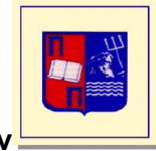




Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών



Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

**ΘΕΜΑ: «Μακροχρόνιες μεταβολές στις εκπομπές των αέριων
ρύπων στην Ελλάδα»**

ΟΝΟΜΑ:

ΧΡΕΜΟΥ ΕΥΑΝΘΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

ΖΙΩΜΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2013

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τις μακροχρόνιες μεταβολές στις εκπομπές των αέριων ρύπων στην Ελλάδα. Σκοπός της εργασίας είναι η ανάλυση των ατμοσφαιρικών ρύπων καθώς και τα αποτελέσματά τους στον άνθρωπο και συγκεκριμένα η κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η ιστορία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης πριν τη βιομηχανική εποχή, μετά, καθώς και το παρόν αλλά και οι προβλέψεις για το μέλλον. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, ενώ στο τέταρτο το νομοθετικό πλαίσιο που αφορά στους ρύπους στην ατμόσφαιρα. Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται οι δείκτες των ατμοσφαιρικών ρύπων και η κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα το χρονικό διάστημα το οποίο μελετάται. Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μία σύγκριση των εκπομπών μεταξύ του ελλαδικού και του ευρωπαϊκού χώρου. Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο αναλύονται τα συμπεράσματα της έρευνας.

Abstract

This dissertation examines the long-term changes in emissions of gaseous pollutants in Greece. Purpose of this work is the analysis of atmospheric pollutants and their effects on humans and specifically the situation in Greece. The second chapter discusses the history of air pollution before the industrial age, after, the present and predictions for the future. The third chapter analyzes the atmospheric pollutants while the fourth chapter represents the legislative framework concerning about the pollutants in the atmosphere. The indicators of air pollutants and the situation in Greece are being analyzed in the fifth chapter. In the sixth chapter has been done a comparison between the emissions of pollutants in Greece and Europe. Finally the seventh chapter represents the conclusions of the research.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
2.Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	13
2.1 Πριν τη Βιομηχανική Επανάσταση	13
2.2 Μέτα την Βιομηχανική Επανάσταση.....	13
2.3 Το κοντινό παρελθόν (20 ^{ος} αιώνας)	14
2.4 Το πολύ εγγύς παρελθόν(1980-1990)	16
2.5 Το Μέλλον	16
3. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ	18
3.1 Κατηγορίες ατμοσφαιρικών ρύπων.....	18
3.2 Μονάδες συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρύπων	18
3.3 Πηγές αέριων ρύπων	19
3.4 Περιγραφή ατμοσφαιρικών ρύπων	23
3.4.1 Μονοξειδίο του Άνθρακα (CO)	26
3.4.2 Διοξειδίο του Θείου (SO ₂).....	30
3.4.3 Οξειδία του Αζώτου (NO _x).....	34
3.4.4 Μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOC)	39
3.4.5 Διοξειδίο του Άνθρακα (CO ₂).....	41
4. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΡΥΠΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ.....	46
4.1 Περιβαλλοντική πολιτική Ευρωπαϊκής Κοινότητας.....	46
4.2 Όρια ασφαλείας - ποιότητας ατμόσφαιρας	47
4.3 Θεσμικό πλαίσιο για την ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση	47
4.4 Οριακές τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ευρωπαϊκή Ένωση	49
4.5 Όρια εκτάκτων μέτρων	50

5. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	52
5.1 Ορισμός δεικτών	52
5.2 Το μεθοδολογικό πλαίσιο DPSIR	54
5.3 Δείκτες βασιζόμενοι στο μεθοδολογικό πλαίσιο DPSIR/Επιλεγόμενοι δείκτες	55
5.4 Εκπομπές αερίων ρύπων από τις βιομηχανίες στην Ελλάδα	57
5.4.1 Εκπομπές CO από τις βιομηχανίες	59
5.4.2 Εκπομπές SO ₂ από τις βιομηχανίες	60
5.4.3 Εκπομπές NO _x από τις βιομηχανίες	61
5.4.4 Εκπομπές NMVOC από τις βιομηχανίες	62
5.4.5 Εκπομπές CO ₂ από τις βιομηχανίες	62
5.5 Εκπομπές αερίων ρύπων από τις μεταφορές στην Ελλάδα.....	63
5.5.1 Εκπομπές CO από τις μεταφορές	65
5.5.2 Εκπομπές SO _x από τις μεταφορές	66
5.5.3 Εκπομπές NO _x από τις μεταφορές	67
5.5.4 Εκπομπές NMVOC από τις μεταφορές	68
5.5.5 Εκπομπές CO ₂ από τις μεταφορές.....	69
5.6 Εκπομπές αερίων ρύπων από τη θέρμανση κατοικιών στην Ελλάδα.....	70
5.6.1 Εκπομπές CO από τη θέρμανση κατοικιών.....	73
5.6.2 Εκπομπές SO _x από τη θέρμανση κατοικιών.....	73
5.6.3 Εκπομπές NO _x από τη θέρμανση κατοικιών	74
5.6.4 Εκπομπές NMVOC από τη θέρμανση κατοικιών	75
6. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΕΥΡΩΠΗΣ-ΕΛΛΑΔΑΣ.....	76
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	87
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	90

Περιεχόμενα Πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: ΣΟΒΑΡΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΜΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ	15
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 : ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΠΑΡ ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΥΘΥΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΥΠΕΚΑ.....	25
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΠΑΡ ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΥΘΥΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΕΩΝ	26
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΌΡΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ Π.Ο.Υ. ΓΙΑ CO.....	28
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ CO ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ.....	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ CO ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ.....	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΌΡΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ Π.Ο.Υ. ΓΙΑ SO ₂	32
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7 ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ SO ₂ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ.....	32
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8 ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ SO ₂ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ.....	33
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΌΡΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ Π.Ο.Υ. ΓΙΑ NO ₂	36
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10 ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ NO ₂ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ.....	37
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11 ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ NO ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	38

Περιεχόμενα Διαγραμμάτων

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.1: Ο ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΑΠΟ ΤΟ 1800 ΩΣ ΤΟ 2100.	17
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1: ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	30
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.2: ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ SO _x ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	33
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.3: ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ NO _x ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	38
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.4: ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ NMVOC ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	41
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ CO ₂ ΑΠΟ ΤΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΜΑΥΝΑ ΛΟΑ ΣΤΗ ΧΑΒΑΗ.....	42
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.6: ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	45
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1: ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ΣΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	59
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ΣΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	60
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	61
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΗ ΜΕΘΑΝΙΟΥΧΩΝ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	62
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ.....	63
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.6: ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ (ΤΟΝΟΙ-Τ)	65
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.7: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	66
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.8: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ..	67

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.9: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΗ ΜΕΘΑΝΙΟΥΧΩΝ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	68
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.10: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ	69
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.11 : ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ – ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΜΕ ΕΥΡΩΠΗ.....	72
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.12: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ.....	73
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.13: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ.....	73
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.14: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ.....	74
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.15: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΗ ΜΕΘΑΝΙΟΥΧΩΝ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ	75
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6.1: ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO, SO _x , NMVOC, NO _x ΑΠΟ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΣΤΑ ΚΡΑΤΗ-ΜΕΛΗ ΤΟΥ ΕΟΠ.....	81
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.1: ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (1990-2010)	88

Περιεχόμενα Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 5.1: ΤΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ DPSIR.....	55
---	----

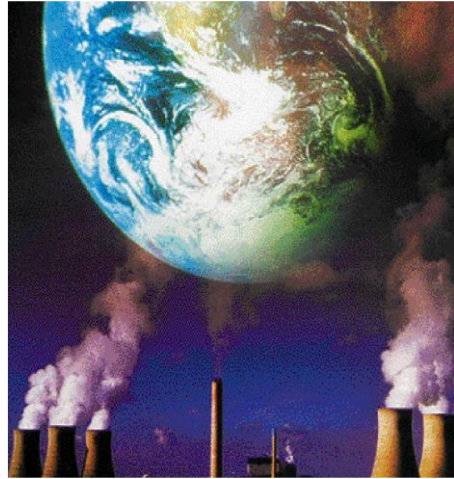
Περιεχόμενα Σχημάτων

ΣΧΗΜΑ 3.1: ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΡΥΠΟΙ.....	20
ΣΧΗΜΑ 3.2: ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	23
ΣΧΗΜΑ 3.3 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΗΓΩΝ ΕΚΠΟΜΠΗΣ CO ΓΙΑ ΤΙΣ ΧΩΡΕΣ-ΜΕΛΗ ΤΟΥ ΕΟΠ.....	27
ΣΧΗΜΑ 3.4 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΗΓΩΝ ΕΚΠΟΜΠΗΣ SO ₂ ΓΙΑ ΤΙΣ ΧΩΡΕΣ-ΜΕΛΗ ΤΟΥ ΕΟΠ.....	31
ΣΧΗΜΑ 3.5 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΗΓΩΝ ΕΚΠΟΜΠΗΣ NO _x ΓΙΑ ΤΙΣ ΧΩΡΕΣ-ΜΕΛΗ ΤΟΥ ΕΟΠ.....	35
ΣΧΗΜΑ 3.6 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΗΓΩΝ ΕΚΠΟΜΠΗΣ NMVOC ΓΙΑ ΤΙΣ ΧΩΡΕΣ-ΜΕΛΗ ΤΟΥ ΕΟΠ.....	40
ΣΧΗΜΑ 3.7 ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΗΓΩΝ ΕΚΠΟΜΠΗΣ CO ₂ ΓΙΑ ΤΙΣ ΧΩΡΕΣ-ΜΕΛΗ ΤΟΥ ΕΟΠ.....	43
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.6: ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	45
ΣΧΗΜΑ 5.1: ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ ΣΤΟΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΤΟΜΕΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	58
ΣΧΗΜΑ 5.2: ΜΕΡΙΔΙΟ ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (1990 VS.2010).....	58
ΣΧΗΜΑ 5.3: ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	64
ΣΧΗΜΑ 5.4 : ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΣΕ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	71
ΣΧΗΜΑ 5.5: ΜΕΡΙΔΙΟ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ(1990 VS 2010).....	71
ΣΧΗΜΑ 6.1: ΤΑΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ.....	77

ΣΧΗΜΑ 6.2: ΤΑΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ SO ₂ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ.....	79
ΣΧΗΜΑ 6.3: ΤΑΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΝΜVOC ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	82
ΣΧΗΜΑ 6.4: ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΑΕΠ, ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΥΤΩΝ.....	83

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται, η παρουσία στην ατμόσφαιρα κάθε είδους ουσιών, σε συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να



φτάσει σε επίπεδα που μπορεί να δημιουργήσουν ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης. Σε αυτήν την περίπτωση επικρατεί το λεγόμενο «νέφος».

Τα προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ελλάδα άρχισαν να εμφανίζονται τα τελευταία σαράντα χρόνια και συνδέονται κυρίως με την αστικοποίηση του πληθυσμού της χώρας σε συνδυασμό με την οικονομική της ανάπτυξη.

Η εισροή στα αστικά κέντρα πραγματοποιήθηκε χωρίς προγραμματισμό και οδήγησε στη διόγκωση των πόλεων κατά τρόπο αυθαίρετο, τόσο από πολεοδομικής όσο και από λειτουργικής απόψεως, με κορυφαίο παράδειγμα την περίπτωση της Αθήνας. Αποτέλεσμα ήταν τα περιβαλλοντικά προβλήματα και κυρίως αυτά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης να πάρουν μεγαλύτερη έκταση και κυρίως να γίνουν πολυπλοκότερα και οξύτερα από όσο θα ήταν σε μια προγραμματισμένη ή τουλάχιστον ελεγχόμενη αστικοποίηση της χώρας.

Σε αρκετές περιπτώσεις λόγω της άναρχης δόμησης, η βιομηχανική δραστηριότητα εκτείνεται πολύ κοντά ή ακόμα και εντός των οικιστικών ζωνών όπως αυτές αναπτύχθηκαν.

Συγχρόνως, η οικονομική ανάπτυξη που επιτεύχθηκε συνδέεται απόλυτα με την αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας που για τα ελληνικά δεδομένα προέρχεται κυρίως από την καύση του λιγνίτη και των πετρελαιοειδών, δηλαδή από διαδικασίες που προκαλούν σημαντική ατμοσφαιρική ρύπανση. Παράλληλα, η κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από υγρά καύσιμα και αφορά στις μεταφορές, βιομηχανίες και βιοτεχνίες καθώς και στη θέρμανση των κατοικιών αυξήθηκε και λόγω της αστικής ανάπτυξης όσο και της οικονομικής προόδου.

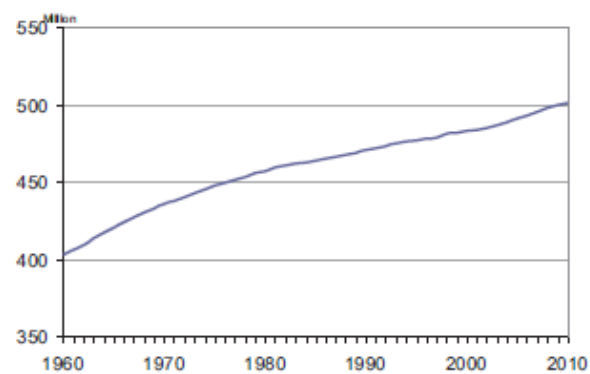
Εκτός από αυτές τις ανθρωπογενείς αιτίες, υπάρχουν και οι φυσικές αιτίες που επιδεινώνουν άμεσα ή έμμεσα τα προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οι οποίες είναι:

- *Η τοπογραφία μιας περιοχής.* Η ύπαρξη πολλών ορεινών όγκων σε συνδυασμό με τη γεινίαση της θάλασσας οδηγεί σε ανάπτυξη τοπικών συστημάτων κυκλοφορίας του αέρα η οποία δυσχεραίνει σημαντικά τη διαδικασία καθαρισμού της ατμόσφαιρας με τους μηχανισμούς διάχυσης και μεταφοράς (περίπτωση που απαντάται στα περισσότερα μεγάλα αστικά κέντρα).
- *Οι κλιματολογικές συνθήκες.* Το κλίμα της Ελλάδας χαρακτηρίζεται από υψηλή ηλιοφάνεια και θερμοκρασία, συνθήκες που ευνοούν ιδιαίτερα την εμφάνιση της φωτοχημικής ρύπανσης. Επίσης, η έλλειψη βροχόπτωσης δεν επιτρέπει την έκλυση της ατμόσφαιρας ιδιαίτερα σημαντικό για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από σωματίδια. Η έλλειψη βροχοπτώσεων δεν επιτρέπει στις περιοχές όπου υπάρχουν ελεύθερα εδάφη, τη φυσική αποκάλυψη τους, που δρα ως φυσικό φίλτρο για τα σωματίδια με αποτέλεσμα την υπαναχώρηση σκόνης από το έδαφος, η οποία εμφανίζεται και σε δρόμους αστικών περιοχών.
- *Η μεταφορά σκόνης από ερήμους* (π.χ. Σαχάρα) φαινόμενο που παρατηρείται σε όλες τις Νότιες Ευρωπαϊκές χώρες κάτω από ορισμένες μετεωρολογικές συνθήκες.

Η ποιότητα της ατμόσφαιρας στις αστικές περιοχές αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα θέματα που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση, καθώς στις περιοχές αυτές υπάρχει αφενός συγκέντρωση μεγάλου αριθμού πηγών ρύπανσης και αφετέρου συγκέντρωση πληθυσμού. Το ενδιαφέρον που εκδηλώνεται για την μελέτη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις αστικές περιοχές παραμένει αμείωτο, καθώς νέοι ρύποι εμφανίζονται, ενώ συγχρόνως αναδεικνύονται οι επιπτώσεις των διαφόρων ρύπων στην υγεία του πληθυσμού.

Ο αστικός πληθυσμός παγκοσμίως ολοένα και αυξάνεται και μέχρι το 2030 το ποσοστό του πληθυσμού που θα κατοικεί σε αστικές περιοχές προβλέπεται να φτάσει μέχρι και το 60%. Συγκεκριμένα στην Ευρώπη, ο αστικός πληθυσμός της ΕΕ κατανέμεται στο 80% του συνολικού πληθυσμού, ενώ οι αστικές περιοχές άνω των 10.000 κατοίκων

Graph I.6.1: Population on 1 January, EU-27, 1960-2010



Source: Eurostat (online data code: demo_pjan)

καταλαμβάνουν περίπου το 25% της εδαφικής επιφάνειας της ΕΕ. Η γενική ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα στις ευρωπαϊκές πόλεις έχει βελτιωθεί τις τελευταίες δεκαετίες, παρά την αύξηση της πυκνότητας του πληθυσμού, αλλά η ατμοσφαιρική ρύπανση εξακολουθεί να θεωρείται ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα κορυφαίας προτεραιότητας με ευρείας κλίμακας επιπτώσεις.

Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία έχουν αποτελέσει αντικείμενο έντονης μελέτης τα τελευταία χρόνια. Η έκθεση σε ρύπους έχει συσχετισθεί με τις αυξήσεις της θνησιμότητας και των εισαγωγών σε νοσοκομείο λόγω αναπνευστικών και καρδιαγγειακών παθήσεων.

Μετά την εποχή της επιτυχούς μείωσης των «παραδοσιακών» ατμοσφαιρικών ρύπων (διοξείδιο του θείου, αιθάλη), που καταγράφηκε στον αναπτυσσόμενο κόσμο στα τέλη της δεκαετίας του 1970, ακολούθησαν δύο δεκαετίες στις οποίες η ατμοσφαιρική ρύπανση επανεμφανίστηκε ως μείζον περιβαλλοντικό ζήτημα για την υγεία. Ένας λόγος είναι ότι αν και η ατμοσφαιρική ρύπανση από την καύση των παραδοσιακών ορυκτών καυσίμων είναι πλέον παρούσα σε πολύ μικρότερες συγκεντρώσεις από ότι πριν από 50 χρόνια, άλλα συστατικά έχουν αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία. Η αλλαγή στις πηγές ρύπανσης (με τον τομέα των μεταφορών να γίνεται ολοένα η πιο σημαντική πηγή σε πολλές περιοχές) έχει συμβάλει σε αλλαγή του μείγματος των αερίων ρύπων που τώρα χαρακτηρίζεται από οξειδία του αζώτου, αιωρούμενα σωματίδια και φωτοχημικούς ρύπους. Η φωτοχημική ρύπανση του αέρα, που χαρακτηρίζεται από τις υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος κατά τη διάρκεια ζεστών και ηλιόλουστων καιρικών συνθηκών, κυριαρχεί πλέον σε μεγάλες περιοχές της Ευρώπης. Τα οξειδία του αζώτου που παράγονται από τον ολοένα αυξανόμενο αριθμό των οχημάτων έχουν αυξηθεί σημαντικά. Τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν αλλάξει ως προς τη σύσταση, μεταβάλλοντας και την τοξικότητά τους.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι όμως, εκτός από τοπικό και διασυνοριακό ζήτημα. Οι ρύποι που εκπέμπονται σε μια χώρα μπορεί να μεταφερθούν στην ατμόσφαιρα και να έχουν επιβλαβείς συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον σε άλλον τόπο.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των μακροχρόνιων μεταβολών στις εκπομπές των αερίων ρύπων στην Ελλάδα. Εφόσον καθορίστηκε η περιοχή μελέτης, παρακάτω θα εξεταστεί η μεταβολή αυτών μέσα σε εικοσιένα χρόνια μεταξύ του έτους 1990 έως και το έτος 2010. Η εργασία θα αναφερθεί στους εξής ρύπους: μονοξείδιο του άνθρακα(CO), διοξείδιο του θείου(SO₂), οξειδία του αζώτου(NO_x),την ομάδα ρύπων των μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων (NMVOC) και τέλος, στο αντίστοιχο κεφάλαιο θα γίνει μια συνοπτική αναφορά στο διοξείδιο του άνθρακα(CO₂).

Η διάρθρωση των κεφαλαίων έγινε με γνώμονα την καλύτερη κατανόηση των θεμάτων που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία. Η διατύπωση του προβλήματος που απασχολεί την παρούσα εργασία αποτελεί το αντικείμενο του εισαγωγικού κεφαλαίου. Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μία σύντομη ιστορική αναδρομή της εξέλιξης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που οδήγησε στην παρούσα κατάσταση, ενώ στο κεφάλαιο 3 δίνεται η περιγραφή των βασικών ατμοσφαιρικών ρύπων που θα αναλυθούν στην εργασία και των επιπτώσεων που αυτές προκαλούν στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο που καθορίζει τα όρια ασφαλείας της έκθεσης στους ρύπους αυτούς, καθώς και η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για τη βελτίωση της ποιότητας παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα (κεφάλαιο 4). Στη συνέχεια, στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η εξαγωγή δεικτών εκπομπών για τους μελετώμενους ρύπους ώστε να μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για τη μεταβολή αυτών μέσα στην εικοσαετία που μελετάται. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αντίστοιχα δεδομένα ώστε να φανεί η σύγκριση μεταξύ Ελλάδας-Ευρώπης για τους εκπεμπόμενους ρύπους. Κλείνοντας, στο κεφάλαιο 7 καταγράφονται τα συμπεράσματα που διεξάγονται από την παρούσα μελέτη και αφορούν στη μεταβολή των εκπομπών αερίων ρύπων για το χρονικό διάστημα 1990-2010 στην Ελλάδα και προέρχονται από τους τομείς των βιομηχανικών διεργασιών, των οδικών μεταφορών και τη θέρμανση κατοικιών.

2.Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

2.1 Πριν τη Βιομηχανική Επανάσταση

Ένας από τους αρκετούς λόγους που οι φυλές της προϊστορίας ήταν νομαδικές, ήταν το γεγονός ότι κινούνταν περιοδικά μακριά από την δυσάρεστη οσμή που παρήγαγαν ζώα, φυτά και ανθρώπινα απορρίμματα. Όταν οι άνθρωποι των φυλών έμαθαν τη φωτιά, τη χρησιμοποιούσαν για χιλιετίες με λανθασμένο τρόπο. Έτσι κατέπνιγαν τον αέρα στους χώρους διαβίωσής τους με παράγωγα ατελούς καύσης. Παρόμοια παραδείγματα υφίστανται και σήμερα σε μερικά από τα πιο πρωτόγονα μέρη του κόσμου. Η ιδέα της καμινάδας βοήθησε στην απομάκρυνση των προϊόντων καύσης και των οσμών τουλάχιστον από τους χώρους διαβίωσης.

Αναφορές για ανυπόφορες καταστάσεις σχετιζόμενες με την ατμοσφαιρική ρύπανση υπάρχουν από πολύ παλιά: Ο Ρωμαίος φιλόσοφος Σενέκας περιγράφει με αποστροφή την κατάσταση της ατμόσφαιρας της Ρώμης που επιβάρυναν οι καπνοδόχοι και άλλες δυσάρεστες εκπομπές.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση που προερχόταν από την καύση ξύλων θεωρήθηκε σοβαρή από τη σύζυγο του βασιλιά Ερρίκου του Β΄ της Αγγλίας και την ανάγκασε να λάβει μέτρα το 1157. Η επαναλαμβανόμενη χρήση κάρβουνου για χρόνια, παρά τις διαδοχικές απαγορεύσεις, στο Λονδίνο οδήγησε την ατμόσφαιρα της πόλης σε πολύ άσχημη κατάσταση. Παρακινήθεις από την αφόρητη ρύπανση στο Λονδίνο το 1661, ο John Evelyn υπέβαλε ένα φυλλάδιο προς το βασιλιά Κάρολο Β και το κοινοβούλιο, στο οποίο πρότεινε τρόπους λύσης του προβλήματος. Τα προτεινόμενα μέτρα που αναφέρονται σε αυτό είναι εφαρμόσιμα ακόμα και σήμερα.

Οι πρώτες βιομηχανίες που συνδέθηκαν με το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στους αιώνες που προηγήθηκαν της βιομηχανικής επανάστασης ήταν η μεταλλουργία, η κεραμοποιία και η συντήρηση ζωικών προϊόντων. Την εποχή του χαλκού και του σιδήρου, τα χωριά ήταν εκτεθειμένα σε σκόνη και καπνό από πολλές πηγές.

2.2 Μέτα την Βιομηχανική Επανάσταση

Η Βιομηχανική Επανάσταση ήρθε ως επακόλουθο της χρήσης του ατμού στην παραγωγή ενέργειας και την κίνηση μηχανών. Αυτό ξεκίνησε στα πρώτα χρόνια του 18^{ου} αιώνα όταν ο Savery, ο Papin και ο Newcomen σχεδίασαν αντλίες οι οποίες τελειοποιήθηκαν το 1784 στην παλινδρομική ατμομηχανή του Watt. Η παλινδρομική

ατμομηχανή κυριάρχησε μέχρι που αντικαταστάθηκε από τις τουρμπίνες ατμού του 20^{ου} αιώνα.

Οι ατμομηχανές και οι τουρμπίνες απαιτούν βραστήρες ή καυστήρες, οι οποίοι τροφοδοτούνται με ορυκτά καύσιμα. Κατά την διάρκεια του μεγαλύτερου μέρους του 20^{ου} αιώνα το κυρίαρχο καύσιμο ήταν το κάρβουνο, παρότι χρησιμοποιήθηκε και κάποια ποσότητα πετρελαίου στο τέλος του αιώνα.

Το σοβαρότερο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης του 19^{ου} αιώνα ήταν ο καπνός και η ιπτάμενη τέφρα από την καύση του κάρβουνου και του πετρελαίου στους καυστήρες των μονάδων παραγωγής ενέργειας, στους ατμοκινητήρες, στα πλοία και στα τζάκια των σπιτιών. Στην Αγγλία ήταν τόσο σημαντικό το πρόβλημα ώστε ακολουθήθηκαν στρατηγικές ελέγχου της ρύπανσης όπως επιβεβαιώνεται από την πρώτη Δράση Δημόσιας Υγείας το 1848 και τις επόμενες το 1866 και 1875. Στις Η.Π.Α. η στρατηγική ελέγχου των εκπομπών μαύρου καπνού ήταν ευθύνη της εκάστοτε επαρχίας (1880) και απευθύνονταν κυρίως σε βιομηχανικές πηγές και στις μεταφορές και όχι σε οικιακές πηγές ρύπων.

2.3 Το κοντινό παρελθόν (20^{ος} αιώνας)

Κατά την περίοδο 1900-1925 υπήρξαν μεγάλες αλλαγές τόσο στην τεχνολογία, όσο και στην παραγωγή ρύπων. Παράλληλα, αναπτύχθηκαν διεργασίες ελέγχου των ρύπων, αν και δεν είχαν θεσπιστεί ακόμα σοβαρά νομοθετικά μέτρα και κανονισμοί και η κατανόηση του προβλήματος από το ευρύ κοινό ήταν ακόμα περιορισμένη. Καθώς οι πόλεις και τα εργοστάσια αναπτύχθηκαν σε μέγεθος, αυξήθηκε και η σοβαρότητα του προβλήματος της ρύπανσης. Μία από τις βασικές τεχνολογικές αλλαγές που επηρέασαν άμεσα το ρυθμό και το βαθμό ρύπανσης ήταν η αντικατάσταση της ατμομηχανής από τον ηλεκτρικό κινητήρα. Αυτή η αλλαγή μετέφερε τις εκπομπές καπνού και ιπτάμενης τέφρας από τον καυστήρα του καθενός εργοστασίου και των δρόμων της πόλης στο χώρο του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (συνήθως απομονωμένο από κατοικημένες περιοχές).

Κατά την περίοδο 1925-1950 εμφανίζονται σημαντικά επεισόδια αέριας ρύπανσης, όπως στο Meuse Valley (Βέλγιο) το 1930 με 63 νεκρούς, στη Donora της Pennsylvania (ΗΠΑ) το 1948 με 20 νεκρούς και στη Poza Rica (Μεξικό) το 1950. Επίσης το 1940 εμφανίζεται το φωτοχημικό νέφος στο Los Angeles της Καλιφόρνιας, το οποίο μετέπειτα παρατηρήθηκε σε πολλές μεγαλουπόλεις του κόσμου, μη εξαιρετέας και της Αθήνας. . Ο Πίνακας 2.1 παρακάτω παρουσιάζει γνωστά σοβαρά

επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης με σημαντικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία. Βασικές τεχνολογικές αλλαγές αυτής της περιόδου είναι η εγκατάσταση αγωγών φυσικού αερίου που οδήγησε στην αντικατάσταση του άνθρακα και πετρελαίου στη οικιακή θέρμανση με πολύ καλά αποτελέσματα στην ποιότητα του αέρα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η μείωση του μαύρου καπνού στο Pittsburgh και St. Louis των ΗΠΑ λόγω της χρήσης του φυσικού αερίου.

Χρονολογία	Τοποθεσία	Προκαλούμενοι θάνατοι	Ασθενήσαντες
Δεκέμβρης, 1930	Βέλγιο (Muese Valley)	63	6000
Οκτώβρης, 1948	Donora, Pa	20	6000
26-30 Νοεμ., 1948	Λονδίνο	700-800	δεν υπάρχουν στοιχεία
21 Νοεμ., 1950	Μεξικό (Poza Rica)	22	320
5-9 Δεκ., 1952	Λονδίνο	4000	δεν υπάρχουν στοιχεία
Νοέμβρης, 1953	Νέα Υόρκη, πολιτεία	δεν υπάρχουν στοιχεία	δεν υπάρχουν στοιχεία
3-6 Ιαν., 1956	Λονδίνο	1000	δεν υπάρχουν στοιχεία
5-10 Δεκ., 1957	Λονδίνο	700-800	δεν υπάρχουν στοιχεία
26-31 Ιαν., 1959	Λονδίνο	200-250	δεν υπάρχουν στοιχεία
5-10 Δεκ., 1962	Λονδίνο	700	δεν υπάρχουν στοιχεία
7-22 Ιαν., 1963	Λονδίνο	700	δεν υπάρχουν στοιχεία
9 Ιαν.-12 Φεβ., 1963	Νέα Υόρκη, πολιτεία	200-400	δεν υπάρχουν στοιχεία
23-25 Νοεμ., 1966	Νέα Υόρκη, πολιτεία	δεν υπάρχουν στοιχεία	δεν υπάρχουν στοιχεία
24-30 Νοεμ., 1966	Νέα Υόρκη, Πόλη	168	δεν υπάρχουν στοιχεία

Πίνακας 2.1: Σοβαρά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης με σημαντικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία (πηγή: Ιωάννης Γεντεκάκης, 1999)

Κατά την περίοδο 1950-1980, ένα σημαντικό επεισόδιο αέριας ρύπανσης (καπνομίχλης) χτυπά το Λονδίνο (1952) με καταστροφικές συνέπειες (4000 νεκροί). Το επεισόδιο ρύπανσης χαρακτηρίζονταν από υψηλά επίπεδα SO₂ και σωματιδίων υπό την παρουσία πυκνής χαμηλής ομίχλης με χαμηλή και ισχυρή θερμοκρασιακή αναστροφή. Σαν αποτέλεσμα η Αγγλία ακολούθησε τη δράση “Clean Air Act” για να μειώσει τις εκπομπές ρύπων αλλά ένα ακόμη σοβαρό επεισόδιο καπνομίχλης συνέβη το 1962 στο Λονδίνο με 700 νεκρούς. Κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου σχεδόν όλες οι Ευρωπαϊκές χώρες καθώς και η Ιαπωνία, η Νέα Ζηλανδία και η Αυστραλία αντιμετώπισαν σοβαρά προβλήματα αέριας ρύπανσης στις μεγάλες πόλεις με αποτέλεσμα αυτές οι χώρες να δράσουν για την δημιουργία εθνικής νομοθεσίας ελέγχου της αέριας ρύπανσης. Επίσης, τότε τα αυτοκίνητα συνεχίζουν να αυξάνονται με μεγάλους ρυθμούς.

Στην περίοδο 1950-1980 η επιστημονική και η τεχνολογική έρευνα στην Ευρώπη και Αμερική αυξάνονται εκθετικά. Το τεχνολογικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην αέρια ρύπανση από τα αυτοκίνητα και τον έλεγχό της, την ρύπανση του SO₂ και τον έλεγχό της με την αποθείωση των καυσίμων και στον έλεγχο των NO_x που παράγονται από

διαδικασίες καύσης. Στην επιστημονική έρευνα αναπτύσσονται μαθηματικά μοντέλα και όργανα μέτρησης διαφόρων χημικών στοιχείων ενώ αρχίζουν να εγκαθίστανται οι πρώτες μονάδες παρακολούθησης και μέτρησης της ποιότητας του αέρα.

