



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΕ ΛΙΜΕΝΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΛΙΜΕΝΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ



ΚΩΝΣΤΑΝΤΟΥΔΑΚΗ ΓΙΤΣΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Β.ΤΣΟΥΚΑΛΑ

Επίκουρος Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα μου, Επίκουρη Καθηγήτρια Β.Τσουκαλά, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον θέμα, καθώς και για τον χρόνο και την βοήθεια που μου παρείχε σε όλη την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Στα πλαίσια της εφαρμογής που έγινε στον Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων του ΟΛΠ, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ.Κοΐνη διευθυντή Τμήματος Επιχειρησιακής Λειτουργίας για το άμεσο ενδιαφέρον του και την κ.Κοντογιώργη διευθύντρια Τμήματος Προστασίας Περιβάλλοντος για τις πληροφορίες που μου παρείχε. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Πόπη Σηφακάκη διευθύντρια Τμήματος Συντήρησης και Επισκευής Μηχανημάτων για τον χρόνο που αφιέρωσε και την πολύτιμη βοήθεια της για την συλλογή των απαραίτητων στοιχείων και πληροφοριών, χωρίς την οποία δεν θα ήταν δυνατή η διεκπεραίωση των υπολογισμών της εφαρμογής.

Ευχαριστώ όλους τους φίλους μου για την έμπρακτη βοήθειά τους και στήριξή τους στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, και ιδιαίτερα την Σταθούλα για την συνεχή συμπαράσταση και υποστήριξή της. Επίσης ευχαριστώ τα παιδιά από το σχήμα της Ανεξάρτητης Αριστερής Παρέμβασης των Ε.Α.Α.Κ. για την πολύμορφη στήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στη σχολή.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένεια μου, και ιδιαίτερα την αδερφή μου Γκλόρια, για την κατανόηση και την υπομονή τους όλο αυτό το διάστημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα σε λιμένα. Ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα αποτελεί εργαλείο της περιβαλλοντικής διαχείρισης ενός λιμένα για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής επίδοσης του.

Αρχικά, με σκοπό τον προσδιορισμό του αποτυπώματος άνθρακα, διερευνήθηκαν οι τρόποι υπολογισμού των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από τις βασικές ανθρωπογενείς πηγές εκπομπών. Στη συνέχεια έγινε ανάλυση των μεθόδων υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα για λιμένες, ενώ παράλληλα παρουσιάστηκαν και τα βήματα ανάπτυξης μιας απογραφής εκπομπών για τον υπολογισμό του αποτυπώματος, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιόμορφα χαρακτηριστικά ενός λιμένα.

Τέλος, έγινε ανάπτυξη απογραφής εκπομπών και εφαρμογή μίας μεθόδου υπολογισμού εκπομπών για τον Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων του Οργανισμού Λιμένος Πειραιά, με σκοπό την μέτρηση του αποτυπώματος άνθρακα του σταθμού.

ABSTRACT

The present diploma thesis is focused on the calculation of carbon footprint for ports, which can be used as a tool for environmental management of ports for the assessment of their environmental performance.

Initially the methods for estimating the emissions from greenhouse gases that result from basic anthropogenic sources are presented. Subsequently, the methods for calculating the carbon footprint for ports are analyzed, as well as the way for developing carbon footprint inventories, based on the peculiar characteristics of ports.

Finally, a carbon footprint inventory was developed and one of the calculation methods was applied in the container terminal of Port of Piraeus, in order to measure the carbon footprint of the terminal.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κατάλογος πινάκων	iv
Κατάλογος σχημάτων	v
Κατάλογος διαγραμμάτων	vi
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας.....	1
1.2. Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας	1
2. ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	4
2.1. Φαινόμενο του θερμοκηπίου	4
2.1.1. Μηχανισμός φυσικού φαινομένου θερμοκηπίου	4
2.2. Κλιματική αλλαγή	6
2.2.1. Αέρια και πηγές ανθρωπογενών εκπομπών	7
2.2.2. Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη	12
2.3. Πρωτόκολλο του Κιότο	14
2.3.1. Μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής	16
2.3.2. Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης.....	16
2.3.3. Μηχανισμός Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών	17
2.4. Ευρωπαϊκή Ένωση	17
2.4.1. Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών	19
3. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ	21
3.1. Γενικά	21
3.2. Ορισμός αποτύπωμα άνθρακα	22
3.3. Κατηγορίες εκπομπών αποτυπώματος άνθρακα	23
3.4. Διεθνείς οδηγοί για τον υπολογισμό εκπομπών αέριων του θερμοκηπίου ..	25
3.4.1. Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος	25
3.4.2. Πρωτόκολλο Αερίων του Θερμοκηπίου	26
4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ	28
4.1. Γενικά	28
4.1.1. Βασική εξίσωση υπολογισμού	28
4.1.2. Διαδικασία καύσης.....	29
4.1.3. Τύποι καυσίμων.....	30
4.2. Καύσεις από σταθερές εγκαταστάσεις.....	31
4.2.1. Άμεσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO ₂	32
4.2.2. Άμεσες εκπομπές CH ₄ και N ₂ O	39

4.3. Καύσεις από κινητές πηγές	41
4.3.1. Άμεσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO ₂	42
4.3.2. Άμεσες εκπομπές CH ₄ και N ₂ O	45
4.4. Κατανάλωση ηλεκτρισμού και ατμού	47
4.4.1. Έμμεσες εκπομπές από την κατανάλωση ηλεκτρισμού	48
4.4.2. Έμμεσες εκπομπές από την κατανάλωση ατμού	51
4.5. Ψύξη και κλιματισμός	52
4.5.1. Άμεσες εκπομπές HFC και PFC	52
5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΛΙΜΕΝΑ	59
5.1. Γενικά	59
5.2. Αειφόρος ανάπτυξη και περιβαλλοντική διαχείριση λιμένα	60
5.3. Πλαίσιο συστηματικής περιβαλλοντικής διαχείρισης	61
5.4. Συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης	62
5.4.1. Μέθοδος Αυτοδιάγνωσης SDM	63
5.4.2. Σύστημα Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης Λιμένων PERS	64
5.4.3. ISO 14001	65
5.4.4. Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Οικολογικού Ελέγχου EMAS....	65
5.5. Περιβαλλοντικά ζητήματα λιμένα	65
6. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΕ ΛΙΜΕΝΑ	67
6.1. Γενικά	67
6.2. Σκοπιμότητα διεξαγωγής απογραφής εκπομπών	68
6.3. Πηγές εκπομπών.....	70
6.4. Όρια απογραφής εκπομπών	71
6.5. Χρονική περίοδος και χρονική βάση απογραφής	73
6.6. Ρυπογόνα αέρια	73
6.7. Πηγές δεδομένων	74
6.8. Διεθνείς οδηγοί για τον υπολογισμό εκπομπών αερίων για λιμένες.....	74
6.8.1. Παγκόσμια Πρωτοβουλία Λιμένων για το Κλίμα	74
6.8.2. Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος Αμερικής.....	75
7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΕ ΛΙΜΕΝΑ	76
7.1. Γενικά	76
7.2. Κινητές πηγές εκπομπών	76
7.2.1. Εξοπλισμός διακίνησης φορτίου	77
7.2.2. Βαρέως τύπου οδικά οχήματα	84
7.2.3. Σιδηροδρομικοί συρμοί	91
7.2.4. Σκάφη λιμένα και εσωτερικής ναυσιπλοΐας	95

7.2.5. Ποντοπόρα πλοία	99
7.2.6. Κατασκευαστικός εξοπλισμός.....	124
7.3. Σταθερές πηγές εκπομπών σε λιμένα	129
7.3.1. Υπολογισμός εκπομπών.....	131
7.3.2. Άλλες πηγές εκπομπών.....	131
8. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΛΙΜΕΝΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ	132
8.1. Γενικά	132
8.1.1. Λιμενικές εγκαταστάσεις Οργανισμού Λιμένος Πειραιά	132
8.1.2. Περιβαλλοντική πολιτική του Οργανισμού Λιμένος Πειραιά	133
8.2. Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων Οργανισμού Λιμένος Πειραιά	135
8.2.1. Υποδομή Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων	135
8.2.2. Μηχανολογικός εξοπλισμός φορτοεκφόρτωσης πλοίων και διαχείρισης προαυλίου	137
8.3. Ανάπτυξη απογράφης εκπομπών αερίων Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων	138
8.4. Υπολογισμός εκπομπών	140
8.4.2. Έμμεσες εκπομπές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας	146
8.4.3. Συνολικές εκπομπές.....	147
8.5. Σχολιασμός και σύγκριση αποτελεσμάτων	148
9. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	153
9.1. Σύνοψη	153
9.2. Συμπεράσματα	155
9.3. Προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση	155
10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	156
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	160
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	174

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 2.1 Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη (GWP) αερίων του θερμοκηπίου.....	13
Πίνακας 2.2 Στόχοι μείωσης των εκπομπών με βάση το Πρωτόκολλο του Κιότο για την πρώτη περίοδο δέσμευσης 2008-2012	15
Πίνακας 4.1 Μέθοδοι υπολογισμού άμεσων εκπομπών CO ₂ από σταθερές πηγές	39
Πίνακας 4.2 Μέθοδοι υπολογισμού άμεσων εκπομπών CH ₄ και N ₂ O από σταθερές πηγές	41
Πίνακας 4.3 Μέθοδοι υπολογισμού άμεσων εκπομπών CO ₂ από κινητές πηγές.....	45
Πίνακας 4.4 Μέθοδοι υπολογισμού άμεσων εκπομπών CH ₄ και N ₂ O από κινητές πηγές για οδικά οχήματα	47
Πίνακας 4.5 Μέθοδοι υπολογισμού άμεσων εκπομπών CH ₄ και N ₂ O από κινητές πηγές για μη οδικά οχήματα	47
Πίνακας 4.6 Χαρακτηριστικά και τιμές συντελεστών εκπομπών για εξοπλισμούς ψύξης και κλιματισμού	55
Πίνακας 7.1 Συντελεστής φορτίου λειτουργίας εξοπλισμών διακίνησης φορτίου ...	81
Πίνακας 7.2 Συντελεστής εκπομπών CO ₂ με βάση την ονομαστική ισχύ (g/hr-hr) ..	82
Πίνακας 7.3 Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για φορτηγά (g/hr)	87
Πίνακας 7.4 Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για φορτηγά (g/km)	87
Πίνακας 7.5 Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για φορτηγά (g/gallons).....	90
Πίνακας 7.6 Ποσοστό ονομαστικής ισχύος ανά θέση λειτουργίας συρμού	94
Πίνακας 7.7 Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για μηχανές συρμών (g/hr-hr)	94
Πίνακας 7.8 Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για μηχανές συρμών (g/gallons).....	95
Πίνακας 7.9 Συντελεστής φορτίου κύριου και βοηθητικού κινητήρα για διάφορους τύπους σκαφών.....	98
Πίνακας 7.10 Συντελεστές φορτίου λειτουργίας για κινητήρες λιμενικών σκαφών .	98
Πίνακας 7.11 Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για λιμενικά σκάφη (g/kWh).....	99
Πίνακας 7.12 Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για λιμενικά σκάφη (g/gallons).....	99
Πίνακας 7.13 Χαρακτηριστικά κινητήρων πλοίων	107
Πίνακας 7.14 Κατηγορίες κινητήρων πλοίων	108
Πίνακας 7.15 Προσεγγιστικοί συντελεστές φορτίου για βοηθητικούς κινητήρες ..	119
Πίνακας 7.16 Συντελεστές εκπομπών CO ₂ για κύριους κινητήρες (g/kWh).....	122
Πίνακας 7.17 Συντελεστές εκπομπών CH ₄ και N ₂ O για κύριους κινητήρες (g/kWh)	122

Πίνακας 7.18 Συντελεστές εκπομπών CO ₂ για βοηθητικούς κινητήρες (g/kWh) ...	123
Πίνακας 7.19 Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για βοηθητικούς κινητήρες και λέβητες πλοίων (g/kWh)	123

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 2.1 Αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας βάσει φυσικών και ανθρωπογενών αιτιών	6
Σχήμα 2.2 Αύξηση ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης του CO ₂ - Καμπύλη Keeling	8
Σχήμα 2.3 Παγκόσμιες ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα για το 2005	12
Σχήμα 2.4 Ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα για την Ευρώπη το 2009	12
Σχήμα 2.5 Κατανομή στόχων μείωσης εκπομπών εντός ΕΕ για την περίοδο 2008-2012	18
Σχήμα 3.1 Διαχωρισμός εκπομπών και αποτύπωμα άνθρακα	24
Σχήμα 5.1 Επίπεδα παρέμβασης στην περιβαλλοντική διαχείριση ενός λιμένα	62
Σχήμα 6.1 Κατηγορίες πηγών εκπομπών από λιμενικές δραστηριότητες	71
Σχήμα 7.1 Μετακινήσεις εισαγωγών και εξαγωγών φορτηγών	89
Σχήμα 7.2 Τύποι συστημάτων πρόωσης	105
Σχήμα 7.3 Βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας ενέργειας	106
Σχήμα 7.4 Βασικοί τρόποι λειτουργίας κύριων κινητήρων	111
Σχήμα 7.5 Βασικοί τρόποι λειτουργίας βοηθητικών λεβήτων	113
Σχήμα 7.6 Βασικοί τρόποι λειτουργίας βοηθητικών κινητήρων	112
Σχήμα 7.7 Διάγραμμα ροής υπολογισμού εκπομπών βάσει απλουστευμένης μεθόδου	124
Σχήμα 8.1 Διάταξη λιμενικών εγκαταστάσεων του ΟΛΠ	133
Σχήμα 8.2 Κάτοψη του Προβλήτα Ι του Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων	137

Κατάλογος διαγραμμάτων

Διάγραμμα 8.1 Ετήσια διακίνηση φορτίου για το 2011 και το 2012	140
Διάγραμμα 8.2 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO ₂ από οχήματα στοιβάσις για το 2011 και 2012	141
Διάγραμμα 8.3 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO ₂ από τον λιμενικό γερανό για το 2011 και 2012	142
Διάγραμμα 8.4 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO ₂ από περονοφόρα για το 2011 και 2012	142
Διάγραμμα 8.5 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO ₂ από ελκυστήρες για το 2011 και 2012	143
Διάγραμμα 8.6 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO ₂ από οχήματα κατανάλωσης βενζίνης για το 2011 και 2012	144
Διάγραμμα 8.7 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO ₂ από οχήματα κατανάλωσης πετρελαίου για το 2011 και 2012	145
Διάγραμμα 8.8 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO ₂ από κτιριακές εγκαταστάσεις για το 2011 και 2012	146
Διάγραμμα 8.9 Συνολικές άμεσες εκπομπές ισοδύναμου CO ₂ για το 2011 και 2012	146
Διάγραμμα 8.10 Συνολικές έμμεσες εκπομπές ισοδύναμου CO ₂ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για το 2011 και 2012	147
Διάγραμμα 8.11 Αποτύπωμα άνθρακα Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων για το 2011 και 2012	148
Διάγραμμα 8.12 Ετήσια μεταβολή διακίνησης φορτίου και αποτυπώματος άνθρακα 2011-2012	148
Διάγραμμα 8.13 Ετήσια μεταβολή διακίνησης φορτίου και εκπομπών ανά κατηγορία 2011-2012	149
Διάγραμμα 8.14 Ποσοστά συνολικών εκπομπών για το 2011 ανά κατηγορία.....	150
Διάγραμμα 8.15 Ποσοστά συνολικών εκπομπών για το 2012 ανά κατηγορία.....	150
Διάγραμμα 8.16 Ποσοστά συνολικών εκπομπών από τις κινητές πηγές για το 2011 ανά κατηγορία	151
Διάγραμμα 8.17 Ποσοστά συνολικών εκπομπών από τις κινητές πηγές για το 2012 ανά κατηγορία	151
Διάγραμμα 8.18 Ποσοστά συμβολής αερίων στις συνολικές εκπομπές κινητών πηγών	152

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας

Στα πλαίσια της περιβαλλοντικής διαχείρισης ενός λιμένα, ο υπολογισμός αποτυπώματος άνθρακα αποτελεί ένα εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης και έναν δείκτη περιβαλλοντικής επίδοσης του λιμένα. Πιο συγκεκριμένα, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός λιμένα διακρίνονται σε επιπτώσεις στην φάση κατασκευής και λειτουργίας. Το αποτύπωμα άνθρακα προκύπτει ως δείκτης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της λειτουργίας ενός λιμένα σε παγκόσμιο επίπεδο.

Με βάση την αναγκαιότητα λήψης μέτρων από το λιμενικό τομέα για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε παγκόσμια κλίμακα, διερευνήθηκε η έννοια του αποτυπώματος άνθρακα και οι τρόποι υπολογισμού του. Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ανάδειξη των διάφορων μεθόδων υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα για έναν λιμένα, καθώς και ο τρόπος διεξαγωγής της απογραφής των εκπομπών με βάση τα ιδιόμορφα χαρακτηριστικά ενός λιμένα.

Για τον σκοπό αυτό θεωρήθηκε αναγκαία και η εφαρμογή του υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα στο λιμάνι του Πειραιά. Σκοπός της εφαρμογής αποτέλεσε να διεξαχθούν συμπεράσματα για τις συνολικές εκπομπές ενός λιμένα και την συμβολή κάθε λιμενικής δραστηριότητας στο αποτύπωμα άνθρακα του λιμένα. Τέλος με βάση τους υπολογισμούς να αναδειχθούν πιθανές παρεμβάσεις στην λειτουργία του λιμένα για την καλύτερη περιβαλλοντική του απόδοση.

1.2. Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από 9 Κεφάλαια. Η διάρθρωση των υπολοίπων κεφαλαίων, πέραν του παρόντος εισαγωγικού κεφαλαίου (Κεφάλαιο 1), αναπτύσσεται παρακάτω:

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μια εισαγωγή για την αναγκαιότητα της μέτρησης και μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου λόγω της υφιστάμενης κλιματικής αλλαγής, αναφέροντας τους μηχανισμούς και τα αέρια του θερμοκηπίου που συμβάλλουν τελικά στην αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Επίσης γίνεται μια αναφορά των νομοθετικών πλαισίων και μηχανισμών που αναπτύχθηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, καθώς και για τις αντίστοιχες περιβαλλοντικές πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στο Κεφάλαιο 3 δίνεται ο ορισμός του αποτυπώματος άνθρακα και αναφέρονται οι διεθνείς οργανισμοί που έχουν αναπτύξει πρωτόκολλα και κατευθυντήριους οδηγούς για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα.

Στο Κεφάλαιο 4 αναλύονται οι μέθοδοι υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα για τις βασικές πηγές εκπομπών, όπου περιλαμβάνονται οι καύσεις από σταθερές και κινητές πηγές, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ατμού, καθώς και οι εκπομπές από συστήματα ψύξης και κλιματισμού.

Στο Κεφάλαιο 5 αναφέρεται η αναγκαιότητα περιβαλλοντικής διαχείρισης λιμένων, στα πλαίσια της οποίας ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα ενός λιμένα αποτελεί δείκτη περιβαλλοντικής επίδοσης. Επίσης γίνεται περιγραφή των διάφορων συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης λιμένων.

Στο Κεφάλαιο 6 περιγράφονται τα απαραίτητα βήματα και οι συνιστώσες που πρέπει να ληφθούν υπόψη στην ανάπτυξη μιας απογραφής εκπομπών αερίων για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα ενός λιμένα. Επίσης αναφέρονται οι διεθνείς οργανισμοί

Στο Κεφάλαιο 7 αναλύονται οι μέθοδοι υπολογισμού για κάθε πηγή εκπομπών από τις δραστηριότητες ενός λιμένα, στις οποίες περιλαμβάνονται και οι δραστηριότητες των πλοίων, των φορτηγών και των σιδηροδρομικών συρμών για την μεταφορά των προϊόντων.

Στο Κεφάλαιο 8 γίνεται ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα για τον Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων του Οργανισμού Λιμένος του Πειραιά. Με βάση τις μεθόδους και τους τρόπους ανάπτυξης μιας απογραφής εκπομπών σε έναν λιμένα, γίνεται η απογραφή στον Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων για το 2011 και 2012. Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών και συγκρίνονται για τις δύο χρονικές περιόδους.

Στο Κεφάλαιο 9 γίνεται μία σύνοψη των συμπερασμάτων που προέκυψαν από την βιβλιογραφική διερεύνηση για τις μεθόδους υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα, και πιο συγκεκριμένα για το λιμενικό τομέα. Επίσης με βάση την

εφαρμογή που έγινε στον Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων του Οργανισμού Λιμένος του Πειραιά διεξάγονται συμπεράσματα για τις εκπομπές που προέρχονται από τις λιμενικές δραστηριότητες και προτείνεται περαιτέρω διερεύνηση.

2. ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

2.1. Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Ο όρος φαινόμενο του θερμοκηπίου μπορεί να αναφέρεται όμως είτε στο φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου που συμβαίνει φυσικά από τα αέρια του θερμοκηπίου, και εξασφαλίζει μια σταθερή θερμοκρασία στη Γη με την οποία είναι δυνατή η ανάπτυξη ζωής σε αυτήν, είτε στο ενισχυμένο ανθρωπογενές φαινόμενο που προκύπτει από τα αέρια που εκπέμπονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Σαν ορισμός το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μια διαδικασία με την οποία η θερμική ακτινοβολία από μία πλανητική επιφάνεια απορροφάται από κάποια αέρια της ατμόσφαιρας, τα αέρια του θερμοκηπίου, και στη συνέχεια επανεκπέμπεται εκ νέου προς όλες τις κατευθύνσεις. Ένα μέρος από την ακτινοβολία αυτή επιστρέφει στην επιφάνεια και στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανύψωση της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας, πάνω από αυτήν που θα ήταν με την απουσία των αερίων αυτών της ατμόσφαιρας [<http://www.epa.gov/>]. Αποτέλεσμα του φαινομένου αυτού είναι η αύξηση της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας, γεγονός που καθιστά τη Γη κατοικήσιμη. Πιο συγκεκριμένα η θερμοκρασία χωρίς την παρουσία της ατμόσφαιρας θα ήταν περίπου $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, δηλαδή $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ χαμηλότερη από αυτήν στην επιφάνεια της Γης [IPCC, 2001].

2.1.1. Μηχανισμός φυσικού φαινομένου θερμοκηπίου

Ο ήλιος εκπέμπει ακτινοβολία με τη μορφή ορατού φωτός προς την Γη. Ένα μέρος της ακτινοβολίας αυτής απορροφάται από την ατμόσφαιρα και τα σύννεφα, και το υπόλοιπο ανακλάται από την ατμόσφαιρα, τα σύννεφα και την επιφάνεια της Γης

και επιστρέφει στο διάστημα. Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της ακτινοβολίας περνά μέσα από την ατμόσφαιρα και απορροφάται από την επιφάνεια της Γης και τους ωκεανούς θερμαίνοντας τους.

Λόγω της θερμότητας αυτής της επιφάνειας της Γης, η Γη εκπέμπει θερμική ακτινοβολία σε μεγαλύτερα μήκη κύματος (υπέρυθρη ακτινοβολία) από την ηλιακή ακτινοβολία που απορροφήθηκε. Η ατμόσφαιρα, η οποία διαθέτει μεγάλη αδιαφάνεια σε μεγάλου μήκους κύματος, απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας αυτής, σε ποσοστό περίπου 70%. Στη συνέχεια η ατμόσφαιρα επανεκπέμπει την θερμική ακτινοβολία αυτή, η οποία απορροφάται από την επιφάνεια της Γης θερμαίνοντας την ακόμη περισσότερο. Η παγίδευση αυτής της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας οδηγεί σε υψηλότερη θερμοκρασία από ότι αν δεν υπήρχε η ατμόσφαιρα. Η παρουσία της ατμόσφαιρας λειτουργεί σαν μια δεύτερη πηγή θερμότητας.

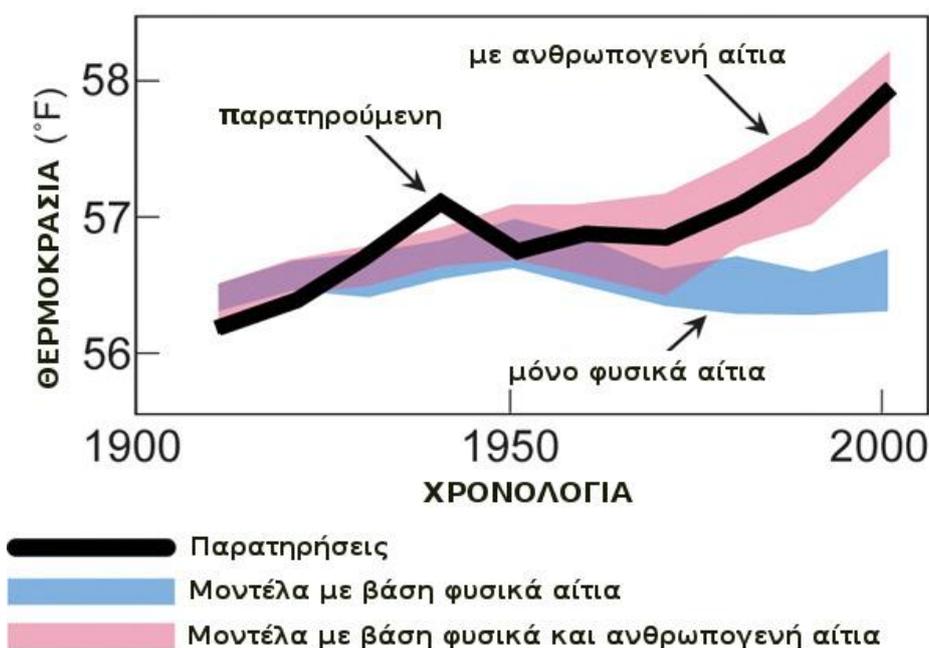
Μετά την βιομηχανική επανάσταση οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αυξηθεί με άμεση συνέπεια και την αύξηση της ποσότητας των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, οδηγώντας έτσι στην αυξημένη κατακράτηση ακτινοβολίας από τα αέρια αυτά. Παρατηρείται λοιπόν μια έξαρση του φαινομένου του θερμοκηπίου λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η έξαρση αυτή του φαινομένου συνδέεται άμεσα με την υπερθέρμανση του πλανήτη και οδηγεί σύμφωνα με τους επιστήμονες και σε μια έντονη αλλαγή του κλίματος. [<http://www.epa.gov/>]



Εικόνα 2.1 Ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας
[<http://www.epa.gov/>]

2.2. Κλιματική αλλαγή

Ιστορικά οι επιστημονικές παρατηρήσεις δείχνουν ότι το κλιματικό σύστημα διαφέρει φυσικά μέσα σε ένα ευρύ χρονικό φάσμα. Οι κλιματικές αλλαγές πριν την Βιομηχανική Επανάσταση οφείλονταν κυρίως σε φυσικά αίτια, όπως από αλλαγές στην ηλιακή ενέργεια, ηφαιστειακές εκρήξεις και σε αλλαγές των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Οι πρόσφατες όμως κλιματικές αλλαγές δεν οφείλονται μόνο σε φυσικά αίτια, καθώς οι έρευνες δείχνουν ότι μια τέτοια μεγάλη αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα δεν μπορεί να αιτιολογηθεί με αυτό τον τρόπο. [<http://www.epa.gov/>]



Σχήμα 2.1 Αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας βάσει φυσικών και ανθρωπογενών αιτιών [<http://www.epa.gov/>]

Η κλιματική αλλαγή αναφέρεται σε οποιαδήποτε αλλαγή του κλίματος που συμβαίνει με την πάροδο του χρόνου, είτε λόγω της φυσικής μεταβλητότητας είτε ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας [IPCC, 2001]. Η χρήση αυτή διαφέρει από εκείνη που δόθηκε από την Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC), όπου κλιματική αλλαγή ορίζεται ως «μια αλλαγή του κλίματος που αποδίδεται άμεσα ή έμμεσα στην ανθρώπινη δραστηριότητα που μεταβάλλει τη σύνθεση της ατμόσφαιρας του πλανήτη και η οποία είναι επιπρόσθετη στην φυσική κλιματική μεταβλητότητα που παρατηρείται κατά τη διάρκεια συγκρίσιμων χρονικών περιόδων».

Η τέταρτη έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος είναι η τελευταία αξιολόγηση της επιτροπής για την κλιματική αλλαγή που ολοκληρώθηκε το 2007 και επισημαίνει αρκετές παρατηρούμενες αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες της Γης, μεταξύ των οποίων αλλαγές στη σύνθεση της ατμόσφαιρας, στη μέση παγκόσμια θερμοκρασία και στις συνθήκες των ωκεανών. Τα τελευταία χρόνια η παγκόσμια μέση θερμοκρασία αυξήθηκε κατά περίπου 0,74°C και αναμένεται περαιτέρω αύξηση κατά 1,1-6,4°C μέσα στον 21^ο αιώνα [IPCC, 2001].

Γι' αυτό το λόγο η επιστημονική κοινότητα επικεντρώθηκε στον άμεσο περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με την IPCC η πρόκληση της Υπερθέρμανσης του Πλανήτη οφείλεται στις ανθρώπινες δραστηριότητες που σχετίζονται με την συνεχώς αυξανόμενη καύση ορυκτών καυσίμων, την αποψίλωση των δασών και τις αλλαγές των χρήσεων γης. Για τον περιορισμό της Υπερθέρμανσής του Πλανήτη συστάθηκε να περιοριστεί η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας κάτω από τους 2°C [IPCC, 2001]. Για να εξασφαλιστεί αυτό θα πρέπει να σταθεροποιηθούν τα επίπεδα της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στα 350-400 ppm¹.

2.2.1. Αέρια και πηγές ανθρωπογενών εκπομπών

2.2.1.1. Αέρια του θερμοκηπίου από ανθρωπογενείς πηγές εκπομπών

Τα αέρια των οποίων οι συγκεντρώσεις έχουν αυξηθεί λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων επηρεάζοντας σε παγκόσμιο επίπεδο τις κλιματικές συνθήκες, περιγράφονται παρακάτω και είναι [<http://www.epa.gov/>]:

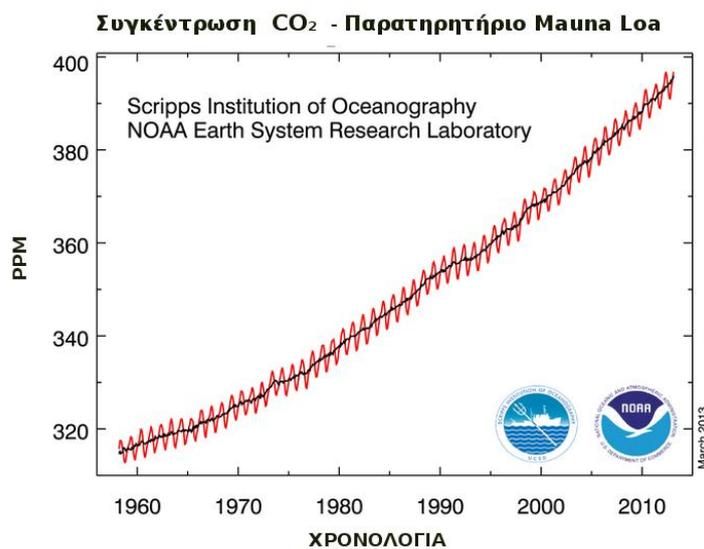
- Διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) αποτελεί ένα από τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου, το οποίο διαπερνάται από το ορατό φως αλλά απορροφά την υπέρυθη ακτινοβολία και με αυτό τον τρόπο συμβάλει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το διοξείδιο του άνθρακα εκπέμπεται φυσικά από τα ηφαίστεια και τις θερμές πηγές, την καύση οργανικής ύλης, τις διαδικασίες αναπνοής των αερόβιων οργανισμών, και από την ζύμωση και την κυτταρική αναπνοή διαφόρων μικροοργανισμών. Βρίσκεται φυσικά στην ατμόσφαιρα ως μέρος του κύκλου του άνθρακα. Ο κύκλος του άνθρακα εκφράζει την κίνηση του άνθρακα μεταξύ της ατμόσφαιρας, της επίγειας βιόσφαιρας, της υδρόσφαιρας και των ωκεανών.

¹ μέρη ανά εκατομμύριο κατ' όγκο

Υπάρχουν διεργασίες που απομακρύνουν τον άνθρακα από την ατμόσφαιρα, όπως όταν το CO₂ απορροφάται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης, και διεργασίες απελευθέρωσης άνθρακα, όπου εκπέμπεται κατά την διαπνοή και αποσύνθεσή. Ανταλλαγές άνθρακα συμβαίνουν επίσης και μεταξύ των ωκεανών και της ατμόσφαιρας.

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες όμως διαταράσσουν τον κύκλο του άνθρακα, προσθέτοντας μεγάλες ποσότητες στην ατμόσφαιρα και επηρεάζοντας την φυσική του απορρόφηση και διαταράσσοντας τον κύκλο αυτό. Η κύρια τεχνητή πηγή εκπομπών CO₂ είναι η καύση ορυκτών καυσίμων (κάρβουνο, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και για τις μεταφορές, κάποιες βιομηχανικές διεργασίες, όπως η παραγωγή τσιμέντου και αλλαγές χρήσεων γης. Η αύξηση των συγκεντρώσεων του CO₂ στην ατμόσφαιρα οφείλεται από τις ανθρωπογενείς εκπομπές CO₂. Χαρακτηριστικά, τα τρία τέταρτα της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες οφείλονται στην καύση ορυκτών καυσίμων, ενώ το υπόλοιπο οφείλεται στις αλλαγές χρήσεων γης, και κυρίως λόγω της αποψίλωσης των δασών [IPCC, 2001]. Η ατμοσφαιρική συγκέντρωση του CO₂ έχει αυξηθεί κατά σχεδόν 40% από την προ-βιομηχανική εποχή, από 280 ppm σε 390 ppm για το 2010 [http://www.epa.gov/]. Η σημαντική αύξηση αυτή αναπαρίσταται και από την καμπύλη Keeling στο Σχήμα 2.2, όπου φαίνεται η μηνιαία διακύμανση της συγκέντρωσης του CO₂ και η συνολικά μακροπρόθεσμη αύξηση, όπως καταγράφεται από το παρατηρητήριο Mauna Loa.



Σχήμα 2.2 Αύξηση ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης του CO₂ . Καμπύλη Keeling
[http://www.esrl.noaa.gov]

- Μεθάνιο

Το μεθάνιο (CH_4) αποτελεί βασικό συστατικό του φυσικού αερίου. Φυσικές πηγές εκπομπών μεθανίου είναι οι υγρότοποι, όπου βακτήρια εκπέμπουν μεθάνιο κατά την αποσύνθεση οργανικών υλικών στην απουσία οξυγόνου, ενώ μικρότερες εκπομπές προέρχονται από τους τερμίτες κατά την διαδικασία της πέψης, τους ωκεανούς, τα ιζήματα και τα ηφαίστεια [U.S.EPA, 2010]. Με φυσικό τρόπο οι ποσότητες του μεθανίου απορροφούνται σε χημικές αντιδράσεις κατά την οξείδωση των ριζών OH^\cdot και από τους ωκεανούς και τα εδάφη.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες συμβάλλουν όμως σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό στις εκπομπές μεθανίου και ενισχύουν σημαντικά το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Βασικές πηγές εκπομπών προέρχονται από τον βιομηχανικό τομέα, την γεωργία, τα ανθρακωρυχεία, από διαρροές κατά την μεταφορά άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου, και κατά την αποσύνθεση των οργανικών αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής αστικών στερεών αποβλήτων. Στον βιομηχανικό τομέα οι εκπομπές αναφέρονται από την παραγωγή, την αποθήκευση, την μεταφορά και την κατανάλωση του φυσικού αερίου. Σημαντική ανθρωπογενής πηγή αποτελεί και η συνεχώς αυξανόμενη εκτροφή οικόσιτων ζώων, τα οποία εκπέμπουν μεθάνιο με την εντερική ζύμωση κατά την διαδικασία της πέψης. Επίσης εκπομπές προέρχονται και από τη διαχείριση των ζωικών λιπασμάτων και κατά την κατά την επεξεργασία των λυμάτων.

- Υποξείδιο του αζώτου

Το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) είναι μια χημική ένωση οπου εκπέμπεται φυσικά μέσω του κύκλου του αζώτου μεταξύ της ατμόσφαιρας, των φυτών, των ζώων, μικροοργανισμών του εδάφους και του νερού. Φυσικές εκπομπές αποτελούν τα βακτήρια του εδάφους, τα δάση και οι ωκεανοί. Επίσης το N_2O απορροφάται από την ατμόσφαιρα από ορισμένους τύπους βακτηρίων ή καταστρέφεται από την υπεριώδη ακτινοβολία ή κατά τις χημικές αντιδράσεις. [U.S.EPA, 2010]

Οι ανθρωπογενείς εκπομπές συμβαίνουν κατά τις γεωργικές και βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και από την καύση ορυκτών καυσίμων και τα στερεά απόβλητα. Το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών N_2O προέρχεται από την χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων, καθώς και από την χρήση φιαλών αεροζόλ και σπρέι, οπου χρησιμοποιείται ως προωθητικό. Επίσης σημαντικές εκπομπές προέρχονται από την καύση καυσίμων στα μέσα μεταφοράς, , από την παραγωγή νάιλον και άλλων συνθετικών προϊόντων και ως παραπροϊόν κατά την παραγωγή νιτρικού οξέος.

- Φθοριούχα αέρια

Στα φθοριούχα αέρια του θερμοκηπίου περιλαμβάνονται οι υδροφθοράνθρακες (HFC), οι υπερφθοράνθρακες (PFCs) και το εξαφθοριούχο θείο (SF₆).

- *Υδροφθοράνθρακες*

Οι υδροφθοράνθρακες (HFCs) είναι χημικές ενώσεις, οι οποίες τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιήθηκαν ευρέως προκειμένου να αντικαταστήσουν τους χλωροφθοράνθρακες (CFCs) και τους υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs), καθώς δεν καταστρέφουν την στιβάδα του όζοντος. Οι τρεις βασικοί τύποι HFCs είναι οι HFC-23, HFC-134a και HFC-152a. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα ψύξης και κλιματισμού, καθώς και ως διογκωτικοί παράγοντες για αφρούς, μέσα πυρόσβεσης, προωθητικά αερολυμάτων και διαλύτες. Οι εκπομπές τους οφείλονται στις διαρροές κατά την χρήση, την συντήρηση και την απόρριψη των συσκευών στις οποίες χρησιμοποιούνται.

- *Υπερφθοράνθρακες*

Οι υπερφθοράνθρακες (PFCs) είναι χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται συνήθως στον τομέα των ηλεκτρονικών, καθώς και στον τομέα των καλλυντικών και φαρμακευτικών προϊόντων. Σε μικρότερο βαθμό χρησιμοποιούνται και σε εξοπλισμούς ψύξης ως υποκατάστατα των CFCs, ενώ κυρίως εκπέμπονται ως παραπροϊόν διαφόρων βιομηχανικών διεργασιών που σχετίζονται με την παραγωγή αλουμινίου και την κατασκευή ημιαγωγών.

- *Εξαφθοριούχο θείο*

Το εξαφθοριούχο θείο (SF₆) χρησιμοποιείται κυρίως εκεί που υπάρχουν υψηλές ηλεκτρικές τάσεις, στους υποσταθμούς υποβιβασμού τάσης και διανομής ηλεκτρικού ρεύματος, στους διακόπτες υψηλής τάσης σαν διηλεκτρικό, στα καλώδια υψηλής τάσης σαν μονωτικό, στη επεξεργασία μαγνησίου και αλουμινίου και στη βιομηχανία ημιαγωγών. Ως αέριο εκπέμπεται από διαρροές στις παραπάνω εγκαταστάσεις.

2.2.1.2. Τομείς ανθρωπογενών πηγών εκπομπών

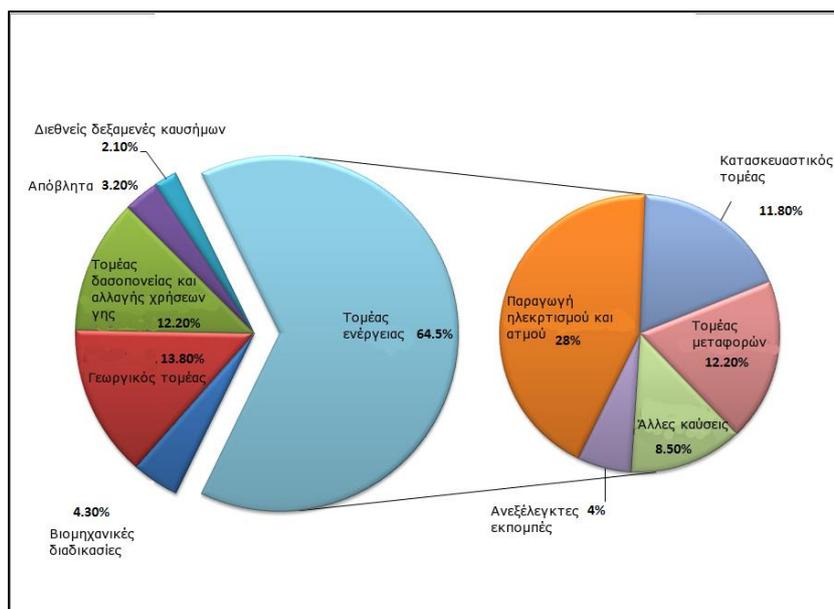
Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες οι οποίες προκαλούν εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις κατηγορίες διαφορετικών τομέων σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος [IPCC, 2006 V1]:

- Τομέας Ενέργειας (Energy)

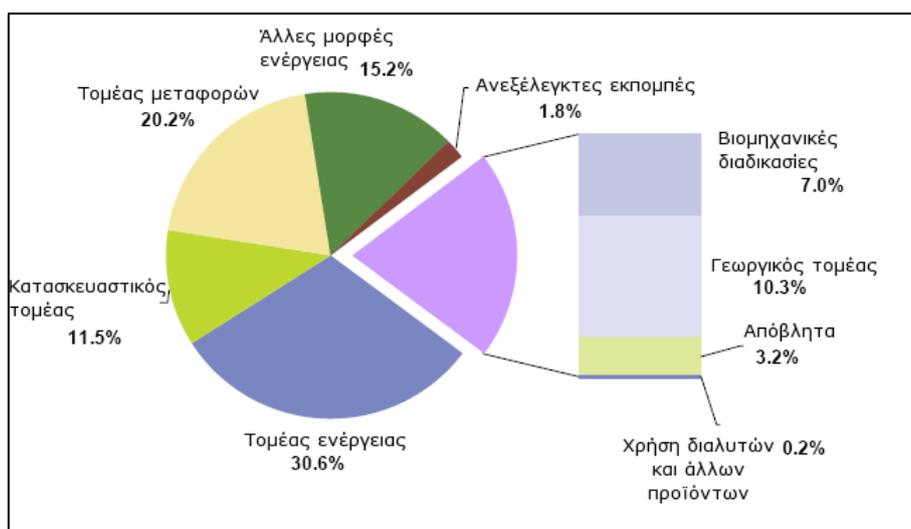
Στον τομέα αυτό περιλαμβάνονται οι εκπομπές από πηγές σταθερών εγκαταστάσεων και κινητές πηγές για την παραγωγή ενέργειας, καθώς και ανεξέλεγκτες εκπομπές από την παραγωγή και την μεταφορά των ορυκτών καυσίμων.

- Τομέας Βιομηχανικών Διαδικασιών και Χρήσης Προϊόντων
Στον Τομέα Βιομηχανικών Διαδικασιών και Χρήσης Προϊόντων (Industrial Processes and Product Use, IPPU) περιλαμβάνονται οι εκπομπές από τις βιομηχανικές διαδικασίες, την χρήση προϊόντων και την χρήση των ορυκτών καυσίμων εκτός της παραγωγής ενέργειας. Στις βιομηχανικές διαδικασίες από τις μετατροπές υλικών κατά τις οποίες γίνονται χημικές αντιδράσεις (π.χ. κατά την παραγωγή τσιμέντου, αλουμινίου κ.ά.) και στην χρήση προϊόντων όπως συστήματα ψύξης, αφροί και προϊόντων με αεροζόλ, όπου εκπέμπονται σημαντικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου.
- Τομέας Δασοπονίας και υπόλοιπων Χρήσεων Γης
Ο Τομέας Δασοπονίας και υπόλοιπων Χρήσεων Γης (Agriculture, Forestry and Other Land Use, AFOLU) αναφέρεται σε εκπομπές που προκύπτουν από την αποψίλωση των δασών, καθώς και σε εκπομπές από την εντερική ζύμωση (διαδικασία πέψης των μηρυκαστικών ζώων) και από την διαχείριση των γεωργικών εδαφών.
- Τομέας Αποβλήτων (Waste)
Στον Τομέα Αποβλήτων (Waste) συμπεριλαμβάνονται οι εκπομπές από την αποσύνθεση των στερεών αποβλήτων στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ), από την καύση των αποβλήτων και την επεξεργασία λυμάτων.

Όλοι αυτοί οι τομείς συνεισφέρουν στις συνολικές ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα με διαφορετικά ποσοστά. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.3, σε παγκόσμιο επίπεδο, και στο Σχήμα 2.4, σε ευρωπαϊκό επίπεδο.



Σχήμα 2.3: Παγκόσμιες ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα για το 2005
[\[http://www.epa.gov/\]](http://www.epa.gov/)



Σχήμα 2.4 Ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα για την Ευρώπη το 2009
[\[http://epp.eurostat.ec.europa.eu\]](http://epp.eurostat.ec.europa.eu)

2.2.2. Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη

Η επιρροή και συμβολή κάθε αερίου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι διαφορετική και δεν εξαρτάται μόνο από την εκπεμπόμενη ποσότητα. Πέρα από την συγκέντρωση των αερίων αυτών στην ατμόσφαιρα, βασικοί παράμετροι αποτελούν το Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη (Global Warming Potential – GWP) που

εκφράζει τον χρόνο παραμονής ενός αερίου στην ατμόσφαιρα και την κατά μέσο όρο δυνατότητα απορρόφησης ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα το Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη GWP είναι ένας δείκτης που δείχνει πόση θερμότητα παγιδεύεται στην ατμόσφαιρα από ένα αέριο του θερμοκηπίου και περιγράφει το χρόνο στον οποίο ένα αέριο θα παραμείνει στην ατμόσφαιρα [<http://www.ipcc.ch>]. Υπολογίζεται για ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα (20, 100 ή 500 χρόνια) και αποτελεί ένα είδος συντελεστή του CO₂, του οποίου το GWP είναι ίσο με 1. Με αυτό τον τρόπο για παράδειγμα το GWP του μεθανίου (CH₄) για 100 χρόνια είναι 21 το GWP, δηλαδή θα παγιδεύσει 21 φορές περισσότερη θερμότητα από το CO₂ στα επόμενα 100 χρόνια. Συνεπώς όσο πιο μεγάλο δείκτη GWP έχει ένα αέριο, τόσο υψηλότερη απορροφητικότητα υπέρυθρης ακτινοβολίας ή τόσο μεγαλύτερο χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρά έχει. Στον Πίνακα 2.1 δίνονται τιμές του δείκτη GWP για τα βασικά αέρια του θερμοκηπίου, για διάφορους χρόνους ζωής και χρονικούς ορίζοντες.

Πίνακας 2.1 Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη GWP αερίων του θερμοκηπίου
[<http://www.ipcc.ch>]

Αέριο	Χρόνος ζωής	GWP (Χρονικός ορίζοντας)		
		20 χρόνια	100 χρόνια	500 χρόνια
CO ₂	ποικίλλει	1	1	1
CH ₄	12	56	21	6,5
N ₂ O	120	280	310	170
SF ₆	3 200	16 300	23 900	34 900
Χλωροφθοράνθρακες				
HFC-23	264	9100	11 700	9 800
HFC-152a	1,5	460	140	42
Υπερφθοράνθρακες				
C ₂ F ₆	10 000	6 200	9 200	14 000
C ₄ F ₁₀	2 600	4 800	7 000	10 100

Για το μεθάνιο το GWP για χρονικό ορίζοντα 100 χρόνια είναι 21, ενώ για τον χρονικό ορίζοντα των 20 χρόνων είναι 56. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι το μεθάνιο έχει μεγάλη επιρροή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου για βραχυπρόθεσμη περίοδο. Το υποξείδιο του αζώτου με GWP 310 για 100 χρόνια χρονικό ορίζοντα αποτελεί σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου. Τα φθοριούχα αέρια αποτελούν τα πιο ισχυρά αέρια, καθώς έχουν πολύ υψηλό GWP, και με το μεγαλύτερο χρόνο ζωής, τα οποία καταστρέφονται μόνο από την ηλιακή ακτινοβολία στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Με αυτό τον τρόπο πάρα τις μικρές τους συγκεντρώσεις στην

ατμόσφαιρα μπορούν να επιφέρουν μεγάλες επιπτώσεις στην μελλοντική αύξηση της θερμοκρασίας.

Με βάση τον δείκτη GWP προκύπτει μια μονάδα μέτρησης, το ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂-e), με το οποίο γίνεται δυνατή η σύγκριση των διαφορετικών αερίων του θερμοκηπίου με μία μονάδα διοξειδίου του άνθρακα. Η μετατροπή των συνολικών εκπομπών ενός αερίου σε μονάδες ισοδύναμου CO₂, υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τις εκπομπές κάθε αερίου με τον αντίστοιχο δείκτη του GWP.

2.3. Πρωτόκολλο του Κιότο

Η πρώτη συντονισμένη αντιμετώπιση σε παγκόσμιο επίπεδο για τις μελλοντικές επιπτώσεις της ανθρωπογενούς παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου στο παγκόσμιο κλίμα, έγινε στις 9 Μαΐου 1992 στη Νέα Υόρκη, με την έγκριση της Σύμβασης-Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Αλλαγές (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC). Η Σύμβαση-Πλαίσιο όριζε την θέσπιση βασικών αρχών για την αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος σε παγκόσμιο επίπεδο και στην περαιτέρω ευαισθητοποίηση του κοινού για τα προβλήματα που συνδέονται με την αλλαγή του κλίματος, χωρίς όμως να όριζε ποσοτικά και με λεπτομέρεια για τις αναγκαίες δεσμεύσεις σε παγκόσμιο επίπεδο για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Τον Μάρτιο του 1995 στο Βερολίνο, τα Συμβαλλόμενα Μέρη της Σύμβασης αποφάσισαν στην σύνταξη ενός Πρωτοκόλλου, το οποίο να περιλαμβάνει μέτρα μείωσης των εκπομπών από τις βιομηχανικές χώρες για την χρονική περίοδο μετά το 2000. Με την κίνηση αυτή, στις 11 Δεκεμβρίου 1997 στο Κιότο της Ιαπωνίας θεσπίστηκε το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο τέθηκε σε εφαρμογή από τον Φεβρουάριο του 2005. [<http://unfccc.int/2860.php>]

Το Πρωτόκολλο του Κιότο αποτελεί μία από τις σημαντικότερες διεθνείς νομοθετικές πράξεις καταπολέμησης των κλιματικών αλλαγών. Περιλαμβάνει τα απαραίτητα βήματα για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής που προκαλείται λόγω της συνεχούς αύξησης των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου [*UNFCC website*]. Το Πρωτόκολλο θέτει δεσμευτικούς στόχους μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για βιομηχανικές χώρες. Ο στόχος μείωσης των εκπομπών που τέθηκε ήταν 5,2% κατά μέσο όρο, με έτος αναφοράς τα επίπεδα του 1990 και πρώτη περίοδο δέσμευσης από το 2008 έως το 2012.

Το Πρωτόκολλο αποτελείται από 28 άρθρα και δύο παραρτήματα [*Kyoto Protocol, 1998*]. Στο Παράρτημα Α του Πρωτοκόλλου ορίζονται τα αέρια, τα οποία θεωρούνται ότι συμβάλλουν με μεγαλύτερο ποσοστό στο φαινόμενο του

θερμοκηπίου. Τα αέρια του Πρωτόκολλου του Κιότο, γνωστά και ως αέρια του θερμοκηπίου (Greenhouse Gases – GHGs), είναι τα εξής:

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

Το Παράρτημα Β του Πρωτόκολλου περιλαμβάνει τα Συμβαλλόμενα Μέρη και αναφέρει ποσοτικά τις δεσμεύσεις τις οποίες αναλαμβάνουν. Σύμφωνα με αυτό, τα Συμβαλλόμενα Μέρη δεσμεύονται να ελαττώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου την πρώτη περίοδο δέσμευσης με στόχο ένα συγκεκριμένο ποσοστό μείωσης σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 (ή του 1995 για ορισμένα αέρια).

Πίνακας 2.2: Στόχοι μείωσης των εκπομπών με βάση το Πρωτόκολλο του Κιότο για την πρώτη περίοδο δέσμευσης 2008-2012 [<http://unfccc.int/2860.php>]

ΧΩΡΕΣ	ΣΤΟΧΟΣ
Ευρωπαϊκή Ένωση (15 κράτη μέλη), Βουλγαρία, Τσεχία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Λιχτενστάιν, Μονακό, Ελβετία	-8%
Η.Π.Α.	-7%
Καναδάς, Ιαπωνία, Ουγγαρία, Πολωνία	-6%
Κροατία	-5%
Νέα Ζηλανδία, Ουκρανία, Ρωσία	0%
Νορβηγία	+1%
Αυστραλία	+8%
Ισλανδία	+10%

Τα Συμβαλλόμενα Μέρη του Πρωτόκολλου είναι 190, από τα 195 που συμμετέχουν στον ΟΗΕ εκτός από τις ΗΠΑ, το Αφγανιστάν, την Ανδόρα, το Νότιο Σουδάν και τον Καναδά. Από τα μέρη αυτά του Πρωτόκολλου μόνο τα 38 έχουν συγκεκριμένους στόχους μείωσης των εκπομπών. Οι αναπτυσσόμενες χώρες δεν έχουν συγκεκριμένους στόχους μείωσης, αλλά έχουν δεσμευτεί για την προσπάθεια μείωσης των εκπομπών τους, ενώ παράλληλα δίνει την δυνατότητα σε μερικές αναπτυσσόμενες χώρες την αύξηση των εκπομπών τους στα πλαίσια της ανάγκης για οικονομική ανάπτυξη τους. Οι ΗΠΑ έχουν υπογράψει το Πρωτόκολλο χωρίς να το εφαρμόζουν, ενώ ο Καναδάς βγήκε από αυτό το 2011.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο τροποποιήθηκε το Δεκέμβριο του 2012, συμπεριλαμβάνοντας μία νέα δεύτερη περίοδο δέσμευσης για μείωση των εκπομπών, από το 2013 μέχρι 2020. Στην δεύτερη αυτή περίοδο τα Συμβαλλόμενα Μέρη που συμμετέχουν στην δέσμευση για μείωση των εκπομπών είναι η Αυστραλία, τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Λευκορωσία, η Κροατία, η Ισλανδία, το Καζακστάν, η Νορβηγία, η Ελβετία και η Ουκρανία. Ενώ η Ιαπωνία, η Νέα Ζηλανδία και η Ρωσία δεν συμμετέχουν στους νέους στόχους μείωσης της δεύτερης περιόδου.

Το Πρωτόκολλο για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος με τον πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο, ώστε να μην επιβαρυνθεί η παγκόσμια οικονομία, περιλαμβάνει τρεις ευέλικτους μηχανισμούς [*Kyoto Protocol, 1998*]. Η ευελιξία είναι απαραίτητη για την πραγματοποίηση των δεσμεύσεων για μείωση των εκπομπών και η χρήση των μηχανισμών αυτών αποτελεί ένα συμπληρωματικό μέτρο στις εγχώριες πολιτικές μείωσης σε εθνικό επίπεδο. Οι μηχανισμοί αυτοί βασίζονται στην ιδέα ότι οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου αποτελούν παγκόσμιο πρόβλημα και ότι ο τόπος στον οποίο επιτυγχάνεται ο περιορισμός τους έχει δευτερεύουσα σημασία. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι:

- Μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής (Joint Implementation – JI)
- Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism – CDM)
- Μηχανισμός Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (Emission Trading – ET)

2.3.1. Μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής

Ο Μηχανισμός Κοινής Εφαρμογής (JI) δίνει τη δυνατότητα υλοποίησης κοινών προγραμμάτων και δραστηριοτήτων μεταξύ των συμβαλλόμενων κρατών του Πρωτοκόλλου. Η χώρα που χρηματοδοτεί τις δραστηριότητες αυτές επωφελείται από τη μείωση των εκπομπών που θα προκύψει από την υλοποίηση του προγράμματος στην άλλη συμβαλλόμενη χώρα. Βασική προϋπόθεση είναι οι δραστηριότητες αυτές να επιφέρουν μείωση εκπομπών στην χώρα στην οποία εφαρμόζονται [*Article 6, Kyoto Protocol, 1998*]. Με τον μηχανισμό αυτό δημιουργούνται δικαιώματα εκπομπών τα οποία ονομάζονται Μονάδες Μείωσης Εκπομπών (Emission Reduction Unit – ERU).

2.3.2. Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης

Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (CDM) προβλέπει ότι οι χώρες του Παραρτήματος Α μπορούν να υλοποιήσουν δραστηριότητες που μειώνουν τις εκπομπές σε χώρες οι οποίες δεν υπάγονται στο Παράρτημα Α. Η υλοποίηση τέτοιων δραστηριοτήτων έχει ως αντάλλαγμα Επικυρωμένες Μονάδες Μείωσης

Εκπομπών (Certified Emission Reduction – CERs). Τα CERs είναι είτε μακροπρόθεσμα (ICER) είτε βραχυπρόθεσμα (TCER) ανάλογα με την μορφή χρήσης, χρηματοδότησης και προοπτικής της εγκατάστασης που τα παράγει [Article 12, Kyoto Protocol, 1998].

Με αυτό τον τρόπο, μέσω του CDM οι ανεπτυγμένες χώρες μπορούν να χρηματοδοτούν προγράμματα και να υλοποιούν έργα, τα οποία σχετίζονται με την πράσινη ανάπτυξη, σε αναπτυσσόμενες ή υποανάπτυκτες χώρες. Μειώνοντας τις εκπομπές στις χώρες αυτές, οι ανεπτυγμένες χώρες δεν έχουν περιορισμό στις μειώσεις των δικών τους εκπομπών. Με προϋπόθεση την εθελοντική συμμετοχή, οι ανεπτυγμένες χώρες επωφελούνται από τις μειώσεις των εκπομπών που προκύπτουν εκπληρώνοντας μέρος των υποχρεώσεών τους, ενώ οι αναπτυσσόμενες από την υλοποίηση των προγραμμάτων.

Η διαφορά των δύο Μηχανισμών, του CDM και του JI, έγκειται στο ότι ο JI απευθύνεται στην προώθηση διαδικασιών μεταξύ των συμβαλλόμενων κρατών του Πρωτοκόλλου, ενώ ο Μηχανισμός του CDM μεταξύ μιας χώρας μέλους του Πρωτοκόλλου και μίας αναπτυσσόμενης χώρας. Με αυτό τον τρόπο ο Μηχανισμός JI ενεργοποιεί τις βιομηχανικές χώρες να αναλάβουν την εφαρμογή κοινών προγραμμάτων με άλλες ανεπτυγμένες χώρες, των οποίων η οικονομία είναι σε εξέλιξη, και ο Μηχανισμός CDM περιλαμβάνει επενδύσεις σε προγράμματα αειφόρου ανάπτυξης, τα οποία θα μειώσουν τις εκπομπές των χωρών υπό ανάπτυξη.

