολο των επιχειρήσεων ανά την υφήλιο. Η επίτευξη ενός τέτοιου στόχου είναι αρκετά δύσκολη στις μέρες μας καθώς υπάρχουν οικονομικοί παράγοντες που αποτελούν τροχοπέδη στην προσπάθεια αυτή ενώ παράλληλα το νομοθετικό πλαίσιο δεν είναι ακόμη πλήρες ώστε να την υποστηρίξει.

Παρ' όλα όμως τα προβλήματα που παρουσιάζονται κατά την εφαρμογή μιας πιο οικολογικής πολιτικής και την ήδη εκτεταμένη καταστροφή που έχει υποστεί το περιβάλλον αν εφαρμοστούν τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης και καταστολής της ατμοσφαιρικής ρύπανσης υπάρχει ακόμη το περιθώριο αναστολής της κλιματικής αλλαγής περιορίζοντας παράλληλα και όλα τα δυσμενή φαινόμενα που έχουν προκληθεί με την εμφάνιση της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Air Resources Board (2005) “Air Resources Board Adopts Measures to Reduce Emissions from Goods Movement Activities”, www.arb.ca.gov/newsrel/nr120805.htm. (Accessed 2/11/2009)

American Geophysical Union (2009), Earth - Oceans - Atmosphere - Space - Planets, <http://www.agu.org/>, (Accessed 25/10/2009)

André Jol (2008), “Impacts of Europe's changing climate— 2008 indicator-based assessment” , Joint EEA-JRC - WHO report, EEA Report No 4/2008, JRC Reference Report No JRC47756, Introduction, http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4/ (accessed 20/10/2009)

André Jol and Markus Erhard (EEA) (2008), “Impacts of Europe's changing climate— 2008 indicator-based assessment” , Joint EEA-JRC - WHO report, EEA Report No 4/2008, JRC Reference Report No JRC47756, Executive Summary, http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4/ (accessed 20/10/2009)

Arctic Council (2009), “Arctic Marine Shipping Assessment 2009 Report” <http://arctic-council.org/filearchive/amsa2009report.pdf> (Accessed 13/11/2009)

Bettina Menne (WHO/Europe) (2008), “Impacts of Europe's changing climate— 2008 indicator-based assessment” , Joint EEA-JRC - WHO report, EEA Report No 4/2008, JRC Reference Report No JRC47756, Human Health, http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4/ (accessed 20/10/2009)

Caitlin Gall & Marcos Van Rafelghem (2006), “Marine Emission Reduction Options For Hong Kong and the Pearl River Delta Region”, http://www.civic-exchange.org/eng/upload/files/200603_MarineEmission.pdf (accessed 26/11/2009)

Carbon Dioxide Information Analysis Centre <http://cdiac.ornl.gov/> (Accessed 25/10/2009)

E.Manahan Stanley (1991), “Environmental chemistry”, 5th edition, Lewis publisher

European Commission (1996), “Ambient air pollution by particulate matter - Draft position paper”, version 4.0

European Commission (2004), “MAXWAVE, Monsters of the deep”, http://ec.europa.eu/research/infocentre/export/success/article_707_en.html (Accessed 19/10/2009)

European Environmental Bureau- European Federation for Transport and Environment, Seas at Risk - Swedish NGO Secretariat on Acid Rain (November 2004), “Air pollution from ships”, [http://www.eeb.org/activities/air/ship-briefing-nov04-\(1\).pdf](http://www.eeb.org/activities/air/ship-briefing-nov04-(1).pdf) (accessed 25/11/2209)

European Union (2002), Summary of EU legislation, “Strategy to reduce atmospheric emissions from seagoing ships”, http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/l28131_en.htm (Accessed 15/10/2009)

European Union (2005), Directive 2005/33/EC of the European Parliament and of the Council amending Directive 1999/32/EC, <http://www.cefor.no/Horinger/Dokumenter/EU%20Directive%20re%20sulphur%20content%20of%20marine%20fuels.PDF> (accessed 20/11/2009)

European Union (2005), Directive 94/63/EC of the European Parliament and of the Council of 20th September of 1994 <http://ec.europa.eu/environment/air/legis.htm> (accessed 13/11/2009)

European Union (2006), Summary of EU legislation, “Nitrogen dioxide”, http://europa.eu/legislation_summaries/environment/air_pollution/l28032_en.htm (Accessed 15/10/2009)

European Union (2006), Summary of EU legislation, “Sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air”, http://europa.eu/legislation_summaries/environment/air_pollution/l28098_en.htm, (Accessed 15/10/2009)

Frank Raes (JRC/IES)) and Jelle van Minnen(2008), “Impacts of Europe's changing climate— 2008 indicator-based assessment” , Joint EEA-JRC - WHO report, EEA Report No 4/2008, JRC Reference Report No JRC47756, The climate system and human activities,

Observed climate change impacts http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4/ (accessed 20/10/2009)

Hong Kong merchant shipping information note No 18/2005 (2005), “MARPOL annex VI and its implementation in Hong Kong” <http://www.mardep.gov.hk/en/msnote/pdf/msin0518.pdf> (accessed 25/11/2009)

http://climate.wwf.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=170 (Accessed 25/10/2009)

http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas (Accessed 19/10/2009)

Institute of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing, (2005), Division of air pollution Control, <http://env.tsinghua.edu.cn/Eng/Research/Info.aspx?SID=16> (accessed 25/11/2009)

Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): Full report In: Climate Change 2007: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, P http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf (accessed 15/10/2009)

Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): Summary for Policymakers. 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 [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf> (Accessed 15/10/2009)

International Maritime Organisation (2005), Marine Environment. “ANNEX VI Prevention of Air Pollution from Ships”, <http://www.imo.org/> (Accessed 20/10/2009)

International Maritime Organisation (2007), Marine Environment. “Review of Marpol Annex VI and the NOx Technical Code”, <http://www.epa.gov/oms/regs/nonroad/marine/ci/6-22unitedstates.pdf>

International Maritime Organisation (2009), “Prevention of air pollution from ships”, Marine Environment Protection Committee. 59th session, Agenda item 4, http://www.transportenvironment.org/docs/mepc59_ghg_study.pdf. (Accessed 2/11/2009)

International Energy Agency (2009), Climate Change, http://www.iea.org/subjectqueries/keyresult.asp?KEYWORD_ID=4106 (accessed 12/10/2009)

International Energy Agency (2009), Renewable Energy, http://www.iea.org/subjectqueries/keyresult.asp?KEYWORD_ID=4116 (accessed 12/10/2009)

Jelle van Minnen (ETC/ACC); Pavel Šťastný (EEA) and Rita van Dingenen (JRC/IES) (2008), “Impacts of Europe's changing climate— 2008 indicator-based assessment” , Joint EEA-JRC - WHO report, EEA Report No 4/2008, JRC Reference Report No JRC47756, Atmosphere and climate, http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4/ (accessed 20/10/2009)

Kevin A. Baumert, Timothy Herzog Jonathan Pershing (2005), Navigating the numbers _ Greenhouse Gas Data and International Climate Policy, World Resources Institute , Author calculations, based on BP, 2005. http://pdf.wri.org/navigating_numbers.pdf accessed (16/10/2009)

McQuilling Services LLC, (2007), “T a n k e r s The Northwest Passage No. 31 ~ 26 September 2007 <http://www.mcqservices.com/pdf/NW%20Passage.pdf> (Accessed 14/11/2009)

National Oceanic and Atmospheric Administration (2009), “Climate”, <http://www.noaa.gov/climate.html> (accessed 3/11/2009)

National Snow and Ice Data Centre (2009), Arctic Sea Ice News & Analysis, <http://nsidc.org/arcticseaicenews/index.html> (Accessed 13/11/2009)

PIANC the World Association for Waterborne Transport Infrastructure (2008), “Climate change and navigation, 2008”, EnviCom Task Group 3 <http://www.pianc.org/downloads/envicom/envicom-free-tg3.pdf> (accessed 5/11/2009)

Radley Horton, Celine Herweijer, Cynthia Rosenzweig, Jiping Liu, Vivien Gornitz, and Alex C. Ruane (2008), Sea level rise projections for current generation CGCMs based on the semi-empirical method http://pubs.giss.nasa.gov/docs/2008/2008_Horton_etal.pdf (accessed 15/11/2009)

Star crest Consulting Group LLC (2005) Port of Los Angeles Baseline Air Emissions Inventory - 2001, Executive Summary, http://www.portoflosangeles.org/DOC/REPORT_Final_BAEI_ExecSum.pdf (accessed 26/11/2009)

Trine Christiansen (EEA) and Thomas Voigt (ETC/ACC) (2008) “Impacts of Europe's changing climate— 2008 indicator-based assessment”, Joint EEA-JRC - WHO report, EEA Report No 4/2008, JRC Reference Report No JRC47756, Marine biodiversity and Ecosystems, http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4/ (accessed 20/10/2009)

UNFCCC (2009), GHG data, GHG data- NON - UNFCCC, http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/items/4146.php (accessed 2/11/2009)

UNFCCC (2009), GHG data, GHG data- UNFCCC, http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/items/4146.php (accessed 2/11/2009)

UNFCCC (2009), Kyoto Protocol, <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (accessed 2/11/2009)

UNFCCC (2009), Kyoto Protocol, Status of ratification, http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/status_of_ratification/application/pdf/kp_ratification_20091203.pdf (accessed 2/11/2009)

United Nation Environment Programme (2006), “Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer”, 7th Edition <http://www.unep.org/OZONE/pdfs/Montreal-Protocol2000.pdf> (Accessed 19/10/2009)

United Nation Environment Programme (2006), “Status of Ratification and the Evolution of the Montreal Protocol”, http://ozone.unep.org/Ratification_status/ (Accessed 19/10/2009)

United Nations Retrieval System (2009), Greenhouse Gas Inventory Data, Carbon dioxide (CO₂) Emissions without Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF), in Gigagrams (Gg), <http://data.un.org/Data.aspx?d=GHG&f=seriesID%3aCO2> (accessed 15/10/2009)

United Nations Retrieval System (2009), Greenhouse Gas Inventory Data, Greenhouse Gas (GHGs) Emissions without Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF), in Gigagrams (Gg) CO₂ equivalent <http://data.un.org/Data.aspx?d=GHG&f=seriesID%3aGHG> (accessed 15/10/2009)

Περιβάλλον για τους Ευρωπαίους (2007), “Οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στις ευρωπαϊκές θάλασσες”, Αρ.26, http://ec.europa.eu/environment/news/efe/21/article_2890_el.htm (accessed 12/10/2009)

Σύνδεσμος Ελληνικών Χημικών Βιομηχανιών <http://www.haci.gr/> (accessed 19/10/2009)

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων (2006), Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών για την περίοδο 2008 – 2012 <http://www.minenv.gr/download/2006-06-15.ethnik.shed.ka.di.ryp.doc> (Accessed 18/10/2009)