2.4 Το πολύ εγγύς παρελθόν(1980-1990)

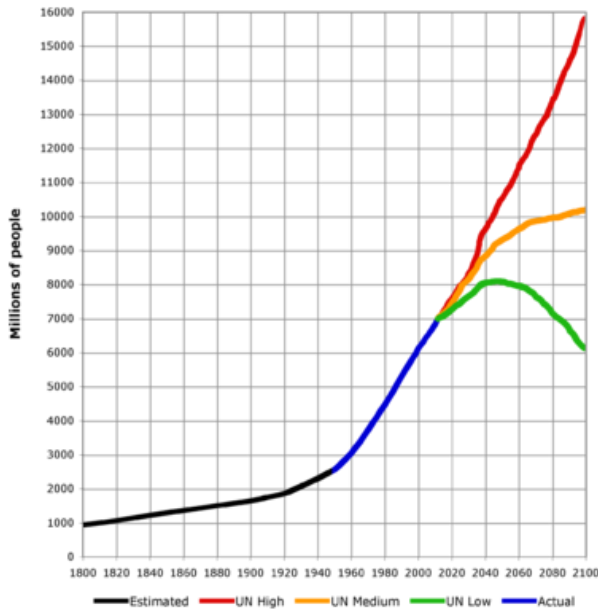
Κατά την δεκαετία του 1980 γίνεται κατανοητό ότι το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης δεν είναι τοπικό αλλά επιδρά σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα από την περιφερειακή έως την ημισφαιρική και παγκόσμια κλίμακα και εντείνεται το ενδιαφέρον για

- το φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω συσσώρευσης CO₂ και άλλων αερίων σε υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας
- το πρόβλημα της μείωσης του στρώματος του όζοντος της στρατόσφαιρας από χλωροφθοράνθρακες
- τη μεταφορά της ρύπανσης σε μεγάλες αποστάσεις (περιφερειακή, διηπειρωτική, παγκόσμια κλίμακα)
- την όξινη βροχή

Αυτή την περίοδο ξεκινά να αναπτύσσεται οικολογική και περιβαλλοντική προσέγγιση από Οργανισμούς και Κυβερνήσεις κρατών, ενώ για πρώτη φορά υπογράφονται παγκόσμιες συμφωνίες κρατών όπως το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ (1987) για την αντιμετώπιση της μείωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος και το Πρωτόκολλο του Κιότο (1997) για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

2.5 Το Μέλλον

Κάνοντας κατά κάποιο τρόπο μία πρόβλεψη για το εγγύς μέλλον φαίνεται ότι τα προβλήματα της ρύπανσης της ατμόσφαιρας θα οφείλονται στην αυξανόμενη χρήση των ορυκτών και πυρηνικών καυσίμων, καθώς ο πληθυσμός της Γης και μαζί με αυτόν και οι ενεργειακές απαιτήσεις θα αυξάνονται. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι σήμερα ο πληθυσμός της Γης είναι 7 δισεκατομμύρια και εκτιμάται να ανέλθει και να σταθεροποιηθεί στα 11 δισεκατομμύρια στο διάστημα 2030-2050.



Διάγραμμα 2.1: Ο παγκόσμιος πληθυσμός από το 1800 ως το 2100, βασισμένος σε στοιχεία και προβλέψεις του 2004 από τον ΟΗΕ (μπλε- κόκκινο-πορτοκαλί-πράσινο), καθώς και σε εκτιμήσεις για τους ιστορικούς χρόνους από το Γραφείο Απογραφών των ΗΠΑ (μαύρο). (Πηγή: United Nations, 2004)

Στο άμεσο μέλλον μπορεί να υπάρξει μερική ανακούφιση στο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα ηλιακά φωτοβολταϊκά κύτταρα, τα κελιά καυσίμου, τα γεωθερμικά και τα αιολικά πάρκα, τα μη ορυκτά καύσιμα (υδρογόνο και βιομάζα), καθώς και πηγές ενέργειας που προέρχονται από τον ωκεανό (παλίρροιες και κύματα).

Αναμένονται μερικές σημαντικές περιβαλλοντικές αποφάσεις στις επόμενες δεκαετίες που θα αφορούν την επιλογή ανάμεσα σε ορυκτά ή πυρηνικά καύσιμα και την παρατηρούμενη σημαντική ελάττωση των αποθεμάτων καυσίμων στη φύση από τις υψηλές σημερινές ανάγκες. Πρόκειται να εγερθούν σοβαρά ερωτήματα για το αν θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ή να διατηρηθούν αυτά τα αποθέματα, δηλαδή αν θα πρέπει να συνεχιστεί η αλόγιστη χρήση τους ή να τεθεί υπό έλεγχο, ερωτήματα τα οποία ήδη έχουν αρχίσει να απασχολούν τις αντίστοιχες επιστημονικές κοινότητες, καθώς και το ευρύ κοινό.

Προβλήματα που αφορούν την αλληλοσυσχέτιση μεταξύ συστημάτων μεταφορών, επεξεργασίας αποβλήτων, ανακύκλωσης, εθνικών προτεραιοτήτων, διεθνούς οικονομίας και εργασίας και με την ποιότητα του περιβάλλοντος έχουν αρχίσει να βγαίνουν ήδη στην επιφάνεια και θα ενταθούν με την πάροδο των χρόνων.

3. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

3.1 Κατηγορίες ατμοσφαιρικών ρύπων

Ανάμεσα στις εκατοντάδες ουσίες που έχουν αναγνωρισθεί, οι κυριότεροι ρύποι που καθορίζουν τη ρύπανση της ατμόσφαιρας των πόλεων είναι:

- το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- το διοξείδιο του θείου (SO₂)
- τα οξείδια του αζώτου (NO_x)
- το όζον (O₃)
- τα αιωρούμενα σωματίδια (PM)
- οι υδρογονάνθρακες και τα παράγωγα τους (HC)
- τα βαρέα μέταλλα

Οι παραπάνω ρύποι είναι οι λεγόμενοι συμβατικοί ρύποι (criteria pollutants) και είναι οι συνηθέστερα μετρούμενοι σε σχέση με τους οποίους γίνεται ο χαρακτηρισμός της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα (ambient air quality, AAQ).

Οι υπόλοιποι μη συμβατικοί ρύποι (non-criteria pollutants) διακρίνονται από τη νομοθεσία σε δύο επιπλέον κατηγορίες, στους βλαπτικούς αέριους ρύπους HAPs (hazardous air pollutants) και στους τοξικούς. Η πρώτη κατηγορία σχετίζεται με διάφορα προβλήματα υγείας, όπως ερεθισμούς, ασφυξία κ.α., ενώ η δεύτερη αφορά τη φυσιολογική απόκριση (τοξικότητα). Οι δύο αυτές κατηγορίες ρύπων είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τις βιομηχανικές περιοχές, ενώ στις αστικές περιοχές οι συγκεντρώσεις τους είναι συνήθως τάξεις μεγέθους μικρότερες απ' ό,τι των συμβατικών ρύπων.

3.2 Μονάδες συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρύπων

Οι συγκεντρώσεις των ρύπων στον ατμοσφαιρικό αέρα εκφράζονται ως μικρογραμμάρια του ρύπου ανά κυβικό μέτρο αέρα (μg/m³). Για την περίπτωση των NO_x, (μίγματος κυρίως NO και NO₂) τα μg/m³ εκφράζονται συμβατικά σαν ισοδύναμη συγκέντρωση NO₂ (μg NO₂/m³).

Μία άλλη έκφραση συγκεντρώσεων είναι τα μέρη στο εκατομμύριο κατ' όγκο (ppm vol ή ppmv). Ένα ppm vol είναι ίσο με ένα όγκο αερίου αναμεμιγμένο σε ένα εκατομμύριο όγκου αέρα, π.χ. ένα cm^3 αερίου ανά m^3 αερίου.

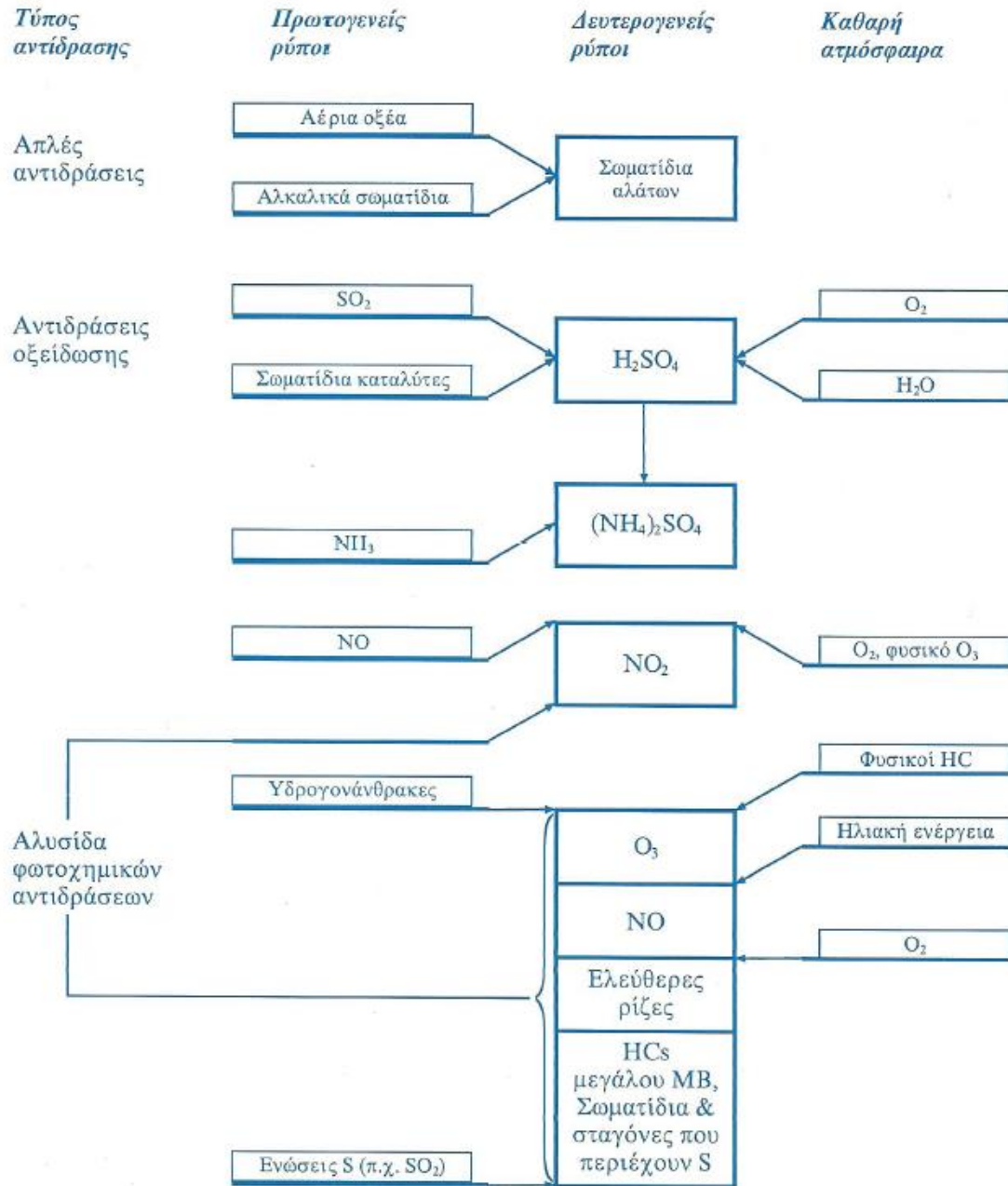
Γενικά, οι συγκεντρώσεις και τα όρια έχουν καθιερωθεί και εκφράζονται από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (Π.Ο.Υ) και την Ευρωπαϊκή Ένωση σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ από την Περιβαλλοντική Υπηρεσία των ΗΠΑ (US EPA) σε ppm vol, εκτός από τις συγκεντρώσεις των σωματιδίων που εκφράζονται σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.3 Πηγές αέριων ρύπων

Ένα αξιοσημείωτο ποσοστό των υλικών που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα σε σημαντικές ποσότητες είναι απλά μόρια, όπως μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), διοξείδιο του θείου (SO₂), οξείδια του αζώτου (NO, NO₂ και N₂O), υδρόθειο (H₂S), αμμωνία (NH₃), υδροχλωρίο (HCl), υδροφθόριο (HF) κ.τ.λ., καθώς και διάφοροι διαλύτες και υδρογονάνθρακες που εξατμίζονται λόγω πτητικότητας, όπως αλκάνια, αλκένια και αρωματικοί υδρογονάνθρακες με σχετικά απλή δομή.

Επιπροσθέτως με αυτά τα υλικά, η ατμόσφαιρα δέχεται και άλλες εκπομπές, κυρίως από την βιομηχανία, που περιλαμβάνουν πιο πολύπλοκα μόρια πολύ-αρωματικών υδρογονανθράκων και διοξινών, τα οποία συχνά αναφέρονται ως τοξικά αέρια. Ουσίες σαν αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω και οι οποίες εκπέμπονται κατευθείαν από την πηγή ονομάζονται *πρωτογενείς ρύποι*.

Ωστόσο, το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δεν είναι αποτέλεσμα αποκλειστικά και μόνο αυτής της κατηγορίας ρύπων. Στην ατμόσφαιρα συμβαίνουν διάφορες χημικές αντιδράσεις, τόσο μεταξύ των ρύπων όσο και μεταξύ των ρύπων με μόρια που απαρτίζουν την καθαρή ατμόσφαιρα (Σχήμα 3.1). Μέσω αυτών των χημικών μεταβολών στα μόρια των ρύπων, δια μέσου φωτοχημικών, ομογενών και ετερογενών (κατόπιν συμμετοχής και της σωματιδιακής ύλης) αντιδράσεων, προκύπτει η παραγωγή νέων οντοτήτων που ονομάζονται *δευτερογενείς ρύποι*. Αυτοί είναι υπεύθυνοι κατά κύριο λόγο για τα φαινόμενα του φωτοχημικού νέφους, της μειωμένης ορατότητας, του ερεθισμού των ματιών και του αναπνευστικού, αλλά και για μια σειρά καταστροφών στη χλωρίδα, την πανίδα και τα υλικά. Στην περίπτωση που είναι γνωστή η χημική διαδικασία μέσω της οποίας παράγεται ένας δευτερογενής ρύπος, ο πλέον ενδεδειγμένος τρόπος ελέγχου του, είναι η παρέμβαση ελέγχοντας την δημιουργία του πρωτογενούς ρύπου από τον οποίο προέρχεται.



Σχήμα 3.1: Πρωτογενείς και δευτερογενείς ρύποι

Αντίθετα με την κοινή αντίληψη, το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων αέριων ρύπων προέρχεται από καθαρά φυσικές πηγές. Παρ' όλα αυτά, οι ανθρωπογενείς εκπομπές είναι κυρίως υπεύθυνες για τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα που εμφανίστηκαν. Αυτό οφείλεται στην ανατροπή της φυσικής ισορροπίας αλλά επίσης και στην μεγάλη πυκνότητα των εκπομπών από ανθρωπογενείς εκπομπές οι οποίες συγκεντρώνονται σε μικρές γεωγραφικές περιοχές (κυρίως αστικές περιοχές και βιομηχανικές ζώνες). Αντίθετα, η καλή διασπορά των φυσικών πηγών ανά την υφήλιο

προσφέρει τη δυνατότητα καλύτερης ανάμιξης των ρύπων με τον καθαρό αέρα. Κατά συνέπεια, με κάποιες μικρές εξαιρέσεις, οι εκπομπές αερίων ρύπων από φυσικές πηγές από μόνες τους δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις. Μερικά παραδείγματα φυσικών πηγών είναι:

- Οι εκρήξεις ηφαιστειών(κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου, υδρόθειο και μεθάνιο).
- Οι πυρκαγιές (φυσικές) δασών (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα).
- Οι αμμοθύελλες με τις οποίες π.χ. πολλές φορές άμμος από τη Σαχάρα φτάνει όχι μόνο μέχρι την Ελλάδα αλλά και μέχρι την κεντρική και βόρεια Ευρώπη (αιωρούμενα σωματίδια).
- Οι ωκεανοί και γενικότερα οι θαλάσσιες εκτάσεις (κυρίως χλωριούχο νάτριο και θειικά άλατα).
- Η βιολογική αποσύνθεση φυτών και ζώων (κυρίως υδρογονάνθρακες, αμμωνία και υδρόθειο).

Οι κυριότερες *ανθρωπογενείς πηγές* είναι:

- Βιομηχανικές πηγές (αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου)
- Παραγωγή και μεταφορά ενέργειας (διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, βενζόλιο)
- Μεταφορές (μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, οξείδια του αζώτου, βενζόλιο)
- Κεντρική θέρμανση (διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου)
- Απόθεση και αποτέφρωση στερεών αποβλήτων (μονοξείδιο του άνθρακα)

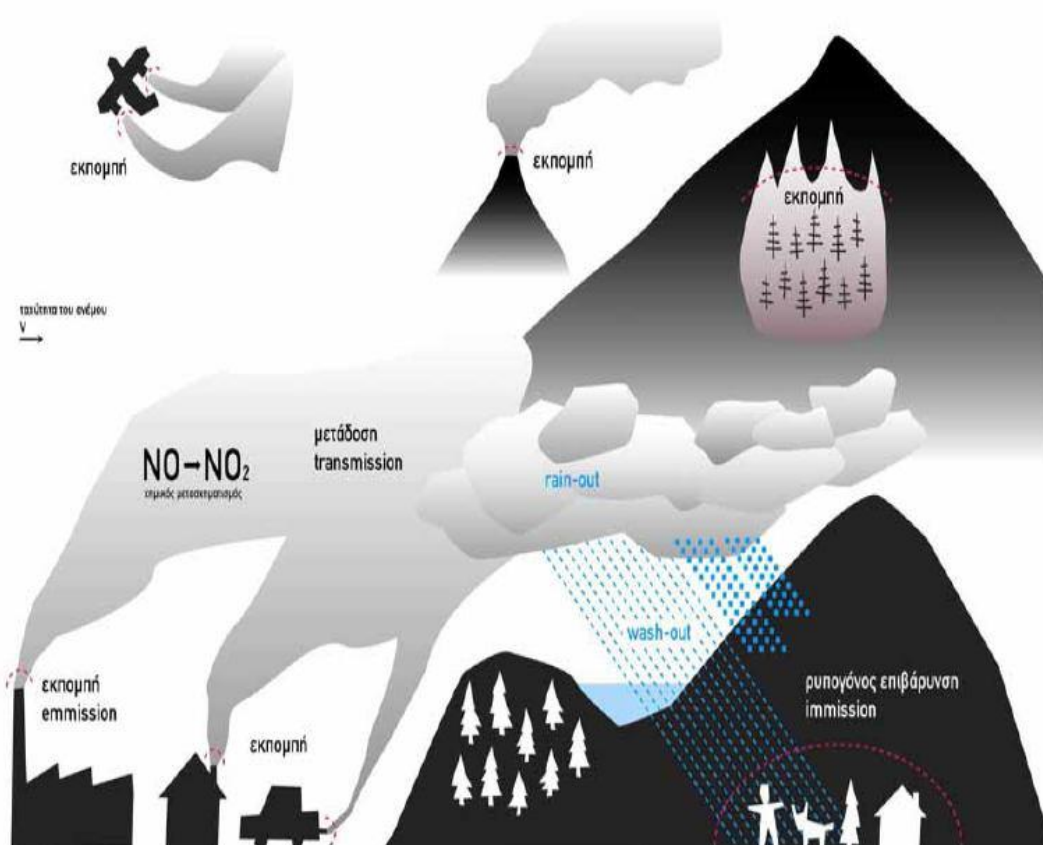
Σήμερα, το μεγαλύτερο μέρος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δημιουργείται από διαδικασίες καύσης υλικών, που ονομάζονται καύσιμα. Υπάρχουν στερεά καύσιμα (λιγνίτης, λιθάνθρακας, τύρφη, κοκ, μπριγκέτες, ξυλάνθρακες, ξύλα, απορρίμματα κ.α.), υγρά καύσιμα (βενζίνη, πετρέλαιο, κηροζίνη κ.α.) και αέρια καύσιμα (φυσικό αέριο, υδρογόνο κ.α.). Όλα σχεδόν τα συμβατικά καύσιμα αποτελούνται κυρίως από χημικές ενώσεις δύο στοιχείων, του άνθρακα και του υδρογόνου δηλαδή από υδρογονάνθρακες. Για να καεί ένα καύσιμο πρέπει να βρεθεί σε μία υψηλή θερμοκρασία, που είναι απαραίτητη για την ανάφλεξη του, και να υπάρχει αρκετό οξυγόνο (O₂). Η ανάφλεξη ενός καυσίμου είναι πιο εύκολη όσο μεγαλύτερο είναι το

μέρος H_2 , που περιέχει. Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται αέρας για την καύση (που περιέχει O_2 σε αναλογία όγκου 21%). Κατά την καύση ενός καυσίμου εκτός από τη θερμότητα δημιουργείται και μία σειρά ρύπων.

Οι ρύποι που προέρχονται από την καύση οποιουδήποτε καυσίμου, καταλήγουν στην ατμόσφαιρα (Σχήμα 3.2) στην περίπτωση :

- ενός βιομηχανικού λέβητα μέσω της καπνοδόχου
- ενός οχήματος μέσω της εξάτμισης
- ενός αεροπλάνου μέσω των ακροφυσίων
- μιας ανοιχτής φωτιάς, π.χ. μιας πυρκαγιάς δάσους, απευθείας

Στην περίπτωση μιας έκρηξης ηφαιστείου οι ρύποι καταλήγουν στην ατμόσφαιρα μέσω του κρατήρα, ενώ σε ορισμένες βιομηχανικές διαδικασίες μέσω της πόρτας, των παραθύρων ή του τεχνητού συστήματος εξαερισμού του κτιρίου.



Σχήμα 3.2: Διασπορά των ρύπων στην ατμόσφαιρα από διαφορετικές πηγές

Όταν η "διάρκεια ζωής" ενός ρύπου στην ατμόσφαιρα είναι μερικές ημέρες, η επίδραση του στο περιβάλλον περιορίζεται κοντά στις περιοχές προελεύσεώς του. Όταν η "διάρκεια ζωής" είναι περισσότεροι μήνες, τότε η επίδρασή του στο περιβάλλον περιορίζεται σε ένα ημισφαίριο ενώ, αν η "διάρκεια ζωής" είναι περισσότερα χρόνια, τότε ο ρύπος μεταφέρεται σε όλη την υδρόγειο. Έτσι εξηγούνται γεγονότα, όπως το ότι στην Ανταρκτική εντοπίστηκαν εντομοκτόνα και στους πάγους της Γροιλανδίας τετραμεθυλομόλυβδος από τα καυσαέρια αυτοκινήτων, παρά το γεγονός ότι δεν υπήρχε εκπομπή τέτοιων ρύπων ποτέ σε αυτές τις περιοχές.

3.4 Περιγραφή ατμοσφαιρικών ρύπων

Στις ενότητες που ακολουθούν γίνεται παρουσίαση των ατμοσφαιρικών ρύπων, οι οποίοι αποτελούν αντικείμενο μελέτης στην παρούσα εργασία, με αναφορά στις χημικές τους ιδιότητες και τις ατμοσφαιρικές αντιδράσεις, στις πηγές των

συγκεκριμένων ρύπων, στις τυπικές συγκεντρώσεις σε αστικές και μη αστικές περιοχές, στις επιδράσεις στην υγεία των ανθρώπων και το περιβάλλον και στα όρια ασφαλείας, επιλέγοντας ως περιοχή μελέτης την Ελλάδα.

Για τη σαφέστερη παρουσίαση αυτών, θεωρήθηκε απαραίτητο σε αυτό το σημείο να αναφερθούν οι σταθμοί μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Αθήνα, καθώς και στην περιφέρεια της χώρας, από όπου και αντλούνται τα δεδομένα στις παρακάτω ενότητες (Πίνακας 3.1 και 3.2).

Πρωτίστως, παρουσιάζονται οι σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης σύμφωνα με την ταξινόμηση τους σε κατηγορίες, ο χαρακτηρισμός των οποίων γίνεται ανάλογα με την τοποθεσία τους:

❖ Αστικός - Κυκλοφορίας:

Οι σταθμοί αυτής της κατηγορίας βρίσκονται στα αστικά κέντρα, σε περιοχές δηλ. κοντά σε σημαντικές πηγές ρύπανσης όπως είναι οι κεντρικοί δρόμοι, σε απόσταση 10 περίπου μέτρων.

❖ Αστικός – Υποβάθρου:

Οι σταθμοί αυτοί δεν επηρεάζονται άμεσα από συγκεκριμένες πηγές αστικής ρύπανσης, καθώς είναι τοποθετημένοι σε απόσταση μερικών χιλιομέτρων, έτσι ώστε να παρέχουν μία αντιπροσωπευτική εικόνα των ευρύτερων αστικών συγκεντρώσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

❖ Αστικός – Βιομηχανικός:

Οι σταθμοί αυτού του τύπου βρίσκονται κοντά σε βιομηχανικά κέντρα, σε απόσταση μικρότερη του ενός χιλιομέτρου.

❖ Υποβάθρου:

Οι μετρούμενες συγκεντρώσεις των ρύπων στους σταθμούς αυτής της κατηγορίας επηρεάζονται κυρίως από τη μεταφορά ρύπων που προέρχονται από μεγάλες αποστάσεις, καθώς και από τις εκπομπές στην περιοχή που είναι τοποθετημένος ο σταθμός. Η απόσταση από τις σημαντικές πηγές ρύπανσης (αστικά κέντρα, εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, αυτοκινητόδρομοι) είναι τόσο μεγάλη (τουλάχιστον 10 χιλιόμετρα) που ο θύσανος της ρύπανσης διασπείρεται και δεν μπορεί να διακριθεί.

Σταθμός				
Όνομα	Θέση			Χαρακτηρισμός
	Γεωγρ. μήκος	Γεωγρ. πλάτος	Υψόμετρο (a.m.s.l.)	
ΑΘΗΝΑΣ	23° 43' 36".63	37° 58' 41".53	100	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥΣ	23° 43' 39".48	37° 59' 16".90	95	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	23° 42' 24".44	37° 59' 01".05	40	Περισστικός-Βιομηχανικός
ΛΙΟΣΙΑ	23° 41' 52".23	38° 04' 36".53	165	Περισστικός-Υποβάθρου
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ	23° 46' 36".79	38° 04' 10".68	210	Περισστικός
ΜΑΡΟΥΣΙ	23° 47' 14".49	38° 01' 51".02	170	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ	23° 42' 48".83	37° 55' 55".18	50	Αστικός-Υποβάθρου
ΠΑΤΗΣΙΩΝ	23° 43' 58".97	37° 59' 58".05	105	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΠΕΙΡΑΙΑΣ I	23° 38' 51".04	37° 56' 35".83	20	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	23° 41' 18".08	38° 01' 14".91	80	Αστικός-Υποβάθρου
ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	23° 49' 09".90	37° 59' 42".39	290	Περισστικός-Υποβάθρου
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	23° 32' 18".41	38° 03' 04".86	20	Περισστικός-Βιομηχανικός
ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ	23° 45' 29".46	38° 08' 36".68	550	Περισστικός-Υποβάθρου
ΚΟΡΩΠΙ	23° 52' 44".48	37° 54' 04".70	140	Περισστικός-Υποβάθρου
ΖΩΓΡΑΦΟΥ	23° 47' 12".22	37° 58' 10".57	245	Περισστικός-Υποβάθρου
ΓΟΥΔΗ	23° 46' 02".75	37° 59' 02".92	155	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΠΕΙΡΑΙΑΣ II	23° 39' 09".67	37° 56' 31".09	25	Αστικός-Υποβάθρου
ΓΑΛΑΤΣΙ	23° 44' 53".54	38° 01' 13".03	154	Περισστικού-Υποβάθρου
ΟΙΝΟΦΥΤΑ	23° 38' 20".09	38° 18' 22".39	100	Περισστικός-Βιομηχανικός
ΑΛΙΑΡΤΟΣ	23° 06' 36".96	38° 22' 30".89	110	Υποβάθρου

Πίνακας 3.1 : Χαρακτηριστικά σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ υπό την ευθύνη λειτουργίας του ΥΠΕΚΑ (Πηγή: ΥΠΕΚΑ)

Σταθμός				
Όνομα	Θέση			Χαρακτηρισμός
	Γεωγρ. μήκος	Γεωγρ. πλάτος	Υψόμετρο (m -asl)	
Π.Λ. ΑΓΙΑΣ ΣΟΦΙΑΣ	22° 56' 43".04	40° 38' 01".58	27	Αστικός-Κυκλοφορίας
Α.Π.Θ.	22° 57' 24".13	40° 38' 00".86	55	Αστικός-Υποβάθρου
ΚΟΡΔΕΛΙΟ	22° 53' 36".38	40° 40' 24".77	30	Αστικός-Βιομηχανικός
ΠΑΝΟΡΑΜΑ	23° 01' 54".05	40° 35' 20".15	363	Περισστικός-Υποβάθρου
ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ	22° 57' 33".49	40° 34' 44".10	60	Περισστικός-Υποβάθρου
ΣΙΝΔΟΣ	22° 48' 08".52	40° 39' 28".23	14	Αστικός-Βιομηχανικός
ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ	22° 52' 34".43	40° 44' 23".43	229	Περισστικός-Υποβάθρου
ΠΑΤΡΑ-1	21° 44' 18".35	38° 15' 11".15	16	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΠΑΤΡΑ-2	21° 44' 09".23	38° 14' 45".51	19	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΒΟΛΟΣ	22° 56' 35"	39° 21' 59"	31	Αστικός-Υποβάθρου
ΛΑΡΙΣΑ	22° 27' 12"	39° 40' 03"	15	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΗΡΑΚΛΕΙΟ	25° 04' 48"	35° 19' 57"	10	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	20° 51' 00"	39° 37' 12"	485	Αστικός-Υποβάθρου

Πίνακας 3.2: Χαρακτηριστικά σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ υπό την ευθύνη λειτουργίας των περιφερειακών διοικήσεων (Πηγή: ΥΠΕΚΑ)

3.4.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)



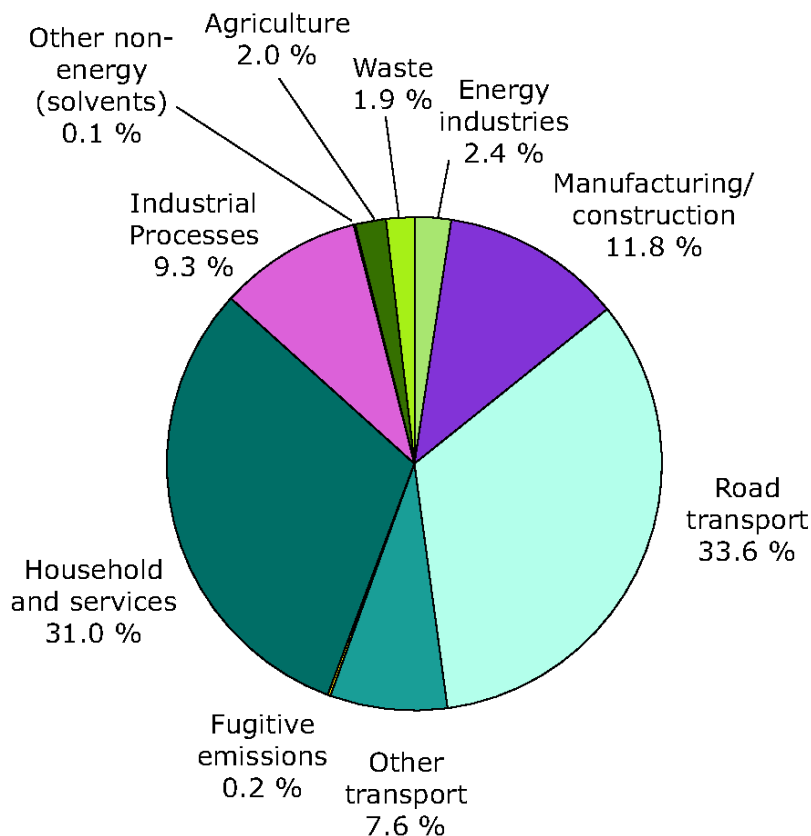
Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο που παράγεται από την ατελή καύση του άνθρακα και είναι εξαιρετικά τοξικό. Εκπέμπεται κυρίως από τις εξατμίσεις των μηχανών των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων και πάσης φύσεως μηχανών όταν συντελείται ατελής καύση της καύσιμης ύλης.

Ατελής καύση είναι πιθανότερο να συμβεί σε χαμηλές αναλογίες αέρα – καυσίμου στον κινητήρα, συνήθως κατά το ξεκίνημα της μηχανής αφού η παροχή αέρα είναι περιορισμένη, καθώς και όταν τα αυτοκίνητα δε ρυθμίζονται σωστά, αλλά και σε υπόμετρα όπου μειώνεται δραστικά η ποσότητα του οξυγόνου που διατίθεται για καύση.

Οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα από αυτοκίνητα αυξάνονται δραματικά σε ψυχρό καιρό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα αυτοκίνητα χρειάζονται περισσότερα καύσιμα για να ξεκινήσουν σε ψυχρές θερμοκρασίες και επειδή ορισμένες συσκευές ελέγχου των εκπομπών (όπως οι αισθητήρες οξυγόνου και οι καταλυτικοί μετατροπείς) λειτουργούν λιγότερο αποτελεσματικά όταν είναι κρύες.

Εκτός από τα μέσα μεταφοράς, άλλες ανθρωπογενείς πηγές του CO είναι η απόθεση στερεών αποβλήτων, η παραγωγή σιδήρου κλπ. Οι εκπομπές του CO από οχήματα και βιομηχανίες υπολογίζονται σε περίπου 200 εκατομμύρια τόνους, εκ των οποίων το 70% αφορά τις χώρες του ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, OECD, οργανισμός των 24 πλέον αναπτυγμένων βιομηχανικών χωρών με έδρα το Παρίσι). Ανάλογες ποσότητες CO παράγονται σε παγκόσμια κλίμακα από τις φωτιές δασών και την καύση βιομάζας.