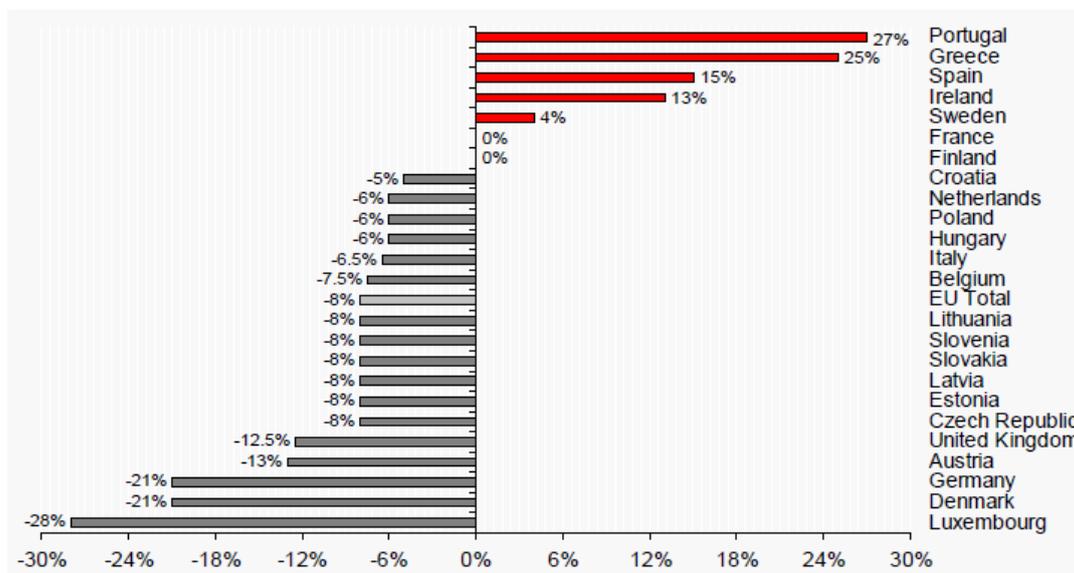
2.3.3. Μηχανισμός Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών

Ο Μηχανισμός Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών έγκειται στην αγορά και στην πώληση δικαιωμάτων ρύπων που απορρέουν από ένα σύνολο πιστοποιημένων και μετρήσιμων παραγώγων των αερίων του θερμοκηπίου [Article 17, Kyoto Protocol, 1998]. Αναφέρεται επομένως στην αγορά δικαιωμάτων εκπομπών από μέρη του Πρωτοκόλλου, τα οποία μπορεί να έχουν περίσσεια δικαιωμάτων εκπομπών. Τα συμβαλλόμενα κράτη του Πρωτοκόλλου συμμετέχοντας σε ένα σύστημα εμπορίας εκπομπών μπορούν να εκπληρώσουν τους στόχους μείωσης τους και να συμμορφωθούν με τις υποχρεώσεις τους, αλλά μόνο σαν συμπληρωματικό μέτρο μαζί με τις εθνικές τους πολιτικές.

2.4. Ευρωπαϊκή Ένωση

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) αποτελεί κινητήρια δύναμη στις διεθνείς διαπραγματεύσεις για την κλιματική αλλαγή και έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της Σύμβασης-Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή

(UNFCCC) και το Πρωτόκολλο του Κιότο. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα υπέγραψε το Πρωτόκολλο στις 29 Απριλίου 1998 και το επικύρωσε τον Μάιο του 2002. Η συνολική προβλεπόμενη μείωση των εκπομπών για την Ευρωπαϊκή Ένωση για την πρώτη περίοδο του Πρωτοκόλλου ήταν κατά 8% [Kyoto Protocol 1998]. Κάθε κράτος μέλος όμως της ΕΕ είχε διαφορετικές επιμέρους υποχρεώσεις και διαφορετική κατανομή φορτίου μείωσης εκπομπών, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 2.5.



Σχήμα 2.5 Κατανομή στόχων μείωσης εκπομπών εντός ΕΕ για την περίοδο 2008-2012
[\[http://unfccc.int/2860.php\]](http://unfccc.int/2860.php)

Για το 2020 η ΕΕ έχει δεσμευτεί να μειώσει τις εκπομπές της κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Αυτή η δέσμευση της αποτελεί στόχο της στρατηγικής της ανάπτυξης για το 2020 και υλοποιείται βάσει νομοθετικών δεσμεύσεων. Οι πρωτοβουλίες της ΕΕ για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου περιλαμβάνουν [\[http://europa.eu.int/comm/environment/climat/emission.htm\]](http://europa.eu.int/comm/environment/climat/emission.htm):

- Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα για την Αλλαγή του Κλίματος (European Climate Change Programme – ECCP), που περιλαμβάνει πλήθος μέτρων και πολιτικών
- Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (EU Emissions Trading System/Scheme – EU ETS), για την μείωση των εκπομπών από τον ενεργειακό και βιομηχανικό τομέα
- Την θέσπιση νομοθεσίας για την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατά 20% μέχρι το 2020
- Την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ευρώπη, καθώς και άλλων εξοπλισμών και συσκευών
- Την μείωση των εκπομπών από τα καινούρια οχήματα

- Την ανάπτυξη των διαδικασιών δέσμευσης και αποθήκευσης του άνθρακα (Carbon Capture and Storage – CCS) από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και άλλων βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

2.4.1. Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών

Το Ευρωπαϊκό Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών ΣΕΔΕ (EU Emissions Trading System/Scheme – EU ETS) αποτελεί ένα από τα πρώτα μεγάλα συστήματα εμπορίας ρύπων παγκοσμίως. Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στην Οδηγία 2003/87/ΕΚ «σχετικά με την θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας», και ξεκίνησε από τον Ιανουάριο του 2005, ανεξάρτητα από τους μηχανισμούς του Πρωτόκολλου του Κιότο, το οποίο εφαρμόστηκε τον Φεβρουάριο του 2005. Σε αυτό συμμετέχουν τα 27 κράτη μέλη της ΕΕ, καθώς και η Κροατία, Ισλανδία, Νορβηγία και το Λιχτενστάιν.

Το Σύστημα ΣΕΔΕ χωρίστηκε αρχικά σε δύο περιόδους, την πρώτη 2005-2008, και την δεύτερη 2008-2013 η οποία συνέπιπτε και με την πρώτη περίοδο δέσμευσης του Πρωτόκολλου, ενώ παράλληλα ορίστηκε και τρίτη περίοδος από το 2013 με επέκταση μέχρι το 2020 [EEA, 2012].

Για την πρώτη περίοδο στις εκπομπές περιλαμβάνονταν μόνο οι εκπομπές CO₂, ενώ οι άλλες δύο περιλαμβάνουν πλέον και τα έξι αέρια του θερμοκηπίου που ορίζονται από το Πρωτόκολλο. Το ΣΕΔΕ καλύπτει εγκαταστάσεις των κρατών μελών που περιλαμβάνουν δραστηριότητες από τους τομείς, όπου λαμβάνουν χώρα τα μεγαλύτερα ποσοστά εκπομπών CO₂ και των αερίων του θερμοκηπίου. Για τις πρώτες δύο περιόδους (2005-2007, 2008-2013) οι τομείς αυτοί περιλάμβαναν δραστηριότητες από [EEA, 2012]:

- τον ενεργειακό τομέα (εγκαταστάσεις καύσεων, διυλιστήρια, οπτανθρακοποιεία)
- την παραγωγή και επεξεργασία σιδηρούχων μετάλλων
- την βιομηχανία ανόργανων υλικών (τσιμέντο, γυαλί, κεραμικά προϊόντα)
- την βιομηχανία χαρτιού και χαρτοπολτού

ενώ από το 2012 συμπεριλαμβάνεται στις δραστηριότητες εκπομπών και ο τομέας της αεροπορίας. Στην τρίτη περίοδο αρχίζουν να συμπεριλαμβάνονται κι άλλες δραστηριότητες που συμβάλουν στις εκπομπές του CO₂ από την παραγωγή χημικών προϊόντων, υδρογόνου, αμμωνίας και αλουμινίου. Επιπρόσθετα θα συμπεριληφθούν εκπομπές υποξειδίου του αζώτου (N₂O) από βιομηχανικούς τομείς και υπερφθορανθράκων (PFCs) από τον τομέα παραγωγής αλουμινίου.

Το ΣΕΔΕ βασίζεται στην αρχή του «ανώτατου ορίου και εμπορίου - cap and trade» Για κάθε περίοδο εφαρμογής του σχεδίου ορίζεται ένα ανώτατο όριο για τα συνολικά δικαιώματα εκπομπών (EU Allowances – EUAs) κάθε επιχείρησης από τους τομείς για όλα τα συμβαλλόμενα μέλη, και με βάση αυτό μπορεί στη συνέχεια να γίνει ανταλλαγή των δικαιωμάτων εκπομπών μεταξύ τους. Ένα δικαίωμα εκπομπών (EUA) αντιστοιχεί με το δικαίωμα εκπομπής ενός τόνου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ή ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂-e). Κάθε εγκατάσταση θα πρέπει να παρακολουθεί και να αναφέρει τις εκπομπές της. Στην περίπτωση που υπερβαίνει το όριο των δικαιωμάτων της έχει την επιλογή να αγοράσει EUAs από την αγορά, εάν δεν στραφεί στην επένδυση σε πιο αποδοτικά περιβαλλοντικών λύσεων. Αντίστροφα εάν μία εγκατάσταση έχει μειώσει τις εκπομπές της έχει την δυνατότητα να πουλήσει τα επιπλέον EUAs που διαθέτει [ΚΑΠΕ, 2006].

Οι εγκαταστάσεις που θα πετυχαίνουν μειώσεις κάτω από τις καθοριζόμενες τιμές, στη διάρκεια ενός έτους, μπορούν να πωλούν τις ποσότητες που εξοικονόμησαν (σε μορφή δικαιωμάτων), σε αυτές που αδυνατούν να τηρήσουν τις τιμές εκπομπής ή σε αυτές που το κόστος για τις επεμβάσεις μείωσης εκπομπών είναι μεγαλύτερο αυτού της αγοράς δικαιωμάτων [ΚΑΠΕ, 2006]. Αντίστοιχα, μία εγκατάσταση έχει τη δυνατότητα να αυξήσει τις εκπομπές της πάνω από τα επίπεδα της άδειας που της έχει χορηγηθεί αγοράζοντας ανάλογα δικαιώματα από την αγορά. Το Εθνικό Καταγραφικό Σύστημα Συναλλαγών – Μητρώο (National Registry) εξασφαλίζει την ορθή λογιστική απεικόνιση όλων των συναλλαγών (π.χ. έκδοση, ιδιοκτησία, μεταβίβαση, ακύρωση). Ο συνολικός αριθμός και η κατανομή για κάθε τομέα και για κάθε συγκεκριμένη εγκατάσταση προσδιορίζεται από το Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών ΕΣΚΔΕ (National Allocation Plan – NPA). [<http://www.eea.europa.eu>]

Το ΣΕΔΕ είναι διαφορετικό από αυτό του Πρωτόκολλου αλλά συνδέεται μαζί του, μέσω της Οδηγίας 2004/101/ΕΚ, γνωστή και ως «Linking Directive». Μέσω της Οδηγίας γίνεται σύνδεση του Ευρωπαϊκού ΣΕΔΕ και των μηχανισμών του Πρωτόκολλου του Κιότο. Με αυτόν τον τρόπο είναι εφικτή η χρήση και η ανταλλαγή δικαιωμάτων εκπομπών EUA με πιστοποιημένες μονάδες εκπομπών (CER) του Μηχανισμού CDM και με μονάδες μείωσης εκπομπών (ERU) του Μηχανισμού JI, κάτω από ένα κοινό σύστημα εμπορίας ρύπων. Στην σύνδεσή αυτή δεν περιλαμβάνονται μονάδες του Πρωτόκολλου από πυρηνικές εγκαταστάσεις ή από δραστηριότητες χρήσης γης, αλλαγής χρήσης γης και δασοκομίας (Land Use, Land Use Change and Forestry – LULUCF). [ΚΑΠΕ, 2006]

3. ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΑΝΘΡΑΚΑ

3.1. Γενικά

Το αποτύπωμα άνθρακα αποτελεί μια έννοια όπου τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ιδιαίτερα δημοφιλής και είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη, καθώς σχετίζεται με την ευθύνη και την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου του θερμοκηπίου, που αποτελούν ένα από τα πιο κρίσιμα ζητήματα παγκοσμίως [Pandey et al., 2010]. Για τον περιορισμό αυτών των φαινομένων και τον έλεγχο των εκπομπών των αερίων αυτών προέκυψε η ανάγκη της ποσοτικής έκφρασης της ευαισθησίας των διάφορων προϊόντων, οργανισμών ή διαδικασιών στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου.

Η έννοια του αποτυπώματος γενικά, δημιουργήθηκε αρχικά για να περιγράψει τις επιπτώσεις που έχουν οι ανθρώπινες παραγωγικές και καταναλωτικές δραστηριότητες στο περιβάλλον. Ο όρος του ανθρακικού αποτυπώματος προήλθε από τον όρο του οικολογικού αποτυπώματος ως υποσύνολό του, όπως προτάθηκε από τους Wackernagel & Rees 1996. Το **οικολογικό αποτύπωμα** εκφράζει το μέτρο της έκτασης παραγωγικής γης και θάλασσας που απαιτείται από ένα άτομο, έναν πληθυσμό ή μια δραστηριότητα για να παράγει τους πόρους που καταναλώνει και για να αφομοιώσει τα απόβλητα που παράγει, και εκφράζεται σε μονάδες έκτασης γης, σε παγκόσμια εκτάρια [<http://www.footprintnetwork.org>]. Με τον ισχυρισμό ότι το ανθρακικό αποτύπωμα αποτελεί υποσύνολο του οικολογικού αποτυπώματος, ορίζεται αντίστοιχα ως το μέτρο της έκτασης της παραγωγικής γης και της θάλασσας που απαιτείται για να απορροφηθούν μέσω της φωτοσύνθεσης οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις καύσεις ορυκτών καυσίμων [<http://www.footprintnetwork.org>]

Όμως όπως θα φανεί και από τους ορισμούς που δίνονται στη συνέχεια, παρά την προέλευση αυτή του όρου, το αποτύπωμα άνθρακα σχετίζεται πιο συχνά κυρίως με τις εκπομπές διαφόρων αερίων, τα οποία είναι σχετικά με την κλιματική αλλαγή, και συνδέεται άμεσα με τις ανθρώπινες παραγωγικές και καταναλωτικές δραστηριότητες. Έτσι οι περισσότεροι ορισμοί του αναφέρονται στη μέτρηση της ποσότητας των αερίων που εκπέμπονται από τις δραστηριότητες αυτές. Επίσης παρά το γεγονός ότι σαν έννοια χρησιμοποιείται εκτεταμένα αποτελεί έναν πρόσφατο και νεοσύστατο όρο, ο οποίος έχει δημιουργήσει σύγχυση στην προσπάθεια ορισμού του, καθώς και στους τρόπους προσδιορισμού του, στο τι συμπεριλαμβάνει και πως μετριέται [ECCM, 2008].

3.2. Ορισμός αποτύπωμα άνθρακα

Στη συνέχεια παρατίθενται οι διάφοροι ορισμοί που έχουν χρησιμοποιηθεί για το αποτύπωμα άνθρακα, οι οποίοι όπως φαίνεται παρουσιάζουν μια ανομοιομορφία ως προς το τι είναι τελικά ανθρακικό αποτύπωμα, ποια εκπεμπόμενα αέρια συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος, ποιες είναι οι μονάδες μέτρησής του κ.α.

- Αποτύπωμα άνθρακα είναι το σύνολο των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που δημιουργούνται άμεσα ή έμμεσα από μια δραστηριότητα ή συσσωρεύονται κατά τα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος. [Wiedmann, 2007]
- Το αποτύπωμα άνθρακα μετρά το σύνολο των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου από έναν ορισμένο πληθυσμό, σύστημα ή δραστηριότητα, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις σχετικές πηγές και αποθηκεύσεις εντός των χωρικών και χρονικών ορίων που ενδιαφέρουν τον πληθυσμό, το σύστημα ή την δραστηριότητα. [Wright et al., 2011]
- Αποτύπωμα άνθρακα είναι οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται άμεσα ή έμμεσα από ένα άτομο, έναν οργανισμό, μια εκδήλωση ή ένα προϊόν και εκφράζεται σε μονάδες μάζας ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂-e). Στα αέρια του θερμοκηπίου περιλαμβάνονται τα έξι αέρια του Πρωτόκολλου του Κυότο. [Carbon Trust, 2012]
- Αποτύπωμα άνθρακα ορίζεται ως το μέτρο της έκτασης παραγωγικής γης και θάλασσας που απαιτείται για να απορροφηθούν μέσω της φωτοσύνθεσης οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τις καύσεις ορυκτών καυσίμων [http://www.footprintnetwork.org]
- Το αποτύπωμα άνθρακα είναι η συνολική ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου, που εκπέμπονται κατά την διάρκεια όλου του κύκλου ζωής μιας διαδικασίας ή ενός προϊόντος. Εκφράζεται σε γραμμάρια

ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ανά κιλοβατώρα παραγωγής (g CO₂-e/kWh), λαμβάνοντας έτσι υπόψη το διαφορετικό δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP) των άλλων αερίων του θερμοκηπίου. [POST, 2006]

Παρατηρείται λοιπόν, ότι το ανθρακικό αποτύπωμα μπορεί να είναι ένας χωρικός δείκτης και να εκφράζεται σε μονάδες έκτασης παραγωγικής γης, δηλαδή σε παγκόσμια εκτάρια (global hectares, gha), ενώ σύμφωνα με άλλους ορισμούς μπορεί να εκφραστεί σε μονάδες μάζας (γραμμάρια, κιλά ή τόνους) είτε διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) είτε ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂-e).

Παρά τις επικρατούσες διαφορές, οι μονάδες μάζας ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα είναι ευρέως αποδεκτές και έχουν θεωρηθεί σαν αναφορική μονάδα μέτρησης αποτυπώματος άνθρακα [Carbon Trust, 2012]. Οι φυσικές μονάδες μέτρησης των εκπομπών είναι εκφρασμένες σε μονάδες μάζας, έτσι για τη χωρική έκφρασή τους πρέπει να γίνουν διάφορες παραδοχές οι οποίες αυξάνουν τις αβεβαιότητες και τα λάθη στην εκτίμηση των εκπομπών. [Wiedmann, 2007]

Στα περισσότερα διεθνή εργαλεία υπολογισμού έχει επικρατήσει να λαμβάνονται υπόψη τα έξι αέρια του Πρωτόκολλου του Κιότο για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα ανάλογα με τον τομέα παραγωγής. Αυτό βέβαια εξαρτάται από το κάθε εργαλείο υπολογισμού και από το τι αέρια αυτό συμπεριλαμβάνει στην μεθοδολογία του, καθώς και από το ποια είναι τελικά τα πιο σημαντικά ανάλογα με την πηγή των εκπομπών.

Για τα όρια και τις δραστηριότητες που συμπεριλαμβάνονται στον ορισμό του αποτυπώματος άνθρακα, μπορεί τελικά να γίνει ο διαχωρισμός δύο τύπων αποτυπώματος άνθρακα, ενός που περιλαμβάνει τις εκπομπές από όλες τις δραστηριότητες ενός οργανισμού ή μιας επιχείρησης, και ενός που περιλαμβάνει όλο τον κύκλο ζωής ενός συγκεκριμένου προϊόντος. Το πρώτο περιλαμβάνει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου από όλες τις δραστηριότητες του οργανισμού, συμπεριλαμβανομένου και της ενέργειας που χρησιμοποιείται στα κτίρια, των βιομηχανικών διαδικασιών και των οχημάτων του οργανισμού. Ενώ το δεύτερο μετρά τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου απ' όλον τον κύκλο ζωής του προϊόντος (είτε αυτό είναι αγαθό είτε υπηρεσία), από την εξαγωγή των πρώτων υλών και την κατασκευή του, μέχρι την χρήση και την τελική ανακύκλωση ή διάθεση του.

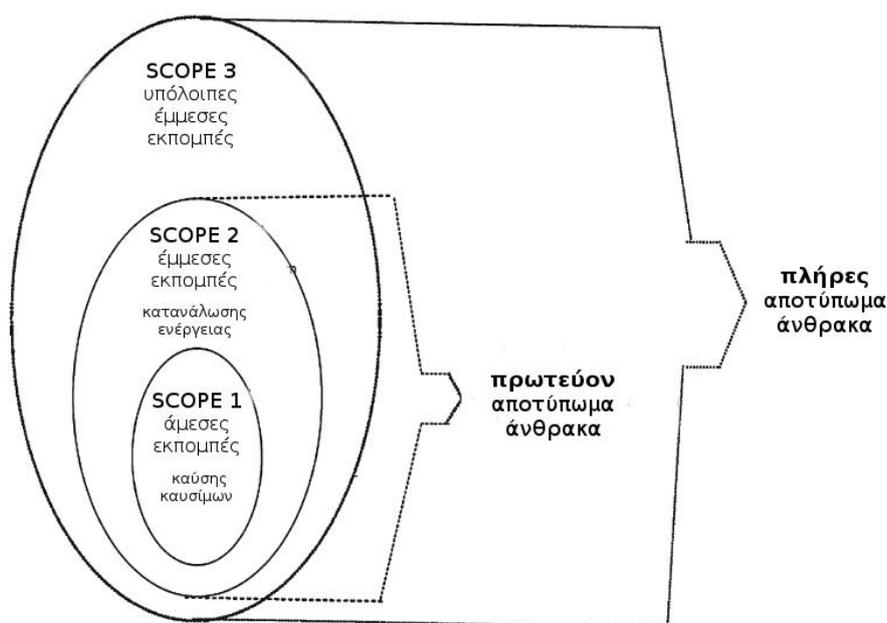
3.3. Κατηγορίες εκπομπών αποτυπώματος άνθρακα

Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα μπορεί να είναι είτε άμεσες είτε έμμεσες.

Οι δραστηριότητες οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό προσδιορίζονται και διαχωρίζονται με βάση την κατηγορία εκπομπών που ανήκουν. Οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου χωρίζονται με αυτόν τον τρόπο σε τρεις κατηγορίες [GHG Protocol, 2006, Carbon Trust, 2012]:

- 1^η κατηγορία (Scope 1): Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται όλες οι άμεσες εκπομπές που προκύπτουν από τις δραστηριότητες που ελέγχονται άμεσα από μία οντότητα ή επιχείρηση.
- 2^η κατηγορία (Scope 2): Συμπεριλαμβάνονται οι έμμεσες εκπομπές που δημιουργούνται από τις καύσεις για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας που καταναλώνεται.
- 3^η κατηγορία (Scope 3): Συμπεριλαμβάνονται όλες οι υπόλοιπες έμμεσες εκπομπές που προκύπτουν από δραστηριότητες που δεν ελέγχονται άμεσα από την οντότητα ή την επιχείρηση. Αυτές μπορεί να σχετίζονται με την μεταφορά ή την αγορά προϊόντων, τη διάθεση των προϊόντων, την μεταφορά του εργατικού προσωπικού και τα επαγγελματικά ταξίδια, την κατανάλωση νερού κ.ά.

Με βάση τον διαχωρισμό των εκπομπών στις κατηγορίες αυτές διακρίνεται το **πρωτεύον αποτύπωμα άνθρακα**, όπου περιλαμβάνονται οι άμεσες εκπομπές από την καύση των ορυκτών καυσίμων και από την έμμεση κατανάλωση ενέργειας, και το **δευτερεύον αποτύπωμα άνθρακα**, όπου περιλαμβάνει τις εκπομπές από τον κύκλο ζωής των αγαθών ή υπηρεσιών, από την παραγωγή των πρώτων υλών μέχρι την τελική διάθεση τους. Όταν το δευτερεύον αποτύπωμα συμπεριλαμβάνεται στον υπολογισμό, το καλείται **πλήρες αποτύπωμα άνθρακα** [Carbon Trust, 2012].



Σχήμα 3.1 Διαχωρισμός εκπομπών και αποτύπωμα άνθρακα [Pandey et al., 2010]

Οι δύο πρώτες κατηγορίες εκπομπών λοιπόν αποτελούν το βασικό ή πρωτεύον αποτύπωμα άνθρακα. Τα όρια αυτών των πεδίων μπορούν να προσδιοριστούν εύκολα και η συλλογή των δεδομένων για τον υπολογισμό του αποτυπώματος να είναι αρκετά ακριβής. Η τρίτη κατηγορία αποτελεί το δευτερεύον αποτύπωμα άνθρακα. Οι εκπομπές σε αυτή την κατηγορία προσδιορίζονται δύσκολα σε σχέση με τις άλλες δύο, καθώς τα όρια της για το ποιες δραστηριότητες συμπεριλαμβάνονται σε αυτή δεν μπορούν να ορισθούν με σαφή τρόπο, και η συλλογή των δεδομένων είναι εξίσου δύσκολη, καθώς οι εκπομπές αυτές δεν ελέγχονται άμεσα. Επίσης για το αν χρειάζεται να συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς είναι σημαντικό να προσδιοριστεί σε ποιο βαθμό υπάρχει έλεγχος των εκπομπών στην τρίτη κατηγορία. [Pandey et al., 2010]

Οι δύο πρώτες κατηγορίες εκπομπών είναι υποχρεωτικό να περιλαμβάνονται στον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα με βάση τα διάφορα διεθνή πρωτόκολλα και κανονισμούς, ενώ η τρίτη θεωρείται προαιρετική και συχνά δεν συμπεριλαμβάνεται στην εκτίμηση του αποτυπώματος άνθρακα [Carbon Trust ,2008, GHG Protocol, 2006].

3.4. Διεθνείς οδηγοί για τον υπολογισμό εκπομπών αέριων του θερμοκηπίου

Με βάση τα παραπάνω έχουν αναπτυχθεί πρωτόκολλα και οδηγοί από διεθνείς περιβαλλοντικούς οργανισμούς για την απογραφή των εκπομπών αερίων από μία επιχείρηση ή μία οντότητα, καθώς και για εθνικές απογραφές εκπομπών αερίων.

3.4.1. Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) είναι ο κορυφαίος διεθνής οργανισμός για την αξιολόγηση της αλλαγής του κλίματος. Ανάμεσα στις ομάδες εργασίας που έχει είναι και αυτή των εθνικών απογραφών αερίων του θερμοκηπίου (Task Force on National Greenhouse Gas Inventories). Έτσι η IPCC έχει ολοκληρώσει τέσσερις εκθέσεις αξιολόγησης και έχει αναπτύξει κατευθυντήριους οδηγούς με μεθοδολογίες για τις εθνικές απογραφές εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, ειδικές εκθέσεις και τεχνικά έγγραφα. Παράλληλα με τους οδηγούς μεθοδολογίας IPCC 2006 έχει αναπτύξει και κατάλληλο λογισμικό για την εφαρμογή των απλούστερων μεθόδων του συγκεκριμένου οδηγού, IPCC Inventory Software 2012. [<http://www.ipcc.ch>]

3.4.2. Πρωτόκολλο Αερίων του Θερμοκηπίου

Το Πρωτόκολλο Αερίων του Θερμοκηπίου GHG Protocol είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο εργαλείο υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα που παρέχεται από την Πρωτοβουλία του Πρωτοκόλλου GHG. Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιείται παγκοσμίως από κυβερνήσεις και επιχειρήσεις για να κατανοήσουν, να ποσοτικοποιήσουν και να διαχειριστούν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Παρέχει το υπολογιστικό πλαίσιο σχεδόν για κάθε πρότυπο και πρόγραμμα υπολογισμού εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου – όπως της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) και του The Climate Registry - καθώς και για πολλές απογραφές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από μεμονωμένες εταιρείες. [<http://www.ghgprotocol.org/>]

Το Πρωτόκολλο GHG διαθέτει μια πληθώρα από υπολογιστικά προγράμματα για τον υπολογισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, που είναι συνεπή σε αυτά που έχουν προταθεί και από την IPCC για τον διαχωρισμό των εκπομπών. Τα εργαλεία αυτά είναι για εκείνες τις δραστηριότητες που εκπέμπουν τις σημαντικότερες ποσότητες CO₂ παγκοσμίως. Οι κατηγορίες εκπομπών διαχωρίζονται σε [*GHG Protocol, 2006*]:

- Καύσεις σταθερών εγκαταστάσεων - σταθεροποιημένες καύσεις
- Καύσεις μέσω μεταφοράς και κινητών πηγών - κινητές καύσεις
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας - αγορασμένος ηλεκτρισμός
- Κατανάλωση θερμότητας – αγορασμένη θερμότητα
- Σταθμοί συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (combined heat and power – CHP)
- Χρήση ψυγείων και air-condition

Καθώς και ειδικές κατηγορίες του βιομηχανικού τομέα όπως:

- Παραγωγή τσιμέντου
- Παραγωγή σίδηρου και χάλυβα
- Παραγωγή ασβέστη
- Παραγωγή αμμωνίας
- Παραγωγή χαρτοπολτού και χαρτιού

Κάθε εργαλείο από αυτά αποτελείται από έναν οδηγό και ένα υπολογιστικό πρόγραμμα Excel της Microsoft.

Με βάση τις πρακτικές των IPCC και GHG Protocol έχουν συνταχθεί κι άλλοι οδηγοί που περιγράφουν μεθόδους για τον υπολογισμό της πλειονότητας των πηγών εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος Αμερικής (U.S.Environmental Protection Agency – U.S.EPA) παρέχει επίσης τεχνικούς οδηγούς για τον υπολογισμό και την έκθεση αναφοράς των εκπομπών των αερίων

του θερμοκηπίου, καθώς και στρατηγικών για την μείωση τους [U.S.EPA, 2004]. Επίσης η αμερικάνικη συνεργασία The Climate Registry παρέχει ένα πρωτόκολλο το General Reporting Protocol, καθώς και διαδικτυακό εργαλείο υπολογισμού, αναφοράς και ελέγχου των εκπομπών, Climate Registry Information System (CRIS), που προσφέρει την δυνατότητα υπολογισμού και αναφοράς των ετήσιων εκπομπών καθώς και την δυνατότητα ελέγχου των αναφερόμενων στοιχείων και την δημόσια πρόσβαση στις ετήσιες αναφορές εκπομπών [Climate Registry, 2008].

4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ

4.1. Γενικά

Για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα απαιτείται ο προσδιορισμός των άμεσων και έμμεσων εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα ταυτίζεται με τον υπολογισμό των συνολικών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, σε μονάδες ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂-e), που προκύπτουν από τις δραστηριότητες μίας οντότητας. Η περιγραφή του υπολογισμού των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και ο διαχωρισμός πηγών εκπομπών βασίζεται στις πρακτικές και τους οδηγούς που περιγράφηκαν στο υποκεφάλαιο 3.3. *[GHG Protocol/ IPCC/ U.S.EPA, 2004/ Climate Registry, 2008]*

4.1.1. Βασική εξίσωση υπολογισμού

Η πιο κοινή και απλή μέθοδος υπολογισμού των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου είναι ο συνδυασμός των πληροφοριών του περιεχόμενου στο οποίο μια ανθρώπινη δραστηριότητα λαμβάνει χώρα, που ονομάζεται δεδομένα δραστηριότητας (Activity Data, AD), και συντελεστών που ποσοτικοποιούν τις εκπομπές ανά μονάδα δραστηριότητας, οι οποίοι ονομάζονται συντελεστές εκπομπών (Emission Factors, EF). Έτσι η βασική εξίσωση υπολογισμού είναι:

$$E = AD \cdot EF$$

Η βασική αυτή εξίσωση μπορεί να τροποποιηθεί σε συγκεκριμένες περιπτώσεις για να συμπεριλάβει και άλλες παραμέτρους που σχετίζονται με την εκτίμηση των εκπομπών πέρα από τους συντελεστές εκπομπών. *[IPCC, 2006 V1]*

Οι συνολικές εκπομπές των αερίων για τον προσδιορισμό του αποτυπώματος άνθρακα προκύπτουν αθροιστικά από τις συνολικές εκπομπές κάθε αερίου, αφού γίνει η μετατροπή κάθε αερίου σε ισοδύναμες εκπομπές CO₂ (CO₂-e). Η μετατροπή αυτή γίνεται πολλαπλασιάζοντας τις συνολικές εκπομπές ενός αερίου με τον δείκτη Δυναμικού Υπερθέρμανσης του Πλανήτη του κάθε αερίου, όπως δίνονται από τον Πίνακα 2.1.

Στη συνέχεια περιγράφονται οι μέθοδοι υπολογισμού των άμεσων εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, που προέρχονται από σταθερές εγκαταστάσεις και κινητές πηγές, καθώς και οι έμμεσες εκπομπές από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ατμού. Πριν από αυτό κρίνεται απαραίτητο να γίνει μια σύντομη περιγραφή της διαδικασίας των καύσεων και των διάφορων τύπων καυσίμων που χρησιμοποιούνται.

4.1.2. Διαδικασία καύσης

Η διαδικασία καύσης ορίζεται από την ταχεία οξειδωση των καυσίμων με την ταυτόχρονη απελευθέρωση θερμικής ενέργειας. Κατά την διάρκεια της καύσης σχηματίζονται αέρια του θερμοκηπίου, τα οποία αν δεν δεσμευτούν, εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα. Συγκεκριμένα οι υδρογονάνθρακες των καυσίμων μετατρέπονται κυρίως σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό, απελευθερώνοντας την χημική ενέργεια του καυσίμου ως θερμότητα. Η θερμική ενέργεια αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα, ή να παράγει μηχανική ενέργεια για την μετέπειτα παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή κατευθείαν για μεταφορά. *[GHG Protocol, 2005a]*

Το ποσό ενέργειας που περιέχεται σε ένα καύσιμο, που εξαρτάται από τον αριθμό και τον τύπο των χημικών δεσμών του καυσίμου, και η περιεκτικότητα σε άνθρακα είναι ισόθερμες χημικές ιδιότητες. Κατά την διάρκεια της καύσης το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας προκύπτει από το σπάσιμο των χημικών δεσμών μεταξύ των ατόμων του άνθρακα και του υδρογόνου και τον σχηματισμό ενός διπλού δεσμού μεταξύ των ατόμων του άνθρακα με αυτών του οξυγόνου που βρίσκεται στον αέρα. Με αυτό τον τρόπο το ποσό της θερμότητας που ελευθερώνεται και η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται εξαρτώνται από την περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα.

Κατά την διάρκεια της καύσης εκπέμπονται και άλλα αέρια που περιέχουν άνθρακα. Αυτά είναι το μεθάνιο (CH₄), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), και πτητικές οργανικές ενώσεις πλην μεθανίου (ΠΟΕΠΜ). Το ποσοστό της περιεκτικότητας σε άνθρακα αυτών των αερίων που εκπέμπονται είναι παρά πολύ μικρό, κι έτσι η συνολική περιεκτικότητα σε άνθρακα του καυσίμου αντιστοιχεί στην ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται *[IPCC 200, V1]*.

Αντίθετα οι εκπομπές του μεθανίου (CH₄) και του νιτρικού οξέος (N₂O) δεν εξαρτώνται από την περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα, αλλά από τα χαρακτηριστικά του καυσίμου, τον τύπο τεχνολογίας του συστήματος καύσης, τα συστήματα ελέγχου των εκπομπών και από τις εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος.

4.1.3. Τύποι καυσίμων

- Ορυκτά Καύσιμα

Τα ορυκτά καύσιμα μπορεί να είναι σε στέρεα, υγρή ή αέρια μορφή. Τα πιο κύρια από αυτά είναι [GHG Protocol, 2005a]:

- Ο γαιάνθρακας, και τα διάφορα παράγωγά του, συμπεριλαμβάνεται στα στέρεα καύσιμα. Ο γαιάνθρακας περιλαμβάνει μια ευρεία ποικιλία απολιθωμένων στέρεων υλικών που προέρχονται από φυτά. Τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των γαιανθράκων έχουν να κάνουν με την περιεκτικότητα σε άνθρακα, την θερμογόνο δύναμη, την περιεκτικότητα σε τέφρα και το περιεχόμενο σε θείο και άλλων προσμίξεων. Με βάση αυτά, οι γαιάνθρακες ταξινομούνται σε τέσσερις γενικές κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές με σειρά από τον πιο πρόσφατα σχηματισμένο, και άρα με την περισσότερη περιεκτικότητα σε υγρασία και με την χαμηλότερη θερμογόνο δύναμη, στον πιο έντονα ενανθρακωμένο είναι ο λιγνίτης, ο υποασφαλτούχος άνθρακας, ο ασφαλτούχος άνθρακας και ο ανθρακίτης.

- Το αργό πετρέλαιο και τα προϊόντα πετρελαίου είναι καύσιμα υγρής μορφής. Τα προϊόντα πετρελαίου περιέχουν μίγματα πολλών χημικών ενώσεων, αλλά κυρίως αποτελούνται από υδρογονάνθρακες, με διαφορετικές περιεκτικότητες σε άτομα υδρογόνου και άνθρακα. Ανάλογα με τα άτομα άνθρακα, προϊόντα πετρελαίου αποτελούν η νάφθα, η βενζίνη, το πετρέλαιο ντίζελ και η κηροζίνη.

- Το φυσικό αέριο ανάλογα με τις ενώσεις που περιέχει μπορεί να είναι είτε σε υγρή είτε σε αέρια μορφή. Αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH₄) και ανάλογα με τις ενώσεις που περιέχει μεταβάλλεται η περιεκτικότητά του σε άνθρακα. Τα υγρά φυσικού αερίου είναι κυρίως το αιθάνιο, το προπάνιο και το βουτάνιο ενώ το ακατέργαστο φυσικό αέριο είναι αέριο χωρίς υδρογονάνθρακες που αποτελείται από διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, ήλιο και άλλα ευγενή αέρια, και υδρόθειο.

- Καύσιμα Βιομάζας

Εκτός από τα ορυκτά καύσιμα, τα καύσιμα μπορεί να προέρχονται και από υλικά βιομάζας ή φυτικά υλικά (π.χ. ξύλο, οργανικά υπολείμματα, υπολείμματα συγκομιδής από καλλιέργειες). Η χημική σύνθεση και η διαδικασία καύσης τους

είναι παρόμοια με αυτή των ορυκτών καυσίμων. Ωστόσο η προέλευση του άνθρακα των δύο τύπων καυσίμων είναι διαφορετική. Ο άνθρακας που περιέχεται στα υλικά βιομάζας είναι βιογενής προέλευσης, δηλαδή περιέχει πρόσφατους ζωντανούς ιστούς, ενώ ο άνθρακας των ορυκτών καυσίμων έχει παγιδευτεί σε γεωλογικούς σχηματισμούς για χιλιετίες. Επιπρόσθετα κατά την διαδικασία καύσης των βιοκαυσίμων υποστηρίζεται ότι αυτά δεν συμβάλλουν στην καθαρή ποσότητα εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα.

Στον υπολογισμό των συνολικών άμεσων εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα δεν συμπεριλαμβάνεται η κατανάλωση βιοκαυσίμων. Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο και για τις εκπομπές του μεθανίου (CH_4) και του νιτρικού οξέος (N_2O). Για αυτά τα αέρια η καύση βιομάζας συνεισφέρει σε όλες τις περιπτώσεις στις εκπομπές τους, και για αυτό η κατανάλωση τέτοιων καυσίμων περιλαμβάνεται στον υπολογισμό των συνολικών εκπομπών τους.

- Προϊόντα Αποβλήτων

Τα προϊόντα αποβλήτων σε στέρεα, υγρή και αέρια μορφή μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε καύσεις για την παραγωγή ενέργειας. Τέτοιου είδους καύσιμα μπορεί να είναι μεταχειρισμένα ελαστικά, χρησιμοποιημένα λάδια κινητήρων, αστικά στέρεα απόβλητα, αέρια από υγειονομική ταφή και αέρια παραπροϊόντα. Οι εκπομπές από τα καύσιμα αποβλήτων συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό των εκπομπών και των τριών αερίων του θερμοκηπίου.

4.2. Καύσεις από σταθερές εγκαταστάσεις

Οι σταθεροποιημένες καύσεις αναφέρονται σε καύσεις που πραγματοποιούνται σε μια σταθερή εγκατάσταση χρησιμοποιώντας κυρίως ορυκτά καύσιμα. Αναφέρονται δηλαδή στις καύσεις καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας ή κινητήριας δύναμης χρησιμοποιώντας εξοπλισμό σε σταθερή θέση. Τυπικές μεγάλες πηγές εκπομπών από σταθερές εγκαταστάσεις αποτελούν οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τα διυλιστήρια και οι εγκαταστάσεις του παραγωγικού τομέα. Πιο μικρές μονάδες όπου πραγματοποιούνται τέτοιες καύσεις αποτελούν οι λέβητες, οι καυστήρες, οι κλίβανοι, οι θερμαντήρες, οι στρόβιλοι, οι μηχανές εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ.), οι θερμικοί οξειδωτές, τα τζάκια και οποιοσδήποτε άλλος εξοπλισμός ή συσκευή χρησιμοποιεί καύσιμα άνθρακα.

Κατά την καύση των καυσίμων σε σταθερές εγκαταστάσεις εκπέμπονται τα εξής αέρια του θερμοκηπίου: διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), μεθάνιο (CH_4) και νιτρικό οξύ (N_2O). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αντιστοιχούν στο 99% της συνολικής ποσότητας ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα ($\text{CO}_2\text{-e}$) των εκπεμπόμενων αερίων

του θερμοκηπίου, ενώ το υπόλοιπο 1% στις εκπομπές του μεθανίου (CH₄) και του νιτρικού οξέος (N₂O). [GHG Protocol, 2005a]

Πέρα από τα ορυκτά καύσιμα, σε μια σταθεροποιημένη καύση μπορούν να χρησιμοποιηθούν και καύσιμα βιομάζας, καθώς και καύσιμα από προϊόντα αποβλήτων σε στέρεα, υγρή ή αέρια μορφή.

Ο τρόπος υπολογισμού των άμεσων εκπομπών CO₂ διαφέρει από αυτόν των άλλων δύο αερίων, αφού όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι εκπομπές του CO₂ είναι άμεσα συνδεδεμένες με την περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα, ενώ οι εκπομπές των CH₄ και N₂O από διάφορες άλλες παραμέτρους. [GHG Protocol, 2005a/ U.S.EPA, 2004 / Climate Registry 2008]

4.2.1. Άμεσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂

4.2.1.1. Μέθοδοι υπολογισμού εκπομπών

Για την εκτίμηση των άμεσων εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα από καύσεις σταθερών εγκαταστάσεων υπάρχουν δύο κύριες μεθοδολογίες [GHG Protocol 2005a, U.S.EPA 2004, Climate Registry 2008]:

1. Απευθείας μέτρηση των εκπομπών του CO₂ από το εκπεμπόμενο αέριο-καυσαέριο
2. Υπολογισμός των εκπομπών του CO₂ βάσει αντιπροσωπευτικών δεδομένων δραστηριότητας

Η μεθοδολογία βάσει απευθείας μετρήσεων γίνεται με τον προσδιορισμό των εκπομπών από συνεχείς μετρήσεις του καυσαερίου στον καπναγωγό. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιούνται μέσω ενός συστήματος συνεχούς παρακολούθησης εκπομπών (Continuous Emissions Monitoring System, CEMS) που καταγράφει την συνολική παροχή του εξερχόμενου καυσαερίου και την συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στον καπναγωγό. Αντίθετα ο υπολογισμός των εκπομπών περιλαμβάνει την χρήση δεδομένων της κατανάλωσης καυσίμων και της χημικής σύνθεσής τους.

1. Μέθοδος απευθείας μετρήσεων

Οι απευθείας μετρήσεις τυπικά περιλαμβάνουν την χρήση συστημάτων CEM. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν [GHG Protocol, 2005a]:

- ένα σύστημα παρακολούθησης της συγκέντρωσης του CO₂

- ένα σύστημα παρακολούθησης του ογκομετρικού ρυθμού ροής στον καπναγωγό, καθώς και
- ένα σύστημα παρακολούθησης της θερμοκρασίας στην ίδια θέση με τα άλλα συστήματα παρακολούθησης για τον προσδιορισμό της πυκνότητας του καυσαερίου
- ένα αυτοματοποιημένο σύστημα συγκέντρωσης και διαχείρισης των δεδομένων για την καταγραφή και επεξεργασία των δεδομένων.

Ο υπολογισμός των εκπομπών με συστήματα CEM μπορεί να γίνει με δύο τρόπους είτε α) με παρακολούθηση των συγκεντρώσεων του CO₂ είτε β) με παρακολούθηση των συγκεντρώσεων του οξυγόνου O₂ μέσω των οποίων θα γίνει ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων του CO₂. Για τις εκπομπές του CO₂ έχουμε:

α) Με βάση τις συγκεντρώσεις του CO₂

Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα από απευθείας μετρήσεις όταν οι συγκεντρώσεις του CO₂ είναι σε υγρή κατάσταση προσδιορίζονται την εξίσωση:

$$E = D_{CO_2} \cdot C_{CO_2} \cdot Q_{STP}$$

όπου:

E Οι εκπομπές μάζας του CO₂ (t/hr)

D_{CO2} Η πυκνότητα του CO₂ σε πρότυπες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης (συνήθως 1,87 kg/m³ σε θερμοκρασία 15° C και πίεση 1,013 bar)

C_{CO2} Η μέση συγκέντρωση του CO₂ στο καυσαέριο σε υγρή κατάσταση (κατ'όγκο)

Q_{STP} Ο μέσος ογκομετρικός ρυθμός ροής σε υγρή κατάσταση και πρότυπες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης (m³/hr ή ft³/hr)

Ενώ όταν οι συγκεντρώσεις του CO₂ είναι σε ξηρή κατάσταση:

$$E = D_{CO_2} \cdot C_{CO_2} \cdot Q_{STP} \cdot (1 - C_{H_2O})$$

όπου:

C_{H2O} Η μέση περιεκτικότητα σε υγρασία (κατ'όγκο)

Δηλαδή οι εκπομπές του CO₂ σε ξηρή κατάσταση προκύπτουν από την αφαίρεση της υγρασίας.

β) Με βάση τις συγκεντρώσεις του O₂

Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα CO₂ από απευθείας μετρήσεις των συγκεντρώσεων του οξυγόνου O₂ προσδιορίζονται από τις παραπάνω εξισώσεις όπου η μέση συγκέντρωση C_{CO2} δίνεται από την εξίσωση:

$$C_{CO2} = \left(0,209 - C_{O2}/0,209 \right) \cdot F_{CO2}/F_{exhaust}$$

όπου:

C_{CO2} Η μέση συγκέντρωση του CO₂ στο καυσαέριο σε ξηρή κατάσταση (κατ'όγκο)

C_{O2} Η μέση συγκέντρωση του O₂ στο καυσαέριο σε ξηρή κατάσταση (κατ'όγκο)

F_{CO2} Ο λόγος του όγκου του CO₂ που παράγεται, σε ξηρή κατάσταση και σε πρότυπες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, προς την μικτή θερμική αξία του καυσίμου που καταναλώνεται (m³/KJ ή m³/million Btu²)

F_{exhaust} Ο λόγος του όγκου του συνολικού καυσαερίου που παράγεται, σε ξηρή κατάσταση και σε πρότυπες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, προς την μικτή θερμική αξία του καυσίμου που καταναλώνεται (m³/KJ ή m³/million Btu)

0,209 Το κλάσμα του οξυγόνου του O₂ στην ατμόσφαιρα

Στις παραπάνω εξισώσεις χρησιμοποιείται ο ογκομετρικός ρυθμός σε πρότυπη θερμοκρασία και πίεση. Η μετατροπή των πραγματικών μετρήσεων ροής σε πρότυπες συνθήκες γίνεται μέσω της εξίσωσης:

$$Q_{STP} = Q_{actual} \cdot \left(T_{STP}/T_{exhaust} \right) \cdot \left(P_{exhaust}/P_{STP} \right)$$

όπου:

Q_{STP} Ο ογκομετρικός ρυθμός των καυσαερίων σε πρότυπες συνθήκες

Q_{actual} Ο ογκομετρικός ρυθμός των καυσαερίων σε πραγματικές συνθήκες

T_{SPT} Η πρότυπη θερμοκρασία ίση με 15 °C

T_{exhaust} Η θερμοκρασία των καυσαερίων στο σημείο παρακολούθησης

P_{SPT} Η πρότυπη πίεση ίση με 1,013 bar

P_{exhaust} Η πίεση των καυσαερίων στο σημείο παρακολούθησης

Στα συστήματα CEM δεν μπορεί να γίνει ο διαχωρισμός μεταξύ του CO₂ που παράγεται από τα υλικά βιομάζας και αυτού από τα ορυκτά καύσιμα. Γι' αυτό σε περιπτώσεις καύσεων με μικτά καύσιμα το μέρος των εκπομπών που προέρχονται

² Η βρετανική θερμική μονάδα μέτρησης (British thermal unit, Btu) είναι μονάδα ενέργειας και ισούται με 1,054-1,060 KJ.

από βιογενή άνθρακα πρέπει να αφαιρούνται από τις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα [GHG Protocol, 2005a].

2. Υπολογιστική μέθοδος

Η υπολογιστική μέθοδος βασίζεται σε δεδομένα δραστηριότητας και συντελεστές καύσεις. Ο όρος δεδομένα δραστηριότητας αναφέρεται σε δεδομένα της ποσότητας του καυσίμου που καταναλώνεται για την καύση-δραστηριότητα ενώ οι συντελεστές καύσεις εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του καυσίμου.

Η υπολογιστική μέθοδος βασίζεται σε αντιπροσωπευτικά δεδομένα που περιλαμβάνουν την συλλογή α) δεδομένων για την δραστηριότητα, στη μορφή της ποσότητας του καυσίμου που καταναλώνεται για αυτή την δραστηριότητα και β) δεδομένων για συντελεστές εκπομπών, στη μορφή πληροφοριών των χαρακτηριστικών του καυσίμου και της απόδοσης της διαδικασίας της οξείδωσης. [GHG Protocol, 2005a]

Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα με την υπολογιστική μέθοδο προκύπτουν με βάση μία από τις παρακάτω εξισώσεις ανάλογα με την μορφή των δεδομένων:

$$E = A_{f,v} \cdot F_{c,v} \cdot F_{ox} \cdot (44/12)$$

όπου:

- E Οι εκπομπές μάζας του CO₂ (σε t ή short tons³)
- A_{f,v} Ο όγκος των καυσίμων που καταναλώθηκαν (σε m³, L, gallons, ft³)
- F_{c,v} Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα εκφρασμένη σε μονάδες όγκου (σε t C/m³)
- F_{ox} Ο συντελεστής οξείδωσης του καυσίμου
- 44/12 Ο λόγος του μοριακού βάρους του CO₂ προς το μοριακό βάρος του άνθρακα

ή

$$E = A_{f,m} \cdot F_{c,m} \cdot F_{ox} \cdot (44/12)$$

όπου:

- A_{f,m} Η μάζα των καυσίμων που καταναλώθηκαν (σε t ή short tons)
- F_{c,m} Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα εκφρασμένη σε μονάδες μάζας (σε t C/t καυσίμου)

³ Ένας short ton αποτελεί μονάδα μέτρησης μάζας και ισοδυναμεί με 2000 pounds και 907.18474 kg

ή

$$E = A_{f,h} \cdot F_{c,h} \cdot F_{ox} \cdot \left(\frac{44}{12}\right)$$

όπου:

$A_{f,h}$ Το ποσό θερμότητας των καυσίμων που καταναλώθηκαν (σε GJ ή million Btu)

$F_{c,h}$ Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα εκφρασμένη σε μονάδες θερμότητας (σε t C/GJ)

Το ποσό της θερμότητας των καυσίμων που καταναλώθηκαν προσδιορίζεται από την εξίσωση:

$$A_{f,h} = A_{f,v} \cdot H_v \quad \text{ή} \quad A_{f,h} = A_{f,m} \cdot H_m$$

όπου:

H_v Η θερμογόνο δύναμη του καυσίμου εκφρασμένη σε μονάδες όγκου (σε GJ/L ή million Btu/ft³)

H_m Η θερμογόνο δύναμη του καυσίμου εκφρασμένη σε μονάδες μάζας (σε GJ/tn ή million Btu/short ton)

Είναι σημαντικό για τον σωστό υπολογισμό των εκπομπών τα δεδομένα να είναι εκφρασμένα στην ίδια βάση μονάδας μέτρησης (όγκου, μάζας ή ενέργειας), καθώς και τα δεδομένα στην κατανάλωση καυσίμων και οι συντελεστές εκπομπών να είναι σε αντίστοιχη βάση υγρασίας.

4.2.1.2. Δεδομένα δραστηριότητας

- Κατανάλωση καυσίμων

Η συλλογή των δεδομένων για την ποσότητα των καυσίμων που καταναλώθηκαν μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Οι τρεις πιο κοινά είναι α) με επιτόπου μετρήσεις της ποσότητας του καυσίμου που καταναλώνεται στο σημείο εισόδου της μονάδας καύσης, όπου τα δεδομένα θα είναι εκφρασμένα σε φυσικές μονάδες (όγκου ή μάζας), β) από καταγραφές δεδομένων από την αγορά ή την παράδοση από τους προμηθευτές της ποσότητας των καυσίμων μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου, και γ) από δεδομένα με βάση τις συνολικές δαπάνες για καύσιμα μιας συγκεκριμένης περιόδου σε νομισματικές μονάδες και μετέπειτα μετατροπή τους σε φυσικές μονάδες με βάση μέσες τιμές καυσίμων. [GHG Protocol, 2005a/ U.S.EPA, 2004/ Climate Registry, 2008]

Στις δύο τελευταίες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η απογραφή των μεταβολών των αποθεμάτων των καυσίμων στην αρχή και στο τέλος της συγκεκριμένης περιόδου.

Έτσι η κατανάλωση καυσίμων σε μια συγκεκριμένη περίοδο προσδιορίζεται από την σχέση[*Climate Registry 2008*]:

$$FuelB = FuelP + (FuelST - FuelSE)$$

όπου:

Fuel_B Η ποσότητα του καυσίμου που καταναλώθηκε την συγκεκριμένη περίοδο

Fuel_P Η ποσότητα του καυσίμου που αποκτήθηκε σε αυτή την περίοδο

Fuel_{ST} Η ποσότητα του αποθεματικού καυσίμου στην αρχή της περιόδου

Fuel_{SE} Η ποσότητα του αποθεματικού καυσίμου στο τέλος της περιόδου

Ο πιο άμεσος και ακριβής τρόπος υπολογισμού της συνολικής ποσότητας καυσίμου που καταναλώθηκε είναι αυτός της επιτόπου μέτρησης, καθώς οι άλλοι δύο μπορούν να παρουσιάσουν προβλήματα στον προσδιορισμό των αποθεμάτων και στην αλλαγή των μέσων τιμών των καυσίμων.

4.2.1.3. Συντελεστές εκπομπών

Οι συντελεστές εκπομπών αναφέρονται στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του καυσίμου, δηλαδή της περιεκτικότητας του καυσίμου σε άνθρακα, και της θερμιδικής αξίας του καυσίμου όταν αυτή χρειάζεται. Αυτό μπορεί να γίνει με βάση εργαστηριακές αναλύσεις του καυσίμου που καταναλώνεται. Όταν αυτό δεν είναι δυνατό μπορούν να προσδιοριστούν είτε από δεδομένα από τους προμηθευτές των καυσίμων είτε από προεπιλεγόμενους συντελεστές ανάλογα με τον τύπο κάθε καυσίμου. [*GHG Protocol, 2005a/ U.S.EPA, 2004/ Climate Registry, 2008*]

- Περιεκτικότητα σε άνθρακα

Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα εξαρτάται από την χημική σύσταση του καυσίμου ανάλογα με τον τύπο του, ωστόσο υπάρχει μεταβλητότητα ακόμα και σε ίδιους τύπους καυσίμων σε κάθε δείγμα. Όταν αυτό δεν είναι δυνατό, προεπιλεγόμενοι συντελεστές είναι διαθέσιμοι για βασικούς τύπους καυσίμων, ορυκτών και μη-ορυκτών, από διεθνείς οργανισμούς ή εθνικούς οδηγούς.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί στις παραπάνω εξισώσεις υπολογισμού η περιεκτικότητα σε άνθρακα μπορεί να εκφραστεί είτε σε φυσικές μονάδες, μάζας ή όγκου, είτε σε μονάδες ενέργειας (θερμότητας). Στην περίπτωση που είναι εκφρασμένη σε μονάδες θερμότητας είναι απαραίτητος και ο προσδιορισμός της θερμιδικής αξίας του καυσίμου. Επίσης η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα εκφρασμένη σε μονάδες ενέργειας παρουσιάζει μικρότερη μεταβλητότητα λόγω της μεγάλης συσχέτισης μεταξύ θερμικής αξίας και περιεκτικότητας άνθρακα (σε μονάδες

ενέργειας) και για αυτό συνίσταται να χρησιμοποιούνται προεπιλεγόμενοι συντελεστές περιεκτικότητας μόνο σε ενεργειακή βάση [IPCC 2006 V2].

- Θερμογόνος δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη ενός καυσίμου είναι η ποσότητα της θερμότητας που απελευθερώνεται κατά την καύση του καυσίμου. Η θερμογόνος δύναμη ενός καυσίμου είναι προτιμότερο να προσδιορίζεται από εργαστηριακές αναλύσεις από δείγματα καυσίμου που χρησιμοποιείται. Όταν αυτό δεν είναι δυνατό, προεπιλεγόμενοι συντελεστές είναι διαθέσιμοι για βασικούς τύπους καυσίμων, ορυκτών και μη-ορυκτών, από διεθνείς οργανισμούς ή εθνικούς οδηγούς.

- Συντελεστές οξείδωσης

Οι συντελεστές οξείδωσης αντιπροσωπεύουν το μέρος του άνθρακα ενός καυσίμου που παραμένει μη οξειδωμένο και σε στέρεα μορφή μετά την διαδικασία της καύσης. Το ποσό του άνθρακα που δεν οξειδώνεται εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως, τον τύπο του καυσίμου, την τεχνολογία της μονάδας καύσης, την ηλικία του εξοπλισμού και τους τρόπους λειτουργίας.

Ο προσδιορισμός των συντελεστών οξείδωσης μπορεί να γίνει είτε με βάση αναλύσεις της περιεκτικότητας σε άνθρακα του υπολειμματικού στερεού, είτε με προεπιλεγμένους συντελεστές οξείδωσης. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) δίνει τιμές με βάση μια διεθνή μέση ένδειξη του συντελεστή οξείδωσης (%), ενώ μπορεί να ληφθεί ίσος με 100% για μια πιο συντηρητική προσέγγιση.

4.2.1.4. Επίπεδο ακρίβειας μεθόδων

Η μέθοδος της απευθείας μέτρησης των εκπομπών αποτελεί ακριβή μέθοδο υπολογισμού των εκπομπών και γι αυτό συνίσταται σαν μέθοδος. Ωστόσο λόγω του ακριβούς κόστους συνίσταται για δραστηριότητες με ήδη υπάρχουσα συστήματα παρακολούθησης CEM για την παρακολούθηση κι άλλων ρύπων (διοξειδίου του θείου SO₂ ή νιτρικά οξείδια NO_x) όπως σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και σε μεγάλες βιομηχανικές μονάδες. Έτσι η χρήση υπολογιστικών μεθόδων για τις εκπομπές του CO₂ είναι πιο οικονομικές και πρακτικές. [GHG Protocol, 2005a]

Τελικά για τις άμεσες εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα στην υπολογιστική μέθοδο ανάλογα με τις διαθέσιμες πηγές δεδομένων σε σχέση με τους συντελεστές εκπομπών και την επιθυμητή ακρίβεια του υπολογισμού τους μπορούν να διακριθούν τρία επίπεδα ακρίβειας [Climate Registry, 2008], όπως φαίνεται και στον

Πίνακα 4.1. Το επίπεδο A είναι μεγάλης ακρίβειας, όπου χρησιμοποιούνται συντελεστές βάσει μετρήσεων, το B μέσης και το C πιο χαμηλής, αφού χρησιμοποιούνται μόνο προεπιλεγόμενοι συντελεστές. Η μέθοδος απευθείας μετρήσεων ως ακριβής μέθοδος ανήκει στο A επίπεδο.