Οι παγκόσμιες συγκεντρώσεις CO υποβάθρου κυμαίνονται μεταξύ 0,06 mg/m³ και 0,14 mg/m³. Σε ευρωπαϊκές πόλεις με κυκλοφοριακό φόρτο η οκτάωρη μέση συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα είναι μικρότερη συνήθως από 20 mg/m³ με μικρές αυξήσεις που φτάνουν τα 60 mg/m³. Γενικά, υψηλές συγκεντρώσεις του μπορούν να βρεθούν σε κλειστά μέρη όπως χώροι στάθμευσης, ελλιπώς αεριζόμενες υπόγειες διαβάσεις, ή κατά μήκος των δρόμων σε περιόδους κυκλοφοριακής αιχμής.



Σχήμα 3.3 Ποσοστιαία κατανομή πηγών εκπομπής CO για τις χώρες-μέλη του ΕΟΠ (Πηγή: EEA,2008)

Επιπτώσεις στην υγεία

Το εισπνεόμενο CO αντιδρά με το σίδηρο στην αιμογλοβίνη και σχηματίζει την καρβοξυαιμογλοβίνη (COHb), η οποία μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο σε βασικούς ιστούς του οργανισμού, επιδρώντας κυρίως στο καρδιαγγειακό και νευρικό σύστημα. Χαμηλές συγκεντρώσεις του επηρεάζουν δυσμενώς άτομα με καρδιακά προβλήματα και μειώνουν τις σωματικές επιδόσεις νεαρών και υγιών ατόμων. Υψηλότερες συγκεντρώσεις προκαλούν συμπτώματα όπως ζαλάδα, πονοκεφάλους και κόπωση.

Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας προτείνει ως ανώτατο όριο καρβοξυαιμογλοβίνης στο αίμα το 2,5 έως 3%. Τα προτεινόμενα όρια έκθεσης ανάλογα με τον χρόνο έκθεσης

που διατηρούν την καρβοξυαιμογλοβίνη στα παραπάνω πλαίσια δίνονται στον Πίνακα 3.3.

Χρόνος Έκθεσης	Μέσο επίπεδο CO
15 λεπτά	100 mg/m ³
30 λεπτά	60 mg/m ³
1 ώρα	30 mg/m ³
8 ώρες	10 mg/m ³

Πίνακας 3.3 Προτεινόμενα Όρια από την Π.Ο.Υ. για CO

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι πίνακες που δείχνουν την διαχρονική μεταβολή των μέσων ετήσιων τιμών του μονοξειδίου του άνθρακα, αρχικά στην Αθήνα για τα έτη 1984-2010 και στη συνέχεια σε περιφερειακό επίπεδο για τα έτη 2001-2010 όπου υπάρχουν σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Όσον αφορά στην περιφέρεια, το έτος 2001 εγκαταστάθηκε το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ) από τη Διεύθυνση Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης & Θορύβου (ΕΑΡΘ) του Τμήματος Ποιότητας Ατμόσφαιρας του ΥΠΕΚΑ, επεκτείνοντας και αναβαθμίζοντας το τότε υπάρχον δίκτυο. Για αυτό το λόγο δεν υπάρχουν δεδομένα συγκεντρώσεων πριν από το συγκεκριμένο έτος.

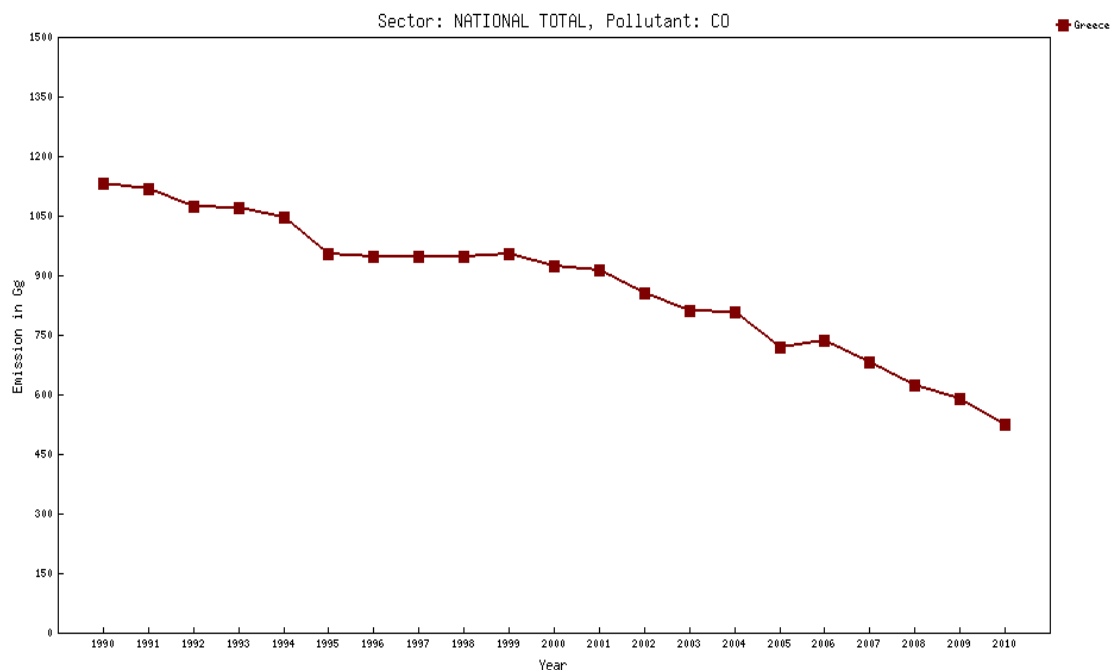
	ΠΑΤ	ΑΘΗ	ΑΡΙ	ΠΕΙ-1	ΓΕΩ	ΠΕΡ	ΣΜΥ	ΜΑΡ	ΛΥΚ
1984	8,9				1,3		2,0		
1985	7,7			4,2	1,4		1,9		
1986	6,0			4,4	1,1		1,8		
1987	6,7			4,3	1,3		1,6		
1988	7,4	4,1		4,7	1,8		1,7		
1989	8,4	4,9		5,2	1,8		1,9		
1990	7,4	4,2		4,1	1,5	2,8	1,8	1,7	
1991	6,8	4,9		4,0	1,4	3,9	1,9	1,7	
1992	5,5	6,7		3,2	1,2	2,6	2,0	3,4	
1993	5,2	3,6		4,3	2,1	1,7	1,9	2,4	
1994	5,4	3,5	3,8	3,5	1,9	2,7	2,0	1,6	1,1
1995	5,1	3,2	3,6	2,5	1,7	2,0	2,1	1,6	1,3
1996	4,8	3,7	2,6	2,3	1,6	1,7	1,8	1,5	1,1
1997	5,3	3,4	2,1	2,3	1,5	2,0	1,7	2,1	1,2
1998	5,6	4,2	2,3	2,4	1,7	2,1	1,8	2,0	1,3
1999	5,0	3,5	2,4	2,3	1,7	1,9	1,7	1,8	1,5
2000	4,9	2,6		2,0	1,9	1,3	1,5	2,0	1,5
2001	3,6	2,5		1,7	1,0	0,8	0,9	0,8	0,5
2002	3,3	2,5		1,6	1,2	0,8	1,0	0,9	0,6
2003	2,9	2,1		1,4	0,9	0,7	0,9	0,8	0,4
2004	2,9	2,1		1,1	0,9	0,8	0,9	0,8	0,5
2005	2,7	1,9		1,5	0,9	0,7	0,8	0,7	0,4
2006	2,5	1,9		1,3	0,9	0,7	0,9	0,7	
2007	2,4	1,7		1,2	0,9	0,7	0,7	0,7	
2008	2,0	1,6		1,0	0,8	0,6	0,6	0,6	
2009	1,5	1,5		1,0	0,8	0,6	0,6	0,7	
2010	1,6	1,3		0,9	0,6	0,6	0,8	0,6	

Πίνακας 3.4 Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών CO στην Αθήνα (mg/m³)
(Πηγή: ΥΠΕΚΑ,2010)

	ΑΓ. ΣΟΦ	ΚΟΡΔ	ΚΑΛ	ΣΙΝ	ΠΑΤ-1	ΠΑΤ-2	ΒΟΛ	ΛΑΡ	ΗΡΑΚ
2001	1,6	0,7	0,6	0,5	1,1	1,5	0,9	0,7	0,4
2002	1,7	0,7	0,6	0,4	1,1	1,4	0,6	0,4	0,4
2003	1,5	0,7	0,6	0,4	1	1	0,4		0,5
2004		0,7	0,6		0,7		0,3		
2005		0,7	0,6				0,3		
2006				0,3			0,3		
2007	1,5			0,4	0,8	0,8	0,4	0,5	
2008	1,1	1	0,5	0,3	0,7	0,8	0,2	0,3	
2009	1	1,1	0,5	0,4	0,7	0,8		0,3	
2010	1	1,0	0,4	0,4	0,6	0,7		0,3	

Πίνακας 3.5 Διαχρονική εξέλιξη μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων CO στην ελληνική περιφέρεια(mg/m³) (Πηγή: ΥΠΕΚΑ,2010)

Τέλος, απεικονίζεται ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα για τις μέσες ετήσιες εκπομπές CO για το χρονικό διάστημα που μελετάται στη χώρα, το οποίο αφορά στις συνολικές εκπομπές από όλες τις δραστηριότητες.



Διάγραμμα 3.1: Διαχρονική εξέλιξη συνολικών εκπομπών CO στην Ελλάδα (Πηγή: ΕΜΕΡ)

Γενικά, παρατηρείται μείωση στις εκπομπές του μονοξειδίου του άνθρακα και οι λόγοι για τους οποίους γίνεται θα αναλυθούν παρακάτω σε επόμενο κεφάλαιο και αναλυτικότερα ανά κατηγορία ρύπου ανά τομέα δραστηριότητας.

3.4.2 Διοξείδιο του Θείου (SO₂)

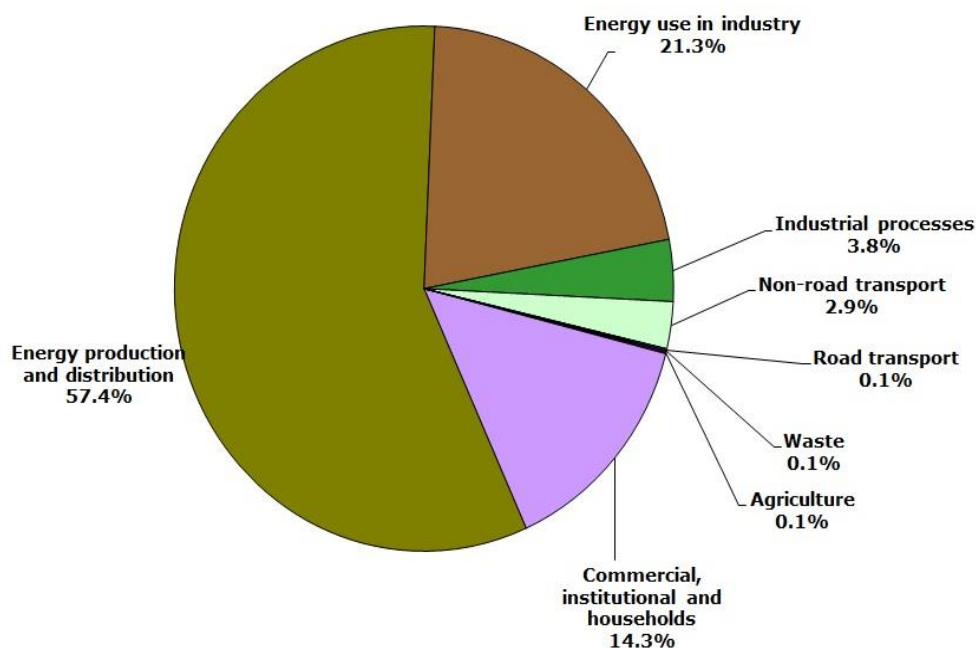


Το διοξείδιο του θείου είναι ένα άχρωμο αέριο, άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη ερεθιστική οσμή σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Είναι ένας αρκετά τοξικός ρύπος για το φυσικό περιβάλλον.

Το SO₂ είναι αποτέλεσμα της χρήσης ορυκτών καυσίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο, καθώς και των εκπομπών ηφαιστείων. Οι ανθρωπογενείς πηγές (Σχήμα 3.3) που εκπέμπουν διοξείδιο του θείου είναι τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, οι βιομηχανίες, οι κεντρικές θερμάνσεις των κατοικιών, τα διυλιστήρια πετρελαίου, οι χημικές βιομηχανίες και οι χαρτοβιομηχανίες. Η καύση άνθρακα αντιπροσωπεύει το

50-60% των ετήσιων παγκόσμιων εκπομπών SO₂, καθιστώντας την τη μεγαλύτερη πηγή για τις παγκόσμιες εκπομπές.

Υπολογίζεται ότι οι εκπομπές SO₂ στη δεκαετία του '80 ήταν περίπου 100 εκατομμύρια τόνοι, εκ των οποίων το 40% από τις χώρες του ΟΟΣΑ. Με τη βελτίωση των καυσίμων (αποθείωση) και τον έλεγχο των εκπομπών, οι εκπομπές SO₂ έχουν μειωθεί σημαντικά.



Σχήμα 3.4 Ποσοστιαία κατανομή πηγών εκπομπής SO₂ για τις χώρες-μέλη του ΕΟΠ
(Πηγή: ΕΕΑ,2010)

Επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον

Βραχυχρόνια έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις SO₂ επηρεάζει άτομα με αναπνευστικά προβλήματα προκαλώντας επιδείνωση του άσθματος και της χρόνιας βρογχίτιδας. 24ωρες εκθέσεις σε αυξημένες συγκεντρώσεις SO₂ και αιωρούμενων σωματιδίων έχουν συσχετιστεί με αυξημένη θνησιμότητα, νοσηρότητα και μειωμένη λειτουργία των πνευμόνων. Η ταυτόχρονη επίδραση των δύο ρύπων, η ταυτόχρονη παρουσία των οποίων είναι κανόνας σε αστικές ιδίως περιοχές, προκαλεί συνεργιστικά αποτελέσματα, δηλ. το τελικό αποτέλεσμα είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των μεμονωμένων αποτελεσμάτων της ξεχωριστής επίδρασης του SO₂ και των σωματιδίων.

Από την Π.Ο.Υ προτείνονται τα όρια ασφαλείας που δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Χρόνος Έκθεσης	Συγκέντρωση SO ₂
24 ώρες	125 mg/m ³
1 έτος	50 mg/m ³

Πίνακας 3.6 Προτεινόμενα Όρια από την Π.Ο.Υ. για SO₂

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι πίνακες που δείχνουν την διαχρονική μεταβολή των μέσων ετήσιων τιμών του διοξειδίου του θείου, αρχικά στην Αθήνα για τα έτη 1984-2010 και στη συνέχεια σε περιφερειακό επίπεδο για τα έτη 2001-2010, σύμφωνα με τους σταθμούς μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για τα δεδομένα των σταθμών της περιφέρειας ισχύει ότι και παραπάνω.

	ΠΑΤ	ΑΘΗ	ΑΡΙ	ΠΕΙ-1	ΓΕΩ	ΠΕΡ	ΣΜΥ	ΜΑΡ	ΛΙΟ	ΖΩΓ	ΓΑΛ	ΑΓ. ΠΑΡ	ΕΛΕ	ΠΕΙ-2
1984	55			50	18		18		26					
1985	48				26		20		12					
1986	47			75	17		14		25					
1987	57			58	21		18		15					
1988	82	39		61	21		19		17					
1989	87	42		59	25		22		53					
1990	80	47		50	16	27	21	17	30					
1991	67	55		73	22	35	38	14	27					
1992	87	59		71		28	49	17	36					
1993	61	53		52	33	23	33	17	17					
1994	58	45	56	45	34	30	43	14	22					
1995	44	23	33	38	22	23	36	16	22					
1996	40	29	27	40	21	19	41	17	17					
1997	36	24	34	38	17	19	26	16	19					
1998	37	27	28	43	20	21	20	14	15					
1999	21	19	19	28	18	12	17	17	12					
2000	34	15	18	26	16	11	17	14	17					
2001	24	13	8	18	11	17	13	8	17	6	20	7	15	26
2002	32	14	7	26	6	13	13	6	14	4	19	6	12	21
2003	43	12	7	32	5	15	22	5	14	9	20	7	17	23
2004	21	10	17	13	10	18	17	12	10	14	27	8	13	24
2005	22	10	27	12	10	11			10	8	17	6	14	
2006	21	10		20	10	12	11		11				14	
2007	20	9		24	9	12	13		10				9	
2008	26	5		17	7	8			9				11	
2009	14	6		14										
2010	8	6		8		7	3						3	

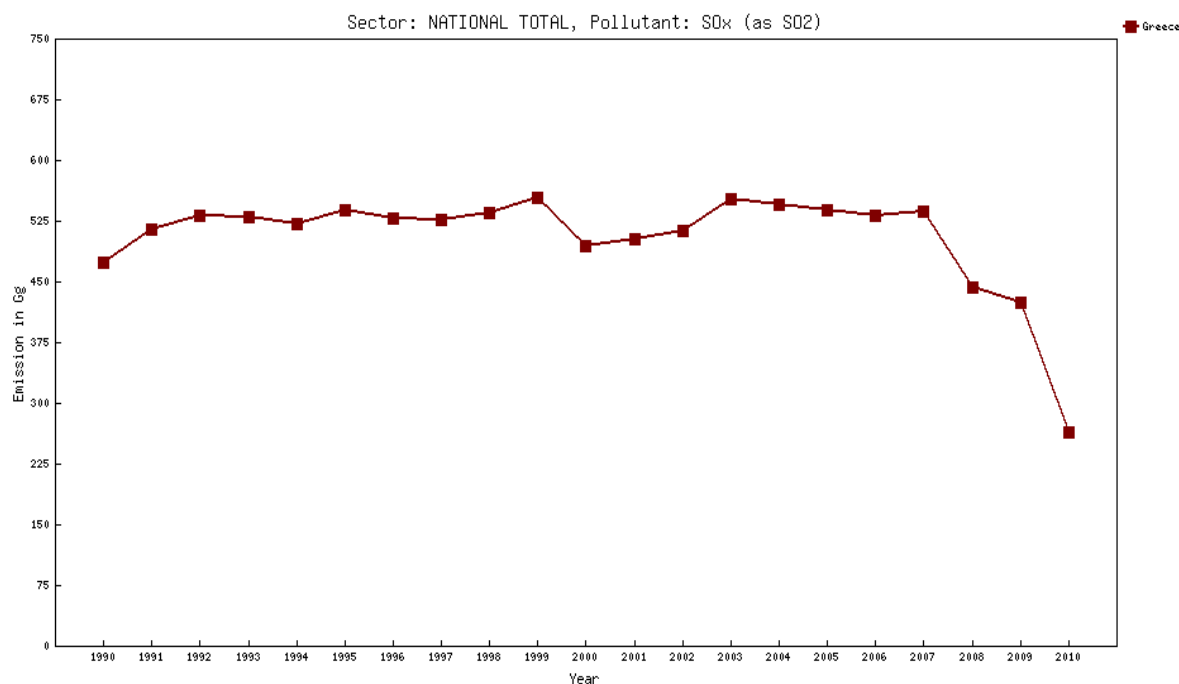
Πίνακας 3.7 Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών SO₂ στην Αθήνα (μg/m³)

(Πηγή: ΥΠΕΚΑ,2010)

	ΑΓ.ΣΟΦ	ΚΟΡΔ	ΚΑΛ	ΣΙΝ	Α.Π.Θ.	ΠΑΤ-1	ΠΑΤ-2	ΒΟΛ	ΛΑΡ	ΗΡΑΚ
2001	29	33	21	15	21	21	18	10	36	10
2002	23	22	17	11	14	19	16	10	41	7
2003	25	19	15	10	16	15	20	9		7
2004	17			10	17	22		12		
2005								19		
2006		9		11				5		
2007		17			11	8	9	4		
2008	4	10		4	10	11	5			
2009					10	15	3			
2010		6		3		14	5			

Πίνακας 3.8 Διαχρονική εξέλιξη μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων SO₂ στην ελληνική περιφέρεια(μg/m³) (Πηγή: ΥΠΕΚΑ,2010)

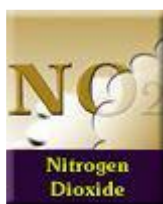
Κλείνοντας, παρουσιάζεται το συγκεντρωτικό διάγραμμα για τις μέσες ετήσιες εκπομπές SO_x για τα έτη 1990-2010 στην Ελλάδα.



Διάγραμμα 3.2: Διαχρονική εξέλιξη μέσων ετήσιων εκπομπών SO_x στην Ελλάδα (Πηγή: EMEP)

Όπως φαίνεται, υπάρχουν αρκετές διακυμάνσεις στις εκπομπές αερίων ρύπων των οξειδίων του θείου και μετά το έτος 2007 παρουσιάζεται μείωση σε αυτές, με την ελάχιστη τιμή το έτος 2010. Αυτό το γεγονός οφείλεται στη χρήση περισσότερο εναλλακτικών πηγών ενέργειας (ανανεώσιμες) σε σχέσεις με τις συμβατικές.

3.4.3 Οξείδια του Αζώτου (NO_x)



Τα πιο σημαντικά οξείδια του αζώτου που εμπλέκονται στη ρύπανση του αέρα είναι το μονοξείδιο του αζώτου (NO) και το διοξείδιο (NO₂), το σύνολο των οποίων συμβολίζεται ως NO_x. Το NO είναι αέριο άχρωμο, άοσμο, άγευστο και μη τοξικό ενώ το NO₂ ανάλογα με τη συγκέντρωση έχει ελαφρά καστανό έως ερυθροκάστανο χρώμα και ιδιάζουσα οσμή.

Σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνει το χαρακτηριστικό χρώμα του στην όψη του ουρανού στις αστικές περιοχές. Το NO₂ λόγω της υψηλής οξειδωτικής του κατάστασης είναι εξαιρετικά τοξικό και διαβρωτικό.

Το NO προέρχεται από καύση σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ το NO₂ εκπέμπεται σε μικρές ποσότητες από καύσεις μαζί με το NO. Οι ποσότητες NO₂ που εκλύονται πρωτογενώς στην ατμόσφαιρα είναι περιορισμένες σε σχέση με αυτές του NO. Από έναν ατμοηλεκτρικό σταθμό μόλις το 10% των οξειδίων του αζώτου αποτελούνται από NO₂ ενώ από μικρότερες πηγές εξωτερικής καύσης και από αυτοκίνητα το 2 - 3%.

Το NO₂ παράγεται επίσης από το NO μέσω διαφόρων χημικών αντιδράσεων που ενισχύονται από την παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας και επειδή ο μετασχηματισμός αυτός γίνεται ταχύτατα, το NO₂ θεωρείται πιο σημαντικός ρύπος όσον αφορά την επίδραση στον άνθρωπο.

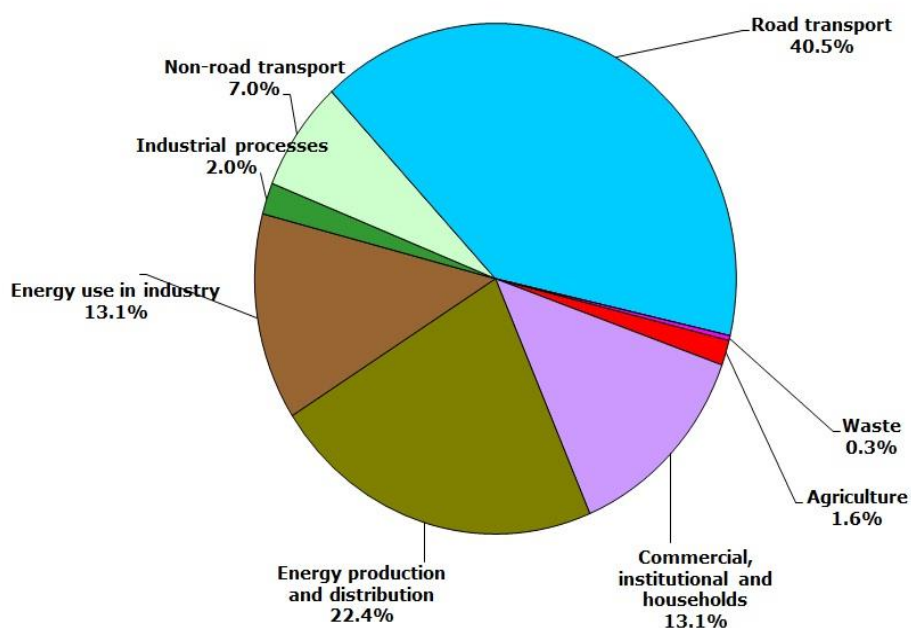
Οι εκπομπές του NO είναι μεγαλύτερες το χειμώνα όταν υπάρχει αυξημένη χρήση των καυσίμων για θέρμανση, ενώ το NO₂ είναι αυξημένο τις ζεστές ηλιόλουστες μέρες αφού η άφθονη ηλιακή ακτινοβολία συνδέεται με τη μετατροπή (φωτοχημική οξείδωση) του NO σε NO₂.

Το άθροισμα του NO και του NO₂ ονομάζεται NO_x. Ωστόσο επειδή αργά ή γρήγορα όλο το NO μεταβάλλεται στην ατμόσφαιρα σε NO₂ η ποσότητα του αθροίσματος του NO και του NO₂, δηλαδή του NO_x, καθορίζεται σαν NO₂.

Η μεγαλύτερη παραγωγή NO_x στην ατμόσφαιρα γίνεται μέσω αναερόβιων βιολογικών διεργασιών. Εστιάζοντας στις ανθρωπογενείς πηγές (όπως φαίνεται και παρακάτω στο σχήμα 3.5), οι εκπομπές τους συγκεντρώνονται σε συγκεκριμένες περιοχές και γενικά παράγονται κατά 40% από τα καυσαέρια των οχημάτων και κατά 45% από διάφορες καύσεις σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι κύριες ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής εκτός από τα αυτοκίνητα είναι διάφορες στατικές πηγές, όπως οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, οι οποίοι χρησιμοποιούν φυσικό καύσιμο, βιομηχανικοί καυστήρες, αποτεφρωτήρες και οι κεντρικές θερμάνσεις των σπιτιών. Οι εκπομπές

NO_x σε παγκόσμια κλίμακα υπολογίζονταν σε 60 εκατ. τόνους στο τέλος της δεκαετίας '80, εκ τω οποίων το 54% προέρχονται από τις χώρες του ΟΟΣΑ.

Οι φυσικές μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις υποβάθρου του διοξειδίου του αζώτου κυμαίνονται από 0,4–9,4 μg/m³. Σε αστικές περιοχές οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι μεταξύ 20 και 90 μg/m³ με μέγιστες ωριαίες τιμές που κυμαίνονται από 75-1.015 μg/m³.



Σχήμα 3.5 Ποσοστιαία κατανομή πηγών εκπομπής NO_x για τις χώρες-μέλη του ΕΟΠ
(Πηγή: ΕΕΑ,2010)

Επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον

Οι εκπομπές NO_x επιβαρύνουν ιδιαίτερα το περιβάλλον στις πόλεις. Συγκεκριμένα το NO₂ σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες συμβάλλει στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους, δίνοντας το χαρακτηριστικό καφέ χρώμα και την έντονη οσμή του. Επίσης τα NO_x θεωρούνται από τους πιο σημαντικούς ρύπους αφού καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος και συμμετέχουν στο σχηματισμό όξινης βροχής, ενώ συμβάλλουν και στην έξαρση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Σχετικά με τις επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση του ανθρώπου σε διοξείδιο του αζώτου, σε υγιείς ανθρώπους βραχυχρόνια έκθεση δε φαίνεται να προκαλεί

προβλήματα. Σε ασθματικούς όμως, η έκθεση προκαλεί δυσκολία στην αναπνοή. Επίσης στα παιδιά, που αποτελούν και αυτά μια ευάλωτη κατηγορία μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικές ασθένειες.

Από την Π.Ο.Υ προτείνονται τα όρια ασφαλείας που δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Χρόνος Έκθεσης	Συγκέντρωση NO ₂
1 ώρα	200 mg/m ³
1 έτος	40 mg/m ³

Πίνακας 3.9 Προτεινόμενα Όρια από την Π.Ο.Υ. για NO₂

Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες που δείχνουν την διαχρονική μεταβολή των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου και του μονοξειδίου του αζώτου στην Αθήνα για τα έτη 1984-2010. Συνεχίζοντας, φαίνεται η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου στην ελληνική περιφέρεια για τα έτη 2001-2010, σύμφωνα με τους σταθμούς μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για τα δεδομένα των σταθμών της περιφέρειας ισχύει ότι και προηγουμένως.

	ΠΑΤ	ΑΘΗ	ΑΡΙ	ΠΕΙ-1	ΓΕΩ	ΠΕΡ	ΣΜΥ	ΜΑΡ	ΛΙΟ	ΛΥΚ	ΖΩΓ	ΘΡΑ	ΓΑΛ	ΑΓ. ΠΑΡ	ΕΛΕ	ΠΕΙ-2	ΓΟΥ	ΚΟΡ
1984	105				37		23		24									
1985	113			98	34		20		14									
1986	107			92	47		29		25									
1987	105			80	57		33		24									
1988	117	89		88	61		40		34									
1989	121	87		75	66		41											
1990	120	84		76	55	71	29	42	36									
1991	110	78		67	74	64	38	35	36									
1992	118	66		75	50	58	51	31	23									
1993	106	73		69	44	46	37	36	23									
1994	102	70	93	74	39	55	51	34	30	33								
1995	95	91	98	65	50	55	48	36	34	36								
1996	95	80	81	60	43	50	49	30	24	33								
1997	95	80	77	64	46	54	51	34	24	32								
1998	99	75	70	68	47	59	52	40	26	32								
1999	91	72	63	70	49	56	52	32		36								
2000	97	71	65	75	38	52	53	35	41	36								
2001	95	79	73	68	51	40	45	35	38	38	20	11	44	19	38	50	48	
2002	92	73	71	65	51	42	47	43	41	37	20	11	50	18	40	52	49	
2003	83	61	69	54	47	44	46	36	35	31	22	11	42	19	40	54	45	
2004	88	64	70	64	50	49	43	43	42	32	19	9	47	22	37	42	41	
2005	89	62	71	66	48	41	45	39	38	32	20	12	42	23	40	50	45	
2006	86	59	68	66	45	41	44	35	36	30	19	13		23	38	47	44	
2007	100	67	65	72	43	41	43	29	35	34	17	13		22	36	51	42	
2008	92	63	49	60	46	40	42	28	35	31		12		21	33		37	15
2009	91	66	41	71	46	43	33	26	32	33		11		18	35		36	16
2010	83	44	48	46	44	36	26	22	30	22		10		13	37			13

Πίνακας 3.10 Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών NO₂ στην Αθήνα (μg/m³)
(Πηγή: ΥΠΕΚΑ,2010)

	ΠΑΤ	ΑΘΗ	ΑΡΙ	ΠΕΙ-1	ΓΕΩ	ΠΕΡ	ΣΜΥ	ΜΑΡ	ΛΙΟ	ΛΥΚ	ΖΩΓ	ΘΡΑ	ΓΑΛ	ΑΓ. ΠΑΡ	ΕΛΕ	ΠΕΙ-2	ΓΟΥ	ΚΟΡ
1984																		
1985																		
1986																		
1987	162			70	52		25		7									
1988	182	73		67	52		30		11									
1989	205	88		65	64		41											
1990	206	80		69	88	58	29	46	10									
1991	188	117		56	57	43	29	41	10									
1992	180	85		83	50	33	38	47	10									
1993	185	92		68	38	45	25	57	15									
1994	161	82	98	69	57	64	31	40	32	26								
1995	149	89	78	53	46	64	27	26	28	22								
1996	139	88	66	59	44	61	34	20	14	18								
1997	135	97	62	56	44	35	35	24	19	19								
1998	129	111	90	49	41	44	33	27	15	23								
1999	126	77	48	48	41	40	34	25		21								
2000	124	78	62	45	43	30	36	33	35	22								
2001	122	73	59	52	34	15	24	23	21	18	3	4	22	3	8	20	31	
2002	132	75	68	54	42	22	27	35	27	23	3	6	28	3	21	24	33	
2003	110	57	53	59	29	17	19	16	16	15	4	8	15	2	15	19	25	
2004	133	64	59	56	39	26	25	28	24	20	3	10	26	3	22	25	28	
2005	137	58	55	51	31	18	21	21	19	19	3	5	19	2	14	20	24	
2006	121	57	55	51	34	18	25	20	21	18	3	5		2	15	20	24	
2007	125	56	51	53	31	15	20	13	21	16	2	5		2	20	21	22	
2008	115	54	53	47	27	16	19	21	17	16		5		2	15		23	5
2009	122	53	49	43	26	17	19	20	17	16		5		3	14		22	5
2010	109	52	45	32	19	11	14	13	12	11		5		2	13			5

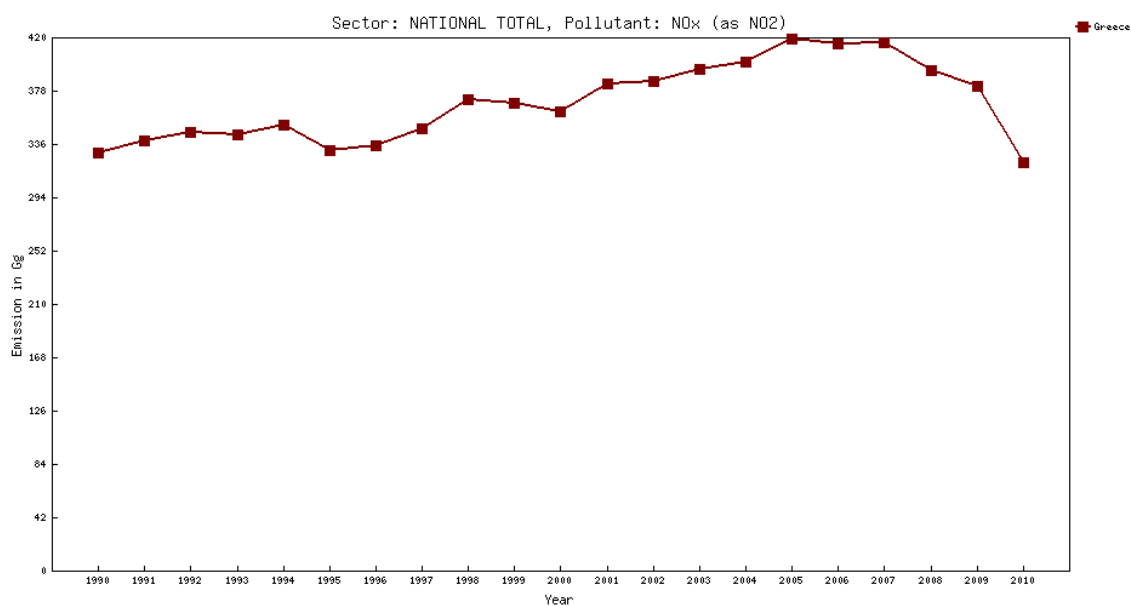
Πίνακας 3.11 Διαχρονική μεταβολή μέσων ετήσιων τιμών NO στην Αθήνα (μg/m³)
(Πηγή: ΥΠΕΚΑ,2010)

	ΑΓ.ΣΟΦ	ΚΟΡΔ	ΚΑΛ	ΣΙΝ	ΠΑΝ	ΝΕΟΧ	Α.Π.Θ.	ΠΑΤ-1	ΠΑΤ-2	ΒΟΛ	ΛΑΡ	ΗΡΑΚ	ΙΩΑΝ
2001	58	37	35	22	12	8	43	46	63	52	17	15	
2002	59	40	39	23	14	9	44	57	64	35	8		
2003	56	42	35	22	12	9	39	52		20			
2004	54	44	33			10		48		22			
2005		34								28			
2006		39	36	25		8	42			24			
2007	54	41	37	27	14	10	40	48	50				
2008	50	34	48	29	15	11	41	41	46		29		18
2009	40	33	32	22	10	8	35	31	42		22		17
2010	27	30*	41*	18	8		34	25	36				15

Πίνακας 3.12 Διαχρονική εξέλιξη μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων NO₂

στην ελληνική περιφέρεια(μg/m³) (Πηγή: ΥΠΕΚΑ,2010)

Τέλος, παρουσιάζεται το συγκεντρωτικό διάγραμμα για τις μέσες ετήσιες εκπομπές NO_x στην Ελλάδα για το χρονικό διάστημα που μελετάται (Διάγραμμα 3.3).



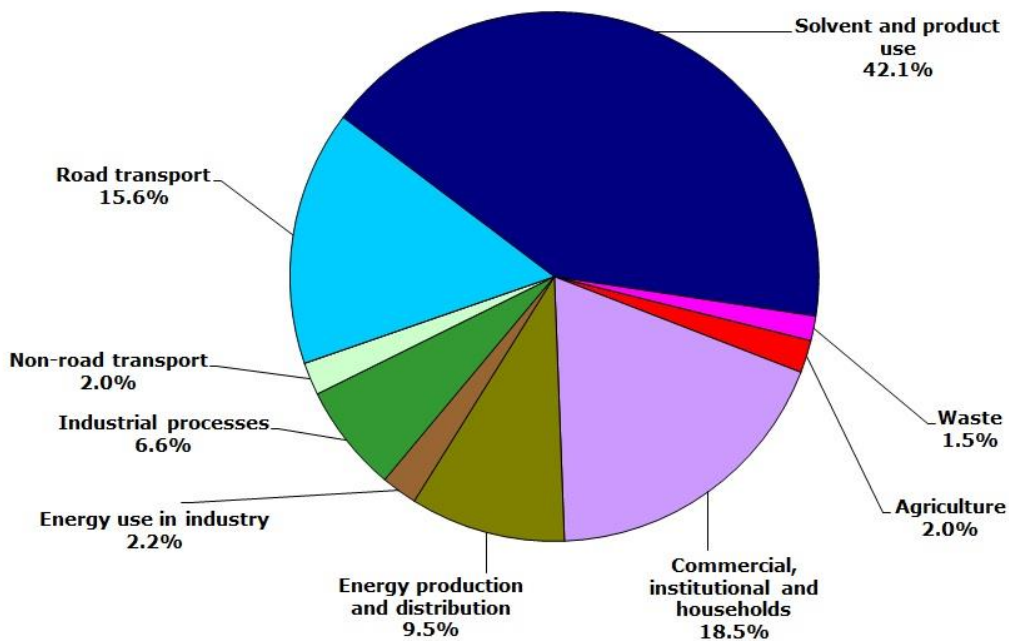
Διάγραμμα 3.3: Διαχρονική εξέλιξη μέσων ετήσιων εκπομπών NO_x στην Ελλάδα (Πηγή: ΕΜΕΡ)

Οι εκπομπές των οξειδίων του αζώτου εμφανίζουν αύξηση μέχρι το έτος 2005 και από εκεί και έπειτα υπάρχει μείωση, η οποία οφείλεται στη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών στους τομείς των μεταφορών καθώς και των βιομηχανικών διεργασιών.

3.4.4 Μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOC)

Οι μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις είναι μία ομάδα από χημικές ουσίες (με το μεθάνιο να αποκλείεται από την δομή τους) που περιέχουν το στοιχείο του άνθρακα στη μοριακή τους δομή, δηλαδή είναι οργανικές. Έχουν την ικανότητα να εξατμίζονται εύκολα σε θερμοκρασία δωματίου και οι περισσότεροι από αυτούς δεν έχουν οσμή ή χρώμα. Οι μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις περιλαμβάνουν σε γενικές γραμμές τις εξής χημικές ομάδες: αλκοόλες, αλδεΐδες αλκάνια, αρωματικές ενώσεις και κετόνες και αλογονωμένα παράγωγα αυτών των ουσιών.

Σημαντικές εκπομπές μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων απελευθερώνονται από την καύση ορυκτών καυσίμων, ιδίως κατά την καύση βενζίνης στις οδικές μεταφορές. Επίσης, είναι συχνά παρόντες ως διαλύτες σε βιομηχανικές διεργασίες, για παράδειγμα σε χρώματα, αεροζόλ, βαφές και βερνίκια. Το στεγνό καθάρισμα και η παραγωγή αλκοολούχων ποτών είναι λιγότερο σημαντικές πηγές εκπομπών αυτής της ομάδας. Τα δέντρα και τα άλλα φυτά παράγουν επίσης μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις μέσω φυσικών διαδικασιών. Η μυρωδιά που σχετίζεται με τα κωνοφόρα δάση οφείλεται στην απελευθέρωση των φυσικών μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων από τις βελόνες των δέντρων και τη ρητίνη. Όπως φαίνεται από το σχήμα που ακολουθεί, για το 42% των εκπομπών τους ευθύνεται η χρήση τους ως διαλύτες, το 18,5% οφείλεται στην εμπορική και την οικιακή χρήση, ενώ μόλις το 15,6% ανήκει στην κατηγορία των μεταφορών.

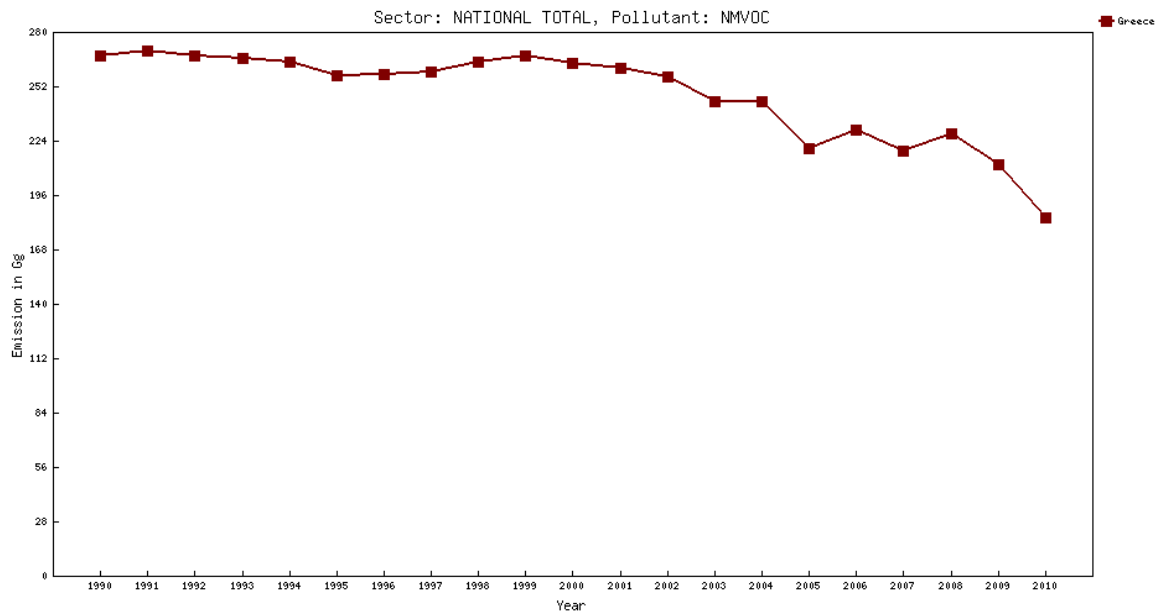


Σχήμα 3.6 Ποσοστιαία κατανομή πηγών εκπομπής NMVOC για τις χώρες-μέλη του ΕΟΠ (Πηγή: ΕΕΑ,2010)

Επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον

Η υπερβολική έκθεση σε ορισμένες χημικές ουσίες σε αυτή την ποικιλόμορφη ομάδα μπορεί να προκαλέσει επιπτώσεις στην υγεία, ανάλογα με τη συγκεκριμένη χημική ουσία. Πολλές μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις εμπλέκονται σε αντιδράσεις που σχηματίζουν τροποσφαιρικό όζον, το οποίο μπορεί να καταστρέψει τις καλλιέργειες και πολλά υλικά.

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται το συγκεντρωτικό διάγραμμα για τις μέσες ετήσιες εκπομπές των μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων στη χώρα για την περίοδο 1990-2010 ανεξάρτητα από τις πηγές εκπομπής τους.



Διάγραμμα 3.4: Διαχρονική εξέλιξη μέσων ετήσιων εκπομπών NMVOC στην Ελλάδα (Πηγή: EMEP)

Γενικά, φαίνεται να υπάρχει μία σταθερότητα τα πρώτα χρόνια μέχρι και το έτος 2001 και έπειτα ακολουθούν μία πτωτική τάση οι εκπομπές των μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων.

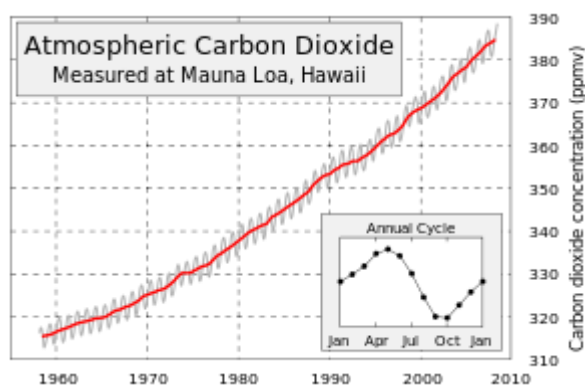
3.4.5 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι χημική ένωση που αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου ενωμένα με ομοιοπολικό δεσμό με ένα άτομο άνθρακα. Είναι αέριο συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας, άχρωμο, άοσμο και άγευστο σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας και είναι ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου. Δεν αποτελεί σημαντικό ρύπο, με την παραδοσιακή έννοια, επειδή στις συνηθισμένες συγκεντρώσεις δεν έχει επιπτώσεις στην υγεία, καθώς επίσης δε συμμετέχει σε χημικές αντιδράσεις οι οποίες μπορούν να παράγουν άλλους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Για αυτό το λόγο δεν υπάρχουν οριακές τιμές για τη συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα σε καμία χώρα.

Αποτελεί υποπροϊόν όλων των καύσεων ορυκτών καυσίμων (κάρβουνου, πετρελαίου, βενζίνης, φυσικού αερίου κλπ.), αλλά και του ξύλου, πλαστικών κ.ά. οργανικών ενώσεων. Παράγεται ακόμα από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών. Μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα εκπέμπονται από τα ηφαίστεια και από τις θερμές

πηγές αλλά και από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων. Ενωμένο, με τη μορφή ανθρακικών αλάτων, βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στο στερεό φλοιό της γης. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Γεωλογικού Ινστιτούτου των ΗΠΑ τα ηφαίστεια παράγουν σε παγκόσμιο επίπεδο 130-230 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα ετησίως. Οι εκπομπές του CO₂ από τις ανθρώπινες δραστηριότητες ανέρχονται σήμερα περίπου σε 27 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως και είναι πολύ περισσότερες σε σχέση με τις ποσότητες που εκλύονται από τα ηφαίστεια. Επίσης, παράγεται κατά την αναπνοή όλων των φυτών και των ζώων και από τους μύκητες και μικροοργανισμούς που εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από τα φυτά για την τροφή τους.

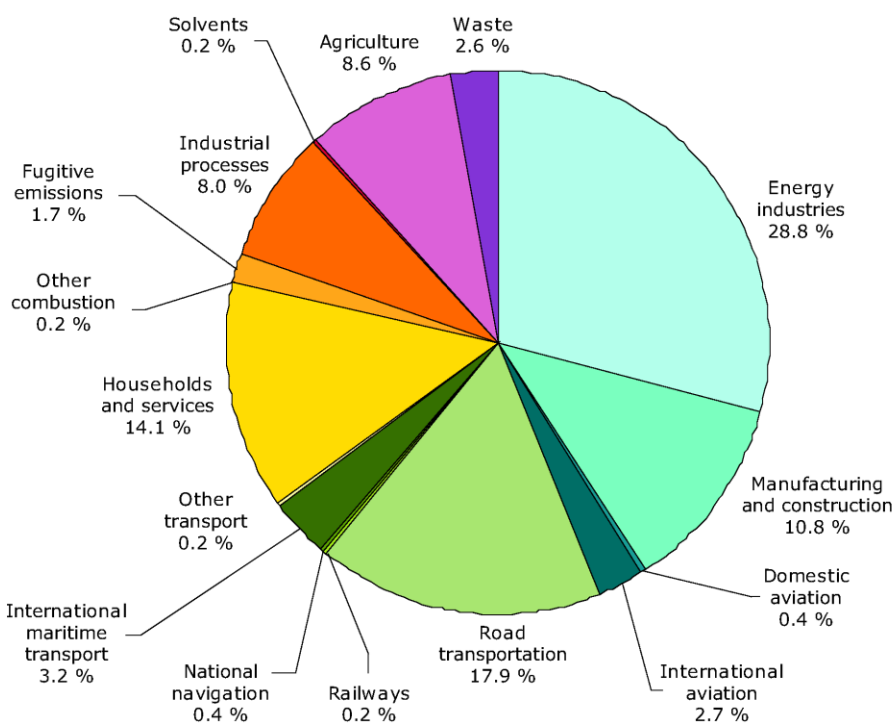
Από το ανθρωπογενές CO₂ που εκπέμπεται από τα ορυκτά καύσιμα το 50% διαλύεται στους ωκεανούς και απορροφάται από τα επίγεια οικοσυστήματα και το υπόλοιπο 50% διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα.



Διάγραμμα 3.5 Μετρήσεις συγκεντρώσεων CO₂ από το Παρατηρητήριο του Mauna Loa στη Χαβάη

Πολλές από τις χρήσεις του είναι ευρέως γνωστές και διαδεδομένες. Χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία τροφίμων, τη βιομηχανία πετρελαίου, και τη χημική βιομηχανία. Βρίσκει εφαρμογές σε πολλά καταναλωτικά προϊόντα που απαιτούν πεπιεσμένο αέριο γιατί είναι φθηνό και άφλεκτο, και λόγω του ότι μεταβαίνει από την αέρια φάση στην υγρή σε θερμοκρασία δωματίου και σε χαμηλή, σχετικά, πίεση. Τα σωσίβια γιλέκα συχνά περιέχουν CO₂ υπό πίεση. Πωλούνται επίσης μικρές κάψουλες από αλουμίνιο με συμπιεσμένο CO₂ για αεροβόλα όπλα, για φούσκωμα των ελαστικών των ποδηλάτων και για την παρασκευή αναβραζόντων δισκίων φαρμάκων. Η ταχεία εξάτμιση του υγρού διοξειδίου του άνθρακα χρησιμοποιείται για ανατινάξεις σε ορυχεία άνθρακα. Οι υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την εξολόθρευση επιβλαβών εντόμων όπως είναι ο σκόρος των ρούχων. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.7, κυρίαρχο ρόλο στις εκπομπές του

διοξειδίου του άνθρακα παίζει ο κλάδος της ενέργειας κατέχοντας ένα ποσοστό του 30% περίπου, ενώ ακολουθεί ο τομέας των μεταφορών με ποσοστό 18%. Τρίτα έρχονται τα νοικοκυριά με ποσοστό εκπομπών 14%.



Σχήμα 3.7 Ποσοστιαία κατανομή πηγών εκπομπής CO₂ για τις χώρες-μέλη του ΕΟΠ (Πηγή: ΕΕΑ,2009)

Επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι τοξικό για την καρδιά και προκαλεί αρρυθμίες. Η τοξικότητα και οι επιπτώσεις της αυξάνονται με την αύξηση της περιεκτικότητας του αέρα σε CO₂ :

- Σε περιεκτικότητα 1% v/v(γεμάτη αίθουσα με κακό εξαερισμό), το CO₂ μπορεί σε παρατεταμένη έκθεση να προκαλέσει υπνηλία. Σε περιεκτικότητα 2% v/v το CO₂ συμπεριφέρεται ως ήπιο ναρκωτικό. Προκαλεί αυξημένη αρτηριακή πίεση και καρδιακό ρυθμό, και μειώνει την ακοή.
- Σε περιεκτικότητα περίπου 5% v/v προκαλεί διέγερση του αναπνευστικού κέντρου, ζάλη, σύγχυση και δυσκολία στην αναπνοή συνοδευόμενη από κεφαλαλγία και δύσπνοια.
- Σε περιεκτικότητα 8% v/v προκαλεί κεφαλαλγία, εφίδρωση, παραισθήσεις, τρόμο και απώλεια συνείδησης μετά την έκθεση για πέντε έως δέκα λεπτά.

Η κύρια ανησυχία όσον αφορά στο περιβάλλον, με το διοξείδιο του άνθρακα είναι ο ρόλος που αυτή η ένωση παίζει ως αέριο του θερμοκηπίου επηρεάζοντας την αλλαγή του κλίματος της γης.

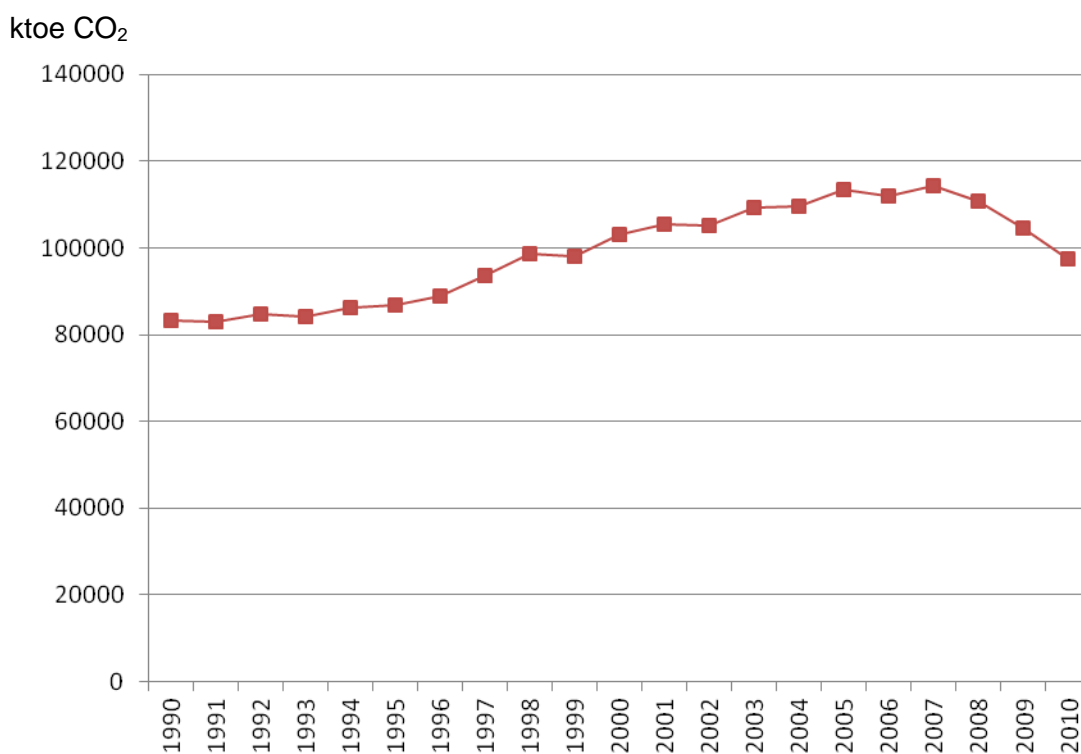
ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΙΟΤΟ

Η αυξανόμενη επιστημονική ανησυχία ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο παγκόσμιο κλίμα οδήγησε στην υπογραφή της Σύμβασης - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή στο Ρίο ντε Τζανέιρο τον Ιούνιο του 1992 από το σύνολο σχεδόν των χωρών του πλανήτη. Η Ελλάδα κύρωσε τη Σύμβαση το 1994 με το νόμο 2205/1994. Ο απώτερος στόχος της Σύμβασης ήταν η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα τέτοια ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Σε αυτό το πλαίσιο, η 3η Σύνοδος των Συμβαλλομένων Μερών της Σύμβασης, που έλαβε χώρα στο Κιότο το Δεκέμβριο του 1997, ολοκλήρωσε τις διαπραγματεύσεις σχετικά με τον καθορισμό ενός νομικού οργάνου: του Πρωτοκόλλου του Κιότο για την κλιματική αλλαγή. Το Πρωτόκολλο του Κιότο εξασφαλίζει μία βάση σύμφωνα με την οποία μελλοντικές δράσεις για την αντιμετώπιση της κλιματικής μεταβολής μπορεί να εντατικοποιηθούν. Κεντρικό σημείο του Πρωτοκόλλου συνιστά η νομική δέσμευση των αναπτυγμένων κρατών να ελαττώσουν, μεμονωμένα ή σε συνεργασία με άλλες χώρες, τις εκπομπές 6 αερίων του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μεθάνιο (CH₄), υποξείδιο του αζώτου (N₂O), υδροφθοράνθρακες (HFCs), υπερφθοράνθρακες (PFCs) και εξαθφοριούχο θείο (SF₆)) την περίοδο 2008-2012 σε ποσοστό μεγαλύτερο του 5% από τα επίπεδα του 1990.

Στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) δεσμεύτηκε για μείωση των εκπομπών κατά 8% την περίοδο 2008-2012. Σύμφωνα με τον διακανονισμό των επιμέρους υποχρεώσεων, στο εσωτερικό της ΕΕ, ο οποίος αποτέλεσε το αντικείμενο συμφωνίας στο Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος τον Ιούνιο του 1998, η Ελλάδα δεσμεύτηκε για τον περιορισμό της αύξησης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά την περίοδο 2008-2012 στο 25% σε σχέση με τις εκπομπές βάσης (εκπομπές 1990 για CO₂, CH₄ και N₂O – εκπομπές 1995 για F-gases). Η Ελλάδα κύρωσε το Πρωτόκολλο το 2002 με το νόμο 3017/2002.

Κλείνοντας αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζεται το διάγραμμα των συνολικών εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα για το χρονικό διάστημα 1990-2010 στην Ελλάδα.



Διάγραμμα 3.6: Διαχρονική εξέλιξη συνολικών εκπομπών CO₂ στην Ελλάδα
(Πηγή: Annual Inventory Submission Under The Convention And The Kyoto Protocol For Greenhouse And Other Gases For Years 1990-2010, ΥΠΕΚΑ 2012)

4. Νομοθεσία για ρύπους στην ατμόσφαιρα

4.1 Περιβαλλοντική πολιτική Ευρωπαϊκής Κοινότητας

Η περιβαλλοντική πολιτική αποτελεί αυτή τη στιγμή μια από τις τρεις σημαντικότερες πολιτικές που απασχολούν όλα τα κράτη. Οι τρεις αυτές πολιτικές αφορούν την ανάπτυξη, την κοινωνική συνοχή και το περιβάλλον. Το περιβάλλον σήμερα έχει γίνει ισότιμο με τις άλλες δύο σημαντικές πολιτικές. Η δε ανάπτυξη χαρακτηρίζεται πλέον ως βιώσιμη ή αειφόρος γιατί οφείλει να διατηρεί το περιβάλλον, τη φύση και τις φυσικές πηγές για τις επόμενες γενιές. Όλα αυτά δείχνουν τη σημασία του θέματος του περιβάλλοντος στην πολιτική.

Σήμερα, υπάρχει ένα μεγάλο κοινοτικό πρόγραμμα, το *Έκτο Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα Δράσης της Ευρωπαϊκής Κοινότητας* (6ο ΠΠΔ), το οποίο καλύπτει την περίοδο από το 2002 μέχρι το 2012 και καθορίζει για το περιβάλλον τέσσερις μεγάλους τομείς προτεραιότητας. Ο ένας από αυτούς τους τομείς είναι «περιβάλλον και υγεία». Το θέμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης συμπεριλαμβάνεται ειδικά στον τομέα αυτό, πράγμα που δείχνει τη σημασία και τη βαρύτητα του θέματος για την Ευρωπαϊκή Κοινότητα και για όλους μας, για όλα τα κράτη μέλη. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα αυτό αποσκοπεί στην επίτευξη επιπέδων ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα που δεν έχουν ως αποτέλεσμα απαράδεκτες επιπτώσεις ή κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον.

Η ΕΕ έχει αναλάβει δράση σε πολλά επίπεδα για τη μείωση της έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση: μέσω της νομοθεσίας, της συνεργασίας με κλάδους που είναι υπεύθυνοι για την ατμοσφαιρική ρύπανση, μέσω των εθνικών και περιφερειακών αρχών και των μη κυβερνητικών οργανώσεων και μέσω της έρευνας. Οι πολιτικές της ΕΕ αποσκοπούν στη μείωση της έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση μέσω της μείωσης των εκπομπών και της θέσπισης ορίων και τιμών στόχων για την ποιότητα της ατμόσφαιρας.

Οι κοινοτικές δραστηριότητες για την προστασία της ατμόσφαιρας καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων: τον περιορισμό της εξάντλησης του στρατοσφαιρικού όζοντος, τον έλεγχο της οξίνισης, του τροποσφαιρικού όζοντος και άλλων ρύπων, καθώς και την αλλαγή του κλίματος. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, οι οποίοι εισέρχονται στην ατμόσφαιρα από ευρύ φάσμα πηγών, μπορούν να υποδιαιρεθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες: εκπομπές από κινητές πηγές (βιομηχανία μεταφορών), εκπομπές από ακίνητες πηγές (επιχειρήσεις, κατοικίες, αγροτικές εκμεταλλεύσεις και χωματερές) και εκπομπές που προκαλούνται από την παραγωγή ενέργειας. Η ΕΕ έχει λάβει σημαντικά μέτρα την τελευταία δεκαετία, τα οποία οδήγησαν σε μείωση της έκλυσης

στην ατμόσφαιρα αρκετών ρύπων. Από το 1990 έως το 2002 οι εκπομπές μειώθηκαν κατά 43 % στην ΕΕ των 15 κρατών μελών και κατά 58 % στην ΕΕ των δέκα κρατών μελών, παρά την αυξημένη οικονομική δραστηριότητα.

4.2 Όρια ασφαλείας - ποιότητας ατμόσφαιρας

Ως οριακή τιμή της συγκέντρωσης ενός ρύπου στην ατμόσφαιρα ορίζεται αυτή τη συγκέντρωση, που αν δεν ξεπεραστεί, δεν έχει επιπτώσεις στον άνθρωπο. Η σύγχρονη επιστήμη με τους διάφορους κλάδους της, όπως τη βιολογία, την τοξικολογία, την επιδημιολογία κ.ά., μπορεί να καθορίσει τα ασφαλή όρια της έκθεσης του ανθρώπινου οργανισμού χωρίς επιβλαβείς συνέπειες. Υπάρχουν όμως και ουσίες για τις οποίες δεν υπάρχει αναγνωρισμένο κατώτατο όριο, κάτω από το οποίο δεν θεωρούνται επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία.

Σήμερα, γίνεται τεράστια επιστημονική έρευνα για όλες τις κατηγορίες ουσιών. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.) συνεργάζεται με πολλούς επιστήμονες και επιδιώκει να θέσει κάποια όρια ασφαλείας για τον άνθρωπο, τα όρια-στόχους, μέσω της νομοθεσίας για τις διάφορες ουσίες που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Όμως κι αυτά δεν είναι οριστικά, γιατί η επιστήμη συνεχώς εξελίσσεται και ανακαλύπτει καινούργια στοιχεία.

4.3 Θεσμικό πλαίσιο για την ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, υπήρχαν παλιότερα πολλές νομοθεσίες για την ατμοσφαιρική ρύπανση. Το 1996 δόθηκε μια βασική οδηγία-πλαίσιο για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, «*Οδηγία 1996/62/ΕΚ για την εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος (ΚΥΑ 3277/209/2000, ΦΕΚ 180/Β/17-2-2000)*». Η οδηγία αυτή όρισε τις βασικές αρχές μιας κοινής στρατηγικής για τη θέσπιση στόχων σχετικά με την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα με σκοπό τη μείωση ή την πρόληψη των επιβλαβών επιπτώσεων για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία και έθεσε γενικές διατάξεις, προβλέποντας και τη θεσμοθέτηση νέων θυγατρικών οδηγιών για τις επιμέρους ουσίες. Με τις γενικές διατάξεις αυτής της οδηγίας προβλέπονται τα εξής:

- ✓ Η Ένωση οφείλει να παρακολουθεί συνεχώς την επιστημονική έρευνα και ανάλογα με τα νέα δεδομένα να αναθεωρεί τα όρια

- ✓ Οφείλει να γίνεται έλεγχος των πηγών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- ✓ Επιβάλλεται να καταρτιστούν προγράμματα για τη μείωση της ρύπανσης και όχι απλά για μετρήσεις
- ✓ Επιβάλλεται να δημοσιοποιούνται όλες οι μετρήσεις αλλά και τα προγράμματα για τη μείωση της ρύπανσης

Μετά τη θεσμοθέτηση της οδηγίας αυτής εκπονήθηκαν τέσσερις θυγατρικές οδηγίες, για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, οι οποίες αφορούν συγκεκριμένους ρύπους:

- Οδηγία 1999/30/EK για τις οριακές τιμές διοξειδίου του θείου, οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου, στον αέρα του περιβάλλοντος (ΠΥΣ 34/30.5.2002, ΦΕΚ125/A/ 5-6-02)
- Οδηγία 2000/69/EK για τις οριακές τιμές βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα του περιβάλλοντος (ΚΥΑ 9238/332, ΦΕΚ 405B/27.2.05)
- Οδηγία 2002/3/EK σχετικά με το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 38638/2016, ΦΕΚ 1334B/21.9.05)
- Οδηγία 2004/107/EK σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 22306/1075/Ε103, ΦΕΚ 920B/8.6.07)

Το 2001 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε το πρόγραμμα «Καθαρός αέρας για την Ευρώπη» (Clean Air For Europe - CAFE). Πρόκειται για ένα μεγάλο πρόγραμμα που συγκροτήθηκε στο πλαίσιο του 6ου ΠΠΔ και παρέχει μακροπρόθεσμες, στρατηγικές και ολοκληρωμένες συμβουλευτικές υπηρεσίες πολιτικής αναφορικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Τον Σεπτέμβριο του 2005 εγκρίθηκε μια θεματική στρατηγική για την ατμοσφαιρική ρύπανση και μια πρόταση οδηγίας για το πρόγραμμα CAFE. Η θεματική αυτή στρατηγική για την ατμοσφαιρική ρύπανση θέτει οικονομικούς στόχους και μέτρα για την ευρωπαϊκή πολιτική για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα έως το 2020.