Πίνακας 4.1: Μέθοδοι υπολογισμού άμεσων εκπομπών CO₂ από σταθερές πηγές [Climate Registry, 2008]

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ / ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ
A1	Απευθείας Μέτρηση	Σύστημα Συνεχούς Παρακολούθησης Εκπομπών (CEMS)
A2	Υπολογιστική/ Κατανάλωση Καυσίμων	- Περιεκτικότητα άνθρακα (σε μονάδες μάζας ή όγκου) βάσει μετρήσεων - Περιεκτικότητα άνθρακα (σε μονάδες ενέργειας) βάσει μετρήσεων και θερμογόνος δύναμη βάσει μετρήσεων
B	Υπολογιστική/ Κατανάλωση Καυσίμων	- Περιεκτικότητα άνθρακα (σε μονάδες ενέργειας) βάσει μετρήσεων και προεπιλεγόμενη θερμογόνος δύναμη - Θερμογόνος δύναμη βάσει μετρήσεων και προεπιλεγόμενη περιεκτικότητα άνθρακα (σε μονάδες ενέργειας)
C	Υπολογιστική/ Κατανάλωση Καυσίμων	Προεπιλεγόμενη περιεκτικότητα άνθρακα και θερμογόνος δύναμη ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου

4.2.2. Άμεσες εκπομπές CH₄ και N₂O

Σε μια εγκατάσταση σταθεροποιημένων καύσεων εκτός από τις άμεσες εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα εκπέμπονται και τα αέρια του θερμοκηπίου CH₄ και N₂O. Οι εκπομπές αυτών των αερίων εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του καυσίμου (π.χ. θερμογόνος δύναμη), την τεχνολογία του συστήματος που πραγματοποιείται η καύση, τα συστήματα ελέγχου μόλυνσης, τις συνθήκες του περιβάλλοντος καθώς και τον τρόπο συντήρησης και λειτουργίας των συστημάτων καύσης. Γι' αυτό το λόγο ο υπολογισμός των εκπομπών αυτών είναι δυσχερέστερος [GHG Protocol, 2005a].

Επίσης οι εκπομπές των CH₄ και N₂O είναι γενικά μικρότερες σε σχέση με του CO₂ από άποψη δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη (GWP). Οι εκπομπές μπορεί να είναι σημαντικές σε περίπτωση χαμηλών αποδόσεων καύσης (για το μεθάνιο CH₄) ή

ύπαρξης καταλυτών για την μείωση των εκπομπών νιτρικών οξειδίων NO_x (για το νιτρώδες οξείδιο N₂O).

4.2.2.1. Μέθοδοι υπολογισμού εκπομπών

Όπως και στην εκτίμηση των εκπομπών του CO₂ οι δύο βασικές μεθοδολογίες υπολογισμού των αερίων αυτών είναι [GHG Protocol, 2005a/ U.S.EPA, 2004/ Climate Registry, 2008]:

1. Απευθείας μέτρηση των εκπομπών των αερίων CH₄ και N₂O
2. Υπολογισμός των εκπομπών των αερίων βάσει αντιπροσωπευτικών δεδομένων δραστηριότητας

1. Μέθοδος απευθείας μετρήσεων

Η εκτίμηση των εκπομπών των CH₄ και N₂O με απευθείας μετρήσεις μπορεί να υιοθετηθεί σε περιπτώσεις όπου οι εγκαταστάσεις διαθέτουν ήδη συστήματα CEM, διότι συνεχείς μετρήσεις αυτών των αερίων δημιουργούν μεγάλο κόστος ενώ και τα αντίστοιχα συστήματα παρακολούθησης είναι δύσκολα διαθέσιμα. Επίσης αποτελέσματα μπορούν να ληφθούν και από περιοδικές μετρήσεις των CH₄ και N₂O [IPCC, 2006 V2].

2. Υπολογιστική μέθοδος

Η υπολογιστική μέθοδος των εκπομπών βασίζεται επίσης στη χρήση δεδομένων δραστηριότητας με βάση την κατανάλωση καυσίμου και συντελεστών εκπομπών που εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του καύσιμου και την αποδοτικότητα των καύσεων. Συγκεκριμένα οι εκπομπές των αερίων των CH₄ και N₂O προκύπτουν από την παρακάτω εξίσωση [GHG Protocol, 2005a]:

$$E = A \cdot EF \cdot (1 - C/100)$$

όπου:

- | | |
|----|---------------------------------------|
| E | Οι εκπομπές μάζας κάθε αερίου (σε kg) |
| A | Το επίπεδο δραστηριότητας |
| EF | Οι συντελεστές εκπομπών |
| C | Ο συντελεστής αποδοτικότητας καύσης |

4.2.2.2. Δεδομένα δραστηριότητας

Το επίπεδο δραστηριότητας είναι συνήθως η κατανάλωση καυσίμων εκφρασμένη σε μονάδες ενέργειας (π.χ. σε GJ) καυσίμου που καταναλώθηκε. Σε αντίθεση με τις εκπομπές του CO₂ οι εκπομπές αυτών των αερίων όταν προέρχονται από καύσεις

υλικών βιομάζας μπορούν να συμπεριληφθούν στον υπολογισμό των εκπομπών από τα ορυκτά καύσιμα.

4.2.2.3. Συντελεστές εκπομπών

Οι συντελεστές εκπομπών προσδιορίζονται ανάλογα τα χαρακτηριστικά του καυσίμου (τύπος καυσίμου) και τον τύπο τεχνολογίας των συστημάτων καύσης. Οι συντελεστές αυτοί δίνονται σε μονάδες μάζας ρύπου ανά GJ καυσίμου που καταναλώθηκε (kg/GJ). Ενώ ο συντελεστής αποδοτικότητας σχετίζεται με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των εκπομπών σε ποσοστιαία μορφή (%).

4.2.2.4. Επίπεδο ακρίβειας μεθόδων

Όπως και για τις άμεσες εκπομπές του CO₂, έτσι και για αυτές των CH₄ και N₂O μπορεί να συνταχθεί συγκεντρωτικά ο Πίνακας 4.2 ανάλογα με την ακρίβεια υπολογισμού [Climate Registry, 2008].

Πίνακας 4.2: Μέθοδοι υπολογισμού άμεσων εκπομπών CH₄ και N₂O από σταθερές πηγές [Climate Registry, 2008]

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ / ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ
A	Απευθείας Μέτρηση	Σύστημα Συνεχούς Παρακολούθησης Εκπομπών (CEMS)
B	Υπολογιστική/ Κατανάλωση Καυσίμων	Προεπιλεγόμενοι συντελεστές ανάλογα τον τύπο τεχνολογίας και ανά τομέα ⁴
C	Υπολογιστική/ Κατανάλωση Καυσίμων	Προεπιλεγόμενοι συντελεστές ανάλογα τον τύπο καυσίμου ανά τομέα

4.3. Καύσεις από κινητές πηγές

Κατά την καύση ορυκτών καυσίμων από κινητές πηγές εκπέμπονται άμεσα τα αέρια του θερμοκηπίου CO₂, CH₄ και N₂O. Στις εκπομπές αυτές περιλαμβάνονται και οι εκπομπές υδροφθοράνθρακων (HFCs) και οι υπερφθοράνθρακων (PFCs) από τα συστήματα κλιματισμού και από τις διαρροές των ψυκτικών στα μέσα μεταφοράς [U.S.EPA, 2004]. Οι κινητές πηγές περιλαμβάνουν οδικά οχήματα (επιβατηγά αυτοκίνητα, λεωφορεία, φορτηγά), οχήματα εκτός δρόμου (κατασκευαστικός

⁴ Οι τομείς αυτοί είναι οικιακός τομέας, βιομηχανικός τομέας, εμπορικός τομέας και τομέας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

εξοπλισμός, αγροτικός εξοπλισμός, άλλοι εξοπλισμοί), σιδηροδρομικοί συρμοί, μέσα θαλάσσιας και εναέριας μεταφοράς.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι εκπομπές των CH₄ και N₂O αντιστοιχούν σε ένα μικρό ποσοστό, περίπου 2%. Ωστόσο στις περιπτώσεις των βενζινοκίνητων οχημάτων το ποσοστό αυτό είναι μεγαλύτερο, περίπου 5% των συνολικών εκπομπών, ενώ μπορεί να είναι και μεγαλύτερο για τα οχήματα που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα [U.S.EPA, 2004].

Ο υπολογισμός των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα CO₂ από κινητές πηγές διαφέρει αισθητά από αυτόν των CH₄ και N₂O. Για το CO₂, όπως και προηγουμένως, ο υπολογισμός μπορεί να γίνει από την εφαρμογή της περιεκτικότητας σε άνθρακα και του βαθμού οξείδωσης του καυσίμου στην ποσότητα που έχει καταναλωθεί. Αντίθετα για τα CH₄ και N₂O εξαρτάται σημαντικά και από τον εξοπλισμό ελέγχου των εκπομπών και τα χιλιόμετρα που έχει διανύσει το όχημα. Οι εκπομπές αυτές ποικίλλουν ανάλογα με την αποδοτικότητα της τεχνολογίας καύσης καθώς και με τον τρόπο λειτουργίας και συντήρησης. Γι' αυτό το λόγο υπάρχει μεγαλύτερη αβεβαιότητα στην εκτίμηση των εκπομπών αυτών των αερίων σε σχέση με το CO₂ [U.S.EPA, 2004].

4.3.1. Άμεσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂

4.3.1.1. Υπολογιστική μέθοδος

Για τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂ είναι δυνατή η χρήση δεδομένων κατανάλωσης καυσίμων αφού οι εκπομπές είναι άμεσα συνδεδεμένες με την ποσότητα του καυσίμου που καταναλώνεται. Διακρίνονται δύο προσεγγίσεις για τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂ α) μέσω της πυκνότητας του καυσίμου και της περιεκτικότητας σε άνθρακα εκφρασμένης σε μονάδες μάζας, είτε β) μέσω της θερμογόνου δύναμης και της περιεκτικότητας σε άνθρακα εκφρασμένης σε μονάδες ενέργειας του καυσίμου. [U.S.EPA 2004, Climate Registry 2008]

α) Με βάση την πυκνότητα του καυσίμου

Οι εκπομπές του CO₂ υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$E = A_{f,v} \cdot D \cdot F_{c,m} \cdot F_{ox} \cdot (44/12)$$

όπου:

E Οι εκπομπές μάζας του CO₂

A_{f,v} Ο όγκος των καυσίμων που καταναλώθηκαν (σε L, gallons, m³, ft³)

D	Η πυκνότητα του καυσίμου
$F_{c,m}$	Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα εκφρασμένη σε μονάδες μάζας
F_{ox}	Ο συντελεστής οξειδωσης του καυσίμου
44/12	Ο λόγος του μοριακού βάρους του CO ₂ προς το μοριακό βάρος του άνθρακα

β) Με βάση την θερμογόνο δύναμη του καυσίμου

Οι εκπομπές του CO₂ υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$E = A_{f,v} \cdot H_v \cdot F_{c,v} \cdot F_{ox} \cdot (44/12)$$

όπου:

$A_{f,v}$	Ο όγκος των καυσίμων που καταναλώθηκαν (σε L, gallons, m ³ , ft ³)
H_v	Η θερμογόνο δύναμη του καυσίμου εκφρασμένη σε μονάδες όγκου
$F_{c,h}$	Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα εκφρασμένη σε μονάδες ενέργειας

4.3.1.2. Δεδομένα δραστηριότητας

- Κατανάλωση καυσίμων

Μία προσέγγιση για τον προσδιορισμό της κατανάλωσης καυσίμων είναι ο υπολογισμός της ποσότητας του καυσίμου που χρησιμοποιήθηκε για κάθε τύπο καυσίμου. Αυτό μπορεί να γίνει με μετρήσεις των καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν είτε από εισπράξεις καυσίμων και καταγραφές από τις δαπάνες που έγιναν για τα καύσιμα είτε από επίσημες καταγραφές των οργάνων μέτρησης καυσίμων στα οχήματα ή στις δεξαμενές αποθήκευσης καυσίμων, για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν αρχεία αγοράς καυσίμων είναι απαραίτητη η απογραφή των μεταβολών των αποθεμάτων των καυσίμων στην αρχή και στο τέλος της συγκεκριμένης περιόδου. Έτσι η κατανάλωση καυσίμων σε μια συγκεκριμένη περίοδο προσδιορίζεται από την σχέση [Climate Registry, 2008]:

$$FuelB = FuelP + (FuelST - FuelSE)$$

όπου:

$Fuel_B$	ποσότητα του καυσίμου που καταναλώθηκε την συγκεκριμένη περίοδο
$Fuel_P$	ποσότητα του καυσίμου που αποκτήθηκε σε αυτή την περίοδο
$Fuel_{ST}$	ποσότητα του αποθεματικού καυσίμου στην αρχή της περιόδου
$Fuel_{SE}$	ποσότητα του αποθεματικού καυσίμου στο τέλος της περιόδου

- Συνολικά μίλια που διανύθηκαν (vehicle traveled miles, VTM)

Μία άλλη προσέγγιση για τον προσδιορισμό της ποσότητας των καυσίμων που καταναλώθηκαν είναι μέσω της εκτίμησης των χιλιομέτρων-μιλίων που διανύθηκαν (VTM) και της οικονομίας του καυσίμου (fuel economy, FE). Τα δεδομένα της απόστασης που διανύθηκε για κάθε τύπο οχήματος μπορούν να ληφθούν είτε από καταγραφές ταξιδιών είτε από αναγνώσεις οδόμετρων. Η οικονομία ενός καυσίμου αναφέρεται στη σχέση αποδοτικότητας του καυσίμου μεταξύ της απόστασης που διανύθηκε και της ποσότητας που καταναλώθηκε [Climate Registry, 2008]. Δεν υπάρχουν μονάδες μέτρησης από το διεθνές πρότυπο ISO κι έτσι για την Ευρωπαϊκή Ένωση μονάδα μέτρησης είναι τα λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα (l/100km), στην Μεγάλη Βρετανία τα μίλια ανά γαλόνια (miles/imperial gallons), ενώ στην Αμερική τα μίλια ανά γαλόνια (miles/gallons). Ο προσδιορισμός της οικονομίας ενός καυσίμου γίνεται από αρχεία για τον κάθε τύπο οχήματος από επιγραφές που δίνονται με την αγορά του οχήματος.

Η κατανάλωση καυσίμων προκύπτει από τις σχέσεις [Climate Registry, 2008]:

- όταν δίνεται σε μονάδες όγκου ανά απόσταση

$$Fuel\ Use = DT \cdot FE$$

όπου:

Fuel Use Η συνολική ποσότητα που καταναλώθηκε

DT Η συνολική απόσταση που διανύθηκε

FE Η οικονομία καυσίμου σε μονάδες όγκου ανά απόσταση

- όταν η οικονομία καυσίμου δίνεται σε μονάδες απόστασης ανά όγκο.

$$Fuel\ Use = DT / FE$$

Για τα βαρέα φορτηγά ή τις ντιζελοκίνητα οχήματα εκτός δρόμου τα δεδομένα δραστηριότητας μπορεί να έχουν και άλλη μορφή. Έτσι σε μερικές περιπτώσεις η δραστηριότητα μπορεί να εκφράζεται σε ώρες λειτουργίας ή ώρες υποδύναμης (horsepower-hours) λειτουργίας ή σε τονομίλια που έχουν διανυθεί στην περίπτωση των θαλάσσιων μεταφορών (ton miles shipped). Επίσης στην περίπτωση των εμπορευματικών μεταφορών είναι σημαντική και η διάρκεια λειτουργίας σε συνθήκες βραδείας λειτουργίας, δηλαδή σε συνθήκες αναμονής των οχημάτων, καθώς οι εκπομπές σε αυτές τις συνθήκες είναι σημαντικές και έτσι συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό των συνολικών εκπομπών [U.S.EPA, 2004].

4.3.1.3. Επίπεδο ακρίβειας μεθόδων

Τα επίπεδα ακρίβειας των διάφορων προσεγγίσεων υπολογισμού των εκπομπών του CO₂ φαίνονται στον Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3: Μέθοδοι υπολογισμού άμεσων εκπομπών CO₂ από κινητές πηγές [Climate Registry, 2008]

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ
A1	Κατανάλωση καυσίμων	- Περιεκτικότητα άνθρακα (σε μονάδες μάζας) βάσει μετρήσεων και πυκνότητα καυσίμου βάσει μετρήσεων - Περιεκτικότητα άνθρακα (σε μονάδες ενέργειας) βάσει μετρήσεων και θερμογόνος δύναμη βάσει μετρήσεων
A2	Κατανάλωση καυσίμων	-Περιεκτικότητα άνθρακα (σε μονάδες ενέργειας) βάσει μετρήσεων και προεπιλεγόμενη θερμογόνος δύναμη - Θερμογόνος δύναμη βάσει μετρήσεων και προεπιλεγόμενη περιεκτικότητα άνθρακα (σε μονάδες ενέργειας)
B	Κατανάλωση καυσίμων	Προεπιλεγόμενες τιμές συντελεστών ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου
C	Κατανάλωση καυσίμων με χρήση διανυόμενης απόστασης και οικονομίας καυσίμου	Προεπιλεγόμενες τιμές συντελεστών ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου

4.3.2. Άμεσες εκπομπές CH₄ και N₂O

Όπως έχει αναφερθεί οι εκπομπές των CH₄ και N₂O δεν εξαρτώνται μόνο από τα χαρακτηριστικά του καυσίμου αλλά και από τον τύπο της τεχνολογίας της καύσης και τις τεχνολογίες ελέγχου. Συγκεκριμένα οι εκπομπές του N₂O επηρεάζονται από τον σχεδιασμό των καταλυτών, ενώ αυτές του CH₄ είναι παραπροϊόν της καύσης και μπορούν να επηρεαστούν επίσης από τον σχεδιασμό των καταλυτών. [U.S.EPA, 2004/ Climate Registry, 2008]

4.3.2.1. Μέθοδοι υπολογισμού εκπομπών

Για τον υπολογισμό των εκπομπών των CH₄ και N₂O η βασική εξίσωση είναι:

$$E = A \cdot EF$$

όπου:

- E Οι εκπομπές μάζας των αερίων
- A Το επίπεδο δραστηριότητας
- EF Ο συντελεστής εκπομπών

4.3.2.2. Δεδομένα δραστηριότητας

Το επίπεδο δραστηριότητας για τις εκπομπές των CH₄ και N₂O αντιστοιχεί συνήθως σε μονάδες απόστασης που έχουν διανυθεί (VTM), παρά σε κατανάλωση καυσίμου. Αυτό ισχύει κυρίως για οχήματα αυτοκινητόδρομου και οχήματα που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα, ενώ για οχήματα εκτός δρόμου, πλοία, σιδηρόδρομους και αεροσκάφη το επίπεδο δραστηριότητας βασίζεται κυρίως σε κατανάλωση καυσίμων. Τα δεδομένα της απόστασης που διανύθηκε για κάθε τύπο οχήματος μπορούν να ληφθούν είτε άμεσα από καταγραφές ταξιδιών ή από αναγνώσεις οδόμετρων, είτε έμμεσα με την χρήση της ποσότητας των καυσίμων που καταναλώθηκαν και της οικονομίας του καυσίμου από την σχέση:

$$DT = Fuel\ Use \cdot FE$$

όπου:

Fuel Use Η συνολική ποσότητα που καταναλώθηκε

DT Η συνολική απόσταση που διανύθηκε

FE Η οικονομία καυσίμου σε μονάδες απόστασης ανά όγκο

4.3.2.3. Συντελεστές εκπομπών

Οι συντελεστές εκπομπών εξαρτώνται κυρίως από την τεχνολογία έλεγχου των εκπομπών, όπου στην περίπτωση των οχημάτων είναι ξεχωριστή για κάθε τύπο οχήματος και δίνεται είτε από τους κατασκευαστές των οχημάτων σε επιγραφές πάνω σε αυτά μαζί με τα άλλα χαρακτηριστικά τους, είτε έμμεσα από το μοντέλο έτους κατασκευής του, όπου υπάρχουν αντίστοιχοι πίνακες με τις μέσες τιμές των διαθέσιμων τεχνολογιών για κάθε έτος κατασκευής.

4.3.2.4. Επίπεδο ακρίβειας μεθόδων

Τα επίπεδα ακρίβειας ανάλογα με την μορφή των δεδομένων δραστηριότητας φαίνονται στον Πίνακα 4.4 για τα οδικά οχήματα και για τα υπόλοιπα στον Πίνακα 4.5 [Climate Registry, 2008].

Πίνακας 4.4 Μέθοδοι υπολογισμού άμεσων εκπομπών CH₄ και N₂O από κινητές πηγές για οδικά οχήματα [Climate Registry, 2008]

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ
A	Διανυόμενη απόσταση	Προεπιλεγόμενες τιμές συντελεστών ανάλογα τον τύπο του οχήματος με βάση την τεχνολογία ελέγχου των εκπομπών του οχήματος
B	Διανυόμενη απόσταση	Προεπιλεγόμενες τιμές συντελεστών ανάλογα τον τύπο του οχήματος με βάση το έτος κατασκευής του οχήματος
C	Διανυόμενη απόσταση με χρήση δεδομένων κατανάλωσης καυσίμων και οικονομία καυσίμου	- Προεπιλεγόμενες τιμές συντελεστών ανάλογα τον τύπο του οχήματος με βάση την τεχνολογία ελέγχου των εκπομπών του οχήματος - Με βάση το έτος κατασκευής του οχήματος

Πίνακας 4.5: Μέθοδοι υπολογισμού άμεσων εκπομπών CH₄ και N₂O από κινητές πηγές για μη οδικά οχήματα [Climate Registry, 2008]

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ
A	Κατανάλωση καυσίμων	Προεπιλεγόμενες τιμές συντελεστών ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου και τον τύπο του οχήματος
B	Κατανάλωση καυσίμων με χρήση διανυόμενης απόστασης και οικονομίας καυσίμου	Προεπιλεγόμενες τιμές συντελεστών ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου και τον τύπο του οχήματος

4.4. Κατανάλωση ηλεκτρισμού και ατμού

Οι εκπομπές από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ή ατμού αποτελούν έμμεσες εκπομπές, καθώς παράγονται φυσικά σε άλλες εγκαταστάσεις, αλλά αποτελούν ταυτόχρονα έμμεσο αποτέλεσμα της κατανάλωσης ηλεκτρισμού ή ατμού.

Ο ηλεκτρισμός, η θερμότητα και ο ατμός παράγονται κατά την καύση ορυκτών καυσίμων σε μονάδες σταθερών εγκαταστάσεων, ή κατά την αξιοποίηση άλλων πηγών (π.χ. αιολικές, ηλιακές, υδροηλεκτρικές ή πυρηνικές) για την παραγωγή ενέργειας. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου προκύπτουν μόνο από τις καύσεις των ορυκτών καυσίμων στις σταθερές εγκαταστάσεις, και σε αυτές περιλαμβάνονται το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), και σε μικρότερο ποσοστό το μεθάνιο (CH₄) και το νιτρικό οξύ (N₂O). Επίσης η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σχετίζεται και με εκπομπές SF₆. Ωστόσο οι εκπομπές αυτές δεν λαμβάνονται υπόψη για την εκτίμηση των έμμεσων εκπομπών από την κατανάλωση ηλεκτρισμού αλλά

σαν άμεσες εκπομπές των φορέων που ανήκει η μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. *[GHG Protocol, 2007]*

Για τον υπολογισμό των εκπομπών των αερίων, η προσέγγιση του διοξειδίου του άνθρακα CO₂ διαφέρει από αυτήν των CH₄ και N₂O. Όπως έχει ήδη αναφερθεί για τον υπολογισμό των εκπομπών του CO₂ αρκεί ο προσδιορισμός της ποσότητας των καυσίμων που καταναλώθηκαν σε συνδυασμό με τους κατάλληλους συντελεστές εκπομπών. Αντίθετα οι εκπομπές των CH₄ και N₂O εξαρτώνται και από άλλους παράγοντες, όπως την τύπο τεχνολογίας του συστήματος καύσης, τα συστήματα ελέγχου μόλυνσης, των περιβαλλοντικών συνθηκών κ.ά. Λόγω αυτής της πολυπλοκότητας ο υπολογισμός των εκπομπών των CH₄ και N₂O είναι πιο δύσκολος και περιέχει μεγαλύτερες αβεβαιότητες *[GHG Protocol, 2007]*.

Έτσι κάποια πρωτόκολλα επικεντρώνονται μόνο στην εκτίμηση των εκπομπών του CO₂ παραλείποντας την εκτίμηση των άλλων αερίων *[GHG Protocol 2007]*, ενώ βάσει των αμερικάνικων πρωτοκόλλων παρέχονται οδηγοί και πίνακες συντελεστών εκπομπών και για τα CH₄ και N₂O σε εθνικό επίπεδο. *[U.S.EPA, 2004/ Climate Registry, 2008]*

4.4.1. Έμμεσες εκπομπές από την κατανάλωση ηλεκτρισμού

Για τον προσδιορισμό των εκπομπών των αερίων από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται η βασική εξίσωση υπολογισμού εκπομπών *[GHG Protocol, 2007]*:

$$E = A \cdot F$$

όπου δεδομένο δραστηριότητας (*A*) αποτελεί η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται, η οποία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μετριέται σε κιλοβατώρες ή μεγαβατώρες (kWh ή MWh), και ο συντελεστής εκπομπών (*F*) σε αντίστοιχες μονάδες για την μετατροπή των δεδομένων δραστηριότητας σε τιμές εκπομπών.

4.4.1.1. Δεδομένα δραστηριότητας

Η κατανάλωση ηλεκτρισμού σε κάθε εγκατάσταση ή κτίριο μπορεί να προσδιορισθεί με βάση τέσσερις μεθόδους, μία με βάση πραγματικά δεδομένα για την κάθε εγκατάσταση και τρεις μεθόδους εκτίμησης της κατανάλωσης της εγκατάστασης. Οι μέθοδοι αυτοί παρουσιάζονται παρακάτω με σειρά ακρίβειας και προτίμησης.

α) Με βάση την πραγματική κατανάλωση ηλεκτρισμού

Δεδομένα για την κατανάλωση ηλεκτρισμού δίνονται από μηνιαίους λογαριασμούς ηλεκτρισμού ή ενδείξεις μετρητών ηλεκτρικού ρεύματος. Από τα δεδομένα αυτά δίνεται το μέτρο της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για φωτισμό, εξοπλισμούς γραφείου, κλιματισμό και άλλα μηχανήματα. Με βάση τις μηνιαίες καταναλώσεις για κάθε εγκατάσταση προσδιορίζεται η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

β) Μέθοδος εκτίμησης με βάση δεδομένα συνολικής έκτασης εγκατάστασης

Η μέθοδος αυτή αφορά τις περιπτώσεις όπου δεν είναι διαθέσιμη η πραγματική κατανάλωση ηλεκτρισμού, όπως όταν οι χώροι γραφείων είναι μισθωμένοι σε κτίρια που ανήκουν σε άλλο πρόσωπο. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι διαθέσιμη η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την συνολική έκταση του κτιρίου και πρέπει να γίνει αναγωγή για τους συγκεκριμένους χώρους των οποίων γίνεται ο προσδιορισμός κατανάλωσης.

Έτσι η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για έναν μεμονωμένο χώρο σε μια κτιριακή εγκατάσταση προσδιορίζεται από την σχέση:

$$E_i = \frac{A_i}{A_{tot}} \cdot E_{tot} \cdot OR$$

όπου:

E_i	Χρήση ηλεκτρικής ενέργειας συγκεκριμένου χώρου (kWh)
A_i	Έκταση συγκεκριμένου χώρου (m^2)
A_{tot}	Συνολική έκταση κτιριακής εγκατάστασης (m^2)
E_{tot}	Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh)
OR	Ποσοστό κατάληψης του κτιρίου

Αυτή η μέθοδος εκτίμησης κατανάλωσης ενέργειας είναι λιγότερο ακριβείς καθώς δεν υπάρχουν συγκεκριμένα δεδομένα για τους χώρους που χρησιμοποιούνται και γίνεται επίσης η παραδοχή ότι όλοι οι χρήστες των χώρων έχουν τις ίδιες συνήθειες κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

γ) Μέθοδος εκτίμησης με βάση δεδομένα παρόμοιας εγκατάστασης

Στην μέθοδο αυτή η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα για μια εγκατάσταση με παρόμοια χαρακτηριστικά, με παρόμοιες δραστηριότητες και μοτίβα χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την

γεωγραφική θέση, το μέγεθος και την αποδοτικότητα των κτιρίων, την χρήση και τις ώρες λειτουργίας των κτιρίων.

δ) Μέθοδος εκτίμησης με βάση γενικά δεδομένα εγκατάστασης

Αυτή η μέθοδος εκτίμησης χρησιμοποιεί, αν είναι διαθέσιμα, προεπιλεγόμενα δεδομένα σε κιλοβατώρες που έχουν καταναλωθεί για κάθε έκταση χώρου σε συγκεκριμένες χώρες από δημοσιευμένες πηγές όπως κυβερνητικών υπηρεσιών. Αυτή η μέθοδος είναι αρκετά ανακριβείς και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί σε μικρό ποσοστό των συνολικών εκπομπών αερίων.

4.4.1.2. Συντελεστές εκπομπών

Ο συντελεστής εκπομπών για την ηλεκτρική ενέργεια αντιπροσωπεύει την ποσότητα αερίων που εκπέμπονται ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται, δηλαδή αναφέρεται σε μονάδες μάζας αερίου ανά κιλοβάτώρα (π.χ. γραμμάρια CO₂/ kWh). Οι τιμές των συντελεστών ποικίλλουν ανάλογα με την εποχή, την ώρα της ημέρας και τον προμηθευτή, και μπορεί να είναι οριακές ή μέσες τιμές. Οι διάφορες πηγές λήψης των συντελεστών αυτών αναφέρονται παρακάτω με σειρά ακρίβειας και προτίμησης.

- **Ειδικό Συντελεστής Εκπομπών**

Οι συντελεστές αυτοί δίνονται από τους προμηθευτές της ηλεκτρικής ενέργειας και βασίζονται στον τύπο των καυσίμων που καίγονται και στη τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας.

- **Τοπικό Συντελεστής Εκπομπών**

Οι συντελεστές αυτοί βασίζονται στην γεωγραφική θέση της κάθε εγκατάστασης και δημοσιεύονται από στατιστικές των κυβερνήσεων των χωρών, όπου μπορεί να δίνονται δεδομένα για περιοχές και υπο-περιοχές του δικτύου όπου βρίσκεται η εγκατάσταση.

- **Μέσες εθνικές τιμές Συντελεστής Εκπομπών**

Μέσες εθνικές τιμές συντελεστών δίνονται για το συνολικό ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας. Δεδομένα για τις Annex I και non-Annex 1 χώρες παρέχονται από στατιστικές που έχουν αναπτυχθεί από την Διεθνή Υπηρεσία Ενέργειας (International Energy Agency – IEA) και το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα του ΟΗΕ (United Nations Environmental Program – UNEP).

4.4.2. Έμμεσες εκπομπές από την κατανάλωση ατμού

Η κατανάλωση ατμού μπορεί να γίνει σε εγκαταστάσεις όπως στον εμπορικό τομέα για την παροχή θέρμανσης μεγάλων χώρων είτε για ανάγκες θέρμανσης σε διεργασίες στον βιομηχανικό τομέα. Για τον προσδιορισμό των εκπομπών των αερίων από την κατανάλωση εισαγόμενου ατμού χρησιμοποιείται επίσης η βασική εξίσωση υπολογισμού:

$$E = A \cdot F$$

όπου δεδομένο δραστηριότητας (A) αποτελεί η ποσότητα του ατμού που απαιτήθηκε, η οποία αναφέρεται συνήθως σε μονάδες ενέργειας όπως σε Βρετανικές θερμικές μονάδες (Btu), θερμίδες (therms) ή λίβρες (lbs), που μπορούν να μετατραπούν σε κιλοβατώρες (kWh), και ο συντελεστής εκπομπών (F) σε αντίστοιχες μονάδες για την μετατροπή των δεδομένων δραστηριότητας σε τιμές εκπομπών. [GHG Protocol 2007, U.S.EPA 2004, Climate Registry 2008]

4.4.2.1. Δεδομένα δραστηριότητας

Η ποσότητα του εισαγόμενου ατμού που καταναλώνεται μπορεί να προσδιορισθεί από λογαριασμούς από την αγορά από τον προμηθευτή ή από μετρήσεις χρήσης ενέργειας.

4.4.2.2. Συντελεστές εκπομπών

Ο προσδιορισμός των τιμών των συντελεστών μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, με χρήση συντελεστών εκπομπών ή με βάση συντελεστές αποδοτικότητας.

- Συντελεστής Εκπομπών

Οι συντελεστές εκπομπών μπορούν να μετρηθούν και να ληφθούν απευθείας από τον προμηθευτή και εκφράζονται συνήθως σε μονάδες μάζας αερίου ανά μονάδα ενέργειας που παράχθηκε.

- Συντελεστής Αποδοτικότητας

Σε περίπτωση που δεν υπάρχει απευθείας συντελεστής εκπομπών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας συντελεστής αποδοτικότητας με βάση την αποδοτικότητα του λέβητα κατά την παραγωγή, του συνδυασμού των καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν και των αντίστοιχων συντελεστών εκπομπών τους.

Ο συντελεστής αποδοτικότητας προσδιορίζεται από την εξίσωση:

$$F_e = F_f \div (BF \cdot (100\% - TL))$$

όπου

F_e	Ο συντελεστής αποδοτικότητας
F_f	Ο συντελεστής εκπομπών για κάθε καύσιμο
BF	Η αποδοτικότητα του λέβητα
TL	Οι απώλειες κατά την μεταφορά

Η συνολική αποδοτικότητα συμπεριλαμβανομένου και τις απώλειες μεταφοράς μπορεί να δοθεί από τον προμηθευτή, αλλιώς υπάρχουν και προεπιλεγόμενες τιμές αποδοτικότητας, όπως 80% [Climate Registry, 2008] ή 75% [U.S.EPA, 2004].

4.5. Ψύξη και κλιματισμός

Κατά την παραγωγή, την χρήση και την διάθεση εξοπλισμού ψύξης και κλιματισμού (air conditioning, AC) προκαλούνται άμεσες εκπομπές υδροφθορανθράκων (HFC) και υπερφθορανθράκων (PFC). Οι εξοπλισμοί ψύξης και κλιματισμού έχουν πολλές χρήσεις όπως στα ψυγεία των νοικοκυριών, στα οικιακά και κινητά AC, σε ψυχρούς χώρους αποθήκευσης που διαθέτουν ψυγεία, σε αντλίες θερμότητας, σε μονάδες ψύξης σε βιομηχανικές διαδικασίες, σε συστήματα κλιματισμού εμπορικών χώρων κ.ά. [GHG Protocol, 2005b]

Οι εκπομπές HFC από τους εξοπλισμούς ψύξης και κλιματισμού προέρχονται από τις διαδικασίες παραγωγής, από διαρροές κατά την διάρκεια λειτουργίας των εξοπλισμών αυτών, καθώς και από την διάθεσή τους στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους. Οι εκπομπές των αερίων αυτών από τις πηγές αυτές θεωρούνται σημαντικές για τις πιθανές επιπτώσεις τους στην κλιματική αλλαγή, καθώς το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη για αυτά τα αέρια, για τα 100 χρόνια κυμαίνεται μέχρι και 11 700. Έτσι οι μειώσεις εκπομπών αυτών των αερίων μπορεί να έχουν μεγάλο δυναμικό όφελος.

4.5.1. Άμεσες εκπομπές HFC και PFC

Οι εκπομπές των HFC και PFC πρέπει να υπολογίζονται ξεχωριστά για κάθε εγκατάσταση που διαθέτει συστήματα ψύξης/AC. Για τον υπολογισμό των εκπομπών HFC και PFC υπάρχουν τρεις μέθοδοι υπολογισμού [GHG Protocol, 2005b]:

- Μέθοδος Απεικόνισης
- Προσέγγιση με βάση τις αγοραπωλησίες ή Προσέγγιση Ισοζυγίου Μάζας

- Προσέγγιση με βάση το στάδιο του κύκλου ζωής ή Απλοποιημένη Προσέγγιση Ισοζυγίου Μάζας

Η πρώτη μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί αρχικά για να προσδιοριστεί εάν οι εκπομπές των HFC και PFC είναι σημαντικές ή όχι σε σχέση με τις υπόλοιπες εκπομπές της απογραφής. Στην περίπτωση όπου οι εκπομπές αυτές είναι μικρότερες από το 5% των συνολικών εκπομπών της απογραφής, η μέθοδος απεικόνισης μπορεί να εφαρμοσθεί και για τον υπολογισμό των εκπομπών. ^[2] Οι άλλες δύο μέθοδοι αποτελούν δύο προσεγγίσεις ποσοτικοποίησης των εκπομπών, με τις οποίες μπορεί να γίνει ο ακριβής υπολογισμός. Παρακάτω περιγράφονται οι μέθοδοι αυτές.

4.5.1.1. Μέθοδος Απεικόνισης

Τα απαιτούμενα δεδομένα για την μεθοδολογία περιλαμβάνουν τον αριθμό των μονάδων και τον τύπο των ψυκτικών που χρησιμοποιούνται, το ψυκτικό φορτίο για κάθε τύπο εξοπλισμού και τον ετήσιο ρυθμό διαρροών.

Με βάση την μέθοδο αυτή υπολογίζονται οι εκπομπές από έναν εξοπλισμό ψύξης ή κλιματισμού (AC) σε εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (CO₂-e). Η εξίσωση υπολογισμού είναι:

$$E = E\Sigma + E\Lambda + E\Delta$$

όπου:

E	Οι συνολικές εκπομπές (σε tη)
EΣ	Οι εκπομπές συναρμολόγησης
EΛ	Οι εκπομπές λειτουργίας
EΔ	Οι εκπομπές διάθεσης

Οι *εκπομπές συναρμολόγησης (EΣ)* αναφέρονται στις εκπομπές που προκύπτουν από την συναρμολόγηση ή την εγκατάσταση ενός ψυκτικού εξοπλισμού για ένα δεδομένο χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος. Η εξίσωση υπολογισμού τους είναι:

$$E\Sigma = \sum_{i=1}^m (N_i \cdot C_i \cdot AEF_i \cdot GWP \cdot CF)$$

όπου:

i	Ο τύπος του εξοπλισμού ψύξης/AC σε μία εγκατάσταση
m	Το πλήθος των διαφορετικών τύπων εξοπλισμού
N _i	Το πλήθος των εξοπλισμών τύπου i που χρησιμοποιούνται στην

	εγκατάσταση
C_i	Το ψυκτικό φορτίο για κάθε τύπο εξοπλισμού i (σε kg)
AEF_i	Ο συντελεστής διαρροής από τη συναρμολόγηση ή εγκατάσταση του εξοπλισμού τύπου i
GWP	Το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη για τα 100 χρόνια του ψυκτικού που χρησιμοποιείται στον εξοπλισμό τύπου i
CF	Ο συντελεστής μετατροπής των μονάδων που αναφέρεται σε τόνους ανά κιλά, ίσος δηλαδή με 1tn/1000 kg

Δηλαδή οι εκπομπές συναρμολόγησης προκύπτουν από το άθροισμα των εκπομπών που οφείλονται σε διαρροές λόγω συναρμολόγησης ή εγκατάστασης του συνόλου των ψυκτικών εξοπλισμών.

Οι *εκπομπές λειτουργίας (ΕΛ)* αναφέρονται στις εκπομπές που προκύπτουν από την χρήση ενός ψυκτικού εξοπλισμού για ένα δεδομένο χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος. Η εξίσωση υπολογισμού τους είναι:

$$EL = \sum_{i=1}^m (N_i \cdot C_i \cdot ALR_i \cdot GWP \cdot CF)$$

όπου

ALR_i Η ετήσια διαρροή από τον εξοπλισμό τύπου i (σε %)

Εάν η περίοδος αναφοράς είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από ένα έτος, θα πρέπει να γίνει η απαραίτητη διόρθωση. Για παράδειγμα, αν η περίοδος επαναφοράς είναι δύο χρόνια τότε η εξίσωση θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί επί δύο.

Οι *εκπομπές διάθεσης (ΕΔ)* αναφέρονται στις εκπομπές που προκύπτουν από τη διάθεση ενός ψυκτικού εξοπλισμού για ένα δεδομένο χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος. Η εξίσωση υπολογισμού τους είναι:

$$ED = \sum_{i=1}^m ((N_i \cdot C_i) \cdot (1 - ALR_i \cdot S_i) \cdot (1 - R) - D_i) \cdot GWP \cdot CF$$

όπου:

N_i Το πλήθος των εξοπλισμών τύπου i που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση

S_i Ο χρόνος από το τελευταίο γέμισμα το εξοπλισμού τύπου i (σε χρόνια)

R Η ποσότητα γεμίσματος η οποία έχει ανακυκλωθεί (σε %)

D_i Η ποσότητα του ψυκτικού η οποία έχει καταστραφεί

Τιμές για το χρόνο ζωής ενός εξοπλισμού ψύξης/AC, την ποσότητα ψυκτικού που απαιτείται για το γέμισμα ενός εξοπλισμού, καθώς και προεπιλεγόμενες τιμές για τους συντελεστές εκπομπών δίνονται από τον παρακάτω Πίνακα 4.6.

Πίνακας 4.6 Χαρακτηριστικά και τιμές συντελεστών εκπομπών για εξοπλισμούς ψύξης και κλιματισμού [GHG Protocol, 2005b]

Τύπος εξοπλισμός	Χρόνος ζωής (χρόνια)	Ψυκτικό φορτίο (kg)	Συντελεστής συναρμολόγησης (%)	Ετήσια διαρροή (%)	Συντελεστής ανακύκλωσης (%)
Εξοπλισμός οικιακής ψύξης	12-15	0,05-0,5	0,2-1	0,1-0,5	70
Αυτόνομες εμπορικές μονάδες	8-12	0,2-6	0,5-3	1-10	70-80
Εμπορικός εξοπλισμός μεσαίου και μεγάλου μεγέθους	7-10	50-2 000	0,5-3	10-30	80-90
Εξοπλισμός ψύξης μεταφορών	6-9	3-8	0,2-1	15-50	70-80
Βιομηχανική ψύξη (ψυχροί χώροι αποθήκευσης)	10-20	10-10 000	0,5-3	7-25	80-90
Οικιακός και εμπορικός εξοπλισμός κλιματισμού	10-15	0,5-100	0,2-1	1-5	70-80
Κινητός εξοπλισμός κλιματισμού	12	Δεν παρέχεται	0,5	10-20	0

4.5.1.2. Προσέγγιση ισοζυγίου μάζας

Η προσέγγιση ισοζυγίου μάζας, ή αλλιώς προσέγγιση με βάση τις αγοραπωλησίες, προτείνεται για κατασκευαστές εξοπλισμού και χρήστες που επισκευάζουν μόνοι τους τον εξοπλισμό τους. Οι εκπομπές με την προσέγγιση αυτή βασίζονται στην ποσότητα ψυκτικού που αγοράζεται και χρησιμοποιείται. Τα απαιτούμενα δεδομένα είναι διαθέσιμα από τον αγοραστή και από τις καταγραφές των επισκευών.

Η μέθοδος λειτουργεί με τον εντοπισμό της ποσότητας του ψυκτικού που χρησιμοποιείται και τη συστηματική καταμέτρηση των χρήσεων του ψυκτικού που δεν σχετίζονται με τις εκπομπές. Το ψυκτικό που έχει χρησιμοποιηθεί αλλά δεν μπορεί να υπολογιστεί θεωρείται ότι έχει ελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα.

Ο υπολογισμός των εκπομπών σε ισοδύναμο CO₂ (CO₂-e) από τους εξοπλισμούς ψύξης/AC για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, το οποίο συνήθως είναι ένα έτος, γίνεται με την εξίσωση:

$$E = (D + P - S - C) \cdot GWP \cdot CF$$

όπου:

- D Η μείωση στην απογραφή-απόθεμα: Είναι η διαφορά ανάμεσα στην ποσότητα του ψυκτικού που είναι αποθηκευμένο στην αρχή του έτους και της ίδιας ποσότητας στο τέλος του έτους. Η ποσότητα αυτή είναι αρνητική εάν το απόθεμα αυξάνεται κατά την διάρκεια της χρονιάς.
- P Η αγορά του ψυκτικού: Είναι το άθροισμα όλων των ψυκτικών που αποκτώνται από άλλες οντότητες κατά την διάρκεια της χρονιάς. Αυτό περιλαμβάνει τα ψυκτικά που αποκτώνται είτε σε δοχεία αποθήκευσης ή μέσα στον εξοπλισμό, από τους παραγωγούς ή τους διανομείς. Επίσης εδώ μπορεί να συμπεριληφθούν και ψυκτικά που προστίθενται στον εξοπλισμό για λόγους επισκευής και τα ψυκτικά που επιστρέφονται από την διαδικασία της ανακύκλωσης.
- S Οι πωλήσεις ψυκτικών: είναι το άθροισμα όλων των ψυκτικών που πουλιούνται ή εκταμιεύονται σε άλλες οντότητες κατά την διάρκεια της χρονιάς. Αυτό περιλαμβάνει τα ψυκτικά που έχουν παραμείνει είτε σε δοχεία αποθήκευσης ή στον εξοπλισμό, τα ψυκτικά που επιστρέφονται στον προμηθευτή, καθώς και τα ψυκτικά που οδηγούνται για ανακύκλωση, αποκατάσταση ή καταστροφή.
- C Η καθαρή αύξηση στο συνολικό πλήρες φορτίο του εξοπλισμού ή αλλιώς και ονομαστική χωρητικότητα. Το μέγεθος αυτό αναφέρεται στο πλήρες φορτίο ενός νέου εξοπλισμού πλην το πλήρες φορτίο ενός εξοπλισμού για απόσυρση.

Το πλήρες φορτίο του τελευταίου όρου αναφέρεται στο κατάλληλο πλήρες γέμισμα του εξοπλισμού και όχι στο πραγματικό γέμισμα που μπορεί να έχει και διαρροές. Ο όρος χρησιμοποιείται μόνο στην περίπτωση χρήσης εξοπλισμού και όχι για την κατασκευή του. Στην περίπτωση αγοράς νέου εξοπλισμού, το ψυκτικό που χρησιμοποιείται για το γέμισμα του εξοπλισμού δεν πρέπει να περιλαμβάνεται στις εκπομπές. Επίσης εάν η ποσότητα του ψυκτικού που ανακτάται από έναν εξοπλισμό ο οποίος αποσύρεται είναι μικρότερη από την πλήρη φόρτιση, τότε η διαφορά ανάμεσα στην πλήρη και την ανακτημένη ποσότητα είναι αυτή που εκπέμπεται.

4.5.1.3. Απλοποιημένη προσέγγιση ισοζυγίου μάζας

Η απλοποιημένη προσέγγιση αυτή, ή αλλιώς προσέγγιση με βάση το στάδιο του κύκλου ζωής, προτείνεται για χρήστες εξοπλισμού που έχουν εργολάβους για την επισκευή του εξοπλισμού τους. Οι εκπομπές με την προσέγγιση αυτή προκύπτουν από τις εκπομπές για κάθε στάδιο ζωής του εξοπλισμού. Τα απαιτούμενα δεδομένα περιλαμβάνουν την ποσότητα ψυκτικού που χρησιμοποιείται για να γεμίσει ο νέος εξοπλισμός κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης, η ποσότητα ψυκτικού που χρησιμοποιείται για την επισκευή του εξοπλισμού, η ποσότητα που ανακτάται από τον εξοπλισμό όταν αυτός αποσύρεται και το συνολικό πλήρες φορτίο του νέου και του αποσυρόμενου εξοπλισμού.

Ο υπολογισμός των εκπομπών σε ισοδύναμο CO₂ (CO₂-e) από τους εξοπλισμούς ψύξης/AC για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, το οποίο συνήθως είναι ένα έτος, γίνεται με την εξίσωση:

$$E = (IE + S + DE) \cdot GWP \cdot CF$$

όπου:

- IE Οι εκπομπές εγκατάστασης, που αναφέρονται στο ψυκτικό που χρησιμοποιείται για το γέμισμα του νέου εξοπλισμού πλην το πλήρες φορτίο του νέου εξοπλισμού. Ο όρος αυτός παραλείπεται εάν ο εξοπλισμός έχει γεμιστεί από τον κατασκευαστή.
- S Η ποσότητα του ψυκτικού που χρησιμοποιείται για την επισκευή.
- DE Οι εκπομπές διάθεσης (ΕΔ) , που αναφέρονται στο πλήρες φορτίο του εξοπλισμού που αποσύρεται πλην το ψυκτικό που ανακτάται από τον εξοπλισμό.

Οι απαιτούμενες πληροφορίες μπορούν να ληφθούν από τους εργολάβους που αναλαμβάνουν την επισκευή, εάν έχει γίνει ενημέρωση εκ των προτέρων για τις επιθυμητές αυτές πληροφορίες.

4.5.1.4. Σχολιασμός

Η προσέγγιση ισοζυγίου μάζας αποτελεί την πιο ακριβή μέθοδο για τον προσδιορισμό των εκπομπών των HFC και PFC. Ο μόνος περιορισμός που έχει αφορά τους πρόσφατα εγκατεστημένους εξοπλισμούς. Ο εξοπλισμός μπορεί να έχει διαρροές δύο ή και περισσότερα χρόνια πριν χρειαστεί γέμισμα, κι έτσι οι εκπομπές σε αυτήν την περίοδο δεν μπορούν να προσδιοριστούν. Αν δεν υπάρχουν τα απαραίτητα δεδομένα για να χρησιμοποιηθεί η παραπάνω προσέγγιση, τότε μπορεί να εφαρμοσθεί η αντίστοιχη απλοποιημένη προσέγγιση. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να δώσει αρκετά ακριβείς εκτιμήσεις εάν γίνει προσεκτική παρακολούθηση

και διατήρηση των απαραίτητων πληροφοριών. Τέλος η μέθοδος απεικόνισης αποτελεί μια πιο χονδρική μέθοδο υπολογισμού των εκπομπών, καθώς χρησιμοποιεί προεπιλεγόμενους συντελεστές, οι οποίοι μπορεί να είναι αρκετά ανακριβείς [*GHG Protocol, 2005b*].

5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΛΙΜΕΝΑ

5.1. Γενικά

Τα λιμάνια αποτελούν φυσικές περιοχές για τη μεταφόρτωση, ώστε να γίνεται η μεταφορά προϊόντων από το ένα μέσο μεταφοράς στο άλλο. Αποτελούν το μέσο σύνδεσης μεταξύ θαλάσσιων και χερσαίων μεταφορών, και τη διασύνδεση μεταξύ θάλασσας και ποταμών, δρόμων και σιδηρόδρομων. Παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην εφοδιαστική αλυσίδα καθώς οι μεταφορές είναι αναπόσπαστο κομμάτι της αλυσίδας [Carbone, 2003]. Το σύγχρονο λιμάνι δεν αποτελεί κατάληξη ή εκκίνηση των μεταφορών αλλά λειτουργεί ως ενδιάμεσο διαμετακομιστικό σημείο προϊόντων και υπηρεσιών και ως συνδετικός κρίκος μιας αλυσίδας μεταφορών. Παράλληλα συντελούνται σε αυτό και παραγωγικές υπηρεσίες.

Ένας λιμένας εξυπηρετεί την διακίνηση προϊόντων, με την φορτοεκφόρτωση πλοίων, και την διακίνηση επιβατών. Ως λιμενική περιοχή παρέχει αποθήκες εμπορευμάτων, δεξαμενές καυσίμων και επισκευών πλοίων. Επίσης στα λιμάνια και την ενδοχώρα τους είναι δυνατή η εγκατάσταση παραγωγής βιομηχανικών πρώτων υλών. Αποτελεί τμήμα τις μεταφορικής αλυσίδας συνδέοντας τις υπηρεσίες ελλιμενισμού με άλλους τρόπους μεταφοράς. Με αυτό τον τρόπο παρέχει διεθνές δίκτυο διανομής εμπορευμάτων και μάλιστα με την έννοια της συνδυασμένης λειτουργίας των μεταφορών [Χλωμούδης Κ., 2001].

Τις τελευταίες δεκαετίες ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα στον τομέα των μεταφορών, συμπεριλαμβανομένου και των θαλάσσιων μεταφορών, είναι η εξισορρόπηση μεταξύ των οικονομικών και περιβαλλοντικών συμφερόντων. Τα ζητήματα αυτά απασχολούν και επηρεάζουν με αντίστοιχο τρόπο και τους λιμένες, κόμβους σύνδεσης των μεταφορών και μεταφόρτωσης. Ως οικονομική και βιομηχανική δραστηριότητα έχουν μία συγκεκριμένη επίπτωση στον περιβάλλον

[Trozzi, 2000]. Οι στόχοι ελαχιστοποίησης των αρνητικών αυτών επιπτώσεων είναι σημαντική και μάλιστα ιδιαίτερα κατά την φάση του σχεδιασμού νέων έργων και δραστηριοτήτων. Στα λιμάνια εν γένει συναντάμε αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον από τις εκπομπές του θορύβου, οσμών, πτητικών οργανικών ουσιών, καθώς και για την ρύπανση των υδάτων και του εδάφους με χημικές ουσίες ελαίων, χρωμάτων και άλλων επικίνδυνων υλικών.

5.2. Αειφόρος ανάπτυξη και περιβαλλοντική διαχείριση λιμένα

Τα λιμάνια δεδομένου ότι αποτελούν τον κύριο άξονα του εμπορίου, θα πρέπει να εφαρμόζουν τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης με ιδιαίτερη βαρύτητα στην προστασία του περιβάλλοντος, η οποία είναι πλέον άμεσα συνυφασμένη με την οικονομική βιωσιμότητα και ανάπτυξη κάθε δραστηριότητας. Η επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης βασίζεται στην ισορροπία μεταξύ κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων, καθώς η ανάπτυξη σε ένα λιμάνι εμπεριέχει και τις τρεις διαστάσεις αυτές [ESPO, 2012].

Από κοινωνική σκοπιά ένα λιμάνι είναι σε άμεση αλληλεπίδραση και σχέση με την πόλη και δημιουργεί άμεσα και έμμεσα την ανάπτυξη θέσεων εργασίας, επηρεάζοντας έτσι την ανάπτυξη της γύρω περιοχής. Παράλληλα λόγω των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που προκαλεί έχει αντίκτυπο και στις συνθήκες διαβίωσης. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να συμβάλλει στην κατάλληλη εκπαίδευση και την ανάπτυξη γνώσεων στα περιβαλλοντικά θέματα. Από οικονομικής πλευράς στον λιμενικό κλάδο για την εκτίμηση οποιουδήποτε ενδεχόμενου αναπτυξιακού έργου είναι ζωτικής σημασίας η οικονομική αποδοτικότητα. Επιπρόσθετα η χρήση της περιοχής ενός λιμένα και η παροχή διευκολύνσεων ώστε να μεγιστοποιηθεί η απόδοση ενέχει οικονομικά κριτήρια.

Όσο αφορά την περιβαλλοντική διάσταση, αυτή σχετίζεται με την περιβαλλοντική απόδοση και διαχείριση ενός λιμένα. Συγκεκριμένα για την περιβαλλοντική διαχείριση των λιμενικών εγκαταστάσεων ενώ παλιότερα ήταν μια διαδικασία που αναφερόταν στο λιμάνι σαν σημείο δίπλα στη θάλασσα, τις τελευταίες δεκαετίες αφορά την διαχείριση του λιμένα σαν μια ολοκληρωμένη λιμενική ζώνη με πολύ πιο διευρυμένα όρια. Το γεγονός αυτό δημιουργεί ένα μεγάλο πεδίο ευθύνης για την λήψη αποφάσεων και μέτρων αντιμετώπισης, που χρειάζεται συγκεκριμένη στρατηγική διαχείρισης.

Επίσης υπάρχει και περαιτέρω δυνατότητα ενσωμάτωσης καθώς τα λιμάνια μπορούν να λειτουργήσουν προληπτικά ως διαμεσολαβητές για τις διαδικασίες και την επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων τμημάτων της εφοδιαστικής αλυσίδας [ESPO, 2012]. Η έννοια των λιμένων ως διαμεσολαβητές αναφέρεται στην συμβολή που

μπορεί να έχουν βοηθώντας το σύνολο της λιμενικής κοινότητας, συμπεριλαμβανομένων των εταιρών στην εφοδιαστική αλυσίδα, διασφαλίζοντας την συμμόρφωση τους με τη νομοθεσία, και παροτρύνοντας στην πρόληψη της ρύπανσης και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

5.3. Πλαίσιο συστηματικής περιβαλλοντικής διαχείρισης

Η περιβαλλοντική διαχείριση ενός λιμένα αναφέρεται στην ανάπτυξη οικονομικά αποδοτικών λύσεων για την εφαρμογή των περιβαλλοντικών πολιτικών του λιμένα. Η ανάπτυξη περιβαλλοντικών πολιτικών αφορά στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών ζητημάτων του λιμένα και στην πραγματοποίηση συνεχών βελτιώσεων του απέναντι στα ζητήματα αυτά.

Ένα πλαίσιο περιβαλλοντικής διαχείρισης, δηλαδή μια συστηματική προσέγγιση της περιβαλλοντικής διαχείρισης ενός λιμένα, καθιστά δυνατή τη συνεχή αναγνώριση των περιβαλλοντικών ζητημάτων που προκύπτουν σε έναν λιμένα. Επίσης μέσω ενός τέτοιου πλαισίου εισάγεται μια λειτουργική και οργανωτική δομή, η οποία έχει τη δυνατότητα:

- να θέτει στόχους
- να υλοποιεί μέτρα
- να παρακολουθεί τις επιπτώσεις
- να αξιολογεί και να σχολιάζει την υφιστάμενη κατάσταση
- να λαμβάνει διορθωτικά μέτρα όταν και όπου χρειάζεται.

Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό ένα λιμάνι να επιτύχει και παράλληλα να αναδείξει τη συνεχή βελτίωση του όσο αφορά τα περιβαλλοντικά θέματα.

Τα επίπεδα παρέμβασης στην περιβαλλοντική διαχείριση ενός λιμένα είναι [ESPO, 2012]:

- επίπεδο λειτουργίας της λιμενικής αρχής,
- επίπεδο λειτουργίας εντός της συνολικής περιοχής λιμένα και
- επίπεδο των μεταφορών και της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Ο βαθμός επιρροής και παρέμβασης που μπορεί να έχει η λιμενική αρχή σε αυτά τα τρία επίπεδα, λαμβάνοντας μέτρα για την βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων του λιμένα, ποικίλλει. Στο επίπεδο λειτουργίας των εγκαταστάσεων της λιμενικής αρχής ο βαθμός επιρροής είναι υψηλός αλλά οι επιβαρύνσεις των εγκαταστάσεων είναι μικρές και έτσι η περιβαλλοντική απόδοση επηρεάζεται σε μικρό βαθμό. Αντίθετα στο επίπεδο των μεταφορών και της εφοδιαστικής αλυσίδας όπου παρατηρούνται οι σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις, ο βαθμός επιρροής και παρέμβασης της λιμενικής αρχής είναι σαφώς πιο περιορισμένος. Τα

επίπεδα αυτά παρέμβασης και η επιρροή της λιμενικής αρχής σε αυτά φαίνονται στο Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1 Επίπεδα παρέμβασης στην περιβαλλοντική διαχείριση ενός λιμένα [ESPO, 2012]

Ο βαθμός επιρροής και παρέμβασης διαφέρει σε κάθε λιμάνι. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες καθενός λιμένα διαφέρουν μεταξύ τους ανάλογα με την γεωγραφική θέση και τα ξεχωριστά χαρακτηριστικά που έχει ο κάθε λιμένας. Από την άλλη σημαντικό ρόλο παίζουν επίσης οι διαφορετικοί στόχοι που θέτει, οι διαφορετικές θεσμικές λειτουργίες που έχει και γενικά από τις συνολικές αρμοδιότητες που μπορεί να έχει η λιμενική αρχή.

5.4. Συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης

Για την περιβαλλοντική διαχείριση στο λιμενικό τομέα είναι διαθέσιμα καθιερωμένα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης, καθώς και κάποια εξειδικευμένα βοηθητικά εργαλεία και μεθοδολογίες για την περιβαλλοντική διαχείριση, αξιολόγηση και πιστοποίηση ενός λιμένα. Καθιερωμένα συστήματα αποτελούν το διεθνές πρότυπο ISO 14001 και το Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Οικολογικού Ελέγχου (Eco-Management and Audit Scheme – EMAS), τα οποία είναι αναγνωρισμένα ευρέως από διάφορους φορείς και από το κοινό, παρά το γεγονός ότι δεν αποτελούν ειδικά εργαλεία για το λιμενικό τομέα.

Στο λιμενικό τομέα τα μόνα εξειδικευμένα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης, αξιολόγησης και πιστοποίησης αποτελούν η Μέθοδος Αυτοδιάγνωσης SDM (Self Diagnosis Method) και το Σύστημα Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης Λιμένων PERS

(Port Environmental Review System) από την Οργάνωση Ευρωπαϊκών Θαλάσσιων Λιμένων (European Sea Ports Organisation – ESPO).

Συγκεκριμένα η ESPO είναι μία οργάνωση που έχει στόχο την εξυπηρέτηση των συμφερόντων του λιμενικού τομέα όσο αφορά την οικονομική και περιβαλλοντική αποδοτικότητα, εξετάζοντας τεχνικά θέματα και θέματα ανάπτυξης πολιτικών. Έχει συμβουλευτικό και ενθαρρυντικό χαρακτήρα για τα διάφορα περιβαλλοντικά ζητήματα, ενώ παράλληλα θέτει συνεχώς νέους στόχους. Στα πλαίσια της ESPO δημιουργήθηκε ένα δίκτυο λιμένων, το EcoPorts, το οποίο έχει στόχο την ανταλλαγή γνώσεων και εμπειρίας μεταξύ των λιμένων σε επίπεδο περιβαλλοντικής διαχείρισης. Τα λιμάνια του EcoPorts δεσμεύονται για την ανταλλαγή αυτή και κατευθύνονται στην βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων στον τομέα των λιμένων μέσω εθελοντικών ρυθμίσεων που θέτουν. Έτσι μέσω των πρωτοβουλιών του EcoPorts αναπτύχθηκαν βοηθητικά εργαλεία και μεθοδολογίες για την περιβαλλοντική διαχείριση των λιμένων (SDM και PERS).

5.4.1. Μέθοδος Αυτοδιάγνωσης SDM

Η μέθοδος αυτοδιάγνωσης SDM (Self Diagnosis Method) είναι μια μεθοδολογία με βάση την χρονική και οικονομική αποδοτικότητα, μπορεί να αναγνωρίζει το περιβαλλοντικό ρίσκο και να επισημαίνει τις προτεραιότητες για δράση και συμμόρφωση. Αποτελεί μια σύντομη λίστα έλεγχου κατά την οποία οι λιμενικοί διαχειριστές μπορούν να αξιολογήσουν από μόνοι τους το περιβαλλοντικό πρόγραμμα διαχείρισης του λιμένα, σε σχέση με τις επιδόσεις του απέναντι σε διεθνή και ειδικά για τον λιμενικό τομέα πρότυπα. Μέσω της λίστας αυτής εξετάζονται οι τομείς της περιβαλλοντικής πολιτικής, η διαχείριση του λιμένα σε θέματα οργανωτικά και λειτουργικά, η περιβαλλοντική εκπαίδευση του προσωπικού, η σχέση με τους χρήστες, ο σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης, οι μέθοδοι παρακολούθησης, έλεγχου και αναθεώρησης.

Τα αποτελέσματα για κάθε λιμάνι είναι εμπιστευτικά και συνεισφέρουν στην δημιουργία μιας βάσης δεδομένων, την οποία και τροφοδοτούν, συμβάλλοντας έτσι και στη δημιουργία συγκεκριμένων κριτήριων αναφοράς της περιβαλλοντικής απόδοσης στον λιμενικό τομέα.

Η μέθοδος αυτή είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο λοιπόν για την ανάπτυξη των προγραμμάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης ενός λιμένα καθώς και στην δυνατότητα αναφοράς προόδου και στην αύξηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης του προσωπικού μέσα στο λιμάνι. Η φύση του εργαλείου αυτού το κάνει να είναι εφαρμόσιμο και αποτελεσματικό για κάθε είδος λιμένα, διαφορετικού μεγέθους ή διαφορετικού σταδίου ανάπτυξης στην αντιμετώπιση των

περιβαλλοντικών προτεραιοτήτων. Χρησιμοποιείται λοιπόν από λιμάνια που έχουν χρόνια περιβαλλοντική πολιτική και είναι ήδη πιστοποιημένα από την EMS αλλά και από μικρούς λιμένες που επιθυμούν να εισαγάγουν μια διαδικασία αυτοεκτίμησης και να αυξήσουν την επίγνωση τους σε ότι αφορά τα περιβαλλοντικά ζητήματα.

Με την χρήση της μεθόδου SDM, δηλαδή έχοντας ένα λιμάνι συμπληρώσει την λίστα, μπορεί να λάβει χρήσιμες συμβουλές και υποδείξεις. Συγκεκριμένα λαμβάνει μια αναλυτική αναφορά που περιλαμβάνει (α) μια παρουσίαση της κατάστασης του λιμένα σε σχέση με τα ευρωπαϊκά κριτήρια αναφοράς περιβαλλοντικής επίδοσης, (β) μια GAP ανάλυση μεταξύ της παρούσας επίδοσης και οργάνωσης του λιμένα και των απαιτήσεων των καθιερωμένων προτύπων περιβαλλοντικής διαχείρισης (ISO 14001 και PERS),(γ) μια ανάλυση SWOT (Πλεονεκτήματα, Αδυναμίες, Ευκαιρίες, Απειλές) που προσδιορίζει τις περιβαλλοντικές επιδόσεις στην διαχείριση του λιμανιού, και (δ) μια αναλυτική έκθεση που περιέχει συμβουλές και συστάσεις των ειδικών σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση και την περαιτέρω ανάπτυξη του προγράμματος περιβαλλοντικής διαχείρισης του λιμένα.

Η χρήση του συγκεκριμένου εργαλείου μπορεί να παρέχει μια περιοδική αναφορά προόδου της περιβαλλοντικής. Τα αποτελέσματα μπορεί να είναι αποτελεσματικά σε ετήσιες εκθέσεις και οι πληροφορίες που συλλέγονται μπορούν να ενσωματωθούν άμεσα σε ένα επίσημο σύστημα κριτικής.

5.4.2. Σύστημα Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης Λιμένων PERS

Το σύστημα PERS (Port Environmental Review System) είναι το μόνο πρότυπο περιβαλλοντικής διαχείρισης στον λιμενικό τομέα. Περιέχει και ενσωματώνει τις γενικές βασικές απαιτήσεις των αναγνωρισμένων προτύπων περιβαλλοντικής διαχείρισης (π.χ. ISO 14001), αλλά ταυτόχρονα είναι και προσαρμοσμένο ώστε να παράγει μια αποτελεσματική περιβαλλοντική διαχείριση για έναν λιμένα και η εφαρμογή του μπορεί να πιστοποιηθεί ανεξάρτητα από την υπηρεσία πιστοποίησης LLOYD'S REGISTER. Αποτελεί δηλαδή ένα ανεξάρτητο πιστοποιητικό περιβαλλοντικής διαχείρισης λιμένα.

Το PERS έχει προέλθει από την συνεισφορά των ίδιων των λιμένων και είναι ειδικά σχεδιασμένο για να βοηθάει τις λιμενικές αρχές με την λειτουργική οργάνωση η οποία είναι αναγκαία για να επιτευχθούν οι στόχοι της περιβαλλοντικής πολιτικής με βάση την αειφόρο ανάπτυξη. Είναι ένα αξιόπιστο σύστημα και ταυτόχρονα φιλικό προς τον χρήστη χωρίς να είναι απαιτητικό από άποψη χρόνου εφαρμογής και διαθέσιμων πόρων. Τα βασικά στοιχεία που προσφέρει το σύστημα είναι: μια έκθεση αναφοράς για την περιβαλλοντική πολιτική, μια τυπική περιγραφή της περιβαλλοντικής οργάνωσης του λιμένα που ήδη υπάρχει καθώς και μια συνολική

επισκόπηση των διαφόρων περιβαλλοντικών πτυχών των δραστηριοτήτων του λιμένα. Έτσι πολλά λιμάνια που έχουν το ενδιαφέρον για ένα σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης (Environmental Management System) αλλά τους είναι δύσκολη η ενσωμάτωση του συστήματος στο διαθέσιμο προσωπικό, μπορούν να επωφεληθούν.

5.4.3. ISO 14001

Το ISO 14001 καθορίζει τις απαιτήσεις που χρειάζεται ένα σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης, ώστε ένας οργανισμός να μπορεί να αναπτύξει και να εφαρμόσει τους στόχους και την πολιτική του πάνω σε περιβαλλοντικά θέματα. Το πρότυπο αυτό μπορεί να εφαρμοσθεί από οποιονδήποτε οργανισμό που επιθυμεί να καθιερώσει, να εφαρμόσει, να διατηρήσει ή να βελτιώσει ένα σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης.

5.4.4. Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Οικολογικού Ελέγχου EMAS

Το Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Οικολογικού Ελέγχου της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Eco-Management and Audit Scheme) αποτελεί ένα εργαλείο διαχείρισης για τις επιχειρήσεις και άλλους οργανισμούς για να αξιολογούν, να αναφέρουν και να βελτιώνουν την περιβαλλοντική τους επίδοση. Αρχικά αναφερόταν μόνο για επιχειρήσεις του βιομηχανικού τομέα αλλά από το 2001 είναι ανοιχτό για όλους τους οικονομικούς τομείς, τόσο για δημόσιες όσο και για ιδιωτικές υπηρεσίες.

5.5. Περιβαλλοντικά ζητήματα λιμένα

Για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων ενός λιμένα καθίσταται αναγκαίο να αναγνωριστούν ποια προβλήματα είναι τα σημαντικότερα και άρα ποιες είναι οι προτεραιότητες για την βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης ενός λιμένα.

Ο λιμένας αποτελεί μια περιοχή όπου πραγματοποιείται πλήθος δραστηριοτήτων, οι οποίες προκαλούν όπως είναι φυσικό διάφορες επιβαρύνσεις στο περιβάλλον. Περιβαλλοντικά ζητήματα που σχετίζονται με τις λιμενικές δραστηριότητες είναι η όχληση από τον θόρυβο και την σκόνη που δημιουργείται, η ποιότητα του αέρα της περιοχής από τις διάφορες εκπομπές, η διαχείριση των αποβλήτων του λιμένα, οι ενέργειες βυθοκόρησης και η απόθεση των μπαζών, καθώς και η κατανάλωση ενέργειας [Ραιραι, 1999]. Τα περισσότερα περιβαλλοντικά ζητήματα αναφέρονται στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχει ένα λιμάνι σε σχέση με την γύρω περιοχή και την υγεία των κατοίκων και του εργαζόμενου προσωπικού του λιμένα.

Περιβαλλοντικά ζητήματα όπως η ηχορύπανση και τα απόβλητα έχουν άμεσες επιπτώσεις στην γύρω περιοχή του λιμένα σε χρονικό και χωρικό επίπεδο, ενώ οι εκπομπές των ρυπογόνων αερίων επηρεάζουν τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Επίσης η έννοια της κατανάλωση ενέργειας και η προσπάθεια εξοικονόμησής της σχετίζεται άμεσα με την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την αειφόρα ανάπτυξη. [ESPO, 2012]

Ένας τρόπος περιβαλλοντικού χαρακτηρισμού των λιμενικών περιοχών και δραστηριοτήτων μπορεί να γίνει μέσω ανάπτυξης ολοκληρωμένων απογραφών εκπομπών. Η προετοιμασία τέτοιων απογραφών για τους λιμένες επιτρέπει τον χαρακτηρισμό του διαφορετικού ρόλου που έχει η κάθε πηγή εκπομπών για διαφορετικά περιβαλλοντικά στοιχεία [Trozzi, 2000]. Κατά συνέπεια αποτελεί ένα βασικό εργαλείο για τον προσδιορισμό των κριτηρίων για την περιβαλλοντική διαχείριση του λιμένα.

Πρώτο βήμα για την αντιμετώπιση και λήψη μέτρων μείωσης των εκπομπών αερίων σε ένα λιμάνι είναι η εκτίμηση και ποσοτικοποίηση τους. Με την εκτίμηση της ποσότητας των εκπεμπόμενων αερίων από τις λιμενικές δραστηριότητες μπορεί στη συνέχεια να γίνει αξιολόγηση της κρισιμότητας της κατάστασης. Με αυτόν τον τρόπο ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα ενός λιμένα αποτελεί ένα εργαλείο για την διαχείριση των αέριων ρύπων.

6. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΕ ΛΙΜΕΝΑ

6.1. Γενικά

Πριν από τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα ενός λιμένα είναι απαραίτητη η ανάδειξη του σκοπού υπολογισμού και η ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης απογραφής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανάλογα με τον σκοπό αυτό. Παρακάτω αναφέρονται τα απαραίτητα στοιχεία για μία τέτοια ανάπτυξη και στη συνέχεια οι μέθοδοι υπολογισμού των εκπομπών για κάθε πηγή εκπομπών.

Για την ανάπτυξη μιας απογραφής εκπομπών σε ένα λιμάνι πρέπει αρχικά να ληφθούν υπόψη διάφοροι παράμετροι και να απαντηθούν κάποιες ερωτήσεις ώστε τελικά το κάθε λιμάνι να αναπτύξει την κατάλληλη γι' αυτό προσέγγιση. Οι ερωτήσεις που θα έπρεπε να τίθενται είναι:

- Ποιες είναι οι κινητήριες δυνάμεις για τον υπολογισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου;
- Που θα χρησιμοποιηθούν οι πληροφορίες και τα αποτελέσματα μετά τον υπολογισμό;
- Ποιες πηγές εκπομπών θα συμπεριληφθούν;
- Ποια θα είναι τα όρια της απογραφής;
- Ποια θα είναι η χρονική βάση παρακολούθησης των εκπομπών αν υπάρχει;
- Ποιο θα είναι το επίπεδο λεπτομέρειας στην συλλογή πληροφοριών που θα χρειαστούν;

Ανάλογα με τις απαντήσεις που θα αναδειχθούν σε αυτές τις ερωτήσεις θα προκύψει και ο αντίστοιχος τρόπος προσέγγισης του υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα. Οι διάφοροι τρόποι προσέγγισης αναφέρονται και σε

διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας. Το επίπεδο λεπτομέρειας της απογραφής που επιθυμεί ένα λιμάνι εξαρτάται τελικά από τρεις βασικούς παραμέτρους [WPCI, 2010]: (α) τον σκοπό για τον οποίο γίνεται η απογραφή, (β) τους διαθέσιμους πόρους των απαραίτητων πληροφοριών για την απογραφή και (γ) το χρονικό πλαίσιο μέσα στο οποίο πρέπει να αναπτυχθεί η απογραφή.

6.2. Σκοπιμότητα διεξαγωγής απογραφής εκπομπών

Ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα ενός λιμένα μπορεί να γίνει για διάφορους λόγους αλληλένδετους μεταξύ τους. Αυτό μπορεί να γίνει είτε εθελοντικά από το λιμένα για την παράθεση των εκπομπών που προέρχονται από τις δραστηριότητες του, είτε να προκύψει ως υποχρεωτική απαίτηση από κυβερνητικούς ή παγκόσμιους οργανισμούς. Όποιος κι αν είναι ο αρχικός στόχος, η οργάνωση και ανάπτυξη μιας απογραφής εκπομπών έχει και περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη για ένα λιμένα.

Ένας από τους βασικούς σκοπούς για την ανάπτυξη μίας απογραφής εκπομπών είναι η προοπτική ανάπτυξης συγκεκριμένης στρατηγικής μείωσης των εκπομπών και η λήψη αντίστοιχων μέτρων. Με την ανάπτυξη μιας απογραφής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μπορούν να αναγνωριστούν εκείνες οι περιοχές όπου είναι δυνατόν να γίνουν επεμβάσεις βελτιστοποίησης. Γίνεται άμεσα κατανοητό από όπου προέρχονται οι πηγές εκπομπών και για το ποιες από αυτές είναι πιο κρίσιμες και πιο σημαντικές. Η κατανόηση των πηγών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και η αναγνώριση των περιοχών βελτίωσης μπορούν να διευκολύνουν την ανάπτυξη αυτής της στρατηγικής για την λήψη κατάλληλων μέτρων μείωσης των εκπομπών. Έτσι μπορούν να γίνουν επεμβάσεις τροποποιήσεις στον τρόπο λειτουργίας των δραστηριοτήτων του λιμένα για θέματα περιβαλλοντικής επίδοσης του.

Μία απογραφή εκπομπών μπορεί να επεκταθεί πέρα από τα κοντινά όρια του λιμένα και να συμπεριλάβει και όλη την εφοδιαστική αλυσίδα, από τους κατασκευαστές και τους προμηθευτές μέχρι και το σημείο διανομής των αγαθών ή ακόμα και τα καταστήματα λιανικής πώλησης. Μια τέτοια τύπου επέκταση απογραφής μπορεί να προκύψει ως απαίτηση των παραγωγών, των εμπόρων λιανικής πώλησης ή άλλων μερών που συμμετέχουν στην εφοδιαστική αλυσίδα για να αναδειχθούν κοινοί τρόποι αντιμετώπισης των εκπομπών και δυνατότητες βελτιστοποίησης.

Από την αρχή της απογραφής είναι σημαντικό, ανεξάρτητα από τον τρόπο προσέγγισης, να υπάρχει αναγνώριση και δέσμευση με τους διάφορους φορείς του λιμένα. Η ανάπτυξη μίας συνεργατικής προσέγγισης από τις υπηρεσίες του λιμένα,

τους ενοικιαστές, τους πελάτες και το κοινό βελτιώνει την ποιότητα των δεδομένων και διευκολύνει την αποδοχή των αποτελεσμάτων της απογραφής.

Όπως αναφέρθηκε μπορεί να υπάρξουν διαφορετικές προσεγγίσεις της ανάπτυξης μιας απογραφής για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα από τις δραστηριότητες ενός λιμένα. Οι διαφορετικές προσεγγίσεις αναφέρονται στο επίπεδο λεπτομέρειας στο οποίο θα βασιστεί ο υπολογισμός. Αυτό εξαρτάται από τον σκοπό της διεξαγωγής της απογραφής των εκπομπών, τις διαθέσιμες πηγές δεδομένων και το χρονικό πλαίσιο μέσα στο οποίο πρέπει να ολοκληρωθεί η απογραφή. Έτσι μπορούν να υπάρξουν τρεις τρόποι προσεγγίσεων [WPCI, 2010]:

α) Ακριβής Προσέγγιση

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στις δραστηριότητες του λιμένα και χρησιμοποιεί συγκεκριμένα δεδομένα εκπομπών. Η συλλογή των πληροφοριών γίνεται λεπτομερώς και χρησιμοποιούνται για την κάθε δραστηριότητα του λιμένα συγκεκριμένα δεδομένα των εκπομπών των αερίων της απογραφής. Έτσι η απογραφή γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια.

β) Προσέγγιση με Αντιπροσωπευτικά Δεδομένα

Η μέθοδος αυτή βασίζεται σε αντιπροσωπευτικά δεδομένα εκπομπών για τις δραστηριότητες ή ακόμα και δεδομένα αντιπροσωπευτικών λιμένων. Απαιτούνται λιγότερες λεπτομέρειες κατά την συλλογή πληροφοριών και μπορεί να γίνουν απλοποιητικές παραδοχές για τα δεδομένα κάποιων δραστηριοτήτων. Αυτό περιορίζει την ακρίβεια της απογραφής αλλά μπορεί να παρέχει ικανοποιητικά αποτελέσματα για τον σκοπό της διεξαγωγής της απογραφής. Επίσης έτσι μπορεί να εκπονηθεί σε λιγότερο χρόνο και με λιγότερο κόστος.

γ) Υβριδική Προσέγγιση

Αποτελεί συνδυασμό των δύο προηγούμενων και χρησιμοποιεί σε κάποια στάδια της απογραφής συγκεκριμένα δεδομένα και σε κάποια άλλα αντιπροσωπευτικά. Για κύριες και βασικές δραστηριότητες που συμβάλλουν σε μεγάλο ποσοστό στις εκπομπές αερίων χρησιμοποιεί συγκεκριμένα δεδομένα, ενώ για δευτερεύουσες δραστηριότητες αντιπροσωπευτικά.

Η ακριβής προσέγγιση είναι επιθυμητή όταν η απογραφή γίνεται κάτω από το πρίσμα μιας πολιτικής η οποία περιλαμβάνει και την λήψη μέτρων μείωσης των εκπομπών, είτε γίνεται εθελοντικά από τον λιμένα είτε υποχρεωτικά λόγω συγκεκριμένων κανονισμών συμμόρφωσης. Αντίθετα όταν η ανάπτυξη της απογραφής γίνεται για πληροφοριακούς και ενημερωτικούς λόγους, όπως για την

ανάδειξη της υφιστάμενης κατάστασης του επιπέδου των εκπομπών του λιμένα και παράλληλα τα διαθέσιμα δεδομένα είναι περιορισμένα, μια πιο απλοποιημένη μέθοδος προσέγγισης είναι καταλληλότερη.

Η επιλογή της προσέγγισης θα καθορίσει τα βήματα που θα πρέπει να ληφθούν για την ανάπτυξη της απογραφής των εκπομπών των αερίων. Σε αυτά τα βήματα επιλέγεται ποιες πηγές εκπομπών θα περιλαμβάνει η απογραφή και ποια θα είναι όρια της απογραφής, γίνεται επανεξέταση των μεθοδολογιών εκτίμησης, συλλογή των δεδομένων και τέλος ο υπολογισμός των εκπομπών.

Τέλος ανεξάρτητα από τον τρόπο προσέγγισης της απογραφής του αποτυπώματος άνθρακα ενός λιμένα η απογραφή μπορεί να επεκταθεί και να περιλαμβάνει περισσότερες κατηγορίες εκπομπών, και να εξελιχθεί με μεγαλύτερο επίπεδο ακρίβειας, ανάλογα με τις ανάγκες και τους διαθέσιμους πόρους.

6.3. Πηγές εκπομπών

Οι πηγές εκπομπών ανάλογα με τις δραστηριότητες ενός λιμένα μπορούν να καταταχθούν σε τρεις κατηγορίες εκπομπών [WPCI, 2010], οι οποίες φαίνονται και στο Σχήμα 6.1:

- 1^η κατηγορία (Score 1) - Άμεσες εκπομπές

Οι εκπομπές αυτές είναι άμεσες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και προέρχονται από δραστηριότητες που λειτουργούν και ελέγχονται από την διοίκηση του λιμένα. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται οι εκπομπές από τον στόλο των οχημάτων του λιμένα, τον εξοπλισμό διακίνησης του φορτίου, από τα κτίρια στις εγκαταστάσεις του λιμένα (π.χ. λέβητες), από τα οχήματα που ανήκουν ή νοικιάζονται από την διοίκηση του λιμένα και γενικότερα οποιεσδήποτε άμεσες εκπομπές προέρχονται από την διοικητική αρχή του λιμένα.

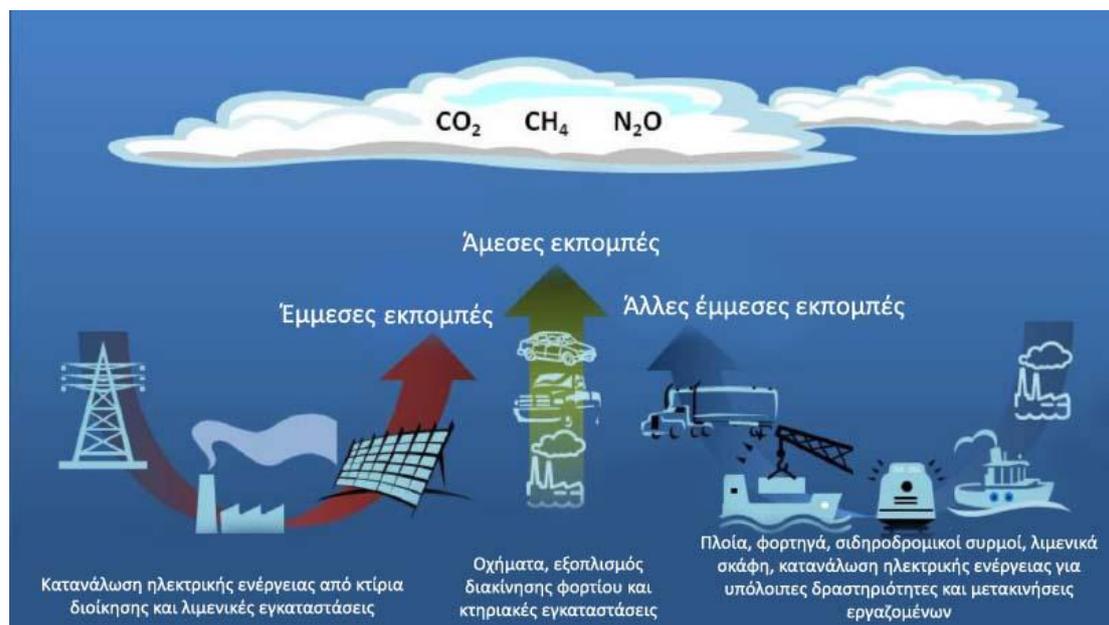
- 2^η κατηγορία (Score 2) - Έμμεσες εκπομπές

Οι εκπομπές αυτές αναφέρονται στις έμμεσες εκπομπές από την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία καταναλώνεται στα κτίρια διοίκησης και γενικά στις λιμενικές εγκαταστάσεις για τις λειτουργίες του λιμένα.

- 3^η κατηγορία (Score 3) - Άλλες έμμεσες εκπομπές

Οι εκπομπές αυτές προέρχονται από τις υπόλοιπες λιμενικές δραστηριότητες οι οποίες δεν ελέγχονται άμεσα από την διοίκηση του λιμένα. Εδώ συμπεριλαμβάνονται οι εκπομπές των φορτηγών και των σιδηροδρομικών συρμών που μεταφέρουν φορτίο, των σκαφών του λιμένα, των γερανών φορτοεκφόρτωσης, των πλοίων, καθώς και οι εκπομπές των υπόλοιπων κτιρίων που δεν ανήκουν στην

διοίκηση και της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από αυτά, και τέλος οι εκπομπές από τις μετακινήσεις των εργαζομένων (Ι.Χ., Μ.Μ.Μ., τρένα).



Σχήμα 6.1 Κατηγορίες πηγών εκπομπών από λιμενικές δραστηριότητες [WPCI, 2010]

Η ταξινόμηση των εκπομπών σε μία από τις τρεις κατηγορίες σχετίζεται άμεσα και από τον τύπο του λιμένα όσο αφορά την ιδιοκτησία και την διαχείριση του.

Μπορούν να θεωρηθούν δύο γενικοί τύποι λιμένων [WPCI, 2010]:

- Λιμάνια που κατέχουν και διαχειρίζονται τις λιμενικές εγκαταστάσεις καθώς και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στα τερματικά.
- Λιμάνια που έχουν την ιδιοκτησία της περιοχής του λιμένα ή της ευρύτερης περιοχής που είναι οριοθετημένος και είναι υπεύθυνα για την διαχείριση της, αλλά μισθώνουν μέρος γης ή μέρος των λιμενικών εγκαταστάσεων σε φορείς εκμετάλλευσης τερματικών σταθμών, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στις αποβάθρες.

6.4. Όρια απογραφής εκπομπών

Για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα είναι πολύ σημαντικό να ορισθούν τα όρια της απογραφής των εκπομπών. Τα όρια από την προσέγγιση με την οποία θα γίνει η απογραφή, δηλαδή από το πόσο λεπτομερές θα είναι η απογραφή και πόσο ακριβή τα επιθυμητά αποτελέσματα. Με την έννοια όρια εννοούνται ποιες θα είναι οι δραστηριότητες οι οποίες θα συμπεριληφθούν στην απογραφή και ποια η περιοχή μέσα στην οποία πραγματοποιούνται. Ο ορισμός των ορίων αυτών είναι διαφορετικός για κάθε κατηγορία πηγών εκπομπών [WPCI, 2010]:

1^η κατηγορία: Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται συνήθως μία ευρύτερη τοπική περιοχή στην οποία λαμβάνουν χώρα οι δραστηριότητες αυτές. Η περιοχή αυτή δεν περιορίζεται μόνο στα όρια του λιμανιού, αφού για παράδειγμα οχήματα που συμπεριλαμβάνονται σε αυτήν την κατηγορία πηγών εκπομπών, υπάρχει η δυνατότητα να βγαίνουν και εκτός λιμενικής περιοχής.

2^η κατηγορία: Σε αυτή την κατηγορία, η οποία αναφέρεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα όρια των πηγών δεν έχουν φυσική έννοια και δεν είναι τόσο ξεκάθαρα, αφού οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να βρίσκονται και σε πολύ μεγάλες αποστάσεις από το σημείο κατανάλωσης του λιμένα.

3^η κατηγορία: Στην κατηγορία αυτή τα όρια μπορεί να είναι τοπικά, εθνικά ή παγκόσμια ανάλογα τα πλαίσια που ορίζει η ίδια διοίκηση του λιμένα. Να σημειωθεί ότι σε αυτή την κατηγορία πηγών εκπομπών δεν συμπεριλαμβάνεται ο κύκλος ζωής των δραστηριοτήτων του λιμένα από την πρώτη κατηγορία.

Τα όρια για το ποιες πηγές εκπομπών, δηλαδή ποιες δραστηριότητες, θα συμπεριληφθούν σε μια απογραφή, εξαρτάται αρχικά από τον τύπο του λιμένα. Με αυτό τον τρόπο για κάποιες δραστηριότητες μπορεί να περιλαμβάνονται εξ ολοκλήρου στην απογραφή ενώ σε άλλες περιπτώσεις μόνο μέρος της λειτουργίας τους να είναι στην «ευθύνη» της λιμενικής αρχής. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει και το επίπεδο ακρίβειας που γίνεται η απογραφή ανάλογα με τον σκοπό της διεξαγωγής της.

Τα γεωγραφικά όρια για κάθε λιμάνι ορίζονται διαφορετικά λόγω της διαφορετικής γεωγραφικής θέσης και διαμόρφωσης του κάθε λιμένα. Επίσης εξαρτώνται και από τα κίνητρα και τον σκοπό του υπολογισμού αποτυπώματος άνθρακα και σαφώς από τις κατηγορίες πηγών εκπομπών που θα συμπεριληφθούν στην απογραφή.

Διπλό μέτρημα

Το διπλό μέτρημα εμφανίζεται όταν εκπομπές αερίων από κάποια δραστηριότητα συμπεριλαμβάνονται σε περισσότερες από μία απογραφές. Η ταξινόμηση των εκπομπών στις τρεις κατηγορίες έχει αποτέλεσμα την πιθανότητα του «διπλού μετρήματος» μιας πηγής, αφού πάντα μία δραστηριότητα ανήκει ταυτόχρονα στην 1^η κατηγορία ενός συνόλου και στην 3^η κατηγορία κάποιου άλλου. Για παράδειγμα όταν σε μία απογραφή λιμένα συμπεριληφθούν οι δραστηριότητες κάποιας εταιρείας που λειτουργεί στο λιμάνι ως 3^η κατηγορία εκπομπών, ενώ η εταιρεία υπολογίζει την δραστηριότητα αυτή για την δίκη της απογραφή στην 1^η κατηγορία. Επίσης μπορεί να συμβεί στην περίπτωση των εκπομπών της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας που ανήκει στην 2^η κατηγορία για μια απογραφή λιμένα και

στην 1^η για την απογραφή των εκπομπών του σταθμού παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. [GHG Protocol, 2006]

Η έννοια του διπλού μετρήματος εκπομπών είναι μια σημαντική παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην ανάπτυξη των ορίων της απογραφής, στην σύγκριση μεταξύ απογραφών λιμένων ή διαφορετικών δραστηριοτήτων από άλλους τομείς και στην συλλογή πληροφοριών για τις εκπομπές από διαφορετικές πηγές. Γι' αυτό το λόγο είναι πολύ σημαντικό κατά την ανάπτυξη μιας απογραφής εκπομπών να γίνεται μια αρχική αξιολόγηση για την ύπαρξη άλλων απογραφών που έχουν γίνει σε άλλους τομείς που σχετίζονται με τον τομέα των λιμενικών όπως της εφοδιαστικής αλυσίδας και των μεταφορών.

6.5. Χρονική περίοδος και χρονική βάση απογραφής

Η χρονική περίοδος μιας απογραφής είναι το διάστημα μέσα στο οποίο θα επαναλαμβάνεται η απογραφή, και το χρονικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θα λαμβάνονται τα μέτρα μείωσης των εκπομπών και οι επεμβάσεις βελτίωσης.

Σε κάθε απογραφή ιδιαίτερα στην περίπτωση λήψης μέτρων μείωσης είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός μίας χρονικής βάσης. Χρονική βάση είναι το χρονικό σημείο αναφοράς (π.χ. έτος), του οποίου οι εκπομπές αποτελούν τον στόχο για τις μελλοντικές μειώσεις των εκπομπών. Για παράδειγμα μια απογραφή να θέτει στόχο να μειώσει τις μελλοντικές τις εκπομπές στο επίπεδο που ήταν οι εκπομπές το έτος 1990. Οι εκπομπές του έτους που θα αποτελέσουν χρονική βάση θα πρέπει να είναι γνωστές, ώστε να επιτευχτεί και ο αντίστοιχος στόχος. Όσο πιο πρόσφατη είναι μια χρονική βάση, τόσο πιο αξιόπιστες μπορεί να είναι και οι αντίστοιχες απογραφές εκπομπών.

6.6. Ρυπογόνα αέρια

Τα αέρια του θερμοκηπίου όπως έχει αναφερθεί είναι τα εξής:

- διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
- μεθάνιο (CH₄)
- μονοξείδιο του αζώτου (N₂O)
- υδροφθοράνθρακες (HFCs)
- υπερφθοράνθρακες (PFCs)
- εξαφθοριούχο θείο (SF₆)

Τα αέρια που αποτελούν τις σημαντικότερες εκπομπές ρύπων σε ότι αφορά τις δραστηριότητες ενός λιμένα είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄) και το μονοξείδιο του αζώτου (N₂O) που εκπέμπονται κατά τις καύσεις καυσίμων. Οι εκπομπές από υδροφθοράνθρακες (HFCs) και υπερφθοράνθρακες (PFCs) αποτελούν μικρό ποσοστό και προέρχονται από τις απώλειες των εξοπλισμών ψύξης και κλιματισμού και από τους χώρους ψυγείων που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των εμπορευματοκιβωτίων. Τέλος οι εκπομπές από το εξαφθοριούχο θείο (SF₆) δεν αναφέρονται στις λιμενικές δραστηριότητες αλλά σε άλλους βιομηχανικούς τομείς και συνεπώς δεν περιλαμβάνονται σε μια απογραφή εκπομπών λιμένα [ENTEC, 2002].

6.7. Πηγές δεδομένων

Τα απαραίτητα δεδομένα που πρέπει να εξετάζονται και να λαμβάνονται για την πραγματοποίηση μιας απογραφής αποτελούν:

- Δεδομένα για τα χαρακτηριστικά της πηγής εκπομπών. Ανάλογα τα χαρακτηριστικά αυτά καθορίζεται και διαφοροποιείται ο συντελεστής εκπομπών και κατά συνέπεια και ο τρόπος υπολογισμού των εκπομπών. Εδώ περιλαμβάνονται χαρακτηριστικά όπως ο τύπος καύσιμου που καταναλώνεται, η κατάταξη ή το μέγεθος της μηχανής ή της μονάδας παραγωγής, η τεχνολογία του κινητήρα, η ηλικία του κινητήρα, το μοντέλο κατασκευής κ.α.
- Δεδομένα δραστηριότητας, τα οποία αναφέρονται σε πληροφορίες όπως την ποσότητα κατανάλωσης καυσίμων ή ενέργειας, το χρονικό διάστημα λειτουργίας της δραστηριότητας, την ταχύτητα λειτουργίας, τους διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας της δραστηριότητας κ.ά.
- Δεδομένα για τους συντελεστές εκπομπών. Οι συντελεστές εκπομπών εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της πηγής εκπομπών και μέσω αυτών γίνεται η μετατροπή των δεδομένων δραστηριότητας σε εκπομπές ρύπων.

6.8. Διεθνείς οδηγοί για τον υπολογισμό εκπομπών αερίων για λιμένες

6.8.1. Παγκόσμια Πρωτοβουλία Λιμένων για το Κλίμα

Η Παγκοσμιά Πρωτοβουλία Λιμένων για το Κλίμα (World Ports Climate Initiative - WPCI) ιδρύθηκε τον Απρίλιο του 2006 από την Διεθνή Ένωση Λιμένων (International Association of Ports and Harbors – IAPH) όπου ζητήθηκε από την Επιτροπή Περιβάλλοντος να παράσχει έναν βοηθητικό μηχανισμό στην υπηρεσία των λιμένων για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Η WPCI ιδρύθηκε λόγω της ανάγκης

για δράση στην αντιμετώπιση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και για την αύξηση της ευαισθητοποίησης ότι αφορά τις εκπομπές στον τομέα των λιμενικών και των θαλάσσιων μεταφορών. Διενεργεί μελέτες, στρατηγικές και δράσεις για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, προωθεί την ανάπτυξη πλαισίων για την ανταλλαγή πληροφοριών και παρέχει πληροφορίες για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο θαλάσσιο περιβάλλον και τρόπους αντιμετώπισης. [<http://wpci.iaphworldports.org/>]

Στο πλαίσιο αυτό έχει συνταχθεί ένας οδηγός *WPCI 2010* που παρέχει πληροφορίες για την ανάπτυξη μιας απογραφής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα των δραστηριοτήτων ενός λιμένα. Ο οδηγός αυτός αναπτύχθηκε σε συνεργασία διαφόρων λιμένων της Βόρειας Αμερικής και της Ευρώπης με κοινό ενδιαφέρον στην ανταλλαγή γνώσεων και μεθόδων για την ανάπτυξη μιας απογραφής αποτυπώματος άνθρακα.

Η WPCI παρέχει επίσης και διαδικτυακό πρόγραμμα υπολογισμού των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα CO₂ για τις κατηγορίες εκπομπών 1 και 2 (Scores 1 και 2), ενώ για την κατηγορία 3 με τις ιδιαίτερες παραμέτρους της το πρόγραμμα είναι υπό κατασκευή. Το πρόγραμμα υπολογισμού αναπτύχθηκε από το λιμάνι του Λος Άντζελες και επιτρέπει επιπλέον την σύγκριση με προηγούμενες απογραφές ή με επίπεδα εκπομπών μιας συγκεκριμένης χρονικής βάσης, ώστε να μπορούν να αναπτυχθούν στρατηγικές μείωσης και ελέγχου των εκπομπών.

6.8.2. Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος Αμερικής

Η Αμερικάνικη Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (U.S.EPA) διαθέτει πληθώρα οδηγιών για την αναφορά και απογραφή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από διάφορους τομείς. Στα πλαίσια αυτά προσφέρει έναν οδηγό εκτίμησης εκπομπών από κινητές πηγές για αέρια που σχετίζονται με τις λιμενικές δραστηριότητες [*U.S.EPA, 2009*]. Ο οδηγός αποτελεί επέκταση και βελτίωση αυτού του 2006 οπού συμπεριλαμβάνει και τον υπολογισμό εκπομπών για τα αέρια του θερμοκηπίου. Στον οδηγό αυτό περιγράφονται οι μεθοδολογίες υπολογισμού των κινητών εκπομπών αερίων για λεπτομερείς και απλοποιημένες απογραφές.

7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΕ ΛΙΜΕΝΑ

7.1. Γενικά

Στα επόμενα υποκεφάλαια παρουσιάζονται οι διάφοροι μέθοδοι υπολογισμού των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου που συμπεριλαμβάνονται σε μία απογραφή για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα σε λιμένα. Οι μέθοδοι αυτοί βασίζονται στους οδηγούς των *WPCI 2010* και *U.S.EPA 2009*. Ο διαχωρισμός των εκπομπών γίνεται σε κινητές και σταθερές πηγές εκπομπών από τις λιμενικές δραστηριότητες και τα πλοία, ανεξάρτητα από το σε ποια κατηγορία εκπομπών ανήκουν.

7.2. Κινητές πηγές εκπομπών

Κινητές πηγές εκπομπών σε έναν λιμένα προέρχονται από τα πλοία και από χερσαίες κινητές πηγές. Οι χερσαίες κινητές πηγές αποτελούν κυρίως ο εξοπλισμός διακίνησης φορτίου ο οποίος δεν κινείται σε δημόσιους δρόμους, τα φορτηγά με τα οποία γίνεται η διακίνηση του φορτίου σε δημόσιους δρόμους, αυτοκίνητα που εξυπηρετούν στην μετακίνηση ανθρώπων και των εργαζομένων και οι σιδηροδρομικοί συρμοί. Οι εκπομπές πλοίων προέρχονται από τα ποντοπόρα πλοία και τα σκάφη του λιμένα.

Στην συνέχεια αναλύονται οι μέθοδοι υπολογισμού για τις κινητές πηγές εκπομπών, οι οποίες χωρίζονται σε πέντε βασικές κατηγορίες:

- Εξοπλισμός διακίνησης φορτίου
- Βαρέως τύπου οδικά οχήματα
- Σιδηροδρομικοί συρμοί
- Σκάφη λιμένα και εσωτερικής ναυσιπλοΐας

- Ποντοπόρα πλοία

Οι περισσότερες από τις πηγές αυτές κινούνται με κινητήρες καύσεων. Ο πιο κοινός τύπος καυσίμων γι' αυτές τις πηγές είναι το πετρέλαιο ντίζελ. Σε κάποιους τύπους οχημάτων ή εξοπλισμών μπορεί να χρησιμοποιούνται και καύσιμα όπως βενζίνη, προπάνιο, φυσικό αέριο (μεθάνιο) και βιοκαύσιμα, ενώ για τα πλοία χρησιμοποιούνται πιο βαριά καύσιμα, όπως το μαζούτ. Σε σπανιότερες περιπτώσεις οι πηγές μπορεί να κινούνται και με ηλεκτρικούς κινητήρες. Σε αυτές τις περιπτώσεις η τροφοδότηση γίνεται με χρήση μπαταριών, αφού η χρήση καλωδίων για την τροφοδότηση του εξοπλισμού θα περιόριζε την ευελιξία στις κινήσεις, είτε με ηλεκτροδότηση από την ακτή σε σταθερά σημεία.

Ο υπολογισμός των εκπομπών από τις πηγές που χρησιμοποιούν καύσιμα μπορεί να βασιστεί σε δεδομένα δραστηριότητας είτε κατανάλωσης καυσίμων είτε παραγωγής ενέργειας. Η κατανάλωση καυσίμων και η παραγωγή ενέργειας συνδέονται μέσω ενός συντελεστή ειδικής κατανάλωσης καυσίμου (break specific fuel consumption, BSFC), ο οποίος εκφράζει την κατανάλωση καυσίμου ανά μονάδα ενέργειας που παράγεται (π.χ. σε g/kWh). Η μέση τιμή του συντελεστή αυτού εξαρτάται από τον τύπο του κινητήρα και τις διαφορετικές ταχύτητες λειτουργίας κάθε κινητήρα. Μέσω του συντελεστή αυτού είναι δυνατή η αξιοποίηση δεδομένων τόσο σε μονάδες κατανάλωσης καυσίμου, όσο και σε μονάδες παραγωγής ενέργειας, ανάλογα με τα διαθέσιμα δεδομένα.

Αντίθετα στις περιπτώσεις όπου οι κινητές πηγές λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια, οι πηγές αυτές συνεισφέρουν στις έμμεσες εκπομπές λόγω της καύσης καυσίμων για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν. Για τον υπολογισμό των εκπομπών αυτών μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα είτε η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε κατά την διάρκεια της λειτουργίας ενός εξοπλισμού, είτε της ποσότητας που χρησιμοποιήθηκε για την επαναφόρτιση των μπαταριών του εξοπλισμού. Στην δεύτερη περίπτωση επειδή κατά την διάρκεια της διαδικασίας φόρτισης υπάρχουν απώλειες, στην εκτίμηση πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και ένας συντελεστής αποδοτικότητας της φόρτισης για να υπολογίζεται η ποσότητα ενέργειας που τελικά χρησιμοποιείται από τον φορτιστή.

7.2.1. Εξοπλισμός διακίνησης φορτίου

Στον εξοπλισμό διακίνησης φορτίου περιλαμβάνονται οι γερανοί, γερανογέφυρες κρηπιδώματος και στοιβασίας, οι χειριστές εμπορευματοκιβωτίων (Ε/Κ), τα περονοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα, πλευρικοί φορτωτές, οχήματα στοιβασίας,

ελκυστήρες και βάσεις, καθώς και άλλα μηχανήματα όπως μηχανήματα χωματουργικών, δαπεδοκαθαριστήρες και κατασκευαστικά μηχανήματα που μπορεί να χρησιμοποιούνται στους τερματικούς σταθμούς ενός λιμένα.



Εικόνα 7.1 Εξοπλισμός διακίνησης φορτίου σε εμπορικό λιμένα

7.2.1.1. Δεδομένα

Για τον κάθε εξοπλισμό διακίνησης φορτίου με κινητήρα καύσης που χρησιμοποιείται στον λιμένα είναι σημαντικό να προσδιορισθούν τα ακόλουθα δεδομένα:

- τύπος εξοπλισμού
- αριθμός ταυτοποίησης εξοπλισμού
- έτος μοντέλου
- κατασκευαστής εξοπλισμού και κινητήρα
- χαρακτηρισμός μοντέλου
- ονομαστική ισχύς
- μέθοδοι ή εξοπλισμός ελέγχου των εκπομπών που εφαρμόζονται

Όλα αυτά τα δεδομένα δεν είναι άμεσα απαραίτητα για τον υπολογισμό των εκπομπών. Σε περιπτώσεις όμως όπου υπάρχει σχεδιασμός για την μείωση των εκπομπών, είναι ευκολότερη η αναγνώριση των εξοπλισμών, των οποίων μπορεί να γίνει η αντικατάσταση ή η βελτίωση. Ο υπολογισμός των εκπομπών για μία μονάδα ενός τύπου εξοπλισμού μπορεί να γίνει με δύο τρόπους ανάλογα με τα δεδομένα

δραστηριότητας. Τα δεδομένα δραστηριότητας μπορεί να εκφραστούν είτε σε κατανάλωση καυσίμων, είτε σε παραγόμενη ενέργεια, ανάλογα με τα διαθέσιμα δεδομένα για τον κάθε εξοπλισμό. Τα απαραίτητα δεδομένα για κάθε τρόπο υπολογισμού είναι:

α) Με βάση την κατανάλωση καυσίμων

- η κατανάλωση της συνολικής ποσότητας καυσίμων για κάθε μονάδα εξοπλισμού

β) Με βάση την ονομαστική ισχύ

- η ονομαστική ισχύς του κινητήρα κάθε μονάδας εξοπλισμού
- ώρες λειτουργίας ετησίως
- μέσο συντελεστή φορτίου κατά την λειτουργία του κινητήρα

Για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό τα δεδομένα δραστηριότητας βασίζονται κυρίως στην ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται για την επαναφόρτιση του εξοπλισμού. Σε περίπτωση που τα δεδομένα αυτά δεν είναι διαθέσιμα οι έμμεσες εκπομπές των πηγών αυτών μπορούν να συμπεριληφθούν στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρισμού των λιμενικών εγκαταστάσεων.

7.2.1.2. Υπολογισμός εκπομπών

α) Ακριβής μέθοδος με βάση την κατανάλωση καυσίμων

Η εξίσωση υπολογισμού των εκπομπών είναι:

$$E = AD_{Fuel} \cdot EF$$

όπου:

E Οι ετήσιες συνολικές εκπομπές σε μονάδες μάζας (kg pollutant/yr)

AD_{Fuel} Η ετήσια κατανάλωση καυσίμων σε μονάδες όγκου (L)

EF Ο συντελεστής εκπομπών σε μονάδες μάζας ρύπου ανά όγκο καυσίμου που καταναλώθηκε (kg pollutant/L fuel)

Κατά την διαδικασία της πιστοποίησης οι κινητήρες δοκιμάζονται σε πρότυπα καύσιμα τα οποία μπορεί να διαφέρουν αρκετά από τα καύσιμα που είναι διαθέσιμα στο εμπόριο. Έτσι υπάρχουν συντελεστές διόρθωσης καυσίμων (fuel correction factors, FCF) οι οποίοι ενσωματώνουν την διαφορά αυτή μεταξύ του εμπορικής διαθέσιμου και πρότυπου καυσίμου. Σε περιπτώσεις εγκατάστασης συστημάτων ελέγχου εκπομπών για την αποδοτικότερη καύση του καυσίμου, αυτά λαμβάνονται υπόψη με την χρήση ειδικών συντελεστών ελέγχου (control factors, CF). Οι συντελεστές αυτοί μπορούν να ληφθούν από υπηρεσίες ή ιδρύματα που

εμπλέκονται σε δοκιμές κινητήρων και προσομοίωσης εκπομπών. Η βασική εξίσωση γίνεται:

$$E = AD_{Fuel\ Consumption} \cdot EF \cdot FCF \cdot CF$$

Συντελεστές Εκπομπών

Ο συντελεστής εκπομπών εξαρτάται από τον τύπο καυσίμου και μπορεί να είναι εκφρασμένος ανά μονάδα όγκου καυσίμου είτε ανά μονάδα ενέργειας. Στην δεύτερη περίπτωση μπορεί, μέσω της θερμογόνου δύναμης του καυσίμου, να μετατραπεί σε μονάδες ανά όγκο καυσίμου. Επίσης ο υπολογισμός του συντελεστή εκπομπών μπορεί να γίνει με την χρήση του συντελεστή ειδικής κατανάλωσης καυσίμου (BSFC) εκφρασμένου σε κατανάλωση καυσίμου ανά μονάδα ενέργειας που παράγεται (σε g/kWh), την περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα (F_C σε % g C/g fuel) και τον λόγο των μοριακών βαρών του διοξειδίου του άνθρακα και του άνθρακα 44/12, από την σχέση [WPCI, 2010]:

$$EF = BSFC \cdot F_C \cdot 44/12$$

β) Ακριβής μέθοδος με βάση την ονομαστική ισχύ

Η εξίσωση υπολογισμού των εκπομπών είναι:

$$E = AD_{RP} \cdot LF \cdot OT \cdot EF$$

όπου:

AD_{RP} Η ονομαστική ισχύς (kW)

LF Ο μέσος συντελεστής φορτίου κατά την λειτουργία (αδιάστατος)

OT Ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας (hr/yr)

EF Ο συντελεστής εκπομπών σε μονάδες μάζας ρύπου ανά κιλοβατώρα (kg pollutant/kWh)

Δεδομένα δραστηριότητας

Στην μέθοδο αυτή όπου τα δεδομένα δραστηριότητας εκφράζονται στην ονομαστική ισχύ του κινητήρα του εξοπλισμού, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός του συντελεστή φορτίου του κινητήρα. Ο συντελεστής φορτίου είναι ο λόγος της μέσης παραγόμενης ισχύος προς την μέγιστη παραγόμενη και εξαρτάται από τον τύπο του κινητήρα και τον τύπο καυσίμου που χρησιμοποιεί. Ο Πίνακας 7.1 δίνει τιμές για διάφορους τύπους εξοπλισμών διακίνησης φορτίου.

Πίνακας 7.1 Συντελεστής φορτίου λειτουργίας εξοπλισμών διακίνησης φορτίου [U.S.EPA, 2009]

Τύπος εξοπλισμού	Συντελεστής φορτίου
Γερανός	0,43
Φορτωτής	0,51
Εκσκαφέας	0,57
Περονοφόρο	0,30
Γεννήτρια	0,59
Αναβατόριο	0,30
Μη οδικό όχημα	0,65
Ρυμουλκό σιδηρόδρομου	0,51
Reach stacker	0,30
Όχημα στοιβασίας	0,43
Πλευρικός φορτωτής	0,59
Χειριστής κενών Ε/Κ	0,59
Ελκυστήρας	0,65
Τράκτορας	0,57
Καθαριστής	0,68

Συντελεστές Εκπομπών

Ο προσδιορισμός των συντελεστών εκπομπών μπορεί να γίνει με βάση την ονομαστική ισχύ και του επίπεδου ελέγχου εκπομπών του κινητήρα, το οποίο εξαρτάται από το έτος κατασκευής του κινητήρα [U.S.EPA, 2009]. Ανάλογα το έτος κατασκευής του μοντέλου του κινητήρα μπορεί να προσδιορισθεί και το επίπεδο ελέγχου των εκπομπών, καθώς τα νεότερα μοντέλα έχουν μεγαλύτερο επίπεδο ελέγχου εκπομπών με αποτελεσματικότερες μεθόδους ελέγχου των εκπομπών αερίων. Ο Πίνακας 7.2 προσδιορίζει τον συντελεστή εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα ανάλογα με την ονομαστική ισχύ του κινητήρα και το επίπεδο ελέγχου των εκπομπών του κινητήρα.

Πίνακας 7.2 Συντελεστής εκπομπών CO₂ με βάση την ονομαστική ισχύ (g/hr-hr) [U.S.EPA, 2009]

Ονομαστική ισχύ κινητήρα (HP)	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 4
0-11	585,4	587,9	588,6	589,8	588,6
11-16	584,9	589,0	589,0	589,8	589,0
16-25	584,9	589,0	589,0	589,8	589,0
25-50	584,6	589,5	589,5	589,8	590,0
50-75	587,2	588,7	589,2	589,8	590,0
75-100	587,2	588,7	589,2	589,8	590,0
100-175	528,9	530,0	530,0	530,5	530,6
175-300	528,9	530,1	530,1	530,5	530,6
300-600	528,9	530,4	530,5	530,5	530,6
600-750	528,9	530,6	530,5	530,5	530,6
>750	528,9	530,1	530,5	530,5	530,6

Ο υπολογισμός των εκπομπών μπορεί να γίνει για κάθε τύπο εξοπλισμού ξεχωριστά ή για τον συνολικό αριθμό των εξοπλισμών. Όταν γίνεται για κάθε εξοπλισμό ξεχωριστά μπορούν να αναδειχθούν οι εν δυνάμει στόχοι για την μείωση εκπομπών. Στην περίπτωση που γίνεται υπολογισμός του συνολικού στόλου των εξοπλισμών πρέπει να προσδιορίζεται ο συνολικός αριθμός ανά τύπο εξοπλισμού και ανά ίδιο τύπο κινητήρα. Όταν τα διαθέσιμα δεδομένα είναι με βάση την ποσότητα καυσίμων που καταναλώνονται ο υπολογισμός απαιτείται να γίνεται για κάθε τύπο καυσίμου ξεχωριστά, αφού αυτό καθορίζει τον συντελεστή εκπομπών. Τέλος όπως έχει ήδη επισημανθεί για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα η περίπτωση των βιοκαυσίμων ή των μιγμάτων καυσίμων που περιέχουν βιοκαύσιμα εκτιμάται ξεχωριστά σε μία απογραφή εκπομπών.

γ) Μέθοδος με αντιπροσωπευτικά δεδομένα

Η μέθοδος υπολογισμού με βάση αντιπροσωπευτικά δεδομένα χρησιμοποιεί δεδομένα εκπομπών διακίνησης φορτίου από ένα άλλο αντιπροσωπευτικό λιμάνι. Το λιμάνι αυτό επιλέγεται τέτοιο ώστε να έχει παρόμοιου τύπου φορτίο και διαμόρφωση λιμενικής περιοχής. Ο υπολογισμός απαιτεί να είναι γνωστή η διακίνηση του φορτίου (σε Ε/Κ ή TEUs⁵) ή ο αριθμός των εξοπλισμών διακίνησης φορτίου, καθώς και οι συνολικές εκπομπές του αντιπροσωπευτικού λιμένα. Έτσι μπορεί να προσδιορισθεί ένας αντιπροσωπευτικός συντελεστής:

$$SF = E_S \cdot T_S$$

⁵ Το ένα TEU ισοδυναμεί με ένα τυποποιημένο εμπορευματοκιβώτιο μήκους 20 ποδιών (ft)

όπου:

- SF Ο αντιπροσωπευτικός συντελεστής (t/TEUs)
E_S Οι ετήσιες συνολικές εκπομπές του αντιπροσωπευτικού λιμένα (t/yr)
T_S Η διακίνηση φορτίου του αντιπροσωπευτικού λιμένα (TEUs)

ή για κάθε τύπο εξοπλισμού:

$$SF = E_S \cdot N_{CHE,S}$$

όπου:

- SF Ο αντιπροσωπευτικός συντελεστής (t/yr/μονάδα εξοπλισμού)
E_S Οι ετήσιες συνολικές εκπομπές του αντιπροσωπευτικού λιμένα (t/yr)
N_{CHE,S} Το πλήθος εξοπλισμού διακίνησης φορτίου του αντιπροσωπευτικού λιμένα (αριθμός μονάδων)

Με αυτόν τον τρόπο μπορεί τελικά να προσδιορισθούν οι εκπομπές του υπό μελέτη λιμένα αντίστοιχα:

$$E = SF \cdot T$$

όπου:

- E Οι ετήσιες εκπομπές (t/yr)
SF Ο αντιπροσωπευτικός συντελεστής (t/TEUs)
T Η διακίνηση φορτίου (TEUs)

ή για κάθε τύπο εξοπλισμού:

$$E = SF \cdot N_{CHE}$$

όπου:

- E Οι ετήσιες εκπομπές (t/yr)
SF Ο αντιπροσωπευτικός συντελεστής (t/yr/μονάδα εξοπλισμού)
N_{CHE} Το πλήθος εξοπλισμού διακίνησης φορτίου (αριθμός μονάδων)

Η σύγκριση μεταξύ του αντιπροσωπευτικού και του υπό μελέτη λιμένα για να είναι όσο πιο αντιπροσωπευτική και έγκυρη γίνεται, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη χαρακτηριστικά όπως ο τύπος φορτίου, η διακίνηση φορτίου, η διάταξη του λιμένα και οι πρακτικές λειτουργίες των εξοπλισμών, παράμετροι δηλαδή οι οποίοι μπορούν να προσδιορίσουν τον προφίλ ενός λιμένα.

7.2.2. Βαρέως τύπου οδικά οχήματα

Τα οχήματα βαρέως τύπου κινούνται σχεδόν αποκλειστικά με πετρέλαιο ντίζελ, ενώ σε μικρότερο ποσοστό μπορεί να χρησιμοποιήσουν φυσικό αέριο ή προπάνιο. Διακινούν κυρίως φορτίο εμπορευματοκιβωτίων (Ε/Κ), προς το λιμάνι για την εξαγωγή του στο εξωτερικό ή από το λιμάνι είτε για την τοπική του διανομή είτε για χερσαία μεταφορά και διανομή εκτός τοπικής περιοχής και εθνικών συνόρων. Χρησιμοποιούνται κατά προτίμηση για μικρότερες αποστάσεις σε σχέση με αυτές για τις οποίες χρησιμοποιείται ο σιδηρόδρομος. Για τις μεγαλύτερες αποστάσεις μεταφοράς φορτίου, τα φορτηγά χρησιμοποιούνται για την μεταφορά των Ε/Κ ή του φορτίου σε εγκαταστάσεις εκτός των τερματικών, απ' όπου γίνεται στην συνέχεια η μεταφόρτωση στους σιδηρόδρομους.