Τον Μάιο του 2008 εγκρίθηκε η νέα οδηγία 2008/50/EK για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα στην Ευρώπη, η οποία περιλαμβάνει την 96/62/EK και τις τρεις θυγατρικές της (1999/30/EK, 2000/69/EK και 2002/3/EK), όπως και την απόφαση 97/101/EK για την καθιέρωση της διαδικασίας για την αμοιβαία ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης από μεμονωμένους σταθμούς και δίκτυα. Σε αυτή την ενιαία οδηγία ενσωματώνεται όλη σχεδόν η ισχύουσα

νομοθεσία (με εξαίρεση την τέταρτη θυγατρική οδηγία), χωρίς να επέρχονται αλλαγές στους ισχύοντες στόχους για την ποιότητα του αέρα. Θεσπίζει νέους στόχους σχετικά με την ποιότητα της ατμόσφαιρας για τα PM_{2,5} και προβλέπει τη δυνατότητα μη συνυπολογισμού των φυσικών πηγών ρύπανσης κατά την αξιολόγηση της συμμόρφωσης με τις οριακές τιμές.

4.4 Οριακές τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Με τις παραπάνω οδηγίες για κάθε ρύπο ορίζεται μία οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, με το αντίστοιχο έτος έναρξης ισχύος της (2005 ή 2010). Παράλληλα δίνεται και ένα περιθώριο ανοχής, το οποίο αθροίζεται στην οριακή τιμή, δίνοντας έτσι την ενδεικτική οριακή τιμή, η οποία ισχύει στο μεσοδιάστημα έως την θέση σε ισχύ της οριακής τιμής. Το περιθώριο ανοχής κάθε χρόνο μειώνεται, έτσι ώστε στην ημερομηνία ισχύος του νέου ορίου να μηδενιστεί. Επιπλέον, τα κράτη μέλη πρέπει να εκπονούν και να υλοποιούν σχέδια δράσης για την προετοιμασία τους σχετικά με την επίτευξη και τήρηση των ορίων.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ενδεικτικές τιμές ορίων μέχρι την ημερομηνία ισχύος του νέου ορίου για μερικούς από τους μελετώμενους ρύπους:

Ρύπος	Οριακή τιμή	Έτος ισχύος	Ενδεικτική οριακή τιμή για προετοιμασία							
			2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	10 mg/m ³ Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	1/1/2005	16 mg/m ³	14 mg/m ³	12 mg/m ³	10 mg/m ³				
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	350 μg/m ³ Μέση ωριαία τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 24 φορές / έτος	1/1/2005	440 μg/m ³	410 μg/m ³	380 μg/m ³	350 μg/m ³				
	125 μg/m ³ Μέση ημερήσια τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 3 φορές / έτος	1/1/2005	125 μg/m ³	125 μg/m ³	125 μg/m ³	125 μg/m ³				
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	200 μg/m ³ Μέση ωριαία τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 18 φορές / έτος	1/1/2010	280 μg/m ³	270 μg/m ³	260 μg/m ³	250 μg/m ³	240 μg/m ³	230 μg/m ³	220 μg/m ³	210 μg/m ³
	40 μg/m ³ μέση ετήσια τιμή	1/1/2010	56 μg/m ³	54 μg/m ³	52 μg/m ³	50 μg/m ³	48 μg/m ³	46 μg/m ³	44 μg/m ³	42 μg/m ³

Πίνακας 4.1: Ρύποι, όρια και έτος εφαρμογής σύμφωνα με τις Οδηγίες της Ε.Ε.

4.5 Όρια εκτάκτων μέτρων

Σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία της Ελλάδος, με την Κ.Υ.Α 11824/1993 θεσμοθετείται σχέδιο δράσης για την αντιμετώπιση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τίθενται «*όρια εκτάκτων μέτρων*», για τον περιορισμό της ρύπανσης σε περιπτώσεις που κυρίως λόγω εξαιρετικά δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών, αναμένεται αύξηση των τιμών ρύπανσης. Τα μέτρα λαμβάνονται όταν οι μετρούμενες τιμές υπερβούν ή προσεγγίσουν τα όρια εκτάκτων μέτρων (συναγερμού) και ταυτόχρονα υπάρχει πρόβλεψη για συνθήκες που ευνοούν τη διατήρηση ή αύξηση των τιμών ρύπανσης για τις επόμενες μέρες.

Οι αρμόδιες αρχές εκπονούν σχέδια δράσης, που επιτρέπουν τη βραχυπρόθεσμη λήψη μέτρων με τα οποία θα μειωθεί είτε το ύψος της συγκέντρωσης των ρύπων, είτε η διάρκεια υπέρβασης των ορίων. Αυτό βέβαια προϋποθέτει και μέτρα ελέγχου αλλά και δυνατότητα εφαρμογής μέτρων αναστολής δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της κυκλοφορίας αυτοκινήτων. Τα αρχικά όρια για τη λήψη εκτάκτων μέτρων, που αναφέρονται στην παραπάνω ΚΥΑ, τροποποιήθηκαν για τους ρύπους NO₂, SO₃ και O₃ με την εφαρμογή των Οδηγιών 1999/30/EK (ενσωμάτωση στο Εθνικό Δίκαιο με την Π.Υ.Σ. 34/30.5.2002) και 2002/3/EK (ΚΥΑ ΗΠ 38638/2016, ΦΕΚ 1334B/21.9.05).

Για το CO, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/69/EK (ενσωμάτωση στο Εθνικό Δίκαιο με την Κ.Υ.Α. 9238/332/2004) δεν προβλέπεται όριο συναγερμού. Με το άρθρο 13 της ΚΥΑ 9238/332/2004, οι διατάξεις της ΚΥΑ 11824/1993 για τη λήψη εκτάκτων μέτρων που αναφέρονται στο CO καταργούνται.

Τα όρια λήψης εκτάκτων μέτρων που ισχύουν σήμερα για την αντιμετώπιση της ρύπανσης στην περιοχή της Αθήνας, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	ΟΡΙΟ ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ	ΟΔΗΓΙΑ
Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)	1 ώρα	400 μg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες	1999/30/ΕΚ
Διοξείδιο του θείου (SO₂)	1 ώρα	500 μg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες	1999/30/ΕΚ
Όζον (O₃)	1 ώρα	240 μg/m³ υπέρβαση της τιμής αυτής για 3 συνεχόμενες ώρες	2002/3/ΕΚ

Πίνακας 4.2: Όρια έκτακτων μέτρων (Πηγή: ΕΑΡΘ, 2009)

5. Παράγοντες που επηρεάζουν την ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα

5.1 Ορισμός δεικτών

Ένα από τα εργαλεία που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια για την διαχείριση της βιωσιμότητας είναι οι δείκτες. Σε αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο να εισαχθεί η έννοια της βιωσιμότητας. Ανάμεσα στους πολλούς ορισμούς που υπάρχουν και υιοθετούνται συχνά για την έννοια της βιωσιμότητας είναι οι ακόλουθοι:

- Για την World Commission on Environment and Development: «η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς τον συμβιβασμό της ικανότητας των μελλοντικών γενιών να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους»
- Για την United Nation Conference on Environment and Development: «η ανάπτυξη που απαιτεί τη λήψη μακροχρόνιων προοπτικών, ενσωματώνοντας τοπικές και περιφερειακές επιδράσεις της συνολικής αλλαγής στη διαδικασία ανάπτυξης, και χρησιμοποιώντας την καλύτερη διαθέσιμη επιστημονική και παραδοσιακή γνώση».
- Για το Council of Academies of Engineering and Technological Sciences: «η ισορροπία οικονομικών, κοινωνικών, περιβαλλοντικών και τεχνολογικών θεωρήσεων, όπως και η ενσωμάτωση μιας μονάδας ηθικών αξιών».
- Για το Earth Chapter: «η προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντική για την ανθρώπινη ευεξία και την απόλαυση των ουσιαστών δικαιωμάτων, και έτσι απαιτεί την αντιστοιχία ουσιαστών καθηκόντων».

Παρόλη την ποικιλία σε ορισμούς και ερμηνείες, βιωσιμότητα σημαίνει «συνέχεια δια μέσω του χρόνου». Αντί να αναφέρεται σε συνέχεια αυτή καθ' αυτή, η βιωσιμότητα συνδέει τη συνέχεια σε οικονομικά, οικολογικά και κοινωνικά ζητήματα. Επομένως, βιώσιμη ανάπτυξη είναι το μοντέλο διαχείρισης των φυσικών οικοσυστημάτων και των ανανεώσιμων φυσικών πόρων, σύμφωνα με το οποίο η περιβαλλοντική, οικονομική και κοινωνική δραστηριότητα πρέπει να εξασφαλίζει τη διαρκή αξιοποίηση των φυσικών πόρων, να μην προκαλεί δηλαδή ανεπανόρθωτη βλάβη στο περιβάλλον υπονομεύοντας το μέλλον των επερχόμενων γενεών, αλλά να επιτυγχάνει και τη σταθερή περιβαλλοντική ποιότητα και ισορροπία.

Οι δείκτες είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν είτε στιγμιαία, για μελέτη μιας κατάστασης σε δεδομένη χρονική στιγμή, είτε εντός ενός πλαισίου, για μια τακτική και συστηματική παρακολούθηση. Ένας δείκτης μπορεί να είναι μια ποιοτική μεταβλητή, μια συγκριτική μεταβλητή ή μια ποσοτική μεταβλητή. Παρόλο που οι ποσοτικοί δείκτες είναι οι πιο

διαδεδομένοι, οι ποιοτικοί είναι εξίσου σημαντικοί όταν το ζήτημα που είναι για μέτρηση είναι μη-ποσοτικοποιημένο οι πληροφορίες είναι βασισμένες σε σφυγμομετρήσεις, οι ποσοτικές πληροφορίες δεν είναι διαθέσιμες ή όταν το υψηλό κόστος απαγορεύει την χρήση ποσοτικών δεικτών.

Οι δείκτες βιωσιμότητας είναι διαφορετικοί από τους παραδοσιακούς δείκτες της οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής προόδου. Οι παραδοσιακοί δείκτες όπως π.χ. το ΑΕΠ, οι ρυθμοί εξάπλωσης του άσθματος και η ποιότητα του νερού μετρούν τις αλλαγές σε ένα τμήμα του συστήματος σαν να ήταν τελείως ανεξάρτητο από τα υπόλοιπα τμήματα ενώ οι δείκτες βιωσιμότητας προσπαθούν να αντικατοπτρίσουν την στενή σχέση μεταξύ των διαφορετικών αυτών στοιχείων.

Η βιωσιμότητα απαιτεί αυτού του είδους την ολοκληρωμένη θεώρηση του κόσμου, απαιτεί πολυδιάστατους δείκτες οι οποίοι να δείχνουν τις συνδέσεις μεταξύ της οικονομίας, του περιβάλλοντος και της κοινωνίας μια κοινότητας. Οι δείκτες μπορούν να βοηθήσουν στην καθοδήγηση πολιτικών για μια βιώσιμη ανάπτυξη και να διευκολύνουν την ανακοίνωση μέτρων για την εφαρμογή της.

Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα των δεικτών βιωσιμότητας είναι:

- ✓ Κατευθύνουν τη συλλογή πληροφοριών και επιτρέπουν την πρόσβαση σε αυτές των αρμοδίων για την λήψη αποφάσεων από κοινού
- ✓ Συμβάλουν στη λήψη αποφάσεων με την παροχή μέτρων ποσοτικού υπολογισμού και καθοδηγούν την εφαρμογή θεσμικών μηχανισμών και επιχειρησιακών εργαλείων, ιδιαίτερα σε σχέση με την προδιαγραφή των στόχων
- ✓ Επιτρέπουν τις συγκρίσεις μεταξύ διαφορετικών τόπων και χρόνων
- ✓ Σε συνδυασμό με τους γενικούς δείκτες, παρέχουν πρόσφορη περίληψη δεδομένων
- ✓ Επιτρέπουν την ενοποίηση και τη σύγκριση όλων των θεμάτων του αστικού οικοσυστήματος
- ✓ Προσφέρουν όραμα και μια σειρά οδηγιών για μια επιθυμητή μελλοντική κατάσταση
- ✓ Παρακολουθούν τις συνθήκες, τις αλλαγές, την απόδοση, τις δράσεις τη δραστηριότητα και τις στάσεις

5.2 Το μεθοδολογικό πλαίσιο DPSIR

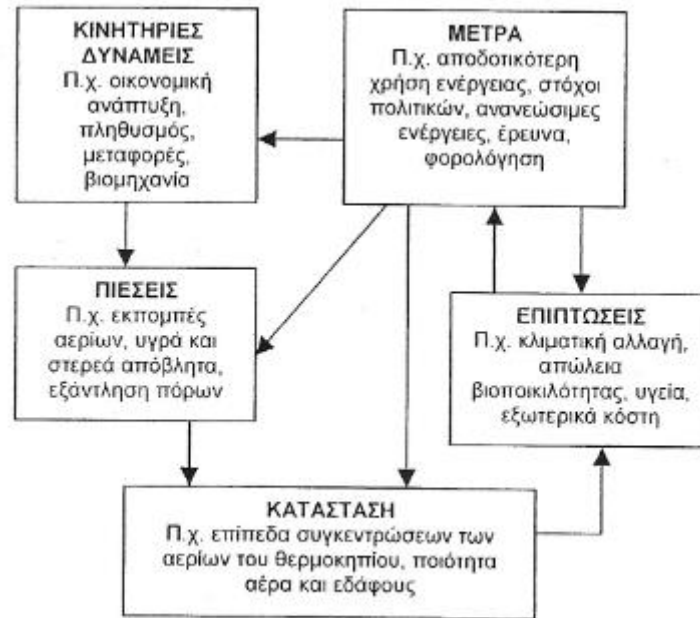
Το μεθοδολογικό πλαίσιο DPSIR (Driving Forces, Pressures, State, Impact, Response) αποτελεί το πλέον διαδεδομένο πλαίσιο ανάλυσης σε Ευρωπαϊκή κλίμακα. Στη σύσταση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) σχετικά με το πώς θα πρέπει να προχωρήσει με την ανάπτυξη μιας στρατηγικής για την Ολοκληρωμένη Περιβαλλοντική Εκτίμηση, προτάθηκε η χρήση ενός πλαισίου, στο οποίο διακρίνονται κινητήριες δυνάμεις, πιέσεις, κατάσταση, επιπτώσεις και μέτρα. Αυτό έγινε γνωστό ως το πλαίσιο DPSIR και έκτοτε έχει υιοθετηθεί ευρέως από τον ΕΟΠ, που ενεργεί ως μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την υποβολή εκθέσεων, π.χ. στις Περιβαλλοντικών Εκθέσεις του ΕΟΠ. Το πλαίσιο θεωρείται ότι δίνει μια δομή μέσα στην οποία παρουσιάζονται οι δείκτες που χρειάζονται για να μπορέσει να γίνει ανατροφοδότηση στους φορείς χάραξης πολιτικής σχετικά με την περιβαλλοντική ποιότητα και το αποτέλεσμα των επιπτώσεων των πολιτικών επιλογών, ή αυτών των δράσεων που μπορούν να γίνουν στο μέλλον.

Το πλαίσιο ανάλυσης DPSIR, όπως προαναφέρθηκε, απαρτίζεται από πέντε στοιχεία:

- Την κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη (Κινητήριες Δυνάμεις) που είναι οι πρωταρχικές αιτίες που ασκούν πίεση στο περιβάλλον. Παραδείγματα αποτελούν η ζήτηση για ενέργεια, βιομηχανία, μεταφορές, γεωργία, και στέγαση.
- Τις Πιέσεις στο περιβάλλον από τις κινητήριες δυνάμεις, για παράδειγμα εκμετάλλευση των πόρων (έδαφος, νερό, ορυκτά καύσιμα κτλ.) και εκπομπές ρύπων.
- Την Κατάσταση του περιβάλλοντος, η οποία αλλάζει από τα δύο παραπάνω, όπως είναι η ποιότητα των διαφόρων περιβαλλοντικών μέσων (ατμοσφαιρικός αέρας, έδαφος, νερό κτλ.) και συνεπώς μεταβάλλεται η ικανότητά τους να υποστηρίζουν την ζήτηση, όπως την παροχή ικανοποιητικών συνθηκών για υγιή διαβίωση, την παροχή επαρκών φυσικών πόρων κτλ.
- Τις Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στα οικοσυστήματα που μπορεί να υπάρξουν από τις αλλαγές στην κατάσταση του περιβάλλοντος. Η επίδραση μπορεί να εκφραστεί σε σχέση με το μέγεθος της μεταβολής της κατάστασης του περιβάλλοντος.

- Τη λήψη Μέτρων για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων, τα οποία ανάλογα με την υφή τους επιδρούν άμεσα στις κινητήριες δυνάμεις, τις πιέσεις προς το περιβάλλον, όπως επίσης και στην κατάσταση του περιβάλλοντος.

Το μεθοδολογικό πλαίσιο DPSIR παρουσιάζεται παρακάτω:



Εικόνα 5.1: Το αναλυτικό πλαίσιο DPSIR (Πηγή: Ε.Ε.Α.)

Οι περισσότερες ομάδες δεικτών που έχουν χρησιμοποιηθεί από εθνικούς και διεθνείς φορείς βασίζονται στο μεθοδολογικό πλαίσιο DPSIR.

5.3 Δείκτες βασιζόμενοι στο μεθοδολογικό πλαίσιο DPSIR/Επιλεγόμενοι δείκτες

Σύμφωνα με την τελευταία απογραφή της Eurostat του έτους 2012, ο μόνιμος πληθυσμός της χώρας είναι 11.290.067 κάτοικοι. Η συσσώρευση μεγάλου πληθυσμού σε μία μικρή γεωγραφικά περιοχή αυξάνει τις εστίες μόλυνσης (ατμοσφαιρικοί ρύποι από τα αυτοκίνητα, τις βιομηχανίες και τους καυστήρες των πολυκατοικιών, αστικά και βιομηχανικά λύματα, απορρίμματα κ.τ.λ.) σε σημείο που το περιβάλλον να μην μπορεί πλέον να τις απορροφήσει και να ανατρέπεται η ισορροπία του. Την κατάσταση επιτείνει, ειδικά σε χώρες όπως η Ελλάδα, η σχεδόν ολοσχερής αντικατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος από οικιστικό.

Η αστικοποίηση του πληθυσμού στην Ελλάδα την δεκαετία του 1960 έχει ως αποτέλεσμα την οικονομική ανάπτυξη της και άρα σε έναν διαφορετικό τρόπο ζωής, ο

οποίος απαιτεί κατανάλωση μεγαλύτερων ποσών ενέργειας. Αυτό με τη σειρά του οδηγεί σε μεγαλύτερη κατανάλωση στερεών και υγρών καυσίμων, έτσι ώστε να καλυφθούν οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Πιο συγκεκριμένα, στον τομέα των μεταφορών, στις βιομηχανικές διεργασίες και στη θέρμανση κατοικιών καταναλώνονται καύσιμα ώστε να παραχθεί η απαιτούμενη ενέργεια, από την οποία καύση προκύπτουν εκπομπές αέριων ρύπων επιβαρύνοντας την ατμόσφαιρα, ανάμεσα τους και οι εξεταζόμενοι.

Οι ομάδες δεικτών που θα χρησιμοποιηθούν, βασιζόμενοι στο μεθοδολογικό πλαίσιο DPSIR και σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτουν ως εξής:

- ✚ Περιβαλλοντικοί δείκτες: Στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται οι εκπομπές αέριων ρύπων ανά τομέα δραστηριότητας. Οι δείκτες αυτοί εφαρμόζονται τόσο στο επίπεδο του συνολικού ενεργειακού συστήματος όσο και στο επίπεδο των διαφορετικών κλάδων μετατροπής και κατανάλωσης της ενέργειας. Επίσης, παρέχουν πληροφορίες για την άσκηση περιβαλλοντικής πολιτικής στο επίπεδο μιας χώρας αλλά και των επιμέρους κλάδων. Παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των χωρών που πέραν του επιπέδου άσκησης περιβαλλοντικών πολιτικών εξαρτώνται και από τις επιλογές καυσίμου. Για παράδειγμα, μια χώρα με σημαντική συνεισφορά της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα έχει συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με μια άλλη που χρησιμοποιεί μια «βρώμικη» εγχώρια διαθέσιμη ενεργειακή μορφή (λιγνίτης στην Ελλάδα).

Εκφράζονται σε τιμές tn/έτος (tn εκπεμπόμενου ρύπου κατά την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας). Μία άλλη μονάδα μέτρησης των εκπομπών αέριων ρύπων είναι σε kg/kW (kg εκπεμπόμενου ρύπου ανά παραγόμενη kWh).

- ✚ Οικονομικοί δείκτες: Η παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας, ανάλογα με την πηγή, μπορούν να οδηγήσουν σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου καθώς επίσης και σε άλλες περιβαλλοντικές πιέσεις. Προκειμένου να καταπολεμηθεί η κλιματική αλλαγή και να προστατευθούν η ανθρώπινη υγεία και φυσικοί πόροι, πρέπει να μειωθεί η ενεργειακή ένταση (δηλ. η κατανάλωση ενέργειας όλων των ενεργειακών καταναλωτών ανά μονάδα ΑΕΠ). Ο δείκτης της ενεργειακής έντασης παρουσιάζει τον βαθμό αποσύνδεσης ανάμεσα στην κατανάλωση ενέργειας και την οικονομική ανάπτυξη, η οποία μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της χρήσης

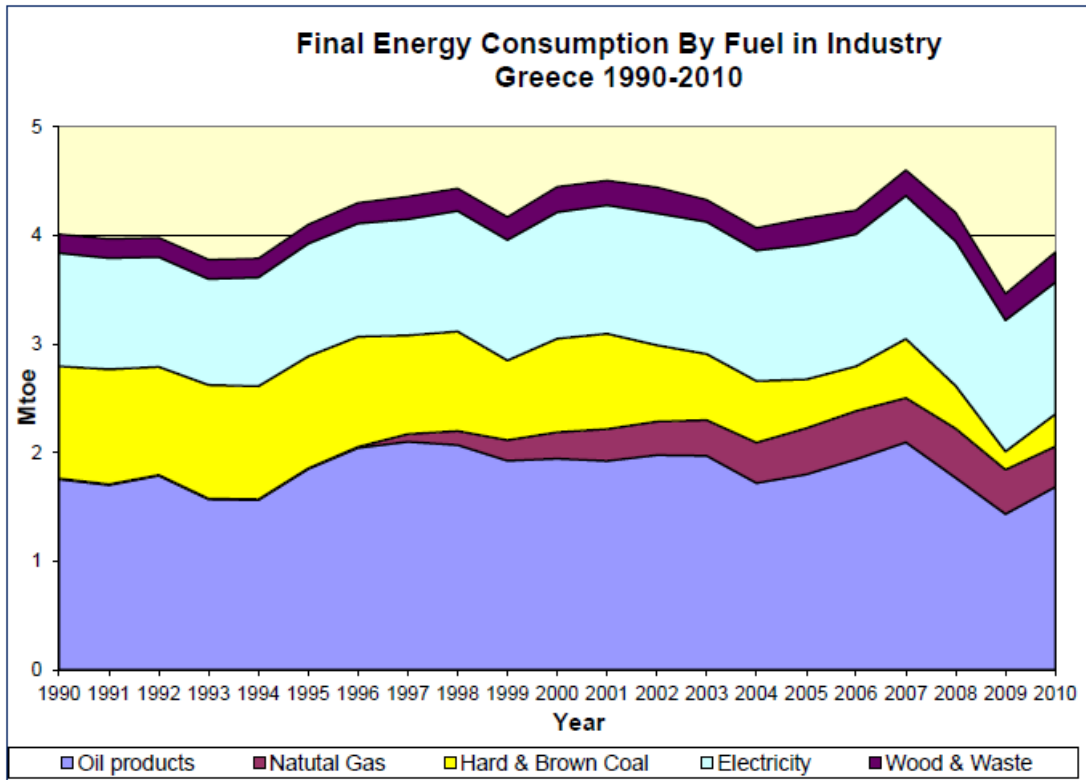
ενέργειας στο περιβάλλον. Ο δείκτης ανήκει στην κατηγορία στην κατηγορία Πίεσης (Pressure) του πλαισίου DPSIR.

5.4 Εκπομπές αερίων ρύπων από τις βιομηχανίες στην Ελλάδα

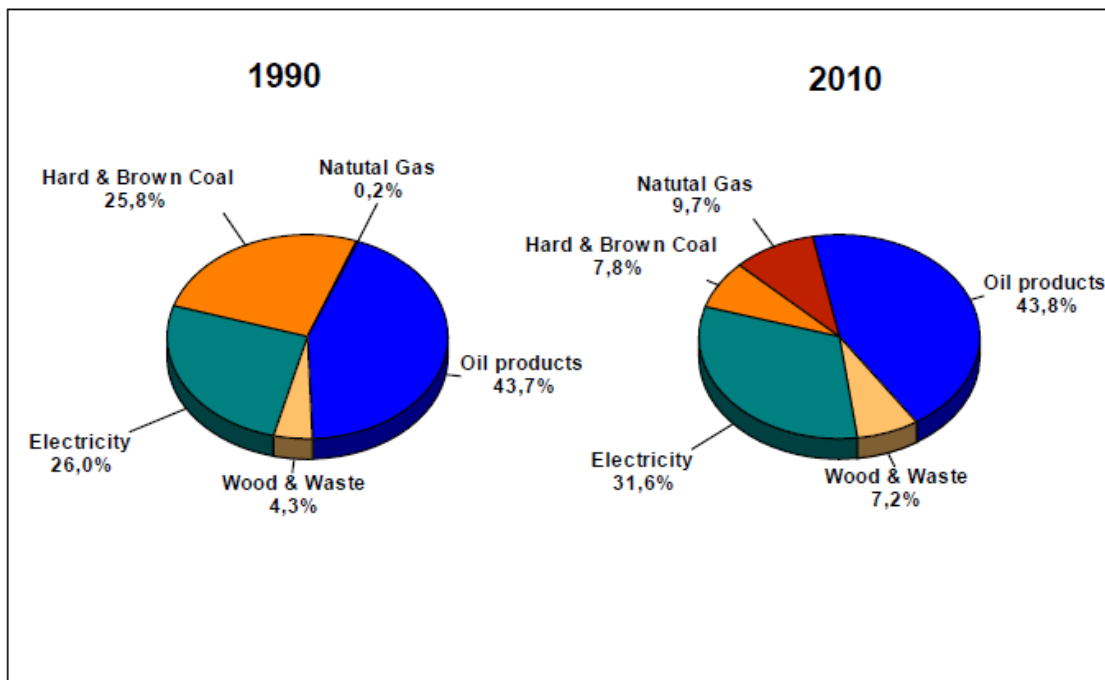
Από το 2000 στη βιομηχανία, τα κυρίαρχα μέσα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης είναι η οικονομική στήριξη από τα διαρθρωτικά ταμεία, τα οποία επιβάλλουν επενδύσεις στον τομέα της ορθολογικής χρήσης της ενέργειας, της ενεργειακής αποδοτικότητας, των συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θερμότητας (ΣΗΘ) και την προώθηση των ανανεώσιμων και άλλων εγχώριων πηγών ενέργειας. Παράλληλα το σύστημα εμπορίας εκπομπών που εφαρμόζεται σε όλες τις ενεργοβόρες βιομηχανικές εγκαταστάσεις και σταθμούς ενέργειας είναι ο κύριος μηχανισμός για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Επιπλέον, ένα νομοθετικό πλαίσιο είναι σε ισχύ για την προώθηση των συστημάτων συμπαραγωγής.

Αύξηση του παγκόσμιου δείκτη ενεργειακής απόδοσης παρατηρήθηκε το 2010, σε σύγκριση με το 2009, λόγω της ταχείας αύξησης του δείκτη ενεργειακής απόδοσης σε μη-μεταλλικά (39%), τη βιομηχανία που απορροφά σχεδόν το 30% της ενέργειας που καταναλώνεται στο βιομηχανικό τομέα. Ο δείκτης απόδοσης των ενεργοβόρων κλάδων έχει μειωθεί γρήγορα, γιατί αυτοί οι τομείς ήταν οι πρώτοι που ο αντίκτυπος της οικονομικής ύφεσης έγινε εμφανής. Συγκεκριμένα, ο δείκτης αποδοτικότητας των χημικών, του χαρτιού και του χάλυβα μειώθηκε κατά 40%, 35,4% και 33% αντίστοιχα, το 2010 σε σύγκριση με το 2008.

Στην Ελλάδα από το 1990, η τελική κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία έχει μειωθεί ελαφρά κατά 4% από 4,0 Mtoe το 1990 σε 3,85 Mtoe το 2010 (Σχήμα 5.1). Παρά το γεγονός ότι μέχρι το 2007 η τελική κατανάλωση της βιομηχανίας σταθερά αυξανόταν, ο τομέας της βιομηχανίας ήταν ένας από τους πρώτους τομείς που στηρίζουν τις επιπτώσεις της οικονομικής ύφεσης στην τελική κατανάλωση ενέργειας. Το γεγονός αυτό οδήγησε στη μείωση της τελικής κατανάλωσης της βιομηχανίας, κατά τη διάρκεια των τελευταίων 2 ετών. Το πετρέλαιο παραμένει το κύριο καύσιμο στη βιομηχανία, και η μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου κατά 4% (1,75 Mtoe το 1990 σε 1,68 Mtoe το 2010) οδηγεί σε μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας του τομέα. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας συνεχίζει να αυξάνεται από 1,04 Mtoe το 1990 σε 1,21 Mtoe το 2010. Από το 1998 με την εισαγωγή του φυσικού αερίου στο ενεργειακό μείγμα, η τελική κατανάλωση έχει τριπλασιαστεί και αυτή η ταχέως αναπτυσσόμενη τάση στο εγγύς μέλλον αναμένεται να διατηρηθεί. Η τελική κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχει επίσης αυξηθεί κατά 60% τα τελευταία 20 χρόνια.



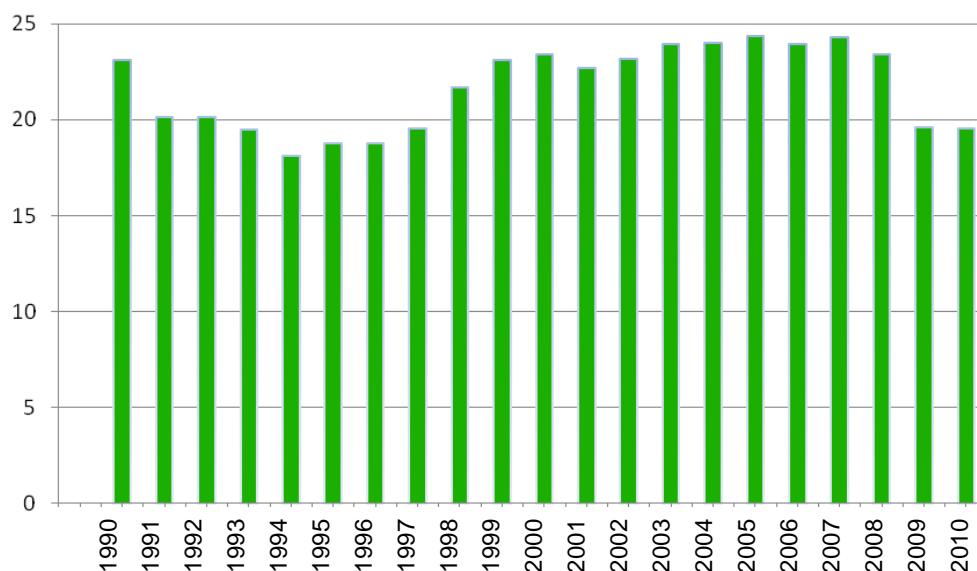
Σχήμα 5.1: Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά καύσιμο στον βιομηχανικό τομέα στην Ελλάδα (Πηγή: βάση δεδομένων ODYSSEE, 2010)



Σχήμα 5.2: Μερίδιο της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο στη βιομηχανία στην Ελλάδα (1990 vs.2010) (Πηγή: βάση δεδομένων ODYSSEE, 2010)

Στα υποκεφάλαια που ακολουθούν παρατίθενται τα διαγράμματα που απεικονίζουν τις συνολικές εκπομπές των μελετώμενων ρύπων στον τομέα των βιομηχανικών διεργασιών.

5.4.1 Εκπομπές CO από τις βιομηχανίες



Διάγραμμα 5.1: Εκπομπές CO στις βιομηχανικές διεργασίες(κilotόνοι-kt)
(Πηγή: EMEP, 2013)

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα στον βιομηχανικό τομέα ακολουθούν μία σχεδόν σταθερή τάση τα έτη 1998 έως 2008, ακολουθούμενες από μείωση το 2009 και 2010, κυρίως λόγω των νέων τεχνολογιών και την εισαγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε αυτόν.