Εικόνα 7.2 Όχημα βαρέως τύπου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων

7.2.2.1. Δεδομένα

Τα δεδομένα για μια ακριβή κυρίως μέθοδο απογραφής είναι απαραίτητο να προσδιορισθούν τα ακόλουθα:

- τύπος φορτηγών
- έτος μοντέλου
- οι χρόνοι αναμονής
- η ταχύτητα των φορτηγών εντός λιμενικής περιοχής
- η ταχύτητα εκτός λιμενικής περιοχής
- τύπος καυσίμων

7.2.2.2. Υπολογισμός εκπομπών

α) Μέθοδος με βάση την διανυθείσα απόσταση

Στον υπολογισμό των εκπομπών για την περίπτωση των φορτηγών που γίνεται με βάση τα συνολικά χιλιόμετρα που έχουν διανυθεί, λαμβάνονται υπόψη οι διάφορες περιοχές όπου λειτουργούν και κινούνται τα φορτηγά. Η περιοχή στην οποία μετακινούνται, επηρεάζει αντίστοιχα τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους. Οι εκπομπές προκύπτουν τελικά αθροιστικά από τις συνολικές μετακινήσεις στις περιοχές αυτές. Υπάρχουν δύο τρόποι διαχωρισμού των περιοχών αυτών όπως περιγράφεται παρακάτω.

1^{ος} τρόπος

Οι περιοχές μετακίνησης των φορτηγών διακρίνονται σε:

- Περιοχή εντός τερματικών, όπου τα φορτηγά διασχίζουν τα terminals και περιμένουν την φόρτωση ή την εκφόρτωση του φορτίου,
- Περιοχή εντός λιμένα, για μετακινήσεις μεταξύ των terminals και στο σημείο εισόδου ή εξόδου της περιοχής του λιμένα, και τέλος
- Τοπική περιοχή εκτός λιμένα, όπου γίνεται η παραλαβή ή η παράδοση του φορτίου.

Στην πρώτη περίπτωση στον υπολογισμό των εκπομπών περιλαμβάνονται οι εκπομπές τόσο όταν η μηχανή είναι σε λειτουργία και το φορτηγό βρίσκεται σε κίνηση, όσο και οι εκπομπές αδράνειας, όπου το φορτηγό δεν βρίσκεται σε κίνηση ενώ η μηχανή είναι σε λειτουργία. Για τις άλλες δύο περιοχές μετακίνησης οι στάσεις σε κατάσταση αδράνειας είναι πολύ λιγότερες και δεν περιλαμβάνονται στον υπολογισμό όπως θα φανεί και παρακάτω.

Για τον προσδιορισμό των αποστάσεων μετακίνησης εκτός λιμένα πρέπει πρώτα να επιλεγεί μέχρι ποιο όριο το λιμάνι ασκεί επιρροή ή είναι υπεύθυνο για τις εκπομπές αερίων που προέρχονται από τα φορτηγά για την παράδοση και παραλαβή φορτίου. Το όριο μέχρι το οποίο το λιμάνι είναι υπεύθυνο για τις εκπομπές των φορτηγών, μπορεί να είναι ο αρχικός προορισμός ή το πρώτο σημείο στάσης του φορτηγού. Για τις εκπομπές μετά από αυτό το ορισμένο σημείο έχει την ευθύνη είτε ο εισαγωγέας είτε η υπηρεσία μεταφορών.

- Περιοχή εντός τερματικών σταθμών

Για την περιοχή εντός των τερματικών σταθμών η δραστηριότητα περιλαμβάνει την μετακίνηση των φορτηγών σε πολύ χαμηλές ταχύτητες για την παραλαβή και

παράδοση του φορτίου στα terminals, καθώς και την κατάσταση αδράνειας καθώς τα φορτηγά περιμένουν στις πύλες ή στις ουρές για να γίνει η φορτοεκφόρτωση. Οι εξισώσεις υπολογισμού για κάθε δεδομένο δραστηριότητας είναι:

- για την αναμονή για κάθε τύπο φορτηγού οχήματος με βάση την εξίσωση:

$$E = AD_{idling\ time} \cdot EF$$

όπου:

$AD_{idling\ time}$ Οι συνολικές ώρες αναμονής (hr)

EF Ο συντελεστής εκπομπών (g/hr)

- για την μετακίνηση για κάθε τύπο φορτηγού οχήματος με βάση την εξίσωση:

$$E = AD_{running} \cdot EF$$

όπου:

$AD_{running}$ Η συνολική διανυθείσα απόσταση (km)

EF Ο συντελεστής εκπομπών (g/km)

- Περιοχή εντός λιμένα και τοπική περιοχή

Για τις μετακινήσεις εντός και εκτός της περιοχής του λιμένα αλλά εκτός των terminals ο υπολογισμός των εκπομπών προσδιορίζεται με βάση την συνολική διανυθείσα απόσταση. Οι εκπομπές από τις μετακινήσεις υπολογίζονται επίσης από την εξίσωση:

$$E = AD_{running} \cdot EF$$

Δεδομένα δραστηριότητας

Για τον υπολογισμό των εκπομπών τα δεδομένα δραστηριότητας περιλαμβάνουν:

- τις ώρες λειτουργίας σε κατάσταση αδράνειας
- την συνολική διανυθείσα απόσταση των φορτηγών ανάλογα την περιοχή μετακίνησης

Οι ώρες λειτουργίας αδράνειας μπορούν να ληφθούν από αναφορές των διαχειριστών των terminals ή από πραγματικές μετρήσεις των χρόνων αναμονής. Ενώ η απόσταση μετακίνησης ενός φορτηγού μπορεί να εκτιμηθεί με την εξέταση της φυσικής διάταξης του τερματικού και την εκτίμηση των μέσων αποστάσεων διαδρομής μεταξύ των σημείων φορτοεκφόρτωσης και των πυλών του τερματικού.

Οι μέσες αποστάσεις που διανύονται για κάθε διαδρομή φορτηγού για τις μετακινήσεις εντός και εκτός λιμένα μπορούν να προσδιορισθούν μέσω αναφορών

των διαδρομών από τους οδηγούς των φορτηγών, όπου θα αναφέρουν το σημείο προέλευσης τους πριν την είσοδο στο λιμάνι κατά την άφιξη ή τον προορισμό τους κατά την αναχώρηση. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS) για την ηλεκτρονική παρακολούθηση της δραστηριότητας του συνόλου των φορτηγών.

Συντελεστές Εκπομπών

Οι συντελεστές εκπομπών εκφράζονται ανάλογα με την μορφή των δεδομένων δραστηριότητας, δηλαδή σε γραμμάρια ρύπου ανά ώρα ή ανά χιλιόμετρο. Επίσης για τις δραστηριότητες εκτός λιμένα ο χρόνος αναμονής περιλαμβάνεται στους συντελεστές εκπομπών, αποφεύγοντας έτσι τον ξεχωριστό υπολογισμό για μικρές περιόδους αναμονής όπως αυτές σε φανάρια κυκλοφορίας.

Ο συντελεστής εκπομπών με βάση τον χρόνο αναμονής (g/hr) για τα φορτηγά φαίνεται ενδεικτικά στον Πίνακα 7.3 και με βάση τα χιλιόμετρα που έχουν διανυθεί (g/km), για την ΕΕ δίνεται στον Πίνακα 7.4.

Πίνακας 7.3 Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για φορτηγά (g/hr) [WPCI, 2010]

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Φορτηγά ντίζελ βαρέως τύπου	4 640	0,183	0,037

Πίνακας 7.4: Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για φορτηγά (g/km) [WPCI, 2010]

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Μέσο φορτίο (60%)	943,70	1,53	1,02
Μέγιστο φορτίο	1 123,50	1,53	1,02

2ος τρόπος

Ένας άλλος τρόπος διαχωρισμού των περιοχών και αντίστοιχα του υπολογισμού της διανυθείσας απόστασης είναι με βάση τρεις τύπους διαδρομών:

- Διαδρομές στην τοπική περιοχή: όπου έχουν αφετηρία ή προορισμό εγκαταστάσεις σε απόσταση ακτίνας 5 μιλίων από το λιμάνι
- Περιφερειακές διαδρομές: όπου έχουν αφετηρία ή προορισμό εγκαταστάσεις σε απόσταση ακτίνας 20 μιλίων από το λιμάνι
- Εξωτερικές διαδρομές: όπου έχουν αφετηρία ή προορισμό εγκαταστάσεις εκτός της περιοχής απογραφής. Σε αυτές τις διαδρομές περιλαμβάνονται οι μετακινήσεις μόνο εντός της περιοχής της απογραφής, άρα μέχρι το ορισμένο γεωγραφικό όριο της απογραφής.

Στις περιφερειακές και τοπικές διαδρομές περιλαμβάνονται μεταφορές μεταξύ των εγκαταστάσεων στα terminals και των τερματικών σιδηροδρομικών σταθμών, των αποθηκευτικών εγκαταστάσεων εντός λιμένα, για συγκέντρωση και μελλοντική μεταφορά, και των τοπικών πελατών. Αυτοί οι τρεις διαφορετικοί τύποι διαδρομών και θέσεων, που μπορεί να είναι εντός ή εκτός λιμένα, σχετίζονται και με διαφορετική λειτουργία των φορτηγών.

Μέθοδος για ακριβή απογραφή

Σε μια ακριβή απογραφή για τις μετακινήσεις εντός του λιμένα και στην τοπική περιοχή η διανυθείσα απόσταση μπορεί να προσδιοριστεί και να χωριστεί με βάση το είδος της κάθε διαδρομής που πραγματοποιούνται.

Οι διαδρομές που πρέπει να συμπεριληφθούν περιλαμβάνουν όχι μόνο τις διαδρομές με την μεταφορά φορτίου που είναι γεμάτο το φορτηγό (loaded trips), αλλά και διαδρομές του φορτηγού χωρίς την βάση ή το τρέιλερ, όταν μετακινείται ανεξάρτητο (bobtail trips), διαδρομές χωρίς φορτίο όπου είτε το τρέιλερ είτε το Ε/Κ είναι άδειο (empty trips), και στην περίπτωση των Ε/Κ μόνο περιλαμβάνονται και οι διαδρομές μεταφοράς μόνο της βάσης (chassis trips). Με βάση αυτά τα τέσσερα είδη διαδρομής μπορεί να γίνει ο υπολογισμός των αποστάσεων που πραγματοποιούνται από το λιμάνι προς την τοπική περιοχή.

Μέθοδος για απλοποιημένη απογραφή

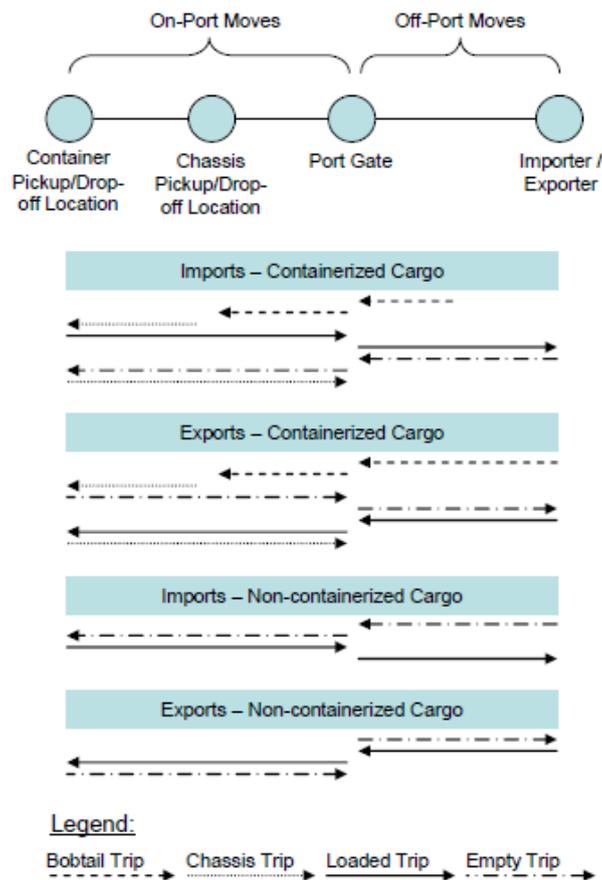
Σε μια πιο απλοποιημένη απογραφή οι διαδρομές μπορούν να χωριστούν με βάση το φορτίο, αν είναι φορτίο εμπορευματοκιβωτίων ή όχι, για εισαγωγές και εξαγωγές στο λιμάνι.

Για την περίπτωση του φορτίου σε Ε/Κ κατά τις εισαγωγές το φορτηγό πηγαίνει στο λιμάνι, παίρνει μία βάση, μαζί με την βάση πηγαίνει για να παραλάβει το Ε/Κ και φεύγει από το λιμάνι για να παραδώσει το φορτίο στον εισαγωγέα. Στην συνέχεια επιστρέφει με άδειο φορτίο στο λιμάνι και αφήνει το άδειο Ε/Κ και από εκεί επιστρέφει και την βάση. Κατά την εξαγωγή το φορτηγό ξεκινάει χωρίς βάση πηγαίνει στο λιμάνι για να παραλάβει μία, στη συνέχεια ένα άδειο Ε/Κ, αφήνει το λιμάνι και κατευθύνεται στον εξαγωγέα. Μετά παραλαμβάνει το φορτίο που είναι για εξαγωγή και το μεταφέρει στο λιμάνι, όπου στο τέλος κινείται για να αφήσει την βάση και φεύγει από το λιμάνι.

Ο προσδιορισμός των μετακινήσεων για φορτίο που δεν είναι Ε/Κ είναι πιο απλός καθώς δεν είναι απαραίτητη η χρήση βάσεων κι έτσι δεν περιλαμβάνει διαδρομές χωρίς ή με βάση. Τέτοιες εισαγωγές ξεκινάνε με το φορτηγό άδειο να φτάνει στο λιμάνι και να παραλαμβάνει το φορτίο, να αφήνει το λιμάνι και να το παραδίδει

στον εισαγωγέα. Αντίστοιχα στις εξαγωγές περιλαμβάνεται η μετακίνηση από τον εξαγωγέα στο λιμάνι, όπου το φορτηγό είναι γεμάτο, στην εκφόρτωση του φορτίου και τέλος την αποχώρηση από το λιμάνι.

Οι παραπάνω μετακινήσεις φαίνονται παρακάτω στο Σχήμα 7.1, όπου όπως φαίνεται οι εισαγωγές και εξαγωγές συνεισφέρουν στον ίδιο αριθμό μετακινήσεων και έτσι δεν είναι τελικά απαραίτητη η διαφοροποίηση των μετακινήσεων σε εισαγωγές και εξαγωγές.



Σχήμα 7.1: Μετακινήσεις εισαγωγών και εξαγωγών φορτηγών [U.S.EPA, 2009]

Οι ώρες όπου το φορτηγό είναι σε κατάσταση αδράνειας και περιμένει σε σειρές αναμονής είτε στις πύλες είτε στο σημείο φορτοεκφόρτωσης, είναι διαφορετικές για κάθε τύπο διαδρομής.

β) Μέθοδος με βάση την κατανάλωση καυσίμων

Ο υπολογισμός των εκπομπών για τα φορτηγά μπορεί να γίνει και με την χρήση της ποσότητας κατανάλωσης καυσίμων όπως έχει αναφερθεί και στα παραπάνω κεφάλαια, αποτελεί όμως μία λιγότερο ακριβή μέθοδο. Ο υπολογισμός για τον συνολικό στόλο των φορτηγών που εξυπηρετούν το λιμάνι γίνεται από την εξίσωση:

$$E = AD \cdot EF$$

όπου:

AD Η συνολική κατανάλωση καυσίμων (σε gallons ή L)

EF Ο συντελεστής εκπομπών (σε g/gallons ή g/L)

Η βασική αυτή εξίσωση μπορεί επίσης να συμπεριλαμβάνει και συντελεστές διόρθωσης καυσίμων (fuel correction factors, FCF) ή πρόσθετους μειωτικούς συντελεστές ελέγχου (control factors, CF). Δηλαδή μπορεί να γίνει:

$$E = AD \cdot EF \cdot FCF \cdot CF$$

Συντελεστές Εκπομπών

Οι συντελεστές εκπομπών για τα φορτηγά δίνονται από πίνακες όπως έχει περιγραφεί και στο Κεφάλαιο 3 για τις εκπομπές αερίων από κινητές πηγές. Ενδεικτικά στον Πίνακα 7.5 φαίνεται ο συντελεστής εκπομπών για τα φορτηγά βαρέως τύπου.

**Πίνακας 7.5 Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για φορτηγά (g/gallons)
[WPCI, 2010]**

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Φορτηγά ντίζελ βαρέως τύπου	10 138	0,342	0,332

Ειδική Περίπτωση Φορτηγών Ψυγείων

Τα φορτηγά ψυγεία αποτελούν ειδική περίπτωση όπου οι επιπλέον εκπομπές τους λόγω απωλειών στα συστήματα ψύξης συνεισφέρουν στην απογραφή των αερίων του θερμοκηπίου για ένα λιμάνι. Τα φορτηγά αυτά έχουν μία ενσωματωμένη μονάδα ψύξης, η οποία τροφοδοτείται κυρίως από έναν μικρό κινητήρα ντίζελ που λειτουργεί για να διατηρείται το φορτίο συνεχώς σε μια επιθυμητή θερμοκρασία όταν δεν είναι διαθέσιμη η εξωτερική τροφοδότηση με ηλεκτρική ενέργεια. Οι μονάδες αυτές μικρών κινητήρων θεωρούνται κινητή πηγή αλλά ως μη οδικός εξοπλισμός.

Όπως έχει αναφερθεί για την περίπτωση των εκπομπών από συστήματα ψύξης και κλιματισμού, τα αέρια του θερμοκηπίου που εκπέμπονται εκτός από τα CO₂, CH₄ και N₂O είναι και οι υδροφθοράνθρακες (HFCs) και οι υπερφθοράνθρακες (PFCs) λόγω των ψυκτικών μέσων που χρησιμοποιούνται. Ο τύπος του ψυκτικού που χρησιμοποιείται αναγράφεται συνήθως πάνω στις μονάδες του κινητήρα.

Για τον προσδιορισμό των εκπομπών από τις διαρροές του ψυκτικού υπάρχουν διαθέσιμα όργανα στο εμπόριο, όπου εντοπίζουν και μετράνε το μέγεθος των διαρροών αυτών. Εναλλακτικά μπορούν να προσδιοριστούν με βάση την συχνότητα γεμίσματος του εξοπλισμού με ψυκτικό. Η ετήσια ποσότητα γεμίσματος μπορεί να διαιρεθεί με τον μέσο χρόνο από το σημείο παραλαβής του φορτίου ως το πρώτο σημείο στάσης ή γενικά έως το ορισμένο όριο της απογραφής.

7.2.3. Σιδηροδρομικοί συρμοί

Ο σιδηρόδρομος είναι ένας από τους τρόπους διακίνησης φορτίου προς και από το λιμάνι και πραγματοποιεί κυρίως μεγάλες αποστάσεις. Αποτελεί το πιο περιβαλλοντικά φιλικό και πιο αποδοτικό μέσο χερσαίων μεταφορών όσο αφορά την κατανάλωση καυσίμων. Ενδεικτικά τα εμπορικά τρένα που μεταφέρουν φορτίο είναι περισσότερο από τρεις φορές πιο αποδοτικά από άποψη κατανάλωσης καυσίμων σε σχέση με τα φορτηγά βαρέως τύπου.

Στις περισσότερες περιπτώσεις για τις υπηρεσίες ενός λιμένα οι κινητήριες μηχανές των σιδηροδρομικών συρμών χρησιμοποιούν ντίζελ ηλεκτροκινητήρες, όπου χρησιμοποιούν έναν κινητήρα που καίει ντίζελ και μία γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απαραίτητης για την τροφοδότηση των κινητήρων έλξης. Οι μηχανές αυτές χωρίζονται σε δύο είδη ανάλογα με το μέγεθος και την χρήση, σε μηχανές έλξης και μηχανές ελιγμών. Οι μηχανές έλξης έχουν κινητήρες με ισχύ 3,000 hp και πάνω, ενώ οι μηχανές ελιγμών έχουν μικρότερους κινητήρες με ισχύ από 1,200 μέχρι 3,000 hp.

Οι μηχανές έλξης χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση φορτίου για σχετικά μεγάλες αποστάσεις από και προς το λιμάνι. Είτε για την παραλαβή φορτίου από το λιμάνι και την μεταφορά του έξω από αυτό διασχίζοντας την χώρα, είτε για την παράδοση του φορτίου στο λιμάνι για την μετέπειτα θαλάσσια μεταφορά του. Αντίθετα οι μηχανές ελιγμών χρησιμοποιούνται για λειτουργίες μικρότερων αποστάσεων, όπως για την συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση των βαγονιών των σιδηροδρομικών συρμών σε διάφορες θέσεις εντός και εκτός λιμένα, την έλκυση φορτίου μέσα στο λιμάνι, στην ταξινόμηση των βαγονιών και στην παράδοση των άδειων βαγονιών στα terminals για την παραλαβή φορτίου.

Οι μηχανές ελιγμών χαρακτηρίζονται από μετακινήσεις μικρών αποστάσεων, σημαντικούς χρόνους αναμονής και γενικά διαθέτουν παλιότερο μηχανολογικό εξοπλισμό. Αντίθετα οι δραστηριότητες των μηχανών έλξης αντιστοιχούν σε μετακινήσεις μεγαλύτερων αποστάσεων, με μικρούς χρόνους αναμονής ενώ διαθέτουν νεότερους κινητήρες.

Στις μηχανές που διαθέτουν ντίζελ ηλεκτροκινητήρες, μόνο οι εκπομπές που σχετίζονται με την καύση των καυσίμων λαμβάνονται υπόψη στην εκτίμηση των εκπομπών. Επίσης μπορεί να υπάρχουν και περιπτώσεις ηλεκτρικών εμπορικών σιδηροδρομικών συρμών, όπου η ηλεκτροδότηση τους γίνεται από ηλεκτροφόρα καλώδια πάνω από τις γραμμές. Η ηλεκτροδότηση των συρμών έχει γενικά υψηλότερη απόδοση, χαμηλότερη ανάγκη συντήρησης, χαμηλότερα ενεργειακά κόστη και σχεδόν απουσία εκπομπών ρύπων. Οι εκπομπές για την κίνηση τέτοιων συρμών σχετίζονται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, άρα είναι έμμεσες αλλά ανήκουν στην τρίτη κατηγορία εκπομπών (Scope 3).



Εικόνα 7.3 Μηχανή έλξης συρμού μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων

7.2.3.1. Δεδομένα

Σε αντίθεση με τα φορτηγά, για τον σιδηρόδρομο το φορτίο κινητήρα δεν εξαρτάται από τις διαφορετικές ταχύτητες μετακίνησης. Οι διαφορετικοί τρόποι λειτουργίας μιας μηχανής εκφράζονται σε “time in notch”, δηλαδή σε χρόνο λειτουργίας σε μια συγκεκριμένη θέση γκαζιού, και συνεπώς σε ποσοστό της συνολικής ονομαστικής ισχύος της μηχανής. Οι θέσεις αυτές λειτουργίας χωρίζονται σε λειτουργία σε κατάσταση αδράνειας και σε άλλες οκτώ θέσεις λειτουργίας, οι οποίες αντιπροσωπεύουν το μέσο φορτίο κινητήρα.

Για τις μηχανές έλξης που μεταφέρουν προϊόντα για μεγάλες αποστάσεις είναι δύσκολα αναγνωρίσιμος ο συνολικός αριθμός και τα χαρακτηριστικά των μηχανών αυτών που εξυπηρετούν ένα λιμάνι. Σε μια λεπτομερή απογραφή εκπομπών πρέπει να συλλεχθούν στοιχεία από τις εταιρείες σιδηροδρομικών συρμών για τα χαρακτηριστικά αυτών των μηχανών.

Για τις μηχανές ελιγμών τα απαραίτητα προσδιορίσιμα χαρακτηριστικά της μηχανής αναφέρονται στα ακόλουθα:

- μέση ονομαστική ισχύ
- στον χρόνο λειτουργίας σε κάθε θέση λειτουργίας (time in notch)
- έτος κατασκευής μοντέλου μηχανής
- τεχνολογίες ελέγχου των εκπομπών της μηχανής

7.2.3.2. Υπολογισμός εκπομπών

α) Μέθοδος με βάση την ονομαστική ισχύ ανά θέση λειτουργίας

Ο υπολογισμός των εκπομπών με βάση την ονομαστική ισχύ γίνεται για κάθε θέση λειτουργίας του συρμού, ο οποίος είναι αντιπροσωπευτικός για ένα ποσοστό της ολικής διαθέσιμης ισχύος του κινητήρα της μηχανής. Οι εκπομπές ανά θέση λειτουργίας υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$E = RP \cdot RP_{notch} \cdot OT_{notch} \cdot EF$$

όπου:

- RP Η συνολική ονομαστική ισχύ του κινητήρα (hp)
RP_{notch} Το ποσοστό της ονομαστικής ισχύος στη συγκεκριμένη θέση λειτουργίας
OT_{notch} Ο χρόνος λειτουργίας στη συγκεκριμένη θέση λειτουργίας (hr)
EF Ο συντελεστής εκπομπών (g/hp-hr)

Δεδομένα δραστηριότητας

Ο χρόνος λειτουργίας στις διαφορετικές θέσεις λειτουργίας καταγράφεται από συστήματα διαχείρισης των κινητήρων των μηχανών και μπορεί να ληφθεί από διαχειριστές των συρμών. Το ποσοστό της συνολικής ισχύος ανά θέση λειτουργίας του κινητήρα δίνεται από τον Πίνακα 7.6. Στον πίνακα αυτό δίνονται τα ποσοστά για κάθε έναν από τους οκτώ τρόπους λειτουργίας, για την λειτουργία του κινητήρα σε κατάσταση αδράνειας (Idle), καθώς και για το δυναμικό φρενάρισμα (Dynamic Break, DB), κατά το οποίο ο ηλεκτρικός κινητήρας λειτουργεί για να βοηθήσει την μηχανή να σταματήσει.

Πίνακας 7.6 Ποσοστό ονομαστικής ισχύος ανά θέση λειτουργίας συρμού [WPCI, 2010]

Θέση λειτουργίας	Ποσοστό ολικής ισχύος (%)
DB	2,1
Idle	0,4
1	5,0
2	11,4
3	23,5
4	34,3
5	48,1
6	64,3
7	86,6
8	102,5

Η μέθοδος αυτή είναι ακριβής και με αυτόν τον τρόπο μπορούν να προσδιοριστούν οι τοπικές επιπτώσεις, ώστε να μπορεί να γίνει εφαρμογή μέτρων μείωσης εκπομπών, όπως για παράδειγμα η μείωση των χρόνων αναμονής των συρμών.

Συντελεστές Εκπομπών

Οι συντελεστές εκπομπών με βάση την ενέργεια (g/hr-hr), και ανάλογα τον τύπο μηχανής δίνονται από τον Πίνακα 7.7.

Πίνακας 7.7: Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για μηχανές συρμών (g/hr-hr) [WPCI, 2010]

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Μηχανή έλξης	507,1	0,071	0,005
Μηχανή ελιγμών	502,5	0,071	0,005

β) Μέθοδος με βάση την κατανάλωση καυσίμων

Μια πιο απλή μέθοδο εκτίμησης των εκπομπών αποτελεί αυτή που γίνεται με βάση την συνολική ποσότητα των καυσίμων που καταναλώθηκαν από τις μηχανές των συρμών.

$$E = AD_{fuel} \cdot EF$$

όπου:

AD_{fuel} Η συνολική κατανάλωση καυσίμων (gallons ή L)

EF Ο συντελεστής εκπομπών (g/gallons ή g /L)

Συντελεστές Εκπομπών

Ο συντελεστής εκπομπών για τις μηχανές συρμών με βάση την κατανάλωση καυσίμων (g/gallons) δίνεται ενδεικτικά στον Πίνακα 7.8.

Πίνακας 7.8: Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για μηχανές συρμών (g/gallons)
[WPCI, 2010]

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Μηχανή συρμών	10 138	0,416	0,0832

γ) Μέθοδος με βάση το παραγόμενο έργο

Τα διαθέσιμα δεδομένα δραστηριότητας μπορεί να αναφέρονται και στο παραγόμενο έργο της κάθε μηχανής, έτσι ο υπολογισμός μπορεί να γίνει με βάση την εξίσωση:

$$E = AD_{energy} \cdot EF$$

όπου:

AD_{energy} Η συνολική παραγόμενη ενέργεια (hp-hr)

EF Ο συντελεστής εκπομπών (g/hp-hr)

Για τις μηχανές έλξης οι εκπομπές συνίσταται να υπολογίζονται με βάση την κατανάλωση καυσίμων και τον αντίστοιχο συντελεστή εκπομπών για την περίπτωση των μετακινήσεων εκτός λιμένα, ενώ για αυτές εντός λιμένα με βάση την ενέργεια (hp-hr). Αντίθετα για τις μηχανές ελιγμών που χρησιμοποιούνται κυρίως για λειτουργίες εντός του λιμένα, οι εκπομπές μπορούν να υπολογίζονται με βάση τον χρόνο λειτουργίας σε κάθε ξεχωριστή θέση λειτουργίας της μηχανής.

7.2.4. Σκάφη λιμένα και εσωτερικής ναυσιπλοΐας

Τα σκάφη λιμένα είναι σκάφη τα οποία είναι τον περισσότερο χρόνο μέσα ή κοντά στο λιμάνι. Μπορεί να το διασχίζουν, να κάνουν ελιγμούς ή να είναι σε κατάσταση αδράνειας ή βραδυπορίας. Τα σκάφη αυτής τη κατηγορίας είναι διαφόρων τύπων και εξυπηρετούν διαφορετικές εφαρμογές και λειτουργίες μέσα και γύρω από το λιμάνι, κοντά στην ακτή ή βοηθώντας στις λειτουργίες του λιμένα ή στις τοπικές μεταφορές προσωπικού. Η λειτουργία τους λοιπόν διαφέρει από αυτή των ποντοπόρων πλοίων, τα οποία διασχίζουν την ανοιχτή θάλασσα. Μερικές κατηγορίες σκαφών λιμένα είναι:

- βοηθητικά σκάφη, που βοηθούν τα ποντοπόρα πλοία κατά τους ελιγμούς και τον ελλιμενισμό
- ρυμουλκά και προωθητικά σκάφη, που έλκουν ή ωθούν τις φορτηγίδες, καθώς και πλωτές κατασκευές μέσα και έξω από το λιμάνι

- σκάφη προσωπικού, όπου μετακινείται το προσωπικό μεταξύ των πλοίων, των ακτών και των διάφορων τερματικών σταθμών ή για την μεταφορά του προσωπικού σε τοποθεσίες εκτός λιμένα
- σκάφη για εργασίες,
- κυβερνητικά σκάφη, του λιμενικού σώματος και της πυροσβεστικής
- εμπορικά αλιευτικά σκάφη
- σκάφη αναψυχής



Εικόνα 7.4 Βοηθητικό σκάφος λιμένα

Εκτός από τα ποντοπόρα πλοία που διασχίζουν την ανοιχτή θάλασσα υπάρχουν και πλοία εσωτερικής ναυσιπλοΐας, τα οποία περιλαμβάνονται σε αυτή την κατηγορία κινητών πηγών [WPCI, 2010]. Τα σκάφη αυτά πραγματοποιούν την μεταφορά φορτίου ή επιβατών για την μετακίνηση σε ποτάμια, κανάλια, παραπόταμους και εσωτερικές θάλασσες. Συνηθίζεται να είναι μικρότερα και στενότερα σε σχέση με τα ποντοπόρα σκάφη ή σκάφη λιμένα, ώστε ο χειρισμός τους να είναι πιο αποδοτικός καθώς διασχίζουν τα ποτάμια και τα κανάλια. Η κατηγοριοποίηση των πλοίων αυτών μπορεί να γίνει ανάλογα με την περιοχή πλοήγησης, την χρήση τους, τα διαθέσιμα μηχανικά συστήματα, τον τύπο συστημάτων πρόωσης ή την διαμόρφωση γάστρας.

Τα σκάφη λιμένα και εσωτερικής ναυσιπλοΐας έχουν συνήθως έναν με δύο κινητήρες πρόωσης και έναν με δύο βοηθητικούς κινητήρες για την τροφοδότηση με ενέργεια των διάφορων οργάνων του σκάφους και για τις ανάγκες του πληρώματος.

7.2.4.1. Δεδομένα

Για τον υπολογισμό των εκπομπών για αυτού του είδους σκαφών είναι σημαντικό να προσδιοριστούν για κάθε τύπο σκάφους που λειτουργεί στο λιμένα οι ακόλουθες πληροφορίες:

- οι ώρες λειτουργίας , ετήσιες ή μέσες ημερήσιες
- το ποσοστό του χρόνου λειτουργίας σε κάθε τύπο λειτουργίας (αδράνειας, σε πλήρη ισχύ ή μισή)
- αριθμός, τύπος ,ηλικία και ισχύ κύριου κινητήρα
- αριθμός, τύπος ,ηλικία και ισχύ βοηθητικού κινητήρα
- τύπος και κατανάλωση καυσίμων
- μέθοδοι ελέγχου των εκπομπών, όπως εγκατεστημένος εξοπλισμός εξάτμισης ή εσωτερικές μετατροπές στον κινητήρα

7.2.4.2. Υπολογισμός εκπομπών

α) Μέθοδος με βάση την ονομαστική ισχύ

Η μέθοδος αυτή είναι πιο ακριβής και δίνει την δυνατότητα να γίνει πιο εύκολα η αναγνώριση για το που μπορούν να εφαρμοσθούν πιο αποτελεσματικά, μέτρα μείωσης και εξοπλισμοί ελέγχου εκπομπών. Ο υπολογισμός των εκπομπών γίνεται για κάθε κινητήρα, κύριο και βοηθητικό, ξεχωριστά και στο τέλος οι συνολικές εκπομπές προκύπτουν αθροιστικά. Η εξίσωση υπολογισμού των εκπομπών για κάθε τύπο κινητήρα είναι:

$$E = AD \cdot HP \cdot LF \cdot EF$$

όπου:

AD	Οι ετήσιες ώρες λειτουργίας (hr)
HP	Η μέγιστη ονομαστική ισχύ του κινητήρα (kW)
LF	Ο συντελεστής φορτίου του κινητήρα
EF	Ο συντελεστής εκπομπών (g/kWh)

Δεδομένα δραστηριότητας

Τα δεδομένα δραστηριότητας εκφράζονται με την ονομαστική ισχύ των κινητήρων του σκάφους. Ο συντελεστής φορτίου είναι αδιάστατος και εκφράζει το ποσοστό που ο κινητήρας λειτουργεί συνεχόμενα με βάση την μέγιστη ονομαστική ισχύ του, και μπορεί να ληφθεί ανάλογα με τον τύπο του σκάφους ή του κινητήρα (Πίνακας 7.9).

Πίνακας 7.9 Συντελεστής φορτίου κύριου και βοηθητικού κινητήρα για διάφορους τύπους σκαφών [WPCI, 2010]

Τύπος σκάφους	Κύριος κινητήρας	Βοηθητικός κινητήρας
Βοηθητικό ρυμουλκό	0,31	0,43
Ρυμουλκά ποντοπόρων	0,68	0,43
Σκάφος εργασιών	0,45	0,43
Σκάφη αναψυχής	0,42	0,43
Σκάφη αλιείας	0,27	0,43
Σκάφη προσωπικού	0,45	0,43
Κυβερνητικά σκάφη	0,51	0,43
Άλλα σκάφη	0,52	0,43

Ενδεικτικές τιμές φορτίων λειτουργίας για κάποιες κατηγορίες κινητήρων όπως χωρίζονται από την U.S.EPA 2009 δίνονται από τον Πίνακα 7.10.

Πίνακας 7.10 Συντελεστές φορτίου λειτουργίας για κινητήρες λιμενικών σκαφών [U.S.EPA, 2009]

Κατηγορία κινητήρα	Μέγεθος κινητήρα	Συντελεστής φορτίου λειτουργίας
Κατηγορία 2		0,85
Κύριος κινητήρας Κατηγορία 1	<805HP	0,45
	>805HP	0,79
Βοηθητικός κινητήρας Κατηγορία 1	<805HP	0,56
	>805HP	0,65

Συντελεστές Εκπομπών

Κατά την διαδικασία πιστοποίησης των κινητήρων, αυτοί δοκιμάζονται σε διάφορους συνδυασμούς ταχυτήτων για να εξασφαλισθεί ότι οι εκπομπές τους είναι κάτω από τα ανεκτά όρια με βάση τα καθιερωμένα διεθνή πρότυπα που υπάρχουν. Έτσι για το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και το μεθάνιο (CH₄) οι μετρήσεις των εκπομπών γίνονται συνήθως κατά την διάρκεια των διαδικασιών πιστοποίησης, ενώ για το νιτρικό οξύ (N₂O) απαιτείται ειδική δοκιμή για την μέτρηση των εκπομπών του, γι' αυτό και τα δεδομένα για τον συντελεστή εκπομπής του N₂O είναι δύσκολα διαθέσιμα.

Οι συντελεστές εκπομπών με βάση την ενέργεια για τα αέρια του θερμοκηπίου είναι ίδιοι για τα διάφορα επίπεδα ελέγχου εκπομπών του κινητήρα, όπως δίνονται ενδεικτικά στον Πίνακα 7.11.

Πίνακας 7.11: Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για λιμενικά σκάφη (g/kWh)
[U.S.EPA, 2009]

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Λιμενικά σκάφη	690	0,09	0,02

β) Μέθοδος με βάση την κατανάλωση καυσίμων

Ο υπολογισμός με βάση την συνολική ποσότητα των καυσίμων που καταναλώθηκαν γίνεται από την βασική εξίσωση υπολογισμού, όπου τα δεδομένα δραστηριότητας είναι η ποσότητα καυσίμων σε μονάδες όγκου (gallons ή L) και ο συντελεστής εκπομπών αντίστοιχα σε μονάδες μάζας ρύπου ανά ποσότητα καυσίμου που καταναλώθηκε (g/gallons ή g/L). Δηλαδή:

$$E = AD \cdot EF$$

Η προσέγγιση αυτή δεν επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό των διαφορετικών τρόπων λειτουργίας των σκαφών και μπορεί να συνεισφέρει δυσανάλογα σε μια απογραφή των εκπομπών.

Επίσης για την επίδραση των ιδιοτήτων των διαφορετικών καυσίμων και τις διάφορες τεχνολογίες ελέγχου λαμβάνονται υπόψη και πρόσθετοι συντελεστές διόρθωσης καυσίμων (fuel correction factors, FCF) ή μειωτικοί συντελεστές ελέγχου (control factors, CF). Έτσι η παραπάνω εξίσωση γίνεται:

$$E = AD \cdot HP \cdot LF \cdot EF \cdot FCF \cdot CF$$

Συντελεστές Εκπομπών

Ο συντελεστής εκπομπών για τις μηχανές συρμών με βάση την κατανάλωση καυσίμων (g/gallons) δίνεται ενδεικτικά στον Πίνακα 7.12.

Πίνακας 7.12: Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για λιμενικά σκάφη (g/gallons)
[WPCI 2010]

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Λιμενικά σκάφη	10 138	0,416	0,0832

7.2.5. Ποντοπόρα πλοία

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από τα ποντοπόρα πλοία αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών σε μία απογραφή σε σύγκριση με τις άλλες κινητές πηγές. Η ακρίβεια των δεδομένων και η ποιότητα των παραδοχών

που θα γίνουν για την εκτίμηση των εκπομπών παίζουν σημαντικό ρόλο, ανάλογα πάντα με την επιθυμητή ακρίβεια της απογραφής.

Ο υπολογισμός των εκπομπών έχει άμεση σχέση και με τα γεωγραφικά όρια της απογραφής. Για τον προσδιορισμό των γεωγραφικών ορίων δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος κανόνας και υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις για τον ορισμό των ορίων αυτών. Τα όρια αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν το σημείο παραβολής του πλοίου μέχρι κάποιο ορισμένο θαλάσσιο όριο στα ανοιχτά, από το σημείο παραβολής μέχρι κάποιο τοπικό ή εθνικό θαλάσσιο όριο, ή από το σημείο παραβολής του προηγούμενου λιμανιού μέχρι το σημείο παραβολής στο επόμενο λιμάνι.

Τα ποντοπόρα πλοία αποτελούν την πιο περίπλοκη κατηγορία όσο αφορά τις εκπομπές αερίων γιατί έχουν διαφορετικές πηγές ανάλογα με το τύπο φορτίου, την διαμόρφωση των συστημάτων τροφοδοσίας και των τρόπων λειτουργίας.

7.2.5.1. Τύποι πλοίων

Τα ποντοπόρα πλοία διαφέρουν ανάλογα το μέγεθος και την ταχύτητα του κινητήρα που διαθέτουν ανάλογα με τον τύπο του πλοίου. Υπάρχουν πολλοί τρόποι κατηγοριοποίησης των πλοίων αλλά ο πιο κοινός είναι με βάση το φορτίο που μεταφέρουν. Από τις πιο κοινές κατηγορίες είναι [*Εταιρεία Ναυπηγών και Ναυτικών Μηχανολόγων Η.Π.Α, 1999*]:

- Οχηματαγωγά πλοία (auto carries)

Τα πλοία αυτά είναι ειδικά διαμορφωμένα με ράμπες για την μεταφορά ελαφρού και μεσαίου τύπου οχημάτων. Διαθέτουν συστήματα εξαερισμού για την απομάκρυνση των αναθυμιάσεων που προέρχονται από τα καύσιμα των οχημάτων κατά την διάρκεια του ταξιδιού και των καυσαερίων των κινητήρων κατά την διάρκεια της φορτοεκφόρτωσης. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας και η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 17 μέχρι 20 κόμβους (knots⁶).

- Πλοία φορτίου χύδην (Dry bulk carries)

⁶ Ο κόμβος είναι μονάδα μέτρησης ταχύτητας πλοίου, η οποία είναι ίση με ένα ναυτικό μίλι ανά ώρα (1knot=1nm/hr=1852km/hr=0,514m/s)

Τα πλοία χύδην φορτίου διαθέτουν μεγάλα ανοιχτά αμπάρια τα οποία παραμένουν κλειστά κατά την διάρκεια της μεταφοράς. Μεταφέρουν κυρίως ξηρά εμπορεύματα τα οποία μπορούν να φορτωθούν μέσω σωλήνων, όπως το αλάτι, η ζάχαρη, το τσιμέντο, ο ασβέστης, αγροτικά προϊόντα και γενικά λεπτόκοκκα υλικά. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 13 μέχρι 15 knots.

- Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (Containerships)

Τα πλοία που μεταφέρουν εμπορευματοκιβώτια (Ε/Κ) είναι διαμορφωμένα για την μεταφορά Ε/Κ ύψους 20 ή 40 ποδιών, είτε μέσα στο πλοίο είτε εξωτερικά στο κατάστρωμα. Ταξινομούνται με βάση τον αριθμό TEUs που μεταφέρουν και η χωρητικότητα αυτή μπορεί να κυμανθεί από 1,000 μέχρι 13,000 TEUs. Ο τύπος φορτίου περιλαμβάνει οτιδήποτε προσαρμόζεται στις διαστάσεις αυτές των Ε/Κ. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 18 μέχρι 26 knots.

- Πλοία γενικού φορτίου (General cargo)

Τα πλοία γενικού φορτίου είναι παρόμοια με αυτά του χύδην φορτίου, όπου διαθέτουν μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους οι οποίοι παραμένουν κλειστοί κατά την διάρκεια της μεταφοράς και ανοιχτοί κατά την φορτοεκφόρτωση. Το φορτίο που μεταφέρουν μπορεί να είναι αγαθά σε παλέτες ή σε Ε/Κ εξωτερικά στο κατάστρωμα, σίδηρος, μηχανήματα και εξοπλισμοί, σωλήνες και άλλου τύπου βαριά φορτία. Επίσης τα περισσότερα πλοία τύπου γενικού φορτίου διαθέτουν ειδικούς ηλεκτρικούς γερανούς ώστε η φορτοεκφόρτωση να γίνεται από τα ίδια τα πλοία. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 13 μέχρι 16 knots.

- Πλοία μεταφοράς ψυγμένου φορτίου (Refrigerated vessels)

Τα πλοία αυτά γνωστά και ως Reefers μεταφέρει φορτίο το οποίο απαιτεί ψύξη ώστε τα προϊόντα που είναι κυρίως αναλώσιμα να μην αλλοιωθούν. Το φορτίο στοιβάζεται σε παλέτες εσωτερικά στο πλοίο ή μεταφέρεται μέσα σε Ε/Κ που διαθέτουν ήδη συστήματα ψύξης εξωτερικά στο κατάστρωμα. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 16 μέχρι 21 knots.

- Οχηματαγωγά πλοία Roll on- Roll off (RoRo)

Τα πλοία RoRo είναι παρόμοια με αυτά που μεταφέρουν οχήματα, καθώς διαθέτουν επίσης ράμπες, με την διαφορά ότι υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς και πιο βαρέων οχημάτων ή εξοπλισμών όπως κατασκευαστικούς εξοπλισμούς, βαρέως τύπου φορητά, αγροτικά μηχανήματα και εξοπλισμό. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 16 μέχρι 19 knots.

- Δεξαμενόπλοια (Tankers)

Τα δεξαμενόπλοια κυμαίνονται με βάση την χωρητικότητα του φορτίου σε DWT⁷ από 10,000 μέχρι 300,000 DWTs. Ταξινομούνται σε κατηγορίες ανάλογα με τις διαστάσεις ενώ λιγότερο με βάση το φορτίο που μεταφέρουν. Το φορτίο μπορεί να είναι πετρέλαιο και παραπλήσια προϊόντα ή χημικά. Διαθέτουν τυπικά σύστημα πρόωσης με απευθείας μετάδοση κίνησης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 12 μέχρι 15 knots.

- Κρουαζιερόπλοια

Τα κρουαζιερόπλοια διαφέρουν στο μέγεθος, την ισχύ των κινητήρων και στις διατάξεις των συστημάτων τροφοδοσίας ενέργειας, αλλά έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε βοηθητική ενέργεια. Μπορεί να μεταφέρουν πάνω από 3 500 επιβάτες και να διαθέτουν 1 300 προσωπικό πληρώματος. Τα νέα κρουαζιερόπλοια διαθέτουν υβριδικά συστήματα ηλεκτρικών ντίζελ κινητήρων και τουρμπίνων για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ τα παλιότερα μπορεί να διαθέτουν και άλλα συστήματα κινητήρων. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 18 μέχρι 21 knots.

- Επιβατηγά/οχηματαγωγά πλοία (Ferries)

Τα πλοία αυτά είναι τυπικά σαν τα κρουαζιερόπλοια με πολύ μικρότερες απαιτήσεις σε συμπληρωματική ενέργεια και σε μέγεθος, καθώς οι επιβάτες μένουν για μικρότερο διάστημα σε αυτά. Έχουν την ικανότητα να μεταφέρουν οχήματα και φορητά. Τα νεότερα πλοία διαθέτουν υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 17 μέχρι 20 knots.

⁷ Το DWT (Deadweight tonnage) είναι μονάδα μέτρησης βάρους εκφράζει συνήθως το μέγιστο βάρος που μπορεί να μεταφέρει ένα πλοίο

- Σκάφη με Ενσωματωμένο ή Αρθρωτό Ρυμουλκό

Τα πλοία αυτά είναι σκάφη (φορτηγίδες) που διαθέτουν είτε ενσωματωμένο ρυμουλκό (Integrated Tug and Barge, ITB), είτε έχουν ειδικές εγκοπές υποδοχής ρυμουλκών για την αρθρωτή σύνδεση τους με το υπόλοιπο σκάφος (Articulated Tug and Barge, ATB). Διαθέτουν δύο κινητήρες πρόωσης σε συνδυασμό με υβριδικά βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας. Η τυπική ταχύτητα πλεύσης κυμαίνεται από 16 μέχρι 19 knots.



Εικόνα 7.5 Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων

7.2.5.2. Συστήματα τροφοδοσίας ενέργειας του πλοίου

Τα ποντοπόρα πλοία διαθέτουν διάφορα συστήματα για την τροφοδοσία του πλοίου με ενέργεια είτε για την ίδια την κίνηση του πλοίου, είτε για τις υπόλοιπες απαιτήσεις σε ενέργεια που έχει το πλοίο. Τα συστήματα αυτά μπορούν να χωρισθούν σε τρεις κατηγορίες, στα συστήματα πρόωσης που παρέχουν την κίνηση στο πλοίο, στα βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας που παρέχουν την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια κατά την διάρκεια των λειτουργιών του πλοίου και στους βοηθητικούς λέβητες που παρέχουν ζεστό νερό και ατμό για χρήσεις στους χώρους των κινητήρων καθώς και για τις ανέσεις του πληρώματος. Μέσα σε αυτές τις δραστηριότητες υπάρχουν τα διάφορα τμήματα των συστημάτων λειτουργούν διαφορετικά ανάλογα με τους τρόπους λειτουργίας του πλοίου. Τα τρία συστήματα τροφοδοσίας ενέργειας του πλοίου, όπως φαίνονται και σχηματικά στο Σχήμα 7.2, περιγράφονται παρακάτω [WPCI, 2010, Εταιρεία Ναυπηγών και Ναυτικών Μηχανολόγων Η.Π.Α, 1999]:

- Συστήματα Πρόωσης

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι συστημάτων πρόωσης:

α) με απευθείας μετάδοση κίνησης (direct-drive)

Το σύστημα πρόωσης αυτό έχει υψηλή ονομαστική ισχύ, αργή ταχύτητα στροφών κινητήρα ο οποίος είναι άμεσα συνδεδεμένος με τον άξονα της έλικας, άρα ο αριθμός των στροφών του κινητήρα είναι ίσος με τον αριθμό των στροφών της έλικας. Αυτό το σύστημα πρόωσης συναντάται πιο συχνά σε πλοία εμπορευματοκιβωτίων, χύδην φορτίου, ψυγεία και τύπου RoRo. (Σχήμα 7.2-α)

β) με μετάδοση μέσω μειωτήρα στροφών (gear-drive)

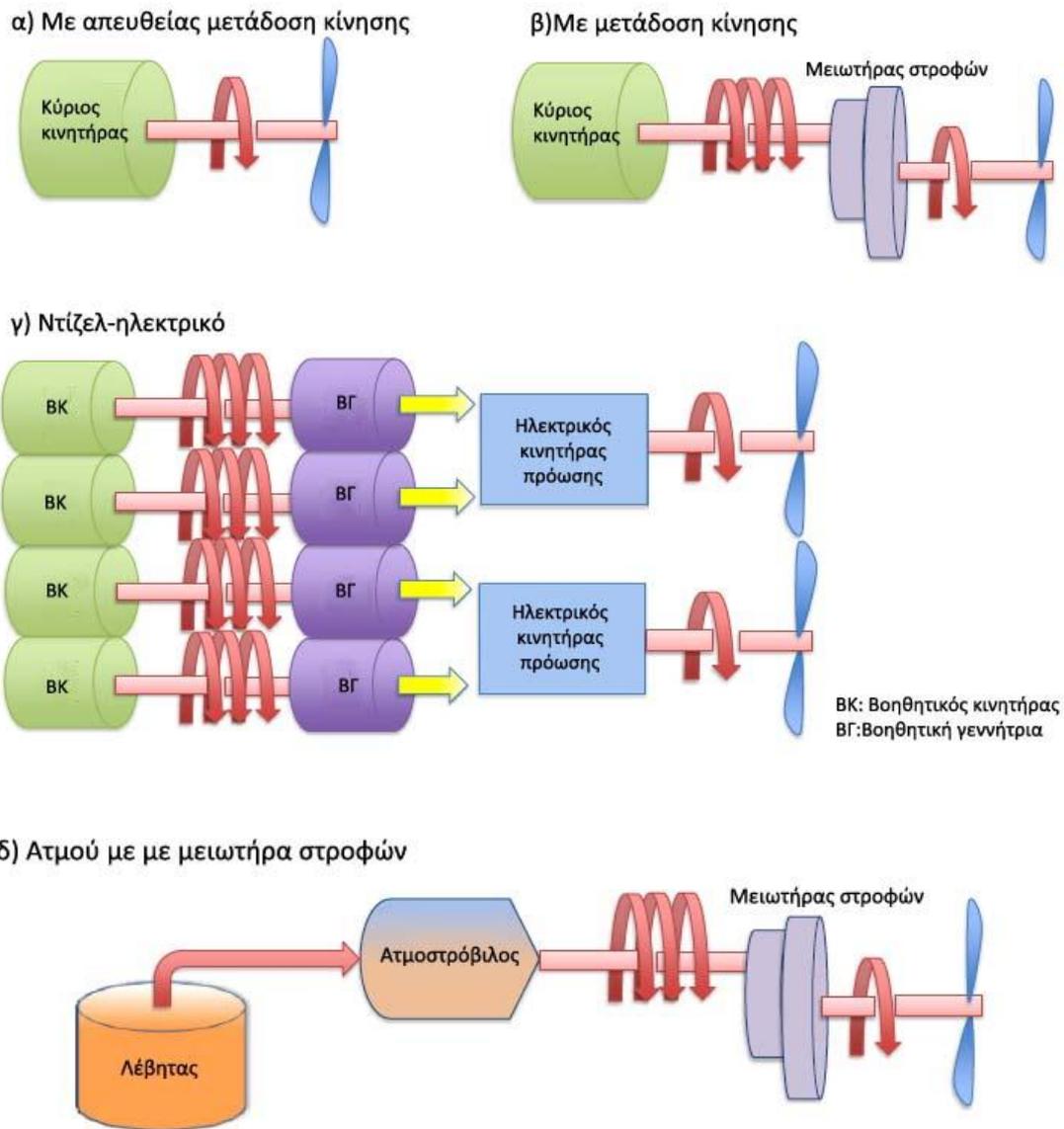
Το σύστημα αυτό μπορεί να είναι υψηλής μέχρι μέσης ονομαστικής ισχύος με μέσες ταχύτητες στροφών κινητήρα ο οποίος είναι συνδεδεμένος με έναν μειωτήρα στροφών που μειώνει τις στροφές του κινητήρα στις κατάλληλες στροφές απόδοσης της έλικας, άρα οι στροφές του κινητήρα είναι υψηλότερες από αυτές της έλικας. (Σχήμα 7.2-β)

γ) ντίζελ-ηλεκτρικό (diesel-electric)

Το υβριδικό σύστημα αποτελείται από έναν ή περισσότερους κινητήρες υψηλής μέχρι μέσης ονομαστικής ισχύος με μέσες ταχύτητες στροφών κινητήρα. Ο κινητήρας είναι συνδεδεμένος με ένα σύστημα που παράγει ηλεκτρική ενέργεια και το οποίο με την σειρά του παρέχει την κινητήρια δύναμη στο ηλεκτρικό σύστημα πρόωσης. Και σε αυτό το σύστημα ο κινητήρας έχει υψηλότερες στροφές από αυτές της έλικας. Τέτοια συστήματα παρατηρούνται κυρίως σε επιβατηγά πλοία, κρουαζιερόπλοια και δεξαμενόπλοια και κατ'επέκταση σε άλλες κατηγορίες πλοίων. (Σχήμα 7.2-γ)

δ) ατμού με μειωτήρα στροφών (steam powered/gear-drive)

Στα συστήματα αυτά οι λέβητες που παράγουν τον ατμό είναι υψηλής μέχρι μέσης ονομαστικής ισχύος. Με την παραγωγή ατμού τίθεται σε κίνηση ένας ατμοστρόβιλος ο οποίος είναι συνδεδεμένος με έναν μειωτήρα στροφών που μειώνει τις στροφές του στροβίλου στις κατάλληλες στροφές απόδοσης της έλικας, οπότε οι στροφές του στροβίλου είναι υψηλότερες από αυτές της έλικας. (Σχήμα 7.2-δ)



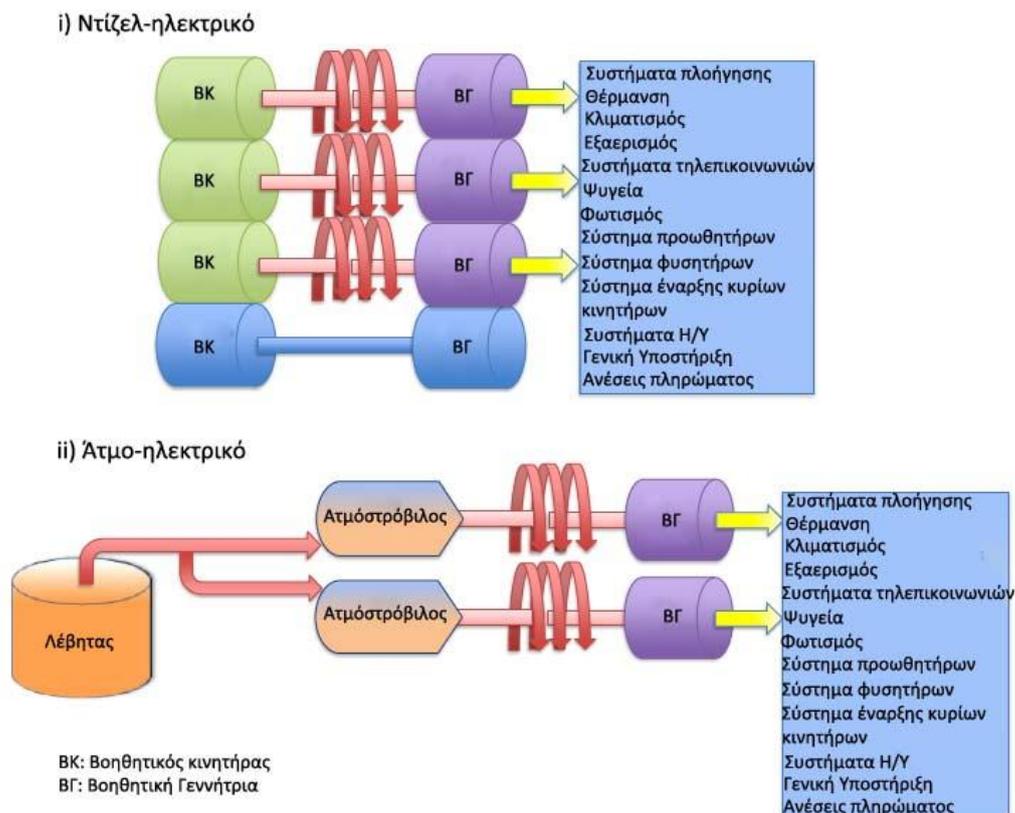
Σχήμα 7.2 Τύποι συστημάτων πρόωσης [WPCI, 2010]

- Βοηθητικά Συστήματα Τροφοδοσίας

Τα βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας προσφέρουν την απαραίτητη ενέργεια που χρειάζεται το πλοίο και το πλήρωμα εκτός από αυτήν που χρησιμοποιείται για τα συστήματα πρόωσης. Η απαιτούμενη αυτή συμπληρωματική ενέργεια εξαρτάται από τους διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας του πλοίου. Τα βοηθητικά συστήματα έχουν σχεδιαστεί επίσης με την πρόσθετη ικανότητα για την περίπτωση όπου κάποιος κινητήρας σταματήσει να λειτουργεί λόγω μηχανικής βλάβης. Έχουν δηλαδή και εφεδρικό ρόλο για την παραγωγή και τροφοδότηση ενέργειας των συστημάτων πρόωσης.

Πλοία που έχουν συστήματα πρόωσης άμεσης κίνησης και συστήματα με μειωτήρες στροφών χρησιμοποιούν βοηθητικούς κινητήρες σε μια διαμόρφωση όπως αυτή του υβριδικού συστήματος πρόωσης (Σχήμα 7.3-i), μονό που η ενέργεια που παράγεται καταλήγει για τις χρήσεις που απαιτούν ενέργεια στο πλοίου, το φορτίου και το πλήρωμα. Τα πλοία που έχουν ήδη ένα υβριδικό σύστημα πρόωσης χρησιμοποιούν το ίδιο και για τις υπόλοιπες απαιτήσεις ενέργειας πέρα από αυτή για την κίνηση της έλικας. Επίσης υπάρχουν πλοία που διαθέτουν μεγάλες εγκαταστάσεις παραγωγής ατμού όπου χρησιμοποιούν αμμοστρόβιλους για να παράγουν την επιπρόσθετη συμπληρωματική απαίτηση σε ενέργεια (Σχήμα 7.3-ii).