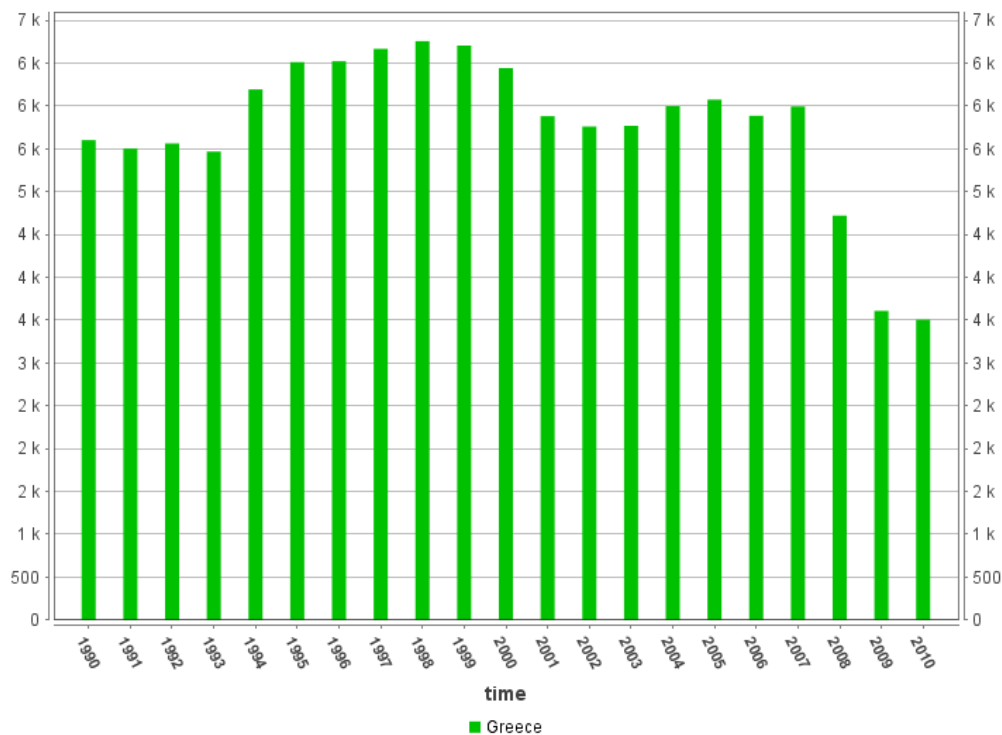
5.4.2 Εκπομπές SO₂ από τις βιομηχανίες

Ο δείκτης παρακολουθεί τις τάσεις στις ανθρωπογενείς ατμοσφαιρικές εκπομπές των οξειδίων του θείου.

Emissions of sulphur oxides (SO_x) by source sector

Tonnes

Industrial processes



Διάγραμμα 5.2: Εκπομπές οξειδίων του θείου στις βιομηχανικές διεργασίες(κιλοτόνοι-kt)
(Πηγή: Eurostat, 2013)

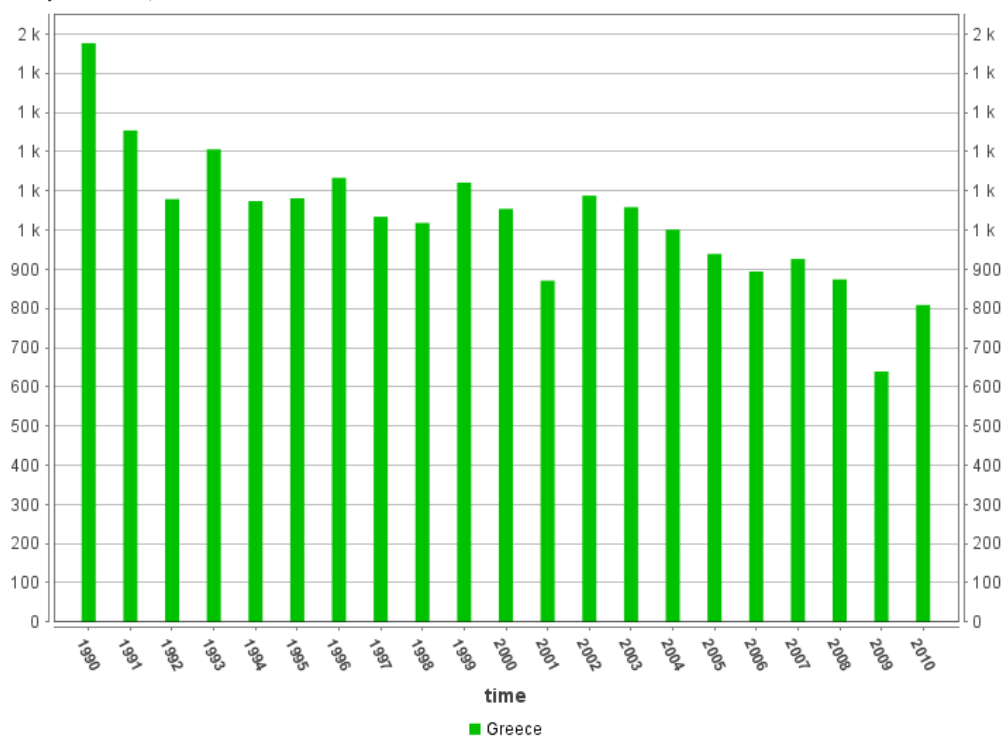
Οι εκπομπές του διοξειδίου του θείου από την βιομηχανική διαδικασία ξεκινούν στους 6 κιλοτόνους το 1990 και καταλήγουν τελικά να μειωθούν στους 4 κιλοτόνους το 2010, με μικρές αυξομειώσεις στην εικοσαετία που μεσολαβεί.

5.4.3 Εκπομπές NO_x από τις βιομηχανίες

Emissions of nitrogen oxides (NO_x) by source sector

Tonnes

Industrial processes



Διάγραμμα 5.3: Εκπομπές οξειδίων του αζώτου στις βιομηχανικές διεργασίες(κιλοτόνοι-kt)
(Πηγή: Eurostat, 2013)

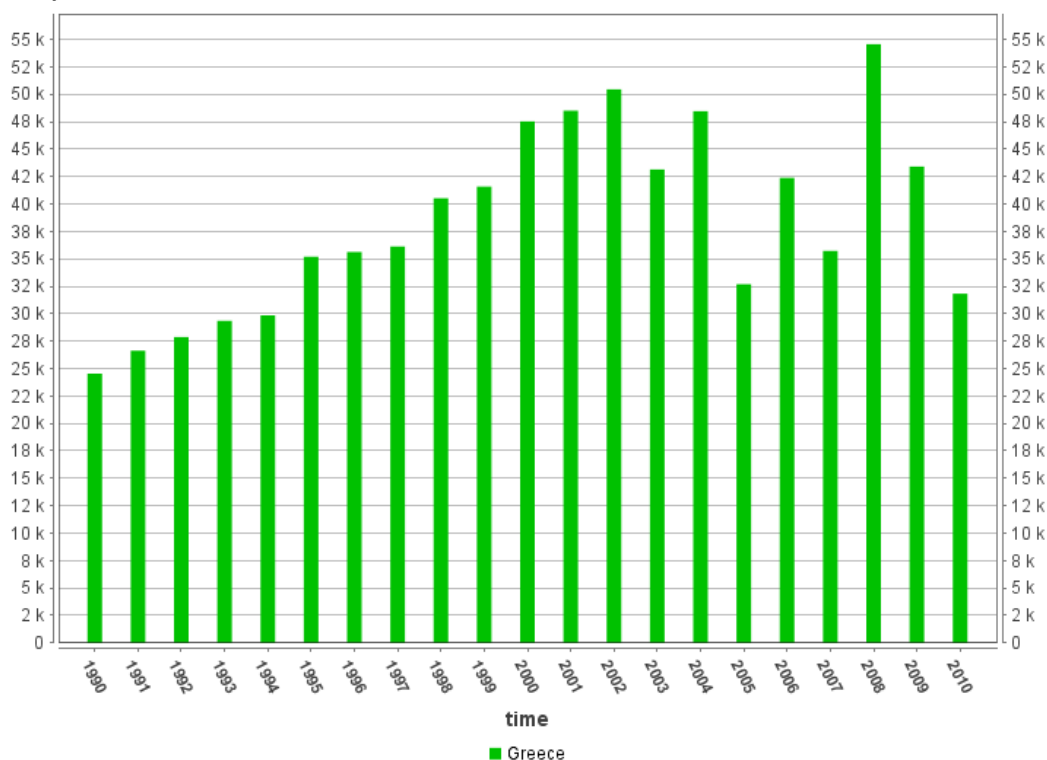
Όσον αφορά στις εκπομπές των οξειδίων του αζώτου, η τάση τους όλο και μειώνεται από το έτος βάσης (1990) από τους 1,8 κιλοτόνους στους 800 τόνους για το 2010.

5.4.4 Εκπομπές NMVOC από τις βιομηχανίες

Emissions of non-methane volatile organic compounds (NMVOC) by source sector

Tonnes

Industrial processes



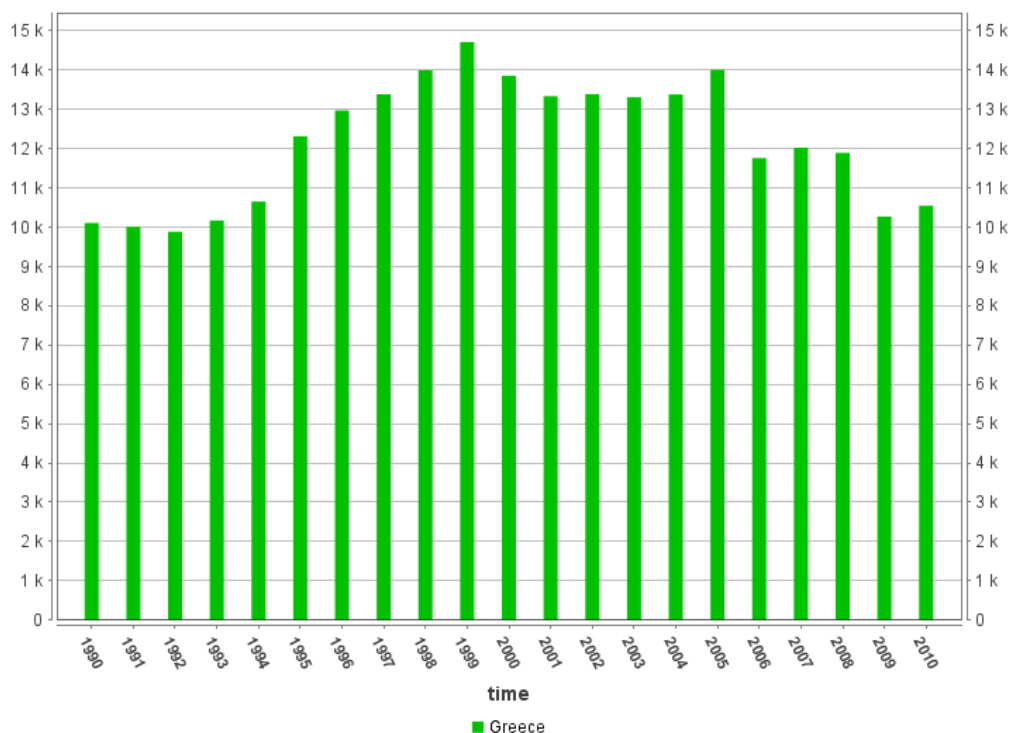
Διάγραμμα 5.4: Εκπομπές μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων στις βιομηχανικές διεργασίες(κιλοτόνοι-kt) (Πηγή: Eurostat, 2013)

Οι εκπομπές της ομάδας των μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων από τη βιομηχανική δραστηριότητα όλο και αυξάνονται, με έτος κορύφωσης το 2008 και έπειτα από αυτό αρχίζει να εμφανίζεται μία πτωτική τάση.

5.4.5 Εκπομπές CO₂ από τις βιομηχανίες

Ο δείκτης δείχνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις βασικές κατηγορίες πηγών. Μια βασική κατηγορία πηγών ορίζεται ως μια κατηγορία πηγής εκπομπών που έχει μια σημαντική επιρροή στην απογραφή αερίων θερμοκηπίου τη χώρας από την άποψη του απολύτου επιπέδου εκπομπών, η τάση στις εκπομπές, ή και τα δύο. Στην προκειμένη περίπτωση η κατηγορία πηγής είναι η βιομηχανική διεργασία. Τα διάφορα αέρια του θερμοκηπίου σταθμίζονται με το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη, και τα αποτελέσματα εκφράζονται σε ισοδύναμα CO₂.

Greenhouse gas emissions by sector (source: EEA)
1 000 tonnes of CO₂ equivalent
Industrial Processes



Διάγραμμα 5.5: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στις βιομηχανικές διεργασίες(κιλοτόνοι ισοδύναμου CO₂-ktco₂) (Πηγή: ΕΕΑ, 2013)

Σχολιάζοντας μεμονωμένα το διοξείδιο του άνθρακα από όλα τα αέρια του θερμοκηπίου, φαίνεται ότι υπάρχει μία σταθερότητα στις εκπομπές του βιομηχανικού τομέα από το 1990 έως το 2010.

5.5 Εκπομπές αερίων ρύπων από τις μεταφορές στην Ελλάδα

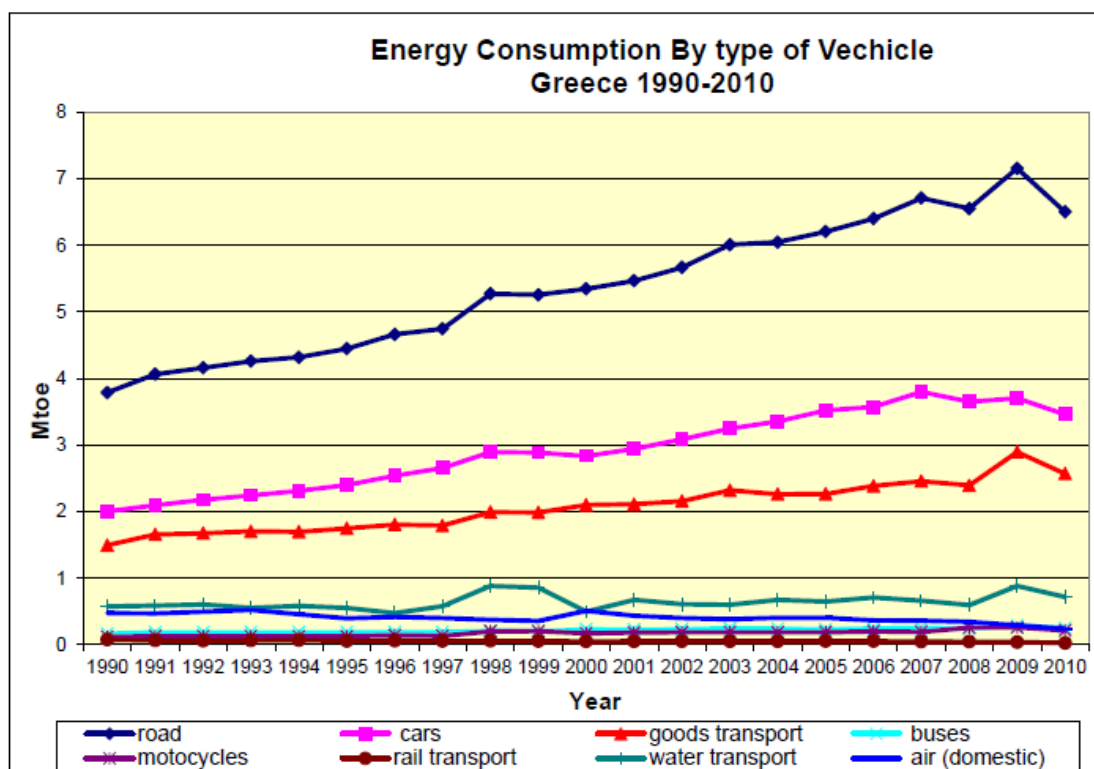
Από το 1990, η τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές αυξήθηκε κατά 39,8%, από 5,83 Mtoe το 1990 με 8,2 Mtoe το 2010 (Σχήμα 4.16). Αυτή η αυξανόμενη τάση προέρχεται κυρίως από την αύξηση της κατανάλωσης πετρελαίου κατά 37,4% (5,82 Mtoe το 1990 σε 8 Mtoe το 2010).

Λόγω των οικονομικών και των μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας που εφαρμόστηκαν μετά το 2007, η σταθερή αύξηση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας μέχρι το 2007, έχει αντιστραφεί μετά από αυτό το έτος. Η κατανάλωση των προϊόντων πετρελαίου, το οποίο είναι το κύριο καύσιμο που χρησιμοποιείται από τον τομέα των μεταφορών, μειώθηκε κατά 7% μεταξύ 2007 και 2010. Αυτό οφείλεται στο γεγονός της

χρήσης των μέσων μαζικής μεταφοράς, αντί των ιδιωτικών αυτοκινήτων από τους επιβάτες.

Από το 1998 με την εισαγωγή του φυσικού αερίου στο ενεργειακό μείγμα της τελικής κατανάλωσης να έχει διπλασιαστεί, αναμένεται να διατηρηθεί η ραγδαία αυξανόμενη τάση στο εγγύς μέλλον, καθώς το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται από τα δημόσια λεωφορεία. Επιπλέον, η εισαγωγή των βιοκαυσίμων στο πετρέλαιο είναι προφανής. Τα προϊόντα πετρελαίου παραμένουν το κυρίαρχο καύσιμο στις μεταφορές.

Το μεγαλύτερο μέρος της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στις μεταφορές οφείλεται στις οδικές μεταφορές (Σχήμα 5.3). Το ποσό της ενέργειας που καταναλώθηκε από τις δραστηριότητες οδικών μεταφορών έχει αυξηθεί κατά 71,6% από το 1990 λόγω της αύξησης των ιδιωτικών αυτοκινήτων, τις βελτιώσεις στις υποδομές των οδικών μεταφορών και το χαμηλό κόστος των καυσίμων. Τα αυτοκίνητα το 2010 εξέπεμψαν 3,6 Mtoe έναντι 2 Mtoe το 1990.

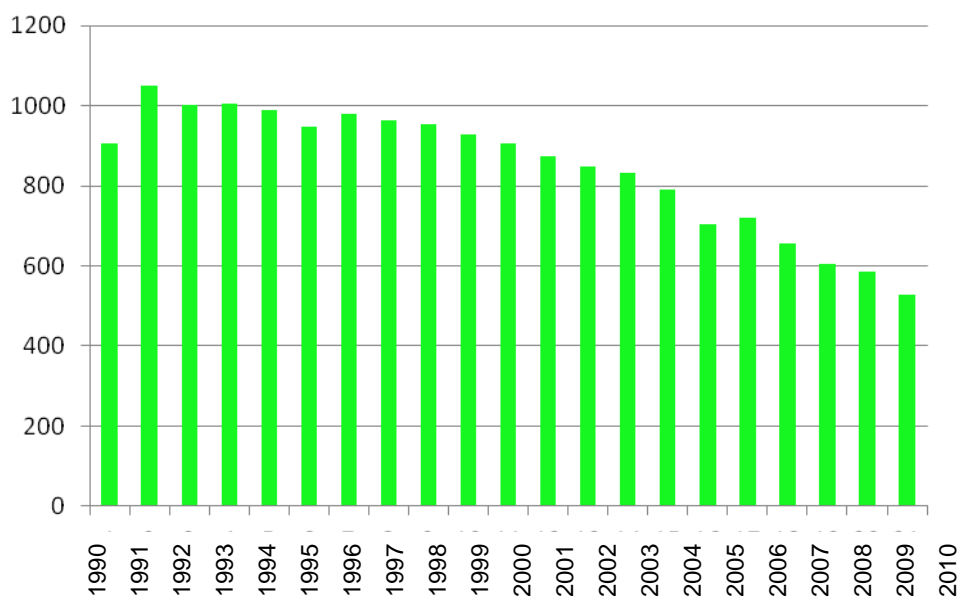


Σχήμα 5.3: Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά τύπο οχήματος στην Ελλάδα
(Πηγή: βάση δεδομένων ODYSSEE, 2010)

Το 2010, η συνολική ενεργειακή απόδοση του τομέα των μεταφορών έχει βελτιωθεί κατά 28,4% σε σύγκριση με το 1990. Από το 1999 υπάρχουν φορολογικές ελαφρύνσεις για τα ηλεκτρικά, εναλλακτικά και υβριδικά οχήματα. Επιπλέον, αυτά τα

οχήματα εξαιρούνται από τους περιορισμούς της κυκλοφορίας, π.χ. πρόσβαση στο κέντρο της Αθήνας. Τον Ιανουάριο του 2002 εισήχθη η ετικέτα εκπομπών CO₂ και η κατανάλωση καυσίμου για τα νέα αυτοκίνητα. Επίσης, έχει καθιερωθεί ένα νομοθετικό πλαίσιο για την αντικατάσταση των παλαιών ιδιωτικών οχημάτων που παράγουν υψηλές εκπομπές CO₂ και καταναλώνουν περισσότερα καύσιμα κατά τη χρήση τους. Η φορολόγηση των οχημάτων συνδέεται με τις εκπομπές CO₂. Επιπλέον, οι βασικές αρχές της οικολογικής οδήγησης εισήχθησαν στη θεωρητική εκπαίδευση των νέων οδηγών. Επιπλέον, ο νόμος Ν.3855/2010, στον οποίο η Οδηγία Υπηρεσίας Ενέργειας μεταφέρεται στην εθνική νομοθεσία, παρέχει ενεργειακά αποδοτικά οχήματα στο δημόσιο τομέα. Τέλος, η ενεργειακή αποδοτικότητα των αεροπορικών και σιδηροδρομικών μεταφορών βελτιώθηκε σημαντικά κατά περίπου 74% και 60% αντίστοιχα, χάρη στα πιο αποτελεσματικά μέσα και την καλύτερη διαχείριση των προγραμμάτων των δρομολογίων (μείωση των δρομολογίων ανά προορισμό, σύμφωνα με την επιβατική κίνηση, κλπ.)

5.5.1 Εκπομπές CO από τις μεταφορές



Διάγραμμα 5.6: Εκπομπές CO από τις μεταφορές (τόνοι-t)
(Πηγή: EMEP, 2013)

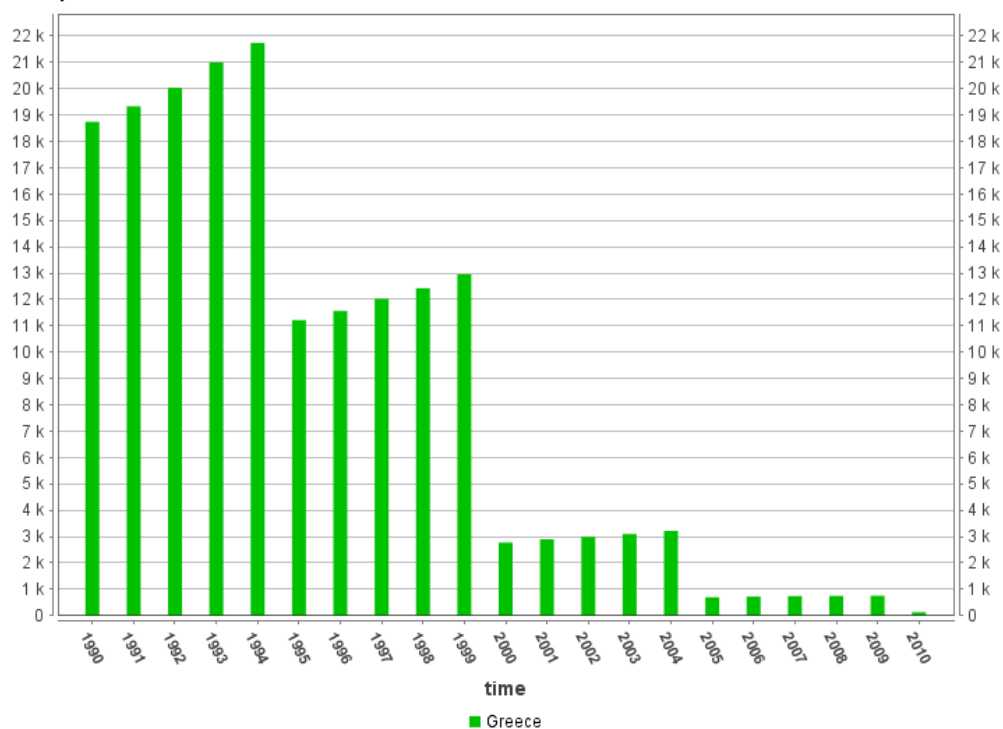
Οι εκπομπές του μονοξειδίου του άνθρακα από τον τομέα των μεταφορών ακολουθούν σταθερά καθοδική τάση από το 1991 έως και το 2010.

5.5.2 Εκπομπές SO_x από τις μεταφορές

Emissions of sulphur oxides (SO_x) by source sector

Greece

Road transp



Διάγραμμα 5.7: Εκπομπές οξειδίων του θείου από τις μεταφορές (κιλοτόνοι-kt)

(Πηγή: Eurostat, 2013)

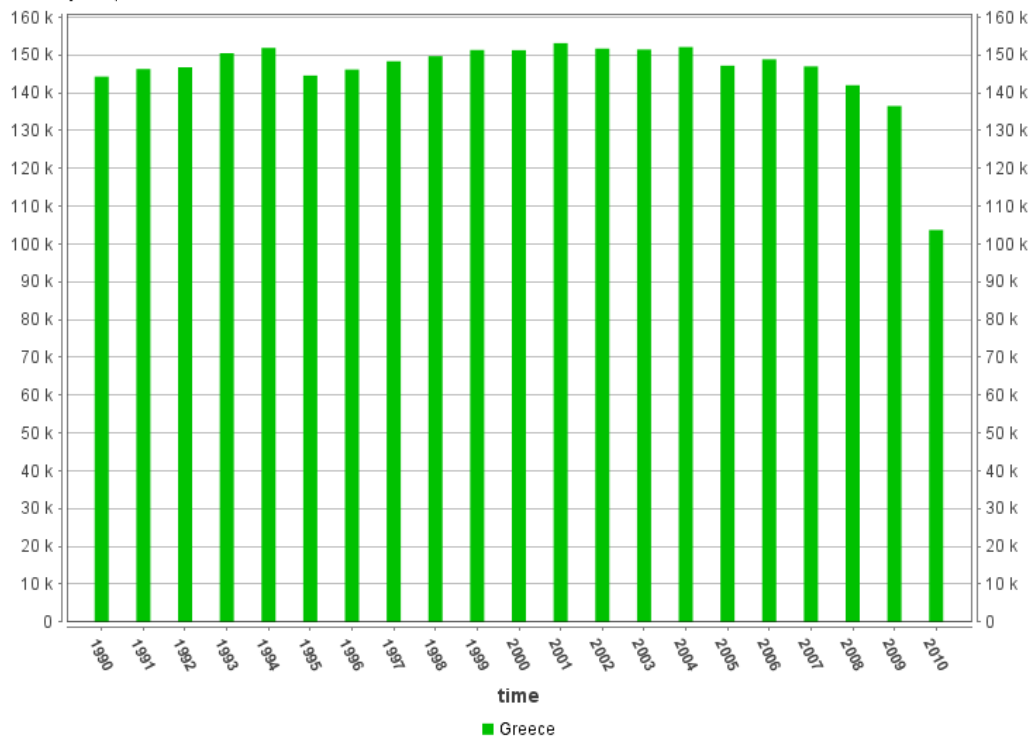
Οι εκπομπές οξειδίων του θείου από τις μεταφορές ενώ τα αρχικά έτη μελέτης εμφανίζουν πολύ υψηλές τιμές, μετά το 1994 ακολουθούν κατακόρυφη πτώση φτάνοντας σχεδόν σε μηδενικές εκπομπές το 2010, γεγονός που οφείλεται στην αποθείωση των καυσίμων και άρα στην μείωση των εκπομπών από τη συγκεκριμένη πηγή.

5.5.3 Εκπομπές NO_x από τις μεταφορές

Emissions of nitrogen oxides (NO_x) by source sector

Tonnes

Road transport



Διάγραμμα 5.8: Εκπομπές οξειδίων του αζώτου από τις μεταφορές (κιλοτόνοι-kt)
(Πηγή: Eurostat, 2013)

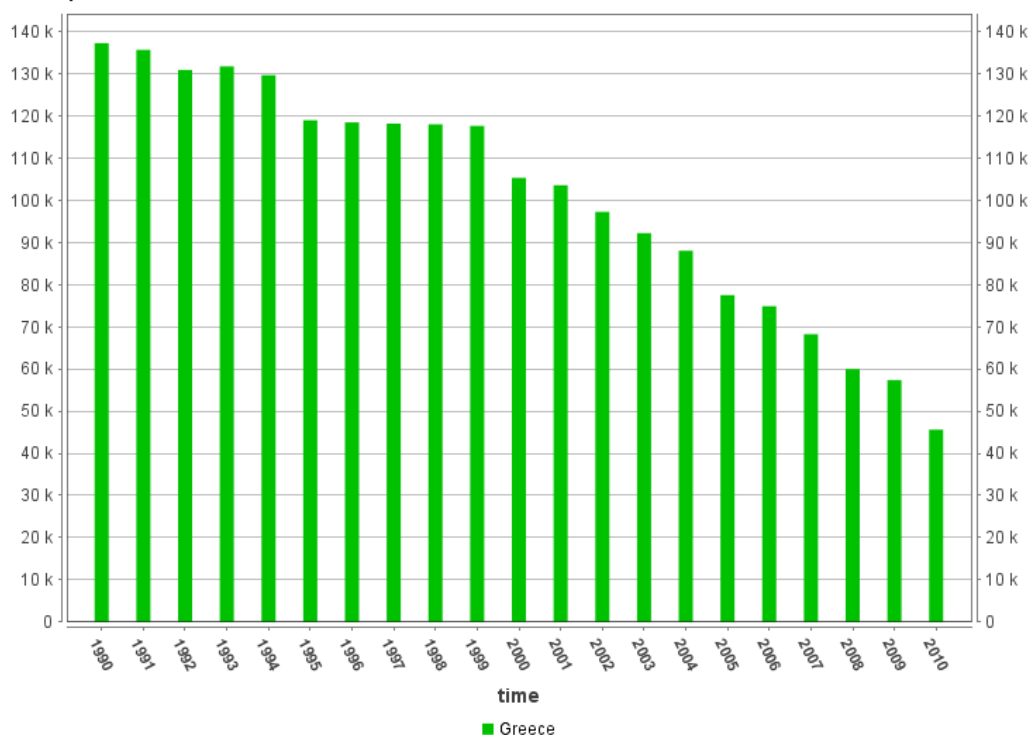
Γενικά, τα οξείδια του αζώτου στις εκπομπές του τομέα των μεταφορών εμφανίζουν σταθερή τάση, εκτός από το 2010 κατά το οποίο φαίνεται σημαντική μείωση.

5.5.4 Εκπομπές NMVOC από τις μεταφορές

Emissions of non-methane volatile organic compounds (NMVOC) by source sector

Tonnes

Road transport

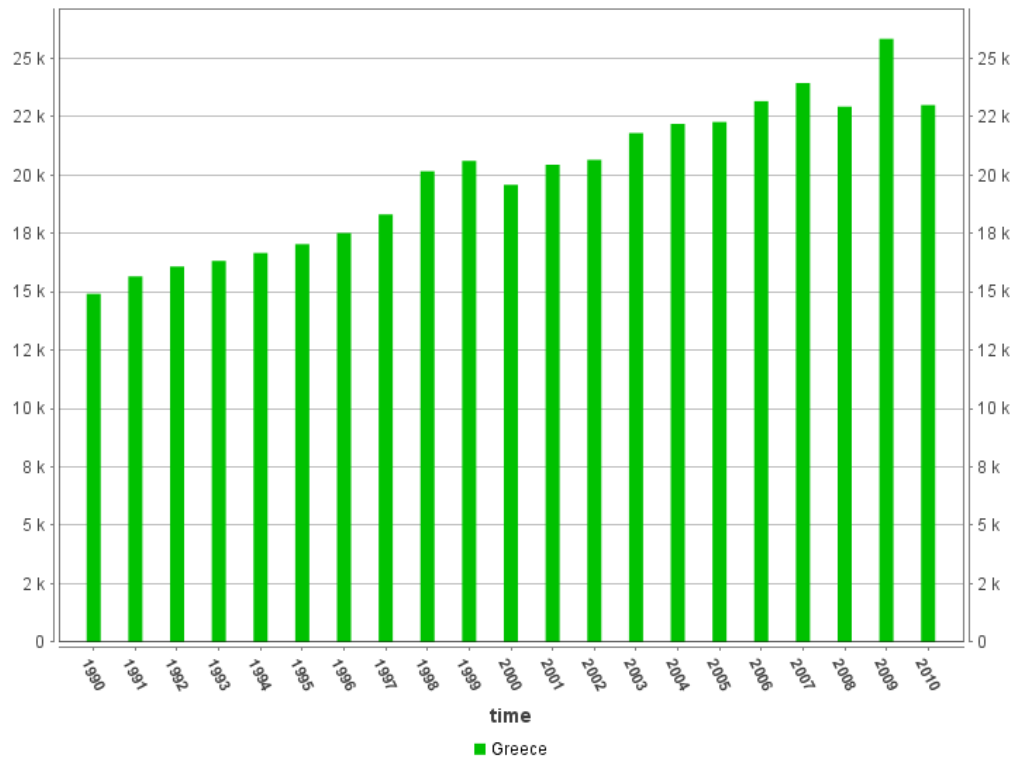


Διάγραμμα 5.9: Εκπομπές μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων από τις μεταφορές (κιλοτόνοι-kt) (Πηγή: Eurostat, 2013)

Οι εκπομπές των μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων από τις μεταφορές ακολουθούν σταθερά πτωτική τάση όλα τα έτη μελέτης, ξεκινώντας από τους 137 κιλοτόνους το 1990 και καταλήγοντας στους 47 κιλοτόνους το 2010.

5.5.5 Εκπομπές CO₂ από τις μεταφορές

Greenhouse gas emissions by sector (source: EEA)
1 000 tonnes of CO₂ equivalent



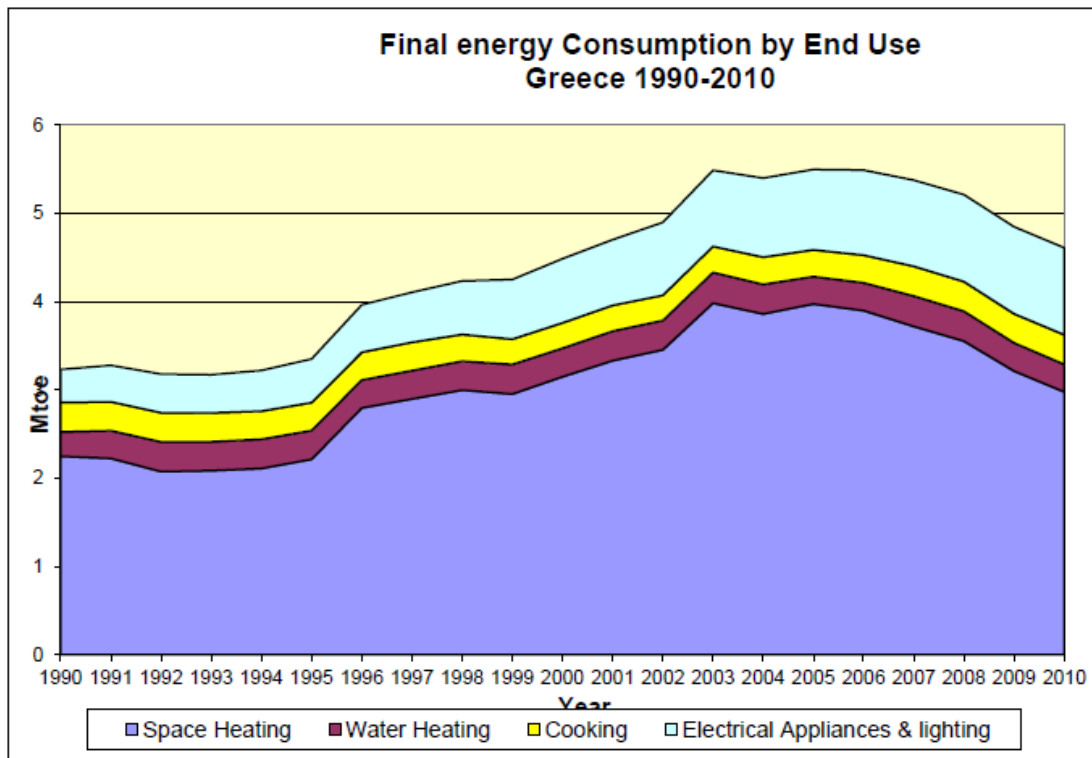
Διάγραμμα 5.10: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις μεταφορές (κιλοτόνοι ισοδύναμου CO₂-ktoe CO₂) (Πηγή: ΕΕΑ, 2013)

Λαμβάνοντας υπόψη ως ομάδα ρύπων τα θερμοκηπικά αέρια, οι εκπομπές τους στον τομέα των μεταφορών αυξάνονται σταθερά από το 1990 (15 κιλοτόνοι ισοδύναμου CO₂) με εξαίρεση το 2008 όπου υπάρχει μία πτώση στην τιμή εκπομπών τους. Έπειτα, το 2009 ξαναεμφανίζεται αυξημένη τιμή, ακολουθούμενη από το 2010 κατά το οποίο πάλι υπάρχει πτωτική τάση στις εκπομπές αερίων ρύπων.

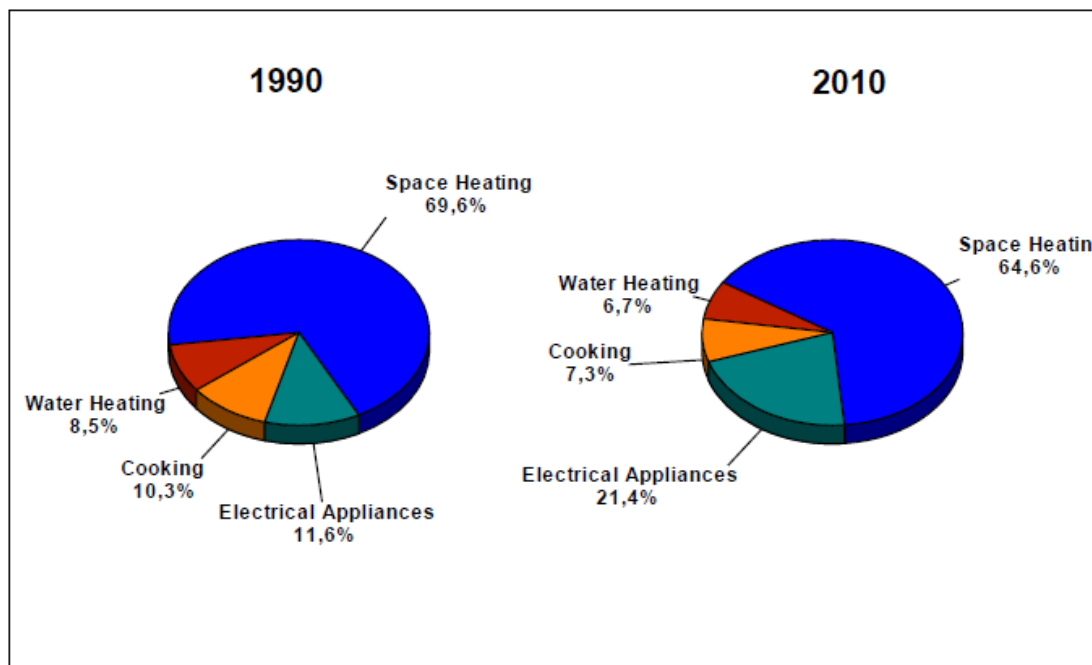
5.6 Εκπομπές αερίων ρύπων από τη θέρμανση κατοικιών στην Ελλάδα

Μεταξύ 1990 και 2010, η ενεργειακή αποδοτικότητα στον οικιακό τομέα βελτιώθηκε κατά 17%. Η ενεργειακή απόδοση των μεγάλων ηλεκτρικών συσκευών βελτιώθηκε κατά 13% κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου και είναι ο κυρίαρχος παράγοντας, ο οποίος καθορίζει τη συνολική ενεργειακή απόδοση στα νοικοκυριά. Ο νέος κανονισμός κτηρίων, η καλύτερη μόνωση κατοικιών και η πιο αποτελεσματική χρήση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών συμμετέχουν στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στις ελληνικές κατοικίες. Η απόκτηση δανείων με χαμηλά επιτόκια βοήθησε στην ανάπτυξη της ανακαίνισης των παλαιών κτιρίων και την αντικατάστασή τους με νέες κατοικίες, ειδικά στις αστικές περιοχές. Επιπλέον, λόγω της οικονομικής ύφεσης, η ενημέρωση των καταναλωτών σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και τα φορολογικά κίνητρα για την προώθηση ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών/επεμβάσεων, συνέβαλε επίσης στην οικιακή βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο μέρος της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά καταναλώνεται για θέρμανση χώρου. Τα νοικοκυριά το 2010 κατανάλωσαν για θέρμανση χώρων 3 Mtoe έναντι 2,2 Mtoe το 1990, δηλαδή μία συνολική αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας κατά 32% για θέρμανση χώρων. Το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται από ηλεκτρικές συσκευές και ο φωτισμός έχει σχεδόν τριπλασιαστεί από το 1990 και το μερίδιο της ενέργειας έχει αυξηθεί κατά 9,8%. Η κατανάλωση ενέργειας για το μαγείρεμα παραμένει σχεδόν σταθερή και κοντά σε επίπεδα του 1990, ως εκ τούτου, το μερίδιο της ενέργειας έχει μειωθεί κατά 3% (Σχήμα 5.4).

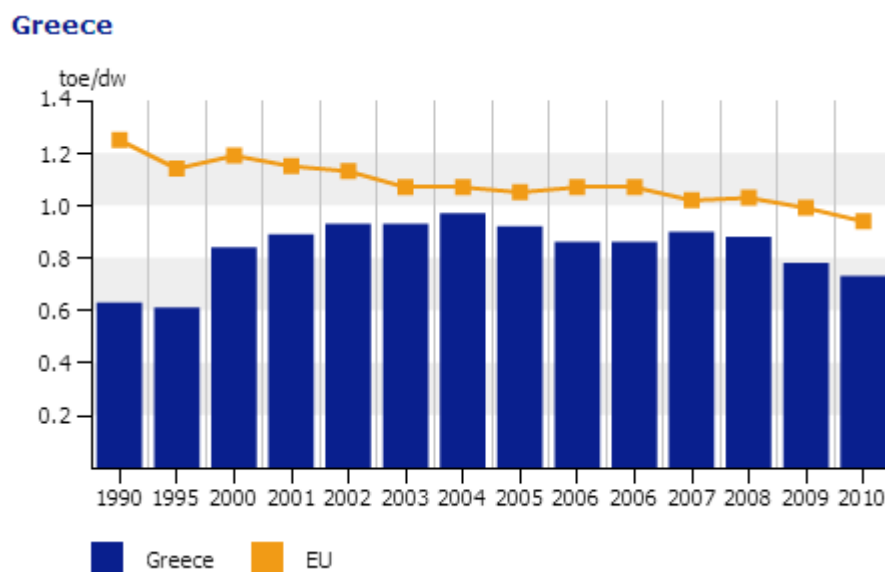


Σχήμα 5.4 : Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση σε νοικοκυριά στην Ελλάδα (Πηγή: βάση δεδομένων ODYSSEE, 2010)



Σχήμα 5.5: Μερίδιο της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας από την χρήση ενέργειας στα νοικοκυριά στην Ελλάδα(1990 vs 2010) (Πηγή: βάση δεδομένων ODYSSEE, 2010)

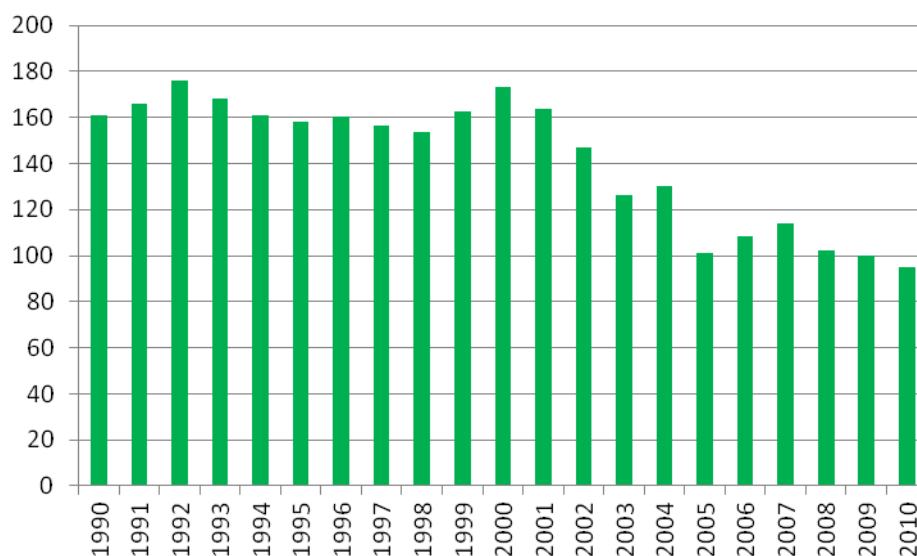
Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι συνολικές καταναλώσεις ενέργειας ανά κατοικία για τη θέρμανση χώρου για τα μελετώμενα έτη.



Διάγραμμα 5.11: Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά κατοικία για θέρμανση χώρου στην Ελλάδα – Συγκριτικά με Ευρώπη (Πηγή: βάση δεδομένων ODYSSEE, 2010)

Στα κεφάλαια που ακολουθούν παρουσιάζονται οι συνολικές εκπομπές ανά αέριο ρύπο για τον τομέα της θέρμανσης κτηρίων και συγκεκριμένα των κατοικιών.

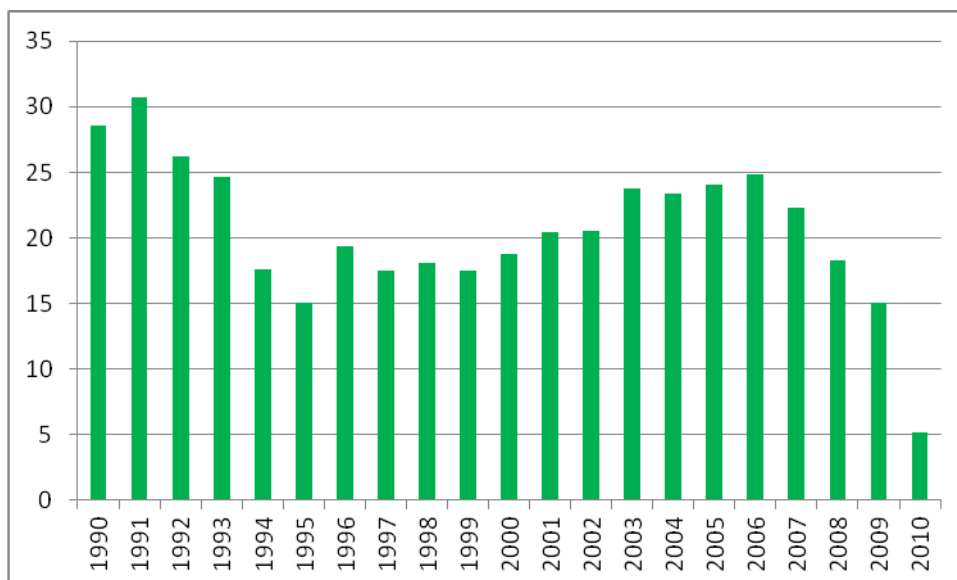
5.6.1 Εκπομπές CO από τη θέρμανση κατοικιών



Διάγραμμα 5.12: Εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα από τη θέρμανση κατοικιών (κιλοτόνοι-kt) (Πηγή: ΕΕΑ, 2013)

Οι εκπομπές του μονοξειδίου του άνθρακα τείνουν να μειώνονται συνεχώς, φτάνοντας στους 97kt το 2010 με κάποιες αυξομειώσεις στις τιμές τους μεταξύ των ετών 1998-2003 και 2005-2008.

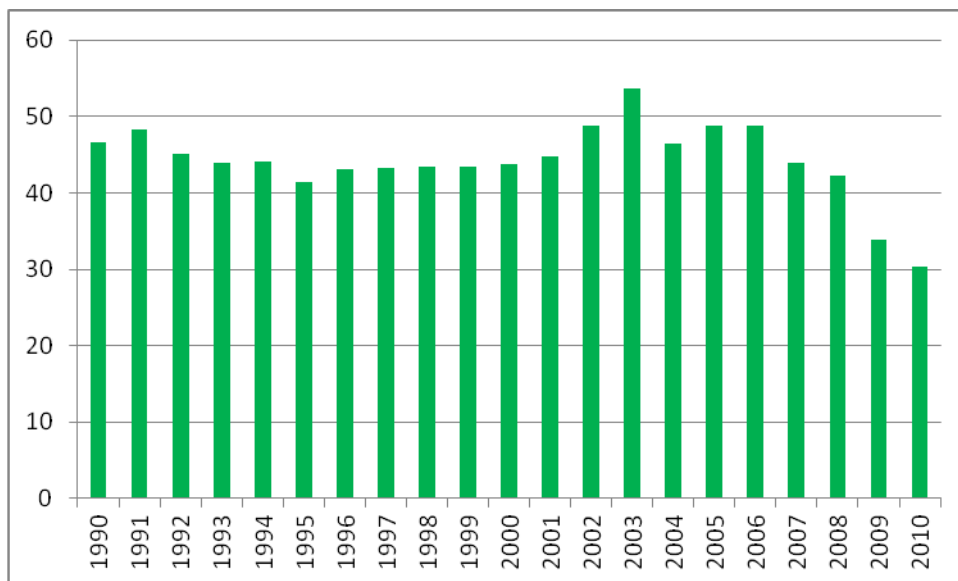
5.6.2 Εκπομπές SO_x από τη θέρμανση κατοικιών



Διάγραμμα 5.13: Εκπομπές οξειδίων του θείου από τη θέρμανση κατοικιών (κιλοτόνοι-kt) (Πηγή: ΕΕΑ, 2013)

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 5.15 , οι εκπομπές οξειδίων του θείου λόγω της θέρμανσης κατοικιών ακολουθούν μία τάση με συνεχείς και μεγάλες αυξομειώσεις και συγκεκριμένα, ενώ από το έτος βάσης (1990) ξεκινούν με υψηλές τιμές της τάξεως των 28kt, μέχρι το 1995 πέφτουν στους 15kt. Στη συνέχεια, ξεκινούν πάλι να αυξάνονται, φτάνοντας τους 25kt το 2006 και ακολουθώντας μείωση οι εκπομπές SO_x το έτος 2010 είναι μόλις στους 5kt.

5.6.3 Εκπομπές NO_x από τη θέρμανση κατοικιών

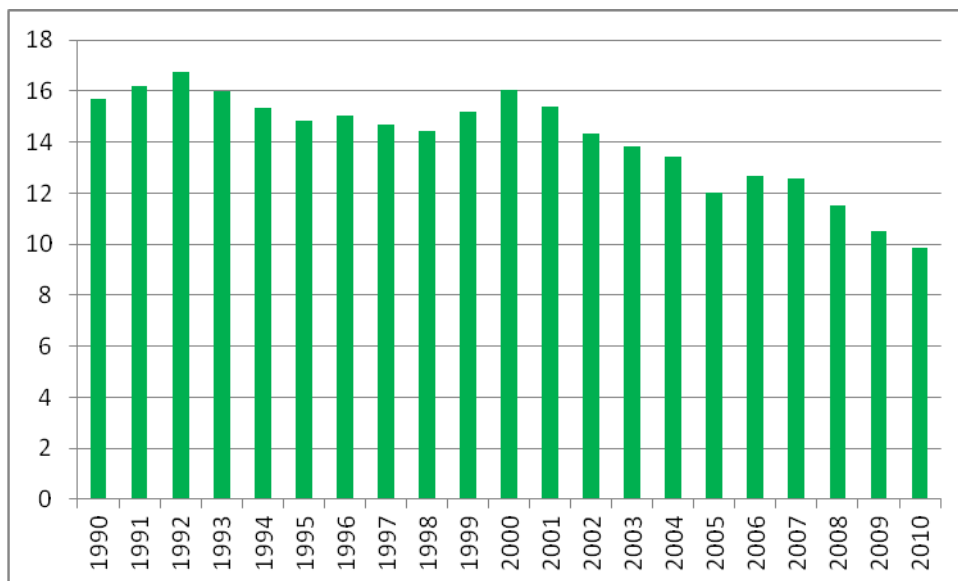


Διάγραμμα 5.14: Εκπομπές οξειδίων του αζώτου από τη θέρμανση κατοικιών

(κιλοτόνοι-kt) (Πηγή: ΕΕΑ, 2013)

Γενικά, οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου από τη θέρμανση κατοικιών εμφανίζουν μία σταθερότητα μεταξύ 40-50kt για τα έτη 1990-2008 με τη μέγιστη τιμή τους το 2003 (στους 53kt) και τα έτη 2009 και 2010 εμφανίζουν μείωση.

5.6.4 Εκπομπές NMVOC από τη θέρμανση κατοικιών



Διάγραμμα 5.15: Εκπομπές μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων από τη θέρμανση κατοικιών (κιλοτόνοι-kt) (Πηγή: ΕΕΑ, 2013)

Οι εκπομπές μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων λόγω της θέρμανσης κατοικιών παρουσιάζουν σταθερή μείωση με το πέρασμα των ετών, με εξαίρεση τα έτη 1991, 1992, 1999, 2000 και 2006. Εκτός από τις προαναφερθέντες χρονολογίες οι εκπομπές NMVOC αρχίζουν από τους 16kt περίπου το έτος βάσης και μειώνονται στους 10kt έως το 2010.

6. Σύγκριση εκπομπών αερίων ρύπων μεταξύ Ευρώπης-Ελλάδας

Μεταξύ των 11 κρατών μελών της ΕΕ τα οποία υπερέβαιναν τα διεθνή ανώτατα όρια εκπομπών, η Δανία και η Ισπανία υπερέβη τα τρία ανώτατα όρια (για τα οξειδία του αζώτου (NO_x), τις μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOCs) και την αμμωνία (NH₃)), ενώ η Γερμανία υπερέβη δύο ανώτατα όρια (NO_x και ΠΟΕΠΜ). Η Αυστρία, το Βέλγιο, η Γαλλία, η Ιρλανδία, το Λουξεμβούργο, οι Κάτω Χώρες, η Σουηδία (όλα τα NO_x) και η Φινλανδία (αμμωνία) υπερέβησαν ένα ανώτατο όριο.

Από τους κυριότερους ρύπους του αέρα, για τα οξειδία του θείου (SO_x), οι εκπομπές μειώθηκαν από το 1990 (-82%), ακολουθούμενο από το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) (-62%), τις μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOCs) (-56%) και τα οξειδία του αζώτου (NO_x) (-47%).

Οι οδικές μεταφορές, τα νοικοκυριά, τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η γεωργία και ορισμένοι τομείς της βιομηχανίας είναι συλλογικά οι σημαντικότερες πηγές πολλών διαφορετικών ρύπων.

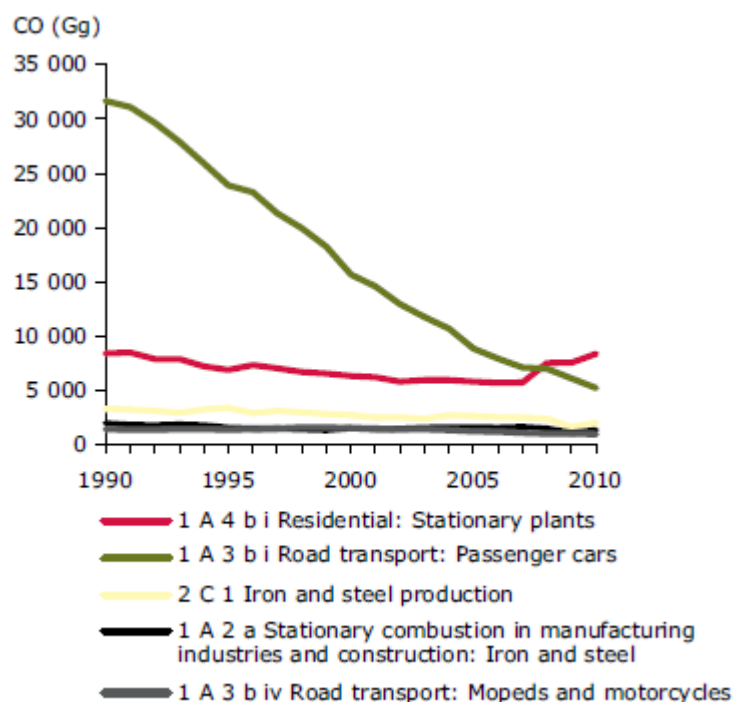
Παρά τις μακροπρόθεσμες πτωτικές τάσεις των συμβατικών ρύπων το 2010, τα κράτη μέλη ανέφεραν αύξηση των εκπομπών πολλών βαρέων μετάλλων και οργανικών ρύπων σε σύγκριση με το 2009 (κάδμιο κατά 7,5%, αρσενικό κατά 4,9% και χρώμιο κατά 12,6%). Οι αυξήσεις αυτές ήταν εν μέρει λόγω της αύξησης των εκπομπών από τα νοικοκυριά και ορισμένους βιομηχανικούς κλάδους.

➤ CO

Μεταξύ 1990 και 2010, οι εκπομπές CO μειώθηκαν στην ΕΕ-27 κατά 62%. Μεταξύ του 2009 και του 2010, η αύξηση ήταν 3,4%, κυρίως λόγω της αύξησης των εκπομπών στη Γερμανία(+ 10,6%), τη Γαλλία(+ 8,7%) και την Πολωνία (+ 10,7%). Οι κυριότερες μειώσεις αναφέρθηκαν από το Ηνωμένο Βασίλειο, την Πορτογαλία, την Ελλάδα και την Ουγγαρία. Τα κράτη μέλη που συνέβαλαν περισσότερο (πάνω από 10%) με τις εκπομπές CO το 2010 ήταν η Γαλλία, η Γερμανία, η Πολωνία και η Ιταλία.

Οι κατοικίες και οι οδικές μεταφορές (επιβατικά αυτοκίνητα), ήταν οι πιο σημαντικές κατηγορίες για τις εκπομπές CO, οι οποίες από κοινού αντιπροσωπεύουν το 55% των συνολικών εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα. Μεταξύ των κορυφαίων πέντε βασικών κατηγοριών, οι υψηλότερες σχετικές μειώσεις των εκπομπών μεταξύ 1990 και 2010 επιτεύχθηκαν στη δεύτερη πιο σημαντική βασική κατηγορία, τις οδικές μεταφορές. Το σχήμα 6.1 δείχνει την τάση των εκπομπών CO από τις πέντε σημαντικότερες κατηγορίες για τα μελετώμενα έτη 1990-2010. Για το CO οι πιο

σημαντικές πηγές εκπομπής του είναι η εμπορική χρήση, τα νοικοκυριά και οι οδικές μεταφορές.



Σχήμα 6.1: Τάση των εκπομπών CO ανά κατηγορία (Πηγή: European Union emission inventory report 1990–2010, EEA 2012)

➤ SO_x

Μεταξύ 1990 και 2010, οι εκπομπές SO_x στην ΕΕ-27 μειώθηκαν κατά 82%. Μεταξύ του 2009 και του 2010, η μείωση ήταν 5,7%, κυρίως λόγω της μείωσης στην Ελλάδα, τη Ρουμανία και την Ουγγαρία. Τα κράτη μέλη που συνέβαλαν περισσότερο (πάνω από 10%) με τις εκπομπές SO_x το 2010 ήταν η Πολωνία και η Ισπανία.

Η ανασκόπηση στις τάσεις των χρονοσειρών για ορισμένα κράτη μέλη δείχνει κάποιες σημαντικές αλλαγές στη μείωση των εκπομπών από το 1990. Για παράδειγμα, οι εκπομπές SO_x στη Σλοβενία μειώθηκαν σημαντικά το 2001 και ξανά το 2006, λόγω της εισαγωγής του εξοπλισμού αποθείωσης καυσαερίων σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς.

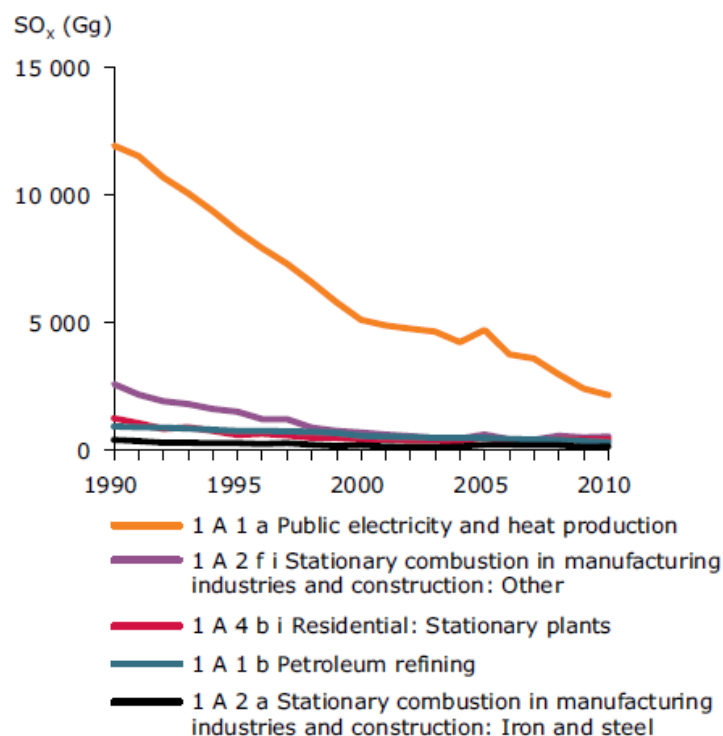
Οι μειώσεις στις εκπομπές SO_x στην Ελλάδα οφείλονται στην λειτουργία των μονάδων αποθείωσης σε μεγάλης ισχύος μονάδες από το 1998 και η αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ τεχνολογιών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, μειώσεις σε σχέση με την περιεκτικότητα του θείου στα υγρά ορυκτά καύσιμα και η εισαγωγή του φυσικού αερίου στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα οδήγησε σε μείωση εκπομπών SO_x από τη βιομηχανία, τις μεταφορές και τον οικιακό τομέα. Ως εξήγηση για τη μείωση στις εκπομπές SO_x τα έτη 1990-2010, η Γερμανία δήλωσε ότι η μείωση οφείλεται σε

αυστηρότερους κανονισμούς της προηγούμενης Δυτικής Γερμανίας, οι οποίοι εφαρμόστηκαν στα νέα Ομόσπονδα κράτη της Γερμανίας μετά τη γερμανική επανένωση, που άλλαξαν το μείγμα καυσίμου από πλούσια θειούχα στερεά καύσιμα σε υγρά και αέρια καύσιμα. Η Πολωνία εξήγησε ότι οι εκπομπές SO_x μειώθηκαν λόγω της πτώσης της βαριάς βιομηχανίας στα τέλη του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Στα τέλη της δεκαετίας του 1990, οι εκπομπές μειώθηκαν λόγω του μειωμένου μεριδίου του άνθρακα μεταξύ των καυσίμων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Το Ηνωμένο Βασίλειο ανέφερε ότι η μείωση των εκπομπών SO_x έχει επιταχυνθεί από την εφαρμογή του συνδυασμένου κύκλου αεριοστρόβιλου στους σταθμούς παραγωγής ενέργειας, που είναι πιο αποτελεσματικός από τους συμβατικούς σταθμούς του άνθρακα και του πετρελαίου και έχουν αμελητέες εκπομπές SO_x.

Μια αξιοσημείωτη αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του θείου στην Πολωνία οφείλεται σε μεγαλύτερη κατανάλωση λιθάνθρακα από τους δημόσιους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η χρήση του άνθρακα με υψηλότερη περιεκτικότητα σε θείο, η οικιακή καύση άνθρακα καθώς και η υψηλότερη κατανάλωση οπτάνθρακα στον τομέα της βιομηχανίας.

Η μεγάλη μείωση των εκπομπών SO_x στη Ρουμανία από το 2006 στο 2007 οφείλεται στην εθνική νομοθεσία, η οποία καθορίζει ένα πτωτικό όριο για την περιεκτικότητα σε θείο του ντίζελ και της βενζίνης κάθε δύο χρόνια.

Για τις τρεις κύριες πηγές εκπομπής του (βιομηχανία, μεταφορές, οικιακός τομέας), η μείωση στις εκπομπές SO_x από το 1990 έχει επιτευχθεί ως αποτέλεσμα του συνδυασμού των μέτρων, συμπεριλαμβανομένων των καυσίμων μεταγωγής στον τομέα της ενέργειας που σχετίζονται με τη χρήση στερεών και υγρών καυσίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, όπως το φυσικό αέριο, η τοποθέτηση τεχνολογίας ενός συστήματος αποθείωσης καυσαερίων των εκπομπών στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, καθώς και οι επιπτώσεις των οδηγιών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας σχετικά με την περιεκτικότητα ορισμένων υγρών καυσίμων σε θείο.



Σχήμα 6.2: Τάση των εκπομπών SO_x ανά κατηγορία (Πηγή: European Union emission inventory report 1990–2010, EEA 2012)

➤ NO_x

Μεταξύ 1990 και 2010 οι εκπομπές NO_x μειώθηκαν στην ΕΕ-27 κατά 47%. Μεταξύ 2009 και 2010 η μείωση ήταν 1,4%, κυρίως λόγω της μείωσης που αναφέρθηκε στην Ισπανία, την Ελλάδα και το Ηνωμένο Βασίλειο. Τα κράτη μέλη που συνέβαλαν περισσότερο (πάνω από 10%) με τις εκπομπές NO_x το 2010 ήταν η Γερμανία, η Γαλλία, η Ισπανία και η Ιταλία.