Πιο συγκεκριμένα η απαίτηση αυτή σε συμπληρωματική ενέργεια προορίζεται για συστήματα πλοήγησης και τηλεπικοινωνιών, για φωτισμό, ψυγεία, συστήματα κλιματισμού και εξαερισμού, για τα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών, για τις ανέσεις του πληρώματος και γενική υποστήριξη. Επίσης τροφοδοτούν και τα συστήματα φυσητήρων, προωθητήρων και έναρξης των κύριων κινητήρων πρόωσης. Η αναπαράσταση των βοηθητικών συστημάτων τροφοδοσίας ενέργειας φαίνονται και στο Σχήμα 7.3.



Σχήμα 7.3 Βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας ενέργειας [WPCI, 2010]

- Βοηθητικοί Λέβητες

Για την παραγωγή ζεστού νερού και ατμού σε ένα πλοίο μπορεί να υπάρχουν επιπλέον λέβητες ή συστήματα αξιοποίησης θερμότητας γνωστά ως οικονομητήρες. Οι λέβητες χρησιμοποιούν καύσιμα, κυρίως υπολειμματικό πετρέλαιο, για την παραγωγή ζεστού ή βραστού νερού και ατμού για την χρήση στα συστήματα καύσης, για την τροφοδότηση ενέργειας των αντλιών στα δεξαμενόπλοια, για την θέρμανση των χώρων των κινητήρων, καθώς και για τις ανέσεις του πληρώματος. Αντίθετα οι οικονομητήρες χρησιμοποιούν την περίσσεια παραγόμενη θερμότητα από τους κύριους κινητήρες των συστημάτων πρόωσης για την παραγωγή του επιπλέον επιθυμητού και απαιτούμενου ζεστού νερού ή ατμού.

7.2.5.3. Χαρακτηριστικά κινητήρων πλοίου

Για τους κινητήρες των πλοίων απαιτείται να προσδιορισθεί η ονομαστική ισχύς τους και η ταχύτητα τους. Οι κινητήρες των παραπάνω συστημάτων διακρίνονται σε τρεις τύπους κινητήρων με βάση την ταχύτητα, χαμηλής, μέσης και υψηλής, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 7.13. Οι κινητήρες χαμηλής και μέσης ταχύτητας είναι πιο ισχυροί από αυτούς υψηλής ταχύτητάς [Cooper, 2004]. Οι κινητήρες το πλοίου μπορούν να κατηγοριοποιηθούν όπως προτείνεται από την U.S.EPA 2009, όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.14.

Πίνακας 7.13: Χαρακτηριστικά κινητήρων πλοίων [U.S.EPA, 2009]

Κατηγορία ταχύτητας	Ταχύτητα κινητήρα (RPM) ⁸	Κύκλοι στροφών κινητήρα
Χαμηλή	< 130	2
Μέση	130 – 1 400	4
Υψηλή	> 1 400	4

⁸ RPM = revolution per minute

Πίνακας 7.14 Κατηγορίες κινητήρων πλοίων [U.S.EPA, 2009]

Κατηγορία	Χαρακτηριστικά	Χρήση	Ονομαστική ισχύς (προσεγγιστικά)
1	Κυβισμός < 5 λίτρα ανά κύλινδρο	- Μικρά λιμενικά σκάφη - Σκάφη αναψυχής	< 1 000 kW
2	Κυβισμός ≥ 5 και < 30 λίτρα ανά κύλινδρο	- Βοηθητικοί κινητήρες ποντοπόρων πλοίων - Λιμενικά σκάφη - Κύριοι κινητήρες μικρών ποντοπόρων πλοίων	1 000 – 3 000 kW
3	Κυβισμός ≥ 30 λίτρα ανά κύλινδρο	- Κύριοι κινητήρες ποντοπόρων πλοίων	> 3 000 kW

Για τους βοηθητικούς κινητήρες η ισχύς τους βασίζεται στον τύπο του πλοίου και την λειτουργία του. Τα δεδομένα για την ισχύ των βοηθητικών κινητήρων είναι περιορισμένα και αν δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία μπορεί να γίνει η παραδοχή ότι η ισχύς των βοηθητικών κινητήρων είναι το 10% της ισχύς των κύριων [U.S.EPA, 2009].

7.2.5.4. Καύσιμα πλοίων

Το καύσιμο που χρησιμοποιείται στους κύριους κινητήρες των πλοίων είναι κυρίως το βαρύ υπολειμματικό πετρέλαιο (residual oil, RO) με μέση περιεκτικότητα σε θείο 2,7%. Ωστόσο υπάρχουν και άλλα καύσιμα που διαθέτουν τα πλοία όπως το ντίζελ πλοίων (marine diesel oil, MDO) και το πετρέλαιο εσωτερικής καύσης πλοίων (marine gas oil, MGO). Τα δύο αυτά καύσιμα χρησιμοποιούνται για τους βοηθητικούς κινητήρες ή τον καθαρισμό και το κρύο ξεκίνημα του κύριου κινητήρα. Γενικά για τα παλιότερα πλοία απαιτείται MDO για τους βοηθητικούς τους κινητήρες, ενώ τα νεότερα μπορούν να χρησιμοποιήσουν και RO [U.S.EPA, 2009, ENTEC, 2002].

7.2.5.5. Τρόποι λειτουργίας πλοίων

Τα ποντοπόρα πλοία ανάλογα με τις κινήσεις που πραγματοποιούν όσο αφορά την θέση και την απόστασή τους σε σχέση με την λιμενική περιοχή, έχουν διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας κινητήρων. Οι τρεις κύριοι τρόποι λειτουργίας είναι η λειτουργία σε πλεύση (transit), κατά τους ελιγμούς (maneuvering) και στην αναμονή (hotelling), όπως περιγράφεται παρακάτω [WPCI, 2010, SMED, 2004]:

- Πλεύση

Στην λειτουργία αυτή βρίσκεται το πλοίο όταν πλέει στην ανοιχτή θάλασσα. Το πλοίο κινείται με την ταχύτητα πλεύσης. Οι κινητήρες του συστήματος πρόωσης λειτουργούν στο υψηλότερο επίπεδο, ενώ οι βοηθητικοί κινητήρες λειτουργούν σε χαμηλότερα επίπεδα και οι βοηθητικοί λέβητες είναι εκτός λειτουργίας γιατί λειτουργούν οι οικονομητήρες, λόγω των υψηλών φορτίων των συστημάτων πρόωσης. Όσο αφορά την κατανάλωση καυσίμων είναι υψηλή για τους κινητήρες πρόωσης λόγω των αντίστοιχων απαιτήσεων ενώ των βοηθητικών χαμηλή.

- Ελιγμοί

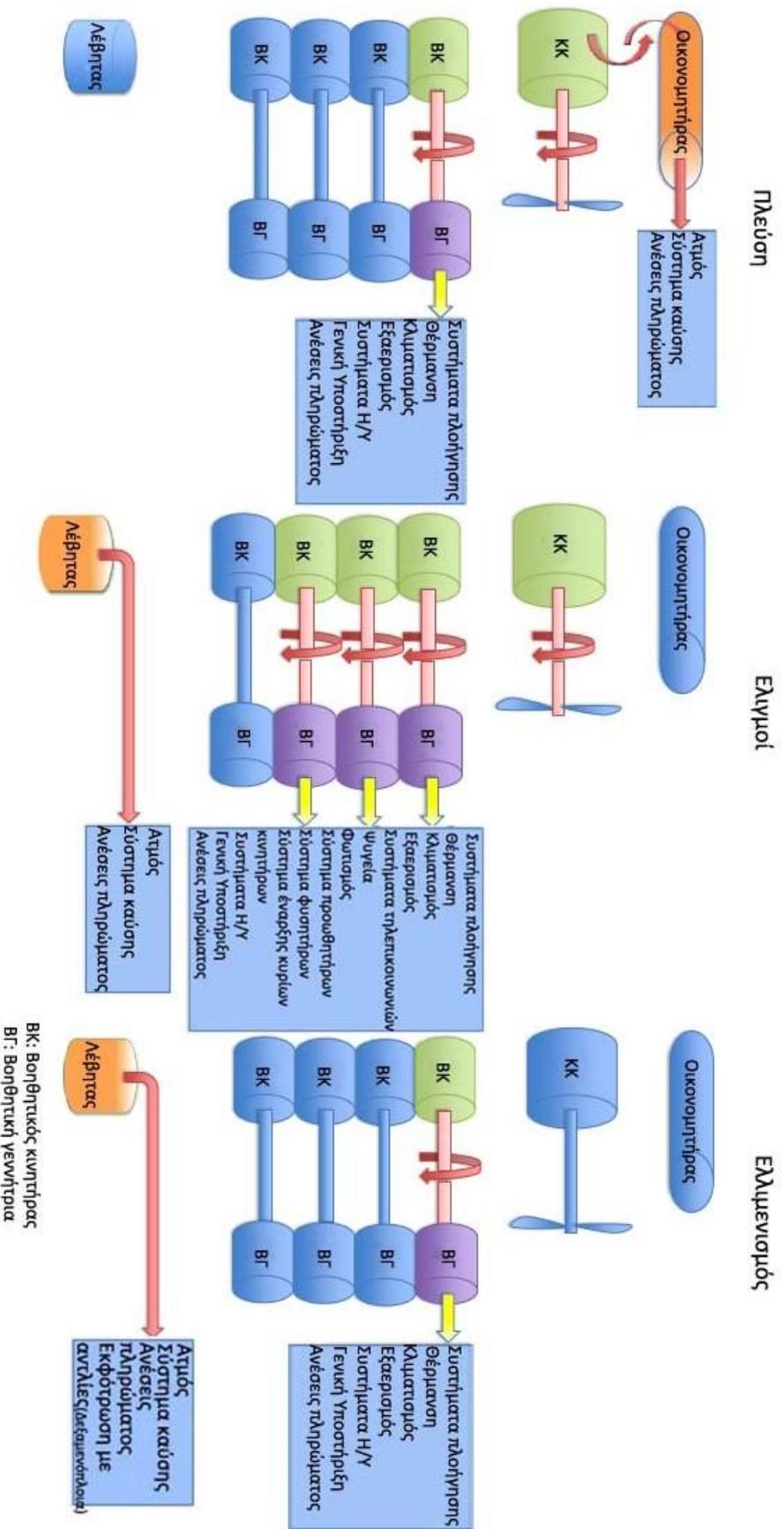
Το πλοίο πραγματοποιεί ελιγμούς όταν βρίσκεται σε κανάλια περιορισμένης χωρητικότητας και μέσα στον λιμένα όπου πλησιάζει ή απομακρύνεται από την θέση παραβολής. Οι αποστάσεις, ο χώρος πραγματοποίησης και ο αριθμός των ελιγμών που απαιτούνται είναι διαφορετικός για κάθε λιμάνι γιατί εξαρτάται από την γεωγραφική διάταξη του λιμένα. Σε αυτή την λειτουργία το πλοίο κινείται με πολύ χαμηλές ταχύτητες και οι κινητήρες πρόωσης λειτουργούν σε χαμηλά επίπεδα. Οι βοηθητικοί κινητήρες αντίθετα λειτουργούν στο υψηλότερο επίπεδο τους καθώς τίθενται σε πρόσθετη λειτουργία συστήματα όπως προωθητήρες, καθαριστήρες/φουσητήρες αέρα και πρόσθετες γεννήτριες για την περίπτωση βλάβης. Επίσης και οι βοηθητικοί λέβητες βρίσκονται σε λειτουργία αφού οι οικονομητήρες είναι εκτός λειτουργίας λόγω της χαμηλής λειτουργίας των κύριων κινητήρων. Στις περιπτώσεις μεγάλων πλοίων με υβριδικά συστήματα παράγεται αρκετή θερμότητα για να τροφοδοτήσει τους οικονομητήρες ακόμα και κατά την πραγματοποίηση ελιγμών του πλοίου σε χαμηλές ταχύτητες. Τέλος η κατανάλωση καυσίμων είναι σαφώς χαμηλή για τους κύριους κινητήρες του συστήματος πρόωσης, ενώ για τους βοηθητικούς κινητήρες είναι στα υψηλότερα επίπεδα.

- Αναμονή

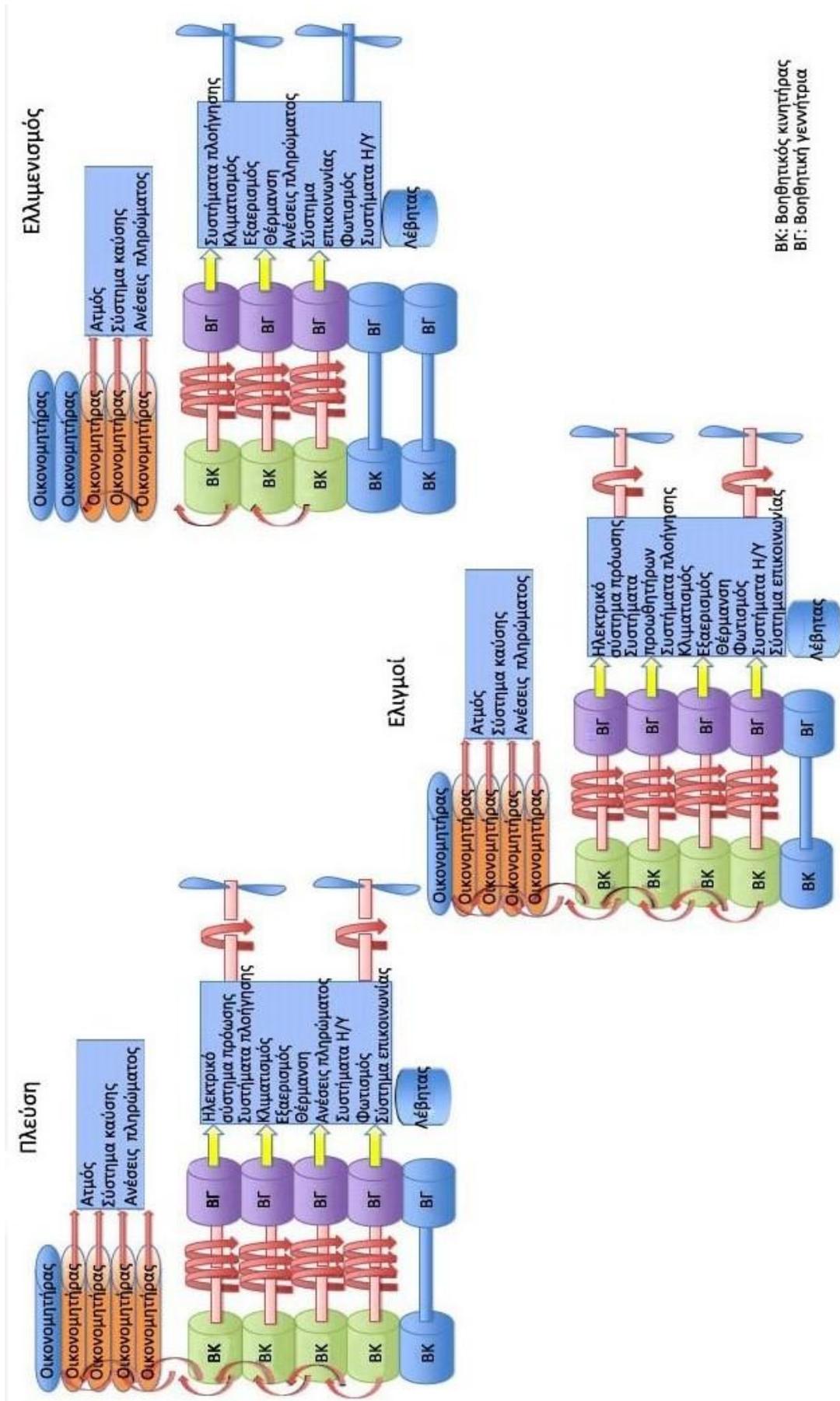
Στην λειτουργία αυτή βρίσκονται τα πλοία όταν είναι στην θέση παραβολής ή είναι αγκυροβολημένα, όταν το πλοίο δεν βρίσκεται σε κίνηση και οι κινητήρες πρόωσης είναι εκτός λειτουργίας. Οι βοηθητικοί κινητήρες μπορεί να βρίσκονται σε υψηλά φορτία λειτουργίας σε περίπτωση που το πλοίο διαθέτει δικό του ειδικό εξοπλισμό για την φορτοεκφόρτωση του φορτίου, στις περιπτώσεις πλοίων γενικού φορτίου, μεταφοράς οχημάτων ή τύπου RoRo. Οι βοηθητικοί λέβητες λειτουργούν σε χαμηλά επίπεδα ώστε το σύστημα πρόωσης και οι κινητήρες καύσης να διατηρούνται σε μέτριες θερμοκρασίες για την περίπτωση που το πλοίο πρέπει να αφήσει το λιμάνι σε άμεση ανάγκη, για τις ανέσεις του πληρώματος και για την περίπτωση των δεξαμενόπλοιων που χρησιμοποιούν για την φορτοεκφόρτωση του φορτίου

ατμοκίνητες αντλίες. Τέλος η κατανάλωση καυσίμων μπορεί να είναι μέτρια έως υψηλή για τους βοηθητικούς κινητήρες και τους βοηθητικούς λέβητες.

Και οι τρεις τρόποι λειτουργίας των κινητήρων των πλοίων που περιγράφηκαν φαίνονται και σχηματικά για τους κύριους κινητήρες πρόωση (Σχήμα 7.4), για τους βοηθητικούς κινητήρες (Σχήμα 7.5) και για τους βοηθητικούς λέβητες (Σχήμα 7.6).



Σχήμα 7.4 Βασικοί τρόποι λειτουργίας κύριων κλητήρων [WPCL, 2010]



Σχήμα 7.5 Βασικοί τρόποι λειτουργίας βοηθητικών κινητήρων [WPCL, 2010]

7.2.5.6. Δεδομένα

Όπως φαίνεται και από τα παραπάνω για τον υπολογισμό των εκπομπών από τα ποντοπόρα πλοία είναι απαραίτητη η συλλογή διαφόρων τύπων δεδομένων για το επίπεδο δραστηριότητας τους ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και τους διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας του. Τα απαραίτητα δεδομένα που απαιτούνται είναι [WPCI, 2010]:

- Δεδομένα για τα χαρακτηριστικά του πλοίου

Δεδομένα για τα χαρακτηριστικά του πλοίου μπορούν να διατεθούν από την υπηρεσία Lloyd's Ship Registry. Πέρα από τον τύπο και το όνομα του πλοίου είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν χαρακτηριστικά όπως για τον τύπο του συστήματος πρόωσης, την κύρια ισχύ του κινητήρα, την ηλικία του πλοίου και την ταχύτητα ενώ πιο σπάνια πληροφορίες για τους βοηθητικούς κινητήρες και λέβητες. Τα δεδομένα για τα φορτία λειτουργίας των βοηθητικών κινητήρων και λεβήτων μπορούν να συλλεχθούν από το πρόγραμμα Vessel Boarding Program (VBP) που παρέχει δεδομένα λειτουργίας ή από άλλες αντιπροσωπευτικές πηγές δημοσιευμένων απογραφών λιμένων.

- Δεδομένα επιπέδου δραστηριότητας

Τα δεδομένα αυτά παρέχονται από πλοηγούς λιμένων, από ανταλλαγές θαλάσσιων δεδομένων ή συστήματα κυκλοφορίας πλοίων (Vessel Traffic Systems, VTS). Οι πληροφορίες που συλλέγονται αφορούν το νούμερο IMO του πλοίου, την ημερομηνία, την ώρα, την θέση, την θέση παραβολής καθώς και την ταχύτητα του πλοίου. Επειδή δεν μπορεί να προσδιορισθεί η κατανάλωση σε καύσιμα των πλοίων τα δεδομένα δραστηριότητας αφορούν την ισχύ των κινητήρων, άρα οι εκπομπές εκτιμούνται σε ενεργειακή βάση.

Στο επίπεδο δραστηριότητας συμπεριλαμβάνεται και η ταχύτητα του πλοίου, η οποία εξαρτάται από την θέση και την απόστασή του πλοίου σε σχέση με το λιμάνι. Έξω από την είσοδο στον λιμένα υπάρχει μια ζώνη προφύλαξης, όπου τα πλοία πρέπει να μειώσουν την ταχύτητά τους ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης. Αυτή η ζώνη ελέγχεται από τα συστήματα κυκλοφορίας πλοίων. Τέλος τα δεδομένα αυτά διαφοροποιούνται και κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το αν είναι σε κατάσταση άφιξης, αναχώρησης, στροφής, κατά την διάρκεια της παραβολής ή της αγκυροβόλησης.

- Δεδομένα κατάστασης λειτουργίας

Η κατάσταση λειτουργίας μπορεί να προσδιορισθεί ανάλογα με τα γεωγραφικά όρια της απογραφής στις τρεις λειτουργίες που αναφέρθηκαν και προηγουμένως. Τέτοιες πληροφορίες μπορεί να συλλεχθούν από πλοηγούς λιμένων, διαχειριστές συστημάτων κυκλοφορίας πλοίων ή από τους κυβερνήτες των πλοίων.

- Δεδομένα γεωγραφικού τομέα

Αφού έχουν ορισθεί τα γεωγραφικά όρια μιας απογραφής, πληροφορίες για την θέση του πλοίου καθώς ταξιδεύει μπορούν να συλλεχθούν από ναυτικούς χάρτες, πλοηγούς λιμένων, διαχειριστές συστημάτων κυκλοφορίας πλοίων ή από τους κυβερνήτες των πλοίων.

7.2.5.7. Πηγές δεδομένων

Τα απαραίτητα δεδομένα για την απογραφή των εκπομπών από τις δραστηριότητες των πλοίων μπορούν να ληφθούν από τις παρακάτω πηγές [U.S.EPA, 2009]:

- Λιμενική Αρχή

Η λιμενική αρχή αποτελεί μια αξιόπιστη πηγή δεδομένων όσον αφορά τις λειτουργίες των πλοίων. Γενικά με κάθε κλήση⁹ πλοίου πραγματοποιείται και μία καταγραφή. Οι καταγραφές από τις λιμενικές αρχές περιλαμβάνουν πληροφορίες για:

- το όνομα του πλοίου
- ημερομηνία και ώρα άφιξης και αναχώρησης του πλοίου,

ενώ πιο λεπτομερής καταγραφές μπορούν να συμπεριλάβουν και:

- την σημαία προέλευσης
- τον τύπο πλοίου
- τις θέσεις παραβολής
- τις θέσεις αγκυροβόλησης
- το επόμενο λιμάνι προορισμού
- τον τύπο φορτίου
- τα συνολικά τονάζ του φορτίου
- τις διαστάσεις του πλοίου

- Υπηρεσία Lloyd's Ship Registry

⁹ Κλήση θεωρείται μια είσοδος και μία έξοδος ενός πλοίου από την λιμενική περιοχή. Κάθε κλήση πλοίου αντιστοιχεί σε 2 διαδρομές.

Η υπηρεσία Lloyd's Data αποτελεί την μεγαλύτερη βάση δεδομένων για δεδομένα που αφορούν τις θαλάσσιες μεταφορές και την ναυτιλία παγκοσμίως. Παρέχουν πληροφορίες για πάνω από 170 000 πλοία. Οι πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των πλοίων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μία απογραφή είναι:

- το όνομα του πλοίου
- ο τύπος του πλοίου
- η χρονολογία κατασκευής
- η σημαία προέλευσης
- η χωρητικότητα του πλοίου (DWT)
- η ταχύτητα του πλοίου
- η διάταξη και η ισχύς των κινητήρων

- Πλοηγοί Πλοίων

Οι πλοηγοί πλοίων μπορούν να δώσουν πολύτιμες πληροφορίες για τον υπολογισμό των χρόνων που βρίσκονται τα πλοία σε κάθε διαφορετική θέση λειτουργίας, για τις ταχύτητες ανά τύπο πλοίου και γενικά για τις τυπικές λειτουργίες του πλοίου. Ένας πλοηγός λιμανιού επιβιβάζεται στα πλοία, όταν αυτά πλησιάζουν κοντά στους κυματοθραύστες. Η επιβίβαση γίνεται καθώς τα πλοία βρίσκονται στην ζώνη μειωμένης ταχύτητας, με αυτό τον τρόπο ο πλοηγός αναλαμβάνει το πλοίο και συνεργάζεται με τα ρυμουλκά σκάφη για την παραβολή του πλοίου στο λιμάνι.

- Σύστημα Κυκλοφορίας Πλοίων (Vessel Traffic Systems, VTS)

Με τα συστήματα κυκλοφορίας πλοίων βελτιώνεται η ασφάλεια στις θαλάσσιες μεταφορές και ταυτόχρονα διευκολύνονται και οι διάφορες λειτουργίες του λιμένα. Τα συστήματα αυτά παρέχουν στατικές πληροφορίες για τα πλοία όπως τον τύπο και το μέγεθος του πλοίου, καθώς και δυναμικά, όπως το φορτίο που μεταφέρουν, τον προορισμό και την πορεία τους, την ταχύτητα και την προγραμματισμένη ώρα άφιξης. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συμμόρφωση στις ζώνες μειωμένης ταχύτητας και για τον προσδιορισμό των μέσων ταχυτήτων των πλοίων.

- Αυτόματο Σύστημα Ταυτοποίησης (Automatic Identification System, AIS)

Το αυτόματο σύστημα ταυτοποίησης AIS χρησιμοποιείται για την αναγνώριση και παρακολούθηση της θαλάσσιας κυκλοφορίας. Το σύστημα αυτό μπορεί να λαμβάνει και να στέλνει πληροφορίες ταυτοποίησης των πλοίων. Τέτοιες πληροφορίες περιλαμβάνουν το όνομα του πλοίου, το σήμα κλήσης ασύρματου, τις συνθήκες πλεύσης, την ταχύτητα, την κλάση, τον τύπο του φορτίου, τον προορισμό και την προγραμματισμένη ώρα άφιξης. Το σήμα του συστήματος αυτού

μεταδίδεται από το πλοίο, κι έτσι αυτό πρέπει να είναι εντός ενός μέγιστου ορίου απόστασης για να μπορεί να φτάσει το σήμα.

Ένα τέτοιο σύστημα είναι και το AIS Live της Lloyds Fairplay, το οποίο είναι το πρώτο σύστημα που παρέχει διαδικτυακά εφαρμογές που δείχνουν τις κινήσεις των πλοίων σε πραγματικό χρόνο. Οι πληροφορίες που δίνονται, για τα πλοία που παρακολουθούνται, αφορούν το γεωγραφικό πλάτος και μήκος, την πορεία, την ταχύτητα και τον επόμενο προορισμό του πλοίου.

7.2.5.8. Υπολογισμός εκπομπών

Ο υπολογισμός των εκπομπών γίνεται με τον συνδυασμό της απαιτούμενης ενέργειας του πλοίου εκφρασμένης σε κιλοβατώρες (kWh) και ενός συντελεστή εκπομπών σε μονάδες μάζας ρύπου ανά μονάδα ενέργειας από τον κινητήρα, δηλαδή κιλοβατώρες [WPCI, 2010]. Η εξίσωση υπολογισμού είναι:

$$E = Energy \cdot EF$$

όπου ο όρος της ενέργειας αποτελεί έναν συνδυασμό της μέγιστης συνεχής ονομαστικής ισχύος εκφρασμένης σε kW, του συντελεστή φορτίου που εκφράζει το φορτίο λειτουργίας του κινητήρα ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας του πλοίου και είναι αδιάστατος, και του χρόνου λειτουργίας σε κάθε κατάσταση λειτουργίας. Ο όρος της ενέργειας δίνεται από την σχέση:

$$Energy = MCR \cdot LF \cdot Act$$

όπου:

MCR Η μέγιστη συνεχής ονομαστική ισχύ (kW)

LF Ο συντελεστής φορτίου λειτουργίας

Act Ο χρόνος λειτουργίας (hr)

Δεδομένα δραστηριότητας

Μέγιστη συνεχής ονομαστική ισχύ

Η μέγιστη συνεχής ονομαστική ισχύος (Maximum Continuous Rated Power, MCR Power) ορίζεται από τις δοκιμές που πραγματοποιεί ο κατασκευαστής του κινητήρα. Μια αντιπροσωπευτική τιμή που μπορεί να ληφθεί γι' αυτό το χαρακτηριστικό, είναι η Lloyd's Power value. Ο διεθνής προσδιορισμός απαιτεί την ονομαστική αυτή ισχύ σε μονάδες kW και συνδέεται με την υψηλότερη ισχύ του κινητήρα ενός πλοίου κατά ένα μέσο φορτίο και σε συνθήκες θαλάσσης. Ωστόσο η λειτουργία ενός πλοίου στο 100% της μέγιστης συνεχής του ονομαστικής ισχύος είναι πολύ ακριβή

από άποψη κατανάλωσης καυσίμων και την οπτική της συντήρησης του κινητήρα, κι είναι πιο συνηθισμένο να λειτουργεί με μέγιστο όριο περίπου στο 83% της μέγιστης συνεχούς ονομαστικής ισχύος [WPCI, 2010].

Συντελεστής φορτίου

Ο συντελεστής φορτίου εκφράζει τον λόγο της παραγόμενης ενέργειας του κινητήρα για μια δοσμένη ταχύτητα κινητήρα που έχει συγκεκριμένη μέγιστη συνεχή ονομαστική ισχύ. Για τις ταχύτητες πλεύσης ο συντελεστής φορτίου του συστήματος πρόωσης για τους κύριους κινητήρες είναι 83%. Για χαμηλότερες ταχύτητες ο προσδιορισμός του συντελεστή φορτίου για το σύστημα πρόωσης βασίζεται στην θεωρία ότι το φορτίο του κινητήρα πρόωσης είναι ανάλογο με τον κύβο της ταχύτητας του πλοίου. Ο συντελεστής του κινητήρα πρόωσης υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$LF = (AS/MS)^3$$

όπου:

AS Η πραγματική ταχύτητα του πλοίου σε μονάδες knots

MS Η μέγιστη ταχύτητα του πλοίου σε μονάδες knots

Σε κάποιες περιπτώσεις ο συντελεστής φορτίου μπορεί να υπερβεί το 83% της μέγιστης συνεχούς ονομαστικής ισχύος. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν το πλοίο πλέει ταχύτερα από την μέγιστη ταχύτητα πλεύσης λόγω ευνοϊκών συνθηκών αέρα. Γι' αυτό το λόγο υπάρχει ένα φραγμένο όριο του συντελεστή φορτίου ώστε ο συντελεστής να μην υπερβαίνει το 100% [WPCI, 2010].

Ο συντελεστής φορτίου για τους βοηθητικούς κινητήρες διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και την κατάσταση λειτουργίας του πλοίου. Σε μια λεπτομερή απογραφή οι συντελεστές αυτοί θα πρέπει να προσδιορίζονται ξεχωριστά για κάθε πλοίο, ενώ για πιο απλοποιημένες προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πίνακες που δίνουν τον συντελεστή φορτίου ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και την κατάσταση λειτουργίας του πλοίου (Πίνακας 7.15) [U.S.EPA, 2009].

Πίνακας 7.15 Προσεγγιστικοί συντελεστές φορτίου για βοηθητικούς κινητήρες [U.S.EPA, 2009]

Τύποι πλοίων	Πλεύση	Ζώνη μειωμένης ταχύτητας	Ελιγμοί	Αναμονή
Οχηματαγωγά πλοία	0.15	0.30	0.45	0.26
Πλοία φορτίου χύδην	0.17	0.27	0.45	0.10
Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	0.13	0.25	0.48	0.19
Κρουαζιερόπλοια	0.80	0.80	0.80	0.64
Πλοία γενικού φορτίου	0.17	0.27	0.45	0.22
Διάφορα	0.17	0.27	0.45	0.22
Ρυμουλκά ποντοπόρων πλοίων	0.17	0.27	0.45	0.22
Οχηματαγωγά πλοία RoRo	0.15	0.30	0.45	0.26
Πλοία μεταφοράς ψυγμένου φορτίου	0.20	0.34	0.67	0.32
Δεξαμενόπλοια	0.24	0.28	0.33	0.26

Χρόνος λειτουργίας

Η δραστηριότητα προσδιορίζεται από τον χρόνο λειτουργίας του κινητήρα για κάθε κατάσταση λειτουργίας. Η διέλευση σε μια ζώνη, η οποία αντιστοιχεί και σε μια συγκεκριμένη λειτουργία κινητήρα, μπορεί να προσδιοριστεί από τον χρόνο που κινείται μέσα σε αυτή την ζώνη [WPCI, 2010]. Ο χρόνος διέλευσης υπολογίζεται από την σχέση:

$$Act = D/AS$$

όπου:

D Η απόσταση σε ναυτικά μίλια (nautical miles)

AS Η πραγματική ταχύτητα του πλοίου (knots)

Πιο συγκεκριμένα οι χρόνοι δραστηριότητας για καθέναν από τους τρεις διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας ενός πλοίου, και επιπρόσθετα για την ζώνη μειωμένης ταχύτητας, περιγράφονται παρακάτω.

- Πλεύση

Η ταχύτητα στη θέση αυτή λαμβάνεται γενικά ως το 94% της μέγιστης ταχύτητας πλεύσης. Η απόσταση από το θαλάσσιο όριο της απογραφής μέχρι την ζώνη μειωμένης ταχύτητας ή τον μόλο του λιμένα¹⁰, σε συνδυασμό με την ταχύτητα πλεύσης σε αυτή την κατάσταση μπορούν να προσδιορίσουν τον χρόνο λειτουργίας του πλοίου σε πλεύση. Για μία λεπτομερή απογραφή οι ταχύτητες και οι χρόνοι αυτοί θα πρέπει να υπολογίζονται, ενώ για πιο απλοποιημένες προσεγγίσεις μπορούν να ληφθούν αντιπροσωπευτικές τιμές.

- Ελιγμοί

Χρόνος λειτουργίας σε αυτή την κατάσταση μπορεί να προσδιορισθεί από την απόσταση που διανύει το πλοίο από τον μόλο μέχρι το σημείο παραβολής. Οι μέσες ταχύτητες ελιγμών κυμαίνονται από 3 μέχρι 8 knots ανάλογα με την κατεύθυνση και τον τύπο του πλοίου. Οι χρόνοι των ελιγμών εξαρτώνται από την θέση παραβολής και την διαδρομή προσέγγισης στο τερματικό σταθμό, καθώς και στις απαιτήσεις του πλοίου σε στροφές. Οι ταχύτητες ελιγμών μπορούν να προσδιορισθούν από τους πλοηγούς πλοίων.

- Αναμονή

Ο χρόνος όπου το πλοίο βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής μπορεί να προσδιορισθεί από τον χρόνο μεταξύ της άφιξης και της αναχώρησής του αφαιρώντας τον απαιτούμενο χρόνο για ελιγμούς. Σε μια λεπτομερή απογραφή είναι επιθυμητό να διαχωρίζονται οι χρόνοι που το πλοίο είναι ακυροβλημένο χωρίς να είναι σε θέση παραβολής και οι χρόνοι όπου είναι στην θέση παραβολής. Επίσης πρέπει να γίνεται διαχωρισμός των πλοίων που τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια από την ακτή και αυτών που δεν χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα τροφοδοσίας.

- Ζώνη μειωμένης ταχύτητας

Στη ζώνη αυτή η ταχύτητα των πλοίων είναι μικρότερη από αυτή στην περίπτωση πλεύσης και μεγαλύτερη από αυτή κατά την διάρκεια των ελιγμών. Κυμαίνεται από 9 μέχρι 12 knots και είναι η μέγιστη δυνατή για λόγους ασφαλείας πλοήγησης του πλοίου καθώς το πλοίο πλησιάζει ένα λιμάνι για την παραβολή του. Η ζώνη μειωμένης ταχύτητας τελειώνει στην είσοδο του λιμένα. Μάλιστα κάποια λιμάνια θεσπίζουν αυτές τις ζώνες για την μείωση των εκπομπών τους από τα ποντοπόρα

¹⁰ Με τον όρο μόλο λιμένα εννοείται ο κυματοθραύστης, ο οποίος είναι το γεωγραφικό σημείο αναφοράς όπου θεωρείται ότι γίνεται η αλλαγή από ανοιχτή θάλασσα σε εσωτερικής ναυσιπλοΐας.

πλοία. Οι μέσες ταχύτητες στη ζώνη αυτή μπορούν να προσδιορισθούν από πλοηγούς πλοίων.

Οι χρόνοι αυτοί λειτουργίας επηρεάζονται και από άλλους παράγοντες όπως οι συνθήκες κυκλοφορίας εντός λιμένα, οι καιρικές συνθήκες, το πρόγραμμα άφιξης πλοίων και τα ρεύματα. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν τους χρόνους λειτουργίας και κυρίως αυτούς που αναφέρονται στους χρόνους ελιγμών. Ο τρόπος επιρροής τους είναι πιο συγκεκριμένα [U.S.EPA, 2009]:

- Συνθήκες κυκλοφορίας: οι συνθήκες κυκλοφορίας μπορούν να αναγκάζουν τα πλοία να ταξιδεύουν πιο προσεκτικά και με χαμηλότερες ταχύτητες.
- Κακές καιρικές συνθήκες: στην περίπτωση δυνατών ανέμων τα πλοία δυσκολεύονται στην εκτέλεση των ελιγμών. Επίσης στις περιπτώσεις βροχής και ομίχλης μειώνεται η ορατότητα και έτσι τα πλοία πλέουν σε πολύ χαμηλότερες ταχύτητες. Η διαδικασία του ελλιμενισμού διαρκεί συνεπώς περισσότερο, με αποτέλεσμα μεγαλύτερους χρόνους ελιγμών.
- Ρεύματα: τα ρεύματα επιδρούν σημαντικά στην περίπτωση των εσωτερικών λιμένων σε ποτάμια. Οι ταχύτητες πλεύσης καθώς και ο συντελεστής φορτίου επηρεάζονται σημαντικά από την κατεύθυνση του ρεύματος. Ενδεικτικά για τα πλοία που κινούνται αντίθετα με το ρεύμα, η πραγματική ταχύτητα είναι αυτή του πλοίου συν την ταχύτητα του ποταμού.
- Πρόγραμμα άφιξης πλοίων: ο πλοηγός είναι υπεύθυνος ώστε το πλοίο να συναντήσει το ρυμουλκό και να φτάσει τη σωστή ώρα στο σημείο παραβολής. Σε περίπτωση καθυστέρησης ο πλοηγός θα πρέπει να αυξήσει την ταχύτητα μέχρι το ανώτατο επιτρεπτό όριο, ενώ σε αντίθετη περίπτωση να μειώσει την ταχύτητα.

Στις λεπτομερείς απογραφές όπου χρησιμοποιούνται οι πραγματικές ταχύτητες μπορούν να ληφθούν υπόψη οι παράγοντες αυτοί. Στις πιο απλοποιημένες προσεγγίσεις αυτοί οι παράγοντες δεν μπορούν να υπολογιστούν άμεσα.

Συντελεστές Εκπομπών

Οι διαθέσιμες τιμές για τους συντελεστές εκπομπών δίνονται για δύο είδη ταχυτήτων ντίζελ κινητήρων, χαμηλής ταχύτητας (slow speed diesel, SSD) και μέσης ταχύτητας (medium speed diesel, MSD), για ατμοστρόβιλους (steam turbines, ST) και αεροστρόβιλους (gas turbines, GT), καθώς και για τα τρία είδη καυσίμων που χρησιμοποιούνται στα πλοία RO, MDO και MGO. Στον Πίνακα 7.16 δίνονται τιμές συντελεστών εκπομπών για το CO₂ και στον Πίνακα 7.17 για τα CH₄ και N₂O.

Πίνακας 7.16 Συντελεστές εκπομπών CO₂ για κύριους κινητήρες (g/kWh) [U.S.EPA,2009]

Τύπος κινητήρα	Τύπος καυσίμου	Περιεκτικότητα σε θείου (%)	Συντελεστής εκπομπών (g/kWh)
SSD	RO	2.70	620.62
	MDO	1.00	588.79
	MGO	0.50	588.79
	MGO	0.10	588.79
MSD	RO	2.70	677.91
	MDO	1.00	646.08
	MGO	0.50	646.08
	MGO	0.10	646.08
ST	RO	2.70	970.71
	MDO	1.00	922.97
	MGO	0.50	922.97
	MGO	0.10	922.97
GT	RO	2.70	970.71
	MDO	1.00	922.97
	MGO	0.50	922.97
	MGO	0.10	922.97

Πίνακας 7.17 Συντελεστές εκπομπών CH₄ και N₂O για κύριους κινητήρες (g/kWh) [U.S.EPA,2009]

Τύπος κινητήρα	RO		MDO ή MGO	
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
SSD	0.006	0.031	0.006	0.031
MSD	0.004	0.031	0.004	0.031
ST	0.002	0.080	0.002	0.080
GT	0.002	0.080	0.002	0.080
Auxiliary	0.004	0.031	0.004	0.031

Για τους βοηθητικούς κινητήρες δίνονται ενδεικτικά τιμές για τους βοηθητικούς κινητήρες μέσης ταχύτητας, για όλα τα έτη μοντέλων, και τους λέβητες ατμού που χρησιμοποιούν υπολειμματικό πετρέλαιο (RO) στον Πίνακα 7.18. Επίσης για τους βοηθητικούς λέβητες οι διαθέσιμοι συντελεστές εκπομπών δίνονται Πίνακα 7.19. Οι βοηθητικοί λέβητες και οι εφεδρικοί ντίζελ κινητήρες έχουν μικρή χρήση και οι εκπομπές τους μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες. [SMED 2004]

Πίνακας 7.18 Συντελεστές εκπομπών CO₂ για βοηθητικούς κινητήρες (g/kWh) [U.S.EPA, 2009]

Τύπος κινητήρα	Τύπος καυσίμου	Περιεκτικότητα σε θείου (%)	Συντελεστής εκπομπών (g/kWh)
Βοηθητικοί κινητήρες	RO	2.70	722.54
	MDO	1.00	690.71
	MGO	0.50	690.71
	MGO	0.10	690.71

Πίνακας 7.19: Συντελεστές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για βοηθητικούς κινητήρες και λέβητες πλοίων (g/kWh) [WPCI, 2010]

Τύπος κινητήρα	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Βοηθητικοί κινητήρες, MSD	683	0,008	0,031
Λέβητες ατμού	970	0,002	0,080

Μέθοδος με αντιπροσωπευτικά δεδομένα – απλουστευμένη μέθοδος

Μια τέτοια προσέγγιση θα μπορούσε να βασιστεί στην κατανάλωση καυσίμων από τα πλοία, ωστόσο η διαθεσιμότητα της διαφορετικής κατανάλωσης για κάθε τρόπο λειτουργίας του πλοίου είναι δύσκολη, και έτσι μια τέτοια προσέγγιση εκτίμησης των εκπομπών για κάθε τρόπο λειτουργίας θα ήταν περιορισμένη.

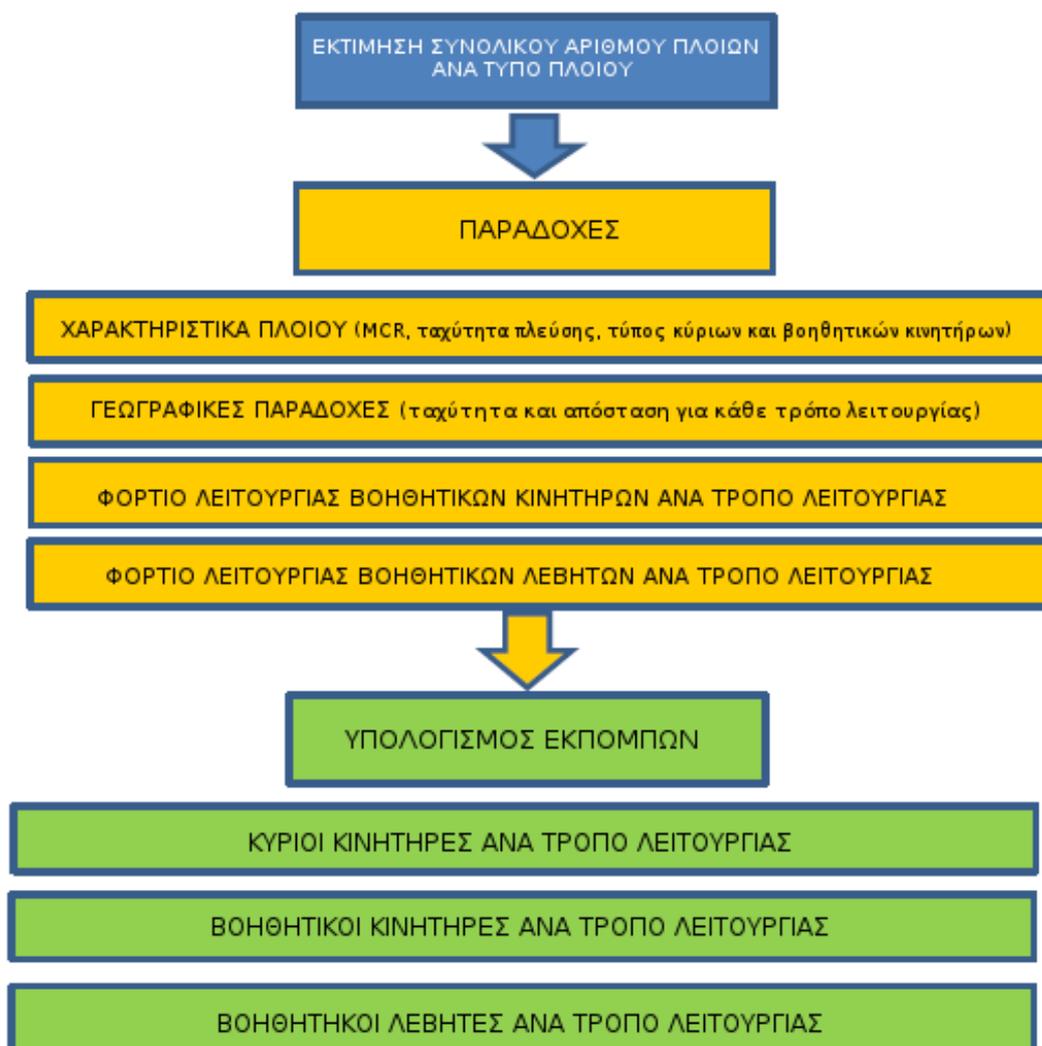
Η απλουστευμένη προσέγγιση που προτείνεται βασίζεται σε απλοποιημένες παραδοχές, μέσες τιμές και δημοσιευμένα δεδομένα από άλλες λεπτομερές απογραφές λιμένων. Οι παραδοχές και μέσες τιμές που μπορούν να ληφθούν αφορούν:

- τις διάφορες ταχύτητες πλοίου
- τις αποστάσεις
- τους χρόνους παραβολής
- τους τύπους συστημάτων πρόωσης
- τα βοηθητικά συστήματα τροφοδοσίας
- τους λέβητες
- τους τρόπους λειτουργίας
- τον κύριο κινητήρα

Επόμενο βήμα σε αυτή την προσέγγιση είναι να γίνει μέτρηση ή εκτίμηση του αριθμού και των τύπων των πλοίων που επισκέφθηκαν το λιμάνι κατά την περίοδο της απογραφής. Ενώ από δημοσιευμένες απογραφές άλλων λιμένων θα μπορούσαν

να ληφθούν μέσες τιμές συντελεστών φορτίου για τους βοηθητικούς κινητήρες και λέβητες ανάλογα τον τύπο του πλοίου.

Τέλος με βάση τα δεδομένα αυτά μπορεί να υπολογιστεί η ενεργεία της εξίσωσης και με εφαρμογή του κατάλληλου συντελεστή εκπομπών και μετατροπών των μονάδων να γίνει ο υπολογισμός των εκπομπών για κάθε τύπο πλοίου. Στο Σχήμα 7.7 φαίνεται και γραφικά οι παραδοχές που γίνονται.



Σχήμα 7.7 Διάγραμμα ροής υπολογισμού εκπομπών βάσει απλουστευμένης μεθόδου [WPCI 2010]

7.2.6. Κατασκευαστικός εξοπλισμός

Στον υπολογισμό των συνολικών εκπομπών μπορούν να συμπεριληφθούν και οι εκπομπές κατά τις κατασκευαστικές δραστηριότητες του λιμένα, όπως προτείνεται

από την *WPCI 2010*. Ο κατασκευαστικός εξοπλισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή νέων λιμενικών εγκαταστάσεων καθώς και για τις διαδικασίες συντήρησης. Οι εκπομπές από την χρήση αυτών των εξοπλισμών είναι μικρές από άποψη διάρκειας χρόνου και σποραδικές σε σχέση με τις κανονικές λειτουργίες του λιμένα. Οι κατασκευαστικές δραστηριότητες σε ένα λιμάνι περιλαμβάνουν την κατασκευή κρηπιδώματος και κυματοθραυστών, την βυθοκόρηση και την διατήρηση του επιθυμητού βάθους του πυθμένα στα κανάλια και στα σημεία παραβολής, την ανάπλαση και ανάπτυξη των terminals, βελτιώσεις και επισκευές στους δρόμους των terminals και των λιμενικών εγκαταστάσεων κ.ά. Ο εξοπλισμός αυτός δεν χρησιμοποιείται για τις καθημερινές λειτουργίες του λιμένα και συνήθως ανήκει σε μια κατασκευαστική εταιρεία η οποία αναλαμβάνει τις κατασκευαστικές δραστηριότητες του λιμένα.

Οι δραστηριότητες αυτές συμπεριλαμβάνουν διάφορους τύπους κινητών εξοπλισμών, οι οποίοι είναι ειδικοί για κατασκευαστικούς σκοπούς όπως:

- φορητές μονάδες παραγωγής μπετό και ασφάλτου
- εξοπλισμός βυθοκόρησης, όπως αρπαγές, εκσκαφείς κ.τ.λ.
- χερσαίος εξοπλισμός
- εξοπλισμός πλακόστρωσης
- φορητές γεννήτριες εργοταξίου

και εξοπλισμούς που χρησιμοποιούνται και για τις λειτουργίες του λιμένα όπως:

- γερανοί
- ρυμουλκά σκάφη και φορτηγίδες
- οδικά φορτηγά

Για τις κατασκευαστικές δραστηριότητες ενός λιμένα ακολουθούνται λεπτομερή σχέδια που έχουν γίνει από τους μηχανικούς του λιμένα ή τους μηχανικούς της κατασκευαστικής εταιρείας, τα οποία μπορούν να παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες για το επίπεδο δραστηριότητας και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για το κατασκευαστικό σχέδιο. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου από τον κατασκευαστικό εξοπλισμό, αν οι εκπομπές αυτής της κατηγορίας συμπεριληφθούν σε μια απογραφή.

Οι εκπομπές από τις δραστηριότητες αυτές μπορούν να υπολογιστούν ξεχωριστά από τις υπόλοιπες εκπομπές της απογραφής καθώς όπως έχει αναφερθεί, είναι δραστηριότητες που διαρκούν για μικρό χρονικό διάστημα και όχι σε ετήσια βάση. Αν όμως ο υπολογισμός τους δεν γίνει ξεχωριστά οι εκπομπές αυτές θα πρέπει να ενσωματωθούν στις άλλες κύριες κινητές πηγές εκπομπών. Έτσι ο κάθε εξοπλισμός

που χρησιμοποιείται για μία κατασκευαστική εργασία θα πρέπει να ταξινομηθεί στην αντίστοιχη κατηγορία κινητών εκπομπών που ανήκει.

7.2.6.1. Υπολογισμός εκπομπών

Οι εκπομπές από τις κατασκευαστικές δραστηριότητες χωρίζονται ανάλογα με την κατασκευαστική εργασία σε δύο κατηγορίες, σε εκπομπές χερσαίων και σε εκπομπές θαλάσσιων εργασιών. Αυτός ο διαχωρισμός γίνεται γιατί είναι διαφορετικός ο εξοπλισμός για κάθε κατηγορία και διαφορετικοί οι τρόποι λειτουργίας. Οι χερσαίες εργασίες περιλαμβάνουν εκπομπές από τα οχήματα του προσωπικού της κατασκευαστικής εταιρείας, τα οδικά φορτηγά βαρέως τύπου, τον κατασκευαστικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται εντός της λιμενικής περιοχής και σε μερικές περιπτώσεις και τις εκπομπές των σιδηροδρομικών συρμών που μπορεί να μεταφέρουν υλικά. Οι θαλάσσιες εργασίες περιλαμβάνουν τις εκπομπές από τους διάφορους τύπους σκαφών που χρησιμοποιούνται για τις κατασκευές.

- **Φορτηγά**

Στις κατασκευαστικές εργασίες χρησιμοποιούνται πολύ συχνά φορτηγά για την μεταφορά των διάφορων υλικών διάθεσης ή των νέων υλικών που χρειάζονται για την κατασκευή. Για τις εκπομπές των φορτηγών είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη και η ηλικιακή κατανομή του συνολικού στόλου των φορτηγών. Αυτό γιατί γίνονται συνεχώς αλλαγές στις τεχνολογίες ελέγχου των εκπομπών, αφού αλλάζουν και τα αντίστοιχα επιτρεπτά όρια εκπομπών των αερίων, και συνήθως τα φορτηγά που χρησιμοποιούνται για τις κατασκευαστικές δραστηριότητες διαθέτουν παλιότερες τεχνολογίες.

Μία μέθοδος εκτίμησης των εκπομπών στην περίπτωση των φορτηγών μπορεί να είναι η διανυθείσα απόσταση των φορτηγών κατά τις κατασκευαστικές εργασίες σε συνδυασμό με τις ώρες αναμονής κατά την διάρκεια της κατασκευής. Τα φορτηγά μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με την λειτουργία και το υλικό που μεταφέρουν. Εκτιμούνται οι μέσες αποστάσεις για κάθε κατηγορία φορτηγών για την κάθε διαδρομή από ένα σημείο εργασίας σε ένα άλλο, κι από εκεί στο τελικό σημείο διάθεσης ή επαναφόρτωσης φορτίου. Οι συνολικές εκπομπές για μια κατηγορία φορτηγών προσδιορίζονται με βάση τον αριθμό (#) των φορτηγών, των διαδρομών που πραγματοποιούν και των ημερών που γίνονται οι εργασίες, αθροιστικά από τις σχέσεις:

$$E = \# \text{ φορτηγών} \cdot \# \text{ διαδρομών} \cdot \left(\frac{\text{km που διανύθηκαν}}{\text{διαδρομή}} \right) \cdot EF$$

και
$$E = \# \text{ φορτηγών} \cdot \# \text{ ημερών} \cdot \left(\frac{\text{ώρες αναμονής}}{\text{ημέρα}} \right) \cdot EF$$

όπου οι συντελεστές εκπομπών είναι αντίστοιχα σε μονάδες g/km και g/hr.

Ως δεδομένο δραστηριότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η ποσότητα των καυσίμων που καταναλώθηκαν κατά την διάρκεια των κατασκευαστικών εργασιών. Η συνολική ποσότητα αυτή μπορεί να ληφθεί από μια μέση οικονομία καυσίμου ή απευθείας από τις αποδείξεις της κατασκευαστικής εταιρείας. Οι συνολικές εκπομπές για μια κατηγορία φορτηγών προσδιορίζονται από την άθροιση των δύο παρακάτω σχέσεων:

$$E = \# \text{ φορτηγών} \cdot \# \text{ διαδρομών} \cdot \left(\frac{\text{lt που καταναλώθηκαν}}{\text{διαδρομή}} \right) \cdot EF$$

και

$$E = \# \text{ φορτηγών} \cdot \# \text{ ημερών} \cdot \left(\frac{\text{ώρες αναμονής}}{\text{ημέρα}} \right) \cdot \left(\frac{\text{lt που καταναλώθηκαν}}{\text{ώρα αναμονής}} \right) \cdot EF$$

όπου οι συντελεστές εκπομπών είναι και στις δύο περιπτώσεις σε μονάδες g/L.

- Σιδηροδρομικοί συρμοί

Για την μεταφορά υλικών για μεγαλύτερες αποστάσεις μέσω των συρμών, η εκτίμηση των εκπομπών μπορεί να γίνει με βάση τα τονμίλια (tonmiles) ή την ποσότητα κατανάλωσης καυσίμων. Στην δεύτερη περίπτωση ο υπολογισμός γίνεται με βάση την κατανάλωση καυσίμων και τις συνολικές ώρες λειτουργίας των συρμών μόνο για τις μετακινήσεις που σχετίζονται με τις κατασκευαστικές εργασίες, όπως φαίνεται στη σχέση:

$$E = \# \text{ μηχανών} \cdot \left(\frac{\text{lt που καταναλώθηκαν}}{\text{ώρα}} \right) \cdot \text{ώρες λειτουργίας} \cdot EF$$

όπου ο συντελεστής εκπομπών είναι σε μονάδες g/L.

- Κατασκευαστικός εξοπλισμός

Η εκτίμηση των εκπομπών από τον κατασκευαστικό εξοπλισμό μπορεί να γίνει με μία από τις μεθόδους που έχουν ήδη αναφερθεί για τον εξοπλισμό διακίνησης φορτίου, την ποσότητα κατανάλωσης καυσίμων ή την ονομαστική ισχύ του κινητήρα. Στην περίπτωση της χρήσης δεδομένων κατανάλωσης καυσίμων η εκτίμηση των εκπομπών γίνεται με βάση την βασική εξίσωση υπολογισμού, όπως και για την εκτίμηση με βάση την ονομαστική ισχύ του κινητήρα, όπου ο χρόνος λειτουργίας αντιστοιχεί στις ώρες λειτουργίας του εξοπλισμού κατά την διάρκεια της κατασκευής. Η σχέση υπολογισμού για τον συνολικό αριθμό (#) εξοπλισμών είναι:

$$E = \# \text{ εξοπλισμού} \cdot AD_{RP} \cdot LF \cdot OT \cdot EF$$

όπου:

AD_{RP} Η ονομαστική ισχύς σε κιλοβατώρες (kW)

LF Ο μέσος συντελεστής φορτίου κατά την λειτουργία (αδιάστατος)

OT Ο ετήσιος χρόνος λειτουργίας (hr/yr)

EF Ο συντελεστής εκπομπών (g pollutant/kWh)

Οι συνολικές ώρες λειτουργίας του εξοπλισμού μπορούν να ληφθούν από καταγραφές μέσω οργάνων που μπορεί να διαθέτει από μόνο του το μηχάνημα είτε από τα χρονοδιαγράμματα εργασιών της κατασκευαστικής εταιρείας.

- Θαλάσσιος κατασκευαστικός εξοπλισμός

Ο θαλάσσιος κατασκευαστικός εξοπλισμός περιλαμβάνει το σύνολο των σκαφών που χρησιμοποιούνται κατά τις κατασκευαστικές εργασίες. Τα σκάφη αυτά μπορούν να χωριστούν ανάλογα με τον τύπο σκάφους ή ανάλογα με το είδος εργασίας. Οι εκπομπές από τα σκάφη αυτά εκτιμούνται είτε με βάση την κατανάλωση καυσίμων, είτε με βάση την ονομαστική ισχύ, όπως στην περίπτωση των εκπομπών από σκάφη λιμένα.

- Βυθοκόρηση

Μια από τις πιο κοινές κατασκευαστικές δραστηριότητες ενός λιμένα είναι οι βυθοκορήσεις, όπου γίνεται εκσκαφή και μεταφορά του υλικού που βρίσκεται στον πυθμένα. Οι βυθοκορήσεις αυτές μπορεί να είναι μικρές και να γίνονται για λόγους συντήρησης, ή να είναι μεγαλύτερης κλίμακας και να αποτελούν ένα καινούριο κατασκευαστικό έργο.