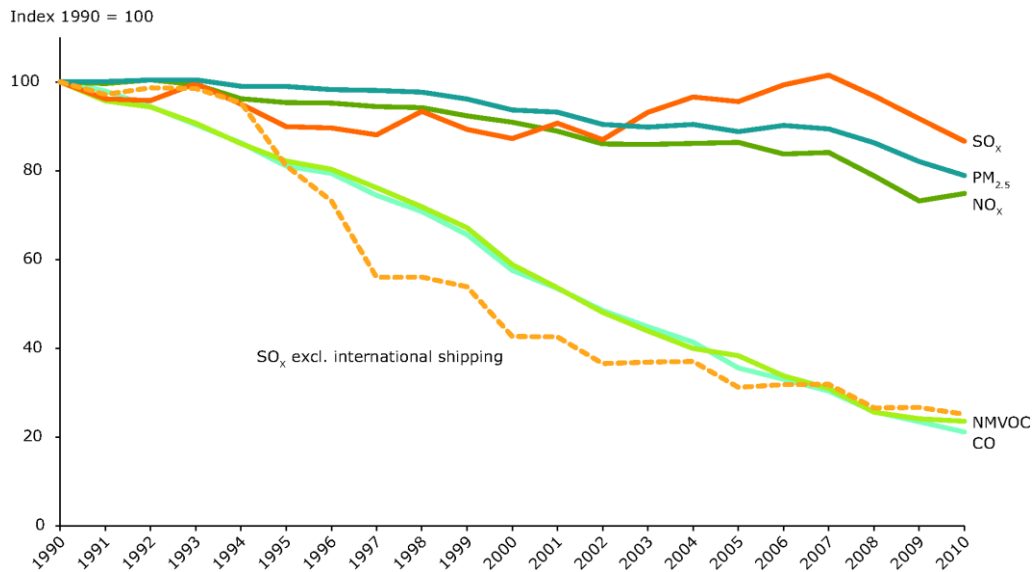
Η Γαλλία, η Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο ανέφεραν ότι οι εκπομπές NO_x έπεσαν μεταξύ 1990-2010 χάρη στην εφαρμογή αυστηρότερων κανονισμών και τα πρότυπα εκπομπών που προκύπτουν από τεχνικές βελτιώσεις και βελτιωμένα καύσιμα, καθώς και από τη μείωση της χρήσης των στερεών καυσίμων και της αντικατάστασής τους από φυσικό αέριο και άλλες εναλλακτικές μορφές ενέργειας.

Η Ελλάδα ανέφερε ότι οι μειώσεις NO_x είναι κυρίως ως συνέπεια της έντονης οικονομικής κρίσης στην Ελλάδα. Η μεγαλύτερη μείωση σημειώθηκε στον τομέα των οδικών μεταφορών, παράλληλα με την κρίση ως αποτέλεσμα του προγράμματος απόσυρσης επιβατικών αυτοκινήτων. Περαιτέρω, μειώσεις σημειώθηκαν στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και την παραγωγή θερμότητας ως αποτέλεσμα της

μείωσης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και της αύξησης του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην παραγωγή αυτής.

Οι κατηγορίες των οδικών μεταφορών και της ηλεκτρικής ενέργειας και παραγωγής θερμότητας ήταν οι πιο σημαντικές για τις εκπομπές NO_x. Μεταξύ των κορυφαίων πέντε βασικών κατηγοριών, οι υψηλότερες σχετικές μειώσεις των εκπομπών μεταξύ 1990 και 2010 επιτεύχθηκαν στη δεύτερη πιο σημαντική βασική κατηγορία, τα επιβατικά αυτοκίνητα.

Για τα NO_x η πιο συνηθισμένες πηγές εκπομπής είναι της ενέργειας και των μεταφορών, καθώς και η εμπορική και οικιακή κατανάλωση ενέργειας. Μειωμένες εκπομπές στον τομέα των οδικών μεταφορών προέκυψαν κυρίως από την εισαγωγή *threeway* καταλυτικών μετατροπών για τα αυτοκίνητα και την αυστηρότερη ρύθμιση των εκπομπών από τα βαρέα οχήματα και σε ολόκληρη την Ευρώπη. Παρ'όλα αυτά, οι τομείς των οδικών μεταφορών αντιπροσωπεύουν τη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών NO_x, καταλαμβάνοντας το 42% των συνολικών εκπομπών στην ΕΕ-27 το 2010. Στην ηλεκτρική ενέργεια και τον τομέα παραγωγής ενέργειας, οι μειώσεις επήλθαν ως αποτέλεσμα κάποιων μέτρων, όπως η εισαγωγή τεχνολογιών της καύσης τροποποίησης (π.χ. χρήση καυστήρων χαμηλού NO_x), εφαρμογή των τεχνικών μείωσης καυσαερίων (π.χ. πλυντρίδες NO_x και επιλεκτική καταλυτική αναγωγή και την επιλεκτική μη καταλυτική αναγωγή) και η αλλαγή των καυσίμων από άνθρακα σε φυσικό αέριο.



Διάγραμμα 6.1: Εκπομπές CO, SO_x, NMVOC, NO_x από τις μεταφορές στα κράτη-μέλη του ΕΟΠ (Πηγή: ΕΕΑ, 2012)

➤ **NMVOC**

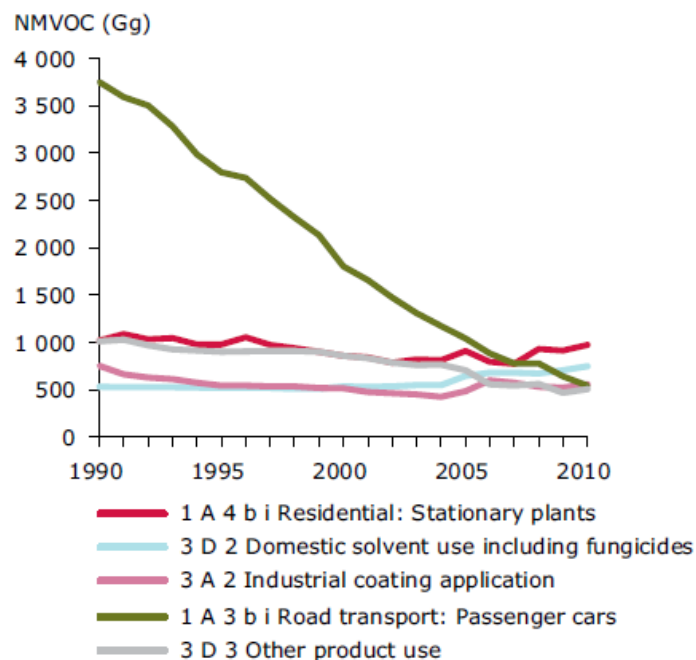
Μεταξύ 1990 και 2010, οι εκπομπές NMVOC μειώθηκαν στην ΕΕ-27 κατά 56%. Μεταξύ του 2009 και του 2010, σημειώθηκε αύξηση της τάξης του 0,5% λόγω της μεγάλης αύξησης των εκπομπών στη Γερμανία (+ 13,2%). Οι κυριότερες μειώσεις αναφέρθηκαν από την Ιταλία, το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ελλάδα. Τα κράτη μέλη που συνέβαλαν περισσότερο (πάνω από 10%) στις εκπομπές NMVOC το 2010 ήταν η Ιταλία, η Γερμανία, η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο.

Η Γαλλία, η Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο ανέφεραν ότι η μείωση στις εκπομπές NMVOC τα έτη 1990-2010 οφείλεται σε ολοένα και αυστηρότερους κανονισμούς και ελέγχους, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται περισσότερα αυτοκίνητα με καταλύτη, και να υπάρχει μείωση στην κατανάλωση βενζίνης.

Η απότομη αύξηση των εκπομπών, στη Λετονία κατά τα έτη 2003-2004 εξηγείται με την ένταξη της στην ΕΕ το Μάιο του 2004, σύμφωνα με την οποία οι οικονομικοί πόροι από την ΕΕ έγιναν διαθέσιμοι για έργα εθνικής υποδομής. Οι εκπομπές προέκυψαν ως αποτέλεσμα της ασφάλτου, των στεγών και ανοίγοντας δρόμους. Μεγάλες ποσότητες μιγμάτων ασφάλτου εισήχθησαν και χρησιμοποιήθηκαν.

Η αύξηση των εκπομπών NMVOC από τη Γερμανία μεταξύ 2009 και 2010 οφείλεται στην οικονομική ανάκαμψη μετά την ύφεση του 2008 και 2009.

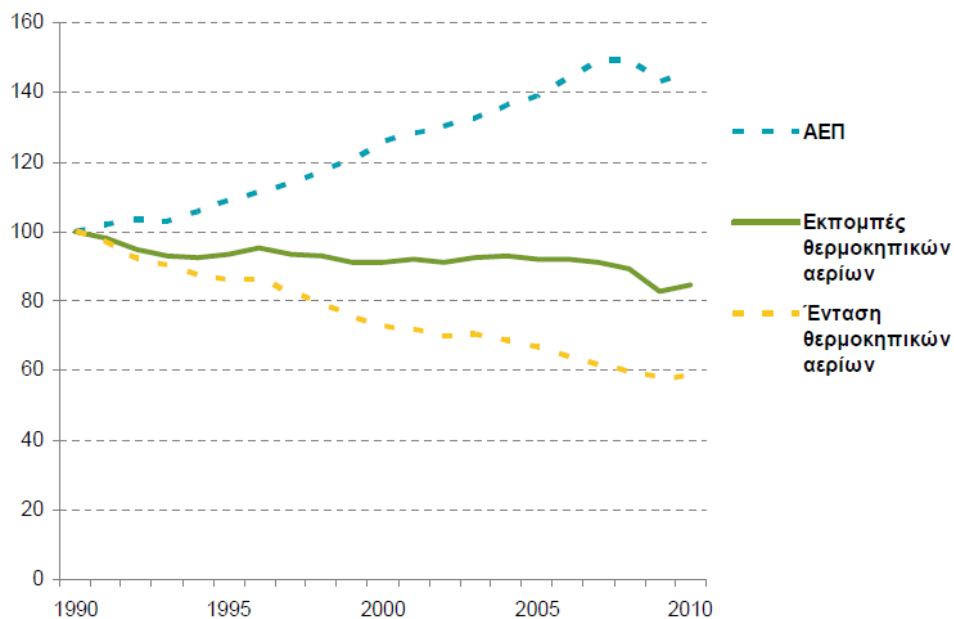
Για τις NMVOC οι πιο σημαντικές πηγές εκπομπών είναι ως διαλύτης και η χρήση του προϊόντος, η εμπορική και οικιακή χρήση και οι οδικές μεταφορές.



Σχήμα 6.3: Τάση των εκπομπών NMVOC ανά κατηγορία (Πηγή: European Union emission inventory report 1990–2010, EEA 2012)

➤ CO₂

Οι εκπομπές στην ΕΕ σημείωσαν φθίνουσα πορεία, ενώ η οικονομική μεγέθυνση ήταν σημαντική. Το σχήμα 6.4 που ακολουθεί καταδεικνύει ότι η αποσύνδεση της οικονομικής μεγέθυνσης από τις εκπομπές θερμοκηπικών αερίων συνεχίστηκε σταθερά από το 1990.



Σχήμα 6.4: Εξέλιξη του ΑΕΠ, των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων και της έντασης των εκπομπών αυτών (δηλ. λόγος των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων προς το ΑΕΠ) – Δείκτης (1990=100) (Πηγή: βάση δεδομένων Ameco, Eurostat, 2012)

Μεταξύ του 1990 και του 2010, στην ΕΕ το ΑΕΠ αυξήθηκε κατά 46%, ενώ οι εκπομπές μειώθηκαν κατά 15%. Μεταξύ του 2009 και του 2010 το ΑΕΠ αυξήθηκε κατά 2% και οι εκπομπές κατά 2,4%. Ως εκ τούτου, η ένταση των εκπομπών αυξήθηκε επίσης. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι η ένταση των εκπομπών το 2010 ήταν καλύτερη από εκείνη του 2008.

Μεταξύ του 1990 και του 2010 η ένταση των θερμοκηπικών αερίων μειώθηκε σε όλα τα κράτη μέλη. Η μεγαλύτερη μείωση παρατηρήθηκε στην Εσθονία (-75%), στη Σλοβακία (-72%), στη Ρουμανία (-63%), στη Λιθουανία (-62%) και στη Βουλγαρία (-62%). Οι μικρότερες μεταβολές σημειώθηκαν στην Πορτογαλία (-18%), στην Κύπρο (-18%), στην Ιταλία (-21%), στην Ισπανία (-22%) και στη Μάλτα (-23%).

Το 2010, οι κατά κεφαλή εκπομπές στην ΕΕ βρίσκονταν στο επίπεδο των 9,4 τόνων ισοδυνάμου CO₂. Οι κατά κεφαλή εκπομπές μειώθηκαν κατά 2,4 τόνους ισοδυνάμου CO₂, που ισοδυναμεί με μείωση κατά 21% σε σύγκριση με το 1990. Ωστόσο, το 2010 οι κατά κεφαλή εκπομπές θερμοκηπικών αερίων εξακολουθούν να παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των κρατών μελών, οι οποίες κυμαίνονται από 5,4 (Λετονία) σε 24,1 (Λουξεμβούργο) τόνους ισοδυνάμου CO₂ κατά κεφαλή. Οι εν λόγω

διαφορές οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην ενεργειακή ένταση και στο ενεργειακό μείγμα κάθε χώρας. Επίσης, οι τάσεις των κατά κεφαλή εκπομπών διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των κρατών μελών. Από το 1990, οι μεγαλύτερες κατά κεφαλή μειώσεις επιτεύχθηκαν στα κράτη μέλη της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης, στο Λουξεμβούργο, στο Ηνωμένο Βασίλειο, στη Γερμανία, στη Δανία, στη Σουηδία, στη Γαλλία και στο Βέλγιο. Σε έξι κράτη μέλη οι κατά κεφαλήν εκπομπές αυξήθηκαν από το 1990. Ωστόσο, οι κατά κεφαλή εκπομπές στα εν λόγω κράτη μέλη είναι χαμηλότερες από τον μέσο όρο της Ένωσης, εκτός από την Ελλάδα και την Κύπρο.

METPA(RESPONSE)

Σύμφωνα με το μεθοδολογικό πλαίσιο DPSIR, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, αξίζει να αναφερθούν κάποια μέτρα αντιμετώπισης, τα οποία έγκειται να εφαρμοστούν ώστε ανάλογα με τις πιέσεις προς το περιβάλλον, που αναφέρθηκαν παραπάνω να αλλάξει η κατάσταση σε αυτό.

Το 20% που είναι ο στόχος μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) για το 2020 σε σύγκριση με το 1990 υλοποιείται μέσω της ΕΕ με το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών (EU ETS) και την Απόφαση Επιμερισμού Προσπάθειας που καθορίζει το στόχο μείωσης για τους τομείς όπου δεν εφαρμόζεται το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών και η επίτευξη του στόχου αυτού υποστηρίζεται μέσω της ΕΕ και εθνικών πολιτικών για τη μείωση των εκπομπών. Το 2011 οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που καλύπτονται από το κλίμα και το ενεργειακό πακέτο εκτιμώνται στο 16% κάτω από τα επίπεδα του 1990.

Λόγω των μέτρων που λαμβάνονται σε ευρωπαϊκό επίπεδο, καθώς και από τα κράτη μέλη σε εθνικό επίπεδο, η ΕΕ βρίσκεται σε καλό δρόμο για την επίτευξη των στόχων της για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου του Κιότο και για το 2020. Μειώνοντας τις εκπομπές από το 1990, ενώ η οικονομία της επεκτείνεται, η ΕΕ έχει επιτυχώς δείξει ότι οικονομική ανάπτυξη και μείωση των εκπομπών δεν είναι αντιφατικές.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξετάζει οικονομικά αποδοτικούς τρόπους για να καταστεί η ευρωπαϊκή οικονομία πιο φιλική προς το κλίμα και να είναι λιγότερο ενεργοβόρα. Μέχρι το 2050, η Ευρωπαϊκή Ένωση θα μπορούσε να μειώσει περισσότερο τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου της. Οι καθαρές τεχνολογίες είναι το μέλλον για την οικονομία της Ευρώπης.

Ο χάρτης πορείας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής προτείνει ότι μέχρι το 2050, η ΕΕ θα πρέπει να μειώσει τις εκπομπές της έως και 80% κάτω από τα επίπεδα του 1990 μέσα από εγχώριες μειώσεις και μόνο. Καθορίζει ορόσημα που αποτελούν μια οικονομικά αποδοτική διαδρομή στο στόχο αυτό - μειώσεις της τάξης του 40% έως το 2030 και 60% μέχρι το 2040. Δείχνει επίσης πώς οι κύριοι τομείς που είναι υπεύθυνοι για τις εκπομπές της Ευρώπης - την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, της βιομηχανίας, των μεταφορών, των κτιρίων και των κατασκευών, καθώς και της γεωργίας - μπορούν να κάνουν τη μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα πιο αποτελεσματικά από άποψη κόστους.

Σε μια κοινωνία χαμηλών εκπομπών άνθρακα οι άνθρωποι μπορούν να ζήσουν και να εργαστούν σε χαμηλής ενέργειας, χαμηλών εκπομπών κτίρια με έξυπνα συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Θα οδηγούν ηλεκτρικά και υβριδικά αυτοκίνητα και θα ζουν σε καθαρότερες πόλεις με λιγότερη ατμοσφαιρική ρύπανση και καλύτερες δημόσιες συγκοινωνίες.

Πολλές από αυτές τις τεχνολογίες που προαναφέρθηκαν υπάρχουν σήμερα, αλλά πρέπει να αναπτυχθούν περαιτέρω. Εκτός από την μείωση στη συντριπτική πλειοψηφία των εκπομπών της, η Ευρώπη θα μπορούσε επίσης να μειώσει τη χρήση των βασικών πόρων, όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, τις πρώτες ύλες, τη γη και το νερό.

Η μετάβαση σε μια κοινωνία χαμηλών εκπομπών άνθρακα θα ενισχύσει την οικονομία της Ευρώπης χάρη στην αύξηση της καινοτομίας και των επενδύσεων σε καθαρές τεχνολογίες και χαμηλής ή μηδενικής περιεκτικότητας σε άνθρακα ενέργειας.

Μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα θα έχει πολύ μεγαλύτερη ανάγκη για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενεργειακά αποδοτικά δομικά υλικά, υβριδικά και ηλεκτρικά αυτοκίνητα, «έξυπνο δίκτυο» εξοπλισμού, χαμηλές εκπομπές άνθρακα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τεχνολογίες δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα.

Έως και 1,5 εκατομμύριο επιπλέον θέσεις εργασίας θα μπορούσαν να δημιουργηθούν μέχρι το 2020 αν οι κυβερνήσεις χρησιμοποιούσαν τα έσοδα από φόρους του CO₂ και από τη δημοπράτηση των δικαιωμάτων εκπομπής για τη μείωση του κόστους εργασίας.

Η ενεργειακή αποδοτικότητα θα αποτελέσει βασική κινητήρια δύναμη της μετάβασης. Με τη μετάβαση σε μια κοινωνία χαμηλών εκπομπών άνθρακα, η ΕΕ θα μπορούσε να

χρησιμοποιεί περίπου 30% λιγότερη ενέργεια μέχρι το 2050 σε σχέση με το 2005. Τα νοικοκυριά και οι επιχειρήσεις θα απολαμβάνουν πιο ασφαλείς και αποτελεσματικές ενεργειακές υπηρεσίες.

Περισσότερη τοπικά παραγόμενη ενέργεια θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, κυρίως από ανανεώσιμες πηγές. Ως αποτέλεσμα, η ΕΕ θα είναι λιγότερο εξαρτημένη από ακριβές εισαγωγές πετρελαίου και φυσικού αερίου και λιγότερο ευάλωτες στις αυξήσεις των τιμών του πετρελαίου.

Η ευρεία χρήση των καθαρών τεχνολογιών και των ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα μειώσει δραστικά την ατμοσφαιρική ρύπανση στις ευρωπαϊκές πόλεις. Λιγότεροι άνθρωποι θα υποφέρουν από άσθμα και άλλες αναπνευστικές παθήσεις. Πολύ λιγότερα χρήματα θα χρειαστεί να δαπανηθούν για την υγειονομική περίθαλψη και σε εξοπλισμό για τον έλεγχο της ρύπανσης του αέρα. Μέχρι το 2050, η ΕΕ θα μπορούσε να εξοικονομήσει έως και € 88 δισεκατομμύρια ετησίως σε αυτούς τους τομείς.

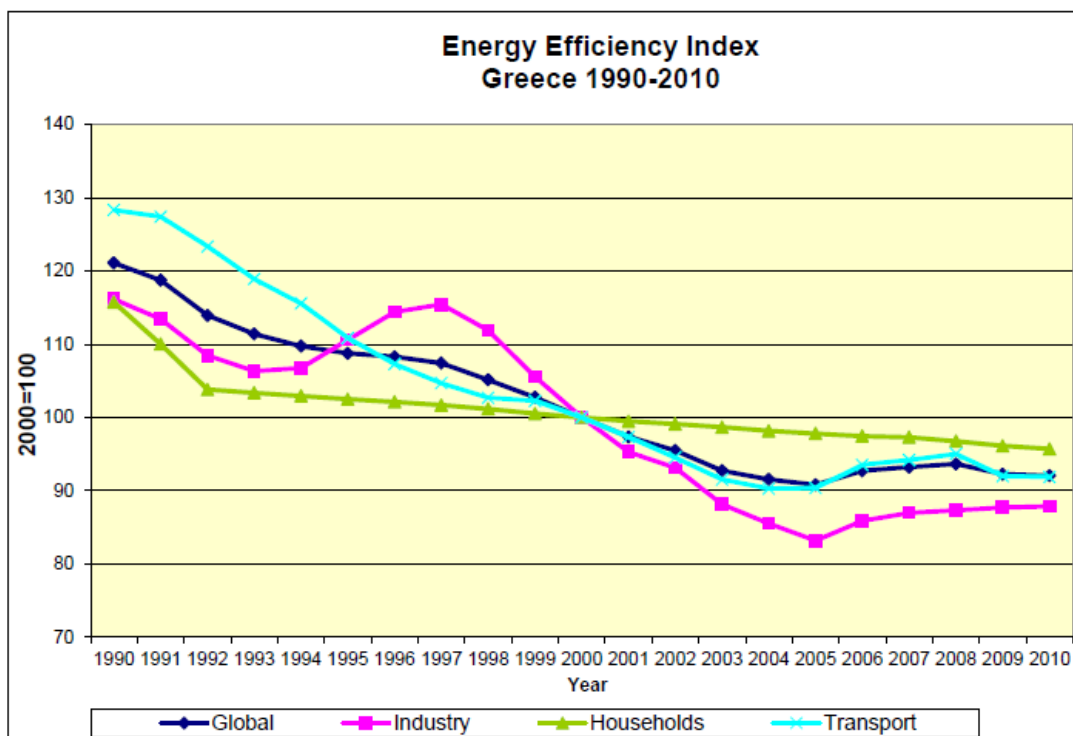
Κλείνοντας, αξίζει να αναφερθεί ότι μια πράσινη φορολογική μεταρρύθμιση θα πρέπει να είναι μέρος της ελληνικής αντίδρασης στην οικονομική κρίση. Η Ελλάδα πρέπει να ενισχύσει τις περιβαλλοντικές προσπάθειες της χρηματοδότησής της, κινούμενη προς την πληρέστερη εφαρμογή των αρχών του ο ρυπαίνων πληρώνει και ο χρήστης πληρώνει. Αυτό θα μειώσει την πίεση για τον εξαιρετικά περιορισμένο δημόσιο προϋπολογισμό, καθώς και την εξάρτηση από ευρωπαϊκές πηγές. Πράγματι, η κρίση παρουσιάζει ευκαιρίες για να τεθούν σε εφαρμογή οι διαρθρωτικές μεταρρυθμίσεις που έχει ανάγκη η χώρα. Αυτό περιλαμβάνει την ενίσχυση του πλαισίου περιβαλλοντικής πολιτικής, για παράδειγμα με την εφαρμογή μια πράσινης φορολογικής μεταρρύθμισης. Επιπλέον, η αφαίρεση επιβλαβών για το περιβάλλον επιδοτήσεων (όπως το νερό άρδευσης και οι φορολογικές απαλλαγές για το πετρέλαιο θέρμανσης) θα συμβάλει στη μετρίαση της πίεσης των κρατικών προϋπολογισμών, καθώς θα μειωθεί και η πίεση στο περιβάλλον. Συνολικά, η Ελλάδα θα πρέπει να εξακολουθήσει να επικεντρώνεται στην ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών πτυχών στις τομεακές και οικονομικές πολιτικές με στόχο την επίτευξη χαμηλών εκπομπών άνθρακα και μιας ενεργειακά αποδοτικής οικονομίας και να αξιοποιήσει καλύτερα το εν δυνάμει εργατικό δυναμικό και να δημιουργήσει ευκαιρίες καινοτομίας.

7. Συμπεράσματα

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται ο δείκτης που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της προόδου της ενεργειακής απόδοσης κατά κύριο τομέα και για το σύνολο της οικονομίας στην Ελλάδα. Αυτός αποτελεί την καλύτερη ένδειξη για την αξιολόγηση των τάσεων της ενεργειακής απόδοσης σε συνολικό επίπεδο.

Για κάθε τομέα, ο δείκτης υπολογίζεται ως ο σταθμισμένος μέσος όρος των επιμέρους κλαδικών δεικτών της πορείας της ενεργειακής αποδοτικότητας και περιλαμβάνει τη βιομηχανία, τον τομέα των υπηρεσιών και τις τελικές χρήσεις για τα νοικοκυριά και τους τρόπους μεταφοράς.

- ✓ Ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης για όλους τους τομείς στην Ελλάδα μειώθηκε κατά 32%, μεταξύ των ετών 1990 και 2010. Λόγω των μέτρων ενεργειακής απόδοσης που ξεκίνησαν να εφαρμόζονται από το 2008 και την οικονομική κρίση, ο συνολικός δείκτης ενεργειακής απόδοσης μειώνεται σταδιακά μετά το 2008. Το πιο σημαντικό γεγονός τόσο όσον αφορά στην ανάλυση της επιτευχθείσας εξοικονόμησης ενέργειας κατά την τελική χρήση στην Ελλάδα, καθώς και στην ανάλυση και αξιολόγηση της επιτυχίας της εφαρμογής ειδικών μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, κυρίως λόγω της οικονομικής ύφεσης, είναι οι επιπτώσεις αυτών οι οποίες είναι ορατές σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, σε όλους τους τομείς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα, ειδικά από το 2008 και μετά.



Διάγραμμα 7.1: Δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας στην Ελλάδα (1990-2010)

(Πηγή: βάση δεδομένων ODYSSEE, 2010)

Από την παρούσα εργασία μπορούν να εξαχθούν κάποια σημαντικά συμπεράσματα για τις μακροχρόνιες μεταβολές των εκπομπών των αέριων ρύπων που αναλύθηκαν παραπάνω ανάλογα τον τομέα δραστηριότητας, λαμβάνοντας υπόψη ως σύστημα την Ελλάδα.

- Οι εκπομπές του μονοξειδίου του άνθρακα μειώθηκαν κατά 62% την περίοδο μεταξύ 1990-2010.
- Ένας συνδυασμός διαφορετικών μέτρων που έχουν μειωμένες εκπομπές SO_x κατά 82% εφαρμόστηκε μεταξύ 1990 και 2010. Η επιτυχία μπορεί να αποδοθεί στην τεχνολογία αποθείωσης που εγκαταστάθηκε σε πολλές βιομηχανικές πηγές, και τις οδηγίες της ΕΕ που οδήγησαν στην μείωση του θείου σε ορισμένα υγρά καύσιμα. Αυτή η περικοπή οφείλεται επίσης εν μέρει στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τη μετάβαση της βιομηχανίας από υψηλή περιεκτικότητα σε θείο στα στερεά και υγρά καύσιμα σε χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, όπως το φυσικό αέριο.
- Οι εκπομπές NO_x έχουν μειωθεί σχεδόν κατά το ήμισυ μεταξύ 1990 και 2010. Η μείωση των εκπομπών NO_x κατά 47% την περίοδο αυτή οφείλεται σε μεγάλο

βαθμό στην καθιέρωση του τριοδικού καταλυτικού μετατροπέα στα βενζινοκίνητα οχήματα, καθώς και ότι στη βιομηχανία υπήρξαν αυστηρότεροι έλεγχοι στις εκπομπές.

- Οι εκπομπές NMVOC μειώθηκαν κατά 71% μεταξύ 1990-2010, γεγονός που οφείλεται στην εφαρμογή νέων τεχνολογιών στις βιομηχανικές διεργασίες.
- Οι συνολικές εκπομπές CO₂ αυξήθηκαν κατά ένα μικρό ποσοστό μέσα στα τελευταία 20 χρόνια αντί να μειωθούν σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο. Αυτό συνέβη λόγω της αυξανόμενης ζήτησης και κατανάλωσης για ενέργεια όλα αυτά τα χρόνια στους τομείς της ηλεκτροπαραγωγής, της βιομηχανίας, των μεταφορών και της θέρμανσης κατοικιών.
- Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες έχει μειωθεί το ποσό της ρύπανσης στον αέρα της Ευρώπης. Οι κανονισμοί τόσο στην ΕΕ όσο και διεθνώς λειτουργούν όταν εφαρμόζονται σωστά. Το γεγονός ότι πολλές χώρες μείωσαν τα ανώτατα όρια εκπομπών τους για το 2010 δείχνει ότι πρέπει να συνεχιστούν οι προσπάθειες για τη διασφάλιση της υγείας των ευρωπαίων πολιτών.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα "Ευρώπη 2020" της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, εφαρμόζεται η στρατηγική ανάπτυξης της ΕΕ για την επόμενη δεκαετία. Σε έναν μεταβαλλόμενο κόσμο η Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσω αυτού του προγράμματος επιθυμεί η ΕΕ να καταστεί μια έξυπνη, βιώσιμη και χωρίς αποκλεισμούς οικονομία. Οι τρεις αυτές προτεραιότητες αλληλοενισχύονται και θα πρέπει να βοηθήσουν την ΕΕ και τα κράτη μέλη ώστε παρέχουν υψηλά επίπεδα της απασχόλησης, της παραγωγικότητας και της κοινωνικής συνοχής.

Συγκεκριμένα, η Ένωση έχει θέσει πέντε φιλόδοξους στόχους - για την απασχόληση, την καινοτομία, την εκπαίδευση, την κοινωνική ένταξη και το κλίμα / την ενέργεια - που πρέπει να επιτευχθούν μέχρι το 2020. Κάθε κράτος μέλος θέσπισε τους δικούς τους εθνικούς στόχους σε καθένα από αυτούς τους τομείς. Συγκεκριμένες δράσεις σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο διαπνέουν αυτή τη στρατηγική.

Βιβλιογραφία

A. Ξενόγλωσση

- European Environmental Agency-www.eea.eu
- European Monitoring and Evaluation Program-www.emep.int
- Centre on Emission Inventories and Projections-www.ceip.at
- Energy Efficiency Indicators in Europe - www.odyssee-indicators.org
- United Nations Framework Convention on Climate Change-www.unfccc.int
- International Emissions Trading Association - <http://www.ieta.org/ieta/www/pages/index.php>
- Organisation for Economic Co-operation and Development - www.oecd.org
- European Commission -
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>
- <http://www.pointcarbon.com>
- International Energy Agency - www.iea.org
- Carbon Finance Unit- The World Bank - www.wbcarbonfinance.org
- The World Bank - www.worldbank.org
- EU Emission Inventory Report 1990-2010 under LTRAP Convention, EEA Technical Report No 8/2012
- Annual Inventory Submission Under the Convention and the Kyoto Protocol for Greenhouse and Other Gases for the Years 1990-2010 (2012)
- Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2010 and inventory report 2012, Technical report No 3/2012
- The DPSIR framework used by the EEA, (2006) European Environment Agency
- Energy and environment in the European Union - Tracking progress towards integration, EEA Report No 8/2006
- Environmental indicators: Typology and overview, EEA Technical report No 25 (1999)
- Greece at a Glance - Policies for a Sustainable Recovery, (2008) OECD
- OECD Key Environmental Indicators, (2010)

- Ευρωπαϊκός Οικονομικός Χώρος - Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο - http://circa.europa.eu/irc/opoce/fact_sheets/info/data/relations/framework/article_7238_el.htm
- AMECO Annual macro-economic database of the European Commission's - http://ec.europa.eu/economy_finance/db_indicators/ameco
- Integrated Pollution Prevention and Climate **IPPC** - http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#UcKy7tiupCk
- European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation - <http://acm.eionet.europa.eu/databases>
- European Environment Information and Observation Network - <http://www.eionet.europa.eu/dataflows>
- Intergovernmental Panel on Climate Change - <http://www.ipcc-data.org>
- The European Pollutant Release and Transfer Register - <http://prtr.ec.europa.eu/PollutantReleases.aspx>
- Emissions Trading and Renewable Energy Support - <http://www.cres.gr/etres/documents.htm>
- P.Karka, C.Tourkolias, D.Diakoulaki **Estimating the contribution of Greek households to CO₂ emissions using input-output analysis** (2011)

B. Ελληνική

- Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη - <http://www.epperaa.gr>
- Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας - www.rae.gr
- Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων - www.ypoian.gr
- Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης - www.epperaa.gr
- Ελληνική Στατιστική Αρχή - www.statistics.gr
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής - www.ypeka.gr
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας - www.cres.gr
- Ι.Ζιώμας, Γ.Γιαννής, Β.Τρύφωνα, Β.Σμυρνιούδη, Λ.Βύρας, Μ.Καρλαύτης **Εισήγηση για το εθνικό σχέδιο αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης** (2008) Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
- Π.Ζανή **Σημειώσεις για τη ρύπανση και τη χημεία της ατμόσφαιρας** (2008) Τομέας Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Έκθεση της Επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο- Πρόσδος προς την Επίτευξη των Στόχων του Κιότο (2012) Ευρωπαϊκή Επιτροπή
- Ν.Floros, Α.Vlachou **Energy demand and energy-related CO₂ emissions in Greek manufacturing: assessing the impact of a carbon tax** (2011)
- Ι.Γεντεκάκης **Ατμοσφαιρική Ρύπανση** (1999)