Οι εκπομπές κατά την διαδικασία βυθοκόρησης ανήκουν σε εκπομπές από σκάφη, όπως φορηγίδες, ρυμουλκά, βοηθητικά σκάφη εργασίας και σκάφη προσωπικού. Αλλά στην περίπτωση μεταφοράς του υλικού βυθοκόρησης περιλαμβάνονται και οι εκπομπές για την μεταφορά του υλικού, είτε αυτή γίνεται με φορηγά είτε με σιδηροδρομικό συρμό.

Οι εκπομπές από τις δραστηριότητες βυθοκόρησης εκτιμούνται με βάση τις ίδιες μεθόδους που έχουν αναφερθεί μέχρι τώρα. Με βάση την ονομαστική ισχύ των κινητήρων σε συνδυασμό με τον συνολικό χρόνο λειτουργίας και με βάση την κατανάλωση καυσίμων. Μια εναλλακτική μέθοδος, που μπορεί να συνδυαστεί με τις προηγούμενες, είναι αυτή με βάση την συνολική μάζα του υλικού που πρέπει να βυθοκορηθεί, με την οποία υπολογίζονται οι εκπομπές για την διαδικασία της βυθοκόρησης μόνο.

Με βάση την ενέργεια ή την ποσότητα καυσίμου που χρειάζεται για την βυθοκόρηση μιας συγκεκριμένης ποσότητας υλικού η εξίσωση υπολογισμού είναι:

$$E = M \cdot kWh/tn \cdot EF$$

ή

$$E = M \cdot lt/tn \cdot EF$$

όπου

M Η μάζα του υλικού (t)

EF Ο συντελεστής εκπομπών ανάλογα τα δεδομένα δραστηριότητας σε g/kWh και σε g/L αντίστοιχα

Στη διαδικασία όμως γενικά της βυθοκόρησης θα συμπεριληφθούν και οι εκπομπές που προέρχονται από τα ρυμουλκά πλοία και τις φορηγίδες όπου διανύουν αποστάσεις από το σημείο βυθοκόρησης στο σημείο διάθεσης του υλικού.

7.3. Σταθερές πηγές εκπομπών σε λιμένα

Οι εκπομπές που προέρχονται από τις σταθερές πηγές συμβάλλουν πολύ λιγότερο στις συνολικές εκπομπές ενός λιμένα σε σχέση με αυτές από τις κινητές πηγές, και συμπεριλαμβάνονται στις συνολικές εκπομπές ενός λιμένα όπως προτείνεται από την *WPCI 2010*. Οι σταθερές πηγές εκπομπών περιλαμβάνουν πηγές που προέρχονται από μία σταθερή, συγκεκριμένη και αναγνωρίσιμη θέση, για παράδειγμα από:

- σταθμούς παραγωγής ενέργειας
- λέβητες

- εφεδρικές γεννήτριες
- εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν διαδικασίες καύσης

Ενώ στις σταθερές εκπομπές αερίων συμπεριλαμβάνονται και οι έμμεσες εκπομπές από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (Scope 2). Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει τις καθημερινές λειτουργίες του λιμένα από:

- τις κτιριακές εγκαταστάσεις
- τον φωτισμό
- τον κλιματισμό και τον εξαερισμό,
- τα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών
- τα διάφορα ειδικά όργανα που χρησιμοποιούνται
- για τις απαιτήσεις των χώρων ψύξης,
- για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό διακίνησης φορτίου (π.χ. ηλεκτρικοί γερανοί προβλήτα, ηλεκτρικές γερανογέφυρες κ.ά.)
- για την τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας των πλοίων από την ακτή
- λειτουργίες των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται από τους ενοικιαστές των βιομηχανικών και εμπορικών χώρων
- για οποιεσδήποτε άλλες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να έχουν τα terminals και εν γένει η λιμενική περιοχή.



Εικόνα 7.6 Ηλεκτρικές γερανογέφυρες ακτής

Στην περίπτωση του ηλεκτρικού εξοπλισμού διακίνησης φορτίου, ο εξοπλισμός αυτός ενώ αποτελεί μια κινητή πηγή εκπομπών, οι εκπομπές των λειτουργιών του

θεωρούνται έμμεσες και μπορούν να εκτιμούνται και στην κατηγορία της αγορασμένης ηλεκτρικής ενέργειας.

7.3.1. Υπολογισμός εκπομπών

Ο υπολογισμός των έμμεσων εκπομπών λόγω κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με βάση την βασική εξίσωση:

$$E = AD \cdot EF$$

όπου η δραστηριότητα αφορά την ενέργεια που έχει καταναλωθεί σε κιλοβατώρες ή μεγαβατώρες (kWh ή MWh), η οποία μπορεί να προσδιοριστεί από τους μηνιαίους λογαριασμούς. Ο συντελεστής εκπομπών εκφράζεται σε μονάδες μάζας ρύπου ανά κιλοβατώρα (g/kWh) και εξαρτάται από το καύσιμο που χρησιμοποιείται στους σταθμούς για την παραγωγή ενέργειας.

Επίσης στην κατηγορία των σταθερών πηγών συμπεριλαμβάνονται και τα E/K που έχουν εξοπλισμό ψύξης. Πέρα από την μονάδα του κινητήρα που έχουν, όταν βρίσκονται στο λιμάνι τροφοδοτούνται εξωτερικά με ηλεκτρική ενέργεια κι έτσι συμπεριλαμβάνονται στην συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπρόσθετα συνεισφέρουν και στις εκπομπές υδροφθορανθράκων (HFCs) και υπερφθορανθράκων (PFCs).

7.3.2. Άλλες πηγές εκπομπών

Οι λιμενικές δραστηριότητες που περιγράφηκαν παραπάνω (εξοπλισμός διακίνησης φορτίου, φορτηγά, σιδηροδρομικοί συρμοί, σκάφη λιμένα, ποντοπόρα πλοία και δραστηριότητες με απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας) προκαλούν εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Σε αυτές τις εκπομπές μπορούν να προστεθούν οι εκπομπές από τα οχήματα του προσωπικού του λιμένα, των ενοικιαστών και γενικά από τα μέσα μεταφοράς που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά προς και από το λιμάνι [WPCI 2010]. Εκπομπές από οχήματα που επισκέπτονται το λιμάνι για την παράδοση πραγμάτων και για τις υπηρεσίες επισκευών. Τέλος μπορούν να συμπεριληφθούν εκπομπές από την μεταφορά και διάθεση των αποβλήτων που προέρχονται από τις λιμενικές εγκαταστάσεις και τα πλοία.

8. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΛΙΜΕΝΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ

8.1. Γενικά

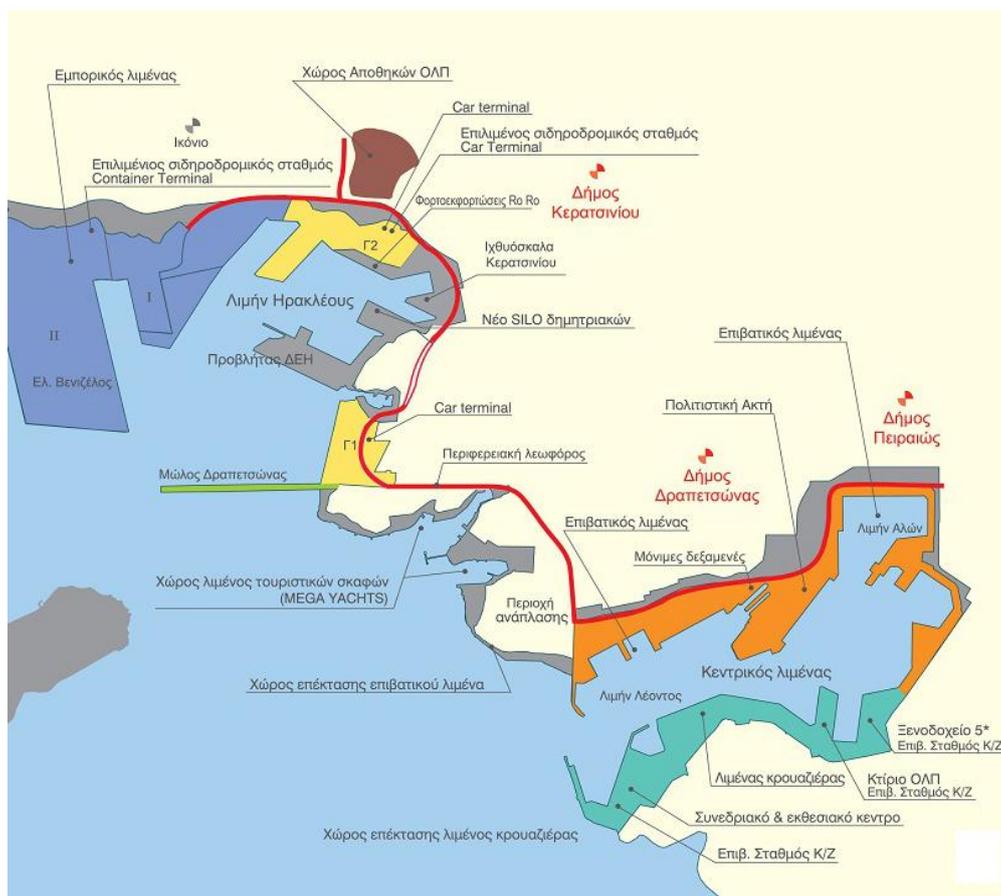
8.1.1. Λιμενικές εγκαταστάσεις Οργανισμού Λιμένος Πειραιά

Το λιμάνι του Πειραιά αποτελεί κομβικό σημείο για τη σύνδεση της ηπειρωτικής Ελλάδας με τα νησιά, διεθνές κέντρο κρουαζιέρας και σημαντικό εμπορικό κέντρο για τη Μεσόγειο παρέχοντας υπηρεσίες σε περισσότερα από 24 000 πλοία κάθε τύπου και μεγέθους. Συμβάλλει στην τοπική και εθνική οικονομική ανάπτυξη αναβαθμίζοντας συνεχώς τις υποδομές και τις παρεχόμενες υπηρεσίες του. Λόγω της στρατηγικής του θέσης και των υποδομών του, ενεργεί ως κεντρική πύλη για τις ελληνικές εισαγωγές και τις εξαγωγές. Παράλληλα αποτελεί και κομβικό σημείο του διεθνές εμπορίου, καθώς είναι το μόνο ευρωπαϊκό λιμάνι της Ανατολικής Μεσογείου με τις απαραίτητες υποδομές για την εξυπηρέτηση του διαμετακομιστικού εμπορίου.

Οι λιμενικές εγκαταστάσεις του Οργανισμού Λιμένος Πειραιά (ΟΛΠ), φαίνονται και στο Σχήμα 8.1, περιλαμβάνουν [<http://www.olp.gr/>]:

- Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων
- Σταθμός Διακίνησης Συμβατικού Φορτίου
- Σταθμό Διαχείρισης Οχημάτων
- Ακτοπλοΐα
- Κρουαζιέρα
- Τμήμα Δεξαμενών

Επίσης ο ΟΛΠ παραχωρεί λιμενικές εγκαταστάσεις για την λειτουργία ναυπηγοεπισκευαστικών μονάδων, βιομηχανικών συγκροτημάτων, αποθηκών τροφοεφοδίων, κυλικείων και γραφείων ακτοπλοϊκών πρακτορείων.



Σχήμα 8.1 Διάταξη λιμενικών εγκαταστάσεων του ΟΛΠ [<http://www.olp.gr/>]

8.1.2. Περιβαλλοντική πολιτική του Οργανισμού Λιμένος Πειραιά

Το λιμάνι του Πειραιά έχει σημαντικό και ηγετικό ρόλο στην περιοχή της Μεσογείου και κατέχει κομβική θέση στον Ευρωπαϊκό χώρο. Γι' αυτό το λόγο είναι αναγκαία η συνεχής ανάπτυξη του, με βάση τις αρχές της αειφόρου ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος. Ο ΟΛΠ έχει διαμορφώσει και εφαρμόζει συγκεκριμένη περιβαλλοντική πολιτική σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή και Εθνική Περιβαλλοντική Νομοθεσία αλλά και τους Διεθνείς Κανονισμούς, ενώ έχει αναπτύξει και μηχανισμό για την περιβαλλοντική αξιολόγηση των δραστηριοτήτων του. Στα πλαίσια αυτά, αποτελούν σχέδιο οργάνωσης και διαχείρισης οι ακόλουθες δράσεις [<http://www.olp.gr/>]:

- Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης
- Παρακολούθηση Ποιότητας Περιβάλλοντος
- Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων Πλοίων

- Αντιμετώπιση Εκτάκτων Περιστατικών Θαλάσσιας Ρύπανσης

Ο ΟΛΠ αποτελεί λιμάνι “EcoPort” και ανήκει στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο Λιμένων με “Ecorports status”. Μέλη του δικτύου Ecorports αποτελούν κι άλλα Ευρωπαϊκά λιμάνια διαφορετικών δραστηριοτήτων και μεγεθών, ενώ ο ΟΛΠ αποτελεί το μεγαλύτερο Μεσογειακό λιμάνι που ανήκει στο δίκτυο Ecorports. Η περιβαλλοντική διαχείριση που εφαρμόζει ο ΟΛΠ είναι πιστοποιημένη από το 2004, σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Σύστημα PERS του ESPO. Ο ΟΛΠ πιστοποιήθηκε το 2011 για τρίτη συνεχή φορά για την εφαρμογή Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης σύμφωνα με τις αρχές και απαιτήσεις του αναθεωρημένου συστήματος PERS (version 4).

Στα πλαίσια εφαρμογής του συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης PERS, ο ΟΛΠ έχει αναπτύξει και εφαρμόζει συγκεκριμένη περιβαλλοντική πολιτική και βρίσκεται σε μία διαρκή καταγραφή των περιβαλλοντικών παραμέτρων που συσχετίζονται με τις δραστηριότητες του, ενώ παράλληλα αποσκοπεί στην συνεχή βελτίωση της περιβαλλοντικής του απόδοσης, ακολουθώντας τα Ευρωπαϊκά και διεθνή πρότυπα και στοχεύοντας στην προστασία του περιβάλλοντος και τη διατήρηση των φυσικών πόρων για τις επόμενες γενιές.

Για την παρακολούθηση ποιότητας περιβάλλοντος ο ΟΛΠ συνεργάζεται με πανεπιστημιακούς φορείς και ειδικούς επιστημονικούς συνεργάτες, ώστε να επισημαίνονται συνεχώς οι περιοχές και τα θέματα που χρειάζονται βελτίωση και να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα. Η παρακολούθηση περιβάλλοντος περιλαμβάνει τα εξής:

- Ποιότητα θαλάσσιου περιβάλλοντος, όπου λαμβάνονται δείγματα νερού και ιζήματος από όλη την λιμενική περιοχή αρμοδιότητας του ΟΛΠ
- Ποιότητα ακουστικού περιβάλλοντος, όπου μετά από μετρήσεις που γίνονται έχουν ληφθεί διορθωτικά μέτρα όπως τοποθέτηση ηχοπετασμάτων και δενδροφυτεύσεων για την ηχοαπορρόφηση
- Φυτοτεχνική διαμόρφωση χερσαίας ζώνης
- Ενεργειακή διαχείριση, με πρακτικές για την εξοικονόμηση ενέργειας και την ενεργειακή απόδοση των κτιριακών εγκαταστάσεων
- Διαχείριση αποβλήτων, με διαχωρισμό και ανακύκλωση των αποβλήτων που προέρχονται από τις εγκαταστάσεις του

Επίσης στα πλαίσια των συμβάσεων της MARPOL, όπου η περιοχή της Μεσογείου έχει χαρακτηριστεί ως ειδική περιοχή, και με βάση τις διατάξεις για την ετοιμότητα, συνεργασία και αντιμετώπιση της ρύπανσης της θάλασσας από πετρέλαιο OPRC (1990), του Πρωτοκόλλου για την ετοιμότητα, συνεργασία και αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης της θάλασσας από επικίνδυνες και επιβλαβείς ουσίες OPRC-HNS (2000), καθώς και της εθνικής νομοθεσίας, έχει καταρτίσει και εφαρμόζει

Σχέδιο Αντιμετώπισης Εκτάκτων Περιστατικών Θαλάσσιας Ρύπανσης για την αντιμετώπιση περιστατικών ρύπανσης από πετρέλαιο και άλλες επιβλαβείς ουσίες, εντός της λιμενικής ζώνης του ΟΛΠ.

8.2. Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων Οργανισμού Λιμένος Πειραιά

Ο Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων (Σ.ΕΜΠΟ) του ΟΛΠ περιλαμβάνει έναν προβλήτα, τον Προβλήτα Ι, όπου ξεκίνησε την λειτουργία του από τον Ιούνιο του 2010 και αποτελεί τον κύριο προβλήτα των εμπορευματικών δραστηριοτήτων του ΟΛΠ. Βρίσκεται στην περιοχή του Νέου Ικονίου δυτικά του Πειραιά, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 8.1.



Εικόνα 8.1 Δορυφορική εικόνα ευρύτερης περιοχής Πειραιά [Υπόβαθρο Google Maps]

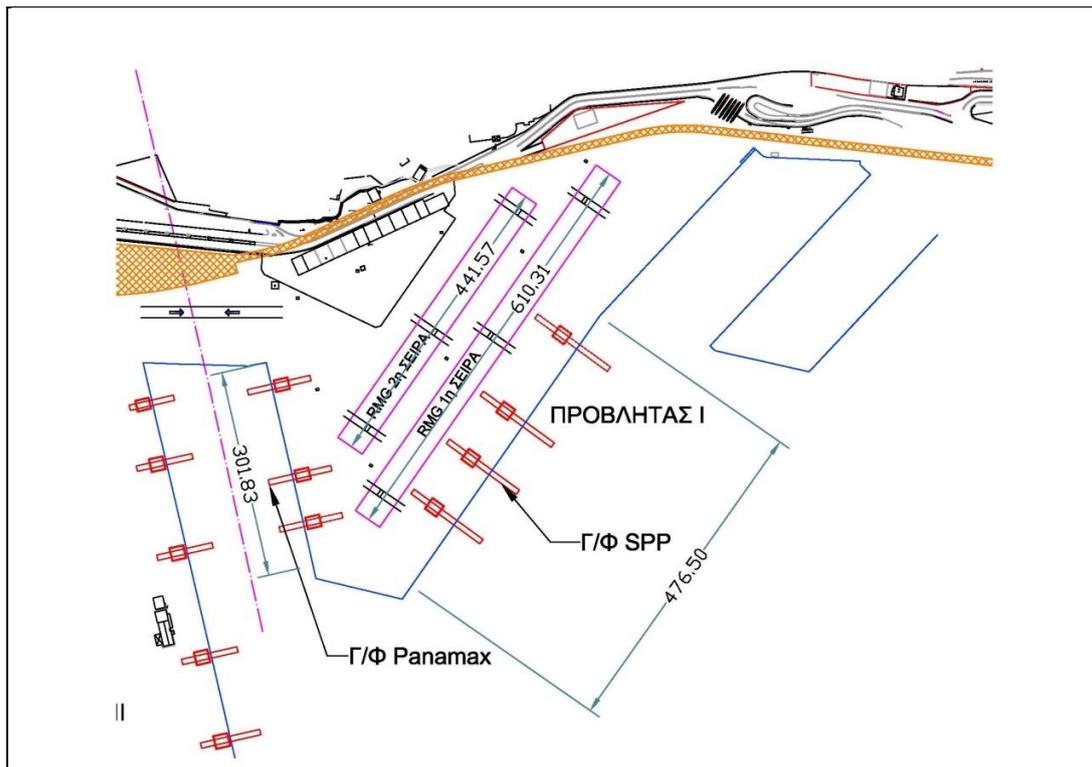
8.2.1. Υποδομή Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων

Οι εγκαταστάσεις του Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων (Σ.ΕΜΠΟ) διαθέτουν δύο κρηπιδώματα, ένα ανατολικό και ένα δυτικό. Το ανατολικό κρηπίδωμα είναι μήκους 500m και βάθους 18m με μία θέση παραβολής για μεγάλα πλοία ως και δύο για μικρότερα, ενώ το δυτικό έχει μήκος 320m και βάθος 12m με μία θέση παραβολής.

Οι χώροι εναπόθεσης Ε/Κ που διαθέτει είναι συνολικής έκτασης 72 400 m² και περιλαμβάνουν:

- 1^η σειρά στοιβασίας RMG - έκταση 26 000 m²
- θέσεις εδάφους 1 302
- μέχρι 5 Ε/Κ καθ' ύψος (πυκνή στοιβασία)
- 2^η σειρά στοιβασίας RMG - έκταση 18 700 m²
- θέσεις εδάφους 924
- μέχρι 5 Ε/Κ καθ' ύψος (πυκνή στοιβασία)
- Χώρος ψυγείων (Reefer) - έκταση 4 700 m²
- θέσεις εδάφους 72
- θέσεις τροφοδότησης ηλεκτρικής ενέργειας 144
- μέχρι 2 Ε/Κ καθ' ύψος
- Χώρος επικινδύνων - έκταση 4 700 m²
- θέσεις εδάφους 91
- μέχρι 2 Ε/Κ καθ' ύψος
- Περιοχή ΟΣΜΕ - έκταση 4 500 m²
- θέσεις εδάφους 364
- μέχρι 2 Ε/Κ καθ' ύψος
- Περιοχή Κενών - έκταση 13 800 m²
- θέσεις εδάφους 834
- μέχρι 7 Ε/Κ καθ' ύψος

Τα δύο κρηπιδώματα και οι χώροι εναπόθεσης Ε/Κ των δύο σειρών στοιβασίας RMG φαίνονται στην κάτοψη του Προβλήτα Ι (Σχήμα 8.2).



Σχήμα 8.2 Κάτοψη του Προβλήτα Ι του Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων

8.2.2. Μηχανολογικός εξοπλισμός φορτοεκφόρτωσης πλοίων και διαχείρισης προαυλίου

Για την εξυπηρέτηση των πλοίων είναι διαθέσιμες γερανογέφυρες:

- 4 γερανογέφυρες τύπου Super Post Panamax (SPP), οι οποίες εξυπηρετούν το ανατολικό κρηπίδωμα
- 3 τύπου Post Panamax (PP), οι οποίες εξυπηρετούν το δυτικό κρηπίδωμα

Ο εξοπλισμός αυτός φορτοεκφόρτωσης πλοίων λειτουργεί με τροφοδότηση ηλεκτρικής ενέργειας. Πέρα από τις γερανογέφυρες διαθέτει και έναν επιπλέον αυτοκινούμενο λιμενικό γερανό. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των γερανογεφυρών και του λιμενικού γερανού δίνονται στο Παράρτημα Β.

Για την διαχείριση και την μετακίνηση των Ε/Κ ο λιμένας διαθέτει:

- Τροχοφόρες γερανογέφυρες (Rail Mounted Gantry cranes – RMGs)
- Οχήματα Στοιβάσιας και Μεταφοράς Εμπορευματοκιβωτίων ΟΣΜΕ (Straddle Carriers)
- Περονοφόρα ανυψωτικά για έμφορτα και κενά Ε/Κ
- Βοηθητικά περονοφόρα για τις εσωτερικές ανάγκες των συνεργείων

- Ελκυστήρες
- Πλευρικούς φορτωτές (Reach Stacker)

8.3. Ανάπτυξη απογράφης εκπομπών αερίων Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων

Σκοπός της ανάπτυξη της απογραφής των εκπομπών του Σ.ΕΜΠΟ ήταν στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας να γίνει εφαρμογή των μεθόδων υπολογισμού εκπομπών ενός λιμένα για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα του. Η επιλογή του λιμένα εμπορευματοκιβωτίων έγινε με βάση την δυνατότητα συλλογής ακριβών στοιχείων, καθώς και με βάση το πλήθος άμεσων εκπομπών που προέρχονται από έναν εμπορικό λιμένα λόγω του μεγάλου αριθμού μηχανολογικών εξοπλισμών που χρησιμοποιείται.

Τα όρια της απογραφής των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στα πλαίσια της εφαρμογής στον Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων του ΟΛΠ, συμπεριλαμβάνουν τις πηγές εκπομπών των οποίων η λειτουργία ελέγχεται άμεσα από τον ΟΛΠ. Συνεπώς οι πηγές εκπομπών που λήφθηκαν υπόψη για την απογραφή περιλαμβάνουν την 1^η και 2^η κατηγορία εκπομπών (Score 1 και 2). Οι δραστηριότητες που αντιστοιχούν σε αυτές τις κατηγορίες αφορούν τις άμεσες εκπομπές των λιμενικών δραστηριοτήτων του Σ.ΕΜΠΟ και τις έμμεσες εκπομπές λόγω της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνονται:

- Άμεσες εκπομπές (Score 1) από :

- Οχήματα στοιβάσις (ΟΣΜΕ)
- Περονοφόρα ανυψωτικά έμφορτων και κενών
- Ελκυστήρες
- Επιβατικά οχήματα που ανήκουν στον Σ.ΕΜΠΟ
- Επιβατικά οχήματα που ενοικιάζονται και χρησιμοποιούνται για τις διάφορες μετακινήσεις του προσωπικού του Σ.ΕΜΠΟ
- Φορτηγά και ημιφορτηγά οχήματα που ανήκουν στον Σ.ΕΜΠΟ, όπως πούλμαν για τις μετακινήσεις του προσωπικού.
- Θέρμανση κτιριακών εγκαταστάσεων

- Έμμεσες εκπομπές (Score 2) κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για:

- Φωτισμό
- Γραφεία
- Κτίρια συνεργείων
- Γερανογέφυρες
- Τροχοφόρες γερανογέφυρες
- Χώρο ψυγείων Ε/Κ

- Έμμεσες εκπομπές (Score 3) κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για:

- Γερανογέφυρες
- Τροχοφόρες γερανογέφυρες

Οι έμμεσες εκπομπές από την 3^η κατηγορία εκπομπών που περιλαμβάνουν τις εκπομπές από τα πλοία, τα φορτηγά και τον σιδηρόδρομο που μεταφέρουν τα προϊόντα, καθώς και οι εκπομπές από την μετακίνηση των εργαζομένων και του προσωπικού στον Σ.ΕΜΠΟ, δεν λήφθηκαν υπόψη στον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα. Συγκεκριμένα στοιχεία για τον ελλιμενισμό των πλοίων που λήφθηκαν ήταν ανεπαρκή για τον υπολογισμό των εκπομπών.

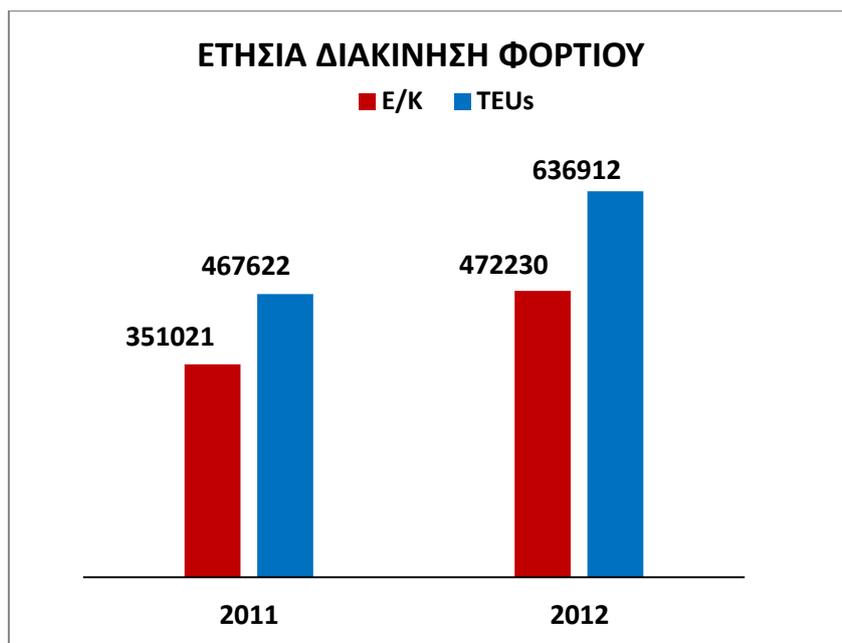
Τα γεωγραφικά όρια της απογραφής δεν είναι με σαγή τρόπο προσδιορίσιμα. Στις πηγές εκπομπών περιλαμβάνονται οι εκπομπές από τις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται εντός του Προβλήτα Ι του Σ.ΕΜΠΟ και από τις κτιριακές εγκαταστάσεις, οι οποίες μπορούν να οριοθετηθούν καθαρά στην λιμενική περιοχή του Ικονίου όπου βρίσκεται ο Σ.ΕΜΠΟ. Αντίθετα για τις εκπομπές αερίων από τα οχήματα και τα φορτηγά που ανήκουν στον Σ.ΕΜΠΟ δεν μπορεί να οριοθετηθεί γεωγραφικά μια περιοχή εκπομπών, καθώς πραγματοποιούνται μετακινήσεις και εκτός τις λιμενικής περιοχής, στις υπόλοιπες εγκαταστάσεις, κτίρια και τερματικούς σταθμούς του ΟΛΠ.

Ο υπολογισμός εκπομπών έγινε για τα τρία βασικά αέρια του θερμοκηπίου:

- διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
- μεθάνιο (CH₄)
- μονοξείδιο του αζώτου (N₂O)

Η μέθοδος υπολογισμού των εκπομπών που επιλέχτηκε και χρησιμοποιήθηκε αναφέρεται στην μέθοδο με βάση την κατανάλωση καυσίμων και για τον μηχανολογικό εξοπλισμό και για τα φορτηγά και οχήματα. Για τον υπολογισμό των εκπομπών του μηχανολογικού εξοπλισμού με βάση την ονομαστική ισχύ κάθε εξοπλισμού και τις ώρες λειτουργίας δεν ήταν δυνατή, λόγω ανεπάρκειας στοιχείων για τις συνολικές ώρες λειτουργίας για το μεγαλύτερο μέρος των μηχανημάτων. Επίσης για τις εκπομπές των φορτηγών και οχημάτων μια πιο ακριβής μέθοδος με βάση την συνολική διανυθείσα απόσταση δεν μπορούσε να προσδιοριστεί.

Η συλλογή στοιχείων έγινε για τις χρονικές περιόδους του 2011 και 2012 με βάση τα ετήσια στοιχεία κατανάλωσης καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας. Για την απογραφή δεν υπάρχει μία χρονική βάση σύγκρισης της απογραφής καθώς δεν είχε γίνει στο παρελθόν μια αντίστοιχα συγκρίσιμη απογραφή από τον ΟΛΠ για τον Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων. Για τις χρονικές περιόδους του 2011 και 2012 στο Διάγραμμα 8.1 φαίνεται η ετήσια διακίνηση σε Ε/Κ και σε TEUs.



Διάγραμμα 8.1 Ετήσια διακίνηση φορτίου για το 2011 και το 2012

8.4. Υπολογισμός εκπομπών

8.4.1.1. Κινητές πηγές εκπομπών

Οι κινητές πηγές εκπομπών που λήφθηκαν υπόψη, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αποτελούν άμεσες εκπομπές (Score 1). Ο εξοπλισμός και τα οχήματα που αντιστοιχούν στις κινητές πηγές εκπομπών, ταξινομήθηκαν με βάση τον τύπο εξοπλισμού ή οχήματος και τον τύπο καυσίμου, ως εξής:

- Οχήματα στοιβασίας ΟΣΜΕ
- Λιμενικός γερανός
- Περονοφόρα
- Ελκυστήρες
- Οχήματα κατανάλωσης βενζίνης
- Οχήματα κατανάλωσης πετρελαίου κίνησης

Το καύσιμο που χρησιμοποιούνται για όλα τα μηχανήματα είναι πετρέλαιο κίνησης. Τα οχήματα που χρησιμοποιούνται καταναλώνουν κυρίως βενζίνη, ενώ υπάρχουν και κάποια μεγαλύτερα, όπως πούλμαν τα οποία καταναλώνουν πετρέλαιο κίνησης. Ο υπολογισμός των εκπομπών έγινε με βάση την ετήσια κατανάλωση καυσίμου για κάθε εξοπλισμό και για κάθε όχημα, η οποία υπολογίστηκε με στοιχεία από την ηλεκτρονική βάση δεδομένων *Orama* για τις καταναλώσεις καυσίμων του ΟΛΠ. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί για κάθε κατηγορία

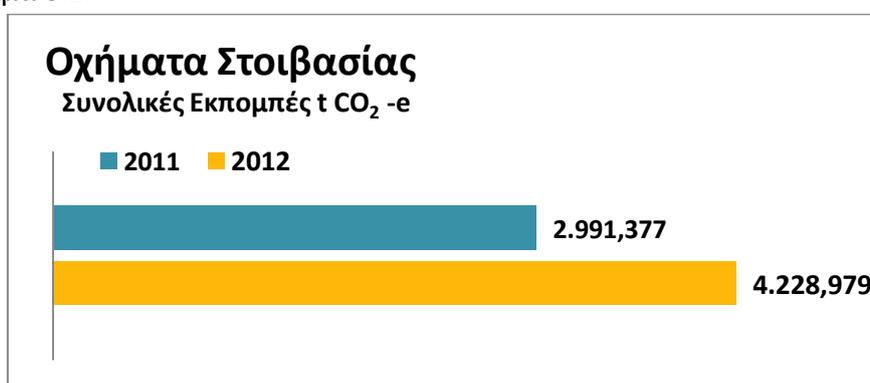
κινητών πηγών και για κάθε εξοπλισμό και όχημα, καθώς και οι τιμές των συντελεστών εκπομπών που λήφθηκαν, παρατίθενται στο Παράρτημα Α.

Οχήματα στοιβασίας ΟΣΜΕ

Δεδομένα δραστηριότητας: Ετήσια κατανάλωση καυσίμου για κάθε ΟΣΜΕ, σε L
Τύπος καυσίμου: Πετρέλαιο κίνησης
Συντελεστές εκπομπών: Οι συντελεστές εκπομπών προσδιορίστηκαν με βάση τον τύπο καυσίμου για μη οδικό εξοπλισμό. (Πίνακας Α-1).

[Table A-6, U.S.EPA, 2004]

Οι συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ για τα Οχήματα Στοιβασίας, όπως προέκυψαν από του υπολογισμούς (Πίνακας Α-2 και Α-3), φαίνονται σχηματικά στο Διάγραμμα 8.2.



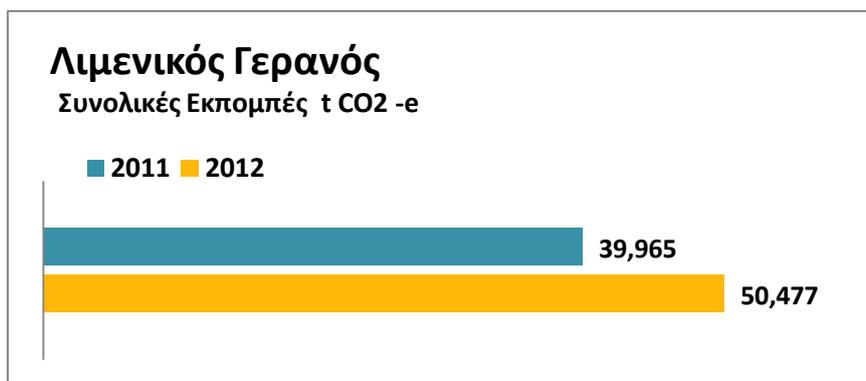
Διάγραμμα 8.2 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ από οχήματα στοιβασίας για το 2011 και 2012

Οι συνολικές εκπομπές για τα οχήματα στοιβασίας προέκυψαν πιο υψηλές για το 2012 όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα. Στον στόλο των οχημάτων στοιβασίας για το 2012 προστέθηκαν και λειτούργησαν επιπλέον επτά οχήματα. Με βάση την αύξηση της ετήσιας διακίνησης φορτίου, από το 2011 στο 2012, αιτιολογείται η αυξημένη κατανάλωση καυσίμων από τα οχήματα στοιβασίας, λόγω απαίτησης για εξυπηρέτηση περισσότερων φορτοεκφορτώσεων.

Λιμενικός γερανός

Δεδομένα δραστηριότητας: Ετήσια κατανάλωση καυσίμου γερανού, σε L
Τύπος καυσίμου: Πετρέλαιο κίνησης
Συντελεστές εκπομπών: Οι συντελεστές εκπομπών προσδιορίστηκαν με βάση τον τύπο καυσίμου για μη οδικό εξοπλισμό. (Πίνακας Α-4) [Table A-6, U.S.EPA, 2004]

Οι συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ για τον λιμενικό γερανό, όπως προέκυψαν από του υπολογισμούς (Πίνακας Α-5 και Α-6) φαίνονται στο Διάγραμμα 8.3.



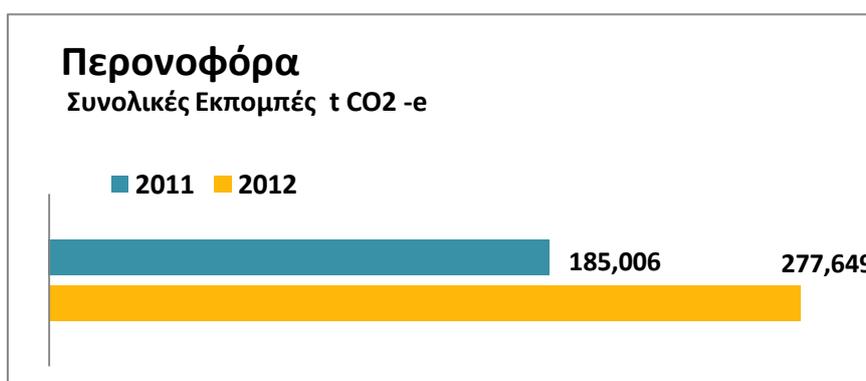
Διάγραμμα 8.3 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ από τον λιμενικό γερανό για το 2011 και 2012

Ο λιμενικός γερανός δεν έχει μεγάλη κατανάλωση καυσίμων καθώς δεν χρησιμοποιείται συχνά στον προβλήτα, αλλά λειτουργεί σαν εφεδρικός και για τις περιπτώσεις φορτοεκφορτώσεων μικρών πλοίων σε ειδική θέση παραβολής.

Περονοφόρα

Δεδομένα δραστηριότητας: Ετήσια κατανάλωση καυσίμου για κάθε περονοφόρο ανυψωτικό, σε L
Τύπος καυσίμου: Πετρέλαιο κίνησης – ντίζελ
Συντελεστές εκπομπών: Οι συντελεστές εκπομπών προσδιορίστηκαν με βάση τον τύπο καυσίμου για μη οδικό εξοπλισμό. (Πίνακας Α-7) [Table A-6, U.S.EPA, 2004]

Οι συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ για το σύνολο των περονοφόρων, όπως προέκυψαν από του υπολογισμούς (Πίνακας Α-8 και Α-9) φαίνονται στο Διάγραμμα 8.4 και είναι για τα δύο έτη υπολογισμού:



Διάγραμμα 8.4 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ από περονοφόρα για το 2011 και 2012

Ο αριθμός των περονοφόρων δεν αυξήθηκε για το 2012. Η αύξηση των συνολικών εκπομπών σχετίζεται με την αύξηση της ετήσιας διακίνησης φορτίου, με αποτέλεσμα τις περισσότερες ώρες λειτουργίας των μηχανημάτων για την εξυπηρέτηση των αντίστοιχων αυξημένων αναγκών.

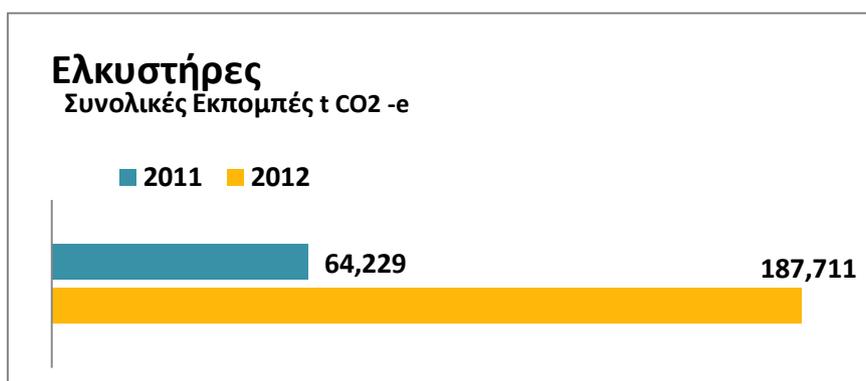
Ελκυστήρες

Δεδομένα δραστηριότητας: Ετήσια κατανάλωση καυσίμου για κάθε ελκυστήρα, σε L

Τύπος καυσίμου: Πετρέλαιο κίνησης – ντίζελ

Συντελεστές εκπομπών: Οι συντελεστές εκπομπών προσδιορίστηκαν με βάση τον τύπο καυσίμου για βαρέως τύπου αρθρωτά φορτηγά. (Πίνακας A-10)
[Table 10 & 11, GHG Protocol, 2012]

Οι συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ για τους ελκυστήρες, όπως προέκυψαν από του υπολογισμούς (Πίνακας A-11 και A-12) φαίνονται στο Διάγραμμα 8.5.



Διάγραμμα 8.5 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ από ελκυστήρες για το 2011 και 2012

Οι συνολικές εκπομπές από την κατανάλωση των ελκυστήρων για το 2012 είναι αρκετά υψηλότερες, καθώς για το 2011 λειτούργησαν μόνο δύο, ενώ για το 2012 προστέθηκαν άλλοι έξι στον στόλο των ελκυστήρων.

Οχήματα κατανάλωσης βενζίνης

Δεδομένα δραστηριότητας: Ετήσια κατανάλωση καυσίμου για κάθε ελκυστήρα, σε L

Τύπος καυσίμου: Βενζίνη

Συντελεστές εκπομπών: Οι συντελεστές εκπομπών π`ροσδιορίστηκαν με βάση τον τύπο καυσίμου και το έτος μοντέλου για επιβατικά οχήματα. (Πίνακας A-13)
[Table 10 & 11, GHG Protocol, 2012]

Οι συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ για οχήματα που καταναλώνουν βενζίνη, όπως προέκυψαν από του υπολογισμούς (Πίνακας A-14 και A-15) φαίνονται στο Διάγραμμα 8.6.



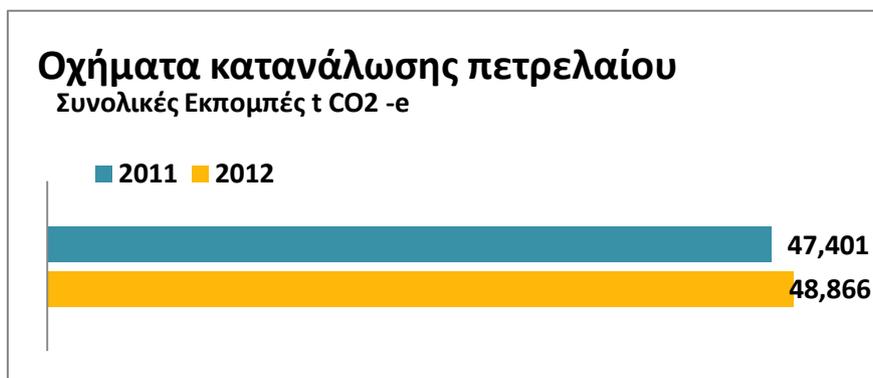
Διάγραμμα 8.6 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ από οχήματα κατανάλωσης βενζίνης για το 2011 και 2012

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα, οι συνολικές εκπομπές των επιβατικών οχημάτων που καταναλώνουν βενζίνη προκύπτουν αρκετά υψηλότερες για το 2012, με βάση και τις αντίστοιχες καταναλώσεις καυσίμων. Η διαφορά στις εκπομπές οφείλεται στο γεγονός ότι το 2011 για πλήθος μετακινήσεων χρησιμοποιούνταν τα ιδιωτικά οχήματα του προσωπικού, ενώ στον στόλο των οχημάτων προστέθηκε ένα ακόμα όχημα. Η υψηλή αύξηση μπορεί να οφείλεται επίσης σε αυξημένες εξωτερικές μετακινήσεις του προσωπικού του Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων μέσα στο 2012.

Οχήματα κατανάλωσης πετρελαίου κίνησης

Δεδομένα δραστηριότητας: Ετήσια κατανάλωση καυσίμου για κάθε όχημα, σε L
Τύπος καυσίμου: Πετρέλαιο κίνησης
Συντελεστές εκπομπών: Οι συντελεστές εκπομπών προσδιορίστηκαν με βάση τον τύπο καυσίμου και το έτος μοντέλου για μεγάλα επιβατικά οχήματα. (Πίνακας A-16)
[Table 10 & 11, GHG Protocol, 2012]

Οι συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ για οχήματα που καταναλώνουν πετρέλαιο κίνησης, όπως προέκυψαν από του υπολογισμούς (Πίνακας A-17 και A-18) φαίνονται στο Διάγραμμα 8.7.



Διάγραμμα 8.7 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ από οχήματα κατανάλωσης πετρελαίου για το 2011 και 2012

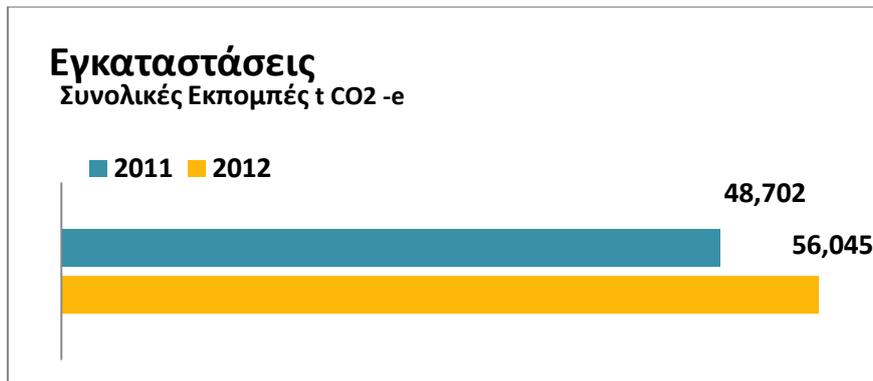
Οι καταναλώσεις καυσίμων και αντίστοιχα οι εκπομπές από τα οχήματα που καταναλώνουν πετρέλαιο κίνησης διατηρήθηκαν στα ίδια επίπεδα για το 2011 και το 2012.

8.4.1.2. Σταθερές πηγές εκπομπών

Τα κτίρια του Σ.ΕΜΠΟ περιλαμβάνουν τα κτίρια των γραφείων και τα κτίρια των συνεργείων A7 και B6. Οι άμεσες εκπομπές για την θέρμανση των κτιρίων αυτών προκύπτουν από την κατανάλωση καυσίμου από τους λέβητες. Για τον υπολογισμό των εκπομπών αυτών τα στοιχεία δόθηκαν από την Τεχνική Υπηρεσία σε μορφή ετήσιων καταναλώσεων από την κύρια δεξαμενή τροφοδοσίας.

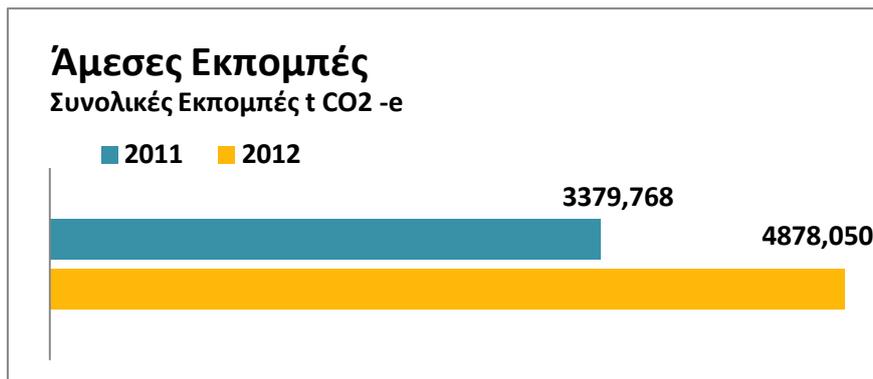
Δεδομένα δραστηριότητας: Ετήσια κατανάλωση καυσίμου κάθε κτιρίου σε L
Τύπος καυσίμου: Πετρέλαιο θέρμανσης
Συντελεστές εκπομπών: Οι συντελεστές εκπομπών προσδιορίστηκαν με βάση τον τύπο καυσίμου και ανά μονάδα όγκου καυσίμου (Πίνακας A-19)
[Table 1,2 & 3, GHG Protocol, 2012]

Οι συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ από τις κτιριακές εγκαταστάσεις, όπως προέκυψαν από του υπολογισμούς (Πίνακας A-20 και A-21) φαίνονται στο Διάγραμμα 8.8.



Διάγραμμα 8.8 Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ από κτιριακές εγκαταστάσεις για το 2011 και 2012

Με βάση τους παραπάνω υπολογισμούς για όλες τις κατηγορίες των άμεσων πηγών εκπομπών, κινητών (εξοπλισμός και οχήματα) και σταθερών (εγκαταστάσεις), προκύπτουν οι συνολικές εκπομπές των άμεσων εκπομπών όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 8.9.



Διάγραμμα 8.9 Συνολικές άμεσες εκπομπές ισοδύναμου CO₂ για το 2011 και 2012

8.4.2. Έμμεσες εκπομπές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας δόθηκε για την συνολική ηλεκτροδότηση του Σ.ΕΜΠΟ, το οποίο δεν επιτρέπει τον διαχωρισμό της κατανάλωσης στα διαφορετικά σημεία τροφοδότησης, ώστε να γίνει διαχωρισμός των έμμεσων εκπομπών της 2^{ης} κατηγορίας για την κατανάλωση ενέργειας από τις κτιριακές εγκαταστάσεις του Σ.ΕΜΠΟ και της 3^{ης} κατηγορίας για την κατανάλωση από τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό.

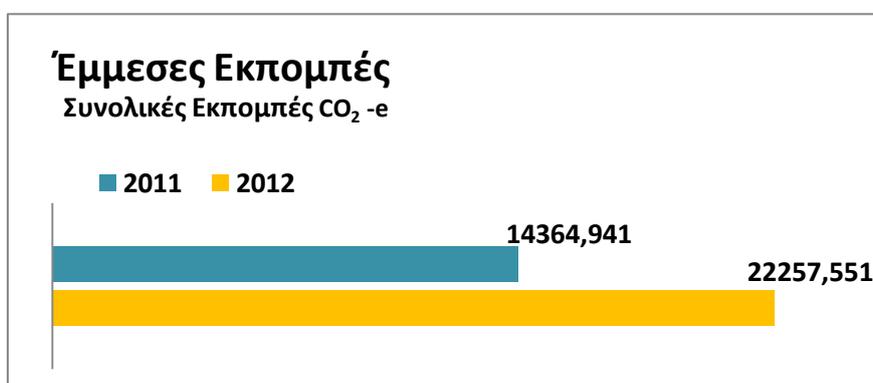
Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας προσδιορίστηκε με βάση την συνολική κατανάλωση του υποσταθμού που τροφοδοτεί συνολικά τον Σ.ΕΜΠΟ. Τα στοιχεία δόθηκαν σε μηνιαίες καταναλώσεις με βάση τους λογαριασμούς για τον Υποσταθμό

10, που αντιστοιχεί στις καταναλώσεις του Σ.ΕΜΠΟ. Οι εκπομπές υπολογίστηκαν μόνο για το CO₂ όπως προτείνεται από τον οδηγό του *GHG Protocol 2007*.

Δεδομένα δραστηριότητας: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τον υποσταθμό του Σ.ΕΜΠΟ, σε kWh

Συντελεστές εκπομπών: Ο συντελεστής εκπομπών αναφέρεται στο 2009 για την Ελλάδα, με βάση τον τύπο καυσίμου που χρησιμοποιείται στους σταθμούς για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. (Πίνακας A-22)
[Table 9, *GHG Protocol, 2012*]

Οι συνολικές έμμεσες εκπομπές CO₂ από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, όπως προέκυψαν από του υπολογισμούς (Πίνακας A-23 και A-24) για κάθε χρονιά, φαίνονται στο Διάγραμμα 8.10.

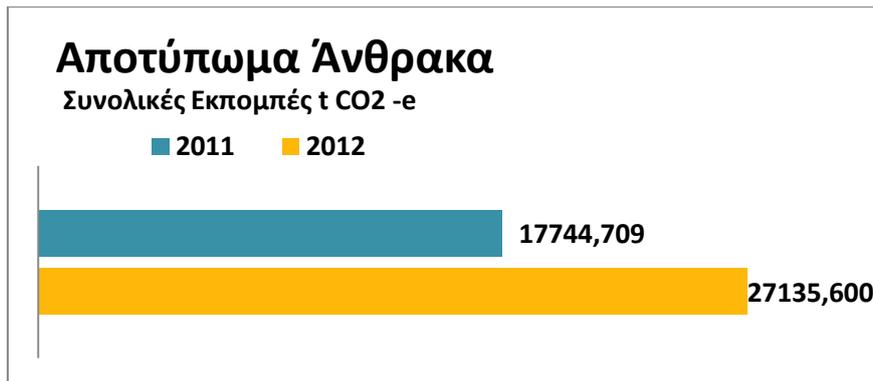


Διάγραμμα 8.10 Συνολικές έμμεσες εκπομπές ισοδύναμου CO₂ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για το 2011 και 2012

Η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε στο 2012 με αποτέλεσμα την αντίστοιχη αύξηση των έμμεσων εκπομπών CO₂, όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα.

8.4.3. Συνολικές εκπομπές

Οι συνολικές εκπομπές από την κατανάλωση καυσίμων του Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων προκύπτουν αθροιστικά από κάθε κατηγορία πηγών εκπομπών, και με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζεται τελικά και το αποτύπωμα άνθρακα του Σ.ΕΜΠΟ. Οι ετήσιες συνολικές εκπομπές φαίνονται στο Διάγραμμα 8.11.

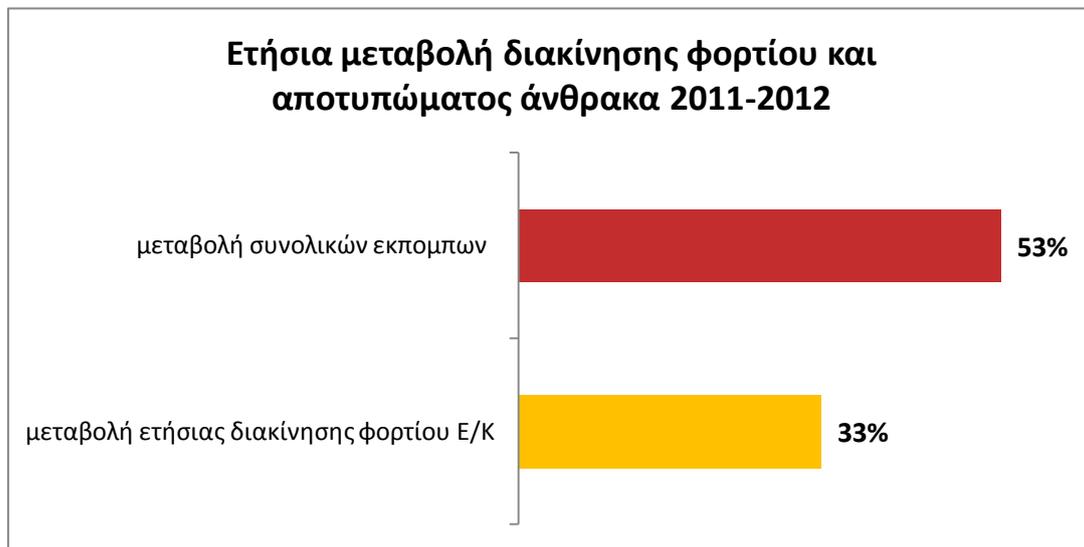


Διάγραμμα 8.11 Αποτύπωμα άνθρακα Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων για το 2011 και 2012

Με βάση τις ετήσιες συνολικές εκπομπές, και όπως επισημάνθηκε και για κάθε πηγή εκπομπών, υπάρχει μία αύξηση των εκπομπών από το 2011 στο 2012.

8.5. Σχολιασμός και σύγκριση αποτελεσμάτων

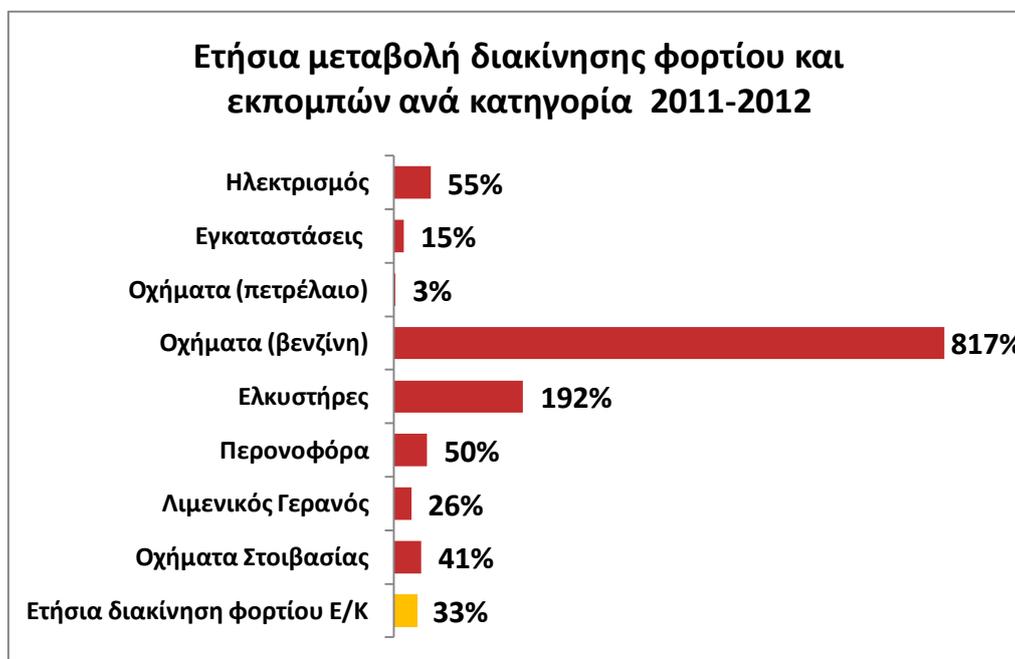
Με βάση τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρατηρείται μια ετήσια αύξηση από 2011 στο 2012. Η αύξηση μεταξύ αυτών των δύο χρονικών περιόδων σχετίζεται με την αύξηση ετήσιας διακίνησης φορτίου. Η ετήσια αύξηση διακίνησης φορτίου Ε/Κ αυξήθηκε κατά 0,33% για το 2012, ενώ οι συνολικές εκπομπές κατά 0,53% αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 8.12.



Διάγραμμα 8.12 Ετήσια μεταβολή διακίνησης φορτίου και αποτυπώματος άνθρακα 2011-2012

Η αύξηση των εκπομπών που παρατηρείται σε όλες τις κατηγορίες εκπομπών, και των άμεσων και των έμμεσων, φαίνεται συγκριτικά στο Διάγραμμα 8.13. Η αύξηση των εκπομπών από τα οχήματα κατανάλωσης βενζίνης, δεν σχετίζεται άμεσα με την αύξηση της ετήσιας διακίνησης, σε αντίθεση με αυτή των μηχανημάτων και των

εξοπλισμών. Έτσι η αύξηση αυτή, τάξης του 8%, είναι δυσανάλογη με αυτή της ετήσιας διακίνησης. Επίσης στην περίπτωση των οχημάτων κατανάλωσης πετρελαίου παρατηρείται πολύ μικρή αύξηση σε σχέση με την ετήσια διακίνηση, καθώς η χρήση τους σχετίζεται με την μετακίνηση του προσωπικού στον λιμένα και την μεταφορά καυσίμων.



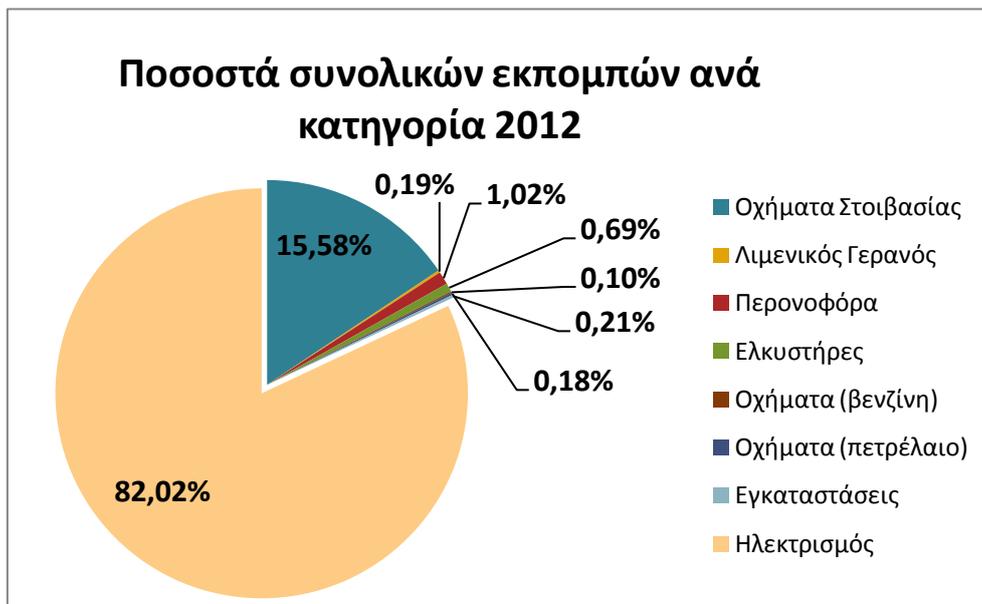
Διάγραμμα 8.13 Ετήσια μεταβολή διακίνησης φορτίου και εκπομπών ανά κατηγορία 2011-2012

Με βάση τα αποτελέσματα των υπολογισμών των συνολικών εκπομπών φαίνεται η συμβολή των άμεσων και των έμμεσων εκπομπών στο αποτύπωμα άνθρακα, όπως αναπαρίσταται και σχηματικά στο Διάγραμμα 8.14 και 8.15, για το 2011 και το 2012 αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό, γύρω στο 80%, αντιστοιχεί στις έμμεσες εκπομπές λόγω κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο ηλεκτρικός εξοπλισμός του Σ.ΕΜΠΟ περιλαμβάνει επτά γερανογέφυρες φορτοεκφόρτωσης των Ε/Κ και οκτώ γερανογέφυρες (RMGs), οι οποίες τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια από τον προβλήτα και λειτουργούν 24 ώρες το 24ωρο για την εξυπηρέτηση του Σ.ΕΜΠΟ. Ο εξοπλισμός αυτός διαθέτει πλήθος ηλεκτρικών κινητήρων για να πραγματοποιεί τις βασικές κινήσεις χειρισμού των Ε/Κ, όπως φαίνεται και από τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά στο Παράρτημα Β, καθώς και μικρότερους κινητήρες για αναβατόρια, φωτισμό και συστήματα κλιματισμού. Η λειτουργία των εξοπλισμών αυτών, καθώς και ο φωτισμός των εξωτερικών χώρων, έχει ως αποτέλεσμα τα μεγάλα ποσοστά έμμεσων εκπομπών. Παρατηρείται λοιπόν ότι οι έμμεσες εκπομπές κατανάλωσης ενέργειας έχουν σημαντική συμβολή στο αποτύπωμα άνθρακα, και είναι καθοριστικός ο υπολογισμός τους.



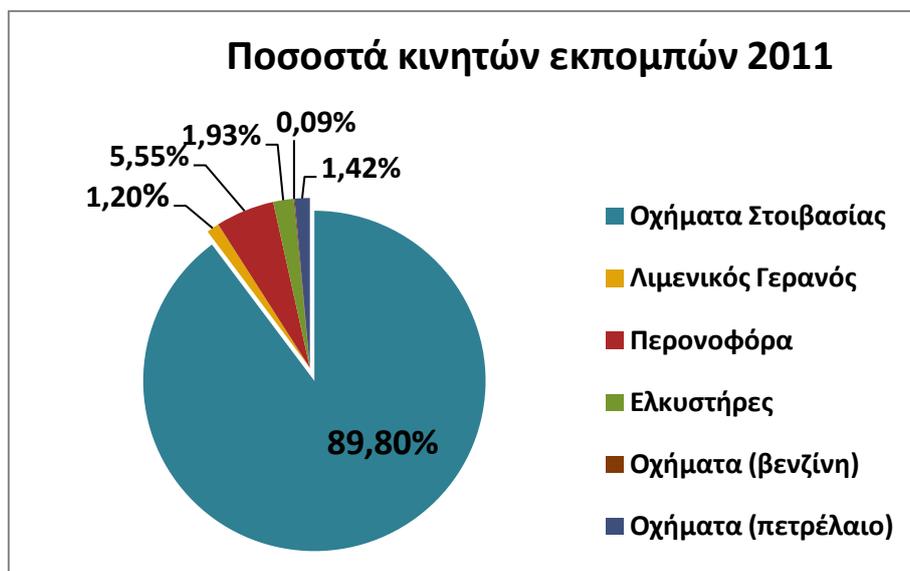
Διάγραμμα 8.14 Ποσοστά συνολικών εκπομπών για το 2011 ανά κατηγορία



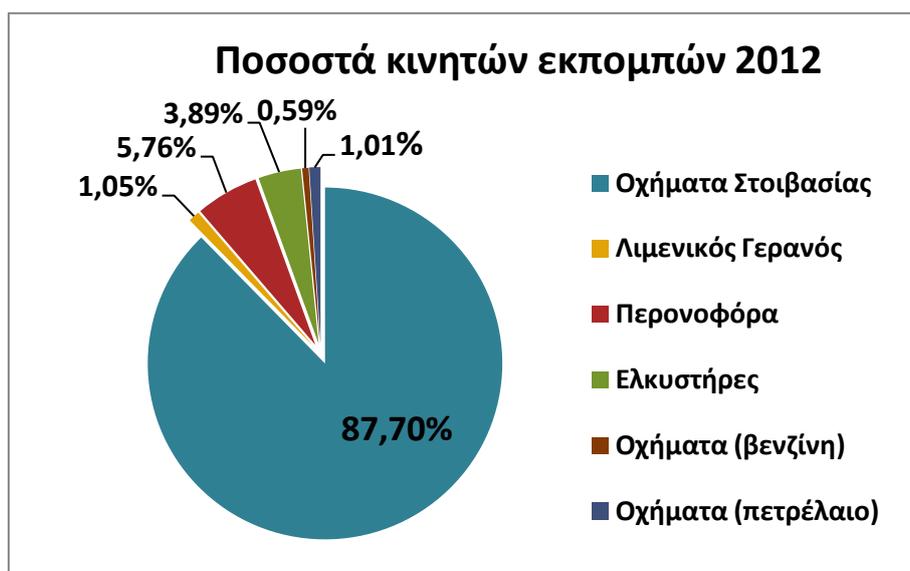
Διάγραμμα 8.15 Ποσοστά συνολικών εκπομπών για το 2012 ανά κατηγορία

Για τις συνολικές άμεσες εκπομπές από τις κινητές πηγές, παρατηρείται ότι σχεδόν το 90% προέρχεται από την κατανάλωση των οχημάτων στοιβασίας, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 8.14 και 8.15. Τα οχήματα αυτά μετακινούν και χειρίζονται τα Ε/Κ από τις γερανογέφυρες της ακτής στις τροχοφόρες γερανογέφυρες για την αποθήκευσή τους, καθώς και για την φορτοεκφόρτωση τους στους ελκυστήρες και στα φορτηγά μεταφορών Ε/Κ, και είναι μηχανήματα μεγάλης ανυψωτικής ικανότητας και ονομαστικής ισχύος. Επίσης η συμβολή των οχημάτων είναι πολύ

μικρή σε σχέση με αυτή των εξοπλισμών του λιμένα. Το μικρό ποσοστό του λιμενικού γερανού οφείλεται όπως αναφέρθηκε στην όχι και τόσο συχνή του χρήση.

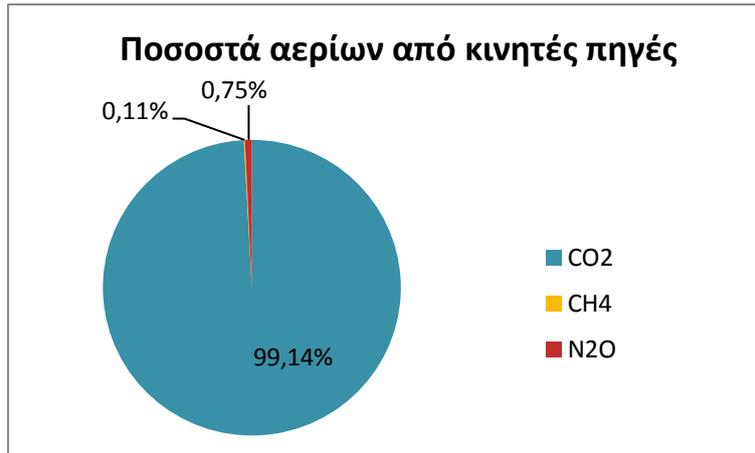


Διάγραμμα 8.16 Ποσοστά συνολικών εκπομπών από τις κινητές πηγές για το 2011 ανά κατηγορία



Διάγραμμα 8.17 Ποσοστά συνολικών εκπομπών από τις κινητές πηγές για το 2012 ανά κατηγορία

Με βάση τους πίνακες υπολογισμών για κάθε εξοπλισμό, όχημα και για την κατανάλωση των εγκαταστάσεων που παρατίθενται στο Παράρτημα Α, παρατηρείται και η συμβολή των αερίων στο αποτύπωμα του άνθρακα. Το ποσοστό των εκπομπών από το μεθάνιο (CH₄) και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) είναι πάρα πολύ μικρό σε σχέση με αυτό του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), όπως φαίνεται και από τους συντελεστές εκπομπών. Ενδεικτικά για τις κινητές πηγές οι εκπομπές ισοδύναμου CO₂ από το CH₄ και το N₂O είναι τάξης μικρότερης του 1%, όπως φαίνεται και στο Διαγράμματα 8.16.



Διάγραμμα 8.18 Ποσοστά συμβολής αερίων στις συνολικές εκπομπές κινητών πηγών

Οι συνολικές εκπομπές αερίων θα προέκυπταν σαφώς μεγαλύτερες αν στον υπολογισμό του αποτυπώματος συμπεριλαμβάνονταν και οι εκπομπές από τον ελλιμενισμό των πλοίων, ως έμμεσες εκπομπές (Score 3). Οι εκπομπές από τους κινητήρες των πλοίων κατά τον ελλιμενισμό τους συμβάλλουν σημαντικά στις συνολικές εκπομπές, αποτελώντας το μεγάλο ποσοστό εκπομπών στο αποτύπωμα άνθρακα ενός λιμένα, παρότι έμμεσα σχετιζόμενες με τον λιμένα.

Η έλλειψη στοιχείων για τον υπολογισμό των εκπομπών των εξοπλισμών με βάση τις ώρες λειτουργίας και την ονομαστική ισχύ των μηχανημάτων δεν επιτρέπει την σύγκριση των δύο μεθόδων και την ανάδειξη των πιθανών παρεμβάσεων βελτίωσης της λειτουργίας των μηχανημάτων. Η μέθοδος υπολογισμού που χρησιμοποιήθηκε αποτελεί μια προσέγγιση, η οποία δεν επιτρέπει την αναγνώριση της συμβολής του κάθε τύπου εξοπλισμού και οχήματος στις συνολικές εκπομπές. Με αυτόν τον τρόπο δεν είναι εφικτή η συσχέτιση των συνολικών εκπομπών με την ένταση της δραστηριότητας.

9. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

9.1. Σύνοψη

Στα πλαίσια της ανάγκης για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών είναι καθοριστικός ο ρόλος του λιμένα ως κόμβος της αλυσίδας μεταφορών και ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα αποτελεί δείκτη της περιβαλλοντικής επίδοσης του λιμένα για τις επιπτώσεις του στο περιβάλλον σε παγκόσμιο επίπεδο. Με αυτό τον τρόπο ο υπολογισμός του αποτυπώματος άνθρακα αποτελεί ένα εργαλείο της περιβαλλοντικής διαχείρισης των λιμένων.

- Αρχικά από την βιβλιογραφική διερεύνηση που διεξάχθηκε για το αποτύπωμα άνθρακα, προέκυψε ότι η πιο κοινή και απλή μέθοδος υπολογισμού του αποτυπώματος άνθρακα βασίζεται σε μία βασική εξίσωση που συνδυάζει το μέγεθος κάποια δραστηριότητας (AD) που προκαλεί τις εκπομπές με έναν αντίστοιχο συντελεστή εκπομπών (EF) σε μονάδες ανά μέγεθος δραστηριότητας. Η βασική αυτή εξίσωση υπολογισμού είναι: $E = AD \cdot EF$
Οι διαφορετικές μέθοδοι υπολογισμού των εκπομπών σχετίζονται με τα διαφορετικά διαθέσιμα δεδομένα δραστηριότητας και αντίστοιχα με τους διαφορετικούς συντελεστές εκπομπών που μπορούν να ληφθούν με βάση το επίπεδο ακρίβειας.

Στον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα σε λιμένα μπορούν να περιληφθούν οι εξής πηγές εκπομπών:

- οχήματα της λιμενικής αρχής
- κτιριακές εγκαταστάσεις του λιμένα
- εξοπλισμός διακίνησης φορτίου
- φορτηγά και σιδηροδρομικοί συρμοί
- λιμενικά σκάφη

- πλοία
- κατασκευαστικός εξοπλισμός
- οχήματα προσωπικού για την προσέλευση στο λιμένα
- κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας
- Για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα σε έναν λιμένα, το μέγεθος των συνολικών εκπομπών εξαρτάται από το ποιες πηγές εκπομπών θα συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς. Η επιλογή των δραστηριοτήτων μιας απογραφής εκπομπών για έναν λιμένα εξαρτάται από (α) τον σκοπό για τον οποίο γίνεται η απογραφή, (β) τους διαθέσιμους πόρους των απαραίτητων πληροφοριών για την απογραφή και (γ) το χρονικό πλαίσιο μέσα στο οποίο πρέπει να αναπτυχθεί η απογραφή.
- το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών αερίων σε έναν λιμένα, αποτελούν οι έμμεσες εκπομπές της 3ης κατηγορίας εκπομπών (Score 3), οι οποίες δεν ελέγχονται άμεσα από την λιμενική αρχή. Για την ανάπτυξη λοιπόν μια ολοκληρωμένης απογραφής για τις εκπομπές ενός λιμένα κρίνεται αναγκαία η συνεργασία και των υπόλοιπων μερών που συμμετέχουν στην εφοδιαστική αλυσίδα, καθώς και για την από κοινού αντιμετώπιση μείωσης των αντίστοιχων εκπομπών.

Για τις δραστηριότητες ενός λιμένα οι διάφορες μέθοδοι υπολογισμού των εκπομπών βασίζονται στις διαφορετικές προσεγγίσεις που μπορούν να γίνουν σε μια απογραφή ανάλογα με την επιθυμητή ακρίβεια και οι ακριβέστεροι μέθοδοι σχετίζονται με την ανάδειξη των πιθανών παρεμβάσεων για μέτρα μείωσης των εκπομπών. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται ότι:

- η μέθοδος υπολογισμού με βάση την κατανάλωση καυσίμου για τις εκπομπές του εξοπλισμού διακίνησης φορτίου δεν επιτρέπει την αναγνώριση των πιθανών σημείων παρέμβασης που μπορούν να γίνουν στους εξοπλισμούς. Αντίθετα με την συσχέτιση από τις ώρες λειτουργίας και το έτος κατασκευής του κινητήρα, το οποίο αναδεικνύει και τις τεχνολογίας ελέγχου εκπομπών, μπορούν να γίνουν αλλαγές στους εξοπλισμούς
- οι εκπομπές από τα φορτηγά και τις μηχανές των σιδηροδρομικών συρμών η μέθοδος υπολογισμού με βάση την ισχύ των κινητήρων τους και τις ώρες λειτουργίας σε κάθε περιοχή όπου μετακινούνται, αποτελεί πιο ακριβή μέθοδο, καθώς είναι δυνατή η αναγνώρισή των σημείων όπου παρατηρούνται μεγάλοι χρόνοι αναμονής και η αντιμετώπισή τους
- οι εκπομπές από τα σκάφη και τα ποντοπόρα πλοία αποτελούν περίπλοκη κατηγορία εκπομπών, καθώς εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους, όπως το τύπο πλοίου και φορτίου που μεταφέρουν, την διαμόρφωση των συστημάτων τροφοδοσίας ενέργειας και των κινητήρων, και τέλος των διαφορετικών τρόπων λειτουργίας τους ανάλογα με την περιοχή πλεύσης.

9.2. Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της εφαρμογής για τον Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων, όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα των υπολογισμών και την σύγκριση τους, μπορούν να διεξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- με βάση τα ποσοστά των συνολικών εκπομπών ανά κατηγορία εκπομπών, οι έμμεσες εκπομπές κατανάλωσης ενέργειας αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό. Με αυτό τον τρόπο έχουν σημαντική συμβολή στο αποτύπωμα άνθρακα και είναι καθοριστικός ο υπολογισμός τους.
- με βάση τα ποσοστά συμβολής των αερίων στις συνολικές εκπομπές, το ποσοστό των εκπομπών από το μεθάνιο (CH₄) και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) είναι πάρα πολύ μικρό (1%) σε σχέση με αυτό του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).
- με βάση τα ποσοστά συμβολής των εξοπλισμών και των οχημάτων στις συνολικές εκπομπές από τις κινητές πηγές παρατηρείται ότι σε έναν εμπορικό λιμένα όπως ήταν αναμενόμενο το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών προέρχονται από τα οχήματα στοιβάσις, τα οποία πραγματοποιούν την φορτοεκφόρτωση των Ε/Κ και είναι μηχανήματα μεγάλης ανυψωτικής ικανότητας και ονομαστικής ισχύος.

9.3. Προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση

Με βάση την παρούσα διπλωματική εργασία θα παρουσίαζε ενδιαφέρον να γίνει περαιτέρω διερεύνηση στα πλαίσια της εφαρμογής υπολογισμού αποτυπώματος άνθρακα σε λιμένα:

- να επιδιωχθεί ο υπολογισμός των εκπομπών από τις έμμεσες εκπομπές της 3^{ης} κατηγορίας εκπομπών (Scope 3), κυρίως αυτών που προέρχονται από τον ελλιμενισμό των πλοίων, που αποτελούν μέρη της εφοδιαστικής αλυσίδας, και στη συνέχεια να αναδειχθεί η συμβολή τους στις συνολικές εκπομπές ενός λιμένα.
- να γίνει εφαρμογή υπολογισμού εκπομπών της ακτοπλοϊκής δραστηριότητας του Πειραιά και να γίνει σύγκριση του αποτυπώματος άνθρακα και σχολιασμός σε σχέση με το αποτύπωμα της εμπορευματικής δραστηριότητας.

Επίσης στα πλαίσια των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της περιβαλλοντικής διαχείρισης ενός λιμένα, να γίνει μια διερεύνηση και υπολογισμός για τις εκπομπές αερίων των λιμενικών δραστηριοτήτων, τα οποία επιβαρύνουν περιβαλλοντικά τον λιμένα σε τοπικό επίπεδο, και να αναδειχθεί στη συνέχεια η διαφορετική συμβολή κάθε δραστηριότητας σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο.

10.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Εταιρεία Ναυπηγών και Ναυτικών Μηχανολόγων Η.Π.Α, 1999. *Μέθοδος προμελέτης ναυτικών συστημάτων με κινητήρες diesel*, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα.

ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας), 2006. *Οδηγός εφαρμογής του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών στην Ελλάδα*, Μάρτιος 2006.

Χλωμούδης Κ., 2001. *Οργάνωση και διοίκηση Λιμένων*, εκδ. ΤΖΕΪ & ΤΖΕΪ ΕΛΛΑΣ, Πειραιάς.

C. Trozzi and R. Vaccaro, 2000. *Environmental impact of port activities, Maritime Engineering and Ports II*, WIT Press.

Carbon Trust, 2008. *Guide to PAS 2050 How to assess the carbon footprint of goods and services*, BSI.

Carbon Trust, 2012. *Carbon footprinting*, CTV043, March 2012.

Cooper D. and Gustafsson T., 2004. *Methodology for Calculating Emissions from Ships: 1.Update on Emission Factor*, Report series for SMED and SMED&SLU, SMHI.

ECCM (Edinburgh Centre for Carbon Management) 2008. *The Edinburgh Centre for Carbon Management, Report: What is Carbon Footprint?* ECCM-EM-483-2007, February 2008.

- EEA (European Environment Agency), 2012. *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2012 - Tracking progress towards Kyoto and 2020 target*, Report No 6/2012.
- ENTEC, 2002. *Quantification of Emissions from Ships Associated with Ship Movements between Ports in the European Community*, Final Report, July 2002.
- ESPO (European Sea Ports Organisation) 2012. *ESPO Green Guide: Towards excellence in port environmental management and sustainability*.
- GHG Protocol (WRI/WBCSD GHG Protocol Initiative), 2005b. *Calculating HFC and PFC Emissions from the Manufacturing, Installation, Operation and Disposal of Refrigeration & Air-conditioning Equipment*, Version 1.0.
- GHG Protocol (WRI/WBCSD GHG Protocol Initiative), 2006. *A Corporate Accounting and Reporting Standard*, Revised Edition.
- GHG Protocol (WRI/WBCSD GHG Protocol Initiative), 2007. *Indirect CO2 Emissions from the Consumption of Purchased Electricity, Heat, and/or Steam: Guide to Calculation Worksheets*, Version 1.2.
- GHG Protocol 2005a. WRI/WBCSD GHG Protocol Initiative, *Direct Emissions from Stationary Combustion: Guide to Calculation Worksheets*, Version 3.0.
- GHG Protocol WRI/WBCSD GHG Protocol Initiative, 2012. *Emission Factors from Cross Sector Tools*.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1: General Guidance and Reporting*.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy*.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kyoto Protocol 1998. United Nations Framework Convention on Climate Change, *Kyoto Protocol*.

- Paipai E., 1999. *Guidelines for Port Environmental Management*, Report SR 554, November 1999.
- Pandey D., Agrawa M. & Pandey J.S., 2010. *Carbon footprint: current methods of estimation*, Springer Science+Business Media B.V.
- POST (Parliamentary Office of Science and Technology), 2006. *Carbon footprint of electricity generation*, Number 268.
- The Climate Registry, 2008. *General Reporting Protocol*, Version 1.1, May 2008.
- U.S.EPA (U.S. Environmental Protection Agency), 2004. *Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance*.
- U.S.EPA (U.S. Environmental Protection Agency), 2009. *Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories*, Final Report.
- U.S.EPA (U.S. Environmental Protection Agency), 2010. United States Environmental Protection Agency Office of Atmospheric Programs, *Methane and Nitrous Oxide Emissions From Natural Sources*, EPA 430-R-10-001.
- V. Carbone and M. de Martino, 2003. *The changing role of ports in supply-chain management: an empirical analysis*, MARIT.POL. MGMT.
- Wackernagel, M., and Rees, 1996. *Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth*. Gabriola Island: New Society Publishers.
- Wiedmann, T., and Minx, J., 2007. *A definition of carbon footprint*. ISAUK Research Report 07-01, Durham, ISAUK Research & Consulting.
- WPCI (World Ports Climate Initiative) 2010. *Carbon Footprinting for Ports Guidance Document*.
- Wright, L.; Kemp, S., Williams, I., 2011. 'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition, *Carbon Management* 2 (1): pp. 61–72.

Ιστοσελίδες

<http://www.olp.gr>, (ΟΛΠ – Οργανισμός Λιμένος Πειραιά)

<http://www.footprintnetwork.org> , (Global Footprint Network)

<http://europa.eu.int/comm/environment/climat/emission.htm> , (European Commission)

<http://www.eea.europa.eu> ,(EEA – European Environment Agency)

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu> , (EUROSTAT)

<http://www.ipcc.ch>, (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC)

<http://unfccc.int/2860.php> , (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC)

<http://www.epa.gov/> , (U.S. Environmental Protection Agency – U.S.EPA)

<http://www.ghgprotocol.org/>, (GHG Protocol)

<http://www.espo.be/> , (European Sea Ports Organisation – ESPO)

<http://www.esrl.noaa.gov> , (NOAA Earth System Research Laboratory)

<http://wpci.iaphworldports.org/> , (World Ports Climate Initiative – WPCI)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΤΟΙΒΑΣΙΑΣ (ΟΣΜΕ)

Πίνακας Α. 1 Συντελεστές εκπομπών για οχήματα στοιβασίας

CO ₂	2,693	kg CO ₂ /L
CH ₄	0,153	g CH ₄ /L
N ₂ O	0,069	g N ₂ O/L

Πίνακας Α. 2 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για οχήματα στοιβασίας 2011

2011						
Όνομα Οχήματος	Αριθμός ΟΛΠ	Έτος μοντέλου κινητήρα	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
ΟΣΜΕ	1	2009	96830	260,7632	0,0148	0,0067
ΟΣΜΕ	2	2009	91660	246,8404	0,0140	0,0063
ΟΣΜΕ	3	2009	97600	262,8368	0,0149	0,0067
ΟΣΜΕ	4	2009	93065	250,6240	0,0142	0,0064
ΟΣΜΕ	5	2009	86153	232,0100	0,0132	0,0059
ΟΣΜΕ	6	2009	96016	258,5711	0,0147	0,0066
ΟΣΜΕ	7	2009	90741	244,3655	0,0139	0,0063
ΟΣΜΕ	8	2009	93046	250,5729	0,0142	0,0064
ΟΣΜΕ	9	2009	98992	266,5855	0,0151	0,0068
ΟΣΜΕ	10	2009	92241	248,4050	0,0141	0,0064
ΟΣΜΕ	11	2001	42571	114,6437	0,0065	0,0029
ΟΣΜΕ	12	2001	43497	117,1374	0,0067	0,0030
ΟΣΜΕ	13	2001	40088	107,9570	0,0061	0,0028
ΟΣΜΕ	14	2001	38241	102,9830	0,0059	0,0026
ΟΣΜΕ	15	2001	-	-	-	-
ΟΣΜΕ	16	2001	-	-	-	-
ΟΣΜΕ	17	2001	-	-	-	-
ΟΣΜΕ	18	2012	-	-	-	-
ΟΣΜΕ	19	2012	-	-	-	-
ΟΣΜΕ	20	2012	-	-	-	-
ΟΣΜΕ	21	2012	-	-	-	-
Σύνολο				2964,296	0,168	0,076
Σύνολο (t CO ₂ -e)				2964,296	3,537	23,545

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

2991,377

Πίνακας Α. 3 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για οχήματα στοιβασίας 2012

2012						
Όνομα Οχήματος	Αριθμός ΟΛΠ	Έτος μοντέλου κινητήρα	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
ΟΣΜΕ	1	2009	113454	305,5316	0,0174	0,0078
ΟΣΜΕ	2	2009	100971	271,9149	0,0154	0,0070
ΟΣΜΕ	3	2009	103495	278,7120	0,0158	0,0071
ΟΣΜΕ	4	2009	114140	307,3790	0,0175	0,0079
ΟΣΜΕ	5	2009	112557	303,1160	0,0172	0,0078
ΟΣΜΕ	6	2009	105789	284,8898	0,0162	0,0073
ΟΣΜΕ	7	2009	106756	287,4939	0,0163	0,0074
ΟΣΜΕ	8	2009	112371	302,6151	0,0172	0,0078
ΟΣΜΕ	9	2009	111676	300,7435	0,0171	0,0077
ΟΣΜΕ	10	2009	115195	310,2201	0,0176	0,0079
ΟΣΜΕ	11	2001	80691	217,3009	0,0123	0,0056
ΟΣΜΕ	12	2001	75486	203,2838	0,0115	0,0052
ΟΣΜΕ	13	2001	77185	207,8592	0,0118	0,0053
ΟΣΜΕ	14	2001	68147	183,5199	0,0104	0,0047
ΟΣΜΕ	15	2001	36102	97,2227	0,0055	0,0025
ΟΣΜΕ	16	2001	28197	75,9345	0,0043	0,0019
ΟΣΜΕ	17	2001	35930	96,7595	0,0055	0,0025
ΟΣΜΕ	18	2012	16036	43,1849	0,0025	0,0011
ΟΣΜΕ	19	2012	9966	26,8384	0,0015	0,0007
ΟΣΜΕ	20	2012	17627	47,4695	0,0027	0,0012
ΟΣΜΕ	21	2012	14372	38,7038	0,0022	0,0010
Σύνολο				4190,693	0,238	0,107
Σύνολο (t CO ₂ -e)				4190,693	5,000	33,286

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

4228,979

ΛΙΜΕΝΙΚΟΣ ΓΕΡΑΝΟΣ

Πίνακας Α. 4 Συντελεστές εκπομπών για λιμενικό γερανό

CO ₂	2,693	kg CO ₂ /L
CH ₄	0,153	g CH ₄ /L
N ₂ O	0,069	g N ₂ O/L

Πίνακας Α. 5 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για τον λιμενικό γερανό 2011

2011						
Όνομα εξοπλισμού	Αριθμός ΟΛΠ	Έτος μοντέλου κινητήρα	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Λιμενικός Γερανός	-	2005	14706	39,60326	0,00225	0,00101
Σύνολο (t CO ₂ -e)				39,603	0,047	0,315

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

39,965

Πίνακας Α. 6 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για τον λιμενικό γερανό 2012

2012						
Όνομα εξοπλισμού	Αριθμός ΟΛΠ	Έτος μοντέλου κινητήρα	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Λιμενικός Γερανός	-	2005	18574	50,01978	0,00284	0,00128
Σύνολο (t CO ₂ -e)				50,020	0,060	0,397

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

50,477

ΠΕΡΟΝΟΦΟΡΑ

Πίνακας Α. 7 Συντελεστές εκπομπών για περονοφόρα

CO ₂	2,693	kg CO ₂ /L
CH ₄	0,153	g CH ₄ /L
N ₂ O	0,069	g N ₂ O/L

Πίνακας Α. 8 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για περονοφόρα 2011

2011						
Όνομα εξοπλισμού	Αριθμός ΟΛΠ	Έτος μοντέλου κινητήρα	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Περονοφόρο Έμφορτων	439	1986	1331	3,58438	0,00020	0,00009
Περονοφόρο Έμφορτων	441	1986	1265	3,40665	0,00019	0,00009
Περονοφόρο Έμφορτων	442	1986	396	1,06643	0,00006	0,00003
Περονοφόρο Έμφορτων	440	1986	695	1,87164	0,00011	0,00005
Περονοφόρο Έμφορτων	450	1986	1241	3,34201	0,00019	0,00009
Reach Staker	558	2004	3026	8,14902	0,00046	0,00021
Ανυψωτικό Κενών	543	1996	1163	3,13196	0,00018	0,00008
Ανυψωτικό Κενών	554	2007	7204	19,40037	0,00110	0,00050
Ανυψωτικό Κενών	555	2007	8324	22,41653	0,00127	0,00057
Ανυψωτικό Κενών	556	2007	12793	34,45155	0,00196	0,00088
Ανυψωτικό Κενών	557	2007	11136	29,98925	0,00170	0,00077
Περονοφόρο	492	1990	630	1,69659	0,00010	0,00004
Περονοφόρο	491	1990	434	1,16876	0,00007	0,00003
Περονοφόρο	489	1990	-	-	-	-
Περονοφόρο	485	1990	465	1,25225	0,00007	0,00003
Περονοφόρο	461	1990	604	1,62657	0,00009	0,00004
Περονοφόρο	467	1990	233	0,62747	0,00004	0,00002
Περονοφόρο	469	1990	262	0,70557	0,00004	0,00002
Περονοφόρο	479	1990	323	0,86984	0,00005	0,00002
Περονοφόρο	474	1990	206	0,55476	0,00003	0,00001
Περονοφόρο	459	1990	867	2,33483	0,00013	0,00006
Περονοφόρο	472	1990	-	-	-	-
Περονοφόρο	470	1990	305	0,82137	0,00005	0,00002
Περονοφόρο	466	1990	492	1,32496	0,00008	0,00003
Περονοφόρο	473	1990	50	0,13465	0,00001	0,00000
Περονοφόρο	475	1990	73	0,19659	0,00001	0,00001
Περονοφόρο	500	1990	827	2,22711	0,00013	0,00006
Περονοφόρο	501	1990	283	0,76212	0,00004	0,00002
Περονοφόρο	502	1990	742	1,99821	0,00011	0,00005
Περονοφόρο	503	1990	781	2,10323	0,00012	0,00005

Συνέχεια Πίνακα Α. 8 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για περονοφόρα 2011

2011

Όνομα εξοπλισμού	Αριθμός ΟΛΠ	Έτος μοντέλου κινητήρα	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Περονοφόρο	505	1990	1071	2,88420	0,00016	0,00007
Περονοφόρο	5	2003	1701	4,58079	0,00026	0,00012
Περονοφόρο	3	2003	1967	5,29713	0,00030	0,00014
Περονοφόρο	1	2003	2860	7,70198	0,00044	0,00020
Περονοφόρο	8	2003	2309	6,21814	0,00035	0,00016
Περονοφόρο	96	1989	14	0,03770	0,00000	0,00000
Περονοφόρο	92	1989	7	0,01885	0,00000	0,00000
Περονοφόρο	99	1992	738	1,98743	0,00011	0,00005
Περονοφόρο	91	1989	9	0,02424	0,00000	0,00000
Βοηθητικό Περονοφόρο	446	1988	-	-	-	-
Βοηθητικό Περονοφόρο	488	1990	353	0,95063	0,00005	0,00002
Βοηθητικό Περονοφόρο	460	1990	577	1,55386	0,00009	0,00004
Βοηθητικό Περονοφόρο	494	1990	209	0,56284	0,00003	0,00001
Βοηθητικό Περονοφόρο	497	1990	31	0,08348	0,00000	0,00000
Βοηθητικό Περονοφόρο	511	1990	80	0,21544	0,00001	0,00001
Σύνολο				183,331	0,010	0,005

Σύνολο (t CO₂ -e)

183,331	0,219	1,456
---------	-------	-------

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

185,006

Πίνακας Α. 9 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για περονοφόρα 2012

2012

Όνομα εξοπλισμού	Αριθμός ΟΛΠ	Έτος μοντέλου κινητήρα	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Περονοφόρο Έμφορτων	439	1986	2671	7,19300	0,00041	0,00018
Περονοφόρο Έμφορτων	441	1986	1939	5,22173	0,00030	0,00013
Περονοφόρο Έμφορτων	442	1986	1396	3,75943	0,00021	0,00010
Περονοφόρο Έμφορτων	440	1986	709	1,90934	0,00011	0,00005
Περονοφόρο Έμφορτων	450	1986	904	2,43447	0,00014	0,00006
Reach Staker	558	2004	23056	62,08981	0,00353	0,00159
Ανυψωτικό Κενών	543	1996	172	0,46320	0,00003	0,00001
Ανυψωτικό Κενών	554	2007	19408	52,26574	0,00297	0,00134
Ανυψωτικό Κενών	555	2007	9847	26,51797	0,00151	0,00068
Ανυψωτικό Κενών	556	2007	13455	36,23432	0,00206	0,00093
Ανυψωτικό Κενών	557	2007	7899	21,27201	0,00121	0,00055
Περονοφόρο	492	1990	278	0,74865	0,00004	0,00002
Περονοφόρο	491	1990	1433	3,85907	0,00022	0,00010
Περονοφόρο	489	1990	108	0,29084	0,00002	0,00001
Περονοφόρο	485	1990	340	0,91562	0,00005	0,00002
Περονοφόρο	461	1990	1262	3,39857	0,00019	0,00009
Περονοφόρο	467	1990	75	0,20198	0,00001	0,00001
Περονοφόρο	469	1990	-	-	-	-
Περονοφόρο	479	1990	-	-	-	-
Περονοφόρο	474	1990	-	-	-	-
Περονοφόρο	459	1990	1325	3,56823	0,00020	0,00009
Περονοφόρο	472	1990	285	0,76751	0,00004	0,00002
Περονοφόρο	470	1990	17	0,04578	0,00000	0,00000
Περονοφόρο	466	1990	564	1,51885	0,00009	0,00004
Περονοφόρο	473	1990	-	-	-	-
Περονοφόρο	475	1990	-	-	-	-
Περονοφόρο	500	1990	684	1,84201	0,00010	0,00005
Περονοφόρο	501	1990	-	-	-	-
Περονοφόρο	502	1990	-	-	-	-
Περονοφόρο	503	1990	470	1,26571	0,00007	0,00003
Περονοφόρο	505	1990	298	0,80251	0,00005	0,00002
Περονοφόρο	5	2003	2304	6,20467	0,00035	0,00016
Περονοφόρο	3	2003	1584	4,26571	0,00024	0,00011
Περονοφόρο	1	2003	3061	8,24327	0,00047	0,00021
Περονοφόρο	8	2003	2325	6,26123	0,00036	0,00016
Περονοφόρο	96	1989	90	0,24237	0,00001	0,00001

Συνέχεια Πίνακα Α. 10 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για περονοφόρα 2012

2012

Όνομα εξοπλισμού	Αριθμός ΟΛΠ	Έτος μοντέλου κινητήρα	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Περονοφόρο	92	1989	204	0,54937	0,00003	0,00001
Περονοφόρο	99	1992	728	1,96050	0,00011	0,00005
Περονοφόρο	91	1989	145	0,39049	0,00002	0,00001
Βοηθητικό Περονοφόρο	446	1988	50	0,13465	0,00001	0,00000
Βοηθητικό Περονοφόρο	488	1990	398	1,07181	0,00006	0,00003
Βοηθητικό Περονοφόρο	460	1990	2147	5,78187	0,00033	0,00015
Βοηθητικό Περονοφόρο	494	1990	336	0,90485	0,00005	0,00002
Βοηθητικό Περονοφόρο	497	1990	125	0,33663	0,00002	0,00001
Βοηθητικό Περονοφόρο	511	1990	75	0,20198	0,00001	0,00001
Σύνολο				275,136	0,016	0,007

Σύνολο (t CO ₂ -e)	275,136	0,328	2,185
-------------------------------	---------	-------	-------

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

277,649

ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ

Πίνακας Α. 10 Συντελεστές εκπομπών για ελκυστήρες

CO ₂	2,6766	kg CO ₂ /L
CH ₄	0,0079	g CH ₄ /L
N ₂ O	0,0075	g N ₂ O/L

Πίνακας Α. 11 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για ελκυστήρες 2011

2011						
Όνομα Οχήματος	Αριθμός ΟΛΠ	Έτος μοντέλου κινητήρα	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Ελκυστήρας	6219	2004	11057	29,59537	0,00009	0,00008
Ελκυστήρας	6220	2004	12917	34,57388	0,00010	0,00010
Τράκτορας	6231	2005	-	-	-	-
Τράκτορας	6232	2005	-	-	-	-
Τράκτορας	6233	2005	-	-	-	-
Τράκτορας	6234	2005	-	-	-	-
Τράκτορας	6235	2005	-	-	-	-
Τράκτορας	6236	2005	-	-	-	-
Σύνολο				64,169	0,000	0,000
Σύνολο (t CO ₂ -e)				64,169	0,004	0,056

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

64,229

Πίνακας Α. 12 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για ελκυστήρες 2012

2012						
Όνομα Οχήματος	Αριθμός ΟΛΠ	Έτος μοντέλου κινητήρα	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Ελκυστήρας	6219	2004	14426	38,61289	0,00011	0,00011
Ελκυστήρας	6220	2004	16420	43,95007	0,00013	0,00012
Τράκτορας	6231	2005	7569	20,25932	0,00006	0,00006
Τράκτορας	6232	2005	6043	16,17480	0,00005	0,00005
Τράκτορας	6233	2005	7536	20,17099	0,00006	0,00006
Τράκτορας	6234	2005	8009	21,43704	0,00006	0,00006
Τράκτορας	6235	2005	3008	8,05127	0,00002	0,00002
Τράκτορας	6236	2005	7054	18,88086	0,00006	0,00005
Σύνολο				187,537	0,001	0,001
Σύνολο (t CO ₂ -e)				187,537	0,012	0,163

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

187,711

ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΒΕΝΖΙΝΗΣ

Πίνακας Α. 13 Συντελεστές εκπομπών για οχήματα κατανάλωσης βενζίνης ανάλογα με το έτος μοντέλου

	1992	2000	2003	2004	>2005	
CO ₂	2,3276	2,3276	2,3276	2,3276	2,3276	kg CO ₂ /L
CH ₄	0,4185	0,1058	0,0678	0,0862	0,0874	g CH ₄ /L
N ₂ O	0,3846	0,1623	0,0803	0,0493	0,0470	g N ₂ O/L

Πίνακας Α. 14 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για οχήματα κατανάλωσης βενζίνης 2011

2011						
Όνομα Οχήματος	Έτος μοντέλου	Τύπος οχήματος	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Ασθενοφόρο	2004	FORD	-	-	-	-
Ημιφορτηγό	2003	CITROEN BERLINGO	393	0,91475	0,00003	0,00003
Ημιφορτηγό	2003	CITROEN BERLINGO	966	2,24846	0,00007	0,00008
Ημιφορτηγό	2003	CITROEN BERLINGO	690	1,60604	0,00005	0,00006
Ημιφορτηγό	2003	CITROEN BERLINGO	958	2,22984	0,00006	0,00008
Ημιφορτηγό	2003	CITROEN BERLINGO	516	1,20104	0,00003	0,00004
Ημιφορτηγό	2009	FIAT DOBLO	281	0,65406	0,00002	0,00001
Ημιφορτηγό	2000	NISSAN VANETTE	901	2,09717	0,00010	0,00015
Επιβατικό	1992	PEUGEOT 405 GRI	291	0,67733	0,00012	0,00011
Επιβατικό	1992	PEUGEOT 405 GRI	390	0,90776	0,00016	0,00015
Επιβατικό (Leasing)	2012	HYUNDAI -i 10 1.1 Lt	-	-	-	-
Επιβατικό (Leasing)	2011	HYUNDAI i 10 1.0 Lt	77	0,17923	0,00001	0,00000
Επιβατικό (Leasing)	2011	HYUNDAI i 10 1.0 Lt	243	0,56561	0,00002	0,00001
Επιβατικό (Leasing)	2011	HYUNDAI i 10 1.0 Lt	284	0,66104	0,00002	0,00001
Σύνολο				2,99097	0,00034	0,00029
Σύνολο (t CO ₂ -e)				2,991	0,007	0,090

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

3,088

Πίνακας Α. 15 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για οχήματα κατανάλωσης βενζίνης 2012

2012						
Όνομα Οχήματος	Έτος μοντέλου	Τύπος οχήματος	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Ασθενοφόρο	2004	FORD	822	1,91329	0,00007	0,00004
Ημιφορτηγό	2003	CITROEN BERLINGO	353	0,82164	0,00002	0,00003
Ημιφορτηγό	2003	CITROEN BERLINGO	763	1,77596	0,00005	0,00006
Ημιφορτηγό	2003	CITROEN BERLINGO	770	1,79225	0,00005	0,00006
Ημιφορτηγό	2003	CITROEN BERLINGO	876	2,03898	0,00006	0,00007
Ημιφορτηγό	2003	CITROEN BERLINGO	586	1,36397	0,00004	0,00005
Ημιφορτηγό	2009	FIAT DOBLO	393	0,91475	0,00003	0,00002
Ημιφορτηγό	2000	NISSAN VANETTE	706	1,64329	0,00007	0,00011
Επιβατικό	1992	PEUGEOT 405 GRI	309	0,71923	0,00013	0,00012
Επιβατικό	1992	PEUGEOT 405 GRI	256	0,59587	0,00011	0,00010
Επιβατικό (Leasing)	2012	HYUNDAI -i 10 1.1 Lt	1635	3,80563	0,00014	0,00008
Επιβατικό (Leasing)	2011	HYUNDAI i 10 1.0 Lt	537	1,24992	0,00005	0,00003
Επιβατικό (Leasing)	2011	HYUNDAI i 10 1.0 Lt	2193	5,10443	0,00019	0,00010
Επιβατικό (Leasing)	2011	HYUNDAI i 10 1.0 Lt	1832	4,26416	0,00016	0,00009
Σύνολο				28,00336	0,00118	0,00095
Σύνολο (t CO ₂ -e)				28,003	0,025	0,295

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

28,323

ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΕΙΟΥ ΚΙΝΗΣΗΣ

Πίνακας Α. 16 Συντελεστές εκπομπών για οχήματα πετρελαίου κίνησης

CO ₂	2,6764	kg CO ₂ /L
CH ₄	0,0030	g CH ₄ /L
N ₂ O	0,0059	g N ₂ O/L

Πίνακας Α. 17 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για οχήματα κατανάλωσης πετρελαίου κίνησης 2011

2011						
Όνομα Οχήματος	Έτος μοντέλου	Τύπος οχήματος	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Βυτιοφόρο καυσίμων	2003	IVECO ML 180 E 28	1578	4,2234	0,00000	0,00001
Ημιφορτηγό	2006	FORD TRANSIT	40	0,1071	0,00000	0,00000
Πούλμαν	2003	IVECO	4589	12,2820	0,00001	0,00003
Πούλμαν	2003	IVECO	5498	14,7148	0,00002	0,00003
Πούλμαν	2003	IVECO	5993	16,0397	0,00002	0,00004
Σύνολο				47,36693	0,00005	0,00011
Σύνολο (t CO ₂ -e)				47,367	0,001	0,033

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

47,401

Πίνακας Α. 18 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για οχήματα κατανάλωσης πετρελαίου κίνησης 2012

2012						
Όνομα Οχήματος	Έτος μοντέλου	Τύπος οχήματος	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Βυτιοφόρο καυσίμων	2003	IVECO ML 180 E 28	1905	5,09854	0,00001	0,00001
Ημιφορτηγό	2006	FORD TRANSIT	381	1,01971	0,00000	0,00000
Πούλμαν	2003	IVECO	1938	5,18686	0,00001	0,00001
Πούλμαν	2003	IVECO	6531	17,47957	0,00002	0,00004
Πούλμαν	2003	IVECO	7490	20,04624	0,00002	0,00004
Σύνολο				48,83092	0,00005	0,00011
Σύνολο (t CO ₂ -e)				48,831	0,001	0,034

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

48,866

ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Πίνακας Α. 19 Συντελεστές εκπομπών για κτιριακές εγκαταστάσεις

CO ₂	2,6764	kg CO ₂ /L
CH ₄	0,3612	g CH ₄ /L
N ₂ O	0,0217	g N ₂ O/L

Πίνακας Α. 20 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για κτιριακές εγκαταστάσεις 2011

2011				
Εγκατάσταση	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Κτίρια Γραφείων	2400	6,42336	0,00087	0,00005
Κτίρια Συνεργείων	15700	42,01948	0,00567	0,00034
	Σύνολο	48,44284	0,00654	0,00039
	Σύνολο (t CO ₂ -e)	48,443	0,137	0,122

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

48,702

Πίνακας Α. 21 Υπολογισμός εκπομπών ισοδύναμου CO₂ για κτιριακές εγκαταστάσεις 2012

2012				
Εγκατάσταση	Ποσότητα καυσίμου (L)	Εκπομπές CO ₂ (t CO ₂)	Εκπομπές CH ₄ (t CH ₄)	Εκπομπές N ₂ O (t N ₂ O)
Κτίρια Γραφείων	1950	5,21898	0,00070	0,00004
Κτίριο Συνεργείου Α7	18879	50,52776	0,00682	0,00041
	Σύνολο	55,74674	0,00752	0,00045
	Σύνολο (t CO ₂ -e)	55,747	0,158	0,140

Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO₂ (t CO₂ -e)

56,045

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Πίνακας Α. 22 Συντελεστής εκπομπών για ηλεκτρισμό

CO ₂	0,9905 kg CO ₂ /L
-----------------	------------------------------

Πίνακας Α. 23 Υπολογισμός εκπομπών CO₂ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας 2011

2011		
Μήνας	Συνολική κατανάλωση (KWh)	Συνολικές εκπομπές (t CO ₂)
Ιανουάριος	937200	928,304
Φεβρουάριος	682800	676,319
Μάρτιος	906300	897,697
Απρίλης	956100	947,025
Μάης	1445700	1431,977
Ιούνης	1395300	1382,056
Ιούλης	1543200	1528,552
Αύγουστος	1467600	1453,670
Σεπτέμβρης	1234500	1222,782
Οκτώβρης	1364100	1351,152
Νοέμβρης	1242900	1231,102
Δεκέμβρης	1326900	1314,305
Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO ₂ (t CO ₂ -e)		14364,941

Πίνακας Α. 24 Υπολογισμός εκπομπών CO₂ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας 2012

2012		
Μήνας	Συνολική κατανάλωση (KWh)	Συνολικές εκπομπές (t CO ₂)
Ιανουάριος	1803000	1785,886
Φεβρουάριος	1696200	1680,100
Μάρτιος	143600	142,237
Απρίλης	2382600	2359,984
Μάης	2338200	2316,006
Ιούνης	2201100	2180,207
Ιούλης	2249400	2228,049
Αύγουστος	2039100	2019,745
Σεπτέμβρης	1788900	1771,920
Οκτώβρης	1874444	1856,652
Νοέμβρης	1793100	1776,080
Δεκέμβρης	2161200	2140,686
Συνολικές εκπομπές ισοδύναμου CO ₂ (t CO ₂ -e)		22257,551

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Πίνακας Β. 1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΩΝ ΤΥΠΟΥ SUPER POST PANAMAX (SPP)

Έτος κατασκευής: 2009

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ	ΜΟΝΑΔΑ
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ		
Με ένα ε/κ κάτω από το σπρέιντερ:	50	tn
Με δύο ε/κ 20' κάτω από το σπρέιντερ:	65	tn
Κάτω από το γάντζο:	75	tn
ΤΥΠΟΣ ΣΠΡΕΙΝΤΕΡ	20',40',45', διπλό 20' (τηλεσκοπικό σπρέιντερ)	
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΦΟΡΕΙΟΥ		
Εμπρόσθιο μήκος δράσης (πρόβολος) outreach (Με λειτουργία σπρέιντερ) (Από την σιδηροτροχιά προς πλευρά θάλασσας)	60	m
Εμπρόσθιο μήκος δράσης (πρόβολος)(Με λειτουργία αναρτήρα φορτίου)	50	m
Οπίσθιος μήκος δράσης (πρόβολος)Backreach (Από την σιδηροτροχιά προς πλευρά ξηράς)	20	m
Συνολικό μήκος διαδρομής φορείου	110.48	m
ΥΨΟΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ		
Πάνω από το επίπεδο της σιδηροτροχιάς (Μέχρι το κάτω μέρος της συσκευής σπρέιντερ)	40	m
Κάτω από το επίπεδο της σιδηροτροχιάς (Μέχρι το κάτω μέρος της συσκευής σπρέιντερ)	17	m
Συνολικό ύψος ανύψωσης	57	m
Συνολικό ύψος γερανογέφυρας (Περίπου)	76	m
Συνολικό ύψος με σηκωμένη μπούμα(Περίπου)	116	m
ΙΣΧΥΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ	20	KV (τριφασικό, 50Hz)
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ		
Ταχύτητες βίρα - μάνια Κύριου Βαρούλκου(βίρα - μάνια):		
ταχύτητα ανύψωσης (βίρα) με ονομαστικό φορτίο	90	m/min
ταχύτητα καθύψωσης - κατάβασης(μάνια) ονομαστικό φορτίο	90	m/min
ταχύτητα ανύψωσης βίρα με άφορτο σπρέιντερ	180	m/min
ταχύτητα καταβίβασης(μάνια) με άφορτο σπρέιντερ	180	m/min
Ταχύτητα φορείου:	210	m/min
Ταχύτητα γερανογέφυρας:	45	m/min
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΥΨΩΣΗΣ ΜΠΟΥΜΑΣ		
Λειτουργία προς τη θέση στάθμευσης	5	min maximum
Λειτουργία προς τη θέση στάθμευσης προς τη θέση συντήρησης	6	min maximum

Πίνακας Β. 2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΩΝ ΤΥΠΟΥ POST PANAMAX (PP)

Έτος κατασκευής: 2009

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ	ΜΟΝΑΔΑ
ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Φορτίο Ασφαλούς λειτουργίας (SWL) στα κλειδιά με δυνατότητα έκκεντρου φορτίου $\pm 10\%/45'$	65	Tn
Ανυψωτική ικανότητα στο άγκιστρο	75	Tn
Τάση Λειτουργίας	20,000/50	V/Hz
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ		
Ανύψωση φορτίου	30	m
Καταβίβαση Φορτίου	10	m
Ολικό ύψος διαδρομής spreader	40	m
Απόσταση outreach	38	m
Απόσταση Backreach	16	m
Μέγιστο ύψος διέλευσης κάτω από μεταλλική κατασκευή	14.49	m
Άνοιγμα σκελών STS	18.8	m
Απόσταση τροχιών πορείας STS (crane span)	20	m
Απόσταση τροχιών πορείας φορείου (trolley span)	3.14	m
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ		
Ταχύτητα ανύψωσης βίρα-μάινα(SWL)	60	m/min
Επιτάχυνση ανύψωσης βίρα-μάινα (SWL)	0.6	m/sec ²
Ταχύτητα ανύψωσης βίρα-μάινα(άδειο container)	120	m/min
Επιτάχυνση ανύψωσης βίρα-μάινα (άδειο container)	1	m/sec ²
Ταχύτητα φορείου	180	m/min
Επιτάχυνση φορείου	0.7	m/sec ²
Ταχύτητα πορείας STS(SWL)	45	m/min
Επιτάχυνση πορείας STS	0.15	m/sec ²
Χρόνος ανύψωσης μπούμας	5	min
Κύκλοι λειτουργίας STS (ανά ώρα)	38	
ΦΟΡΤΙΑ		
Μέγιστη κατακόρυφη φόρτιση σιδηροτροχιάς Θαλάσσης(Θύελλα)	31,6(40,2)	tons/m
Μέγιστη κατακόρυφη φόρτιση σιδηροτροχιάς Θαλάσσης ξηράς (Θύελλα)	36,2(43,2)	tons/m
Μέγιστη οριζόντια φόρτιση σιδηροτροχιάς θαλάσσης(Θύελλα)	2,6 (3,4)	tons/m
Μέγιστη οριζόντια φόρτιση σιδηροτροχιάς θαλάσσης ξηράς (Θύελλα)	2,5 (3,4)	tons/m
Μέγιστο φορτίο ανά τροχό (Θύελλα)	50 (50,9)	tons/m
Ελάχιστη απόσταση τροχιών	1360	mm
Οριζόντιο φορτίο ανά τροχό (Θύελλα)	3,5 (4,6)	tons
Πίεση Ανέμου: α) Κανονική λειτουργία STS	20	m/sec
	250	N/m ²
b) STS εκτός λειτουργίας	42	m/sec

Συνέχεια Πίνακα Β. 2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΩΝ ΤΥΠΟΥ POST PANAMAΧ (PP)

ΚΥΡΙΑ ΑΝΥΨΩΣΗ ΦΟΡΤΙΟΥ		
Διάμετρος συρματόσχοινου	32	mm
ΑΝΥΨΩΣΗ ΜΠΟΥΜΑΣ		
Διάμετρος συρματόσχοινου	28	mm
ΠΟΡΕΙΑ STS		
Αριθμός τροχών / Διάμετρος	32 / 630	/mm

Πίνακας Β. 3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΡΟΧΟΦΟΡΩΝ ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΩΝ (RMG)

Έτος κατασκευής: 2009

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ	ΜΟΝΑΔΑ
ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Φορτίο Ασφαλούς λειτουργίας (SWL) στα κλειδιά με δυνατότητα έκκεντρου φορτίου $\pm 10\%/45'$	40	Tn
Ανυψωτική ικανότητα στο άγκιστρο	55	Tn
Τάση Λειτουργίας	20.000/50	V/Hz
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ		
Ανύψωση Φορτίου	18.2	m
Ανύψωση Spreader	18.2	m
Ενεργός Πρόβολος στο εμπρός μέρος	7	m
Ενεργός Πρόβολος στο πίσω μέρος	7	m
Μέγιστο Ύψος Ανύψωσης	18.3	m
Άνοιγμα σκελών πορείας RMG (crane spam)	42.5	m
Άνοιγμα σκελών πορείας φορείου (trolley spam)	16	m
ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ		
Ταχύτητα ανύψωσης βίρα-μάινα(SWL)	30	m/min
Επιτάχυνση ανύψωσης βίρα-μάινα (SWL)	0.35	m/sec ²
Ταχύτητα ανύψωσης βίρα-μάινα(άδειο container)	60	m/min
Επιτάχυνση ανύψωσης βίρα-μάινα (άδειο container)	0.35	m/sec ²
Ταχύτητα φορείου	120	m/min
Επιτάχυνση φορείου	0.3	m/sec ²
Ταχύτητα πορείας RMG (SWL)	100	m/min
Ταχύτητα πορείας RMG	0.3	m/sec ²
Κύκλοι λειτουργίας RMG (ανά ώρα)	31.4	
ΦΟΡΤΙΑ		
Μέγιστο κατακόρυφο φορτίο στις ράγες του RMG	28	tons/m
Μέγιστο οριζόντιο φορτίο στις ράγες του RMG	2.8	tons/m
Λυγιστό φορτίο ανά τροχό	25.5	tons/m
Ελάχιστη απόσταση τροχών	900/1300	mm
Οριζόντιο φορτίο ανά τροχό	2.55	tons
Πίεση Ανέμου α) Κανονική λειτουργία RMG	20	m/sec
	250	N/m ²
b) RMG εκτός λειτουργίας	42	m/sec
ΒΑΡΗ		
Spreader	8.1	tons
ΚΥΡΙΑ ΑΝΥΨΩΣΗ ΦΟΡΤΙΟΥ		
Διάμετρος συρματόσχοινου	20	mm
ΚΙΝΗΣΗ RMG		
Αριθμός Τροχών / Διάμετρος	32 / 630	/mm

Πίνακας Β. 4 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΙΜΕΝΙΚΟΥ ΓΕΡΑΝΟΥ

Έτος κατασκευής: 2005

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ	ΜΟΝΑΔΑ
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Περιοχή εργασίας		
μέγιστο μήκος προβολής	50	m
ελάχιστο μήκος προβολής	11	m
ΥΨΟΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ		
Ύψος ανύψωσης πάνω από το έδαφος, μήκος προβολής 11-40m	39	m
Ύψος ανύψωσης πάνω από το έδαφος, μήκος προβολής 40-45m	34	m
Ύψος ανύψωσης πάνω από το έδαφος, μήκος προβολής 46-50m	22	m
Ύψος ανύψωσης κάτω από το έδαφος	13	m
ΡΕΖΕΡΒΟΥΑΡ		
χωρητικότητα	7300	lt
Θεωρητική διάρκεια λειτουργίας μίας πλήρωσης του ρεζερβουάρ	170	h
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ LEROY SOMER		
Εργοστασιακός τύπος	LSA 49.1L9C51/4	
Τύπος	400V / 50 Hz	
ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ		
<i>Μηχανισμός ανύψωσης</i>		
Βαθμίδα 2, κανονική λειτουργία, ανυψωτική ικανότητα 63tons	0 - 25	m/min
Βαθμίδα 2, κανονική λειτουργία, ανυψωτική ικανότητα 63tons	0 - 40	m/min
Βαθμίδα 2, κανονική λειτουργία, ανυψωτική ικανότητα 63tons	0 - 70	m/min
Βαθμίδα 1, λειτουργία βαρέων φορτίων, ανυψωτική ικανότητα 100tons	0 - 15	m/min
Βαθμίδα 1, λειτουργία βαρέων φορτίων, ανυψωτική ικανότητα 60tons	0 - 25	m/min
Βαθμίδα 1, λειτουργία βαρέων φορτίων, ανυψωτική ικανότητα 26tons	0 - 40	m/min